



**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

Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

AUTORES:

Maldonado Peñafiel Ángel Junior
Panchana Conforme Joel Francisco

PROFESOR TUTOR:

Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro Mgt.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: “Diseño e Implementación de **Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON** en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena”, presentado por los estudiantes **Maldonado Peñafiel Ángel Junior** y **Panchana Conforme Joel Francisco**, 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, 22 de Agosto del 2022



Ing. Juan Arroyo Pizarro, Mgt.
TUTOR

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación es dedicado ante todo a Dios por darme la vida y ser mi guía a lo largo de mi proceso de formación profesional dándome fuerzas para poder culminar y cumplir uno de las aspiraciones anheladas.

A mis padres quienes fueron un pilar fundamental dándome su apoyo incondicional, amor y confianza siendo ellos mi mejor motivación para seguir adelante y cumplir una meta tan importante, por estar siempre de acuerdo conmigo por las decisiones que tomo y no dejarme solo.

Maldonado Peñafiel Ángel Junior

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a Dios que hizo posible que llegara a esta etapa de mi vida y completara mi formación profesional. A mi mamá Rosely y a mi abuelita Martha quienes siempre me han guiado por el camino del bien, demostrándome siempre su amor, cariño y apoyo incondicional sin importar las adversidades; siendo ellas son el pilar más importante de mi vida y mi motivación para seguir adelante.

A mi abuelito Florencio, que a pesar de la distancia física que nos separa, sigo sintiendo que estás ahí para mí; y a pesar de las muchas cosas que nos hemos perdido juntos, estoy seguro de que este momento será tan especial para ti como lo es para mí. Por último, a mis tíos Nelson y Jhonny que siempre creyeron en mí para lograr esta meta y a mis hermanos Kimberly y Jordi, a quienes quiero mucho.

Panchana Conforme Joel Francisco

AGRADECIMIENTO

Agradecido primeramente con Dios por todas las bendiciones por ser ese apoyo y fortaleza en esos momentos de inseguridad y dificultades que se presentan en la vida.

A mi querida Familia Maldonado Peñafiel quienes estuvieron conmigo a lo largo de mi camino Profesional apoyándome y dándome consejos para no abandonar un sueño anhelado.

No podrían faltar también mi grupo de amigos que hice en la universidad que siempre nos apoyábamos en las buenas y malas.

También a todos aquellos que creyeron en mí y me brindaron un minuto de su tiempo para ayudarme

Maldonado Peñafiel Ángel Junior


Agradecido siempre con mi mamá Rosely quien siempre ha creído en mí, dándome un excelente ejemplo de superación; aconsejándome siempre en todo momento en seguir con mi formación universitaria hasta lograr con el objetivo; sin ella no hubiese podido obtener mi título universitario.

Agradecido también con mi querida familia Conforme Cobeña quienes siempre estuvieron conmigo en las buenas y las malas, y confiaron en mí en todo mi camino profesional. Así mismo con la familia González Balbuca quienes me acogieron desde adolescente como si fuera un miembro más de su familia.

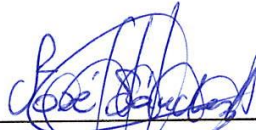
A mi grupo de amigos Ángel, Jasson, Freddy, Zully, Mabellyn, Andrea y Diego; quienes fueron una pieza fundamental en esta etapa de mi vida, ofreciéndome siempre su apoyo incondicional y su amistad sincera en todo momento.

Panchana Conforme Joel Francisco

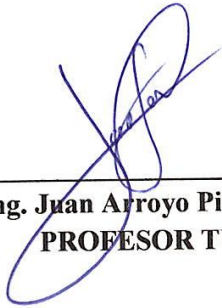
TRIBUNAL DE GRADO



**Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD**



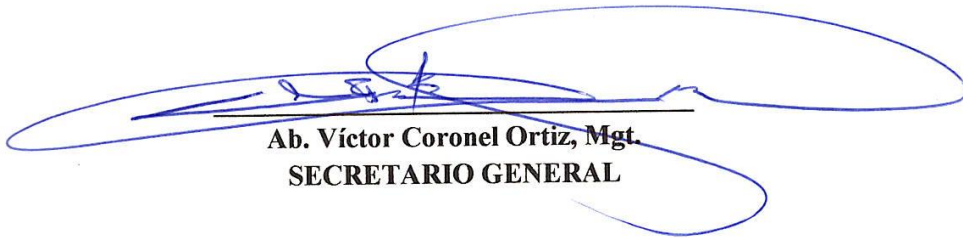
**Ing. José Sánchez Aquino, Mgt
DIRECTOR DE CARRERA**



**Ing. Juan Arroyo Pizarro, Mgt.
PROFESOR TUTOR**



**Ing. Vladimir García Santos, Mgt.
TUTOR DE ÁREA**



**Ab. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL**

RESUMEN

El proyecto de tesis titulado “Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena” tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes un centro de pruebas con equipos pasivos de tecnología GPON, el cual permitirán al practicante interactuar con ellos, conformando distintos tipos de escenarios de prácticas profesionales, para que el estudiante por medio del análisis de las pérdidas totales en el trayecto de la red pueda adquirir una mayor experiencia en estos diseños.

El presente trabajo de titulación propone diseñar e implementar módulos didácticos o tableros experimentales de fibra óptica, ya que es uno de los medios de transmisión más utilizados por los proveedores de servicio, permitiéndole transmitir datos, video y voz con mayor seguridad y a una alta velocidad; así mismo estos estarán orientados hacia la planta externa, el cual consta de toda la infraestructura externa que conecta la central con los hogares del cliente, generalmente están conformados por elementos pasivos. Además, es importante mencionar que la tecnología elegida para realización de los modelos de red es la tecnología GPON, debido a que está permite una distribución del ancho de banda sobre un solo hilo de fibra óptica, a través de divisores ópticos denominados “splitters”, los cuales permiten que las redes PON logren una arquitectura mediante división centralizada (un nivel) o división en cascada (dos niveles o más).

Para los diseños estructurales y los modelos de red implementados se realizó por medio del software de arquitectura Sketchup, el cual permitió realizar un diseño en 3D de la ubicación y las dimensiones de los soportes y componentes pasivos de cada módulo didáctico. Además, para el diseño de conexiones se utilizó el software EDraw Max, el cual permitió la identificación de cada puerto de conexión, fusión y nivel de spliteo que existe en cada modelo de red.

Por ende, con la implementación de estos módulos didácticos se espera aprovechar cada uno de los componentes que la conforman, para crear prácticas de laboratorio por medio de mediciones ópticas y cálculos experimentales de las pérdidas totales de cada nivel de spliteo, conexiones y empalmes a lo largo de toda la red.

PALABRAS CLAVES: Fibra Óptica, Planta Externa, GPON, Splitter, División centralizada, División en cascada, Mediciones ópticas, Perdidas ópticas y Nivel de spliteo.

ABSTRACT

The thesis project entitled "Design and Implementation of Didactic Modules for GPON outside plant networks in the telecommunications laboratory of the Santa Elena Peninsula State University" aims to provide students with a test center with passive GPON technology equipment, which will allow the student to interact with them, forming different types of professional practice scenarios, so that the student through the analysis of total losses in the network path can acquire more experience in these designs.

This degree work proposes to design and implement didactic modules or experimental fiber optic boards, since it is one of the most used means of transmission by service providers, allowing them to transmit data, video and voice with greater security and at a high speed; likewise, these will be oriented towards the outside plant, which consists of all the external infrastructure that connects the central with the customer's homes, generally they are made up of passive elements. In addition, it is important to mention that the technology chosen for the realization of the network models is GPON technology, because it allows a bandwidth distribution over a single fiber optic wire, through optical splitters called "splitters", which allow PON networks to achieve an architecture through centralized division (one level) or cascade division (two levels or more).

The structural designs and network models were implemented using Sketchup architecture software, which allowed a 3D design of the location and dimensions of the supports and passive components of each didactic module. Likewise, EDraw Max software was used for the design of connections, which allowed the identification of each connection port, fusion and splitter level that exists in each network model.

Therefore, with the implementation of these didactic modules it is expected to take advantage of each of the components that make it up, to create laboratory practices through optical measurements and experimental calculations of the total losses of each splitter level, connections and splices along the entire network.

KEY WORDS: Fiber Optics, Outside Plant, GPON, Splitter, Centralized Division, Cascade Division, Optical Measurements, Optical Losses and Splitter Level.

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.



Ángel Junior Maldonado Peñafiel
AUTOR



Joel Francisco Panchana Conforme
AUTOR

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
DECLARACIÓN.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Descripción del proyecto.....	4
1.3. Objetivos del Proyecto	5
1.3.1. Objetivo General:	5
1.3.2. Objetivo Específicos:.....	5
1.4. Justificación.....	6
1.5. Alcance del proyecto	7
1.6. Metodología.....	7
1.7. Resultados Esperados	8
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO REFERENCIAL.....	9
2.1. Marco Contextual	9
2.2. Marco Conceptual	10
2.2.1. Fibra óptica	10
2.2.2. Sistemas de acceso para Redes de Fibra Óptica	22
2.2.3. Tecnología GPON	31
2.2.4. Módulos Didácticos.....	34
2.3. Marco Teórico	36
CAPÍTULO III.....	38

3. ANÁLISIS	38
3.1. Redes ópticas.....	38
3.1.1. Redes ópticas activas	38
3.1.2. Red óptica pasiva.....	40
3.1.3. Comparativa entre las redes AON y PON	44
3.2. Elementos que conforman planta externa	44
3.2.1. Componentes ópticos.....	45
3.2.2. Componentes no ópticos.....	59
3.3. Normativa técnica del diseño una red ODN.....	62
3.3.1. Arquitectura de red GPON FTTH	66
3.3.2. Diseño de la Red Feeder	68
3.3.3. Diseño de una red de distribución	70
3.3.4. Diseño de una red de dispersión	74
3.3.5. Modelos de red GPON	76
3.4. Estándares de Red Planta Externa GPON	78
3.4.1. Recomendaciones ITU-T G.984.x.....	78
3.4.2. ANSI-TIA-758-B.....	79
3.4.3. ANSI/TIA/EIA-568.D.3	80
3.4.4. TIA/EIA 598-C.....	82
3.4.5. ANSI/TIA 526-7A	83
3.5. Presupuesto de atenuación óptica.....	86
3.6. Equipos para implementación de redes	90
3.6.1. Fusionadora	90
3.6.2. Cortadora de precisión.....	91
3.6.3. Pinza peladora de fibra óptica.....	91
3.7. Equipos de medición para redes ODN	92
3.7.1. Power meter	92
3.7.2. Power Meter PON	94
3.8. Estudio de factibilidad.....	96
3.8.1. Factibilidad técnica.....	96
3.8.2. Costos de la propuesta	96

CAPÍTULO IV	99
4. Implementación y análisis de resultados.....	99
4.1. Diseño estructural de los módulos didácticos	100
4.1.1. Diseño de los componentes para una Red GPON	100
4.1.2. Diseño de los soportes de los módulos didácticos.....	105
4.2. Diseños de modelos de red implementados	107
4.2.1. Modelo de planta externa Red GPON 1:32	109
4.2.2. Modelo de planta externa Red GPON 1:64	112
4.2.3. Modelo de planta externa Red GPON 1:128	114
4.3. Diseño de conexión de red	118
4.3.1. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:32	119
4.3.2. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:64	121
4.3.3. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:64	123
4.4. Cálculo del presupuesto óptico.....	126
4.4.1. Modelo de planta externa Red GPON 1:32	126
4.4.2. Modelo de planta externa Red GPON 1:64	129
4.4.3. Modelo de planta externa Red GPON 1:128	130
4.5. Pruebas de atenuación en los modelos de red	131
4.5.1. Atenuación de recorrido de fibra óptica	131
4.5.2. Prueba de atenuación en conectores	131
4.5.3. Prueba de atenuación en Adaptadores	132
4.5.4. Prueba de atenuación en empalmes	133
4.5.1. Comparación entre presupuestos ópticos y mediciones ópticas de los modelos de red GPON planta externa.....	134
4.5.2. Comparación entre presupuestos ópticos y mediciones ópticas de los modelos de red GPON con errores a lo largo de su despliegue.	138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
Conclusiones	148
Recomendaciones.....	150
BIBLIOGRAFÍA	151
ANEXOS	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Censo de hogares con Acceso a Internet – Año 2013 al 2020 – Ecuador.....	2
Figura 2.1.	(a) Telégrafo óptico, (b) Experimento conducción de haz de luz.	11
Figura 2.2.	Fibra óptica.....	11
Figura 2.3.	Componentes para la transmisión de datos en fibra óptica.	12
Figura 2.4.	Estructura básica de la fibra óptica	12
Figura 2.5.	Reflexión y refracción de la luz.	13
Figura 2.6.	Ángulo Crítico.....	15
Figura 2.7.	Reflexión Total.....	15
Figura 2.8.	Ángulo de aceptación	15
Figura 2.9.	Fibra óptica monomodo	16
Figura 2.10.	Fibra óptica multimodo	17
Figura 2.11.	Potencia óptica de salida.	18
Figura 2.12.	Factores intrínsecos que determinan atenuaciones en la fibra óptica.....	19
Figura 2.13.	Factores extrínsecos que determinan atenuaciones en la fibra óptica.	20
Figura 2.14.	Dispersión óptica.....	20
Figura 2.15.	Dispersión modal.....	21
Figura 2.16.	Dispersión material.....	21
Figura 2.17.	Modelo de Red.	23
Figura 2.18.	Red Telefónica.....	23
Figura 2.19.	Subdivisión de una Planta externa.....	24
Figura 2.20.	Elementos que componen una planta externa de fibra óptica.	25
Figura 2.21.	Red de acceso de Fibra óptica.	26
Figura 2.22.	Arquitecturas FTTx “Fiber to the x” (Fibra hasta x).....	28
Figura 2.23.	FTTN “Fiber to the Node” (Fibra hasta el nodo).	28
Figura 2.24.	FTTC “Fiber to the Curb” (Fibra hasta la acera).....	29
Figura 2.25.	FTTB “Fiber to the Building” (Fibra hasta el edificio).....	29
Figura 2.26.	FTTH “Fiber to the Home” (Fibra hasta el hogar).....	30
Figura 2.27.	Red óptica pasiva Gigabit (GPON).	31
Figura 2.28.	Partes de una red FTTH con tecnología GPON.	33

Figura 2.29.	Estructura de módulos didácticos.....	35
Figura 3.1.	Estructura de Redes Ópticas Activas.	39
Figura 3.2.	Estructura de Redes Ópticas Pasivas.....	41
Figura 3.3.	Estructura de RED EPON.	42
Figura 3.4.	Estructura de Red GPON.	42
Figura 3.5.	Elementos de Red Planta Externa.	45
Figura 3.6.	Estructura del cable de fibra ADSS.	46
Figura 3.7.	Estructura del cable de fibra figura 8 o fibra DROP.	47
Figura 3.8.	Estructura del cable de fibra dieléctrico.....	48
Figura 3.9.	Estructura del cable de fibra armado.....	49
Figura 3.10.	Estructura del cable de fibra FTTx/plan.....	49
Figura 3.11.	Empalme por fusión	51
Figura 3.12.	Empalmes mecánicos.	52
Figura 3.13.	Esquema de un conector óptico ST y SC.	53
Figura 3.14.	Tipo de pulido de férula para conectores ópticos.....	54
Figura 3.15.	Limpiadores de conectores ópticos.	54
Figura 3.16.	Pérdidas del Conector LC.....	55
Figura 3.17.	Pérdidas del Conector SC.....	55
Figura 3.18.	Pérdidas del Conector ST.	55
Figura 3.19.	Pérdidas del Conector SC.....	56
Figura 3.20.	Pérdidas del Conector E2000.	56
Figura 3.21.	Pérdidas del Conector MT-RJ.	56
Figura 3.22.	Funcionamiento de un adaptador de fibra óptica.	57
Figura 3.23.	Tipos de adaptadores SC, LC y FC.	58
Figura 3.24.	Tipos de adaptadores SC.	59
Figura 3.25.	Placa de acopladores para fibra óptica	60
Figura 3.26.	Grados de protección sólidos y líquidos.....	61
Figura 3.27.	Caja de empalmes verticales o pico de botella.	61
Figura 3.28.	Caja de empalme horizontal.	62
Figura 3.29.	Elementos de una Red ODN.....	63
Figura 3.30.	Elementos de una GPON FTTH para casas unifamiliares y urbanizaciones.	63

Figura 3.31.	Elementos de una GPON FTTH para edificios.	64
Figura 3.32.	Arquitectura centralizada.....	66
Figura 3.33.	Arquitectura en cascada.....	67
Figura 3.34.	Distribuidor de fibra óptica (ODF).....	69
Figura 3.35.	Splitter óptico PLC.....	71
Figura 3.36.	Armario de distribución de fibra (FDH).....	72
Figura 3.37.	Caja de distribución principal (FDB).	73
Figura 3.38.	Manga de empalme porta splitter.	73
Figura 3.39.	Partes de una Caja NAP interior y exterior.	74
Figura 3.40.	Caja terminal de fibra (FDF) – (a) para edificios; (b) para viviendas.	75
Figura 3.41.	Roseta óptica	76
Figura 3.42.	Modelo masivo/urbanizaciones manga porta splitter y NAP (1:32)	77
Figura 3.43.	Modelo masivo/ Edificios (1:32).....	77
Figura 3.44.	Modelo masivo/casas con manga porta splitter y NAP (1:64).	77
Figura 3.45.	Medición con un cable puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).	84
Figura 3.46.	Medición con dos cables puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).	85
Figura 3.47.	Medición con tres cables puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).	86
Figura 3.48.	Proceso de fusión.....	90
Figura 3.49.	Cortadora de precisión de fibra óptica.....	91
Figura 3.50.	Pinza peladora de fibra óptica	91
Figura 3.51.	Mini-OPM incluye VFL.	93
Figura 3.52.	Optical Power Meter KPN-35	94
Figura 4.1.	Bandeja ODF SC/APC.....	101
Figura 4.2.	Bandeja ODF FC/APC.....	102
Figura 4.3.	Manga Porta Splitters tipo domo - Modelo 1.....	102
Figura 4.4.	Manga Porta Splitters tipo domo – Modelo 2.	103
Figura 4.5.	Caja de Distribución de piso FDF.....	104
Figura 4.6.	Caja De Distribución NAP uso Exterior.	104
Figura 4.7.	Medida de los tableros para los módulos didácticos.	105
Figura 4.8.	Soporte para módulos didácticos con repisa.	105
Figura 4.9.	Fijado de los soportes en vigas de concreto.	106

Figura 4.10.	Ubicación de los soportes en el laboratorio de telecomunicaciones.	106
Figura 4.11.	Esquema de colores del cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).....	107
Figura 4.12.	Esquema de colores del cable de fibra de 6 hilos (norma TIA-598-C).....	108
Figura 4.13.	Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Corporativo (1:32).....	110
Figura 4.14.	Cableado de la red GPON 1x32 Masivo.	111
Figura 4.15.	Cableado de la red GPON 1x32 Corporativo.	112
Figura 4.16.	Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Casas (1:64).....	113
Figura 4.17.	Cableado de la red GPON 1x64 Masivo/Casas.....	114
Figura 4.18.	Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Casas (1:128).....	115
Figura 4.19.	Cableado de la red GPON 1x128 Masivo/Casas.....	118
Figura 4.20.	Modelo de red GPON 1x32 MASIVO/CASAS (urbanización).....	127
Figura 4.21.	Modelo de red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO.	128
Figura 4.22.	Modelo de red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.....	129
Figura 4.23.	Modelo de red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.	130
Figura 4.24.	Prueba de atenuación de Conector.	132
Figura 4.25.	Prueba de atenuación de empalme de fibra en la práctica.....	134
Figura 4.26.	Pérdidas del modelo de red GPON 1x32 MASIVO.....	135
Figura 4.27.	Pérdidas del modelo red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO.....	136
Figura 4.28.	Pérdidas del modelo red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.....	137
Figura 4.29.	Pérdidas del modelo red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.....	138
Figura 4.30.	Error de conexión de conectores en la red GPON 1x32 MASIVO.....	140
Figura 4.31.	Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x32 MASIVO.	140
Figura 4.32.	Error de conexión de conectores en la red GPON 1x32 CORPORATIVO.	141
Figura 4.33.	Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x32 CORPORATIVO.	141
Figura 4.34.	Error de conectores y curvaturas de cables en la red GPON 1x64 MASIVO..	142
Figura 4.35.	Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x64 MASIVO.	143
Figura 4.36.	Pérdidas con curvaturas en cables en la red GPON 1x64 MASIVO.....	143
Figura 4.37.	Error de conectores y curvaturas de cables en la red GPON 1x128 MASIVO.	144
Figura 4.38.	Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x128 MASIVO.	145
Figura 4.39.	Pérdidas con curvaturas en cables en la red GPON 1x128 MASIVO.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Valores típicos de los Índice de refracción de algunos materiales.....	14
Tabla 2.2.	Fibra óptica monomodo – ITU Recomendación G.652	16
Tabla 2.3.	Fibra óptica multimodo – ITU Recomendación G.651.....	17
Tabla 3.1.	Características de GPON y EPON.	43
Tabla 3.2.	Comparaciones de las redes Ópticas Activas y Pasivas.....	44
Tabla 3.3.	Características de los tipos de empalme de fusión y mecánico.	52
Tabla 3.4.	Tipo de pulido de férula para conectores ópticos.....	53
Tabla 3.5.	Elementos de una GPON FTTH para viviendas unifamiliar y urbanizaciones.....	64
Tabla 3.6.	Elementos de una GPON FTTH para edificios.....	65
Tabla 3.7.	Capacidad de los cables de fibra óptica.	65
Tabla 3.8.	Ventajas y desventajas de la arquitectura división centralizada.	67
Tabla 3.9.	Ventajas y Desventajas de la arquitectura en Cascada.....	67
Tabla 3.10.	Recomendaciones ITU-T G.984.x [26]	79
Tabla 3.11.	Recomendaciones ANSI-TIA-758-B [27].....	80
Tabla 3.12.	Recomendaciones ANSI-TIA-568-D.3 [29].	81
Tabla 3.13.	Rendimiento de los cables de fibra óptica (ANSI-TIA-568.D-3) [29].....	81
Tabla 3.14.	Código de colores de cables fibra óptica – Estándar TIA/EIA-598-C [30].	82
Tabla 3.15.	Esquema de colores de un cable de fibra de 144 hilos (norma TIA-598-C).....	83
Tabla 3.16.	Código de colores para fibras ópticas en interiores (Norma TIA-598-C) [30]. .	83
Tabla 3.17.	Código de colores para conectores de fibra óptica (Norma TIA-598-C) [30]. ..	83
Tabla 3.18.	Niveles de potencia de bajada 2.4Gbit/s y subida 1.2Gbit/s.	87
Tabla 3.19.	Atenuaciones mínimas y máximas en una red GPON.....	88
Tabla 3.20.	Atenuación de tipo de splitter.....	88
Tabla 3.21.	Atenuación por inserción.....	88
Tabla 3.22.	Cálculo de presupuesto óptico.....	89
Tabla 3.23.	Función de cada botón en el Power Meter.	92
Tabla 3.24.	Especificaciones del equipo Mini-POM serie.	94
Tabla 3.25.	Especificaciones del Optical Power Meter KPN-35.	95
Tabla 3.26.	Costos de equipos utilizados para la instalación de redes de fibra.....	97

Tabla 3.27.	Costos de equipos de medición utilizados en el proyecto.	97
Tabla 3.28.	Costos de los soportes para los módulos didácticos.	97
Tabla 3.29.	Costos de los elementos pasivos utilizados en los modelos de red.	98
Tabla 3.30.	Gasto total para la implementación de los módulos didácticos.	98
Tabla 4.1.	Esquema de colores de un cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).	108
Tabla 4.2.	Esquema de colores de un cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).	108
Tabla 4.3.	Configuración 1:128 de dos niveles de spliteo.	116
Tabla 4.4.	Configuración 1:128 de tres niveles de spliteo.	116
Tabla 4.5.	Conexiones en ODF (Red feeder - GPON 1x32 Masivo/Corporativo).	119
Tabla 4.6.	Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1x32 Masivo/Corporativo).	119
Tabla 4.7.	Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x32 Masivo/Corporativo). ...	120
Tabla 4.8.	Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución - 1x32 Masivo).	120
Tabla 4.9.	Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x32 Masivo).	121
Tabla 4.10.	Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución - 1x32 Masivo).	121
Tabla 4.11.	Conexiones en ODF (Red feeder - 1x64 Masivo).	122
Tabla 4.12.	Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1:64 Masivo).	122
Tabla 4.13.	Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x64 Masivo).	122
Tabla 4.14.	Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución – 1x64 Masivo).	123
Tabla 4.15.	Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x64 Masivo).	123
Tabla 4.16.	Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución – 1x64 Masivo).	123
Tabla 4.17.	Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1x32 Masivo).	124
Tabla 4.18.	Conexiones de niveles de spliteo en el ODF (Red feeder - 1x128 Masivo).	124
Tabla 4.19.	Conexiones en ODF (Red feeder - 1x128 Masivo).	124
Tabla 4.20.	Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x128 Masivo).	124
Tabla 4.21.	Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x128 Masivo).	125
Tabla 4.22.	Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución – 1x128 Masivo). ..	125
Tabla 4.23.	Especificaciones del tercer nivel de spliteo (red 1x128 Masivo).	125
Tabla 4.24.	Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución – 1x128 Masivo).	126
Tabla 4.25.	Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x32 MASIVO/CASAS.	127
Tabla 4.26.	Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x32 CORP./EDIFICIO.	128
Tabla 4.27.	Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.	129

Tabla 4.28.	Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.	130
Tabla 4.29.	Atenuación teórica y real de cable de fibra óptica.	131
Tabla 4.30.	Valores teórico y real de conectores.....	132
Tabla 4.31.	Atenuación real y teórica de acopladores.....	133
Tabla 4.32.	Valores teórico y real en empalmes de fibra.	133
Tabla 4.33.	Valor de referencia para las mediciones de potencia con el MINI-OPM.....	134
Tabla 4.34.	Comparativa de las redes GPON con el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.....	147

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Ley de Snell.....	13
Ecuación 2.	Índice de refracción	14
Ecuación 3.	Ángulo Crítico.....	14
Ecuación 4.	Atenuación.....	18
Ecuación 5.	Potencia óptica de salida.	18
Ecuación 6.	Presupuesto de atenuación óptica.....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Empalme de fibra óptica por el método de fusión.	157
Anexo 2.	Armado de ODF – fusión de pigtails y splitter con el cable de red feeder.	157
Anexo 3.	Armado de mangas porta splitter –instalación del primer nivel de spliteo.	157
Anexo 4.	Armado de NAPs – instalación del segundo nivel de spliteo	158
Anexo 5.	Colocación de los soportes para los módulos didácticos.	158
Anexo 6.	Módulo de didáctico de red de planta externa GPON 1x32 masivo y corporativo	158
Anexo 7.	Módulo de didáctico de red de planta externa GPON 1x64 masivo.	159
Anexo 8.	Módulo de didáctico de red de planta externa GPON 1x128 masivo.	159
Anexo 9.	Pruebas de mediciones con la potencia referente al OLT.	159
Anexo 10.	Mediciones aplicando estándar ANSI/TIA/EIA-526.7 A para fibras SM.	160
Anexo 11.	Proceso de fusión y pruebas de spliteo en la manga porta splitter.....	166
Anexo 12.	Armado de una caja de distribución FDF.	173
Anexo 13.	Armado de una caja NAP de tendido aérea.	177
Anexo 14.	Implementación de una red de dispersión.....	182

INTRODUCCIÓN

El aumento de la implementación de redes GPON en nuestro país exige que se necesite personal capacitado en las empresas prestadoras de servicio, el cual pueda realizar tareas técnicas de instalación y mantenimiento en la infraestructura de red [1]; pero como esta tecnología es moderna, no existen muchas herramientas didácticas que ayuden con la formación de estudiantes en nuestras universidades. Por tal motivo, el presente proyecto es un trabajo de aprendizaje práctico sobre redes ópticas, diseñado para comprender el funcionamiento y el comportamiento de las redes GPON de planta externa, por medio de módulos didácticos asemejados a modelo de red que se implementan en el entorno real de las telecomunicaciones realizada bajo estándares y normativas de fibra óptica.

En el capítulo 1 se presenta la importancia de las redes de telecomunicaciones y el impacto significativo de esta tecnología en el Ecuador, así como los objetivos de este proyecto, su justificación y los resultados que se obtendrán con la implementación de la red propuesta.

El capítulo 2 contiene el marco contextual, conceptual y teórico del proyecto, donde por medio de una investigación descriptiva se especifica de las diferentes estructuras, arquitecturas y sistemas de redes de fibra que existen en la actualidad, además se describe los principios básicos de un módulo didáctico.

El capítulo 3 describe los diferentes modelos de red de planta externa GPON con sus respectivos elementos y herramientas para la implementación de las mismas, relacionadas a los estándares y normativas para crear una estructura ordenada y correcta.

El capítulo 4 describe el diseño, la implementación, el análisis y los resultados obtenidos de cada modelo de red realizado en los módulos didácticos; además se compararon datos teóricos con datos ópticos obtenidos mediante mediciones de la pérdida totales del recorrido de cada modelo.

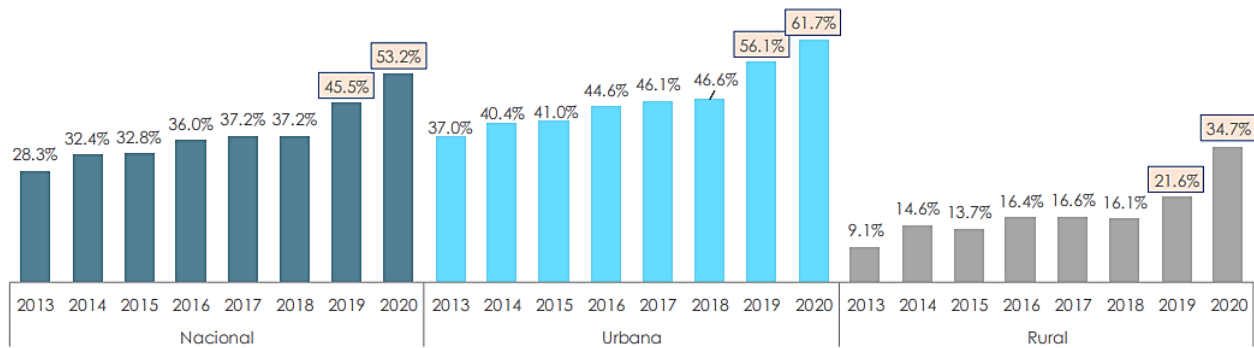
Por último, en los ANEXOS se agregaron ideas de prácticas de laboratorio que los estudiantes pueden realizar por medio de los módulos didácticos utilizando los diferentes escenarios de pruebas como zona residencial, urbanización, Murales.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes

En la actualidad, el sector de las telecomunicaciones ha crecido notablemente en Ecuador, debido a la gran acogida de los ciudadanos hacia los servicios de telecomunicaciones y Tecnología de la Información (TIC). Según el INEC (Instituto Nacional de estadísticas y censos) en el 2020, los hogares que tuvieron acceso a internet fue el 53,2% a nivel nacional; el 61,7% en el área urbana y el 34,7% en el área rural. A comparación de las cifras del 2019 estas aumentaron significativamente, con un 7,7 porcentual a nivel nacional, 5,6 porcentual en el área urbana y 13,1 porcentual en el área rural [1]. Figura 1.1



*Figura 1.1. Censo de hogares con Acceso a Internet – Año 2013 al 2020 – Ecuador.
A nivel nacional, zona urbana y zona rural*

Fuente: INEC (Instituto Nacional de estadísticas y censos) [1].

Una muestra del desarrollo de las telecomunicaciones en nuestro país es el despliegue de las redes de fibra óptica en los últimos años, ya que las empresas proveedoras de internet han migrado sus redes de tecnología ADSL (cobre) a la tecnología GPON (fibra óptica), logrando así una mejor conectividad hacia sus usuarios. Según datos recolectados por ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), entidad adscrita al MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información), en junio del 2016 se ha desplegado alrededor de 70.713 kilómetros lineales de fibra óptica y ya para junio del 2020 se desplegaron 171,354 kilómetros lineales, sacando como conclusión que en los últimos 4 años hubo un crecimiento de 100.641 kilómetros lineales de recorrido de fibra en el país, además de esto, analizando las cuentas de internet fijo a septiembre del 2020, las conexiones mediante fibra óptica representan el 45,39%

del total de cuentas de este servicio, es decir casi medio país cuentan con acceso al servicio de internet fijo usando la fibra óptica como red de acceso [2].

Por esto es evidente que la implementación de estas redes seguirá aumentando en el país y para esto será necesario contar con personal especializado en labores técnicas en infraestructura de redes de fibra óptica. En este caso las universidades del país juegan un rol muy importante en el aprendizaje de los futuros profesionales, ya que estos deberían forjar a los estudiantes con el debido conocimiento teórico y práctico para que al momento de ejercer su profesión en el campo laboral pongan en práctica todas las enseñanzas impartidas en las aulas de clases.

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena precisamente en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones en el transcurso de los últimos años en el laboratorio de Telecomunicaciones se han venido implementado diversos trabajos para realizar prácticas relacionados a Redes de fibra óptica, sistema de seguridad mediante fibra y sistema de comunicación inalámbricas 2,4Ghz y 5Ghz, pero en el campo de Redes de planta Externa no se han implementado nuevas herramientas que contribuyan en la parte práctica, ocasionando que los estudiantes no adquieran habilidades y destrezas dentro de su formación profesional siendo un requerimiento necesario en el ámbito laboral tanto privado como público, luego de conversar con docentes y realizando un análisis a la malla curricular de la carrera de telecomunicaciones se determinó que un 13% de las asignaturas que se imparten se vinculan con temas de sistemas de fibra ópticas y planta externa, por lo tanto, es importante que las prácticas se incluyan en las horas de clases, ya que los docentes utilizan otros métodos de enseñanza aplicando ejemplos en diapositivas o videos.

1.2. Descripción del proyecto

La presente propuesta considera implementar tres módulos didácticos de redes de planta externa, mediante elementos pasivos ópticos con la tecnología GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Para el diseño de los esquemas de redes se realizará mediante investigaciones, la cual nos ayudará a recolectar información sobre los componentes y elementos necesarios para la implementación de dichos tableros, además estos diseños deberán representar tres redes de ámbito laboral como son las zonas residenciales, empresariales y murales. Cabe recalcar que este diseño se aprovechará la tecnología GPON que según el estándar ITU-T G.894 son redes de fibra óptica pasiva con capacidad de Gigabit, que proporciona un mayor ancho de banda y permite servicios de voz, datos y video sobre la misma infraestructura IP [3]. Una vez definida la tecnología, nos enfocaremos en un sector específico que es la red planta externa, el cual consideraremos el estándar ANSI-TIA-758-B, ya que es la infraestructura de telecomunicaciones diseñada para instalaciones en exterior hasta el abonado [4]. Pero para redes GPON, la red planta externa también puede estar compuesta por una serie de elementos pasivos que se encuentran dentro de la central de telecomunicaciones [5]. Y finalmente, para la recolección de datos en todo el sistema se utilizarán dispositivos de medición especiales que nos ayudarán a verificar el correcto funcionamiento del módulo.

Una vez definido el diseño con los parámetros antes mencionados, se deberá realizar la instalación y el armado de la estructura, teniendo en cuenta la ubicación de cada uno de los equipos y elementos de medición sea la adecuada, de esta manera al momento interactuar con el tablero ya sea realizando fusiones, conexiones, pruebas o spliteo, este sea manejable y seguro para el practicante.

Para el apartado del análisis de la red se realizará cálculos del presupuesto óptico para los distintos modelos implementados y con ayuda de los medidores óptico o OPM se obtendrá datos como pérdida por inserción de fibra, por empalme y mal acoplamiento de conectores; dándonos como resultado que un presupuesto óptico determina el nivel de atenuación final de nuestra red de fibra.

Por último, es importante mencionar que por medio del módulo didáctico o central de pruebas se realizarán prácticas de niveles de spliteo, empalmes de fusión, Correcto armado de caja NAP o Manga porta Splitter utilizando diferentes escenarios de pruebas como zona residencial, urbanización, Murales.

1.3. Objetivos del Proyecto

1.3.1. Objetivo General:

Implementar módulos didácticos de una red de planta externa de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones, utilizando elementos pasivos ópticos que permitan mostrar cual es el funcionamiento de la tecnología GPON, para reforzar el conocimiento de los estudiantes de FACSISTEL de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

1.3.2. Objetivo Específicos:

- Investigar los componentes que conforman una red de planta externa GPON y el funcionamiento de cada uno de los equipos.
- Desarrollar diseños de módulos didáctico de planta externa con tecnología GPON, con los estándares establecido por ITU-T G.984 y ANSI-TIA-758-B.
- Obtener datos de las pérdidas totales de trayecto de las redes de planta externa GPON a través de mediciones ópticas aplicando el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.
- Comparar los datos adquiridos a través del proceso matemático y los obtenidos por las mediciones de pérdidas ópticas totales de cada modelo de red.
- Comparar los datos adquiridos a través del proceso matemático y los obtenidos por mediciones de pérdidas ópticas totales de cada modelo de red con errores típicos de instalación en redes de planta externa.
- Realizar prácticas de laboratorio con los módulos didácticos aplicando los escenarios de redes residenciales, empresariales y murales.

1.4. Justificación

La presente propuesta tiene como finalidad implementar 3 módulos didácticos de planta externa en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones (FACSISTEL) de la Universidad Estatal Península de Santa que reflejen una red GPON, el cual consta de diferentes escenarios que se pueden aplicar como instalación de redes de planta externa para edificios comerciales y residencias unifamiliares ya sea en urbanizaciones o en zonas rurales, el diseño a realizar de los módulos didácticos será cómodo y práctico para que los estudiantes puedan manipular los elementos ubicados en los tableros, ya que al tener este tipo de estructura y organización aportara a que el docente no solo utilice métodos de enseñanza como las diapositivas, videos, pizarra. Por otro punto al tener los módulos prácticos el estudiante contara con una herramienta de apoyo que le ayudara a comprender de mejor manera las redes de fibra. tanto el laboratorio de telecomunicación como las asignaturas que están vinculadas a sistemas de fibra óptica o planta externa se verán beneficiadas por la implementación de más componentes con respecto a elementos pasivos de planta externa y equipo de medición para potencia, atenuación, luz óptica, por lo tanto, al tener equipos y materiales se puede trabajar más en prácticas de laboratorio donde los estudiantes desarrollarán destrezas y habilidades.

La interacción de los estudiantes con las diferentes prácticas a realizar en los módulos didácticos se va a encontrar con diferentes componentes y herramientas aprendiendo a ver su funcionamiento, características, formas correctas de manipular los elementos y mantenimiento del lugar de trabajo, este tipo de interacción aporta con la formación de los estudiantes en un ámbito laboral ya sea en el sector público o privado. Al momento de trabajar en el área de telecomunicaciones es común encontrarse con sistemas de fibra óptica donde se emplea el trabajo de realizar fusiones de fibra óptica, armado de caja NAP y armado de mangas por lo que en los módulos didácticos estos tipos de trabajos se los puede realizar en forma de prácticas aportando a los estudiantes mejores técnicas como por ejemplo la fusión de hilos de fibra, ayuda a mejorar la técnica de pelar la fibra, manipular de mejor manera la fusionadora y realización de una correcta fusión con baja pérdida.

1.5. Alcance del proyecto

En la presente propuesta tecnológica se limitará en realizar un análisis sobre equipos necesarios para montar una red de planta externa con tecnología GPON, y así mismo se procurará identificar sobre diferentes equipos de medición que ayudará analizar el estado de la red. Con la información recolectada se efectuará tres diseños de módulos educativos de red de planta externa GPON, considerando en su implementación, que cada uno de los equipos y elementos de medición que los conforman, estén ubicados correctamente para que así el practicante pueda interactuar con los tableros y a su vez les permita realizar diferentes tipos de escenarios de prácticas profesionales.

Para el análisis de las pérdidas totales de trayecto de la red de cada tablero, en primera instancia se realizará el cálculo de atenuación de la red por medio del presupuesto óptico, el cual este nos permitirá comparar los datos obtenidos por los equipos de medición.

Por último, se realizarán prácticas de laboratorios que representen escenarios de entorno real como zonas residenciales, empresariales y murales, y en estos tipos de escenarios aplicados establecer prácticas de empalme de fusión, verificación de continuidad con los equipos de medición óptico, correcto armado de cajas NAP o Mangas porta Splitter.

1.6. Metodología

Durante el proceso de investigación vamos a emplear métodos y técnicas que debemos realizar en el transcurso de nuestro tema para alcanzar los resultados efectivos en la parte teoría, pero por el momento se tiene previsto utilizar los siguientes:

- **Investigación diagnóstica:** Este tipo de investigación recurre a fuentes reales donde se precisa el fenómeno en su propio contexto y como se lo describe, con la finalidad de mejorar nuestro entendimiento en el problema que nos planteemos y obtener un mejor entendimiento en el proyecto las fuentes que más se recurren son los libros, artículos científicos, censos realizados y manuales.
- **Investigación descriptiva:** Es el tipo de investigación que ayudará a analizar y describir los equipos que vamos a utilizar en la implementación de los módulos didácticos para un sistema de fibra óptica para planta externa.

- **Investigación aplicada:** Este tipo de investigación es práctica para nuestro proyecto ya que necesitaremos tener conocimiento de los sistemas de fibra óptica para luego poder implementar en los tableros o módulos didácticos para red de uso de fibra para planta externa, teniendo los conocimientos claros podemos también cumplir el objetivo planteado.
- **Investigación experimental:** Este tipo de investigación nos ayuda que en el avance de la realización del proyecto donde se pueda realizar pruebas de funcionamiento y así recolectar información de cada dispositivo que se encuentre operativo y sin fallos.

1.7. Resultados Esperados

La propuesta tecnológica planteada tiene como objetivo implementación de módulos didácticos para realizar prácticas en el área de Redes de planta externa basándonos en la normativa ITU-T G.984 para su diseño. Al final de su desarrollo se espera presentar:

- El diseño de 3 Módulos didácticos de planta externa para los modelos de 1x32, 1x64 y 1x128 con tecnología GPON donde su diseño sea resistente, comprensible y los componentes con una distribución ordenada siguiendo la normativa ITU-T G.984.
- Mediante los equipos de medición OPM obtener los valores de pérdida totales por trayectoria en cada uno de los 3 módulos didácticos implementados utilizando el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.
- Obteniendo los valores matemáticos del presupuesto óptico y valores de medición realizados con el OPM, se espera obtener el margen de error que existe entre la comparación de cada modelo implementado como es Red de Planta Externa 1x32, 1x64 y 1x128.
- Los valores medidos por el OPM con error por alguna mala conexión o trabajo y el modelo matemático o presupuesto óptico se espera obtener el valor de margen de error que nos permite determinar si el modelo de red de planta externa implementado está dentro del margen del estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.
- La realización de prácticas donde se muestre el funcionamiento de los diferentes módulos didácticos implementados, donde se espera que las prácticas realizadas sean una base para los estudiantes y que pueda fortalecer más su conocimiento teórico.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Contextual

La fibra óptica es el medio principal o la opción lógica para cualquier sistema de comunicación, con el transcurso de los años la expansión de la fibra óptica como un medio de enlace de comunicación se ha incrementado y eso se da por los beneficios que ofrece a utilizarla, entre esos beneficios encontramos sus bajas atenuaciones, otro beneficio en la actualidad son los costos que se han reducido tanto que la fibra óptica hasta el hogar ahora es rentable, especialmente porque puede proporcionar servicios (entretenimiento y comunicaciones) que otros medios no pueden, se puede realizar diferentes tipos de enlaces o conexiones con los sistema de fibra óptica como un enlace subterráneo, aéreo y marítimo.

Este proyecto se establece en el laboratorio de telecomunicaciones de FASCISTEL ubicada en la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA conocida por sus acrónimos como UPSE, los módulos didácticos de fibra óptica están compuesto por elementos pasivos que nos permiten realizar conexiones para una red de planta externa utilizando tecnología GPON, aplicando 3 tipos de redes entre estos tipos de redes se encuentra una red de planta externa residencial, empresarial y murales, en los tableros al tener solo elementos pasivos podemos cambiarlos y mover su ubicación, en el cableado de la red se puede cambiar si se llega a presentar algún fallo.

Los beneficiarios directos de este proyecto son los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones, la implementación de estos módulos didácticos les ayuda a fortalecer sus conocimientos de manera práctica como realizar una red de planta externa incluso aprenderán a utilizar los equipos de medición que se utilizan para realizar pruebas en los sistemas de fibra poniendo el caso del Power Meter PON que nos muestra en su pantalla el estado de paso y mediante las pruebas realizadas nos dará una advertencia o fallo, realizar los enlaces de red de planta externa en los módulos didácticos de forma práctica nos ayuda a conocer como es el funcionamiento de la red, que equipos debemos utilizar, donde debemos realizar fusiones, que equipos de medición debemos utilizar para comprobar el estado de la red y también que estándares internacionales establecemos.

Para realizar el proyecto nos basamos en los estándares ITU-T G.894 que nos explica que la fibra óptica es pasiva con capacidad de Gigabit, que proporciona un mayor ancho de banda que nos permite poder transmitir voz, video y datos; además para el armado de los Módulos Didácticos se regirá al uso del estándar ANSI-TIA-758-B que se basa en la infraestructura en planta externa diseñada para exteriores hasta el abonado y al estándar ITU-T G.984.2 que nos proporciona datos relevantes para niveles de potencia mínimos y máximos potencia sensible tanto para la OLT como ONT, y a su vez se aplicará es el estándar TIA/EIA 598-C que sirve para la codificación de colores de cableado de fibra óptica y nos permitirá llevar una buena organización del cableado en nuestros. Por último, también se emplearán estándares basado en identificación y verificación de los enlaces de fibra entre los estándares utilizados está el estándar ANSI/TIA 526-7A que nos permite realizar medición de pérdida de potencia óptica de la planta de cables de fibra monomodo.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Fibra óptica

2.2.1.1. Origen y Evolución

La fibra óptica es uno de los más grandes descubrimientos dentro del mundo de las telecomunicaciones, el cual emprende su camino desde la antigüedad donde las señales luminosas se utilizaban como método de comunicación, pero estas en aquel tiempo viajaban por el espacio libre y aun no podían ser controladas en su totalidad ya que el hombre solo tenía el conocimiento que estas viajaban en línea recta. El primer trabajo con este principio fue desarrollado en Francia, año 1792, donde Claude Chappe construyo un telégrafo óptico, mediante un sistema de telescopios donde estableció comunicación entre las ciudades de París y Estrasburgo, este constaba de torres con espejos distribuidos a lo largo del camino, el cual permitía enviar información a 200km en 15 minutos. Figura 2.1.(a).

Tiempo después en el año 1870, el científico Ingles John Tyndall descubre que los rayos de luz podrían ingresar en el agua y transmitirse en la misma, además se percató que al realizarse un orificio en el recipiente donde se encontraba el agua, está crearía un chorro de agua y también se propagaría por la misma salvando su curvatura, esto depende a la ley de reflexión de luz estudiada por el matemático neerlandés Willebrord Snell van Royen en el año 1626. Figura 2.1.(b).

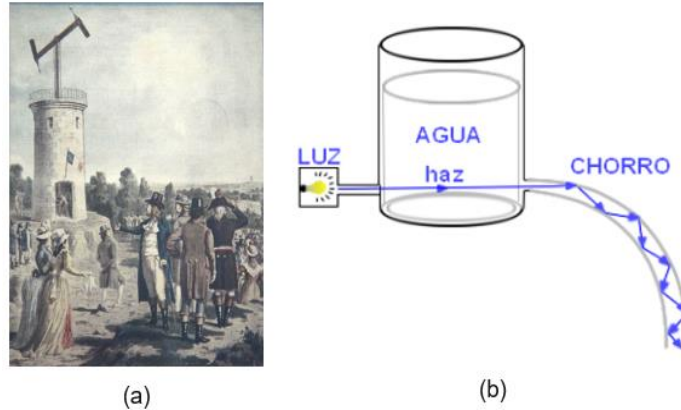


Figura 2.1. (a) Telégrafo óptico, (b) Experimento conducción de haz de luz.
 FUENTE: Imágenes tomadas de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.2. Conceptualización de la fibra óptica

La fibra óptica hoy en día pionera de las telecomunicaciones es un medio de transmisión de luz compuesta por hilos muy finos de material transparente dieléctrico, en general son fabricadas de vidrio o silicio fundido. Su funcionalidad se basa en las propiedades de refracción y reflexión de la Ley de Snell, el cual radica en la inserción de pulsos de luz al núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total del material.

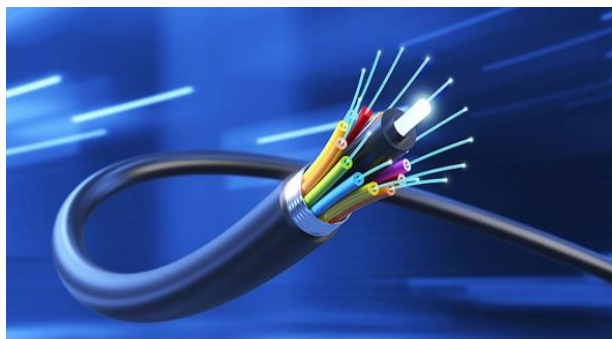


Figura 2.2. Fibra óptica
 FUENTE: Imagen tomada de la página web Citelia.

Además, cabe recalcar que para realizar una comunicación bidireccional con este medio se requiere la utilización dos hilos, que pueden transmitir aproximadamente 60.000 conversaciones simultáneamente. Ahora si se utiliza un cable de fibra óptica para un enlace, esta puede contener un máximo de 200 fibras, este aumentaría la capacidad a 6.000.000 de conversaciones.

2.2.1.3. Funcionamiento básico de un Sistema óptico

En una transmisión de datos en fibra óptica intervienen 3 componentes que son:

- **La Fuente de luz**, LED o VCSEL (multimodo), FP Laser o DFB Laser (monomodo).
- **El medio transmisor**, que es la fibra óptica.
- **El detector de luz**, que un fotodiodo.

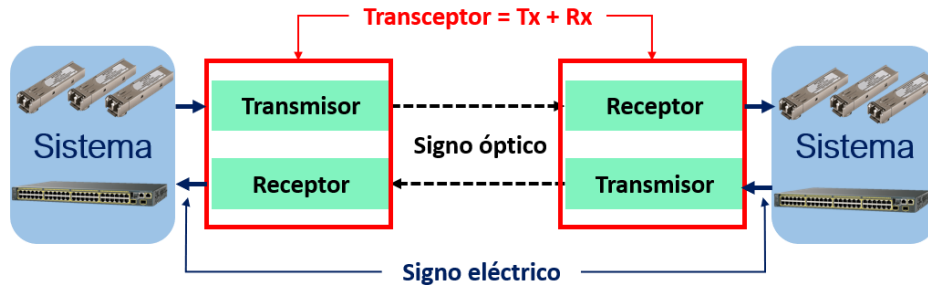


Figura 2.3. Componentes para la transmisión de datos en fibra óptica.
FUENTE: Imagen tomada de la página web apacoe weebly.

2.2.1.4. Estructura básica de la fibra óptica

La fibra óptica está compuesta por:

Núcleo (core): es el encargado de conducir los haces de luz de extremo a extremo con una baja atenuación de 0.2dB/Km. Es fabricado con vidrio de silicio dopado con B_2O_3 , GeO_2 o P_2O_5 para poder ajustar su índice de refracción, cabe mencionar que tiene un índice bajo de refracción y un alto índice de reflexión.

Revestimiento (cladding): cumplen la misión de reflejar o rebotar los haces de luz al no permitir que estos se salgan del núcleo y así puedan viajar a través de él, gracias a su distinto índice de refracción. Es fabricado con silicio SiO_2 .

Cubierta (coating): es el encargado de proteger mecánicamente al núcleo y su revestimiento. Es fabricado con plástico (resina silicona), fibras aramida o poliamida.

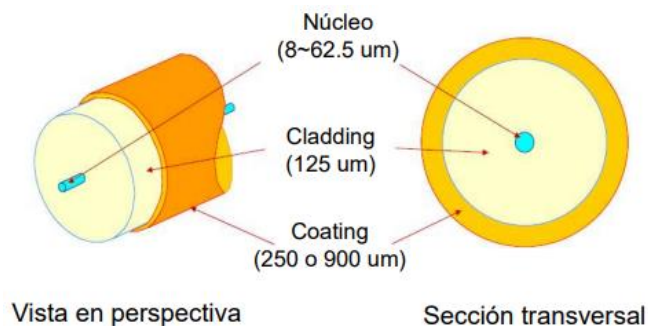


Figura 2.4. Estructura básica de la fibra óptica
FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.5. Fundamentos físicos de la fibra óptica

2.2.1.5.1. Ley de Snell

2.2.1.5.1.1. Reflexión y refracción de la luz

Este fenómeno sucede cuando una onda o rayo de luz se propaga por un medio homogéneo y en su camino incide con una inclinación diferente a 90° grados a otro medio distinto, teniendo como resultado un cambio en su velocidad y en su dirección en la frontera del segundo medio. En este caso se expresará mediante un rayo reflejado y un rayo refractado, dependiendo la naturaleza de los medios.

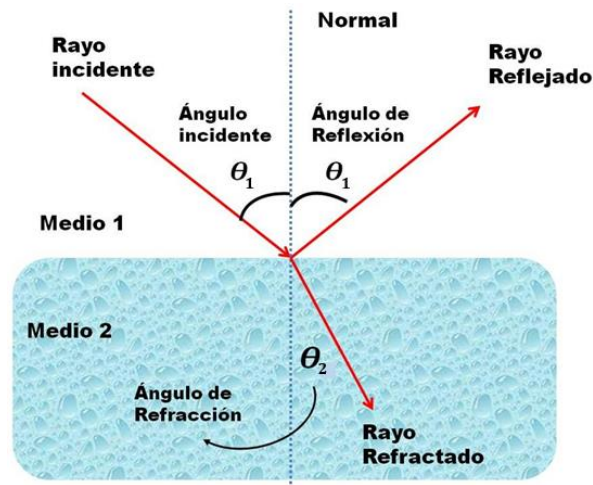


Figura 2.5. Reflexión y refracción de la luz.

FUENTE: Imagen tomada de la página web hive blog.

La reflexión es un fenómeno que se produce cuando un rayo de luz incide sobre un medio y este actúa reflejándolo como especie rebote. **La refracción** es un fenómeno que se produce cuando un rayo de luz atraviesa un medio y este actúa cambiando su dirección y su velocidad dentro de él. La **relación entre la refracción y la reflexión** es dada por la Ley de Snell:

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * \sin \theta_2$$

Ecuación 1. Ley de Snell.

Donde, n es el índice de refracción de cada medio; θ_1 es el ángulo incidente; θ_2 es el ángulo refractado. El índice de refracción, es el que define el comportamiento del rayo luz y su paso de un medio a otro [9].

2.2.1.5.1.2. Índice de refracción

El índice de refracción de un medio n se representa entre la relación de la velocidad propagación de la luz en el vacío y la velocidad de la velocidad propagación de la luz en el medio.

$$n = \frac{\text{veloc. de la luz en el vacío}}{\text{veloc. de la luz en el material}} = \frac{C_0}{C}$$

Ecuación 2. Índice de refracción

Este índice es una constante adimensional única del material que se utilizara como medio de propagación de la onda de luz. A continuación, se presentará unos valores típicos de los índices de refracción de ciertos materiales:

MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN
Vacío	1.0
Aire	1.00003
Hielo	1.309
Vidrio Común	1.520
Diamante	2.417
Cuarzo fundido	1.460
Alcohol etílico	1.361
Alcohol metílico	1.329
Agua	1.333
Glicerina	1.473

Tabla 2.1. Valores típicos de los Índice de refracción de algunos materiales.

FUENTE: Datos recolectados del Manual de comunicaciones por fibras ópticas [9].

2.2.1.5.1.3. Ángulo Crítico

Es el ángulo que representa el valor máximo angular de un rayo incidente θ_1 que produce una señal propagada por la frontera del otro material, es decir, cuando el ángulo refractado θ_2 es igual a 90° . Si se aplica la Ley de Snell con este valor nos quedaría:

$$n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2 \text{ Sen } \theta_2 \rightarrow n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2 \text{ Sen } 90^\circ$$

$$n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2(1) \rightarrow \text{Sen } \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_1 = \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Ecuación 3. Ángulo Crítico

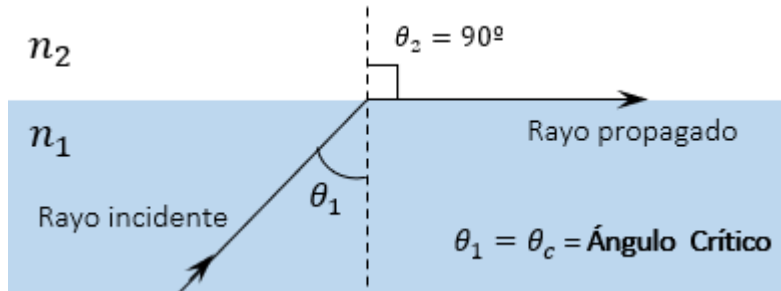


Figura 2.6. Ángulo Crítico

FUENTE: Imagen tomada de la página web Seas bloc.

2.2.1.5.1.4. Reflexión total

Se representa cuando el ángulo del rayo incidente θ_1 es mayor que el ángulo crítico θ_c , produciendo una señal totalmente reflejada por la frontera del otro material, es decir, que regresara a su medio de incidencia.

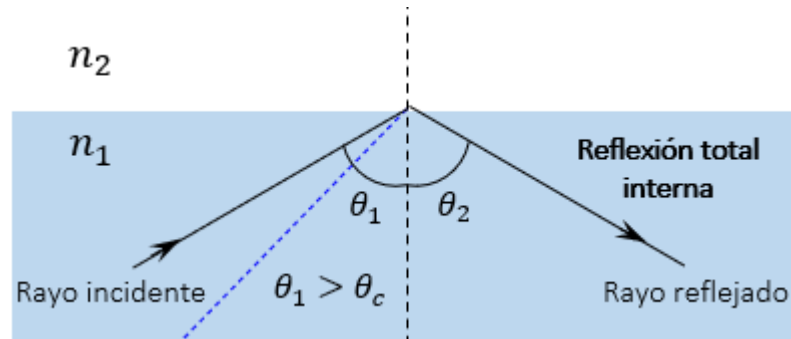


Figura 2.7. Reflexión Total

FUENTE: Imagen tomada de la página web Seas bloc.

2.2.1.5.1.5. Ángulo de Aceptancia

Es el ángulo máximo que permitirá que fibra óptica propague haces de luces dentro del núcleo y así produzca la reflexión total interna, este representa la mitad del ángulo del cono de aceptación.

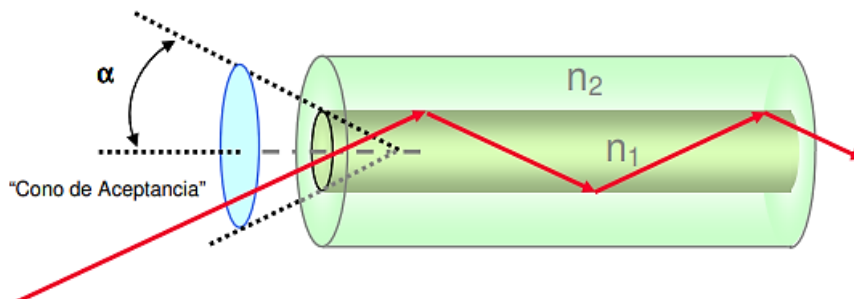


Figura 2.8. Ángulo de aceptación

FUENTE: Imagen tomada del Manual de comunicaciones por fibras ópticas.

2.2.1.6. Clasificación de la fibra óptica

2.2.1.6.1.1. Fibra óptica monomodo

Es un diseño de fibra óptica que es capaz de guiar un solo haz de luz en forma paralela debido al diámetro de su núcleo que mide aproximadamente entre 8,3 a 10 micrómetros, lo cual permite transmitir a altas velocidad de 10 Gbps hasta 200 km sin repetidores en comparación a las fibras multimodo. La fibra óptica monomodo trabaja a las longitudes de 1310, 1550 y 1625 nm, además para los empalmes se requiere de muy cuidados y experiencia al realizar el proceso.

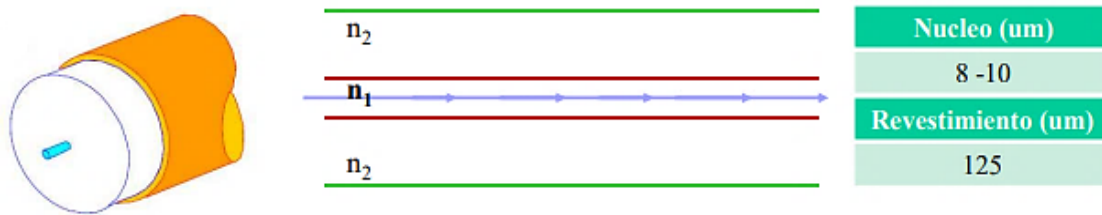


Figura 2.9. Fibra óptica monomodo

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

A continuación, se presenta las características de las fibras y cables ópticos monomodo, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU Recomendación G.652):

FIBRA ÓPTICA MONOMODO - RECOMENDACIÓN G.652	
Longitud de Onda	1300 nm 1550 nm (no optimizada)
Diámetro del núcleo 1300 nm ($\pm 10\%$)	9 μm (revest. con depression) 10 μm (revest. adaptado)
Diámetro del revestimiento	125 $\pm 3 \mu\text{m}$
Longitud de Onda de corte	1100 nm $< \lambda_c < 1280$ nm
Coefficiente de Atenuación	0.1~1 dB/Km en $\lambda = 1300$ nm 0.25~0.5 dB/Km en $\lambda = 1550$ nm 3.5 de 1285 a 1330 nm
Coefficiente de Dispersión	6 de 1270 a 1340 nm 20 a 1550 nm

Tabla 2.2. Fibra óptica monomodo – ITU Recomendación G.652

FUENTE: Datos recolectados de la página web de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

2.2.1.6.1.2. Fibra óptica Multimodo

Es un diseño de fibra óptica que es capaz de guiar múltiples haces de luz con diferentes ángulos de incidencias a través de su núcleo que tiene un diámetro aproximadamente entre 50 a

62,5 micrómetros, pero en consecuencia tiende a reducir su ancho de banda, lo cual permite transmitir a una velocidad limitada de 100 Mbps hasta 40 Km de distancia.

Además, los empalmes que se realizan en estas fibras son más fáciles ya que el diámetro del núcleo es mayor en comparación a las fibras ópticas monomodo.

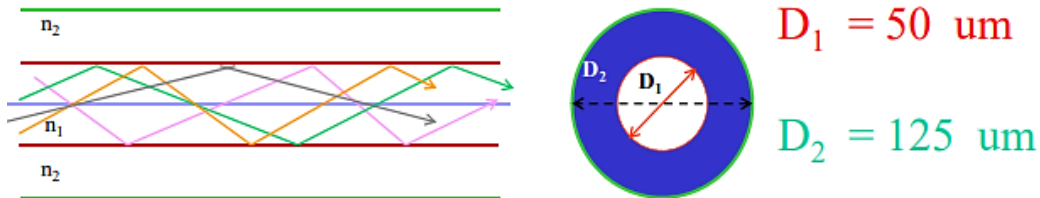


Figura 2.10. Fibra óptica multimodo

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

A continuación, se presenta las características de las fibras y cables ópticos multimodo, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU Recomendación G.652):

FIBRA ÓPTICA MULTIMODO – RECOMENDACIÓN G.651	
Longitud de Onda	850 nm 1300 nm
Diámetro del núcleo	$50 \pm 3 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	$125 \pm 3 \mu\text{m}$
Perfil del Índice de Refracción	Casi parabólico
Apertura Numérica	0.18 a 0.24
Coefficiente de Atenuación	< 4 dB/Km en $\lambda = 850 \text{ nm}$ < 2 dB/Km en $\lambda = 1300 \text{ nm}$
Ancho de Banda	> 200 MHz x Km en $\lambda = 850$ > 200 MHz x Km en $\lambda = 1300$

Tabla 2.3. Fibra óptica multimodo – ITU Recomendación G.651.

FUENTE: Datos recolectados de la página web de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

2.2.1.7. Parámetros de transmisión de la fibra óptica

2.2.1.7.1. Atenuación y Pérdidas

Es la reducción de potencia luminosa que experimentan los pulsos de luz que viajan a lo largo de un tramo de fibra; está dada en la relación entre la potencia óptica transmitida (Tx) y la potencia óptica receptada (Rx), su unidad de medida es el decibelio (dB), y se expresa en forma de pérdida de luz por kilómetro (dB/Km). Además, la medición de atenuación en una fibra óptica depende totalmente de la longitud de onda del haz de luz transmitida.

$$P_{(\lambda)} = 10 \log \left(\frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} \right) \quad [dB]$$

$$\alpha_{(\lambda)} = \left(\frac{1}{L} \right) 10 \log \left(\frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} \right) \quad [dB/Km]$$

Ecuación 4. Atenuación.

Donde: α : atenuación; L longitud del cable; P_{Tx} Potencia transmitida; P_{Rx} Potencia receptada.

Se puede expresar que a medida que la luz viaja en la fibra óptica, su potencia decrece exponencialmente a cierta distancia, esto se debe a que luz se absorbe por la fibra a la hora de su propagación (Figura 2.19), es necesario mencionar que la atenuación no depende del ancho de banda o la modulación que se utiliza para su transmisión. Por lo tanto, si tenemos los valores de coeficiente de atenuación, longitud de cable de fibra óptica y la potencia óptica transmitida, se puede calcular la potencia receptada de la siguiente manera:

$$P_{Rx} = (P_{Tx})(10^{-\alpha l/10}) \quad [W]$$

Ecuación 5. Potencia óptica de salida.

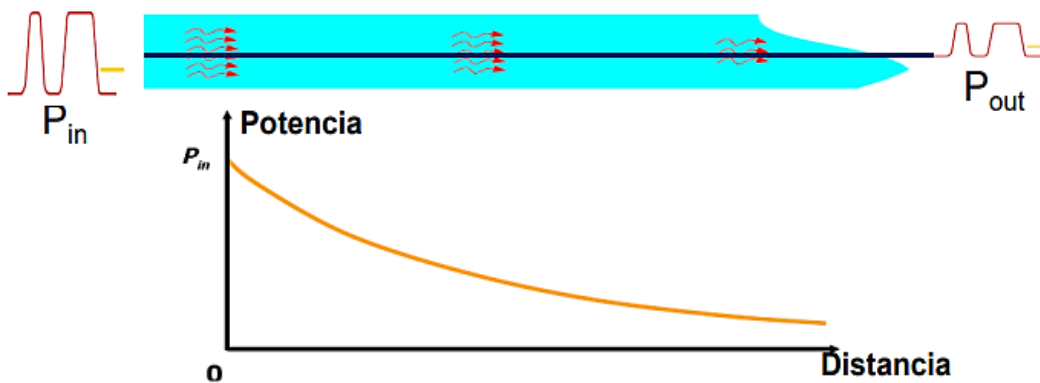


Figura 2.11. Potencia óptica de salida.

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.7.1.1. Pérdidas intrínsecas

Las pérdidas intrínsecas son debido a causas de la fabricación de a fibra, esto quiere decir que el instalador no podrá realizar nada para corregirlas, estas dependen totalmente de la composición del vidrio o las impurezas que tenga el núcleo de la fibra óptica; esto quiere decir que al momento que las ondas de luz interactúen con cualquier impureza en la transmisión, se producirá un fenómeno de dispersión obligada por:

- **Dispersión por difusión:** sucede cuando la luz se dispersa por todas las direcciones.
- **Dispersión por absorción:** sucede cuando la luz es absorbida por el material y hará que se transforme en calor.

Las pérdidas más importantes por causas intrínsecas en la fibra óptica son:

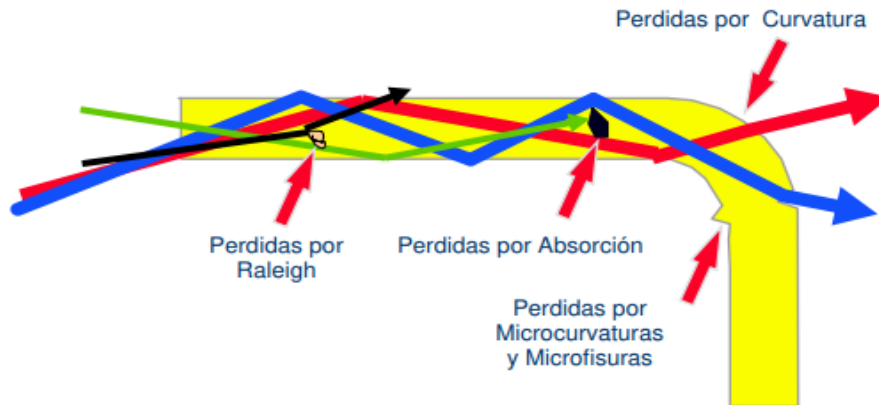


Figura 2.12. Factores intrínsecos que determinan atenuaciones en la fibra óptica.

FUENTE: Imagen tomada del Manual de comunicaciones por fibras ópticas.

2.2.1.7.1.1.1. Pérdidas por absorción de OH

Son pérdidas causadas por impurezas o moléculas de agua (OH) que al momento de su fabricación se quedaron en el interior de la fibra, estas interactúan con los haces de luces y las absorben transformándolas en calor.

2.2.1.7.1.1.2. Pérdidas por Scattering Rayleigh

Son pérdidas causadas por fluctuaciones microscópicas que se encuentran en el núcleo de la fibra por la densidad del material producidas al momento de su fabricación por la agitación térmica. Esta causa son el motivo del 90% de las pérdidas en las fibras actuales.

2.2.1.7.1.1.3. Pérdidas por micro curvaturas y micro fisuras

Son pérdidas causadas por pequeñas curvaturas de frontera (núcleo-revestimiento) en el interior de la fibra, esta puede causar cambios del ángulo de incidencia y en ciertos puntos de la fibra pierde su propiedad de reflexión interna.

2.2.1.7.1.2. Pérdidas extrínsecas

Las pérdidas intrínsecas son debido a procedimiento deficiente de instalación, esto quiere decir que el instalador podrá realizar operaciones para corregir este tipo de pérdidas. Las pérdidas más importantes por causas extrínsecas en la fibra óptica son:

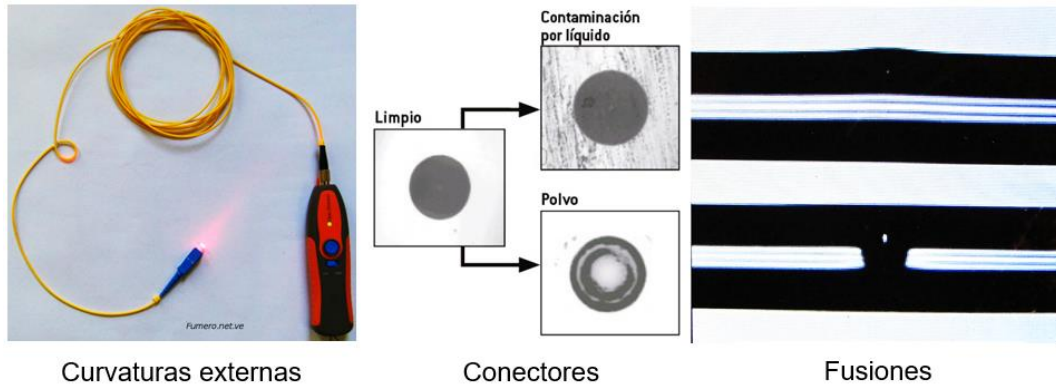


Figura 2.13. Factores extrínsecos que determinan atenuaciones en la fibra óptica.

FUENTE: Imágenes tomada de las páginas web fibraóptica hoy, instaladores de telecom hoy y toolboom.

2.2.1.7.1.2.1. Pérdidas por curvaturas externas

Son pérdidas causadas por la curvatura excesiva de la fibra óptica, ya que esta posee un cierto radio de curvatura crítico que esta descrito por el fabricante. Al momento de incumplir este parámetro cambiará su ángulo de incidencia y provocará que la fibra óptica no tenga reflexión total interna en su núcleo y con ello cause pérdida en la transmisión.

2.2.1.7.2. Dispersión

Es la pérdida que se produce cuando las señales se propagan en distintas velocidades debido a las estructuras ópticas y geométricas de la fibra. Estas pérdidas limitarán la distancia, el ancho de banda y la velocidad en transmisión de datos; debido a que ciertas señales o rayos de luz se retrasarán en su propagación, provocando que se ensanchen los pulsos y tengamos interferencia inter símbolos o más errores en la transmisión.

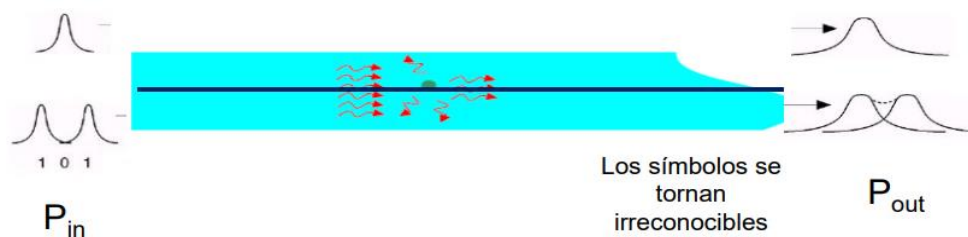


Figura 2.14. Dispersión óptica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.7.2.1. Dispersión modal

Conocida como dispersión por modos, estas se originan al momento de transmitir diferentes modos con una misma longitud de onda, pero con distinta trayectoria y velocidad; provocando que los pulsos de luz lleguen ensanchados, debido al retardo de los grupos de nodos.

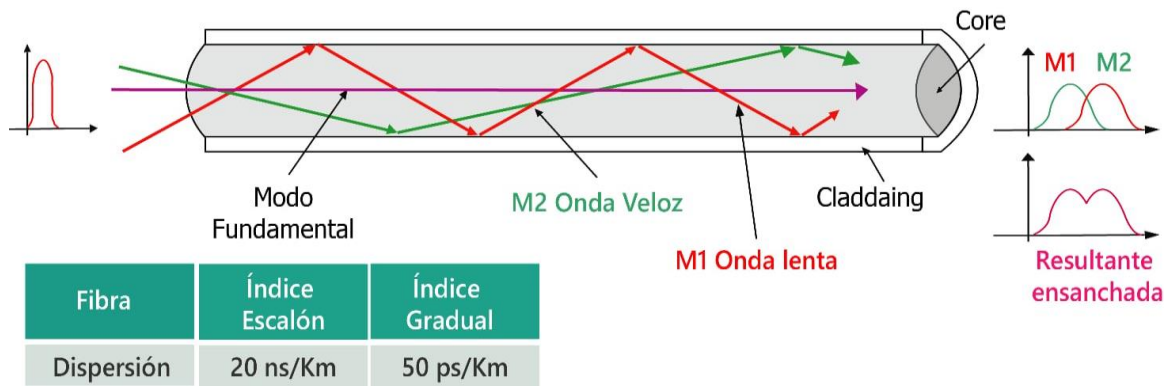


Figura 2.15. Dispersión modal.

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.7.2.2. Dispersión material

También conocida como dispersión espectral, estas se originan por el ancho espectral de la fuente óptica, debido que el índice de refracción es dependiente a la longitud de onda de los pulsos enviados; y así mismo tomará diferentes velocidades causando ensanchamiento del pulso.

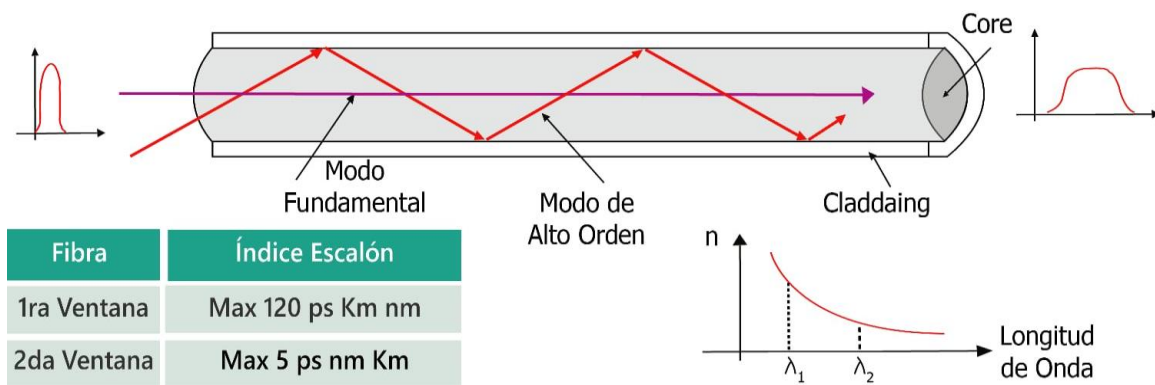


Figura 2.16. Dispersión material.

FUENTE: Imagen tomada de la página web INICTEL-UNI.

2.2.1.8. Ventajas y desventajas del uso de fibra óptica

Las **ventajas** de utilizar fibra óptica en las redes de telecomunicaciones son:

- **Gran ancho de Banda:** ya que provee un mayor flujo de datos en GHz.
- **Acceso ilimitado y continuo:** todo el tiempo sin congestiones.
- **Gran Seguridad:** Ofrece mayor seguridad de datos.
- **Veloz y eficaz:** ya que posee una gran capacidad de transmisión de datos a velocidades mayores a 1.7Gbps.
- **Es resistente:** a energía mecánicas, térmica y a la corrosión.

- ***Inmune a las radiaciones electromagnéticas:*** por los componentes y provee una mejor calidad de la transmisión.
- ***Es Liviana:*** Ya que pesa ocho veces menos que los cables de cobre.
- ***Ocupa menos espacio:*** Ya que sus hilos son muy delgados y flexibles.
- ***Facilita la localización de los cortes o fallos de instalaciones:*** gracias a equipos especiales que diagnostican todo el sistema.

Las desventajas de utilizar fibra óptica en las redes de telecomunicaciones son:

- ***Solo las zonas urbanas pueden contar con el servicio:*** ya que solo pueden tener el servicio personas que viven dentro de la ciudad o lugares cercanos donde ya estén instalada la red de fibra óptica.
- ***Son muy frágiles:*** ya que su núcleo de vidrio se puede romper por maniobras de curvatura.
- ***Empalmes más complicados:*** se necesita tener equipos especiales y personal especializado para este procedimiento.
- ***Requiere de conversores:*** para transformar los haces de luz a pulsos eléctricos y viceversa en la transmisión y recepción de datos.
- ***Costos elevados de los equipos de transmisión y recepción para las instalaciones:*** son mucho más costosos que los equipos utilizados en una instalación de cobre.

2.2.2. Sistemas de acceso para Redes de Fibra Óptica

2.2.2.1. Sistemas de telecomunicaciones

Un sistema de telecomunicaciones se basa en una infraestructura física que traslada información desde un emisor hasta un receptor por medio de un canal de transmisión; ofreciendo a sus clientes diversos servicios de telecomunicaciones.

Tradicionalmente los servicios de telecomunicaciones se han prestado sobre redes superpuestas soportando servicios de voz y datos, tomando el siguiente modelo de red:

- ***Equipo terminal:*** ubicado en las instalaciones del abonado.
- ***Acceso:*** la manera de conectar los equipos del cliente con la central.
- ***Conmutación:*** son los equipos responsables de la comunicación entre los clientes.
- ***Transporte:*** la manera de conectar los elementos de conmutación entre ellos.

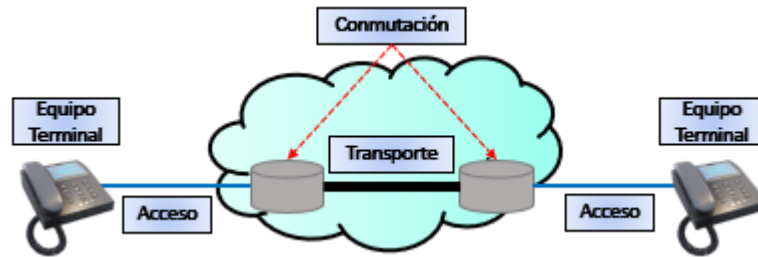


Figura 2.17. Modelo de Red.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

2.2.2.2. Planta Telefónica

Una central telefónica se sitúa en un edificio que alojan los equipos de un sistema de transmisión (equipos de transmisión y conmutación); para posibilitar la comunicación entre distintos los abonados.

Una red telefónica se compone en:

- **Planta interna:** Es la infraestructura que se localiza dentro de la central telefónica.
- **Planta externa:** Es la infraestructura que se localiza fuera de la central telefónica.

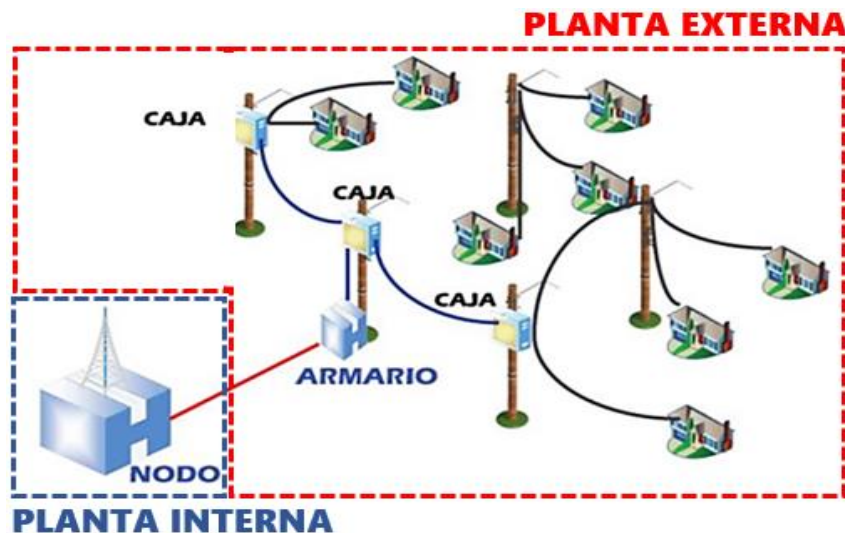


Figura 2.18. Red Telefónica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web repositorio Espe.

2.2.2.3. Planta Externa

Es toda la infraestructura externa de una central proveedora del servicio; compuesta por un conjunto de medios que permiten la comunicación entre el abonado y la central (Nodo ISP) que ofrecen servicios de telecomunicaciones como: voz, datos y TV.

Una planta externa consiste en una serie de estructuras previamente evaluadas y mapeadas según el área geográfica y poblacional que se desplante la red; estos medios pueden ser interconectadas por medio de:

- **Red subterránea:** mediante de tendidos subterráneos a través de sótanos y tuberías PVC.
- **Red aérea:** mediante de tendidos aéreos a través de postes de concreto.

2.2.2.3.1. Subdivisión de una planta externa

Una planta externa se divide en tres tramos que son:

- **Red primaria:** Es el segmento de red que se ubica desde la central hasta los armarios o puntos de distribución.
- **Red secundaria (distribución):** Es el segmento de red que se ubica desde los armarios o puntos de distribución hasta las cajas de dispersión.
- **Red de dispersión:** es el segmento de red que se ubica desde la caja de dispersión hasta los equipos del abonado.

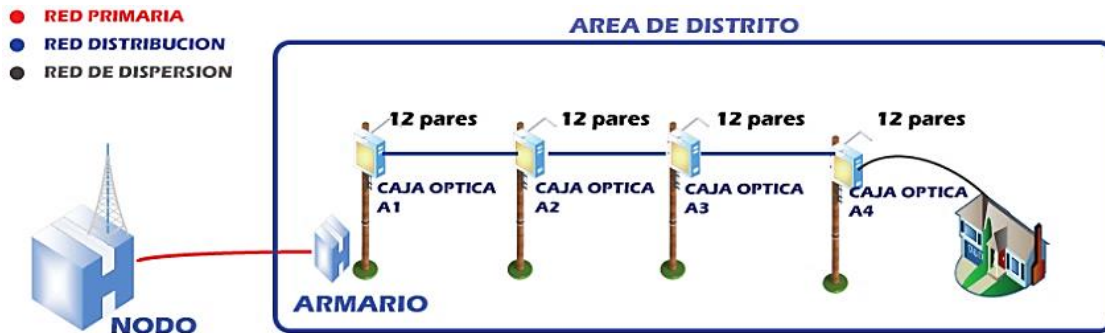


Figura 2.19. Subdivisión de una Planta externa.

FUENTE: Imagen tomada de la página web repositorio Espe.

2.2.2.3.2. Elementos que componen una planta externa

Partiendo de la central telefónica y finalizando en el domicilio del abonado, los elementos que intervienen en la conexión óptica que constituyen una red de planta externa son:

- OLT (Terminal de línea óptica);
- ODF (Distribuidor de fibra óptica);
- Cables interior y exterior de fibra óptica;
- Fibras ópticas Monomodo;

- Bandejas o Cajas de Empalme;
- CTO (Caja terminal óptica);
- Cajas de derivación de fibra óptica DIVI-CAU;
- Divisores ópticos (Splitter);
- ONT (terminal de nodo óptico);
- ONU (Unidad de red óptica) - Router óptico;
- Herrajes, anclaje, tensores, cinta de acero y preformados.

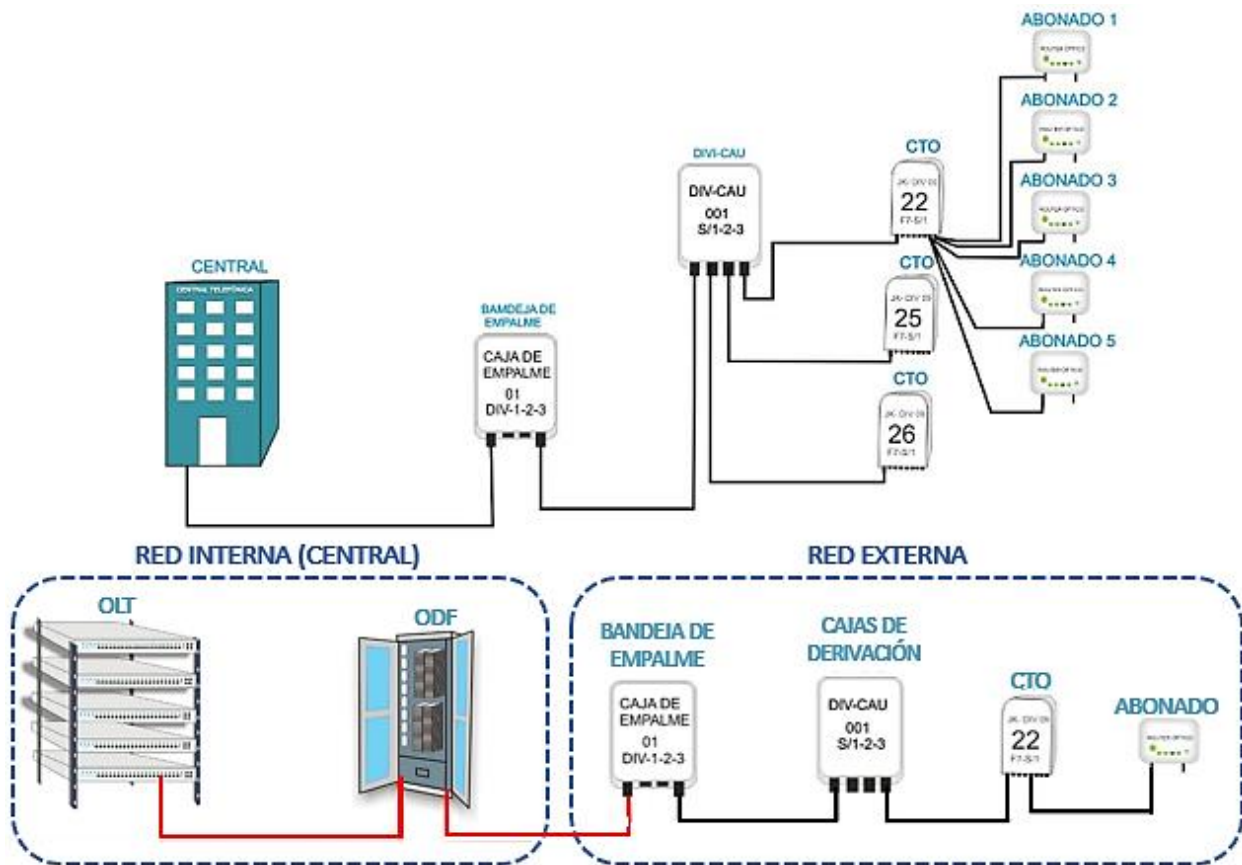


Figura 2.20. Elementos que componen una planta externa de fibra óptica.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Como vemos en la imagen, la planta externa de fibra óptica está formada por una serie de elementos internos y externos a la central proveedora [5].

- **En la parte de la red interna**, la OLT está interconectada con un gabinete llamado ODF, el cual su función principal es organizar cada fibra desde el exterior, aumentando el número desde el primer hilo hasta el último hilo (256 hilos de luz).

- **En la parte de la red externa**, el único medio de comunicación son los cables de fibra óptica y estos se dividen en una red primaria y una red secundaria.

En el tema de instalación para estas redes, se deben cumplir una serie de condiciones generales para asegurar su correcto funcionamiento tanto técnico como económico. Esto se puede resumir en las siguientes situaciones:

- **Suficiencia:** que cumpla con todos los requerimientos planteados en un período específico y el crecimiento poblacional esperado para el proyecto;
- **Elástica:** contar con la capacidad de seguir la evolución tecnológica y estructural de etapas futuras, permitiendo la expansión de los factores externos de las plantas y su desarrollo tecnológico;
- **Económica:** deberá el retorno de la inversión, lo cual es un motivo importante y un requisito previo para no realizar instalaciones innecesarias;
- **Calidad de transmisión:** la planta externa como plan de transmisión, debe cumplir con los requisitos o requerimientos de todos los usuarios para poder alcanzar parámetros de calidad razonables de acuerdo con las normas de telecomunicaciones [5].

2.2.2.4. Red de acceso Fibra Óptica

La red de acceso óptica es la infraestructura de red que permiten el acceso a última milla a través de fibra óptica, el cual representa la conexión de los elementos terminales de la red de transporte en una Terminal de Línea Óptica (OLT) situada en la Oficina Central con un terminal de red óptico (ONT) situada en el hogar del cliente final, realiza a través de la Red de Distribución óptica (ODN).

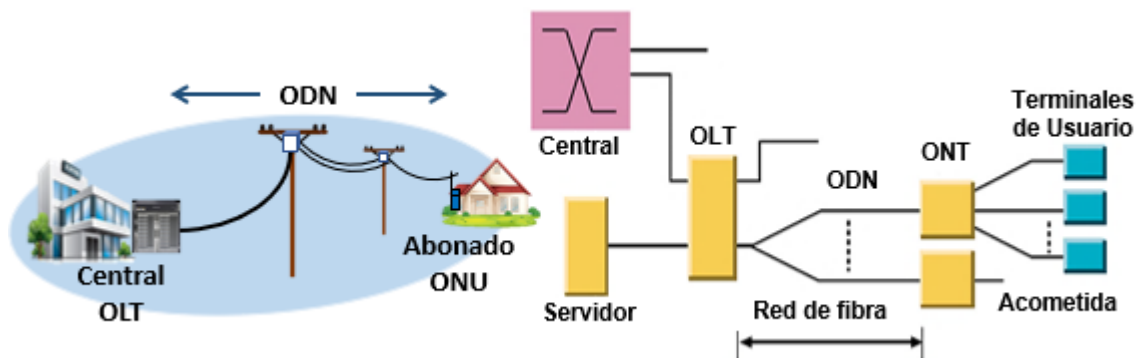


Figura 2.21. Red de acceso de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

2.2.2.5. Tipos de urbes para el montaje de una red de acceso

Al diseñar una red de acceso, es importante que la instalación esté bien planificada para que la tecnología y el proceso puedan dar buenos resultados una vez que comience el proceso de diseño. Es necesario investigar los lugares que se realizara la instalación y categorizar los tipos de urbes a las que se puede acceder para que la red brinde un servicio adecuado a sus habitantes.

2.2.2.5.1. Grandes urbes

Una gran urbe tiene muchos edificios altos y no residenciales, como centros comerciales, edificios de oficinas, etc. Esto significa que la mayoría de los edificios son de nueva construcción y tienen salas abiertas, comunicaciones y escotillas para la instalación de equipos. Por otro lado, la escasez de espacios verdes permite un mayor número de canalizaciones, lo cual es importante cuando se coloca una gran cantidad de cableado. Los edificios ubicados en las grandes ciudades a veces requieren mucho ancho de banda para adaptarse a las necesidades de los empleados o deben brindar acceso a servicios específicos [10].

2.2.2.5.2. Zonas residenciales

En estas áreas, las viviendas están más separadas que en las grandes ciudades y la densidad poblacional es mucho más baja. La mayoría de los edificios tienen pocos pisos y algunos no tienen cajas de comunicación o escotillas para la instalación de equipos. Sin embargo, se pueden encontrar plomería disponible, ya sea electricidad o agua corriente o incluso para la comunicación. La demanda de servicios de telecomunicaciones en estas regiones suele ser inespecífica. Los usuarios residentes y las PYMES demandan un de acceso de banda ancha suficiente para las aplicaciones típicas de Internet, por lo que el enlace de descarga es más grande que el enlace de carga [10].

2.2.2.5.3. Zonas de escasa población

Realizar un diseño en estas zonas es más complicado porque se debe considerar un despliegue a través de un largo terreno junto con edificios no residenciales que a menudo no tienen gabinetes de telecomunicaciones. Las canalizaciones también son un factor importante porque si no están disponibles, es mejor revestir la fachada o amarrar las fibras a los postes que cavar canales que pueden no ser productivos para el proyecto. Dadas las grandes distancias que pueden alcanzar estas implementaciones, muchos diseños eligen colocar repetidores en lugar de habilitar múltiples nodos de acceso para reducir costos, tuberías y cables desde nodo [10].

2.2.2.6. Arquitectura de acceso en Redes de Fibra

2.2.2.6.1. Solución FTTx

Las redes FTTx por sus siglas significa “Fiber to the x” (fibra hasta x), es un término que abarca un conjunto de configuraciones centradas en la asignación acceso de banda ancha por medio de fibra óptica, estas se originaron para poder remplazar la red de acceso de cobre ya sea total o parcialmente con el objetivo de mejorar la velocidad de transmisión de datos. Estas arquitecturas se diferencian por la última letra de sus siglas, el cual demuestra hasta qué punto se desplegará la fibra óptica en la red. Los diferentes tipos de arquitectura FTTx son:

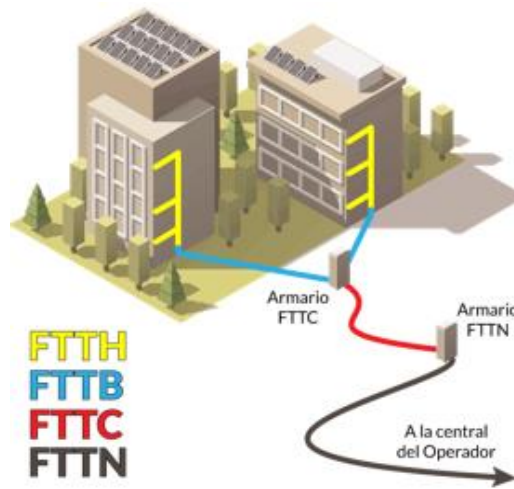


Figura 2.22. Arquitecturas FTTx “Fiber to the x” (Fibra hasta x).

FUENTE: Imagen tomada de la página web prored.

2.2.2.6.1.1. FTTN “Fiber to the Node” (Fibra hasta el nodo)

Este esquema se basa en el despliegue fibra óptica desde la central proveedora del servicio hasta un armario de distribución de usuarios, por lo general el armario se encuentra entre los 100mtrs a 1Km de distancia de los usuarios; donde posteriormente para la última milla se utiliza tecnología xDSL (cobre) para llegar a los hogares.

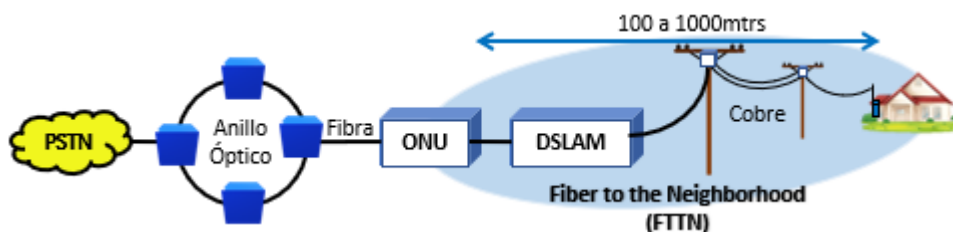


Figura 2.23. FTTN “Fiber to the Node” (Fibra hasta el nodo).

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

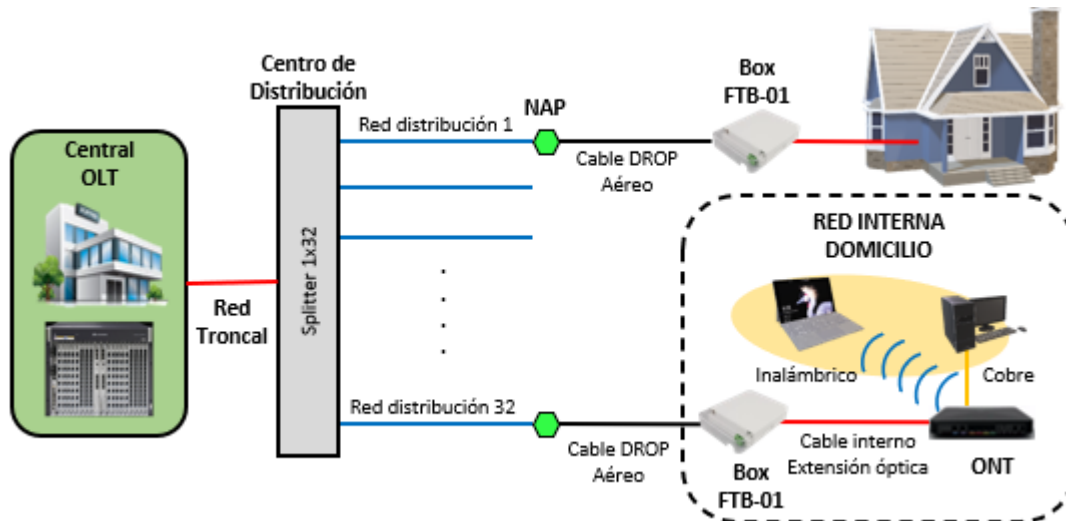


Figura 2.26. FTTH “Fiber to the Home” (Fibra hasta el hogar).

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

2.2.2.6.2. Estándares xPON

Las redes ópticas pasivas son una familia de redes xPON con una arquitectura avanzada, el cual ha sufrido varias evoluciones a pasar el tiempo. Sus estándares de calidad y su operabilidad son definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en ciertos casos. Los estándares xPON consta principalmente de dos partes, basadas en ATM y Ethernet; estos se clasifican de la siguiente manera:

- **Recomendación ITU-T G.983:** Redes APON y BPON.
- **Recomendación IEEE 802.3. ah:** Redes EPON.
- **Recomendación ITU-T G.984.x:** Redes GPON.

2.2.2.6.2.1. GPON “Recomendación ITU-T G.984”

GPON de sus siglas significa “Gigabit Passive Optical Network” (Red óptica pasiva Gigabit) de recomendación ITU-T G.984.x definida en el año 2004 para especificar las características de los dispositivos diseñados que se utilizan en esta red. GPON permite manejar la tasa de transmisión en Gigabit con el propósito principal de proporcionar servicios en zonas residenciales y comerciales, por medio del envío de servicios IP. La red GPON se describe como una red de acceso de fibra óptica flexible capaz de satisfacer las necesidades de los servicios comerciales y residenciales en términos de ancho de banda, incluyendo velocidades de transmisión de datos de:

- **Funcionamiento simétrico:** donde el canal Downstream y Upstream tiene 622Mbit/s y 1.25Gbit/s.
- **Funcionamiento asimétrico:** donde el canal Downstream tiene 2.5 Gbit/s y el canal Upstream tiene 1.25Gbit/s.

En la arquitectura de red GPON, según los estándares utilizados por las clases A, B y C, se establece el margen de pérdida, donde de 2-20dB son de clase A, de 10-25dB son de clase B y de 15-30dB son de clase C.

GPON tiene mayores ventajas en gestión, operación y mantenimiento, ya que cuenta con su propio método de encapsulación llamado GEM de sus siglas “GPON Encapsulation Method”, el cual soporta todo tipo de servicios que pueden ser utilizados en redes ATM, Ethernet y TDM.

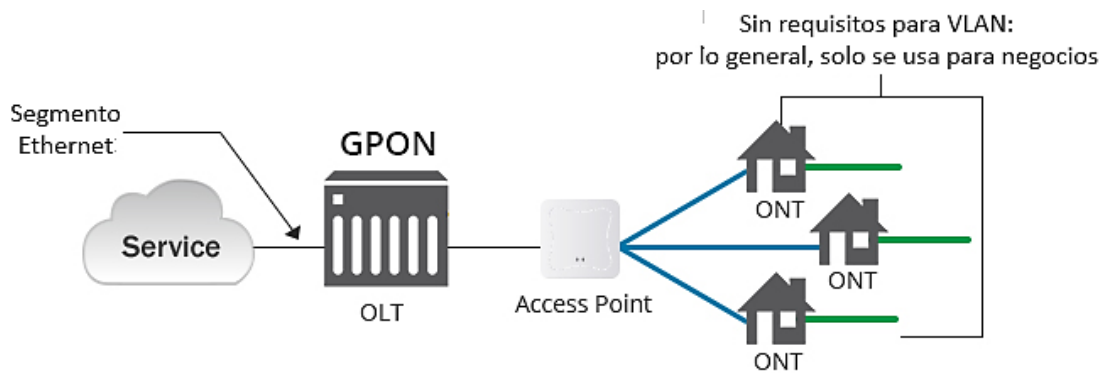


Figura 2.27. Red óptica pasiva Gigabit (GPON).

FUENTE: Imagen tomada de la página web FS community.

2.2.3. Tecnología GPON

2.2.3.1. Origen de la Tecnología GPON

Estamos en una sociedad digital global que cotidianamente se adapta a la nueva transformación de como aprendemos, estudiamos, capacitamos, divertimos y progresamos.

Las conexiones a Internet en los hogares y empresas han mejorado en la actualidad, pero hace unos 15 a 20 años anteriores las conexiones eran muy lentas, para se accedía a internet a través de una línea telefónica donde debíamos elegir si navegar en internet o poder realizar una llamada ya que no podíamos realizar ambas al mismo tiempo. Lo que dio un cambio inesperado fue la llegada de la banda ancha ya que por fin podríamos transmitir información por múltiples canales.

En el año 1998 aparecen las redes APON (Redes Ópticas Pasivas ATM) varios años más tarde aparecen las Redes BPON siendo una mejora de las redes APON donde las mejorar fueron obtener más servicios de Ethernet, distribución de video y consiguiendo también un mayor ancho de banda, hasta ese momento las redes PON estaban estandarizadas por la ITU y entrando con una nueva especificación realizada por un grupo de trabajo EFM (Ethernet en última milla), establecido por la IEEE. Para el 2004 nace la Redes EPON debido a las ventajas de las redes PON y EFM, en la actualidad la demanda de ancho de banda es grande por lo que las Redes EPON ofrecían un servicio de 100Mbps/s en descarga y 50Mbps/s en carga, añadiendo también el problema de pérdida de señal por distancia, debido a esta demanda de mejorar el servicio surgen las Redes GPON donde sustituimos el uso de cable de cobre por fibra óptica. Fue inevitable el cambio de cobre a fibra óptica ya que la demanda cada día era mayor en velocidad y performance.

2.2.3.2. Características generales de la tecnología GPON

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

- La cobertura para un tendido de fibra llega hasta 20km desde la central al abonado.
- Proporciona seguridad de la información a nivel de protocolo.
- Su estructura está compuesta por elementos pasivos.
- Velocidad nominal de 2,48Gbits/s (canal descendente) y 1,24Gbit/s (canal ascendente).
- Puede proporcionar para cada abonado hasta 200Mbit/s para servicios de “triple play”.
- Permite la capacidad de sobresuscripción, es decir que permite a los proveedores de servicio entregar más tráfico a los usuarios cuando estos lo necesitan.

2.2.3.3. Diseño básico de la tecnología GPON

2.2.3.3.1. Estructura de una red GPON

La tecnología GPON para redes FTTH consta de los siguientes elementos:

- **OLT “Optical Line Terminal”** ubicada en las instalaciones de la central proveedora.
- **ODN “Optical Distribution Network”**
 - **Red Feeder** es la red troncal que conecta el ODF con el armario FDH.
 - **Red de Distribución** se encarga de conectar el armario FDH con la NAP.
 - **Red de Dispersión** se encarga de conectar la NAP con la roseta del abonado.
- **ONTs “Optical Network Terminal”** ubicadas en las instalaciones de los abonados.

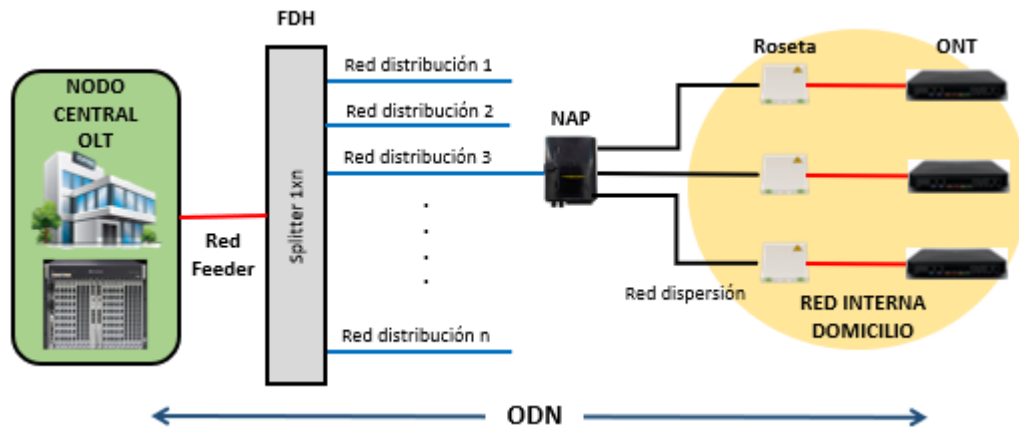


Figura 2.28. Partes de una red FTTH con tecnología GPON.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

2.2.3.3.1.1. Corrección de errores de reenvío (FEC)

En una emisión de señales digitales pueden existir errores de bit y fluctuaciones, por esta razón en una red, la calidad de la transmisión puede degradar. Las redes GPON gracias a la técnica de corrección de errores de reenvío permite que receptor compruebe si hay bits erróneos en la transmisión. Las principales características de esta técnica son:

- Es unidireccional (descendente), no permite comentarios de información de error;
- No requiere retransmisión de datos;
- Mejora la calidad de transmisión del bloque de control físico descendente (PCB) y procesamiento de la carga útil [11].

2.2.3.4. Ventajas de la tecnología GPON

Sus principales características son:

- **Mayor ancho de banda:** ya que provee un mayor flujo de datos en GHz permitiendo una transmisión de datos a gran capacidad.
- **Mejor calidad de servicio:** ya que garantiza un mayor ancho de banda para cada abonado.

- **Mayor alcance:** ya que permite distancia hasta 20Km desde la central al abonado además permite una mayor cantidad de usuarios.
- **Gran Seguridad:** ya que los datos son cifrados a nivel de protocolo.
- **Operatividad:** ya que cuenta con una arquitectura que simplifica la administración de equipos.
- **Escalabilidad:** ya que la arquitectura actual permite que esta red evolucione mejorando sus características.

2.2.4. Módulos Didácticos

2.2.4.1. Principios básicos de los módulos didácticos

Son conocidos como módulos didácticos o módulos educativos para aprendizaje, contienen todos los elementos y recursos necesarios para aprender conceptos y habilidades. Hoy en día se busca métodos o formas para combinar la parte teórica con la parte práctica, utilizando los materiales permitidos que se puedan emplear para impartir enseñanzas, como es el caso de libros, materiales de internet y nuevas tecnologías [13]. Los módulos didácticos en cuestión requerirán que los estudiantes se les pueda diseñar evaluaciones de diversas formas, como la realización de preguntas sobre los temas planteados en el módulo, lo que es más comprensibles para el estudiante al ser más directas y eficaz las evaluaciones, también los módulos didácticos ayudan al aprendizaje de los estudiantes al realizarse presentaciones o proyectos sobre los temas planteados en clases [14].

2.2.4.2. Características de un módulo didáctico

El aprendizaje es fundamental por lo que los módulos didácticos deben tener una estructura bien organizada que facilite el entendimiento de quien lo vaya a utilizar y esclarecer el tema que se está tratando [13]. Las características que cuenta los módulos didácticos son:

- Facilita el fácil aprendizaje para el estudiante, posee un lenguaje entendible y simplificado ya que lo planteado en los módulos didácticos son temas que el estudiante debe comprender con facilidad.
- Compensación de la parte teórica con lo práctico, los diseños planteados en los módulos didácticos están relacionados con la parte teórica de la materia para que el estudiante pueda adaptar esos conocimientos a la parte práctica.

- La parte visual es importante en los módulos didácticos, para comprender que tema se está empleando, etiquetar los diferentes partes del trabajo realizado para tener un mejor entendimiento en el tema y saber la ubicación de los elementos.
- Los módulos didácticos fortalecen los conocimientos de los estudiantes ya que se mantendrá activo realizando las prácticas y supervisado por el docente, el aprendizaje se realizar de forma autónoma y se evita que solo memorice los procedimientos.

2.2.4.3. Estructura De Módulos Didácticos

Los módulos didácticos cuentan con su estructura o partes donde se refleja el buen funcionamiento que se va a tener entre el estudiante y la visualización de las prácticas, antes de realizar un módulo didáctico se plantea un objetivo por el cual se va a realizar, al plantear el objetivo estamos describiendo que el uso va a ser efectivo y que cumplirá con propósito que planteamos. Podemos ver en el siguiente grafico las partes de un módulo didáctico [13]:

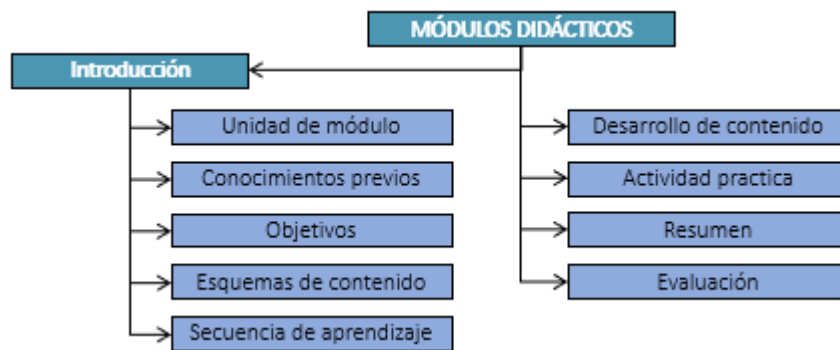


Figura 2.29. Estructura de módulos didácticos.

FUENTE: Imagen del documento estructura de módulos didácticos, Luz Arroyo (2018).

2.2.4.4. Beneficios de los módulos didácticos

En la vida cotidiana visualizamos las redes de fibras como pasan por los postes o vemos como realizan instalaciones de forma subterránea pero la visualización de la red entera para poder distinguir las diferentes etapas de una red de fibra, al implementar un módulo didáctico se vuelve una manera mucho más visual al poder distinguir toda las etapas de la red de fibra en el recorrido desde el distribuidor hasta el abonado las aplicaciones que se le da en los módulos didácticos es que vemos el principio y final de la red, comprendemos el funcionamiento y las diferentes distribuciones para llevar el servicio al abonado.

2.3. Marco Teórico

Para la realización de la propuesta tecnológica nos basamos en diferentes fuentes de investigación que nos ayudaron con información notoria en el campo de la propuesta que planteamos, las investigaciones más relevantes se muestran a continuación.

En la universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca en el año 2019, se realizó el trabajo de titulación: **Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la Red GPON de CNT en la ciudad de Azogues**, basándose básicamente en el estudio de la estructura y componentes de una Red GPON con elementos pasivos y utilizando todas las normativas y estándares que se vinculan al tendido de la red, esta información nos es muy relevante para realizar nuestra propuesta tecnológica ya que dentro del documento también explica los diferentes modelos de Red GPON que contiene CNT EP y de sus componentes en los diferentes modelos de Red [15].

En la universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Guayaquil en el año 2020, como trabajo de titulación se realizó: **Diseño e implementación de un módulo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas**, donde realizan el diseño y la creación de 10 prácticas de laboratorios basadas en comunicaciones ópticas, dentro de las prácticas demuestran: herramientas y equipamiento del laboratorio de comunicaciones ópticas, como realizar la correcta preparación de la fibra monomodo y multimodo, uso de splitter óptico y medidas de potencia etc. todo con un solo objetivo y es que los estudiantes refuercen sus conocimientos teóricos realizando prácticas [16].

En la ciudad de Portoviejo del año 2018, específicamente en la Universidad Estatal Del Sur De Manabí se realizó el tema de titulación: **Diseño de un módulo didáctico para el uso básico de la fibra óptica para la asignatura de telecomunicaciones de la carrera de ingeniería en computación y redes**, el trabajo se basa en elaborar un sistema de educación mucho más practico dando a conocer conceptos fundamentales en fibra óptica y beneficios que puede traer utilizar módulos didácticos, el trabajo es interesante ya que los fundamentos teóricos como las medidas, estándares, normativas son fuentes de información relevantes para la propuesta tecnología que estoy realizando, al tratarse de un módulo didáctico se basa en fundamentaciones y ejercicios prácticos fortaleciendo los conocimientos de los estudiantes en la parte cognitiva, procedimental y actitudinal. [17].

En la UPSE se implementaron sistemas de fibras ópticas donde esos sistemas siguen activos y tomando como referencia para realizar la propuesta tecnológica elegimos el trabajo de titulación: **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**, en la cual se basa de la implementación de una red GPON mostrando sus diferentes elemento a utilizar y estándares, también nos aporta para saber los equipos que tenemos disponibles para utilizar en nuestra propuesta tecnológica ya que solo utilizamos elementos pasivos, lo que también contribuye es que realizan cálculos teóricos obteniendo pérdidas totales de los enlaces para comparar con los equipos de medición digital que se tiene [18]. este tema aporta con fuentes relevantes de la parte para realizar cálculos y como está realizada la red de fibra óptica GPON en los laboratorios de telecomunicaciones viendo los beneficios que tiene este proyecto de titulación puedo argumentar que la información ayudara para la propuesta tecnológica de Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS

3.1. Redes ópticas

Estamos en un mundo de la era digital donde tenemos acceso a más información que nunca esto se debe a que el ancho de banda hace posible el mundo digital. Los clientes residenciales, empresariales y comerciales en sus sistemas de comunicación cuentan aún con una red envejecida de cobre. Sin embargo, al estar evolucionando cada día los sistemas de redes de fibra es más factible implementar ahora una red de fibra hasta el usuario, las redes ópticas pasivas (PON), como la fibra hasta el hogar (FTTH), se implementan cada vez más para cumplir con las demandas de consumo de ancho de banda actuales y también para futuras redes.

Las redes de cobre están siendo reemplazadas en la actualidad por lo que se necesita ahora tener más conocimiento en redes de fibra, el proyecto se basa en estudiar redes de planta externa donde se encontrara redes ópticas por lo que se da la necesidad de investigar más sobre este tipo de redes, las redes ópticas pasivas se pueden clasificar en 2 grupos.

- Redes ópticas pasivas.
- Redes ópticas activas.

En el proyecto a realizar se utiliza parámetros técnicos para realizar las redes de planta externa con tecnología GPON y arquitectura FTTH ya que los diferentes modelos implementados en los módulos didácticos son realizados solo con elementos pasivos.

3.1.1. Redes ópticas activas

Red Óptica activa o también conocida por sus siglas OAN (Active Optical Network), es una estructura de red punto a punto en donde cada cliente cuenta con su propio punto de fibra óptica que finaliza en un concentrador óptico, al ser redes ópticas activas cuenta con solo elementos activos que necesitan de energía para su alimentación para poder recorrer largas distancias utilizando equipos como enrutadores o conmutadores que administran la distribución de la señal y direccionar a los diferentes abonados. Este tipo de redes se encuentran basada en el Standard IEEE 802.ah, al proveer velocidades superiores a 1Gbps estamos dando a conocer que trabajamos con redes ópticas pasivas porque proporcionamos con bandas de ancha simétricos, esa velocidad

superior a los 1Gbps se da por puerto sobre una sola fibra por lo que se utiliza 2 longitudes de ondas multiplexadas y diferenciadas de cada hilo de fibra, a la final tendremos 2 canales de transmisión en la cual uno nos servirá para utilizarlo como transmisión y un canal de recepción [19]. Otros equipos que también intervienen en la red AON:

- Fuente de luz;
- Receptores ópticos;
- Amplificador óptico;
- Módulo transceptor.

Los usuarios pueden elegir el hardware que proporcione la velocidad de datos y la escala adecuadas a medida que crezcan sus necesidades sin tener que reconstruir la red. Sin embargo, las redes AON requieren al menos un agregador de conmutadores por cada abonado.

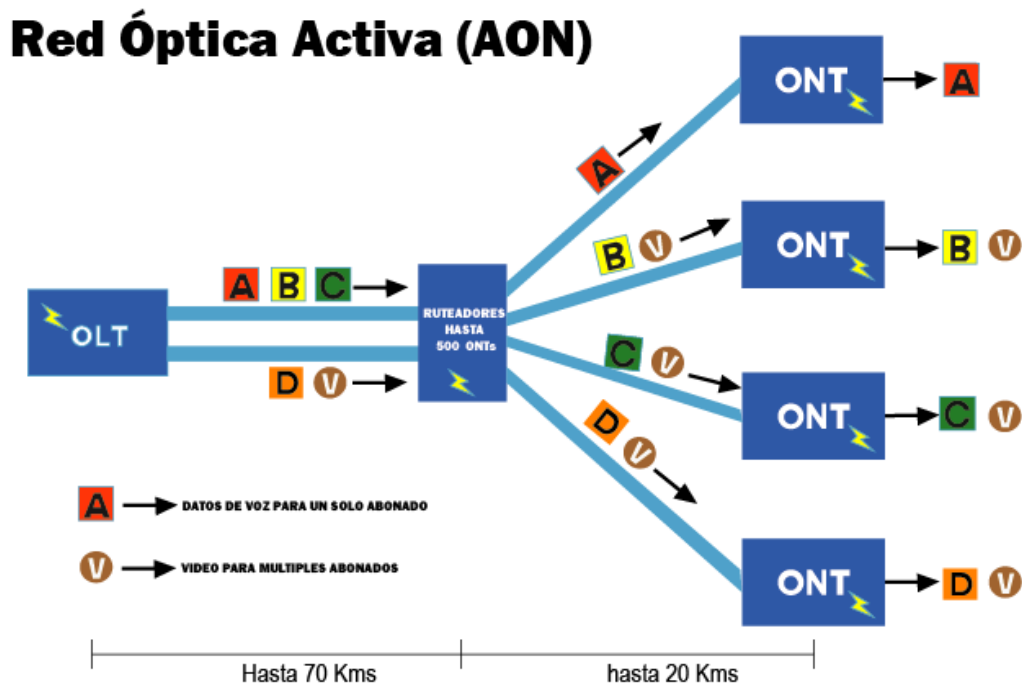


Figura 3.1. Estructura de Redes Ópticas Activas.

FUENTE: Imagen tomada de la página web opticonfiber.

Las redes ópticas pasivas cuentan con algunas características y desventajas que presenta en su estructura de red entre ella se encuentran.

- Es una Red con comunicación Punto a Punto.
- Cada cliente tiene su línea de fibra óptica.

- Requiere un agregador para cada cliente.
- Arquitectura sencilla.
- Todos los componentes se encuentran energizados.

También tiene algunas Desventajas De La Red Óptica Activa:

- Sus elementos en la Red requieren mantenerse energizados por lo que demandan un valor alto en la implementación de la red óptica activa.
- Si un equipo activo falla la red presentara problema causando falla en envío de datos.

3.1.2. Red óptica pasiva

Una red óptica pasiva (PON) es una red que proporciona esencialmente una variedad de servicios de banda ancha a los usuarios conectados a través de fibras ópticas. Las redes PON no necesitan estar energizadas por lo que se requiere la eliminación de todos los componentes activos entre servidores y clientes, complementando con componentes ópticos pasivos para dirigir el tráfico a través de la red de fibra óptica, tiene varios elementos en la parte pasiva, pero entre el principal se encuentra el divisor óptico o también conocido como splitter.

A diferencia de la red óptica activa (AON) los costos de arquitectura de una red pasiva son mucho más factibles para una implementación y son redes que se aplican más en las redes FTTH. En cambio, el ancho de banda no está dedicado, sino multiplexado en una sola fibra en el punto de acceso a la red, siendo así que se saca como conclusión que es una red de configuración punto a multipunto, una red PON se compone por elementos pasivos, pero también necesita elementos activos para funcionar por lo que la red PON está compuesta por:

- Módulo OLT.
- SPLITTER (divisor óptico).
- Módulo ONT o también conocido como ONU (Optical Network Unit).

Podemos identificar a las redes PON por medio de sus características principales que son:

- Distancia de transmisión de 20km a través de la ODN.
- Se utiliza principalmente en las redes FTTH.
- Cuenta con elementos pasivos entre el OLT y ONU
- Usa técnicas de Multiplexación por división de longitud de onda.

Red Óptica Pasiva (PON)

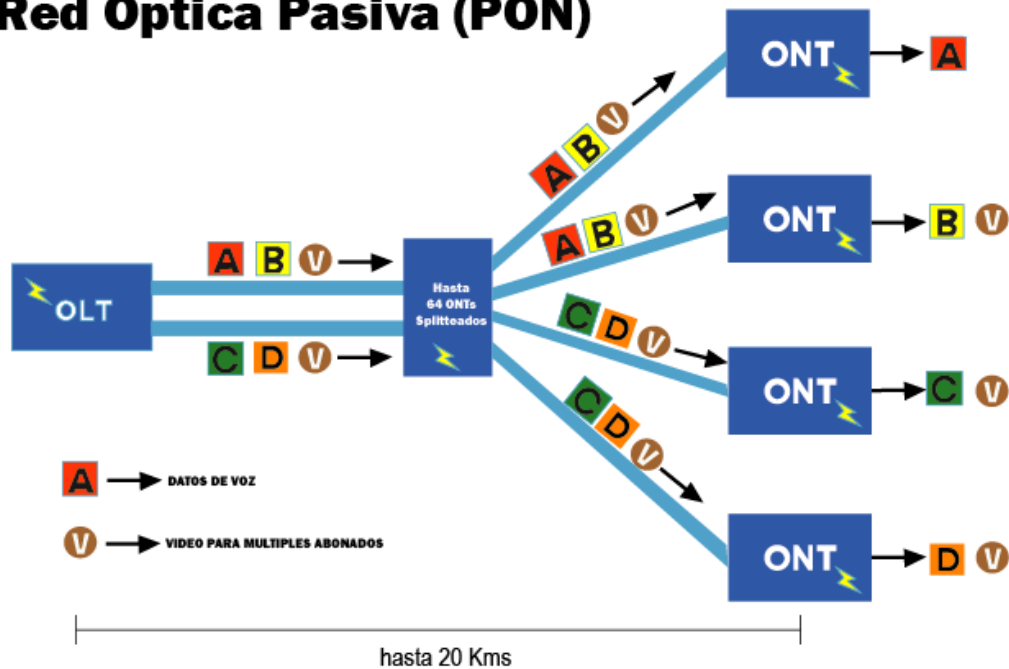


Figura 3.2. Estructura de Redes Ópticas Pasivas.

FUENTE: Imagen tomada de la página web [opticonfiber](http://opticonfiber.com).

Las redes ópticas pasivas pueden tener sus ventajas y desventajas al momento de la implementación alguna de sus ventajas son:

- No se requiere energía para la red de acceso
- Infraestructura fácil de implementar y actualización sencilla.
- Ofrecer varios servicios en la misma línea de fibra.
- No son susceptibles a estas interferencias y mantenimiento sencillo.

En la clasificación de las redes PON se encuentran varias, pero en el tema del proyecto solo trataremos 2 para diferenciarlas ya que son las más utilizadas en la actualidad que son:

3.1.2.1. EPON

Este tipo de arquitectura se encuentra caracterizado por trabajar con el estándar IEEE 802.03ah, a diferencia de los demás tipos de redes PON, como su primera inicial indica el medio de transporte de tráfico es el Ethernet y trabaja con velocidades de gigabits alcanzando hasta 1.25 Gbps en modo simétrico recorriendo distancias de alrededor de 10 a 20 km, en este tipo de red podemos aplicar QoS (Calidad de servicio) tanto en los canales ascendentes y descendentes, dependiendo de la configuración del nivel de splitter podemos recorrer distancias de 10 a 20 km y

la configuración va desde la OLT hasta la ONT ubicada en el cliente final [20]. La estructura de EPON está constituida por medios de fibra y Ethernet, en la figura 3.3 se observa la estructura y los modos de distribución de EPON.

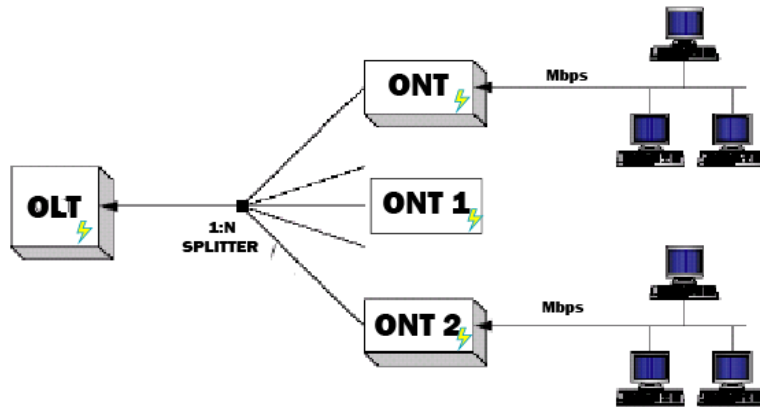


Figura 3.3. Estructura de RED EPON.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

3.1.2.2. GPON

GPON (Gigabit Passive Optical Network) es una tecnología que se recomienda utilizar en las redes actuales gracias a sus características y ventajas que trae al implementar, se la recomienda en la norma ITU-T G.894.X, porque ofrece un ancho de banda más amplio que permite múltiples servicios como datos, voz y video implementado sobre la misma estructura IP, Es una arquitectura constituida por los siguientes elementos, una OLT que es el elemento activo dentro de la red, un nivel de spliteo que se encuentra en el centro de la red o un punto específico y una ONT en el abonado final [20].

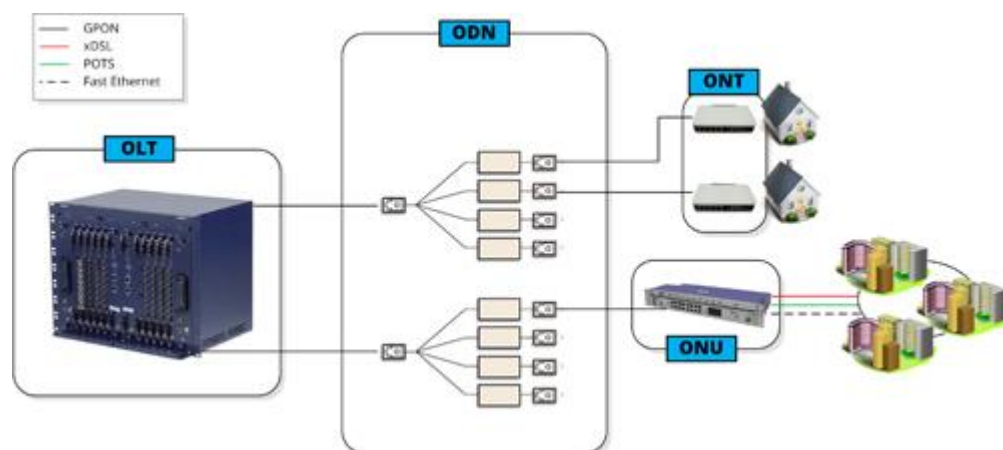


Figura 3.4. Estructura de Red GPON.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor globenet internacional.

3.1.2.3. Comparativo de los tipos de redes EPON y GPON

A la hora de elegir entre una tecnología y otra, uno de los factores más importantes es el ancho de banda necesario para satisfacer las necesidades de los usuarios y ofrecer un servicio de calidad actual. En cuanto al ancho de banda disponible, GPON proporciona 1,25 Gbps o 2,5 Gbps de Downstream, la tasa de Upstream va desde 155 Mbps a 2,5 Gbps. EPON proporciona una tasa asimétrica de 1,25 Gbps. En comparación con GPON, los sistemas EPON son menos eficientes. En comparación con las soluciones GPON, la tecnología EPON se caracteriza por una gran cantidad de encabezados en las tramas, lo que genera ineficiencia y, por lo tanto, menos bits de carga útil (Payload) [21].

En términos de seguridad y protección, el proceso de encriptación AES (Advanced Encryption Standard) es parte del estándar ITU-T en redes GPON. Sin embargo, el cifrado en estas redes solo se realiza en el canal de retorno. En las redes EPON, los mecanismos de cifrado no están definidos en el estándar. Algunos proveedores de EPON también usan AES, y el proceso de encriptación se realiza en ambas direcciones de transmisión; Downstream y Upstream [21]. EPON solo admite una única tasa de bits simétrica; el estándar GPON de 1,25 Gbps es más flexible y escalable. Ambas tecnologías se enfocan en atender el mercado de redes de acceso, donde se sabe que el tráfico es asimétrico entre las tasas de carga y descarga y no requiere tasas simétricas. Y GPON permite configurar la tarifa para tener en cuenta la realidad y necesidades actuales, en EPON no se puede conseguir este mecanismo.

CARACTERÍSTICAS	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mbps)	D: 2488, 1244 R: 2488, 1244, 622, 155	D: 1250 R: 1250
Año de Estandarización	2003	2004
Codificación	NRZ	8B/10B
División máxima de spliteo	1:64	1:32
Alcance máximo de recorrido	20 km	10 km
Protocolo de la red	ATM	Ethernet
Estándar establecido	ITU-T G984.X	IEEE 802.3 ah
Seguridad en descarga	AES	----
OAM	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM
Tecnología de acceso	TDMA	TDMA

Tabla 3.1. Características de GPON y EPON.

Fuente: Tabla realizada por el autor.

3.1.3. Comparativa entre las redes AON y PON

Para comprender mejor las redes ópticas pasivas se necesita realizar una comparación de porque la arquitectura FTTX se basa en redes PON, la comparativa que se realiza en la tabla 3.2 es con respecto a las ventajas y desventajas de las 2 configuraciones existentes, en la tabla 3.2 se muestra como la red PON es apropiada para el diseño de la arquitectura FTTX al ser un despliegue con menos costo y flexible al implementar.

RED	VENTAJAS	DESVENTAJAS
AON (Red Óptica Activa)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad elevada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación muy costosa. • Mantenimiento y operación con valores muy costosos.
PON (Red Óptica Pasiva)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad elevada. • Menor inversión por que está constituida de elementos pasivos. • Operación y mantenimiento factible en precio bajo. • Múltiples servicios en un mismo línea servicio. • Normalización de la UIT G.983.3 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad contra sabotaje. • Riesgo de averías en centrales OLT.

Tabla 3.2. Comparaciones de las redes Ópticas Activas y Pasivas.

Fuente: Información tomada de Al-Quzwini, M.

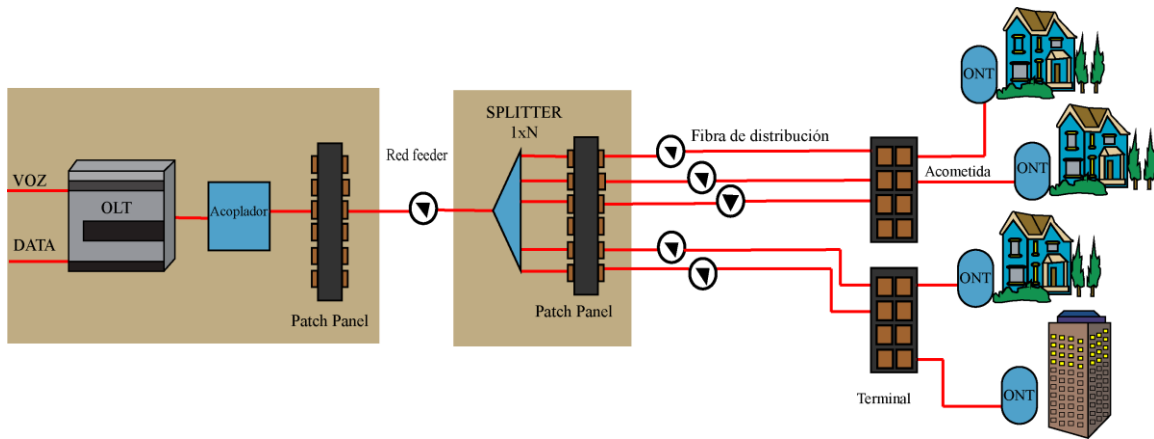
En el caso de una red activa, agregar elementos activos no solo aumenta el costo de implementación de la red, sino que también aumenta el costo de operación y mantenimiento de la red, lo que requiere centralización y administración en el hardware y el software. PON reduce estos costos innecesarios. Finalmente, podemos concluir que el uso de la arquitectura PON tiene beneficios muy importantes en el diseño, instalación y post-mantenimiento de la red.

3.2. Elementos que conforman planta externa

La red de telecomunicaciones está conformada por las redes de planta externa como también planta interna, que incluye la oficina central y sus equipos de conmutación, los componentes de alimentación y la infraestructura donde se encontrara implementada. En conclusión, el sistema o red de planta externa inicia desde la estructura conformada por la red de acceso, e inicia desde la Centrales telefónicas hasta la ubicación del abonado, y a través de una red de interconexión de diferentes puntos de central, denominadas líneas locales o de ciudad.

El equipamiento externo de la red de acceso consistía inicialmente en una red rígida a través de la cual se extendían eléctricamente pares de hilos de cobre desde la central telefónica hasta la caja de derivación que conectaba el equipamiento del usuario. Posteriormente, se instalan intermediarios, dando como resultado y desarrollando el uso de redes manejables para llegar a los abonados finales y atender los servicios requeridos.

En planta externa está compuesta por diferentes elementos en la red que va desde los elementos pasivos y activos, equipos que se encuentran desde la central hasta el abonado final, la estructura de planta externa es la siguiente; componentes ópticos y componentes no ópticos en la red en la figura 3.5 podremos apreciar cómo es la estructura de planta externa.



*Figura 3.5. Elementos de Red Planta Externa.
FUENTE: Imagen tomada de la página web lafibraóptica.*

3.2.1. Componentes ópticos

En la red de planta externa vamos a encontrar diferentes componentes ópticos a lo largo de la red, La Red de Distribución Óptica está compuesta por elementos ópticos en diferentes puntos de la red.

3.2.1.1. Cable de fibra óptica en planta externa

Planta externa tiene diferentes medios para su instalación, puede ser aérea, subterránea y marítima para cada tipo de instalación, se requiere que cable de fibra cuente con especificaciones de acuerdo al medio que se instale, las condiciones que debe cumplir un cable de fibra para planta externa deben ser resistente a los rayos ultra violeta, resistencia a lluvias, estar bajo tierra o en ductos. Entre los diferentes tipos de cables de fibra para planta externa vamos a encontrar los siguientes:

3.2.1.1.1. Cable ADSS

Cable autoportante totalmente aislado, ideal en instalaciones subterráneas bajo conductos, pero lo más importante es que se puede instalar de forma aérea-soportada, fácil la instalación sin necesidad de que cuente con un cable mensajero.

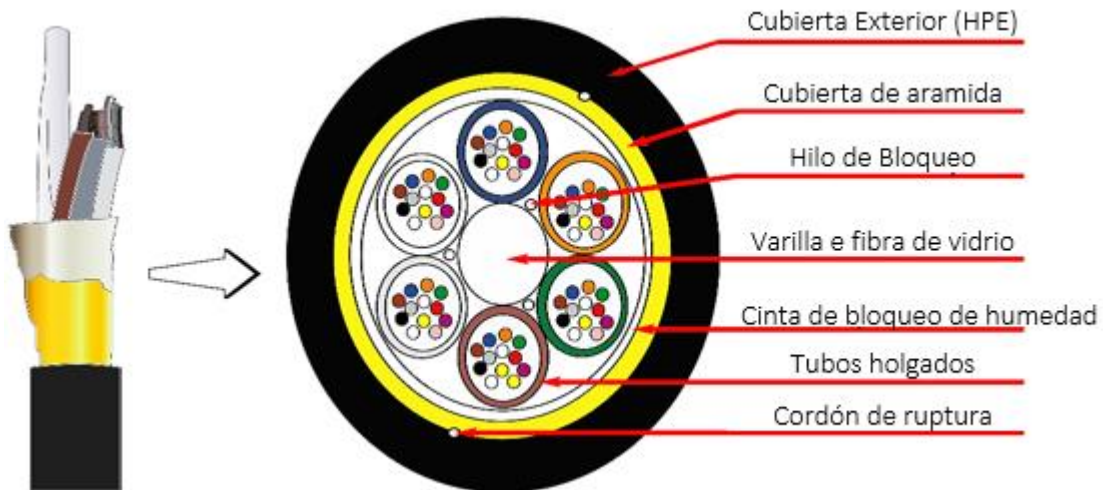


Figura 3.6. Estructura del cable de fibra ADSS.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Beneficios de utilizar cable ADSS:

- El costo de instalación es bajo debido a que no requiere de un cable de acero para ser tendido por lo que su instalación es tan difícil.
- Otro beneficio es el hecho de que es totalmente dieléctrico ya que al no contar con un mensajero no contiene metal en el cual puede viajar la electricidad.
- La instalación es fácil al no tener el cable de acero o guía la instalación se reduce a la mitad de tiempo.

3.2.1.1.2. Cable figura 8 dieléctrico

Un cable que consta de un cable aislado y una cubierta de metal conectada por una cubierta de plástico, este cable se conoce como Figura 8 y es ideal para instalaciones aéreas. El cable de fibra óptica tiene una cubierta de polietileno adicional alrededor del cable de fibra óptica dieléctrico y los elementos de soporte externos. Esto proporciona la resistencia a la tracción requerida. La sección transversal también es octal, lo que es importante para las aplicaciones FTTX, el paso final en la evolución de una red GPON/EPON. Conocidas también como cable DROPS.

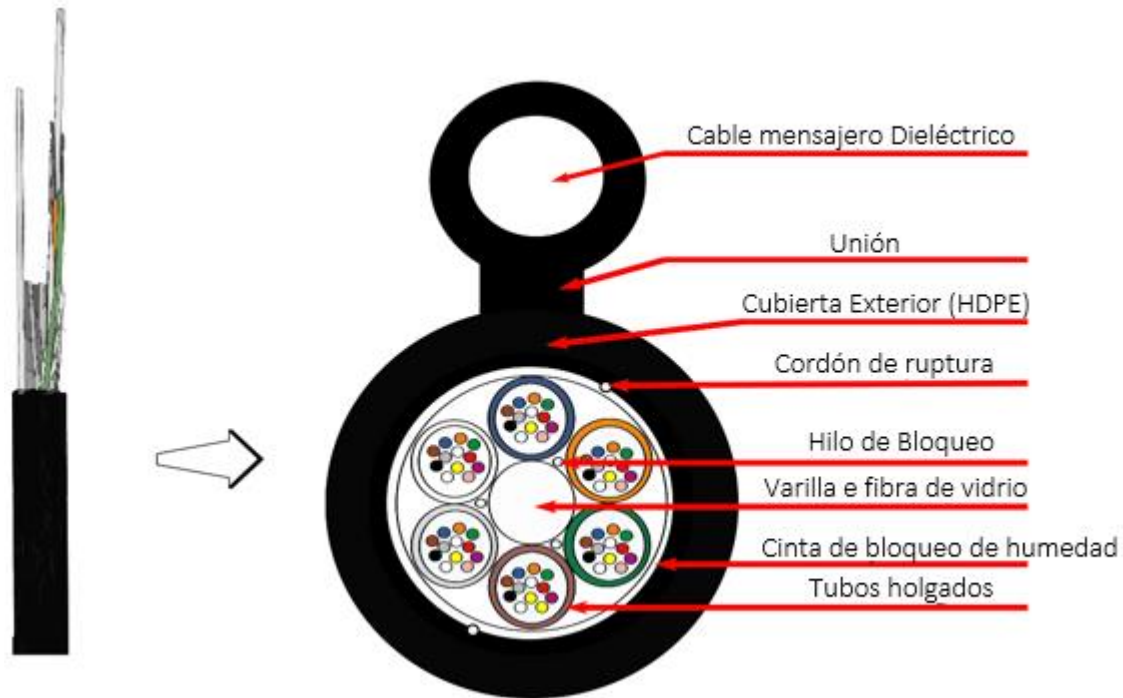


Figura 3.7. Estructura del cable de fibra figura 8 o fibra DROP.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Beneficios de utilizar fibra figura 8 o DROPs.

- Es resistente ya que cuenta con un cable de acero o mensajero de $\frac{1}{4}$ lo que lo hace mucho más rígido en aplicaciones de anillos metropolitanos y a recorridos con distancias largas.
- Es ideal para los anillos por su estructura ya que su diseño es multi-tubo y cuenta con 2 hasta 216 fibras.
- Al contar con un cable de acero la fibra va más protegida a diferencia que un diseño uni-tubo.

3.2.1.1.3. Cable dieléctrico

Un cable ideal para instalación áreas en ductos por las propiedades que consta al ser dieléctrica en todo el cable, es ideal también para lugares donde la interferencia o altos voltajes son de gran consideración.

Su instalación es por medio de ductos de PVC el cual el tubo PVC protege el cable de fibra contra roedores el cable dieléctrico también cuenta con un mecanismo de seguridad contra roedores que viene en su estructura del cable.

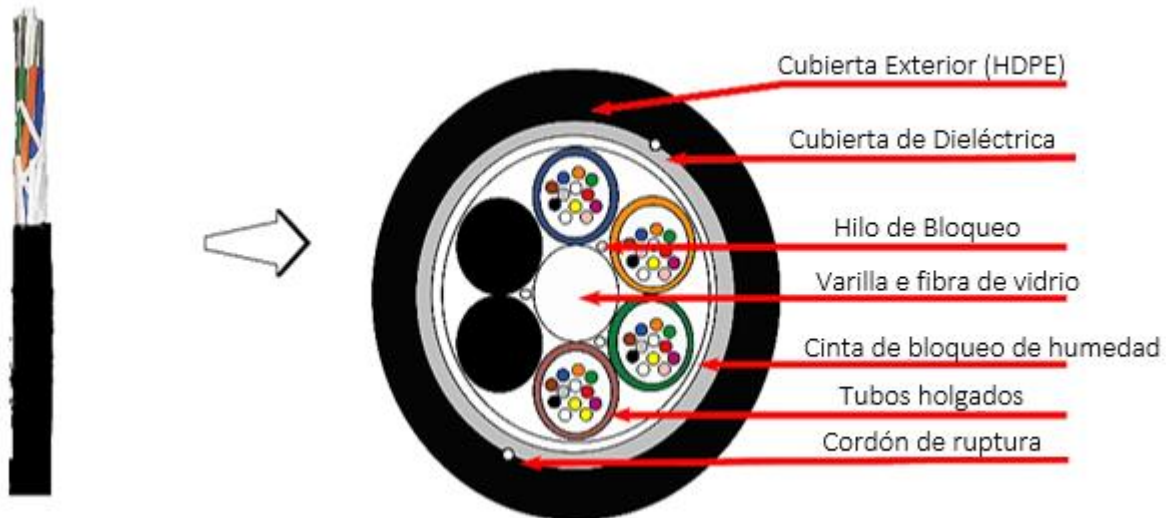


Figura 3.8. Estructura del cable de fibra dieléctrica.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Beneficios del cable de fibra dieléctrica:

- El costo para la compra de cable dieléctrico es económico, siendo uno de los más económicos del mercado.
- Al no contar con un mensajero lo convierte en un cable totalmente dieléctrico, el cual pueda manejar la electricidad.
- El peso del cable es bajo por lo que reduce el cansancio en la instalación al ser fácil de manejar y facilitar la implementación en un tiempo reducido.

3.2.1.1.4. Cable armado

A diferencia de los cables de fibra anteriores este tipo de cable tiene una característica única y es que tiene una capa metálica de flejes, esta capa tiene una función especial a la hora de su instalación y es proteger los conductores de roedores y zonas de alto riesgo como incendio o explosión.

Su método de implementación es aéreo o enterrado, sirve para los 2 tipo de instalación por sus características, en la parte aérea la instalación es por medio de grapas de sujeción cable de acero y en el parte enterrado el cable va sin ducto ya que el cable trae una armadura metálica que lo protege contra los roedores.

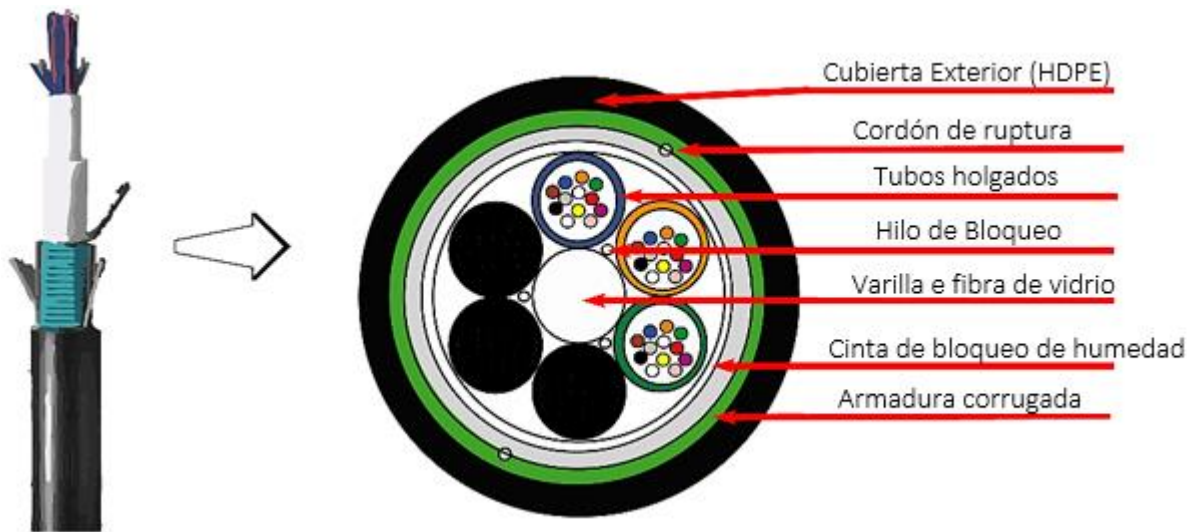


Figura 3.9. Estructura del cable de fibra armado.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Beneficio del cable Armado:

- Es ideal para instalación con ducto o sin ducto ya que cuenta con protección contra roedores.
- Su estructura es mucho más rígida por lo que esta fibra es considerada una de las más difícil de romper.

3.2.1.1.5. Cable FTTx/plano (DROP)

El cable plano es para aplicaciones FTTx. Para facilitar la instalación, está disponible en bobina o con una cola trenzada en un extremo. El cable plano de fibra óptica dúplex es adecuado para la instalación de redes en interiores y aplicaciones residenciales de fibra óptica. También se puede utilizar como cable de conexión FTTx, específicamente es usado para brindar servicios de voz, datos y video.

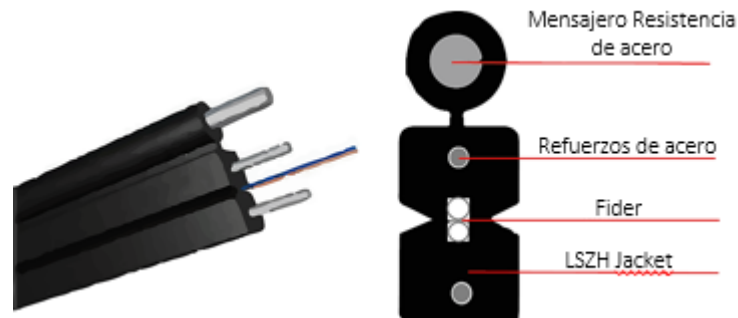


Figura 3.10. Estructura del cable de fibra FTTx/plano

FUENTE: Imagen tomada de la página web fibramarket.

Aplicaciones del cable plano FTTH:

- Son utilizados más en instalaciones interiores desde la caja hasta el usuario en forma aérea va fijado en poste por medio de tensor de gancho.
- Puede ser utilizado en canaletas o pasar por ductería hasta el lugar del cliente.

3.2.1.2. Empalmes

Los empalmes ópticos son fijaciones permanentes que posibilita la continuidad de dos hilos de fibra óptica, este es el método de conexión preferido cuando no es necesario desconectar el cable óptico o redirigir la señal al punto de conexión; además, es importante mencionar que estas fijaciones mientras más precisas sean nos proporcionarán una mejor calidad de la transmisión de datos. Este proceso tiene como finalidad obtener una atenuación baja y estable en todo su tiempo de vida, esto se logra teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los dos hilos de fibra deben tener el mismo diámetro de núcleo;
- Realizar cortes precisos en los hilos de fibras;
- Al momento del empalme, los hilos de fibra deben estar perfectamente alineados.

En la actualidad, existen dos métodos de empalme que son:

- Método de fusión;
- Método mecánico.

3.2.1.2.1. Empalme de fusión

Los empalmes por fusión son acoplamientos permanentes que aplican calentamiento localizado entre los dos extremos de los hilos de fibra, ocasionando que se ablanden y se puedan fundir sincrónicamente para que de esta manera se forme un solo hilo de fibra continuo, transparente y no reflectante entre las fibras ópticas, lo que permite una transmisión óptica de muy baja pérdida. El calentamiento de las fibras en la fusión es generado por un arco eléctrico de dos electrodos conectados a una fuente de alto voltaje [9].

Los accesorios para soldar se utilizan en la mayoría de las instalaciones iniciales y de servicio. Este proceso requiere una máquina de soldar llamada “Fusionadora”, el cual realiza dos funciones: 1) Alinear con precisión los hilos entre sí antes de soldar; y 2) Controlar la operación de trenzado.

Al realizar este método de empalme se obtiene pérdidas menores a 0.1dB y es más confiable que los otros métodos de empalmes.

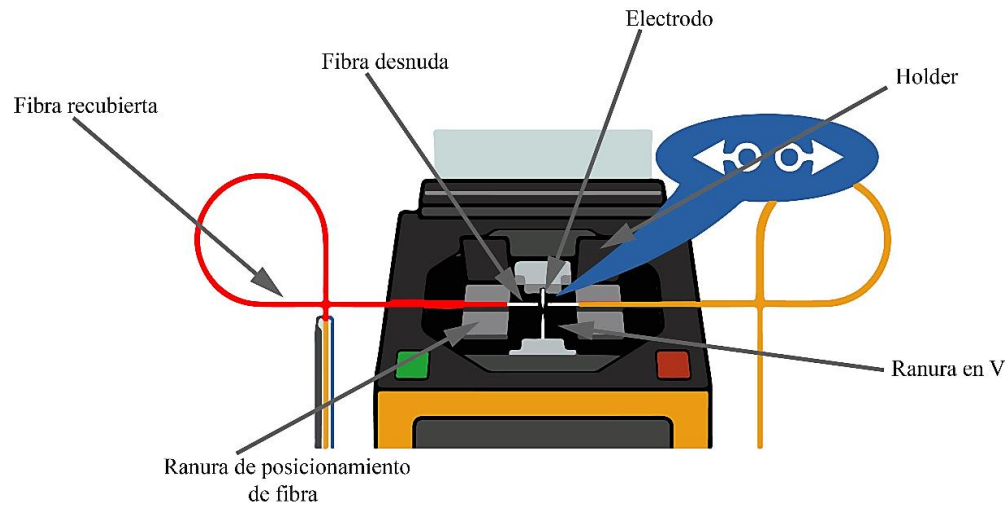


Figura 3.11. Empalme por fusión

FUENTE: Imagen tomada de la página web telecom.

El empalme por fusión se utiliza en los siguientes escenarios:

- Para instalación de Redes de fibra;
- Aplicaciones en fabrica y subsistema de fibra;
- Acoplamiento de conectores de empalme;
- Reparación y mantenimiento de cable;
- Terminar fibras monomodo.

3.2.1.2.2. Empalme mecánico

Los empalmes mecánicos son acoplamientos permanentes o temporales que exigen menor tiempo en su ejecución, el cual consiste en unir los extremos de las fibras en un soporte mecánico para permitir un recubrimiento uniforme y evitar la separación de las fibras por sistemas de cola o prensa. Está impregnado con un gel de índice de refracción para reducir la pérdida de inserción y la pérdida de retorno debido a la reflexión de la luz debido a la diferencia de índice de refracción entre el núcleo y el aire. La unión mecánica utiliza una pequeña unión mecánica de aproximadamente 6 cm de largo y aproximadamente 1 cm de diámetro para unir permanentemente las dos fibras. Esto ayuda a alinear con precisión las dos fibras desnudas y luego fijarlas mecánicamente como se muestra en la figura 3.12. Al realizar este método de empalme se obtiene pérdidas típicas que varían entre 0.1dB y 0.2dB, a una temperatura de 20°.

Debido al montaje tedioso, complejo y preciso y la importancia de la estabilidad mecánica de los componentes, el empalme mecánico es comúnmente utilizado en laboratorios de investigación, instalaciones interiores y fibra óptica multimodo debido a la expansión o contracción del material, si no de alta calidad y alto costo, temperatura, no apto para uso en exteriores. Los avances tecnológicos de los últimos años han permitido el desarrollo de acoplamientos mecánicos fáciles de fabricar, robustos, fiables, pequeños y económicos.

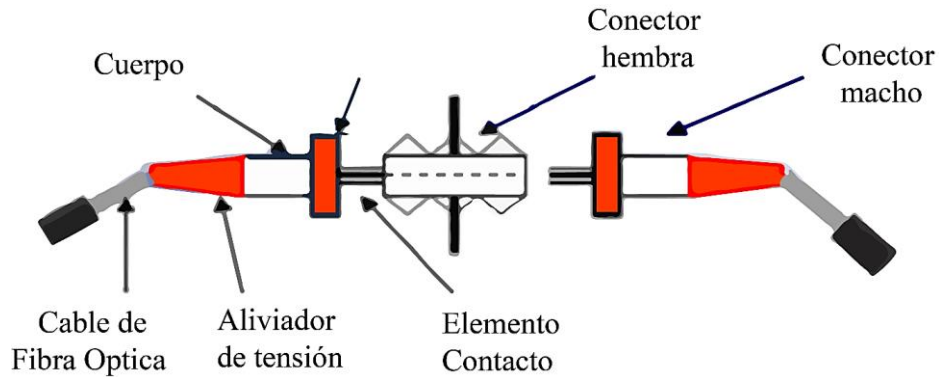


Figura 3.12. Empalmes mecánicos.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

El empalme mecánico se utiliza en las siguientes circunstancias:

- Equipos de corte y también para empalme;
- Cantidades pequeñas de empalme;
- Fibras antiguas multimodo;
- Soluciones rápidas.

A través de los diferentes conceptos de empalmes mecánicos y fusión podemos realizar una tabla para comparar las diferentes características que tiene realizar un tipo de empalme.

	MECÁNICO	FUSIÓN
Empalme a tipo de fibra	Multimodo	Multimodo y Monomodo
Distancias por empalme	<2km	> 10km
Perdida de fusión	0.2dB a 0.1dB	0.05dB a 0.01dB
Equipos para empalme	Mecánico	Fusionadora
Perdida por retorno	50 – 60 dB	>60dB

Tabla 3.3. Características de los tipos de empalme de fusión y mecánico.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.2.1.3. Conectores ópticos

Los conectores ópticos son los elementos que sirven para enlazar los hilos de fibra hacia un elemento activo o pasivo mediante el alineamiento y unión temporal de la fibra con bajas pérdidas de conexión. Por lo general se pueden encontrar en las terminaciones de fibra óptica o en las distribuciones de señal. Hoy en día en el mercado se encuentran distintos tipos de conectores ópticos y la gran mayoría suelen constituirse por las siguientes partes:



Figura 3.13. Esquema de un conector óptico ST y SC.

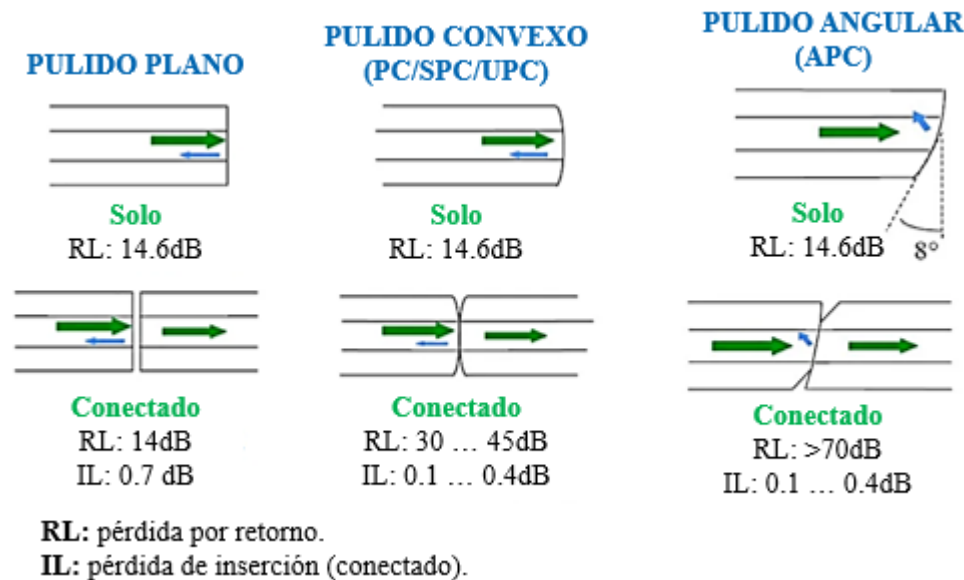
FUENTE: Imagen tomada de la página web Network Startup Resource Center.

Cabe señalar que el elemento más importante de los conectores de fibra óptica es la “Férula”, la cual se encarga de sujetar, proteger y alinear la fibra de vidrio. Las férulas comúnmente son elaboradas de cerámica, plástico o metal de alta calidad. Cabe mencionar que los conectores ópticos se distinguen por tener su férula con acabado diferente que permite el paso de la luz entre la fibra óptica y los conectores, entre ellos tenemos:

Tipo de pulido	Clasificación	Tipo de fibra	Perdida de inserción	Perdidas por retornos
Pulido plano	-----	Fibra monomodo y multimodo	0.7 dB	14 dB
Pulido convexo	PC: Contacto Físico UPC: Ultra contacto físico SPC: Super contacto físico	Fibra monomodo	Entre 0.1 dB a 0.4 dB	Entre 30 a 45 dB
Pulido angular	APC: Contacto físico angular	Fibra monomodo y multimodo	Entre 0.1 dB a 0.4 dB	Mayores a 70dB

Tabla 3.4. Tipo de pulido de férula para conectores ópticos.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.



*Figura 3.14. Tipo de pulido de férula para conectores ópticos.
FUENTE: Imagen tomada de la página web MULTIPLAY.*

Cabe destacar que las puntas de las férulas se deben conservar limpias para no tener pérdidas dentro del enlace óptico. Si el conector está sucio, utilice un limpiador de conectores ópticos para eliminar el polvo y la suciedad.




*Figura 3.15. Limpiadores de conectores ópticos.
FUENTE: Imagen tomada de la página web conectoronica.com.*

En la actualidad, los conectores para fibra óptica más utilizados son: LC, SC, ST y FC. A continuación, se explicará ciertas características sobre ellos:

3.2.1.3.1. Conector LC

El conector LC es un tipo de terminal plástico similar a un jack (RJ-45) que contiene una férula de zirconio de diámetro aprox. de 1.25 mm, utilizado para equipos de redes LAN y WAN.




Tipo de Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥40 dB	<0,20 dB (Típico 0,15 dB)	≥20 dB
Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥45 dB	–	–
Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥55 dB	–	–

Figura 3.16. Pérdidas del Conector LC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

3.2.1.3.2. Conector SC

El conector SC es un tipo de terminal push-pull de plástico que contiene una férula de zirconio con diámetro aprox. de 2.5 mm de fácil desmontaje, utilizado para equipos de redes LAN y tarjetas ópticas.




Tipo de Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥40 dB	<0,25 dB	≥22 dB
Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥45 dB	<0,25 dB	≥36 dB
Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥55 dB	–	–
Pulido APC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥65 dB	–	–

Figura 3.17. Pérdidas del Conector SC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

3.2.1.3.3. Conector ST

El conector ST es un tipo de terminal pre-armado que contiene una guía de sintonía fija, utilizado para redes de datos y redes LAN.




Tipo de Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥40 dB	<0,2 dB	–
Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥45 dB	–	–
Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥55 dB	–	–

Figura 3.18. Pérdidas del Conector ST.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

3.2.1.3.4. Conector FC

El conector FC es un tipo de terminal con tuerca metálica de sujeción que contiene una férula de zirconio con diámetro aprox. de 2.5 mm con gran resistencia a las tracciones, utilizado para comunicaciones a larga distancia y equipos de mediciones.




Tipo de Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC (Típico 0,2 dB)	<0,4 dB	≥40 dB	<0,25 dB	≥22 dB
Pulido SPC (Típico 0,2 dB)	<0,4 dB	≥45 dB	<0,25 dB	≥36 dB
Pulido UPC (Típico 0,2 dB)	<0,4 dB	≥55 dB	–	–
Pulido APC (Típico 0,2 dB)	<0,4 dB	≥65 dB	–	–

Figura 3.19. Pérdidas del Conector SC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

3.2.1.3.5. Conector E2000

El conector Europa 2000 es un tipo de terminal push-pull plástico con tapa protectora que tiene una férula de zirconio (diámetro 2.5 mm), utilizado para de redes LAN, MAN y en CATV.




Tipo de Pulido	Monomodo	
	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Pulido PC (Típico 0,12 dB)	<0,4 dB	≥45 dB
Pulido UPC (Típico 0,12 dB)	<0,4 dB	≥55 dB
Pulido APC (Típico 0,12 dB)	<0,4 dB	≥65 dB

Figura 3.20. Pérdidas del Conector E2000.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

3.2.1.3.6. Conector MT-RJ

El conector MT-RJ es un tipo de terminal similar al RJ45 que contiene una férula de zirconio con dos hilos de fibra, utilizado para de redes LAN e instrumentación.



	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
Monomodo	<0,4 dB	≥30 dB
Multimodo	<0,22 dB	≥20 dB

Figura 3.21. Pérdidas del Conector MT-RJ.

FUENTE: Imagen tomada de la página web GRUPO Cofitel.

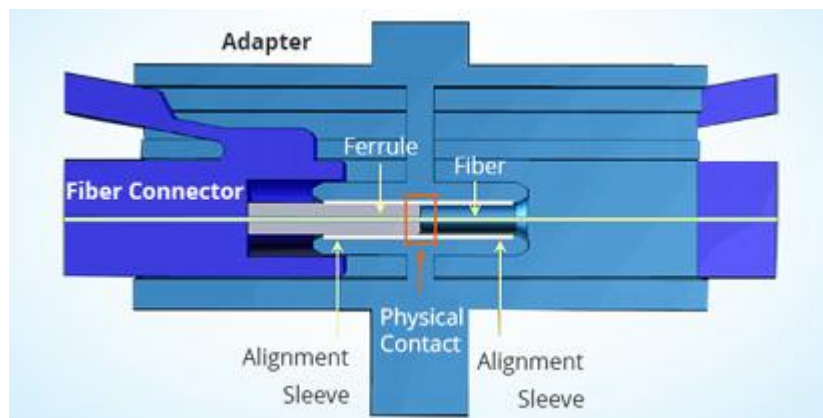
3.2.1.4. Adaptadores de fibra óptica

Los adaptadores de fibra óptica denominados también “sleeves de acople” o “mangas de acoplamiento” son pequeños dispositivos que se utilizan para conectar cables de fibra óptica entre sí, ya sea individualmente o en una red amplia; cabe destacar que los adaptadores de fibra óptica pueden tener diferentes tipos y formas, pero todos estos se encuentran diseñados para unir y alinear los conectores de dos cables de fibra óptica.

Es importante mencionar que los adaptadores ópticos se fabrican con una alta precisión que garantiza una alineación perfecta de los conectores, lo cual reduce la pérdida de inserción entre la unión de dos cables de fibra. Aquella alineación se logra mediante dos componentes importantes de precisión que son:

- La férula o casquillo de cada conector;
- El manguito de alineación del adaptador.

Con respecto a las férulas de los conectores de fibra óptica, es un elemento muy importante para la sujeción, protección y alineamiento de la fibra de video, donde la mayoría de estos poseen como referencia un diámetro de 2,5mm. Por otro lado, el manguito de alineación es el encargado de juntar o unir las férulas de los dos conectores acoplándolos dentro de él; en la siguiente imagen se observa este proceso.



*Figura 3.22. Funcionamiento de un adaptador de fibra óptica.
FUENTE: Imagen tomada de la página web FS community.*

Las principales características de los adaptadores ópticos son:

- Disponible en FC, SC, ST, LC, MTRJ, E2000 y MPO;

- Disponible en versiones simple, dúplex, quad (LC), e híbrida;
- Al intentar conectar dos cables diferentes, es necesario usar un adaptador híbrido.
- Los manguitos de alineación están disponibles en zirconio de alta precisión o en bronce estándar fosfórico;
- Baja pérdida en la inserción;
- Alta repetición y estabilidad.

Los diferentes tipos de adaptadores SC, LC, FC, ST, E200, MT-RJ, MPO e híbridos que se encuentran en el mercado son:



Figura 3.23. Tipos de adaptadores SC, LC y FC.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.



*Figura 3.24. Tipos de adaptadores SC.
FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.*

3.2.2. Componentes no ópticos

A diferencia de los componentes ópticos en la red de planta externa, también va a contar con algunos elementos que son importante en la red, estos tipos de elementos son componentes no ópticos que se utilizan a lo largo de la Red.

3.2.2.1. Placa acopladora de fibra óptica

Un panel de conexiones, también conocido como panel de conexiones o bandeja de cables, es una instalación de hardware multiconector que se utiliza para conectar y administrar los cables de fibra/cobre entrantes y salientes. Existen diferente dimensión de paneles de unión, estos paneles son de un tamaño proporcionalmente pequeño, en lo que está formado por pocos puertos de unión o al contrario puede ser grande conformados con diversos puertos de unión [22].

Este tipo de placa puede alojar adaptadores LC/SC/MTP, que se utilizan comúnmente como conexión intermedia entre buses y latiguillos. Los paneles de fibra óptica de la serie FS FHD están disponibles para fibra monomodo y multimodo con diferentes opciones de adaptador y número de puertos en la figura 3.25 se observa los diferentes paneles de fibra.



Figura 3.25. Placa de acopladores para fibra óptica
FUENTE: Imagen tomada de la página web Focc Technology.

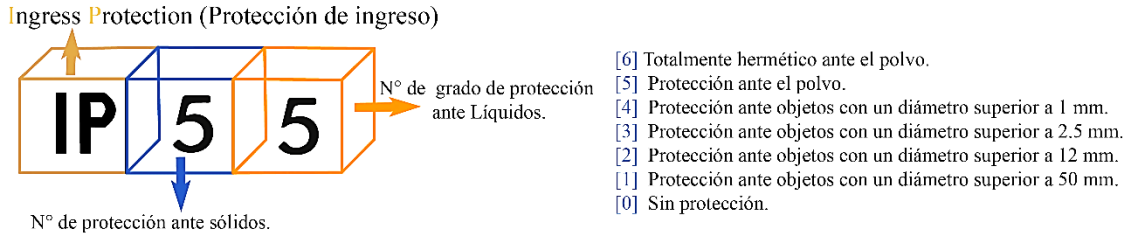
3.2.2.2. Caja de empalmes

Los sujetadores de fibra óptica, también conocidos como acopladores, son la mejor opción para proteger las uniones entre una o más fibras. Están fabricados en policarbonato y cuentan con un sistema de protección que viene dado por un estándar establecido entre esos estándares IP68 o IP55. Es por eso que nuestros tableros de distribución de fibra óptica son resistentes a los rayos UV, a la humedad, a los impactos y al polvo. Además, la caja de conexiones está disponible en dos versiones: vertical y horizontal; por tanto, pueden adaptarse a todo tipo de entornos y cubrir todas las necesidades de las instalaciones aéreas y subterráneas.

También se pueden clasificar por el número de hilos y/o el número de uniones que pueden albergar; a su vez disponen de un sistema de organización interna que asegura una óptima disposición y secuencia de las fibras. Tienen un diseño compacto, liviano y fácil de usar que ahorra tiempo y dinero en la instalación. Podemos determinar el grado de protección que trae nuestra caja

de empalme viendo la figura 3.26 donde muestra la estructura del estándar de protección indicando que protección cuenta dependiendo de la numeración que trae.

Protección Sólidos



Protección Líquidos

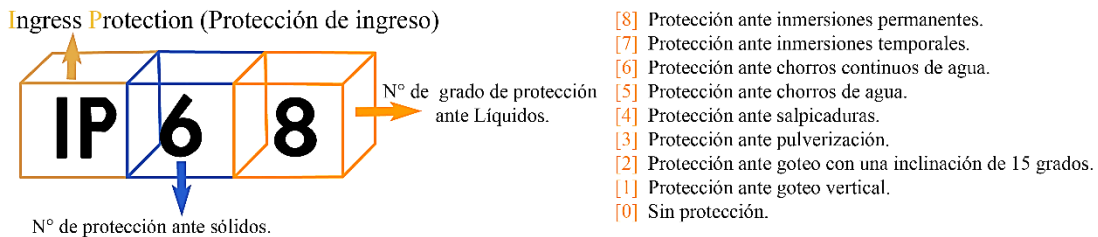


Figura 3.26. Grados de protección sólidos y líquidos.

FUENTE: Imagen tomada de la página web fibramarket.

3.2.2.2.1. Caja de empalme vertical

La caja de conexiones vertical se utiliza principalmente para instalaciones subterráneas, pero también se puede instalar en el aire. Este tipo de cajas pueden contener de 48 a 144 hilos. Asegúrese de que estén seguros y almacenados. Cuentan con un sistema de organización interna y una carcasa fabricada en plástico de alta calidad, el diseño compacto y fácil de usar facilita la instalación y el manejo de las fibras.



Figura 3.27. Caja de empalmes verticales o pico de botella.

FUENTE: Imagen tomada de la página web fibramarket.

3.2.2.2. Caja de empalme horizontal

La caja de conexión horizontal se utiliza principalmente en la implementación de instalaciones en la parte aérea, pero también tiene la opción de que se pueda instalar vía subterránea. Las cajas de empalme horizontal pueden contener de 24 a 144 fibras ópticas. Aseguran su seguridad y almacenamiento de la instalación de la fibra. Tienen una organización interna y una carcasa fabricada de plástico de alta calidad, con un diseño para una caja de empalme horizontal para mostrar su estética siendo muy resistente y facilitando a los trabajadores la instalación y manejo de las líneas de fibra para su fácil uso.



Figura 3.28. Caja de empalme horizontal.

FUENTE: Imagen tomada de la página web fibramarket.

3.3. Normativa técnica del diseño una red ODN

La red ODN (Optical Distribution Network) es el conjunto de componentes pasivos que conectan la central proveedora del servicio con el domicilio del abonado; específicamente se divide en una red alimentadora (Feeder), una red distribuida y una red dispersión. Cabe mencionar que su presupuesto óptico debe garantizar un máximo 25 dB, desde la OLT (central) hasta la ONT (abonado). En la figura 3.29 se observa todos los elementos pasivos que se encuentran dentro de una red ODN y como se encuentra dividida:

- Repartidor O Distribuidor Principal (ODF);
- Mangas de empalmes o porta splitters;
- Armarios o punto de Distribución Óptica (FDT);
- Splitters Ópticos (Divisores);
- Punto de Acceso Óptico externa e interna (FAT).
- Roseta óptica (ATB)

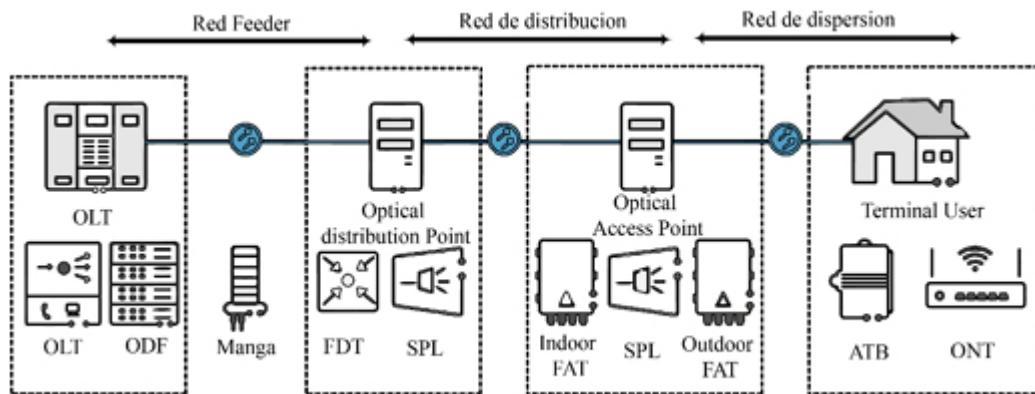


Figura 3.29. Elementos de una Red ODN.

FUENTE: Imagen tomada de la página web Huawei.

Sin embargo, al momento de diseñar estas redes, los profesionales calificados deben proyectar la canalización o el tendido según el sector que se empleará la red, deben inspeccionar como ingresar a viviendas de los abonados; ya que por esta vía se debe instalar el cable de fibra óptica que va a interconectar a cada hogar con la red de fibra óptica de alta velocidad [23]. Entre los modelos más comunes del despliegue de una red GPON FTTH según la zona tenemos: residenciales, urbanizaciones y edificaciones.

Según Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.” el despliegue de una red GPON FTTH para una vivienda unifamiliar y una Urbanización es el siguiente:

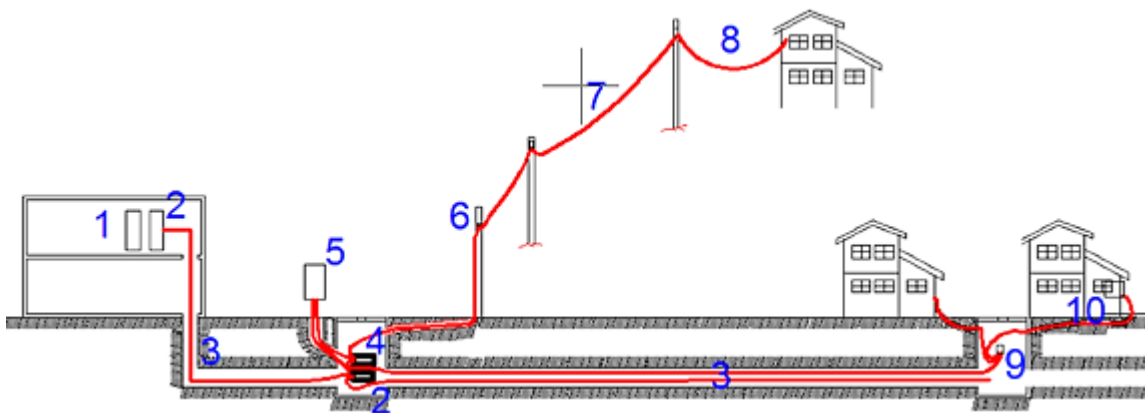


Figura 3.30. Elementos de una GPON FTTH para casas unifamiliares y urbanizaciones.

FUENTE: Imagen tomada de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.”.

En la figura 3.30 se muestra el esquema de despliegue de una red GPON FTTH para una residencias unifamiliares, el cual contiene una caja de distribución principal (FDH) y desde este elemento se tienden cables de fibra óptica aéreos que alimentan las cajas de distribución (NAP)

que dan acceso a cada vivienda; así mismo un esquema de despliegue de una red GPON FTTH para urbanizaciones, el cual se coloca una caja de distribución (FDB) y desde este elemento se tienden cables de fibra óptica canalizado que alimentan las cajas de distribución (NAP canalizada) que dan acceso a cada vivienda [24]. En la tabla 3.5, se presenta todos los elementos que se utilizan para el despliegue de cada red:

ELEMENTOS DE RED GPON FTTH	
VIVIENDAS UNIFAMILIARES (Tendido aéreo)	URBANIZACIONES (Tendido subterráneo)
1.- OLT;	1.- OLT;
2.- ODF;	2.- ODF;
3.- Cable feeder;	3.- Cable feeder;
4.- Manga de empalme;	4.- Manga de empalme;
5.- FDH (caja de distribución principal);	9.- NAP canalizada (caja de distribución);
6.- NAP aérea (caja de distribución);	10.- Cable DROP canalizado.
7.- Cable de distribución;	
8.- Cable DROP aéreo.	

Tabla 3.5. Elementos de una GPON FTTH para viviendas unifamiliar y urbanizaciones.

FUENTE: Datos recolectados del “Instructivo para el diseño de canalización interna para el tendido de redes de distribución GPON FTTH en edificios y urbanizaciones” “Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”.

Así mismo, según Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.” el despliegue de una red GPON FTTH para edificaciones es el siguiente:

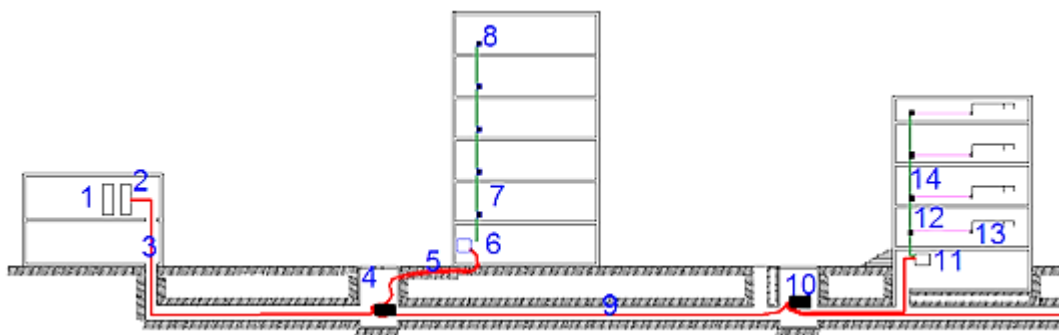


Figura 3.31. Elementos de una GPON FTTH para edificios.

FUENTE: Imagen tomada por Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.”.

En la figura 3.31, se muestra un esquema de despliegue de una red GPON FTTH para un Edificio bajo el sistema simple, en el cual se coloca una caja de distribución principal (FDB) dentro del edificio y desde aquí se tienden cables de fibra óptica para interiores (RISER) que alimentan las cajas de piso (FDF) que sirven a cada departamento [24].

ELEMENTOS DE RED GPON FTTH	
EDIFICIOS CON SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN RADIAL SIMPLE (Tendido subterráneo)	EDIFICIOS CON SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN RADIAL COMPLEJO (Tendido subterráneo)
1.- OLT;	1.- OLT;
2.- ODF;	2.- ODF;
3.- Cable feeder;	3.- Cable feeder;
4.- Manga de empalme;	4.- Manga de empalme;
5.- Cable feeder;	9.- Cable feeder;
6.- FDB (caja de distribución principal) 1:32;	10.- Manga con splitter 2:4;
7.- Cable RISER;	11.- FDB (caja de distribución principal);
8.- FDF (caja de distribución de piso).	12.- FDF (caja de distribución de piso);
	13.- Roseta (toma óptica);
	14.- Cable RISER.

Tabla 3.6. Elementos de una GPON FTTH para edificios.

FUENTE: Datos recolectados del “Instructivo para el diseño de canalización interna para el tendido de redes de distribución GPON FTTH en edificios y urbanizaciones” “Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”.

Es importante saber que el cableado para urbanizaciones y edificios radial simple y completo debe seguir las recomendaciones dada por **NORMATIVA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN CNT EP**; donde los cables de fibra óptica para Feeder, Distribución y Distribución interna en Urbanizaciones deberán cumplir la norma ITU-T G.652D y los cables de fibra óptica para Distribución Interna en Edificios y Dispersión deberán cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2 [23]. A continuación, en la tabla 3.7 se da a conocer la capacidad de los cables de fibra óptica en las diferentes partes de la instalación de la red de fibra:

CAPACIDAD DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA		
APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288,144,96 hilos.	ADSS (Solo 96 y 144 hilos) o Ducto (G.652D)
Distribución y distribución interna en urbanización	96,72,48,24,12,6 hilos	ADSS o Ducto (G.652D)
Distribución interna en edificio	48,24,12 hilos	RISER Ducto LSZH (G.657.A1 o G.657.A2)
Dispersión	1 o 2 hilos.	ADDS, DUCTO o FIG. 8 (G.657.A1 o G.657.A2)

Tabla 3.7. Capacidad de los cables de fibra óptica.

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

3.3.1. Arquitectura de red GPON FTTH

El despliegue de una red de fibra óptica puede ser muy laborioso. Si bien el equipo solo puede representar un parte de la suma total de la inversión, los costos de construcción, ingeniería civil y licencias pueden llegar al 67%. Así, mientras el costo de los equipos de fibra y GPON disminuyó, la proporción de trabajadores calificados aumentó. Sin embargo, en la actualidad existen varias alternativas arquitectónicas en la red FTTH que además ahorra costes y presentan otras ventajas [25].

Los tipos de soluciones para realizar una arquitectura FTTH GPON son: por División Centralizada y por División Distribuida o conocida como en Cascada.

3.3.1.1. Arquitectura por división centralizada

Este tipo de arquitectura se caracteriza porque maneja un divisor cada por una sola fase en un concentrador en una topología conocida como estrella o cadena. Este tipo de arquitectura facilita más flexibilidad en la gestión de conexiones de usuarios y el uso de dispositivos conectados. Comúnmente en este tipo de arquitectura centralizada se utiliza un divisor de distribución de 1x32 situado en el Gabinete de Distribución de Fibra Óptica (FDH) el cual realiza una conexión directa a la OLT en el tablero de distribución por una fibra y en el otro extremo se distribuyen 32 fibras a través de paneles de control, conectores y puertos terminales.

El tipo de distribución da para conectar hasta 32 hogares de clientes en la figura 3.32 se observa el despliegue por una arquitectura centralizada. No obstante, con el costo creciente de la construcción casa por casa en áreas que no cuentan con servicio FTTH, se deben tener un plan de respaldo o tener diferentes alternativas para reducir los costos y el tiempo que se emplea en la implementación, con una mayor conectividad y el uso de particiones distribuidas es clave para reducir el tiempo de implementación.

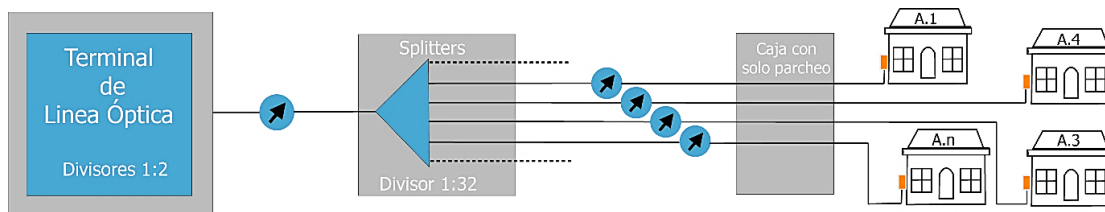


Figura 3.32. Arquitectura centralizada.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Las principales ventajas y desventajas de utilizar la arquitectura centralizada son:

ARQUITECTURA CON DIVISIÓN CENTRALIZADA

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Reemplazo de tecnología fácil a largo plazo. ○ Mantenimiento fácil y monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Infraestructuras adicionales y más recorrido de la fibra de distribución.

Tabla 3.8. Ventajas y desventajas de la arquitectura división centralizada.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.3.1.2. Arquitectura con división distribuida o cascada

Este tipo de arquitectura se conoce comúnmente por usar un sistema en serie a lo largo del recorrido de la Red de fibra para al final obtener la división total que esperamos, en este método se puede utilizar un splitter 1x4, alojado en la caja del dispositivo externo o planta externa, que enlaza primeramente con el puerto de la central óptica OLT. Cada una de las cuatro fibras provenientes del primer nivel de spliteo se enruta a un terminal de acceso equipado con un nivel de spliteo de segundo nivel o también conocido como cajas NAP de 1x8 para un total de 32 fibras (4x8) y 32 familias. Con este tipo de arquitectura, puede haber más de dos pasos divididos en un sistema en cascada y el factor de división general puede ser diferente ($1 \times 32 = 4 \times 8$, $1 \times 32 = 8 \times 4$, $1 \times 64 = 4 \times 4 \times 4$, $1 \times 16 = 4 \times 4$). Esta solución reduce la cantidad de fibra en el área de distribución hasta llegar al punto de acceso del usuario.

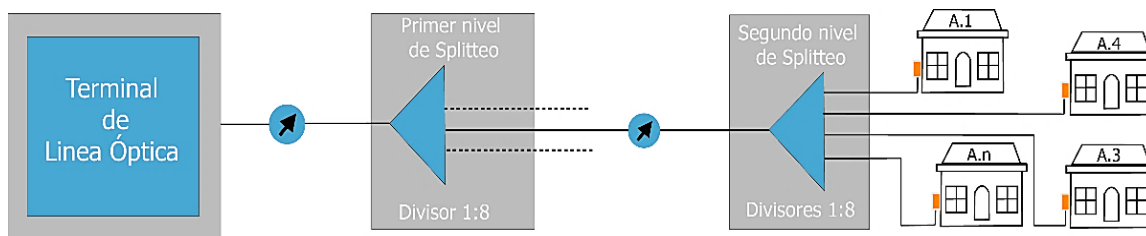


Figura 3.33. Arquitectura en cascada.

FUENTE: Imagen Elaborada por el autor.

Las principales ventajas y desventajas de utilizar la arquitectura en cascada son:

ARQUITECTURA CON DIVISIÓN EN CASCADA

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Activación más rápida y ágil para el servicio del cliente. ○ Menor inversión para la conexión de servicio al cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mas inversión en su implementación. ○ Red rígida, los cambios tecnológicos en esta red son menos flexible. ○ Mantenimiento y monitoreo más complicado.

Tabla 3.9. Ventajas y Desventajas de la arquitectura en Cascada.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.3.2. Diseño de la Red Feeder

Es la red de troncal o principal constituida por cables de fibra óptica que generalmente son canalizados por ductos operatorios, ya que estos manejan una gran capacidad de información de miles de clientes; esta red comienza desde los distribuidores de fibra óptica (ODF) hasta el primer nivel de spliteo ubicado en un armario de distribución de fibra (ya sea un FDH o FDB) o incluso mangas porta splitter [15]. Para el despliegue de una red Feeder se tiene como consideración un tipo de fibra óptica que se encuentra normalizado; siendo el más utilizado por sus parámetros y métodos que ofrece para su instalación y fácil despliegue, está es la fibra monomodo G652D. La capacidad típica que comúnmente se utiliza son los cables Feeder con 96 hilos, 144 hilos o 288 hilos; dependiendo de la densidad de la población donde se vaya a implementar la Red ODN. Cabe destacar que los cables feeder se debe evitar empalmes innecesarios, es decir, lo recomendable es sangrar la fibra óptica para que solamente al momento de realizar los empalmes en la manga intervengan los buffers correspondientes al diseño realizado, y así los otros buffers sigan su trayecto sin ser afectados.

Dentro de esta red vamos a encontrar diferentes componentes pasivos que la conforman, estos son: Optical Distribution Frame (ODF) y manga de empalme. A continuación, se realiza una breve descripción de estos elementos:

3.3.2.1. ODF (Optical Distribution Frame)

El distribuidor óptico (ODF) es un repartidor de servicio para facilitar conexión de cable entre herramientas de comunicación que pueden integrar empalme de fibra, terminación de fibra, también encontraremos otros componentes pasivos utilizados en el ODF como conectores de fibra óptica y adaptadores de fibra óptica. El ODF es un elemento pasivo que también puede cumplir otra función y es la de proteger las conexiones de los cables ópticos de los daños. El tipo de conexión que se realiza son las siguientes: Por el lado de ODF tendremos conectores SC-APC y FC-APC por el otro, esto se da para despliegue de redes GPON.

Recomendaciones a tener en cuenta al momento de elegir un ODF son las siguientes:

- Elegir el ODF con el número de puertos ya que en el mercado es común encontrar ODF con 24 puertos, 48 puertos o 144 puertos, y saber las necesidades del mercado es necesario implementar el correcto como se muestra en la figura 3.34.



Figura 3.34. Distribuidor de fibra óptica (ODF).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

- La manejabilidad de la gestión de distribución de fibra debe ser un entorno fácil para el técnico, la manejabilidad básica de un ODF es que tenga un fácil acceso a los conectores en la parte delantera y trasera, para que el técnico pueda realizar un manejo fácil al momento de realizar una conexión o extraer un conector.
- La protección es un requerimiento importante por lo que se debe manejar este tema con seguridad ya que en el ODF que los empalmes o conectores son partes sensibles en una red, el ODF debe tener una protección para evitar que la red sufra algún fallo que lo puede producir el polvo o alguna mala maniobra del técnico.

3.3.2.2. Manga de empalme

Este tipo de elemento es muy utilizado e indispensable en plantas externas de fibra óptica; esencialmente en redes Feeder ya que nos permiten dar continuidad y hacer derivaciones de red; su estructura nos ayuda a sujetar al cable de fibra óptica y alojar los empalmes que se realicen dentro de él, contar con una manga de empalme en un enlace de fibra óptica nos dará una mejor protección contra el polvo, humedad y mala manipulación de los hilos de fibra de la red, entre las cajas de empalme más utilizado tenemos las cajas de empalme tipo domo (véase en la figura 3.27).

Las mangas de empalme cuentan con las siguientes características:

- Tiene un diseño para que pueda ser utilizado tanto en redes canalizadas como aéreas por sus características de tener un cierre hermético.
- Es resistente a hongos, rayos UV y elongación por su diseño base de material polimérico.
- En la parte del cierre de la manga cuenta con un cordón de sellamiento.
- Tiene un espacio amplio para reservas de buffers
- Posee bandejas que pueden alojar un mínimo de 12 empalmes de fusión

3.3.3. Diseño de una red de distribución

Es el cableado de distribución que enlaza el primer nivel de spliteo ubicado dentro del terminal de distribución (FDT, Fiber Distribution Terminal) con el segundo nivel de spliteo ubicado dentro del terminal de acceso (FAT, Fiber Access Terminal); conformada por cables de fibra óptica G.652D con capacidad de 12 a 96 hilos para despliegue aéreos, canalizados o murales, y componentes pasivos como mangas, splitter y cajas terminales de fibra óptica. Para el despliegue de una red de distribución GPON se tiene como consideración los siguientes modelos definidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.:

- **Modelos masivos/casas:** Su red de distribución inicia desde una Fiber Distribution Hub (FDH) o manga porta splitter hacia las NAPs; donde el área de cobertura de la FDH o manga porta splitter depende de las sumas de áreas de dispersión de las NAPs, cabe destacar estos debe ubicarse entre un área de cobertura máxima de 1Km;
- **Modelos masivos-corporativos/urbanizaciones:** Su red de distribución inicia desde una Fiber Distribution Building (FDB) o manga porta splitter hacia las NAPs; donde la FDB o manga porta splitter son colocados estratégicamente para servir a varias urbanizaciones, teniendo en cuenta que estos deben estar lo más cerca posible de las urbanizaciones para que pueda prestar el servicio;
- **Modelos masivos-corporativos/edificios:** Su red de distribución inicia desde una Fiber Distribution Building (FDB) o manga porta splitter hacia las Fiber Distribution Floor (FDFs); donde la FDB o manga porta splitter son colocados estratégicamente para servir a varios edificios, teniendo en cuenta que este debe estar lo más cerca posible del edificio para que pueda prestar el servicio [23].

Cabe destacar que los empalmes en los cables de distribución se ocupan para realizar derivaciones, además dentro de lo posible lo recomendable es sangrar la fibra óptica para que solamente al momento de realizar los empalmes en la NAP intervengan los buffers correspondientes al diseño realizado, y así los otros buffers sigan su trayecto sin ser afectados.

Dentro de esta red vamos a encontrar diferentes componentes pasivos que la conforman, estos son: Splitter ópticos, Fiber Distribution Hub (FDH), Fiber Distribution Building (FDB), manga porta splitter y Network Access Point (NAP). A continuación, se realiza una breve descripción de los elementos:

3.3.3.1. Splitter ópticos

Son componentes pasivos encargado de separar y distribuir la señal entrante de una sola fibra óptica a través de múltiples fibras hacia todos los clientes pertenecientes a un mismo puerto del OLT. El uso de divisores ópticos en redes ópticas permite una arquitectura punto a multipunto. Entre las capacidades comunes que tiene este componente para la división de señales encontramos las siguientes: 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, 1x64 y 1x128.

Según las técnicas de fabricación de los splitters, estos se pueden dividir en: Splitter FBT (Fused Biconical Taper) y Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit). Si bien los dos divisores pueden ser similares en tamaño y apariencia, la tecnología detrás de estos tipos difiere internamente, por lo que los proveedores de servicios pueden elegir la solución más adecuada; en este caso para la implementación de los módulos didácticos utilizaremos la Splitter PLC.

Los Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit) son dispositivos que guían ondas por medio de semiconductores como sustratos de cuarzo, silicona, entre otros materiales; estos se utilizan para acoplar la señal y dividirla hacia sus distintas salidas. Este dispositivo posee las siguientes características:

- Es sensible a las longitudes de onda, el cual permite un amplio ancho de banda;
- Es de tamaño reducido, son mucho más pequeño que los splitter FBT;
- Poseen una alta confiabilidad;
- Muy buena uniformidad en la división de potencia;
- Opera -40 C° a 85 C° , el cual se adaptan a climas extremos.

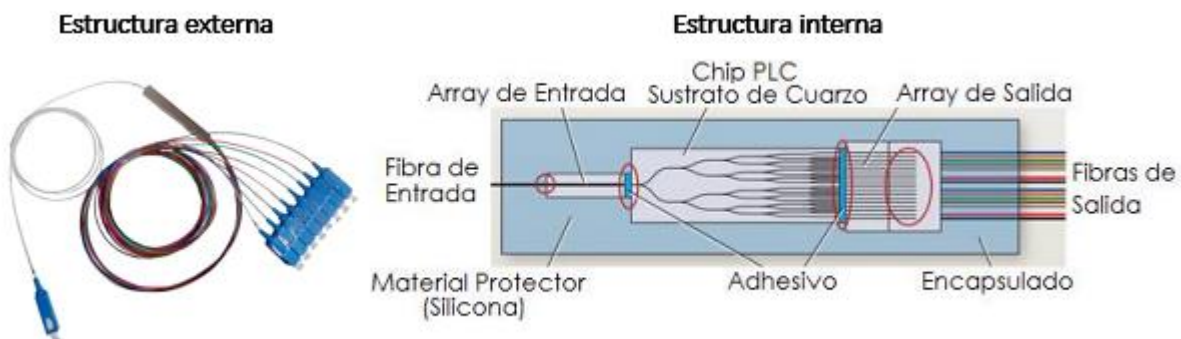


Figura 3.35. Splitter óptico PLC

FUENTE: Imagen tomada de la página web xdocs.pl.

3.3.3.2. Fiber Distribution Hub (FDH)

El armario de distribución óptica (FDH) o también llamado armario de conexión cruzada óptica es la encargada de facilitar una conexión pasiva robusta rentable para la organización y conexión de cables de alimentación (feeder) y cables distribución en planta externas de redes FTTx PON; ya sea en redes punto a punto “P2P” o punto a multipunto “P2MP” (por medio de splitter ópticos). Los FDHs deben tener un sellado resistente al agua, polvo y rayos UV; asimismo debe ser versátiles para que los técnicos puedan realizar fijaciones, empalmes, terminaciones, reservas, distribuciones y mantenimientos fácilmente dentro de ellas. Además, estos elementos en su mayoría se instalan de manera canalizadas o aéreas, y su tamaño dependerá de la cantidad de abonados y el área donde vaya a ser implementado; entre las más comunes tenemos: FDHs de 144, 288, 432, 576 y 864 puertos de salida.



Figura 3.36. Armario de distribución de fibra (FDH).

FUENTE: Imagen tomada de la página web manikalchile.

3.3.3.3. Fiber Distribution Building (FDB)

La caja de distribución principal (FDB) es el elemento que se utiliza para el ingreso de los cables de alimentación (feeder) a la red de distribución interna de edificios o urbanizaciones; compuesto por bandejas de empalme o porta splitter y varillas de gestión de cables. Los FDBs normalmente se instalan montado en la pared cerca de la ductería principal el cual le permite distribuir fácilmente el servicio a los abonados [23]. Sus diseños son resistentes al agua, polvo y rayos UV; además debe ser versátiles para que el técnico pueda realizar fijaciones, empalmes, terminaciones, reservas, distribuciones y mantenimientos dentro de ellas. Las capacidades más comunes de las cajas de distribución principal son de 8, 16, 24 y 48 puertos de salida.



Figura 3.37. Caja de distribución principal (FDB).

FUENTE: Imagen tomada por la página web honecable.com.

3.3.3.4. Manga de empalme porta splitter

Las mangas porta-splitter (tipo domo) o también llamado cúpula de cierre de empalme vertical son elementos encargados de conectar cables de alimentación (feeder) con cables distribución en planta externas de redes FTTx PON; conformadas por bandejas que permiten el almacenamiento y la instalación de splitter, fusiones y reservas de cables. Este elemento es de cierre hermético ya que contiene un sellado resistente al agua y al polvo para instalaciones en redes canalizadas o áreas; además su base y cubierta son de material polimérico resistente a tracción y rayos UV. Las capacidades más comunes de las mangas porta-splitter son de: 24, 48, 96, 144 hilos de salida.



Figura 3.38. Manga de empalme porta splitter.

FUENTE: Imagen tomada por la página cmtelco.com.

3.3.3.5. Network Access Point (NAP)

Las cajas de terminación óptica (NAPs) son puntos de acceso a la red, es decir es donde los hilos de fibra que salen de esta terminal van destinado para los abonados finales; las aplicación que más se le da a los puntos de acceso son en el área de FTTH ya que la función que cumple la

NAP es distribuir la señal de la Red, en su interior contiene splitter y la cantidad varía según su implementación las más comunes se sabe utilizar: NAP de 1x4, 1x8 o 1x16, este tipo de cajas tiene diferentes uso ya que según las especificaciones de instalación se puede utilizar en la parte exterior e interior como por ejemplo la instalación en poste o muros; en la figura 3.39 se observa la imagen de una caja NAP su partes en el interior y exterior de la caja.

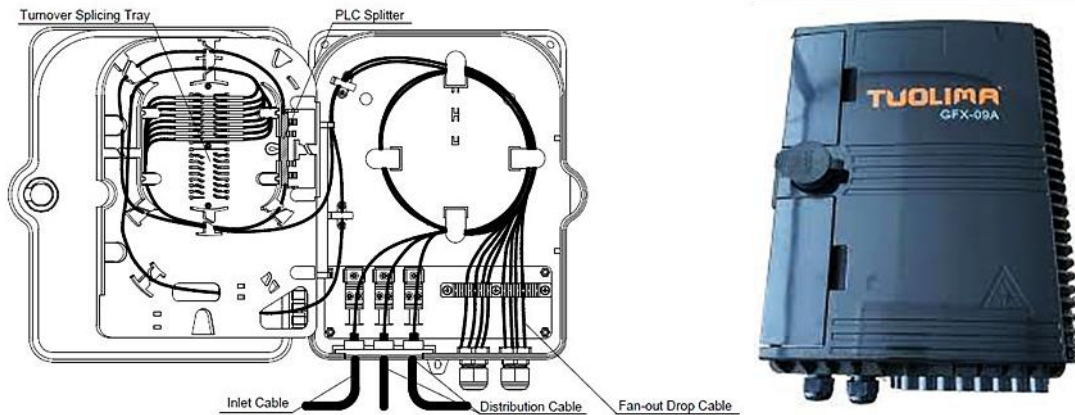


Figura 3.39. Partes de una Caja NAP interior y exterior.

FUENTE: Imagen tomada de las páginas web solutionsfttx y cablepartsnet.

3.3.4. Diseño de una red de dispersión

Se considera como red de dispersión porque es la última parte de la red de fibra óptica ODN donde se distribuye los servicios establecidos para los diferentes abonados, su diseño esta identificada con una demanda del 80% de su capacidad en la NAP y el otro 20% se lo mantiene para conexiones futuras; además se debe procurar de dispersión no sobrepase los 100 metros de distancia. En esta red se utiliza el cable de acometida DROP con una capacidad de 2 hilos ya sean canalizados, aéreos o murales; además este puede dividirse en dos tramos definidos por el tipo de cable DROP (exterior e interior). Para su despliegue se tiene como consideración los siguientes modelos definidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.:

- **Modelos masivos-corporativos/casas-urbanizaciones:** Su red de dispersión inicia con cables DROP desde la NAP, pasan por una FDF, llegan a una roseta óptica y se conectan hacia la ONT;
- **Modelos masivos-corporativos/edificios:** Su red de dispersión inicia con cables DROP desde la FDF, llegan a una roseta óptica y se conectan hacia la ONT [23].

Dentro de esta red vamos a encontrar diferentes componentes pasivos que la conforman, estos son: Fiber Distribution Floor (FDF) y Roseta óptica. A continuación, se realiza una descripción de estos elementos:

3.3.4.1. Fiber Distribution Floor (FDF)

Las cajas de distribución secundarias (FDF) o también llamado caja terminal de fibra óptica del cliente son elementos encargados de conectar la red de distribución con la red de dispersión en edificios, aunque también puede ser utilizada como caja de transición del cable DROP para exteriores a interiores en las viviendas de abonados [23].

En la figura 3.40(a) se muestra una caja terminal para edificios que generalmente se encuentran en los pasillos del mismo; el cual permite conectar cables de fibra óptica verticales y horizontales del edificio, además en su bandeja puede portar un divisor óptico para la dispersión en la red dentro del edificio. Así mismo en la figura 3.40(b) se muestra una caja terminal transición para viviendas, como sabemos la red de acceso para este caso es relativamente menor que en los edificios; por esta razón se deben instalar una caja terminal más pequeña que comúnmente son de 4 puertos de salida.

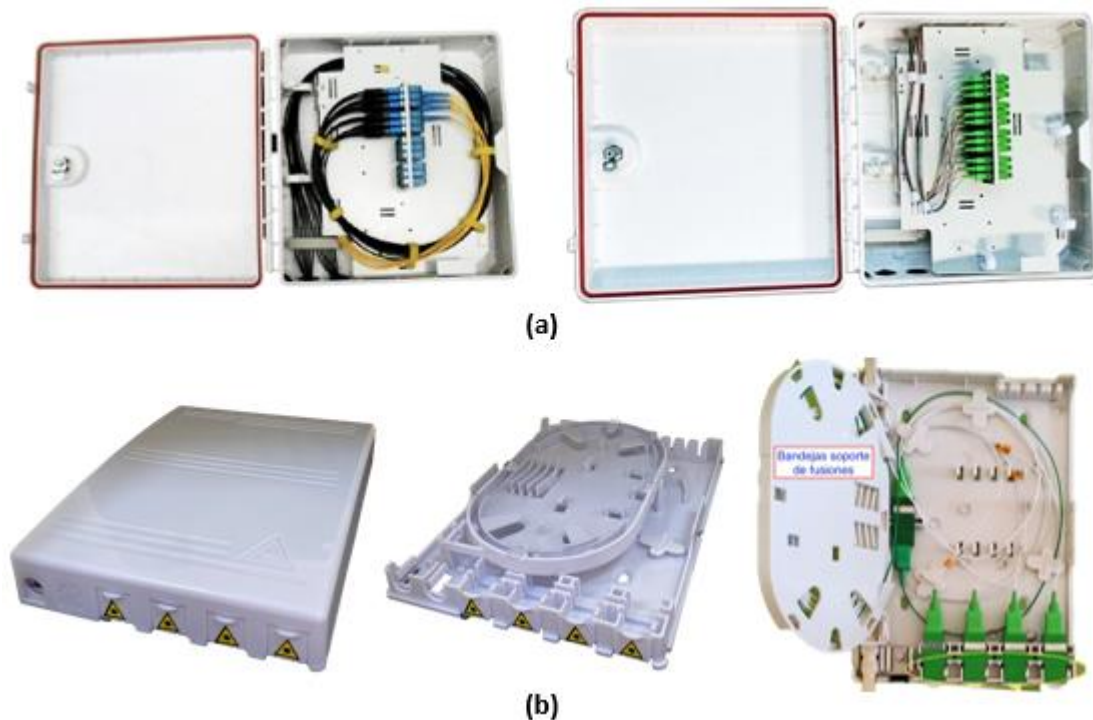


Figura 3.40. Caja terminal de fibra (FDF) – (a) para edificios; (b) para viviendas.

FUENTE: Imagenes tomadas de la página web fibresplitte.

3.3.4.2. Roseta óptica

La roseta óptica es un elemento pasivo que pertenece a la red de dispersión o red final de abonado, siendo el último componente en la ODN, su ubicación es cerca del elemento activo ONT, dentro de la roseta óptica se da el paso al ingreso del cable de fibra DROP para realizar el trabajo de fusión de la fibra con los pigtaills, realizada ya la última parte de la Red ODN solo queda realizar la siguiente conexión que es desde la roseta óptica hasta la ONT que se encuentra ubicada cerca, la conexión se la realiza mediante los puentes SC/APC.



Figura 3.41. Roseta óptica

FUENTE: Imágenes tomadas de las páginas web herramientasparatodo y fibroptica hoy.

3.3.5. Modelos de red GPON

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto, o punto a multipunto. Las arquitecturas existentes utilizan fibra hasta el hogar (FTTH), fibra hasta el edificio/bordillo (FTTB), hasta el gabinete (FTTCab, fibra hasta el gabinete) [21]. En este caso para el diseño de los módulos didácticos de planta externa GPON se ha considerado ciertos modelos de despliegue de red GPON/FTTH definidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP; utilizaremos específicamente modelos con arquitectura en cascada masivos o corporativos para casas, urbanizaciones y edificios, con nivel spliteo final de 1:32 y 1:64, estos son:

3.3.5.1. Modelo masivo/casas con manga porta splitter y NAP (1:32).

Este modelo utiliza doble nivel de spliteo basado en una infraestructura en cascada con un nivel de spliteo final de 1:32; donde el primer nivel de spliteo se ubica en las mangas/gabinete utilizando un splitter de 1:4 o 1:8, mientras en el segundo nivel de spliteo ese ubica en una NAP utilizando un splitter de 1:8 o 1:4 respectivamente. Cabe destacar que existe dos formas de implementar este modelo mediante splitter conectorizado o fusionado.

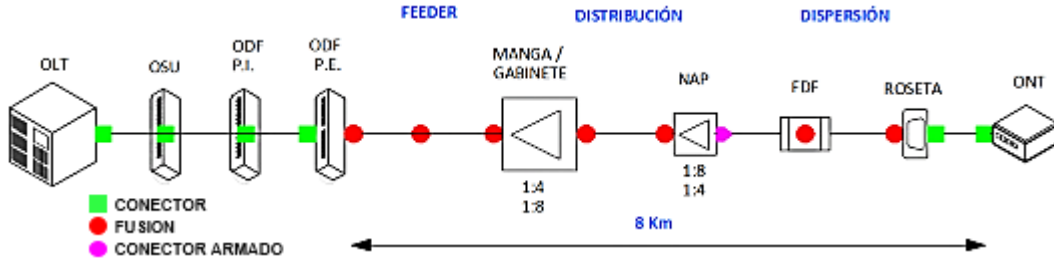


Figura 3.42. Modelo masivo/urbanizaciones manga porta splitter y NAP (1:32)

FUENTE: Imagen Elaborada por Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.”.

3.3.5.2. Modelo corporativo/edificios (1:32)

Este modelo utiliza un solo nivel de spliteo basado en una arquitectura centralizada, este se ubica en Fiber Distribution Building (FDB) con un splitter de 1:32. Cabe destacar que existe dos formas de implementar este modelo mediante splitter conectorizado o fusionado.

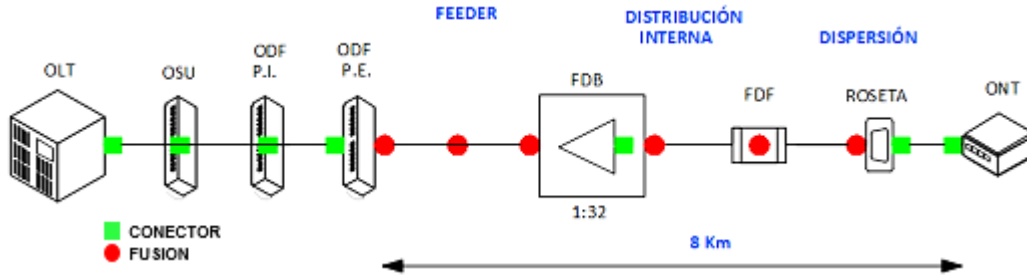


Figura 3.43. Modelo masivo/ Edificios (1:32)

FUENTE: Imagen Elaborada por Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.”.

3.3.5.3. Modelo masivo/casas con manga porta splitter y NAP (1:64)

Este es uno de los modelos más utilizados para CNT EP, tiene una arquitectura rígida, por la posición de sus splitter; donde el primer nivel de spliteo se ubica en mangas/armario utilizando un splitter de 1:4 o 1:8, mientras el segundo nivel de spliteo se ubica en las NAPs utilizando un splitter de 1:16 o 1:8 respectivamente teniendo como nivel de spliteo final de 1:64.

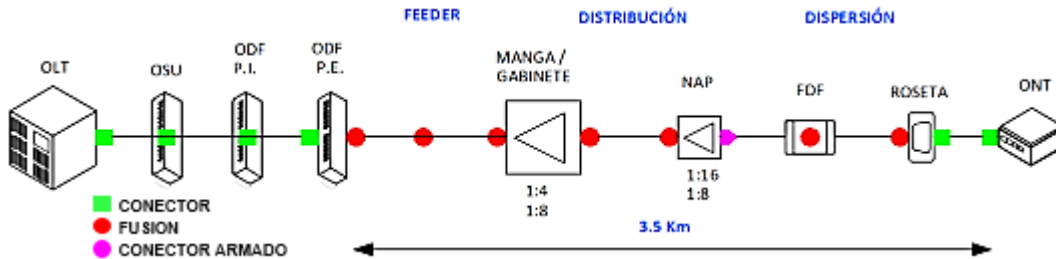


Figura 3.44. Modelo masivo/casas con manga porta splitter y NAP (1:64).

FUENTE: Imagen Elaborada por Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT E.P.”.

3.4. Estándares de Red Planta Externa GPON

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

3.4.1. Recomendaciones ITU-T G.984.x

El estándar completo ITU-T G.984.x nos presentan normativas extensa y muy compleja que nos ayuda en el diseño, construcción y certificación de las redes GPON, además nos proporciona un criterio extenso que busca la optimización de elementos pasivos. Cabe mencionar que este estándar desde sus inicios ha sufrido una serie de actualizaciones con la finalidad de mejorar su robustez, en la tabla 3.10 se describe sus principales características:

RECOMENDACIONES ITU-T G.984.x												
Recomendación	Especificaciones	Características de la normativa										
ITU-T G.984.1 (ITU-2011)	Características Generales	Características generales de una red GPON										
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Arquitectura: QAM ○ Alcance lógico. ○ Tipos de interfaz: servicio y usuario. ○ Tasa física de transmisión y recepción. ○ Tipos de servicios ○ Rendimiento del sistema 										
ITU-T G.984.2 (ITU-2012)	Medios físicos dependientes.	Parámetros Clase B+										
		ONT										
		OLT										
		<table border="0"> <tr> <td>Potencia óptica máxima</td> <td>+5dBm</td> <td>+5dBm</td> </tr> <tr> <td>Potencia óptica mínima</td> <td>+0,5dBm</td> <td>+1,5dBm</td> </tr> <tr> <td>Sensibilidad mínima</td> <td>-27dBm</td> <td>-28dBm</td> </tr> <tr> <td>Potencia óptica mín. de sobrecarga</td> <td>-8dBm</td> <td>-8dBm</td> </tr> </table>	Potencia óptica máxima	+5dBm	+5dBm	Potencia óptica mínima	+0,5dBm	+1,5dBm	Sensibilidad mínima	-27dBm	-28dBm	Potencia óptica mín. de sobrecarga
Potencia óptica máxima	+5dBm	+5dBm										
Potencia óptica mínima	+0,5dBm	+1,5dBm										
Sensibilidad mínima	-27dBm	-28dBm										
Potencia óptica mín. de sobrecarga	-8dBm	-8dBm										
ITU-T G.984.3 (ITU-2014)	Convergencia de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> ○ Subcapas TC GPON ○ Rango ○ Ancho de Banda Dinámico ○ Operación, administración y mantenimiento (OAM). ○ Formato de trama ○ Seguridad 										
ITU-T G.984.4 (ITU-2011)	Gestión ONT especificación de la interfaz de control.	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs <ul style="list-style-type: none"> ○ Formato de mensaje OMCI ○ Trama de Administración de dispositivos OMCI ○ Principio de funcionamiento de OMCI 										
ITU-T G.984.5 (ITU-2014)	Mejoramiento de ancho de banda	<ul style="list-style-type: none"> ○ Define longitud de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM. ○ Especifica los requisitos técnicos para la aplicación de filtro de longitud de onda en la ONT. 										

ITU-T G.984.6 (ITU-2012)	Mayor alcance	<ul style="list-style-type: none"> ○ Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.
ITU-T G.984.7 (ITU-2010)	Largo Alcance	<ul style="list-style-type: none"> ○ Requisitos dependientes de los medios físicos G-PON. ○ Requisitos de la capa de convergencia de transmisión que permiten distancia a 40 km.

Tabla 3.10. Recomendaciones ITU-T G.984.x [26].

FUENTE: Datos recolectados del artículo científico “Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x”.

En el diseño de red GPON del proyecto según estas recomendaciones se debe tener en cuenta las siguientes características principales:

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

3.4.2. ANSI-TIA-758-B

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

Recomendación ANSI-TIA-758-B		
Especificaciones	Características de la normativa	
Infraestructura de cableado	<ul style="list-style-type: none"> • Caminos y espacios; • Cableado OSP propiedad del cliente; • Topología; • Cableado reconocido; 	<ul style="list-style-type: none"> • Elección de medios; • Conexión y puesta a tierra; • Consideraciones ambientales
Caminos	<ul style="list-style-type: none"> • Caminos subterráneos; • Enterrado directamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caminos aéreos;
Espacios	<ul style="list-style-type: none"> • Agujeros de mantenimiento; 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóvedas;

Instalaciones del camino de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Subterráneo; • Enterrado directamente; • Inalámbrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Túneles; • Aéreo;
Cableado Fibra Óptica	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos; • Requerimientos de instalación; • Pruebas de cable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión; • Gabinetes;

Tabla 3.11. Recomendaciones ANSI-TIA-758-B [27].

FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar ANSI-TIA-758-B”.

Por lo tanto, para la estructuración del cableado en la planta externa en el proyecto se debe alcanzar beneficios como: Flexibilidad de la red; Garantizar compatibilidad de tecnología; Reducir de falla en la red y Realizar rápidas traslaciones, aumentos y cambios en la red.

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

ANSI/TIA/EIA-568 tiene como propósito especificar requisitos mínimos de transmisión y especificaciones de los componentes que comprenden un sistema de cableado estructurado para edificios comerciales. Este estándar define el tipo de cableado, distancias, conectores, arquitecturas de sistemas de cables, estándares de terminación de cables y características de rendimiento, requisitos de instalación de cables y métodos de prueba del cable instalado (tabla 3.12). La última versión de este estándar es la revisión D, el cual se define en:

- **TIA/EIA-568-D.1** define los requisitos generales;
- **TIA-568-D.2** aborda componentes de los sistemas de cable de par trenzado balanceado;
- **TIA-568-D.3** aborda componentes de los sistemas de cable de fibra óptica;
- **TIA-568-D.4** aborda componentes del cableado coaxial [28].

Recomendación ANSI-TIA-568-B.3	
Especificaciones	Características de la normativa
Cable de Planta interna	<ul style="list-style-type: none"> • Los Cable de 2 y 4 fibras aplicadas en: Vías horizontales y centralizadas deben poseer un radio de curvatura 25mm; • Los cables deben soportan un radio de curvatura de 10 veces su diámetro.
Cable de Planta externa	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mínima a la tracción de 2670 Newtons (600 lbf); soportan un radio de curvatura de 10 veces su diámetro y su canalización debe cumplir con requisitos de flujo compuesto y penetración de agua;
Cables DROP	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mínima a la tracción mínima de 1335 Newtons (300 lbf).

Conectores y adaptadores	<ul style="list-style-type: none"> • Color beige de la carcasa: Un conector y adaptador multimodo. • Color azul de la carcasa: Un conector y adaptador monomodo.
El conector 568SC	<ul style="list-style-type: none"> • Conector dúplex formado por dos adaptadores simplex SC unidos.
Caja de salida	<ul style="list-style-type: none"> • La deberá poder albergar como mínimo dos cables de fibra óptica • Debe proporcionarle un radio de curvatura de 25 mm a los cables.
Patch Panels	<ul style="list-style-type: none"> • Deben ser lo suficientemente flexibles como para ser montados en un bastidor, en la pared o en otro marco de montaje.
Cableado centralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza para unir los cables horizontales a los cables troncales intraedificio.
Empalme de fibra óptica	<ul style="list-style-type: none"> • Los empalmes no deben tener una atenuación de 0,3 dB. • La pérdida de retorno mínima: Fibra multimodo (-20 dB); fibra monomodo (-26 dB); fibra monomodo para CATV (-55 dB).
Patch Cords	<ul style="list-style-type: none"> • Son cables de interiores y deben cumplir los requisitos de transmisión.
Equipos de mediciones	<ul style="list-style-type: none"> • Los instrumentos de prueba de campo para el cable multimodo deberán cumplir la norma ANSI/TIA-526-14 C; y para la fibra monomodo la norma ANSI/TIA-526-7 A.

Tabla 3.12. Recomendaciones ANSI-TIA-568-D.3 [29].

FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar ANSI-TIA-568.D-3”.

Además, en su contenido detalla características de rendimiento de transmisión necesarias de los cables de fibras más utilizados, se lo detallara en la siguiente tabla:

Tipo de cable	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
Monomodo en Interiores	1310	1.0	N/A
	1550	1.0	N/A
Monomodo en Exteriores	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

Tabla 3.13. Rendimiento de los cables de fibra óptica (ANSI-TIA-568.D-3) [29].

FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar ANSI-TIA-568.D-3”.

El propósito de este estándar es proporcionar mejores prácticas en el diseño e instalación de sistemas de cableado que soporten una variedad de servicios existentes y en un futuro. Los desarrolladores esperan que estos estándares proporcionen más de una década de vida útil para los sistemas de cableado comercial [28].

3.4.4. TIA/EIA 598-C













El estándar TIA/EIA-598-C tiene como objetivo garantizar un proceso de identificación uniforme para el cable de fibra óptica mediante la codificación por colores de las fibras individuales y de los buffers (cubierta). Este estándar se aplica a la fibra de las instalaciones y de la planta exterior para aplicaciones de corta y larga distancia. [30]. El estándar TIA/EIA-598 en el diagrama de colores especifica el número y la ubicación de las asignaciones para cada color del 1 al 24, de la siguiente manera:

Posición	Colores	Posición	Colores
1	 AZUL	13	 AZUL CON NEGRO
2	 NARANJA	14	 NARANJA CON NEGRO
3	 VERDE	15	 VERDE CON NEGRO
4	 MARRÓN	16	 CAFÉ CON NEGRO
5	 GRIS	17	 GRIS CON NEGRO
6	 BLANCO	18	 BLANCO CON NEGRO
7	 ROJO	19	 BLANCO CON NEGRO
8	 NEGRO	20	 NEGRO CON AMARILLO
9	 AMARILLO	21	 AMARILLO CON NEGRO
10	 VIOLETA	22	 VIOLETA CON NEGRO
11	 ROSA	23	 ROSA CON NEGRO
12	 CELESTE	24	 CELESTE CON NEGRO

Tabla 3.14. Código de colores de cables fibra óptica – Estándar TIA/EIA-598-C [30].

FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar TIA/EIA-598-C”.

Las redes FTTH están conectadas por medio de cables de fibra óptica de estructura holgada, el cual contiene un conjunto de búferes que basa en el código de colores descrito en la tabla 3.14 según el número de buffer que contenga el cable de fibra utilizado. Por lo general, los cables de fibra óptica emplean de 2 a 144 hilos de fibra, las cuales se pueden agrupar en buffers de 2, 4, 6 y 12 fibras cada uno. Por ejemplo:

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 12)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7	ROJO	
8	NEGRO	
9	AMARILLO	
10	VIOLETA	
11	ROSA	
12	CELESTE	

Tabla 3.15. Esquema de colores de un cable de fibra de 144 hilos (norma TIA-598-C).
FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Además, en la norma TIA-598-C mencionan otros códigos de colores como:

Código de colores para fibras ópticas en interiores (Norma TIA-598-C)	
Tipo de cable	Color
Fibra monomodo (OS1, OS2)	AMARILLO
Fibra multimodo (OM1, OM2)	NARANJA
Fibra multimodo 50/125 μm 10Gb optimizada para laser (OM3, OM4)	CELESTE
Color en desuso para fibra multimodo	GRIS
Fibra monomodo de polarización mantenida	AZUL

Tabla 3.16. Código de colores para fibras ópticas en interiores (Norma TIA-598-C) [30].
FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar TIA/EIA-598-C”.

Código de colores para conectores de fibra óptica (Norma TIA-598-C)		
Tipo	Uso	Color
PC,0°	Principal para fibra monomodo	AZUL
APC,0°	Solo fibra monomodo	VERDE
PC,0°	Conectores fibra multimodo 50μm	NEGRO
PC,0°	Conectores fibra multimodo 62,5 μm	AMARILLO CON NEGRO
PC,0°	Conectores fibra monomodo	BLANCO

Tabla 3.17. Código de colores para conectores de fibra óptica (Norma TIA-598-C) [30].
FUENTE: Datos recolectados del contenido del “Estándar TIA/EIA-598-C”.

3.4.5. ANSI/TIA 526-7A

El estándar ANSI/TIA 526-7 tiene como propósito tener un proceso que garantice la obtención de datos significativos que describan el rendimiento de pérdida óptica en cables de fibra óptica monomodo instalada en plantas internas y externas GPON. Cabe mencionar que este estándar establece requisitos para la instalación, mantenimiento, reparación y pruebas de conformidad; Se utiliza para medir pérdida óptica entre dos puntos conectados pasivamente, incluidas las terminaciones finales, de una planta de cable de fibra óptica monomodo [31].

El estándar ANSI/TIA 526-7 describe dos métodos de medición de pérdidas de la planta de cable instalados, estos son: **Método A** utiliza equipos de medición de potencia óptica; y **Método B** utiliza un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) [31].

Para realizar pruebas con el estándar ANSI/TIA 526-7 método A se requiere los siguientes equipos: **Fuente de luz** con longitud de onda de luz utilizada en el sistema que se está probando; **Equipo de medida de potencia óptica** capaz de medir en un rango dinámico adecuado a las longitudes de onda de la luz utilizada en la prueba; y **Test Jumpers** o cables de fibra utiliza como puentes de prueba (referencia) con un diámetro de campo modal nominal igual al de la red de cables utilizados (1 a 5 metros de largo) [31]. El estándar ANSI/TIA 526-7A incluye tres métodos específicos, el cual se definen según como se realiza la medición de potencia de referencia y se nombran de la siguiente manera:

3.4.5.1. Método A.1: Medición con un cable puente de referencia

Este método se realiza conectando directamente un extremo del cable puente con la fuente de luz y su otro extremo del cable de prueba con el medidor de potencia, como se muestra en la figura 3.45(a). Inmediatamente para realizar la prueba de medición se desconecta el cable de prueba 1 del extremo conectado del medidor de potencia sin alterar su fijación al equipo de prueba ni introducir dobleces que puedan afectar la medición; luego se conecta a un extremo de la red de cables que se va a medir y un cable de prueba 2 al otro extremo de la red de cables que se va a medir, como se muestra en la Figura 3.45(b);

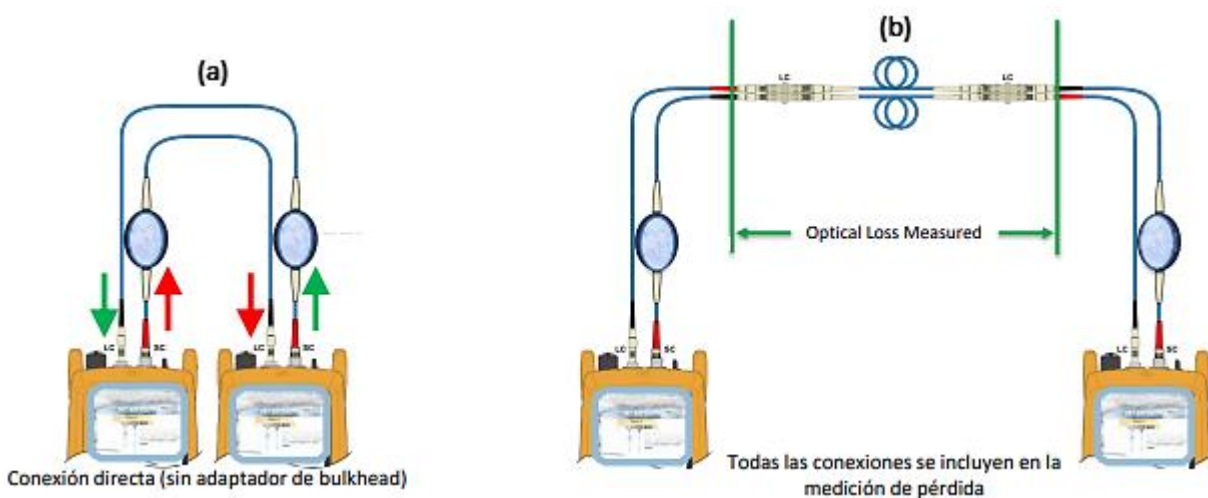


Figura 3.45. Medición con un cable puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).

FUENTE: Imagen tomada de la página web Bicsi.org.

3.4.5.2. Método A.2: Medición con dos cables puente de referencia

Este método se realiza conectando un extremo del cable de prueba 1 a la fuente de luz y un extremo del cable de prueba 2 al medidor de potencia, estos se unirán por medio de un adaptador como se observa en la figura 3.46(a). Inmediatamente para realizar la prueba de medición se debe separar los dos cables puentes en su punto de conexión (dejando el adaptador en el extremo del cable de prueba 1) sin alterar su fijación al equipo de prueba ni introducir dobleces que puedan afectar la medición; luego se conecta el cable de prueba 1 en un extremo de la red de cables que se va a medir y el cable de prueba 2 en el otro extremo de la red de cables que se va a medir, como se muestra en la Figura 3.46 (b).

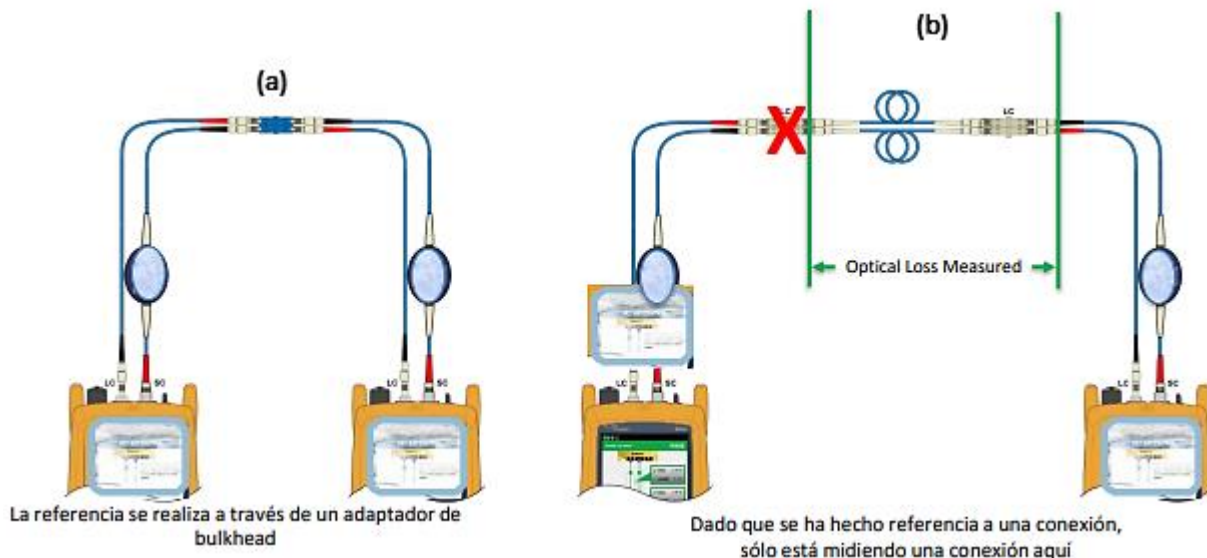


Figura 3.46. Medición con dos cables puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).

FUENTE: Imagen tomada de la página web Bicsi.org.

3.4.5.3. Método A.2: Medición con dos cables puente de referencia

Este método se realiza conectando un extremo del cable de prueba 1 a la fuente de luz y un extremo del cable de prueba 3 al medidor de potencia, estos se unirán hacia el cable de prueba 3 por medio de dos adaptadores como se observa en la figura 3.47(a). Inmediatamente para realizar la prueba de medición se debe separar los cables puentes 1 y 3 del cable puente 2 (dejando los adaptadores en los extremos del cable de prueba 1 y 3) sin alterar su fijación al equipo de prueba ni introducir dobleces que puedan afectar la medición; luego se conecta el cable de prueba 1 en un extremo de la red de cables que se va a medir y el cable de prueba 3 en el otro extremo de la red de cables que se va a medir, como se muestra en la Figura 3.47(b).

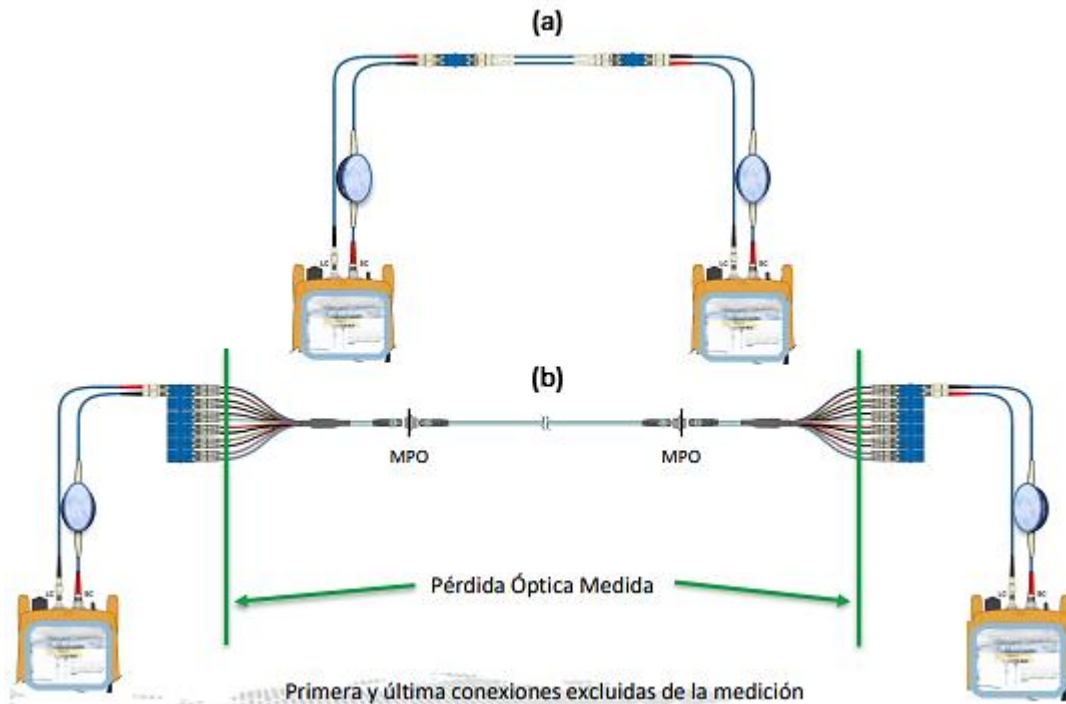


Figura 3.47. Medición con tres cables puente de referencia (ANSI/TIA 526-7A).

FUENTE: Imagen tomada de la página web Bicsi.org.

3.5. Presupuesto de atenuación óptica

Toda red de fibra óptica tiene como finalidad brindar una transmisión de datos de alta velocidad y sin errores a sus usuarios; por esta razón en su implementación se debe realizar pruebas adecuadas para que esta cumpla con los estándares y así mismo ayuden a minimizar el costoso trabajo de localizar problemas (conectores sucios o dañados, empalmes incorrectos y elementos defectuosos) que afectan el rendimiento de la red. Cabe destacar que uno de los factores más importantes que garantiza una transmisión adecuada es controlar la pérdida de potencia en la red, el cual se lo realiza contabilizando todas las pérdidas de extremo a extremo de la red analizada. El presupuesto de pérdida suele considerar los siguientes parámetros:

- **Transmisor:** potencia de transmisión, temperatura y envejecimiento;
- **Conexiones de Fibra Óptica:** Divisores, Conectores y Empalmes;
- **Cables:** pérdida de fibra y efectos de la temperatura;
- **Receptor:** Sensibilidad del detector.

Cuando una de las variables anteriores está fuera de especificación, el rendimiento de la red puede verse muy afectado o empeorar la degradación provocando fallas en la red.

La realización de un presupuesto óptico en una red FTTH nos permite determinar la mejor opción de implementación para nuestro proyecto, el presupuesto óptico nos determina cuantos splitters podemos utilizar en la implementación y con esto determinar el número de usuarios, la idea es que realizar un cálculo que nos facilite determinar el presupuesto de la potencia óptica que sea necesaria para que funcione la Red, esta potencia es transmitida por el trasmisor y la sensibilidad del receptor, tenemos que tener en cuenta que en el recorrido de nuestra red vamos a tener pérdidas que se encuentran entre emisor y el receptor(ODN). El splitter óptico en la ODN parte la señal óptica con mayor atenuación, la ODF, los conectores, fusiones y la fibra también aumentan la pérdida en la red GPON.

La longitud total de la ODN se considera como la suma del cable de alimentación (Feeder), el cable de la red de distribución y la conexión al cliente o también conocida como acometida final. Teniendo todos estos valores de la red debemos considerar que el presupuesto óptico sea inferior a 25dB, esta consideración se debe establecer en los umbrales de trabajo del OLT y ONT, este presupuesto se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

Una de las recomendaciones utilizadas en la implementación de redes de fibra es la Recomendación ITU-T G.984.2 continuando con esta recomendación dentro del documento vamos a encontrar una tabla de niveles mínimos y máximos de potencia, potencia sensible, sobrecarga mínima tanto para la OLT como ONT, en la recomendación dado por la ITU-T G.984.2 la tabla mostrada refleja valores de los puntos de corte para establecer la conexión, saturación de conexión, en la tabla 3.18 nos demuestra los valores de niveles de potencia [32].

ITEM	UNIDAD	PARAMETROS	
		OLT	ONU
Mean launch power MIN	dBm	+1.5	+0.5
Mean launch power MAX	dBm	+5	+5
Minimum sensitivy	dBm	-28	-27
Minimum overload	dBm	-8	-8
Downstram optical penalty	dB	0.5	0.5

Tabla 3.18. Niveles de potencia de bajada 2.4Gbit/s y subida 1.2Gbit/s.

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

La tabla 3.19 refleja todos los componentes que se encuentran en la red GPON desde la OLT hasta la ONT, identificando las atenuaciones mínimas y máximas en la red GPON.

ÍTEMS	UNIDAD	PARÁMETROS
Minimum optical loss at 1490 nm	dB	13
Minimum optical loss at 1310 nm	dB	13
Maximum optical loss at 1490 nm	dB	28
Maximum optical loss at 1310 nm	dB	28

Tabla 3.19. Atenuaciones mínimas y máximas en una red GPON

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

En la tabla 3.20 se muestra datos de atenuación de cada tipo de splitter, las divisiones son de 1: N donde entre más divisiones vamos a tener un valor más alto en pérdidas de inserción.

SPLITTER	PERDIDAS POR INSERCIÓN
1:2	3.25
1:4	6.5
1:8	9.75
1:16	13
1:32	16.25
1:64	19.50

Tabla 3.20. Atenuación de tipo de splitter.

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

En la tabla 3.21 vamos a encontrar otro tipo de pérdidas que vamos a encontrar en el recorrido de la Red hasta su punto final, los valores que se muestra en la tabla son correspondientes a conectores, fusiones, ODF siendo elementos pasivos de la Red ODN, los valores mostrados en la tabla son valores referenciales.

ELEMENTO	ATENUACIÓN POR INSERCIÓN (dB)
Fusiones	0.1
Conectores	0.5
ODF	0.5

Tabla 3.21. Atenuación por inserción.

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

Para realizar los cálculos de presupuesto óptico es necesario conocer todos los elementos implementados a lo largo de la Red GPON y conocer la distancia máxima entre la OLT y la ONT (distancia no tiene que ser mayor a 20km); ya que en el resultado final de la suma de perdida totales no debe superar el valor de los 28dB que lo expresa el estándar G.984.2 para la clase B+. Esto se puede expresar con la siguiente expresión:

$$Ate_{total} = (Ate_{splitter1} + \dots + Ate_{splitterN}) + (dist. * Ate_{fibra/km}) + (N^{\circ}_{empalme} * Ate_{empalme}) + (N^{\circ}_{conectores} * Ate_{conectores}) [dB]$$

Ecuación 6. Presupuesto de atenuación óptica.

Así mismo esta ecuación se puede expresar en forma de tabla, el cual permite que el cálculo se facilite (realizándolo de una manera más sencilla), con la finalidad de solo colocar la cantidad de fusiones, conectores y splitters que se encuentran a lo largo de la Red ODN; la **NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN** de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP nos demuestra la plantilla de presupuesto óptico con información referenciada al estándar G.984 y 526-7A con varios ejemplos de modelos utilizados por ellos. La tabla 3.22 nos muestra el cálculo de presupuesto óptico del *Modelo masivo/casas con manga porta splitter y NAP (1:32)* (Figura 3.22.).

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT.	PERDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB		6	0,50	3,00
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		7	0,10	0,70
Empalmes mecánicos ITU-751=0.2 dB			0,20	0
Conector mecánico armado en campo		1	0,60	0,60
Splitters	1x2		3,25	0
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8	1	9,75	9,75
	1x16		13,00	0
	1x32		16,25	0
	1x64		19,50	0
	2x4		7,90	0
	2x8		11,50	0
	2x16		14,80	0
	2x32		18,50	0
	2x64		21,30	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	8	0,35	2,80
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				23,35

Tabla 3.22. Cálculo de presupuesto óptico.

FUENTE: Datos recolectados del “Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN” - CNT E.P.

3.6. Equipos para implementación de redes

3.6.1. Fusionadora

La fusionadora de fibra óptica es una máquina especializada de alto rendimiento que se utiliza para la conexión fija de dos fibras ópticas, para implementar una red de fibra óptica o reparar un cable de fibra óptica roto en una red existente. El proceso antes mencionado es conocido como fusión, el cual consiste en fundir los núcleos de dos fibras mediante la aplicación de una fuente de calor generada por dos electrodos que crean un arco eléctrico cuando se les aplica una fuente de alta tensión de 4000 a 5000 voltios con corriente controlada [33].

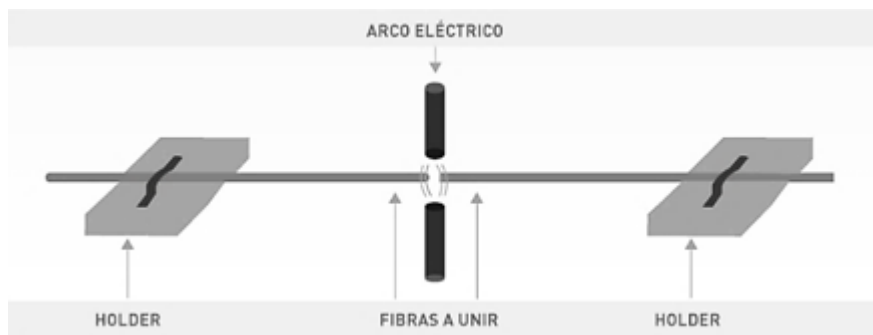


Figura 3.48. Proceso de fusión

FUENTE: Imagen tomada de la página web FibreMex.

En la actualidad existen dos sistemas de fusiones de fibra ópticas que son:

- **Fusionadora de alineación por núcleo:** utilizan un sistema avanzado de detección de Imágenes y luz, el cual permite monitorear las posiciones puntuales de los núcleos durante la fusión. Este tipo de fusionadora en su interior poseen ranuras en V que se utilizan para alinear las fibras ópticas en posiciones horizontales (eje Y), verticales (ejes X), así como dentro y fuera (eje Z). La capacidad de controlar la posición de los núcleos proporciona una alta eficiencia de fusión, lo que puede compensar factores como los desajustes entre el núcleo y el revestimiento [33].
- **Fusionadora de alineación por revestimiento:** Se basa en la pre-alineación de la superficie exterior (revestimiento de la fibra). Este tipo de fusionadora en su interior poseen dos motores que se utilizan para alinear las fibras ópticas hacia arriba y hacia abajo (eje X y eje Y), y así mismo dos motores más para alinear las fibras ópticas hacia el interior y el exterior (eje Z). Su principal ventaja es el costo si la comparamos con las fusionadoras que usan alineamiento de núcleo [33].

3.6.2. Cortadora de precisión

Dado que la fibra óptica es un hilo de vidrio muy delicado y delgado, cortarla requiere herramientas especiales, el cortador de precisión es un dispositivo mecánico especialmente diseñado para cortar el núcleo de fibra de manera limpia y profesional en 90 grados (lo más plano posible), hace que el trabajo sea más fácil y preciso. Cabe destacar que para el proceso de fusión si los extremos de la fibra no se cortan correctamente, este provocará pérdidas importantes en los empalmes, lo que provocará atenuación de la señal del orden de varios pocos decibelios.



*Figura 3.49. Cortadora de precisión de fibra óptica
FUENTE: Imagen tomada de la página web SinCables.*

3.6.3. Pinza peladora de fibra óptica

Esta herramienta permite quitar los recubrimientos de fibras ópticas, el cual incluye orificios de 140 μm y 2 mm de diámetro, respectivamente, para eliminar recubrimientos de colores convencionales y recubrimientos de silicona; Este artículo viene configurado de fábrica por lo que no requiere más ajustes, cuenta con un mango ergonómico y cuchillas de acero de precisión para no dañar el hilo al pelar.



*Figura 3.50. Pinza peladora de fibra óptica
FUENTE: Imagen tomada de la página web SinCables.*

3.7. Equipos de medición para redes ODN

En la red GPON se requiere verificación y certificación, especialmente en ODN clase B+, para comprobar que el presupuesto óptico del enlace no supere los 28dB, y al recibir la red GPON se puede determinar la distancia de los cables utilizados. En la red Feeder y red de distribución o de dispersión. Para realizar las pruebas dentro de la Red es necesario tener algunos equipos tanto para localizar fallos, verificar los datos de en la red. Entre los más equipos más utilizados en la red, se muestra a continuación.

3.7.1. Power meter

En la Redes FTTH se utilizan mucho una herramienta para calcular potencia o atenuaciones medidas que se dan en dB, el dispositivo de potencia óptica o también conocido por sus siglas OPM (Optical Power Meter) es una herramienta que se utiliza para verificación, donde su función es realizar diferentes pruebas de medición y sacar detalle los valores de la potencia que tiene un equipo de fibra donde estos valores son mostrados en dB o determinar la potencia de una señal óptica que pasa a lo largo de la red por el cable de fibra óptica. Este tipo de dispositivo OPM consta de un detector calibrado y con placa de amplificadores de medición de visualización y se puede utilizar para la instalación, operación y mantenimiento de cualquier red óptica [34]. Por lo regular, en este tipo de dispositivo cuenta con cinco botones, en la tabla 3.23 se muestra la descripción de estos botones.

	DESCRIPCIÓN
Power Button	Encendido y apagado del Power Meter
Light Button	Apagado y encendido de la iluminación de la pantalla LCD.
dB Button	Al presionar muestra la unidad a visualizar
Ref Button	Procedimiento de calibración Cero
λ Button	Muestra las longitudes de ondas

Tabla 3.23. Función de cada botón en el Power Meter.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Leer la potencia óptica en dBm en una pantalla OPM es una forma intuitiva de medir la potencia óptica. La "m" en dBm se relaciona con la potencia de referencia, que es 1 milivoltio. La utilización de esto equipos es de la siguiente manera, si se requiere saber la utilidad se debe tener 2 equipos un verificador OPM y también debemos tener una fuente de luz, al emitir una luz por la fibra se estará enviado una longitud de onda, por lo tanto, en la parte final de la red de la fibra

vamos a tener que el medidor de potencia lee este nivel de luz o potencia óptica y determina cuánta señal se pierde. Dado que la pérdida de fibra varía con la longitud de onda, el medidor de potencia óptica debe usar la misma longitud de onda que la fuente de luz utilizada. Así como, a una longitud de onda de 1310nm funcione la fuente de luz, en el otro extremo también debe utilizar una misma configuración, los parámetros se los modifica en el medidor de potencia óptica. En este proyecto usamos un Power Meter Mini-OPM que viene incluido diferentes funciones como funcionar como Power Meter con VFL en la figura 3.51 se muestra el Mini-OPM.



Figura 3.51. Mini-OPM incluye VFL.

FUENTE: Imagen tomada de la página web Guatemala digital.

Este equipo Power Meter cuenta con algunas especificaciones que son fundamental para el uso que se les dará en el proyecto, en la siguiente tabla se muestra sus características:

OPM		
Rango de Onda	800~1700nm	800~1700nm
Conector	Universal FC/SC/ST	FC/SC/ST
Tipo de detector	InGaAs	InGaAs
Rango de Poder	-70dBm~+6 dBm	-50 dBm ~+26 dBm
Estimación de incertidumbre		±5%
Longitud de onda estándar (nm)	850/980/1300/1310/1490/1550/1625/1650nm	
Resolución de pantalla	Pantalla lineal: 0.1%; Pantalla logarítmica: 0.01dBm	
VFL (Opciones)		
Onda	650nm ± 30nm	
Potencia de salida	2mW/10mW/20mW/30mW/50mW	
Modo	CW/1Hz/2Hz	
Conector	Universal FC/SC/ST	

Otros	
Fuente de alimentación	2 pilas AAA / Baterías de litio recargables (opcional)
Apagado automático	10min
Horas de trabajo continuas de las baterías	>72 (Función OPM)
Temperatura de funcionamiento	-10°C~+50°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C~+70°C
Tamaño del instrumento	112mmx66mmx30mm
Peso neto del instrumento	140g/150g

Tabla 3.24. Especificaciones del equipo Mini-POM serie.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.7.2. Power Meter PON

El proyecto se basa en realizar diferentes tipos de redes para realizar pruebas con los elementos pasivos y ver la mejor red para una implementación, el medidor de potencia PON adopta una pantalla LCD TFT de alta definición, especialmente diseñada para pruebas en línea de equipos OLT y es muy adecuado para el mantenimiento o ajuste de negocios FTTx/PON. Puede probar y medir la intensidad de la señal de las llamadas de voz, datos y video. Le permite evaluar rápidamente el nivel de potencia de su red, el puerto USB puede transferir datos rápidamente, puede almacenar hasta 1000 posiciones de medición simultáneas y es una herramienta indispensable para la construcción y el mantenimiento del sistema. Sistema PON. En la figura 3.52 se muestra el equipo PON.



Figura 3.52. Optical Power Meter KPN-35

FUENTE: Imagen tomada de la página web aliexpress.

Este equipo es uno de los equipos que vamos a utilizar para realizar diferentes mediciones en las Redes realizadas en los módulos didácticos, el cual cuenta características y especificaciones muy precisas de porque su elección, en la tabla 3.25 se muestra sus especificaciones:

MODELO	PON		
Longitud de onda de medición	1310nm	1490nm	1550nm
Tipo de sensor	InGaAS		
Linealidad	±0.2dB@1550nm≥-40dBm		
Aislamiento con función de filtrado	1490nm longitud de onda >40dB	1310nm longitud de onda >40Db	1310nm longitud de onda >40dB
	1550nm longitud de onda >40dB	1550nm longitud de onda >30Db	1490nm longitud de onda >30dB
Rango de medición	-40dBm~+16dBm	-50dBm~+16dBm	-50dBm~+23dBm
Pérdida de inserción en el modo de penetración (dB)	Menos de 1.5dB		
Frecuencia óptica medible Banda ancha	1260~1360	1480~1500	1539~1565
Incertidumbre inherente	0.5dBm 1nW@1550nm		
Resolución de pantalla	0.01Db		
Ajuste de umbral	La computadora host establece 10 grupos		
Longitud de onda de calibración	1310nm/1490nm/1550nm		
Almacenamiento de datos	900 sets		
Temperatura de trabajo	-10°C~+50°C		
Humedad relativa	0%~95%RH		
Tipo de conector	SC/UPC (Otros conectores son opcionales)		
Fuente de alimentación	3 pilas AA		

Tabla 3.25. Especificaciones del Optical Power Meter KPN-35.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Viendo las especificaciones del equipo PON podemos sacar algunas características de este equipo entre ellas podemos decir que podemos realizar pruebas con diferentes longitudes de onda, podemos visualizar dentro de la misma pantalla diferentes muestras, arquitectura, datos de la Red PON. El equipo permite una calibración manual, también proporciona 5 conjuntos de umbrales para elegir desde, con los modos de aprobación, advertencia y falla.

3.8. Estudio de factibilidad

3.8.1. Factibilidad técnica

Este proyecto aporta en el conocimiento de implementación de redes ópticas Pasivas de Planta Externa donde se utiliza diversos equipos de medición y materiales para su instalación de la red, la propuesta se realizó de acuerdo a la investigación de redes de Planta Externa siguiendo sus modelos de arquitectura y cumpliendo los estándares establecido para cada red y asemejando todo a un entorno real de trabajo, en el diseño de redes para diferentes entornos de implementación como un modelo para una red empresarial, residencial y murales. Los tipos de modelo de red implementados en este proyecto cumple con las recomendaciones de diseño, construcción y certificación de redes GPON (ITU-T G.984.2), planificación e instalación de la infraestructura de telecomunicaciones de planta externa (ANSI-TIA-758-B.3) y codificación de colores de cableado de fibra óptica (TIA/EIA 598-C), los cuales determinan el tipo de cable y elementos que podemos implementar en la arquitectura de los modelos de red, y así mismo conservando una buena organización en las instalaciones a través del código de colores de fibra óptica.

Se determina que este proyecto es técnicamente viable ya que mediante el diseño de los modelos implementados nos permiten verificar su instalación, arquitectura, estructura, cableado y elementos que los conforman; debido al estudio que se realizó por etapas, comprobando todos los aspectos técnicos y físicos de los componentes de cada modelo de red. Cabe destacar que, por medio de una evaluación continua durante el desarrollo de este proyecto, se determinó que los componentes escogidos en cada módulo y los conocimientos aplicados por el autor, podrían utilizarse potencialmente por los estudiantes al realizar prácticas en ellos.

3.8.2. Costos de la propuesta

Como se mencionó anteriormente en esta propuesta se elaborará 3 módulos didácticos donde estos simularán una red GPON de 1x32, 1x64 y 1x128; ya que al ser red GPON se caracteriza por distribuir su nivel de potencia de un hilo principal, para así poder dar servicio a una determinada cantidad de clientes (32 clientes, 64 clientes y 128 clientes respectivamente). Para la implementación de los modelos de red, se han considerado equipos para la instalación de redes (véase la tabla 3.26), equipos de medición (véase la tabla 3.27), estructura del modelo (véase la tabla 3.28) y los componentes pasivos que la conforman una red ODN (véase la tabla 3.29), los cuales se enumeran a continuación:

Los precios por alquiler de los equipos para la instalación de redes de fibra óptica son:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Fusionadora Furukawa 12s	\$ 180,00	\$ 180,00
1	Cortadora de precisión para fibra óptica CFS-3	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Pinza peladora de fibra óptica Cleaver FC-6S	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Pelador Ajustable de cubierta Optronics	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Peladora Longitudinal universal Optronics MTS01	\$ 10,00	\$ 10,00
SUBTOTAL			\$ 230,00

Tabla 3.26. Costos de equipos utilizados para la instalación de redes de fibra

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Los precios de los equipos de mediciones adquiridos para el laboratorio son:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
5	Mini-OPM + VFL YEDEMC	\$ 50,00	\$ 250,00
1	Optical Power Meter KPN-35	\$ 180,00	\$ 180,00
SUBTOTAL			\$ 430,00

Tabla 3.27. Costos de equipos de medición utilizados en el proyecto.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Los precios de estructura de los soportes de los módulos didácticos son:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
3	Soporte de módulos didácticos con repisa + instalación	\$ 45,00	\$ 135,00
3	Tablero aglomerado laminado de blanco (1,20x0,70cm)	\$ 27,50	\$ 82,50
SUBTOTAL			\$ 217,50

Tabla 3.28. Costos de los soportes para los módulos didácticos.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Los precios de los elementos pasivos para la implementación de los modelos de red son:

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
6	Patch cord SM - Pulido SC/APC a SC/APC de 10 metros	\$ 10,00	\$ 60,00
1	Patch cord SM - Pulido FC/APC a FC/APC de 20 metros	\$ 17,50	\$ 17,50

2	Patch cord SM - Pulido SC/UPC a SC/APC de 10 metros	\$	12,50	\$	25,00
2	Patch cord SM - Pulido SC/UPC a FC/APC de 10 metros	\$	15,00	\$	30,00
75	Adaptadores SC/APC	\$	1,25	\$	87,50
1	Barra de adaptadores FC/APC de 6 puertos	\$	10,00	\$	10,00
4	Pigtail SC/APC	\$	3,00	\$	12,00
1	Pigtail FC/APC	\$	5,00	\$	5,00
3	Cassette porta-empalmes (cap. 12 fusiones)	\$	5,00	\$	15,00
3	Cassette porta-empalmes (cap. 6 fusiones)	\$	2,50	\$	5,00
4	Cassette porta-splitter / manga domo (cap. 3 fusiones)	\$	2,50	\$	10,00
1	Cassette porta-splitter / manga domo (cap. 12 fusiones)	\$	7,50	\$	7,50
2	Caja de distribución de piso FDF de 4 puertos	\$	45,00	\$	90,00
1	Caja NAP de 16 puertos	\$	70,00	\$	70,00
20	Mtrs. cable de fibra óptica SM ADSS de 48 Hilos	\$	1,25	\$	25,00
20	Mtrs. cable de fibra óptica SM ADSS de 6 Hilos	\$	1,00	\$	20,00
30	Mtrs. cable de fibra óptica SM DROP de 2 Hilos (ext.)	\$	0,80	\$	24,00
30	Mtrs. cable de fibra óptica SM DROP de 6 Hilos (int.)	\$	0,75	\$	22,50
1	Splitter PLC 1:2 SC/APC SM	\$	6,50	\$	6,50
1	Splitter PLC 1:4 SC/APC SM	\$	11,50	\$	11,50
5	Splitter PLC 1:8 SC/APC SM	\$	16,50	\$	82,50
1	Splitter Mini-PLC 1:32 SC/APC SM	\$	42,50	\$	42,50
2	Rosetas Ópticas	\$	8,00	\$	16,00
3	Tubillos termo-fundentes para fusión F.O. 60mm x 100u	\$	15,00	\$	45,00
SUBTOTAL				\$	740,00

Tabla 3.29. Costos de los elementos pasivos utilizados en los modelos de red.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

El gasto total realizado para la implementación de los módulos didácticos es de:

Descripción	Valor Total
Costos de equipos utilizados para la instalación de redes de fibra	\$ 230,00
Costos de equipos de medición utilizados en el proyecto	\$ 430,00
Costos de los soportes para los módulos didácticos.	\$ 217,50
Costos de los elementos pasivos utilizados en los modelos de red.	\$ 740,00
TOTAL	\$ 1617,00

Tabla 3.30. Gasto total para la implementación de los módulos didácticos.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Este proyecto es económicamente viable, en donde los costos antes mencionados fueron asumidos por los autores de este trabajo.

CAPÍTULO IV

4. Implementación y análisis de resultados

En este capítulo se detalla el diseño de cada módulo didáctico de planta externa GPON, el diseño de sus soportes y la ubicación de ellos en los laboratorios de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Además, se detallará también los diferentes presupuestos ópticos de los diferentes modelos de planta Externa GPON y los cálculos realizados teóricamente. Cabe mencionar que para los diseños de la red se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- *ITU-T G.984.x: Diseño, construcción y certificación de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits “GPON”* (ítem 3.4.1. - tabla 3.10);
- *ANSI-TIA-758-B: Planificación e instalación de la infraestructura de telecomunicaciones de planta externa perteneciente al cliente* (ítem 3.4.2. - tabla 3.11);
- *ANSI/TIA/EIA-568: Requisitos mínimos de transmisión y especificaciones de un sistema de fibra óptica empleado en edificios* (ítem 3.4.2. - tabla 3.12 – tabla 3.13);
- *TIA/EIA 598-C: Codificación de colores de cableado de fibra óptica* (ítem 3.4.4. – tabla 3.14 – tabla 3.16 – tabla 3.17);
- *ITU-T G.652D: Capacidad y descripción de los cables de fibra óptica para Feeder, Distribución, Distribución interna en Urbanizaciones y Dispersión* (Tabla 3.7);
- *ITU-T G.657.A1 o G.657.A2: Capacidad y descripción de los cables de fibra óptica para Distribución Interna en Edificios y Dispersión* (Tabla 3.7);
- *ANSI/TIA 526-7A: Medición de pérdida de potencia óptica de la planta de cables de fibras ópticas monomodo instalada - método Optical Power Meter “OPM”* (ítem 3.4.5.)

Así mismo se tomó en cuenta unas cuantas normativas de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT EP” como:

- *Normas De Diseño Y Construcción De Redes De Telecomunicaciones Con Fibra Óptica;*
- *Normativa de Construcción De Planta Externa Con Fibra Óptica ODN;*
- *Instructivo para el diseño de canalización interna para el tendido de redes de distribución GPON FTTH en edificios y urbanizaciones.*

4.1. Diseño estructural de los módulos didácticos

Para el diseño estructural de los módulos didácticos de planta externa GPON se consideró dividir en dos partes la implementación del trabajo; en la primera parte se realizó el diseño de los componentes pasivos que se utilizarán en el despliegue de la red en cada tablero; y en la segunda parte se realizó el diseño de los soportes considerando su ubicación dentro del laboratorio de telecomunicaciones. Estos diseños fueron elaborados por medio del software de arquitectura “Sketchup” el cual permite la creación de proyectos en tercera dimensión 3D de manera sencilla; es importante mencionar que en este apartado también se detallará el diseño, las mediciones y la ubicación de los componentes pasivos y de los soportes de los módulos didácticos.

4.1.1. Diseño de los componentes para una Red GPON

Para poder realizar la implementación de los módulos didácticos de planta externa GPON se debe conocer los componentes que lo conformarán; en este caso nos basaremos en modelos de despliegue de redes ODN los cuales se dividen en:

- **Red de alimentación (Feeder):** conformada por:
 - *Repartidor de cables óptico:* ODF;
 - *Equipo de continuidad y derivación óptica:* manga de empalme;
- **Red de distribución:** conformada por:
 - *Punto de distribución óptica:* FDH, FDB o una manga porta splitter;
 - *Punto de acceso óptico para exteriores:* NAP aérea o canalizada;
- **Red de distribución interna (edificios):** conformada por:
 - *Punto de distribución interna:* FDF;
- **Red de dispersión:** conformada por:
 - *Punto de acceso óptico para interiores:* FDF;
 - *Punto terminal de acceso:* roseta óptica.

Es importante mencionar que como los módulos didácticos son exclusivamente de planta externa, es decir que son la infraestructura de telecomunicaciones que se observa externamente (en canales, postes, ductos entre otros) diseñada para llegar hasta los edificios o casas, por esta razón los módulos estarán conformados solamente por la red de alimentación (feeder) y la red de dispersión y no se tomara en cuenta ninguna red de distribución interna ni la red de dispersión.

Así mismo, para el diseño de los módulos didácticos se utilizará la parte interna de ciertos componentes, pero estos en nuestro diseño serán referenciados como el componente completo; ya que de esta manera en cada tablero tendremos una mejor distribución y ubicación de los componentes; y teniendo así una mejor interacción con cada elemento del tablero al realizar conexiones, fusiones, pruebas o mediciones.

Para el diseño de la red de alimentación “feeder” de los módulos didácticos se consideró usar solo ODFs, puesto que la red GPON que se implementará en los tableros serán de pequeña escala en consideración a una red de campo de vida real, por esta razón no contará con ningún tipo de continuidad ni derivación dentro de la red feeder, aplicaciones realizadas por mangas de empalmes y por tal motivo estas no se utilizarán en nuestro diseño de red.

Cabe mencionar que la función que cumplirá la ODF en nuestro diseño será gestionar la conexión de cada hilo de fibra de los cables que salen hacia la red GPON desde la OLT, los cuales estos se empalman con pigtailed SC, LC o FC con terminaciones UPC/APC/PC y luego estos se conectarán con sus respectivos conectores esperando la señal del OLT. Los ODFs considerados para el diseño de los módulos didácticos son:

ODF SC/APC: la figura 4.1 muestra su diseño interno en Sketchup, el cual es un Cassette porta fusiones y los pigtailed conectados a sus respectivos conectores SC/APC.



Figura 4.1. Bandeja ODF SC/APC.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

ODF FC/APC: la figura 4.2 muestra su diseño interno en Sketchup, el cual es un Cassette porta fusiones diferente al anterior (figura 4.1) y los pigtailed conectados a sus respectivos conectores FC/APC.

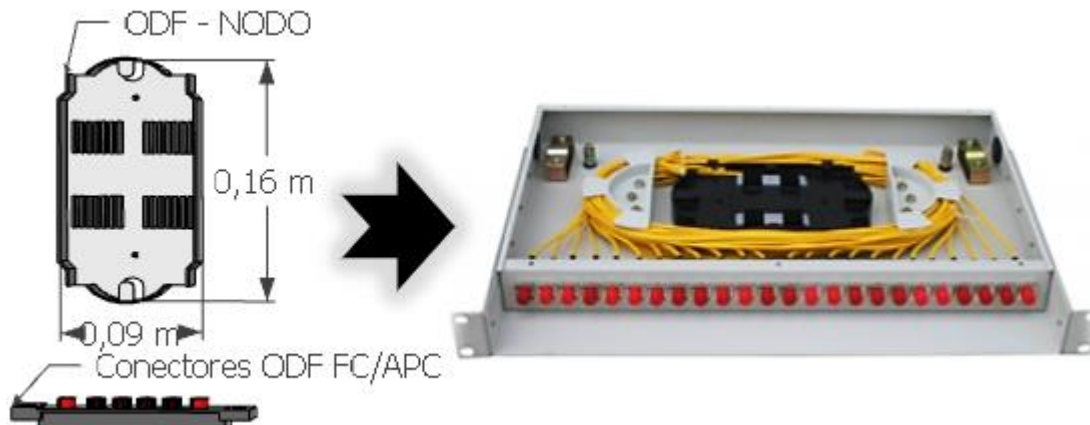


Figura 4.2. Bandeja ODF FC/APC.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para el diseño del primer nivel de spliteo en la red de distribución de los módulos didácticos se consideró el uso de mangas de empalme porta splitter debido a que proporciona una menor capacidad de hilos de salidas en comparación de una FDH ya que como se mencionó anteriormente la red GPON diseñada para los tableros será a pequeña escala.

Cabe mencionar que la función que cumplirá la manga porta-splitter en nuestro diseño será gestionar la conexión de los cables de feeder (entrada) con los cables de distribución (salida) por medio de fusiones; es necesario conocer que desde este punto de la red comienza la división de la señal por medio del primer nivel de spliteo y luego este seguirá con la red de distribución. Las mangas porta-splitter consideradas para el diseño de los módulos didácticos son:

Manga porta-splitter tipo domo – Modelo 1: la figura 4.3. muestra su diseño interno en Sketchup, el cual es un cassette o bandeja porta splitter tipo PLC con capacidad de contener 3 fusiones y un adaptador porta splitter.



Figura 4.3. Manga Porta Splitters tipo domo - Modelo 1.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Manga porta-splitter tipo domo – Modelo 2: la figura 4.4. muestra su diseño interno, el cual es un cassette o bandeja porta splitter tipo PLC con un adaptador porta fusiones y un adaptador porta splitter.

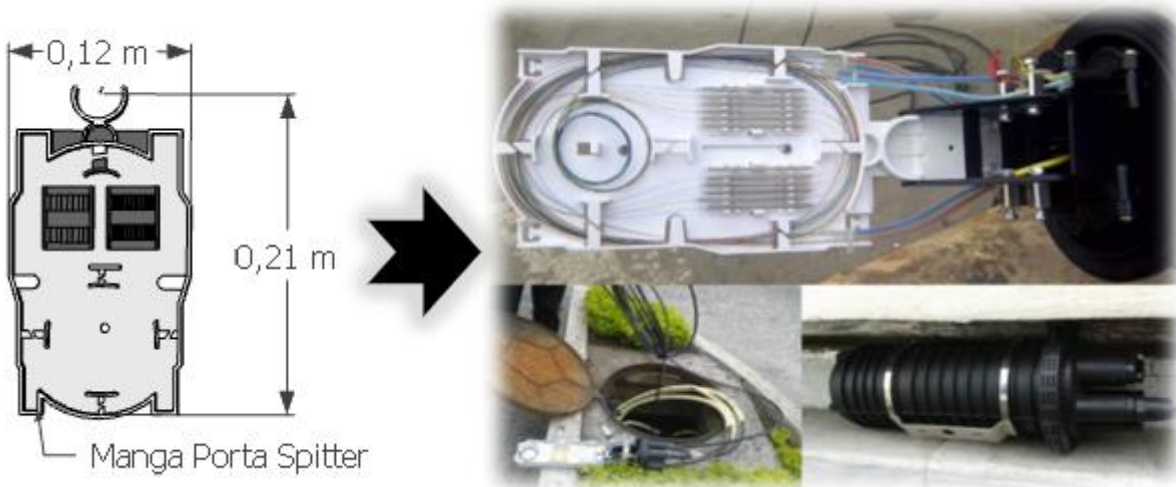


Figura 4.4. Manga Porta Splitters tipo domo – Modelo 2.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para el diseño del segundo nivel de spliteo en la red de distribución de los módulos didácticos se consideró el uso de NAP canalizadas que son destinadas para instalaciones en arquetas de edificios o urbanizaciones adosadas a la pared del pozo, así mismo se consideró el uso de NAP aérea que son destinadas para instalaciones en postes de alumbrado en las calles.

Cabe mencionar que la función que cumplirá las NAPs en nuestro diseño será gestionar la conexión de los cables de distribución del primer spliteo instalada en la manga porta splitter (entrada) con las conexiones individuales de cada abonado o los cables de dispersión (salida) por medio de fusiones; en este punto de la red es donde comienza la división de la señal que va destinado para cada abonado denominado “punto de acceso a la red” por medio de un segundo nivel de spliteo. Así mismo estas cajas de terminaciones son puntos de corte que ayudan a los técnicos en trabajos de operación y mantenimiento de la red. Las NAPs consideradas para el diseño de los módulos didácticos son:

NAP canalizada: la figura 4.5. muestra su diseño, el cual está conformada por una bandeja porta fusiones, alojamiento de splitter y panel de 8 adaptadores SC, además incluye puertos de entrada y puertos de salida para cables DROP.

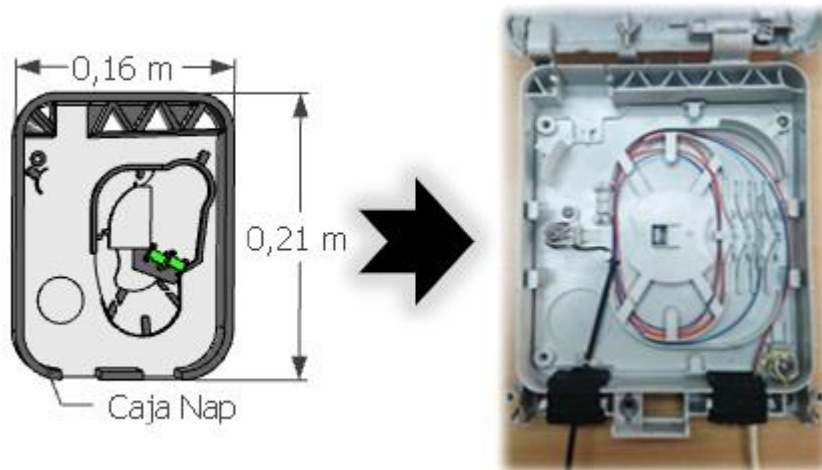


Figura 4.5. Caja de Distribución de piso FDF.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

NAP aérea: la figura 4.6. muestra su diseño, el cual está conformada por una bandeja porta fusiones, alojamiento de splitter y panel de 16 adaptadores SC, además incluye puertos de para sangrado, para derivación y para cables DROP.



Figura 4.6. Caja De Distribución NAP uso Exterior.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Una vez definidos todos los componentes de los modelos de red GPON se debe determinar el tamaño de los tableros distribuyendo el espacio para cada elemento que se va a utilizar en cada modelo; esto se lo realizará por medio de un diseño en Sketchup. En la figura 4.3 se observa las medidas del tablero en este caso utilizó un tipo aglomerado laminado de blanco, y se implementó 3 modelos posibles recordando que los tableros sean fáciles de manipular y que los componentes se puedan tanto atornillar como destornillar y cambiarlos de ubicación.

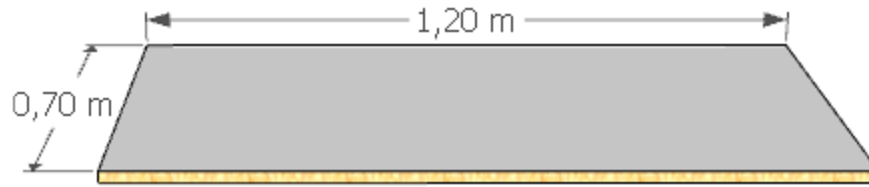


Figura 4.7. Medida de los tableros para los módulos didácticos.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.1.2. Diseño de los soportes de los módulos didácticos

Para la elaboración del diseño de los soportes de los módulos didácticos se basó en la estructura de una pizarra móvil; el material que se utilizó para la implementación de los soportes fueron tubos cuadrados de acero inoxidable con un grosor de 1 pulgada (25mm x 25mm). Al iniciar el diseño de los soportes, se debe tomar en cuenta las dimensiones de los tableros, en este caso en la imagen 4.7 se opta por 0,7m de alto x 1,20m de ancho, partiendo de esto se analizó dejar los tableros a una altura aproximada de 1m, por ende, las dimensiones de los soportes quedaron en 1,75m de largo x 1,25m de ancho; como se muestra en la figura 4.8. Así mismo, en aquella altura de los soportes se le adicionó una repisa que ayude al usuario colocar cualquier tipo de herramienta o equipo que se utilice en las prácticas facilitándole el control de ellas al realizar algún modelo de Red GPON. Es necesario señalar que la altura del tablero y la repisa es la adecuada para que personas con estatura promedio tengan facilidad en trabajar en ellos.

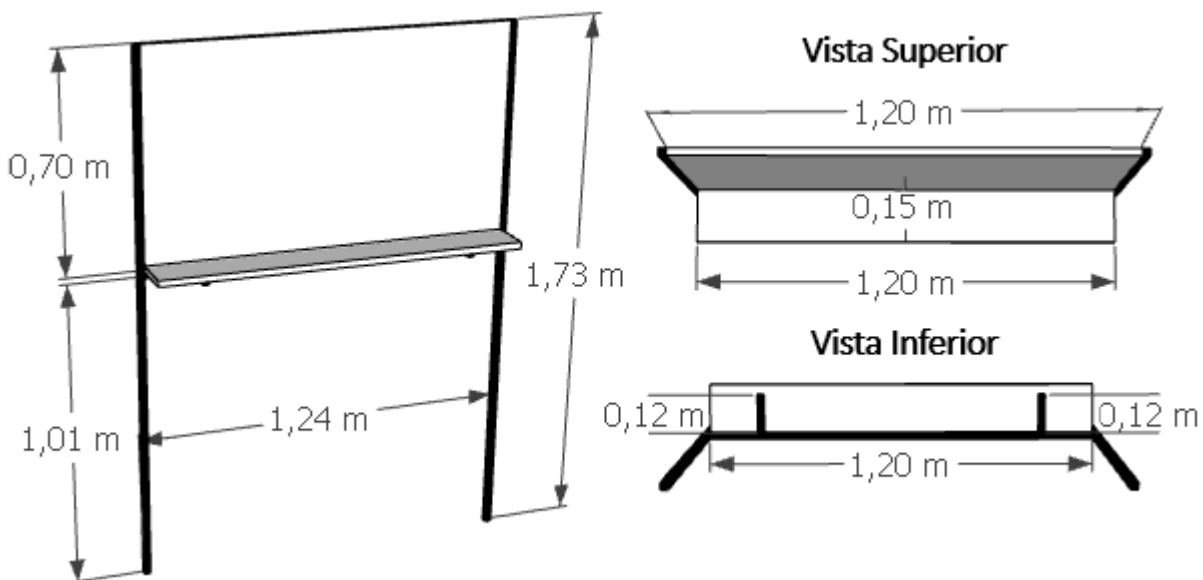


Figura 4.8. Soporte para módulos didácticos con repisa.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Cabe mencionar que estos soportes son especialmente diseñados para que se instalen sobre unas vigas de concreto existentes en el laboratorio de telecomunicaciones, que son utilizados como puntos de acceso de red y puntos conexión eléctrica para cada puesto de trabajo; por esta razón en la parte inferior de los soportes se le adiciono una barra en cada extremo a 15 cm altura, para que así cada soporte se fije a las vigas por medio tornillos (en este caso se colocó 3 tornillos por cada pata del soporte) como se muestra en la figura 4.9.

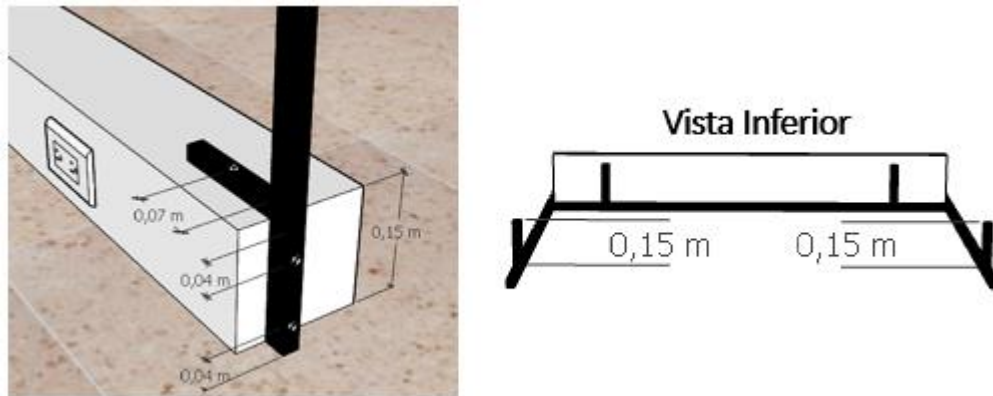


Figura 4.9. Fijado de los soportes en vigas de concreto.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La ubicación de los módulos didácticos se encuentra en la parte derecha del laboratorio de telecomunicaciones en las vigas o muros de acceso de red y eléctrica ya antes mencionado, los cuales se los coloca de forma frontal con respecto a la puerta principal del laboratorio, para tener una mejor visualización, para que el docente observe los trabajos que realicen los estudiantes como se observa en la figura 4.10.

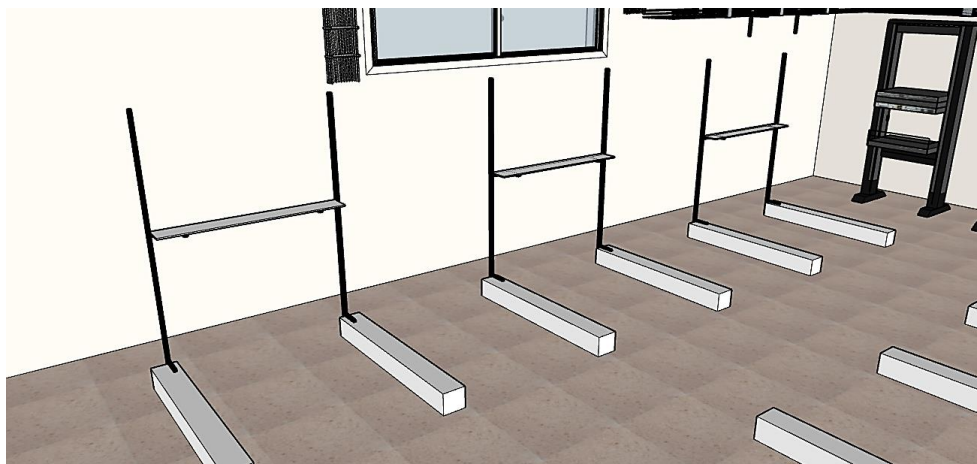


Figura 4.10. Ubicación de los soportes en el laboratorio de telecomunicaciones.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.2. Diseños de modelos de red implementados

En los capítulos anteriores se ha explicado la arquitectura, los modelos y los componentes que forman parte de una red ODN cumpliendo con normativas de instalación según la demanda o estudio de implementación; a través de esto, los modelos escogidos para trabajar en la propuesta son los modelos de red GPON 1:32 masivo/urbanizaciones y corporativo/edificios, red GPON 1:64 masivo/casas y un diseño propio de una red GPON 1:128; cabe destacar que cada modelo contiene componentes diferentes por su tipo de instalación y tipo de servicio a brindar.

Antes de empezar con la elaboración de los diseños de red para cada módulo didáctico se definirá el cableado que se implementará para cada parte de la red:

Para el cableado de alimentación “feeder” que se implementó en cada tablero se referenció en la recomendación ITU-T G.652D, el cual menciona que para una red feeder se debe utilizar cables de fibra óptica ADSS de 144 o 96 hilos (véase en la tabla 3.7); en esta ocasión se utilizó un cable ADSS de 48 hilos debido a que la cantidad hilos recomendada por los estándares no se ocupará en su totalidad en nuestros módulos didácticos ya que solo se pretende representar a los cables fibra ADSS en aplicaciones feeder en pequeña escala. Dicho de otro modo, se decidió utilizar la mitad de un cable ADSS de 96 hilos recomendado por la ITU-T G.652D.

Los cables de fibra óptica ADSS de 48 hilos que se utilizarán para el cableado feeder contienen 4 búferes de 12 hilos cada uno como se muestra en la figura 4.11, de modo que según el estándar TIA/EIA 598-C su esquematización de colores quedaría de la siguiente manera:



Figura 4.11. Esquema de colores del cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).

FUENTE: Imagen tomada de la página web opensolution.

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 12)
1	AZUL	[Blue][Orange][Green][Brown][Grey][White][Red][Black][Yellow][Purple][Pink][Light Blue]
2	NARANJA	[Blue][Orange][Green][Brown][Grey][White][Red][Black][Yellow][Purple][Pink][Light Blue]
3	VERDE	[Blue][Orange][Green][Brown][Grey][White][Red][Black][Yellow][Purple][Pink][Light Blue]
4	MARRÓN	[Blue][Orange][Green][Brown][Grey][White][Red][Black][Yellow][Purple][Pink][Light Blue]

Tabla 4.1. Esquema de colores de un cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Para el cableado de distribución que se implementó en cada tablero se referenció en la recomendación ITU-T G.652D, el cual menciona que para una red de distribución se debe utilizar cables de fibra óptica ADSS de 96,72,48,24,12 o 6 hilos (véase en la tabla 3.7); en esta ocasión se utilizó un cable ADSS de 6 hilos debido a que la red implementada en nuestros módulos didácticos solo será una demostración a pequeña escala y no se utilizará muchos hilos en la implementación de la red.

Los cables de fibra óptica ADSS de 6 hilos que se utilizarán para el cableado de distribución contienen 1 búfer de 6 hilos como se muestra en la figura 4.12, de modo que según el estándar TIA/EIA 598-C su esquematización de colores quedaría de la siguiente manera:

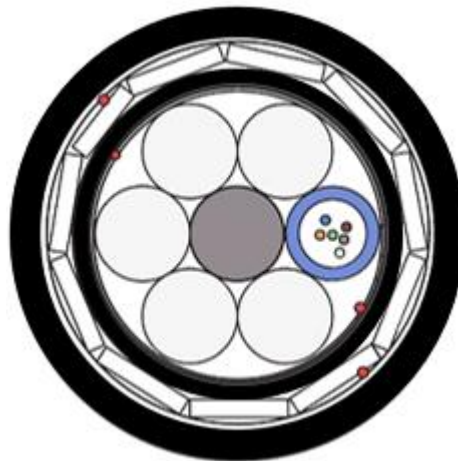


Figura 4.12. Esquema de colores del cable de fibra de 6 hilos (norma TIA-598-C).

FUENTE: Imagen tomada de la página web Gycso.

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 6)
1	AZUL	[Blue][Orange][Green][Brown][Grey][White]

Tabla 4.2. Esquema de colores de un cable de fibra de 48 hilos (norma TIA-598-C).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Los tipos de conectores utilizados en los módulos didácticos son los conectores Suscriptor Conector con férula de Contacto físico angular (SC/APC – monomodo “color verde”) ya que ofrecen una pérdida de inserción promedio de 0,25dB; además este tipo de conector son muy compacto porque se realiza a presión y su costo de fabricación es bajo por lo que es popular en el uso de redes FTTH, telefonía y televisión por cable.

4.2.1. Modelo de planta externa Red GPON 1:32

El primer modelo que se implementó en los tableros de módulos didáctico es una red GPON de planta externa con nivel de spliteo final de 1:32 (por lo que tendremos una distribución para 32 usuarios finales) basado en tendidos canalizados de urbanizaciones y edificios con un sistema de distribución simple. En este caso se consideró el *modelo masivo/urbanizaciones con manga porta splitter y FDB* (ítem 3.3.5.1. - figura 3.42) y el *modelo corporativo/edificios* (ítem 3.3.5.2. - figura 3.43) de la **NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN** definidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

Para empezar con el diseño del primer módulo didáctico se realizó el análisis cada elemento pasivo que conforma la red ODN de estos modelos como resultados se obtuvo que:

- **Modelo masivo/urbanizaciones GPON (1:32)** está conformado por:
 - *Red de alimentación (feeder):* bandeja ODF;
 - *Red de distribución:* manga de fusión porta-splitter y FDB o NAP canalizada;
 - *Red de distribución interna:* FDF;
 - *Red de dispersión:* roseta.
- **Modelo corporativo/edificios GPON (1:32)** está conformado por:
 - *Red de alimentación (feeder):* bandeja ODF y una manga de empalme;
 - *Red de distribución:* FDB;
 - *Red de distribución interna:* FDF;
 - *Red de dispersión:* roseta.

Una vez obtenido todos los elementos pasivos de la red ODN de cada modelo, se debe mencionar que los módulos didácticos son exclusivamente de planta externa, por esta razón estos módulos solo estarán conformados por la red de alimentación “feeder” y la red de distribución.

Cabe destacar que al tratarse de una red de planta externa los componentes y cableado deben cumplir con las normas de instalación para exterior. Por lo consiguiente, el diseño del módulo didáctico de Red de Planta Externa GPON 1:32 MASIVO/CORPORATIVO quedará de la siguiente manera (figura 4.13), donde se colocó el diseño de los componentes del ítem 4.1.1 correspondientes a los modelos a una distancia considerable para poder realizar trabajos en él.

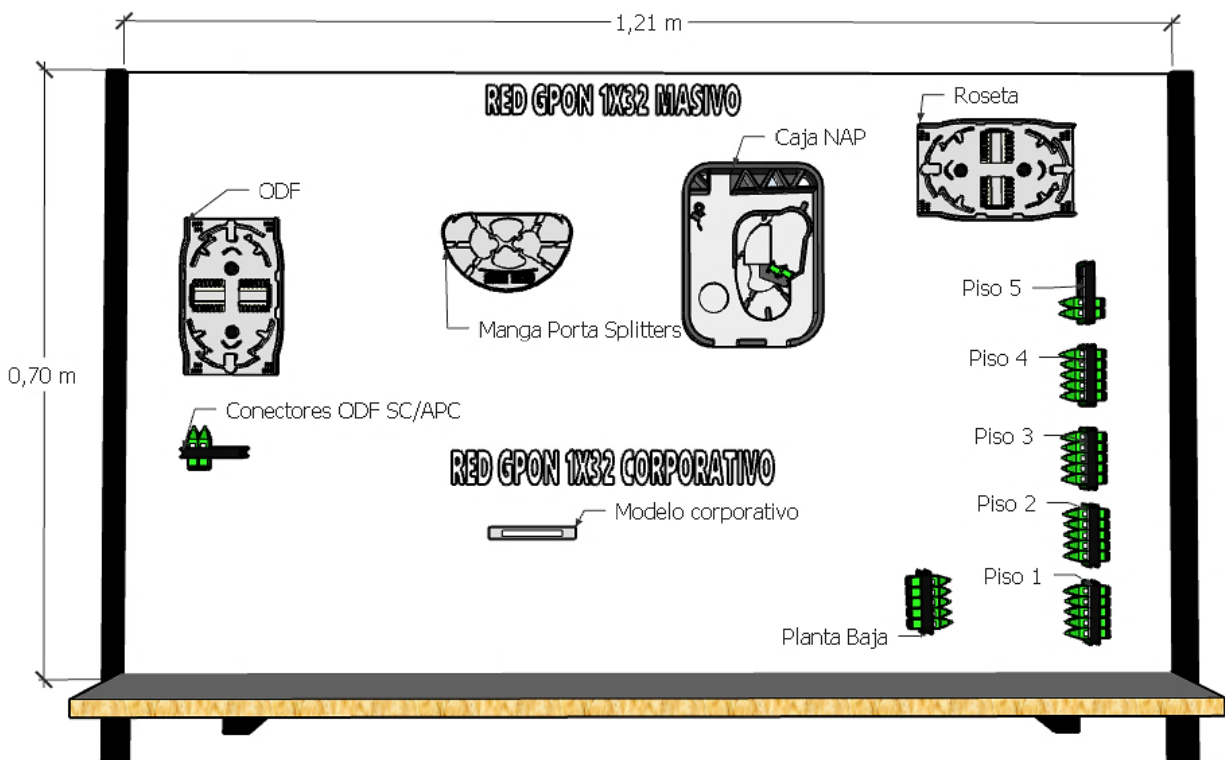


Figura 4.13. Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Corporativo (1:32).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El primer modelo de red a implementar con un nivel de spliteo final de 1x32 es la red masiva para urbanizaciones, este tipo de modelo tiene las siguientes características:

- Arquitectura con división distribuida.
- Distancia máxima de hasta 20km según su presupuesto óptico;
- Utiliza 2 niveles de spliteo de 1:4 y 1:8;
- Su primer nivel de spliteo es totalmente fusionado;
- Su segundo nivel de spliteo es fusionado en la entrada y conectorizado en su salida;
- Patch cord y conectores SC/APC;
- Instalación totalmente subterránea.

A continuación, en la figura 4.14 se muestra el esquema del cableado de red feeder y distribución, el cual se definió en anteriores ítems (figura 4.11 y figura 4.12); además se muestra fusiones, splitter y conectores que se implementaron en la red GPON 1x32 MASIVO.

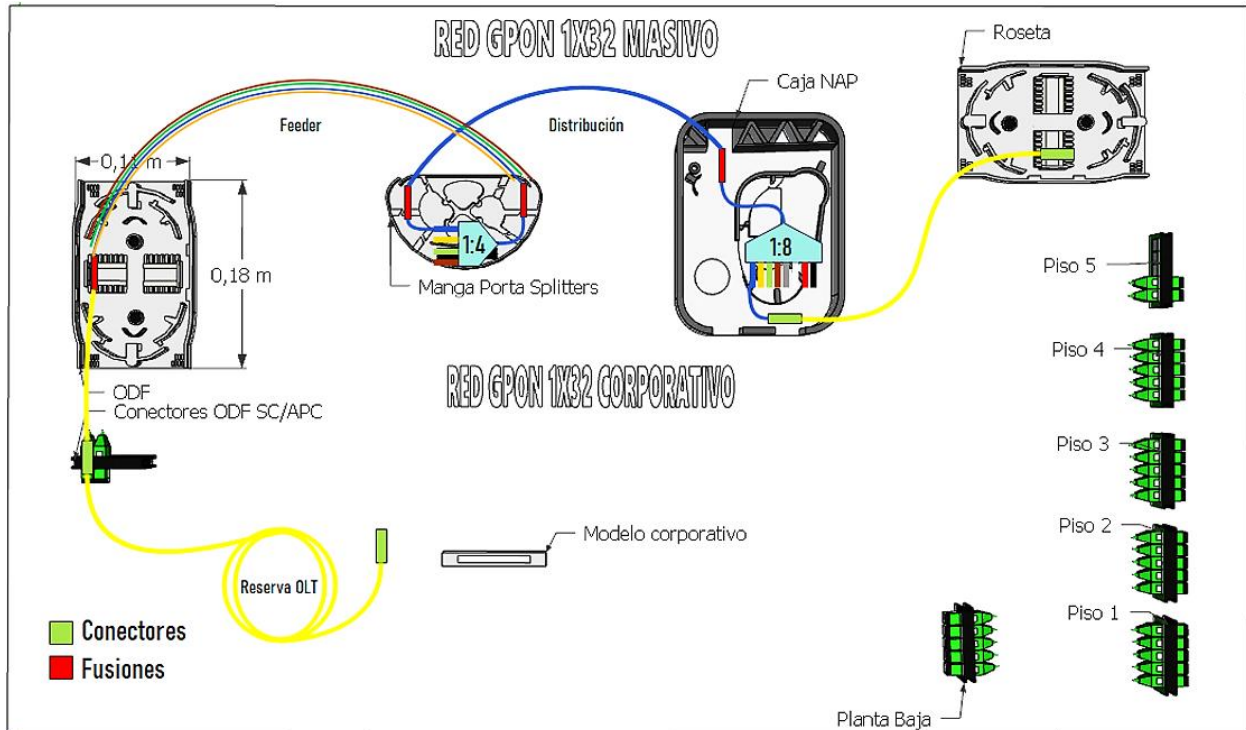


Figura 4.14. Cableado de la red GPON 1x32 Masivo.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El otro modelo de red a implementar con un nivel de spliteo final de 1x32 es la red corporativa para edificios, este tipo de modelo tiene las siguientes características:

- Arquitectura con división centralizada;
- Distancia máxima de hasta 20km según su presupuesto óptico;
- Utiliza un solo nivel de spliteo de 1:32;
- Su nivel de spliteo es fusionado en la entrada y conectorizado en su salida;
- Necesita de equipos de distribución interna para repartirla por el edificio (FDB);
- Instalación totalmente subterránea.

A continuación, en la figura 4.15 se muestra el esquema del cableado de red feeder, el cual se definió en anteriores ítems (figura 4.11); además se muestra fusiones, splitter y conectores que se implementaron en la red GPON 1x32 CORPORATIVO.

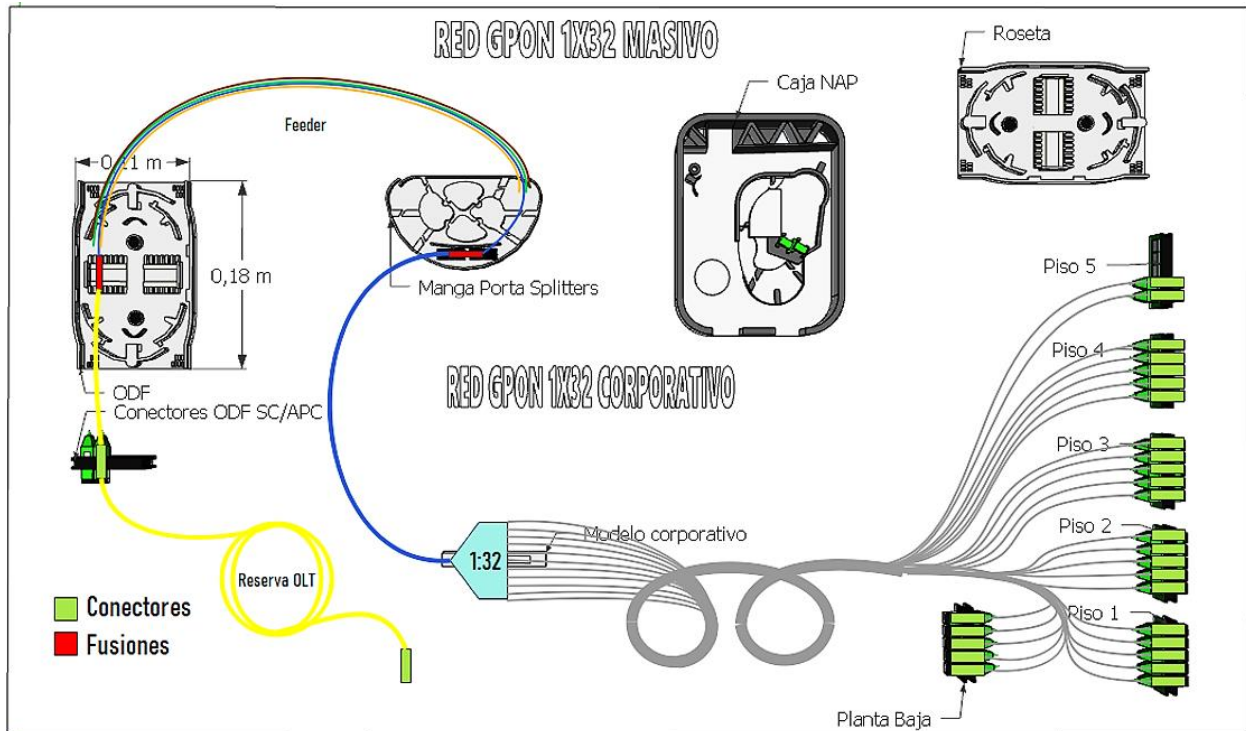


Figura 4.15. Cableado de la red GPON 1x32 Corporativo.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.2.2. Modelo de planta externa Red GPON 1:64

El segundo modelo que se implementó en los tableros de módulos didáctico es una red GPON de planta externa con nivel de spliteo final de 1:64 (por lo que tendremos una distribución para 64 usuarios finales) basado en tendidos aéreos (por postes de alumbrado) para viviendas en urbanizaciones o viviendas unifamiliares. En este caso se consideró el *modelo masivo/casas con manga porta splitter* y *NAP* (ítem 3.3.5.3. - figura 3.44) de la **NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN** definidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

Así mismo para empezar con el diseño del segundo módulo didáctico se realizó el análisis cada elemento pasivo que conforma la red ODN de este modelo como resultado se obtuvo que:

- **Modelo masivo/casas GPON (1:64)** está conformado por:
 - **Red de alimentación (feeder):** bandeja ODF;
 - **Red de distribución:** manga de fusión porta-splitter y NAP;
 - **Red de dispersión:** FDF y roseta.

De la misma manera estos módulos solo estarán conformados por la red de alimentación (feeder) y la red de distribución; ya que los módulos didácticos son exclusivamente de planta externa. Por lo consiguiente, el diseño del módulo didáctico de Red de Planta Externa GPON 1:64 MASIVO/CASAS quedará de la siguiente manera (figura 4.16), donde se colocó el diseño de los componentes del ítem 4.1.1 correspondientes a los modelos a una distancia considerable para poder realizar trabajos en él.

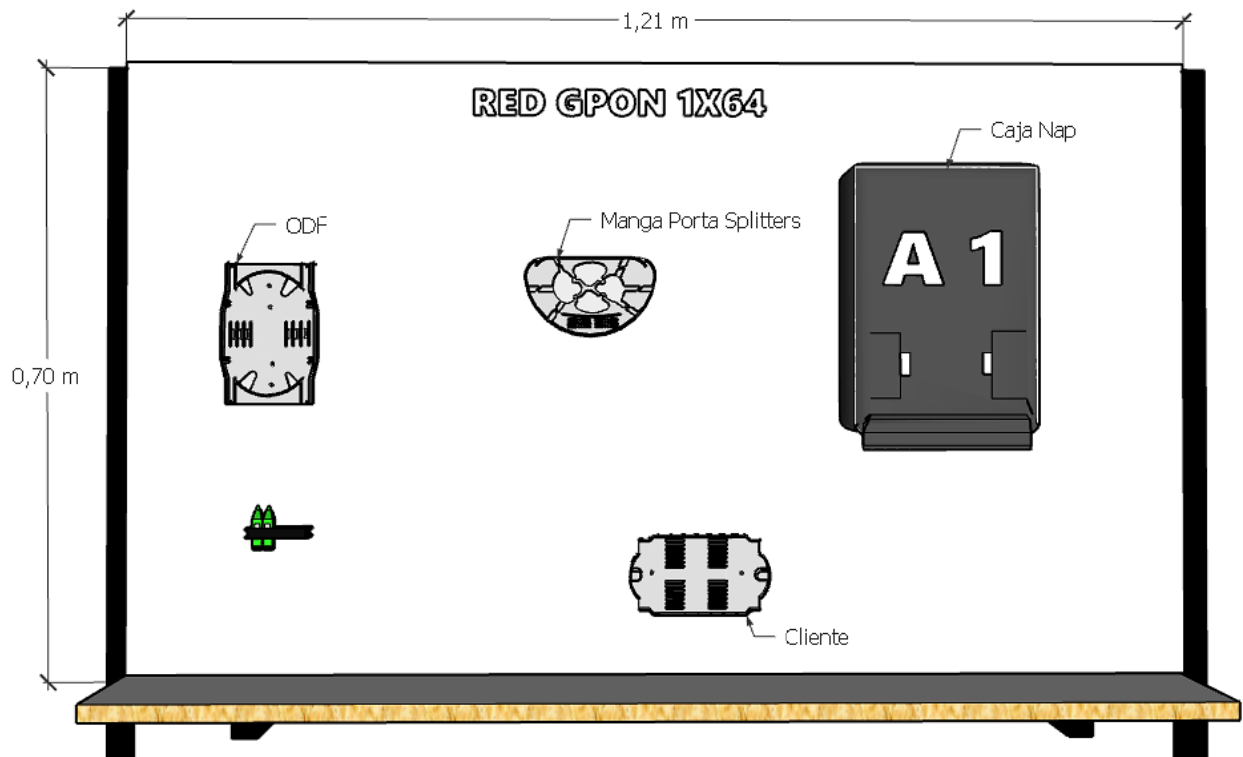


Figura 4.16. Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Casas (1:64).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El modelo de red a implementar con un nivel de spliteo final de 1x64 es la red masiva para casas o urbanizaciones, este tipo de modelo tiene las siguientes características:

- Arquitectura con división distribuida.
- Distancia máxima de hasta 10km según su presupuesto óptico;
- Utiliza 2 niveles de spliteo de 1:8 y 1:8;
- Su primer nivel de spliteo es totalmente fusionado;
- Su segundo nivel de spliteo es fusionado en la entrada y conectorizado en su salida;
- Conectores SC/APC;

- Instalación subterránea para el cableado feeder;
- Instalación aérea para el cableado de distribución.

A continuación, en la figura 4.17 se muestra el esquema del cableado de red feeder y distribución, el cual se definió en anteriores ítem (figura 4.11 y figura 4.12); además se muestra fusiones, splitter y conectores que se implementaron en la red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.

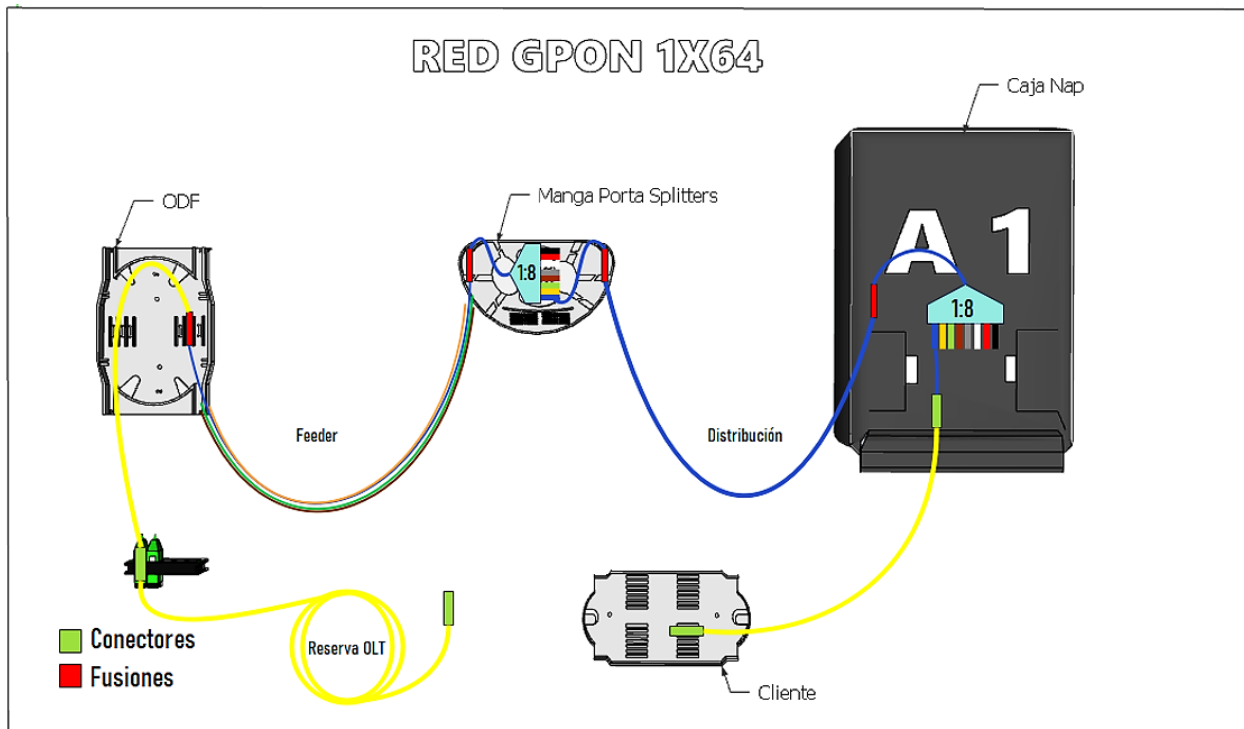


Figura 4.17. Cableado de la red GPON 1x64 Masivo/Casas.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.2.3. Modelo de planta externa Red GPON 1:128

El tercer modelo que se implementó en los tableros de módulos didáctico es una red GPON de planta externa con tres niveles de spliteo con un nivel final de 1:128 (por lo que tendremos una distribución para 128 usuarios finales) basado en tendidos subterráneos o murales para viviendas en urbanizaciones o viviendas unifamiliares. Así mismo para empezar con el diseño del tercer módulo didáctico se realizó el análisis de cada elemento pasivo que conforma la red ODN del modelo de urbanizaciones que se realizan mediante tendidos subterráneos (véase en la figura 3.30 y tabla 3.5) como resultado se obtuvo que:

- **Red de alimentación (feeder):** bandeja ODF;

- **Red de distribución:** manga de fusión porta-splitter y NAP canalizada;
- **Red de distribución interna:** FDF;
- **Red de dispersión:** roseta.

Una vez obtenido todos los elementos pasivos de la red ODN de este modelo, se debe mencionar que los módulos didácticos son exclusivamente de planta externa, por esta razón estos módulos solo estarán conformados por la red de alimentación (feeder) y la red de distribución. Por lo consiguiente, el diseño del módulo didáctico de Red de Planta Externa GPON 1:128 MASIVO/CASAS quedará de la siguiente manera (figura 4.18), donde se colocó el diseño de los componentes del ítem 4.1.1 correspondientes a los modelos a una distancia considerable para poder realizar trabajos en él.

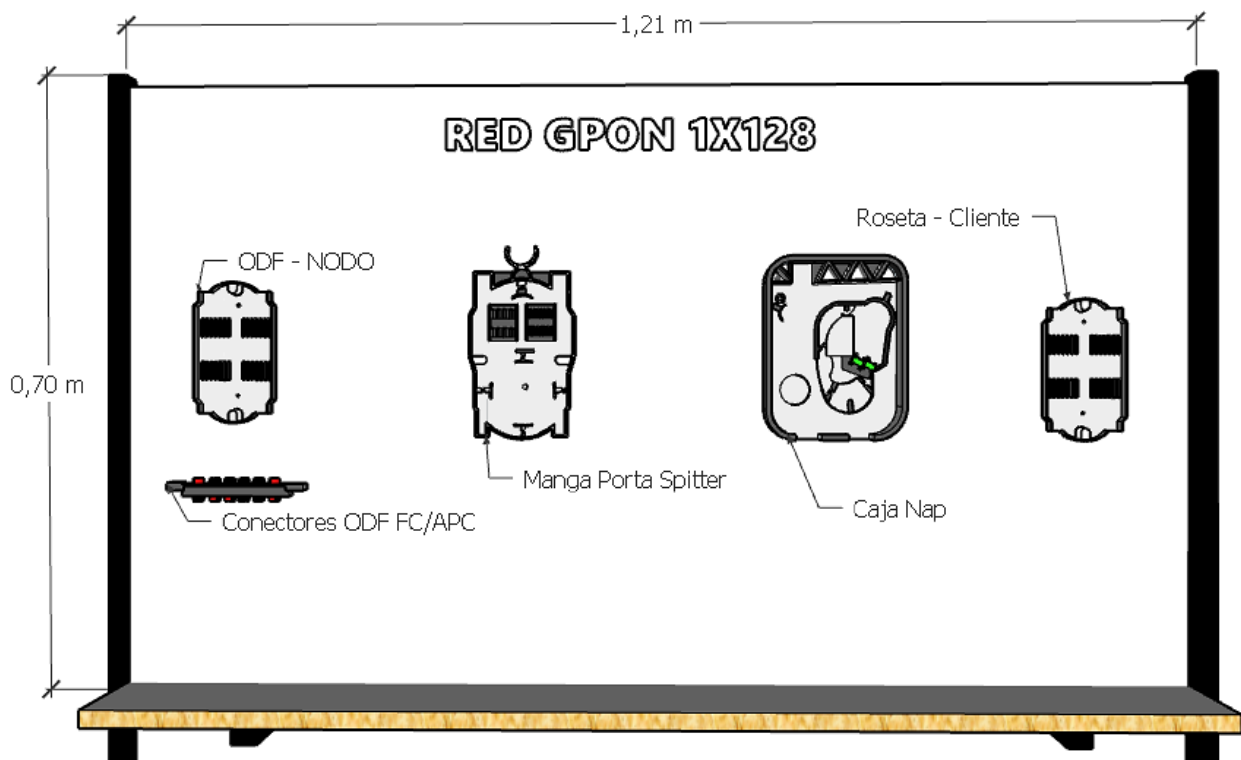


Figura 4.18. Elementos del modelo de Red GPON Masivo/Casas (1:128).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para realizar el diseño de este modelo se basó en una arquitectura de división distribuida o también llamada “en cascada”, ya que esta permite conectar dos o más niveles de división dentro de un despliegue de red FTTH y a su vez permite tener una diferente relación de división general puesto que esta puede variar según su configuración.

Cabe destacar que las configuraciones de niveles de spliteo deben regirse a la capacidad puertos, hilos o splitter que pueda soportar cada elemento de distribución red. Por esta razón al realizar estas configuraciones debemos tener en cuenta que:

- **Las NAPs (punto de acceso óptico)** su implementación de splitter más comunes son de 1:4, 1:8 y 1:16 con sus respectivos puertos de salidas;
- **Mangas porta-splitter (punto de distribución óptica)** su implementación de splitter más comunes son de 1:4, 1:8; 1:16 y 1:32 con 24, 48, 96 o 144 hilos fusionados de salida.

Cabe mencionar que los splitters en una red GPON FTTH involucran una pérdida importante de potencia en relación con otros elementos del despliegue, por esta razón cada diseño de red debe ser adecuadamente balanceado entre las divisiones de la fibra, la distancia del despliegue de red (hasta los usuarios) y la potencia de salida de la OLT y ONT; de manera que cumpla con los niveles máximos de potencia (véase en la tabla 3.18) garantizando un presupuesto óptico máximo de -28dB, aunque por lo general en cualquier configuración se debe considerar 3dB de margen de seguridad, por lo cual los diseños deberían tener un máximo 25dB de pérdida en todo su recorrido.

Por lo tanto, para una *configuración de 1:128 de dos y tres niveles spliteo* podemos optar por las siguientes configuraciones:

Relación de división general	1° nivel de spliteo	2° Nivel de Spliteo
1:128	1:8	1:16
1:128	1:16	1:8
1:128	1:32	1:4

Tabla 4.3. Configuración 1:128 de dos niveles de spliteo.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Relación de división general	1° nivel de spliteo	2° Nivel de Spliteo	3° Nivel de Spliteo
1:128	1:2	1:4	1:16
1:128	1:2	1:8	1:8
1:128	1:2	1:16	1:4
1:128	1:4	1:4	1:8
1:128	1:4	1:8	1:4
1:128	1:8	1:4	1:4

Tabla 4.4. Configuración 1:128 de tres niveles de spliteo.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Por lo general la configuración de dos niveles de spliteo es la más utilizada por las empresas proveedoras de servicio, ya que sus divisores ópticos o splitters se encuentran dentro de la red de distribución de la red ODN y esto beneficia al costo del despliegue. Aunque la configuración de tres niveles de spliteo también se lo puede emplear en un despliegue de red FTTH. En el caso de las configuraciones de tres niveles de spliteo se debe aumentar un nivel de spliteo más, ya sea colocando otro elemento dentro de la red de distribución o en otro sitio de la red ODN, esto ya depende de la configuración del despliegue de la red que el diseñador realiza.

Por esto para este diseño se optó en utilizar la relación general de $1:128=2 \times 8 \times 8$ y a su vez colocar su primer nivel de spliteo dentro de la red alimentación “feeder” y mantener los dos niveles faltantes dentro de la red de distribución de la siguiente manera:

- **1° Nivel de spliteo:** dentro de un repartidor de cables óptico ODF;
- **2° Nivel de spliteo:** dentro de un punto de distribución óptica;
- **3° Nivel de spliteo:** dentro de un punto de acceso óptico para exteriores.

Como sabemos los repartidores de cables óptico ODFs sirven para poder gestionar la conexión de cada hilo de fibra de los cables con cada uno de los puertos del OLT; pero para este diseño lo novedoso es la colocación de un nivel de spliteo dentro del mismo, el cual permitirá aumentar las salidas de la red de alimentación (desde la central) hacia la red de distribución de la ODN. Cabe mencionar que ciertos ODFs si permiten incorporar splitter dentro de ellos por medio de Cassette porta splitter y su capacidad varían según las bandejas que contengan.

De modo que el modelo de red a implementar con un nivel de spliteo final de 1×128 es una red masiva para casas o urbanizaciones, este tipo de modelo tiene las siguientes características:

- Arquitectura con división distribuida “en cascada”.
- Distancia máxima de hasta 5km según su presupuesto óptico;
- Utiliza 3 niveles de spliteo de $1:2$, $1:8$ y $1:8$;
- Su primer y segundo nivel de spliteo son totalmente fusionado;
- Su tercer nivel de spliteo es fusionado en la entrada y conectorizado en su salida;
- Conectores SC/APC;
- Instalación totalmente subterránea.

Una vez definido el modelo, en la figura 4.19 se muestra el esquema del cableado de red feeder y distribución, el cual se definió en anteriores ítem (figura 4.11 y figura 4.12); además se muestra fusiones, splitter y conectores que se implementaron en la red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.

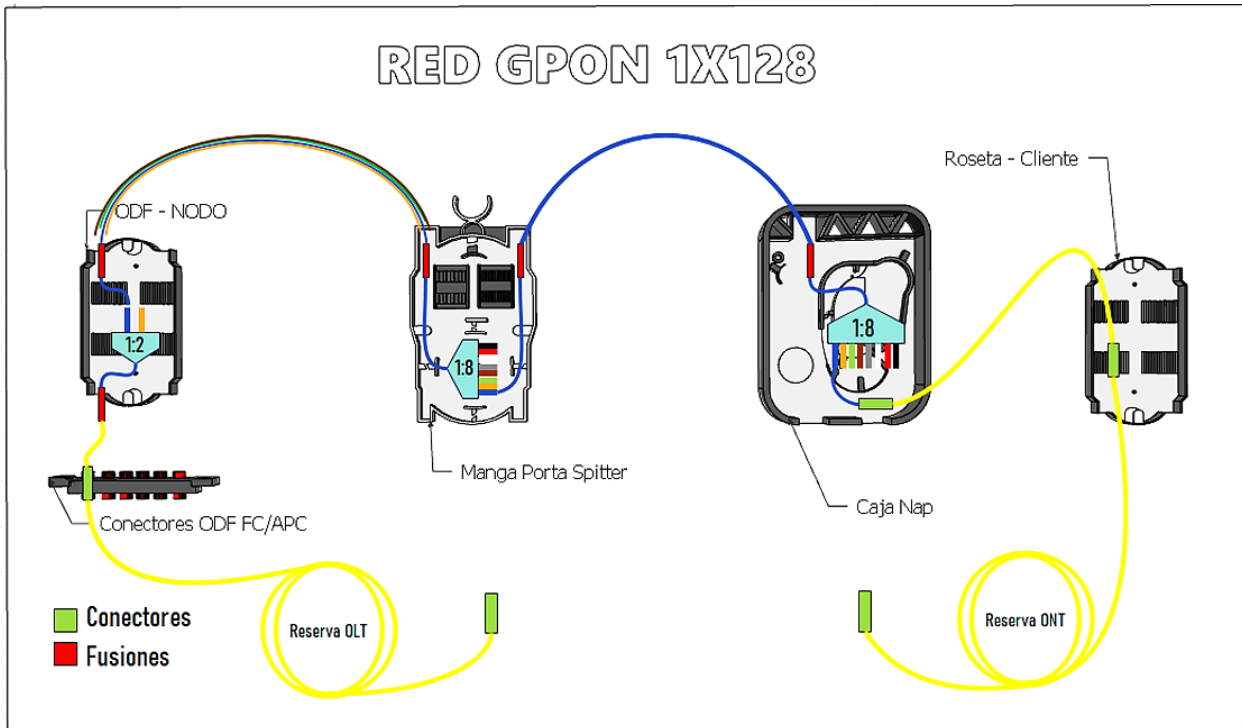


Figura 4.19. Cableado de la red GPON 1x128 Masivo/Casas.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.3. Diseño de conexión de red

Para terminar con el diseño de los módulos didácticos de planta externa se realizó las conexiones de cada elemento de los modelos ya descritos con anterioridad, por medio del método de empalmes por fusión cumpliendo con la normativa de instalación TIA/EIA 598-C mediante la codificación de colores de cableado de fibra óptica (ítem 3.4.4. – tabla 3.14 – tabla 3.16 – tabla 3.17); esto se realizó para llevar un orden de identificación adecuado de cada hilo de fibra fusionado en el despliegue de toda la red.

Por la otra parte es muy importante realizar este tipo de diagramas de conexión; ya que al momento que algún usuario quiera realizar prácticas en uno de los modelos implementados tendrá la facilidad de ver las conexiones hilo por hilo dentro de cada elemento de la red y conseguirá seguir desarrollando instalaciones en los tableros.

4.3.1. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:32

Para comenzar con las conexiones del modelo de red planta externa GPON 1:32, sabemos que esta se divide en dos redes que son: la red GPON 1x32 MASIVO y la red GPON 1x32 CORPORATIVO; por esta razón en la red de alimentación “feeder” (específicamente dentro del ODF) se realizó dos empalmes entre los pigtails SC/APC del ODF y dos hilos del cable feeder, distribuyendo la señal del OLT desde el puerto 1 hacia la red GPON 1x32 MASIVO y puerto 2 hacia la red GPON 1x32 CORPORATIVO de la siguiente manera:



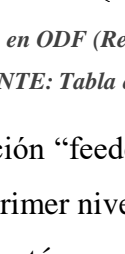
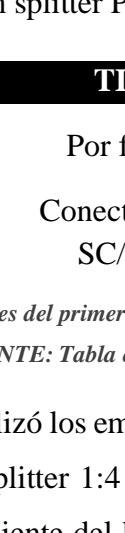
Conexión entre:	ODF		
	Pigtail	Cable feeder de 48 hilos	
		Buffer	Hilos
Empalmes realizados:	Puerto 1	 AZUL	 AZUL NARANJA
Libre para futuras conexiones:	Puerto 2	 AZUL NARANJA VERDE MARRÓN	

Tabla 4.5. Conexiones en ODF (Red feeder - GPON 1x32 Masivo/Corporativo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Luego el cable de alimentación “feeder” de 48 hilos llega hacia el interior de una manga porta splitter donde se realizará el primer nivel de spliteo para los modelos, donde para el modelo GPON 1x32 MASIVO se implementó un splitter PLC de 1:4 y para el modelo GPON 1x32 CORPORATIVO se implementó un splitter PLC de 1:32. Sus especificaciones son:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:4	PLC	Por fusión	13PN104AA – BXXRXXI – 001942
1:32	PLC	Conectorizado SC/APC	TE Grade P 1206764660

Tabla 4.6. Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1x32 Masivo/Corporativo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de esta manga se realizó los empalmes entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable feeder y la entrada del splitter 1:4 (conexión correspondiente al modelo GPON 1x32 MASIVO) y el hilo naranja proveniente del buffer azul del cable feeder y la entrada del splitter 1:32 (conexión correspondiente al modelo GPON 1x32 CORPORATIVO) de la siguiente manera:








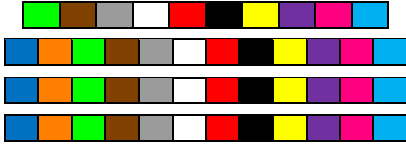
		Manga de empalme porta splitter		
Conexión entre:	Cable feeder de 48 hilos			Splitter
	Buffer	Hilos		
Empalmes realizados:	 AZUL	 AZUL	 NARANJA	Entrada 1:4 Entrada 1:32
Libre para futuras conexiones:	 AZUL  NARANJA  VERDE  MARRÓN			

Tabla 4.7. Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x32 Masivo/Corporativo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Posteriormente en la misma manga porta splitter se comenzará con la distribución de cada modelo por medio de las salidas de los splitter, de la siguiente manera:

En el caso del modelo de red GPON 1x32 CORPORATIVO desde este punto no se realizará ninguna fusión más, por el motivo que su diseño de planta externa termina en este punto, puesto que este modelo es exclusivo para edificaciones y desde aquí ya dependerá de la distribución interna del edificio. Cabe destacar que desde las salidas del splitter se podrá realizar mediciones de pérdidas por medio de sus conectores y comprobar el funcionamiento de la red.

Sin embargo, en el caso del modelo de red GPON 1x32 MASIVO desde este punto comenzará la distribución por medio un empalme entre una salida del splitter 1:4 y un hilo del cable de distribución de la siguiente manera:













		Manga de empalme porta splitter			
Conexión entre:	Splitter 1:4	Cable de distribución de 6 hilos			
		Buffer	Hilos		
Empalmes realizados:	 SALIDA 1	 AZUL	 AZUL		
Libre para futuras conexiones:	 SALIDA 2  SALIDA 3  SALIDA 4	 AZUL	 NARANJA  VERDE  MARRÓN	 GRIS  BLANCO	

Tabla 4.8. Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución - 1x32 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Continuando con la distribución del modelo de red GPON 1x32 MASIVO; el cable de distribución llega hacia el interior de una NAP canalizada y se realizará el segundo nivel de spliteo para este modelo, implementando un splitter PLC de 1:8 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:8	PLC	Conectorizado SC/APC	K2009007588

Tabla 4.9. Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x32 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de la NAP canalizada se realizó un empalme entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable de distribución y la entrada del splitter 1:8 de la siguiente manera:

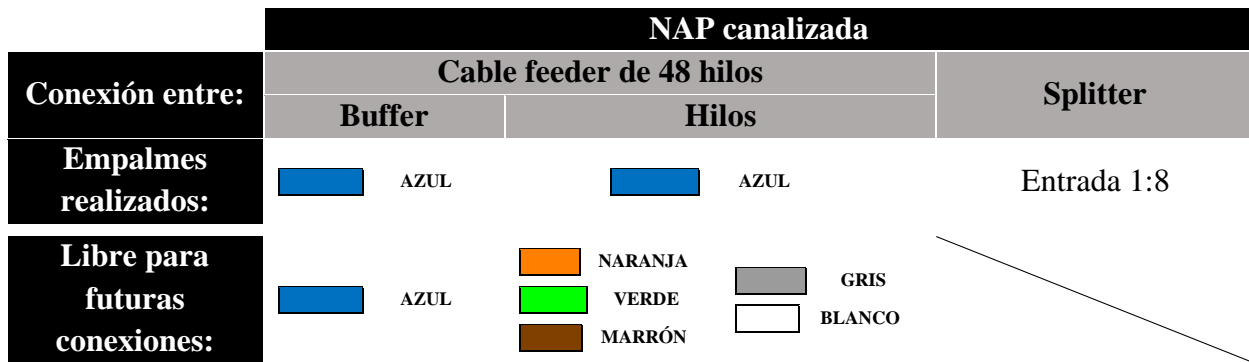


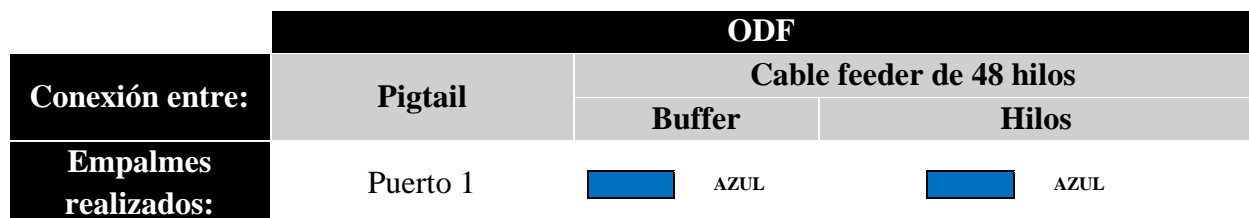
Tabla 4.10. Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución - 1x32 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Cabe destacar que para el modelo de red GPON 1x32 MASIVO; a partir de las salidas de la NAP canalizada o las salidas del splitter se podrá realizar mediciones de pérdidas por medio de sus adaptadores y comprobar el funcionamiento de la red.

4.3.2. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:64

Para comenzar con las conexiones del modelo de red planta externa GPON 1:64, empezaremos con la red feeder (específicamente dentro del ODF) donde se realizó un empalme entre un pigtails SC/APC del ODF y un hilo del cable feeder, permitiendo la distribución de la señal del OLT desde el puerto 1 hacia la red GPON 1x64 MASIVO de la siguiente manera:



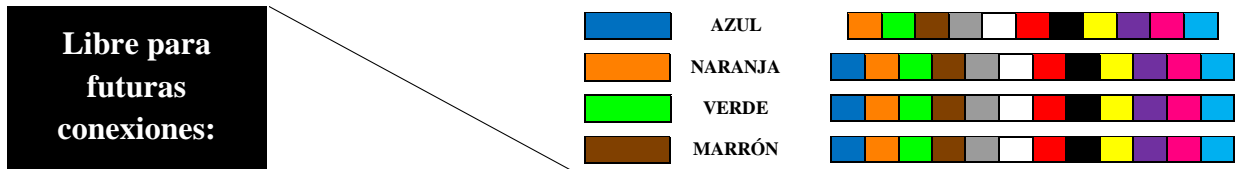


Tabla 4.11. Conexiones en ODF (Red feeder - 1x64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Luego el cable feeder llega hacia el interior de una manga porta splitter donde se realizará el primer nivel de spliteo para este modelo, implementando un splitter PLC de 1:8 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:8	PLC	Por fusión	20111080006775

Tabla 4.12. Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1:64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de esta manga se realizó los empalmes entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable feeder y la entrada del splitter 1:8 de la siguiente manera:

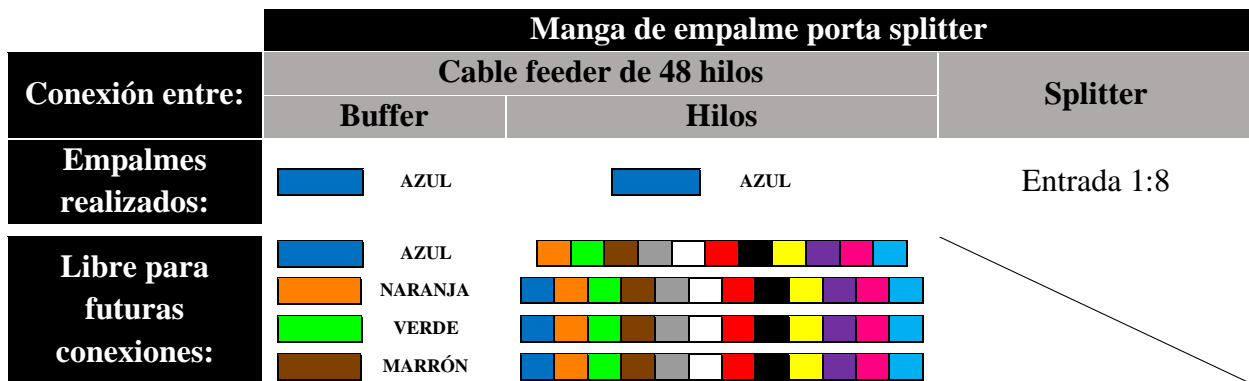
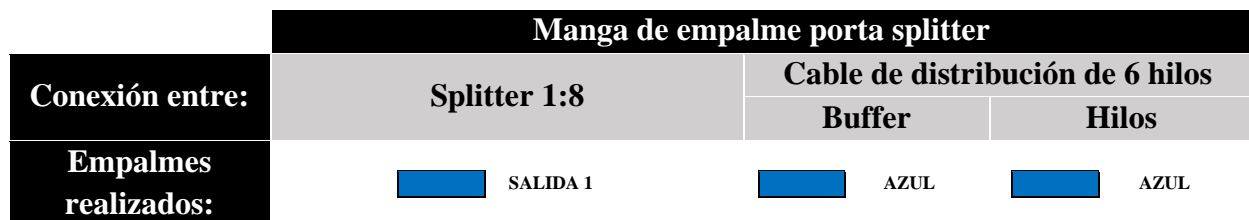


Tabla 4.13. Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Así mismo en la manga comenzará la distribución del modelo por medio un empalme entre una salida del splitter 1:8 y un hilo del cable de distribución de la siguiente manera:



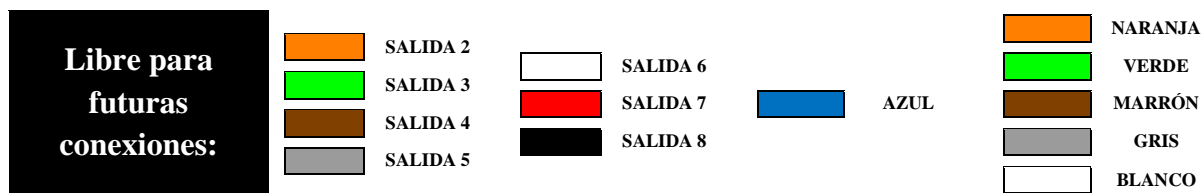


Tabla 4.14. Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución – 1x64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Continuando con la distribución de red; el cable de distribución llega hacia el interior de una NAP aérea donde se realizará el segundo nivel de spliteo para este modelo, implementando un splitter PLC de 1:8 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:8	PLC	Conectorizado SC/APC	20111080006775

Tabla 4.15. Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de la NAP se realizó un empalme entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable de distribución y la entrada del splitter 1:8 de la siguiente manera:

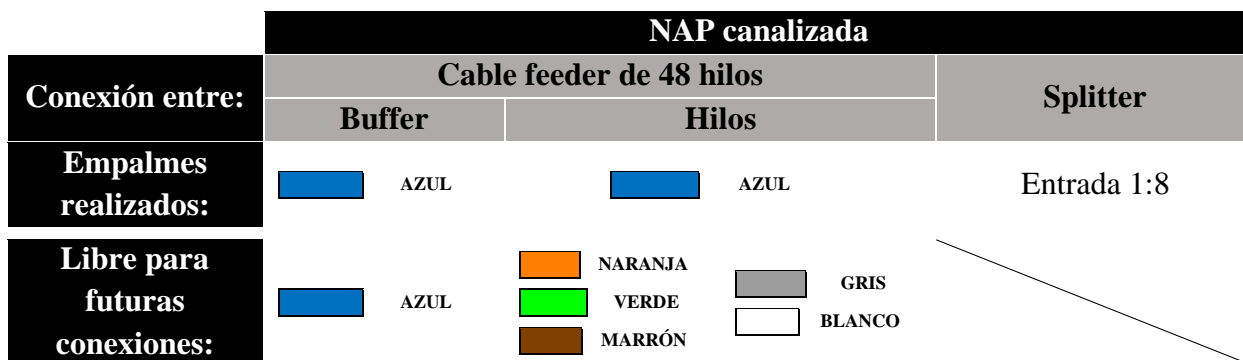


Tabla 4.16. Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución – 1x64 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Cabe destacar que para este modelo de red; a partir de las salidas de la NAP o las salidas del splitter se podrá realizar mediciones de pérdidas por medio de sus adaptadores y comprobar el funcionamiento de la red.

4.3.3. Conexiones en el modelo de planta externa Red GPON 1:64

Para comenzar con las conexiones del modelo de red planta externa GPON 1:128, empezaremos con la red feeder específicamente dentro del ODF donde se realizará el primer nivel de spliteo, implementando un splitter PLC de 1:2 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:2	PLC	Por fusión	1909220080

Tabla 4.17. Especificaciones del primer nivel de spliteo (red 1x32 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro del ODF se realizó un empalme entre el Pigtail FC/APC del ODF y la entrada del splitter 1:2, el cual permitirá la distribución de la señal del OLT desde el puerto 1 hacia el primer nivel de spliteo de la red GPON 1x128 MASIVO de la siguiente manera:

		ODF	
Conexión entre:	Pigtail	Splitter	
Empalmes realizados:	Puerto 1	Entrada 1:2	

Tabla 4.18. Conexiones de niveles de spliteo en el ODF (Red feeder - 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Así mismo en el ODF comienza el despliegue de la red “feeder” por medio dos empalmes entre las salidas del splitter 1:2 y dos hilos del cable feeder de 48 hilos de la siguiente manera:















		ODF			
Conexión entre:	Splitter 1:2	Cable feeder de 48 hilos			
		Buffer	Hilos		
Empalmes realizados:	 SALIDA 1	 AZUL	 AZUL		
	 SALIDA 2	 NARANJA	 NARANJA		
Libre para futuras conexiones:		 AZUL			
		 NARANJA			
		 VERDE			
		 MARRÓN			

Tabla 4.19. Conexiones en ODF (Red feeder - 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Luego el cable feeder llega hacia una manga porta splitter donde se realizará el segundo nivel de spliteo de este modelo, implementando un splitter PLC de 1:8 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:8	PLC	Por fusión	191206010800188

Tabla 4.20. Especificaciones del segundo nivel de spliteo (red 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de esta manga se realizó los empalmes entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable feeder y la entrada del splitter 1:8 de la siguiente manera:







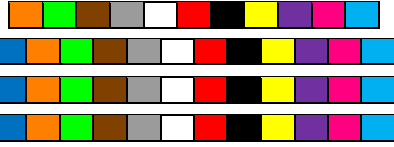
Manga de empalme porta splitter			
Conexión entre:	Cable feeder de 48 hilos		Splitter
	Buffer	Hilos	
Empalmes realizados:	 AZUL	 AZUL	Entrada 1:8
Libre para futuras conexiones:	 AZUL  NARANJA  VERDE  MARRÓN		

Tabla 4.21. Conexiones en manga porta splitter (Red feeder - 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Así mismo en la manga comenzará la distribución del modelo por medio un empalme entre una salida del splitter 1:8 y un hilo del cable de distribución de la siguiente manera:

















Manga de empalme porta splitter			
Conexión entre:	Splitter 1:8	Cable de distribución de 6 hilos	
		Buffer	Hilos
Empalmes realizados:	 SALIDA 1	 AZUL	 AZUL
Libre para futuras conexiones:	 SALIDA 2  SALIDA 3  SALIDA 4  SALIDA 5  SALIDA 6  SALIDA 7  SALIDA 8	 AZUL	 NARANJA  VERDE  MARRÓN  GRIS  BLANCO

Tabla 4.22. Conexiones en manga porta splitter (Red de distribución – 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Continuando con la distribución de red; el cable de distribución llega hacia el interior de una NAP canalizada donde se realizará el tercer nivel de spliteo para este modelo, implementando un splitter PLC de 1:8 con las siguientes especificaciones:

SPLITTER	TAKFLY	TIPO	SERIE
1:8	PLC	Conectorizado SC/APC	216151002062

Tabla 4.23. Especificaciones del tercer nivel de spliteo (red 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de la NAP se realizó un empalme entre el hilo azul proveniente del buffer azul del cable de distribución y la entrada del splitter 1:8 de la siguiente manera:

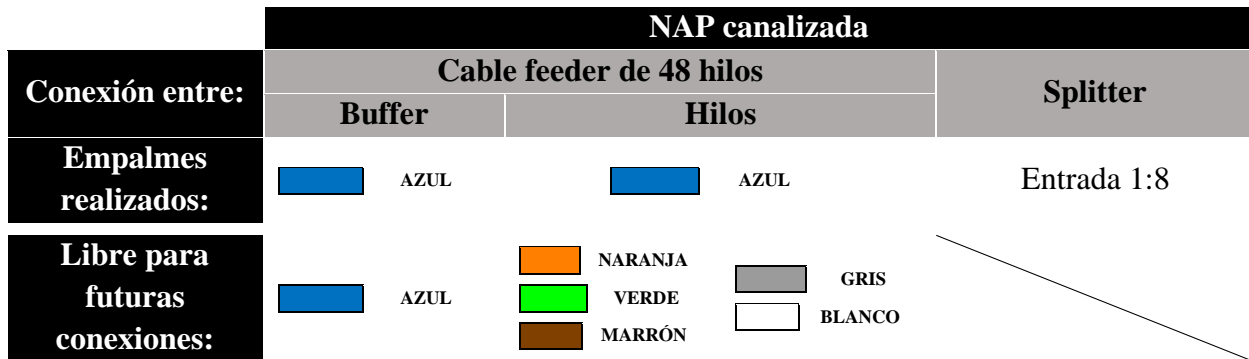


Tabla 4.24. Conexiones en NAP canalizada (Red de distribución – 1x128 Masivo).

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Cabe destacar que para este modelo de red; a partir de las salidas del splitter se podrá realizar mediciones de pérdidas por medio de sus adaptadores y comprobar su funcionamiento.

4.4. Cálculo del presupuesto óptico

Una vez definidos todos los elementos de cada modelo de red implementados en los tableros de los módulos didácticos, en este apartado se procede a determinar las pérdidas de potencias totales a lo largo de su despliegue de red ODN por medio de cálculos realizados en la *Plantilla para Presupuesto Óptico* definida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, analizada en anteriores capítulos (véase en la tabla 3.22).

Para el cálculo de un presupuesto óptico debemos de tener en cuenta que la suma de pérdidas de potencias totales no debe superar el valor de los 28dB como lo expresa el estándar ITU-T G.984.2 para las redes GPON de clase B+; cabe mencionar que cada diseño se realizó hasta el último nivel de spliteo de la red de distribución externa, por esta razón se consideró dejar un margen de 3dB para futuras instalaciones de red de dispersión en prácticas de laboratorio, logrando así que nuestros modelos posean un máximo 25dB de pérdida de potencia en su despliegue de red.

4.4.1. Modelo de planta externa Red GPON 1:32

Como especificamos anteriormente en los capítulos este modelo se divide en dos redes diferentes que son:

Red GPON 1x32 MASIVO/CASAS y 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO.

4.4.1.1. Red GPON 1x32 MASIVO/CASAS

Para la red GPON 1x32 MASIVO/CASAS según su modelo de red y diseño de conexión presentados anteriormente en los ítems 4.2.1 y 4.3.1 respectivamente, se tuvo como resultado el siguiente diagrama que representa este modelo de red:

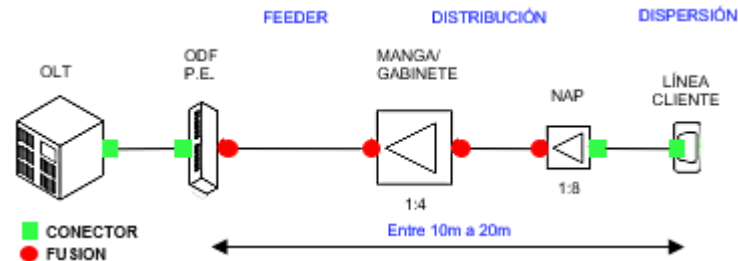


Figura 4.20. Modelo de red GPON 1x32 MASIVO/CASAS (urbanización).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En la tabla 4.25 se presenta el cálculo de pérdidas en el trayecto de este modelo, mediante la plantilla del presupuesto óptico considerando el diagrama de la figura 4.20.

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT.	PERDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB		2	0,50	1
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		4	0,10	0,40
Empalmes mecánicos ITU-751=0.2 dB			0,20	0
Conector mecánico armado en campo			0,60	0
Splitters	1x2		3,25	0
	1x4	1	6,50	6,50
	1x8	1	9,75	9,75
	1x16		13,00	0
	1x32		16,25	0
	1x64		19,50	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,01	0,35	0,0035
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				17,6535

Tabla 4.25. Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x32 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Según el presupuesto óptico realizado para este modelo de red, se obtuvo como resultado que su *valor teórico de atenuación máxima es de 17,6535dB*.

4.4.1.2. Red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO

Así mismo, para la red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO según su modelo de red y su diseño de conexión presentados anteriormente en los ítems 4.2.1 y 4.3.1 respectivamente, se tuvo como resultado el siguiente diagrama que representa este modelo de red:

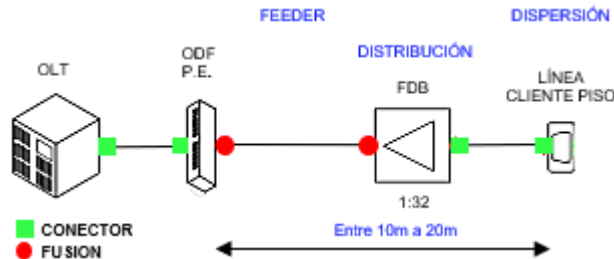


Figura 4.21. Modelo de red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En la tabla 4.26 se presenta el cálculo de pérdidas en el trayecto de este modelo, mediante la plantilla del presupuesto óptico considerando el diagrama de la figura 4.21:

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT.	PERDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB		2	0,50	1
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		2	0,10	0,20
Empalmes mecánicos ITU-751=0.2 dB			0,20	0
Conector mecánico armado en campo		0	0,60	0
Splitters	1x2		3,25	0
	1x4		6,50	0
	1x8		9,75	0
	1x16		13,00	0
	1x32	1	16,25	16,25
	1x64		19,50	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,01	0,35	0,0035
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				17,4535

Tabla 4.26. Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x32 CORP./EDIFICIO.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Según el presupuesto óptico realizado para este modelo de red, se obtuvo como resultado que su *valor teórico de atenuación máxima es de 17,4535dB*.

4.4.2. Modelo de planta externa Red GPON 1:64

Para la red GPON 1x64 MASIVO/CASAS según su modelo de red y su diseño de conexión presentados anteriormente en los ítems 4.2.1 y 4.3.1 respectivamente, se tuvo como resultado el siguiente diagrama que representa este modelo de red:

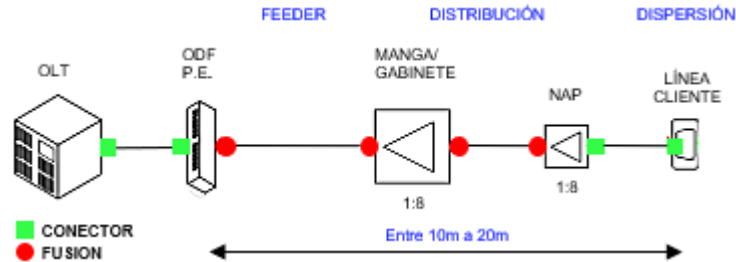


Figura 4.22. Modelo de red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En la tabla 4.27 se presenta el cálculo de pérdidas en el trayecto de este modelo, mediante la plantilla del presupuesto óptico considerando el diagrama de la figura 4.22:

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT.	PERDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB		2	0,50	1
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		4	0,10	0,40
Empalmes mecánicos ITU-751=0.2 dB			0,20	0
Conector mecánico armado en campo		0	0,60	0
Splitters	1x2		3,25	0
	1x4		6,50	0
	1x8	2	9,75	19,50
	1x16		13,00	0
	1x32		16,25	0
	1x64		19,50	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,01	0,35	0,0035
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				20,9035

Tabla 4.27. Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Según el presupuesto óptico realizado para este modelo de red, se obtuvo como resultado que su *valor teórico de atenuación máxima es de 20,9035dB*;

4.4.3. Modelo de planta externa Red GPON 1:128

Para la red GPON 1x128 MASIVO/CASAS según su modelo de red y su diseño de conexión presentados anteriormente en los ítems 4.2.1 y 4.3.1 respectivamente, se tuvo como resultado el siguiente diagrama que representa este modelo de red:

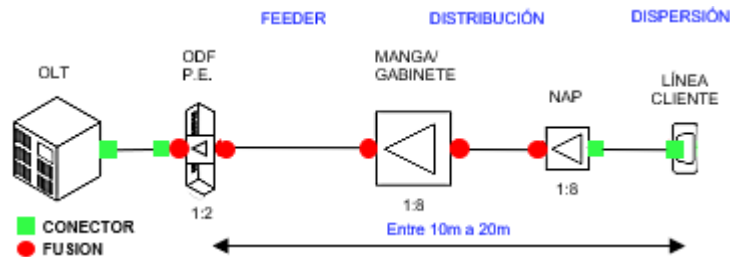


Figura 4.23. Modelo de red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En la tabla 4.28 se presenta el cálculo de pérdidas en el trayecto de este modelo, mediante la plantilla del presupuesto óptico considerando el diagrama de la figura 4.23:

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT.	PERDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB		2	0,50	1
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU-751=0.2 dB			0,20	0
Conector mecánico armado en campo		0	0,60	0
Splitters	1x2	1	3,25	3,25
	1x4		6,50	0
	1x8	2	9,75	19,50
	1x16		13,00	0
	1x32		16,25	0
	1x64		19,50	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,01	0,35	0,0035
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				24,2535

Tabla 4.28. Presupuesto óptico del modelo de red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Según el presupuesto óptico realizado para este modelo de red, se obtuvo como resultado que su *valor teórico de atenuación máxima es de 24,2535dB*;

4.5. Pruebas de atenuación en los modelos de red

En las redes PON es importante el valor de atenuación de los elementos pasivos como splitter, conectores, acopladores, empalmes y los diferentes factores que puede suceder a la hora de instalación de una Red de Fibra como pérdidas de potencia por conectores con residuos de polvo en los acopladores, residuos de polvo en los conectores, mal realizado el empalme de la fibra o también una curvatura muy cerrada en la reserva de fibra o en las cajas de distribución o mangas. Para realizar las pruebas de demostración con valores de atenuación máximos se tomó en cuenta las Normativas **ANSI/TIA/EIA 526-7A** y **ANSI/TIA/EIA 568-3-D** ya que referencia los valores máximos de atenuación para los conectores, recorrido de fibra óptica, acopladores y empalmes.

4.5.1. Atenuación de recorrido de fibra óptica

En la normativa ANSI/TIA-568-3-D especifica que para una Red de planta externa se utiliza cable de fibra de forma externa donde el valor de atenuación es de 0.4dB/Km por cada kilómetro recorrido, y en nuestra propuesta tecnológica utilizamos un cable exterior de 1310 y 1550nm monomodo ya que para el tipo de fibra multimodo la normativa establece otro valor de atenuación por cada kilómetro recorrido.

	ATENUACIÓN DE CABLE DE FIBRA	
	Valor teórico de atenuación Máxima de cable de fibra (dB/Km)	Valor real de atenuación de cable de fibra óptica (dB/Km)
Cable para fibra Exterior (1310 y 1550nm)	0,4	0,23

Tabla 4.29. Atenuación teórica y real de cable de fibra óptica.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

4.5.2. Prueba de atenuación en conectores

Para el procedimiento de tomar las pruebas de atenuación se toma como referencia el valor máximo que puede tener un conector óptico de diferentes tipos que existen en el mercado por ejemplo conectores FC, LC, SC. Al tomar los valores teóricos de la normativa ANSI/TIA/EIA-526.7A podemos realizar las mediciones de los conectores con un Power Meter y luz óptica para obtener el valor de atenuación real y compara con el valor de la normativa y que el componente

óptico a utilizar se encuentre dentro del rango establecido. En la tabla 4.30 se muestra la comparación entre el valor teórico y real de atenuación en los conectores.

ATENUACIÓN DE CONECTORES			
	Valor teórico de atenuación Máxima de conectores (dB)	Valor real de atenuación de conectores (dB)	Valor real de atenuación de conectores por pérdida (dB)
Conectores ópticos	0,30	0.21; -0.25	-2.84; -0.52

Tabla 4.30. Valores teórico y real de conectores.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

En la tabla 4.30 se observa las atenuaciones en 2 escenarios distintos, en la figura 4.24 donde se observa los valores que muestra las pruebas al realizar, comparamos que el valor mostrado en la prueba real no sea mayor al valor máximo teórico dado por el estándar, si el valor de atenuación llega a ser superior al de la normativa ANSI/TIA/EIA-526.7A se debe verificar que el conector no se encuentre dañado o con residuos de polvo en su férula ya que esto provoca niveles alto de atenuación.



Figura 4.24. Prueba de atenuación de Conector.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.5.3. Prueba de atenuación en Adaptadores

Los acopladores tienen un nivel de atenuación máxima que se muestra en la tabla 4.31 este valor esta dado por la normativa ANSI/TIA/EIA-526.7A, existen diferentes tipos de acopladores el valor presentado en la tabla siguiente muestra un valor máximo de atenuación que puede tener

los diferentes tipos de acopladores, en la propuesta tecnológica tenemos 2 tipos de acopladores tipo FC y SC.

ATENUACIÓN DE ACOPLADORES		
	Valor teórico de atenuación Máxima de Acopladores(dB)	Valor real de atenuación de Acopladores(dB)
Acopladores Ópticos	0,75	0,4

Tabla 4.31. Atenuación real y teórica de acopladores

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

4.5.4. Prueba de atenuación en empalmes

La normativa ANSI/TIA/EIA-526.7A es un estándar para la Medición de pérdida de potencia óptica de la planta de cable de fibra monomodo instalada, que permite también incluir empalmes, conectores, adaptadores entre otros elementos pasivos, el valor de atenuación por empalme se muestra en la siguiente tabla 4.32.

ATENUACIÓN AL REALIZAR EMPALMES			
	Valor teórico de atenuación Máxima de empalme (dB)	Valor real de atenuación de empalme (dB)	Valor real de atenuación de empalme dañado (dB)
Empalmes ópticos	0.30	0,01 – 0,04	0,05 – 0,3

Tabla 4.32. Valores teórico y real en empalmes de fibra.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Al momento de realizar un empalme se debe tener en consideración el valor máximo teórico que podemos llegar a tener en el empalme, si el valor del empalme realizado es mayor a 0.30dB se debe realizar un nuevo empalme porque al tener un valor alto en nuestro enlace nos afectará al momento de comprobar valores de nuestro presupuesto óptico y no encontrarnos en el rango de 25dB establecido por la normativa de instalación de Red GPON para planta externa.

En la actualidad las fusionaras nos indican el valor de atenuación generado por el empalme, el cual nos advierte si el proceso es fue realizado con éxito o no; donde el valor teórico aceptable para estos equipos es de 0.1dB aproximadamente, pero para las empresas proveedoras de servicio una buena fusión puede tener pérdidas de 0,01dB a 0,04dB. En la figura 4.25 se observa un ejemplo de fusión.



Figura 4.25. Prueba de atenuación de empalme de fibra en la práctica.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.5.1. Comparación entre presupuestos ópticos y mediciones ópticas de los modelos de red GPON planta externa

Una vez elaborado todos los cálculos de presupuesto óptico de cada modelo de red, estos se comprobarán con valores prácticos realizados por mediciones ópticas tomadas por el Mini-OPM utilizando el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.1. Donde es necesario tomar un valor de referencia antes de empezar con las mediciones por medio del “botón REF” del OPM, este valor de referencia será la potencia del “punto de transferencia de señal” o “fuente de luz” con el que se realizará las pruebas (figura 4.33); ya que de esta manera las siguientes mediciones tomadas por el Mini-OPM solamente serán las pérdidas de potencia que tiene cada módulo didáctico.



Tabla 4.33. Valor de referencia para las mediciones de potencia con el MINI-OPM.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En este caso se utilizó como acceso de red un “Terminal UFiber OLT 4” con un módulo SFP 10Gbps GPON con conector tipo SC/UPC; por lo tanto, para nuestros modelos de red GPON 1:32 y 1:64 se utiliza un Patch cord monomodo SC/UPC – SC/APC y para el modelo GPON 1:128 se utiliza un Patch cord monomodo SC/UPC – FC/APC.

A continuación, se analizarán cada uno de los modelos de red implementados en los módulos didácticos, determinando sus pérdidas totales en todo su despliegue:

4.5.1.1. Modelo de planta externa Red GPON 1:32

Para comenzar con las mediciones del modelo de red planta externa GPON 1:32, sabemos que esta se divide en dos redes que son: la red GPON 1x32 MASIVO y la red GPON 1x32 CORPORATIVO.

4.5.1.1.1. Red GPON 1x32 MASIVO/CASAS

Con el modelo de red GPON 1x32 MASIVO (urbanizaciones) al realizar las mediciones en los puertos de salida de la NAP con el Mini-OPM, se observa el valor de atenuación final (véase en la figura 4.26); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 17,6535dB* según la tabla 4.25.



Figura 4.26. Pérdidas del modelo de red GPON 1x32 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Según la medición óptica realizada en este modelo el *valor práctico del total de pérdidas es de 16,96dB*. Por lo tanto, al tener ambos valores se procederá a realizar la comparación por medio del porcentaje de error entre ellos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{17,6535dB - 16,96dB}{17,6535dB} \right) * 100 = 3,9283\%$$

Como resultado nos da un **margen de error de 3,93%** entre los dos valores hallados.

4.5.1.1.2. Red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO

Con el modelo de red GPON 1x32 CORPORATIVO (edificios) al realizar las mediciones en los puertos de salida de cada piso con el Mini-OPM, se observa el valor de atenuación final (véase en la figura 4.27); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su **valor teórico de pérdidas es de 17,4535dB** según la tabla 4.26.

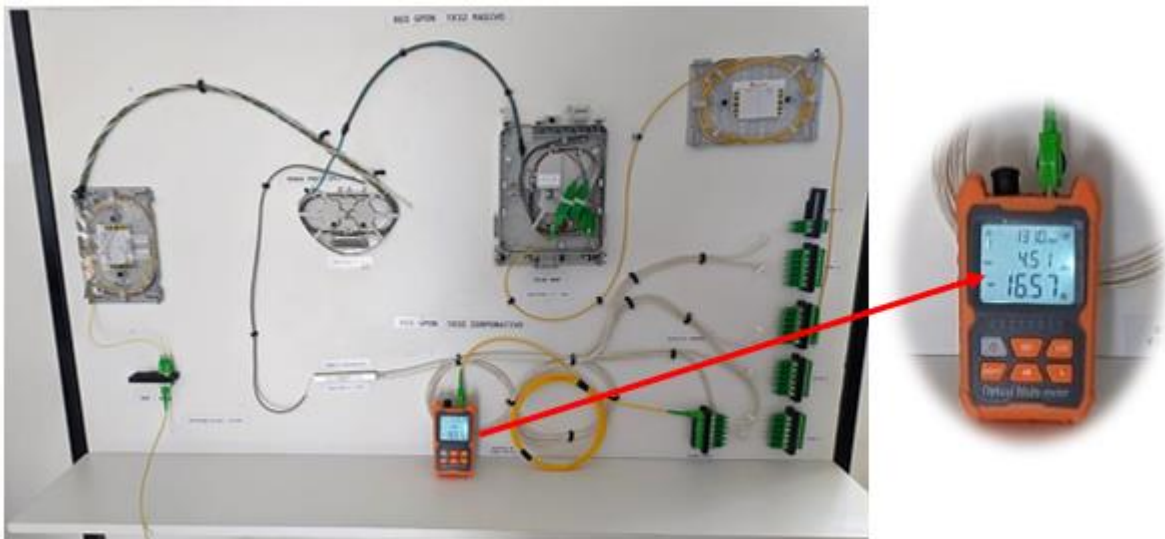


Figura 4.27. Pérdidas del modelo red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Según la medición óptica realizada en este modelo el **valor práctico del total de pérdidas es de 16,57dB**. Por lo tanto, al tener ambos valores se procederá a realizar la comparación por medio del porcentaje de error entre ellos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{17,4535dB - 16,57dB}{17,4535dB} \right) * 100 = 5,0620\%$$

Como resultado nos da un **margen de error de 5,06%** entre los dos valores hallados.

4.5.1.2. Modelo de planta externa Red GPON 1:64

Con el modelo de red GPON 1x64 MASIVO (casas) al realizar las mediciones en los puertos de salida de cada piso con el Mini-OPM, se observa el valor de atenuación final (véase en la figura 4.28); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 20,9035dB* según la tabla 4.27.

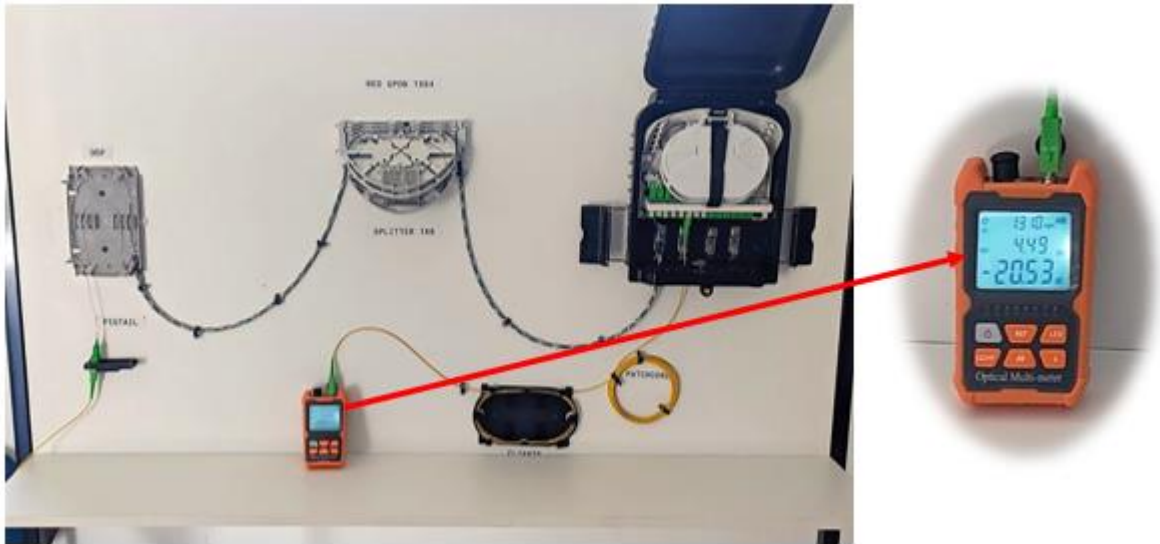


Figura 4.28. Pérdidas del modelo red GPON 1x64 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Según la medición óptica realizada en este modelo el *valor práctico del total de pérdidas es de 20,53dB*. Por lo tanto, al tener ambos valores se procederá a realizar la comparación por medio del porcentaje de error entre ellos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$
$$\%Error = \left(\frac{20,9035dB - 20,53dB}{20,9035dB} \right) * 100 = 1,7867\%$$

Como resultado nos da un *margen de error de 1,79%* entre los dos valores hallados.

4.5.1.3. Modelo de planta externa Red GPON 1:128

Con el modelo de red GPON 1x64 MASIVO (casas) al realizar las mediciones en los puertos de salida de cada piso con el Mini-OPM, se observa el valor de atenuación final (véase en la figura 4.29); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 24,2535dB* según la tabla 4.28.

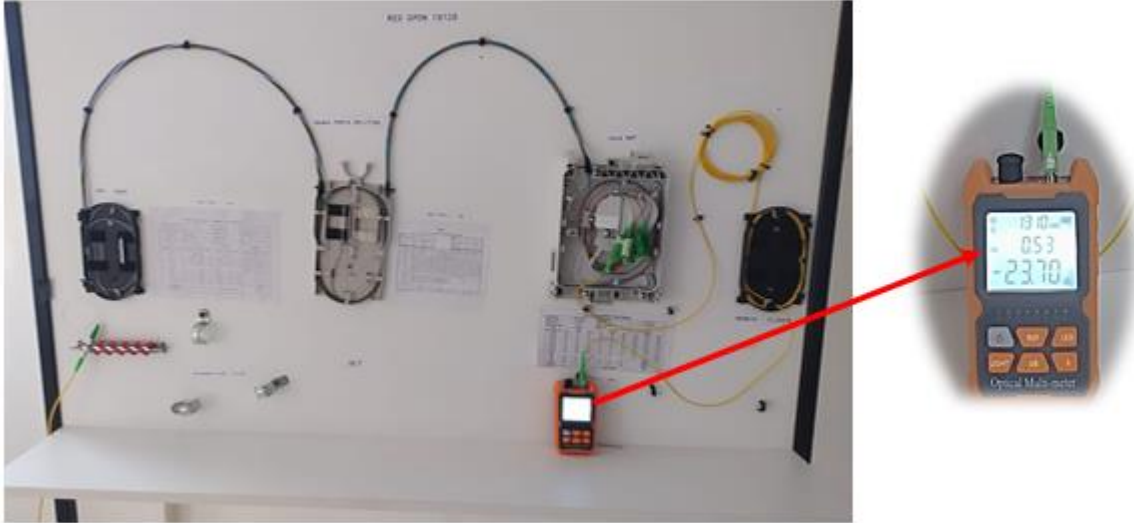


Figura 4.29. Pérdidas del modelo red GPON 1x128 MASIVO/CASAS.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Según la medición óptica realizada en este modelo el **valor práctico del total de pérdidas es de 23,70dB**. Por lo tanto, al tener ambos valores se procederá a realizar la comparación por medio del porcentaje de error entre ellos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{24,2535dB - 23,70dB}{24,2535dB} \right) * 100 = 2,2821\%$$

Como resultado nos da un **margen de error de 2,28%** entre los dos valores hallados.

4.5.2. Comparación entre presupuestos ópticos y mediciones ópticas de los modelos de red GPON con errores a lo largo de su despliegue.

Antes de empezar con la comparativa debemos tener en cuenta varios puntos de la red donde puedan suceder una mala instalación o donde se puede provocar pérdidas de potencia considerable; cabe mencionar que estos tipos de problema trae como consecuencia; un nivel de atenuación superior a los 25dB y no permiten que nuestro enlace se establezca; entre los problemas más comunes tenemos:

- **Alto niveles de pérdidas en los empalmes:** pueden suceder a lo largo de la red de fibra;
- **Mal estado o suciedad en los acopladores:** pueden suceder en las cajas de distribución (FDH, FDB, FDF), NAP, ODF;

- **Errónea conexión de Conectores:** pueden suceder al inicio de la red o en los diferentes niveles de spliteo, van acompañados siempre por los acopladores.
- **Curvatura de la fibra óptica:** pueden suceder a lo largo de la red de fibra;

Por lo tanto, para realizar esta comparación debemos provocar diferentes tipos de atenuación a lo largo del despliegue de la red, ya que mediante este proceso obtendremos valores que sobrepasan el nivel de atenuación máxima establecida por los estándares ITU-T G.984.2, ANSI-TIA-758-B.3 y ANSI/TIA/EIA-526.7A. En este caso para este análisis se provocaron pérdidas extrínsecas mediante **la mala conexión de conectores** el cual generará pérdidas por conexiones de inserción; y **perdidas por curvaturas en los cables de fibra** el cual no permitirá que la luz o datos no se transmitan con normalidad.

Así mismo para esta comparativa se tomará en cuenta el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.1, el cual antes de empezar con las mediciones será necesario tomar el valor de referencia del OLT; para que así de esta manera las siguientes mediciones tomadas por el Mini-OPM solamente serán las pérdidas de potencia que tiene cada módulo didáctico. Es importante mencionar que, al momento de realizar pruebas del enlace completo con las irregularidades antes mencionadas en cada modelo de red, el equipo de medición Mini-OPM nos mostrará un valor muy elevado de pérdida de potencia, por esta razón al realizar este tipo de pruebas se debe tener de respaldo el presupuesto óptico de la red analizada; ya que al presentar alguna anomalía en las pruebas se podrá corregir errores que presente la red.

4.5.2.1. Errores durante la instalación del Modelo de red GPON 1:32

Para comenzar con las mediciones del modelo de red planta externa GPON 1:32, sabemos que esta se divide en dos redes que son: la red GPON 1x32 MASIVO y la red GPON 1x32 CORPORATIVO.

4.5.2.1.1. Red GPON 1x32 MASIVO/CASAS

En la red GPON 1x32 MASIVO se provocó un típico error de conexión de conectores como se muestra en la figura 4.30, esta alteración se la realizó en uno de los conectores de salida del segundo nivel de spliteo ubicado en la caja NAP canalizada de esta red, ocasionando que la señal de salida en este conector no se transmita con normalidad hacia el otro conector teniendo una irregularidad en dicho punto de la red.

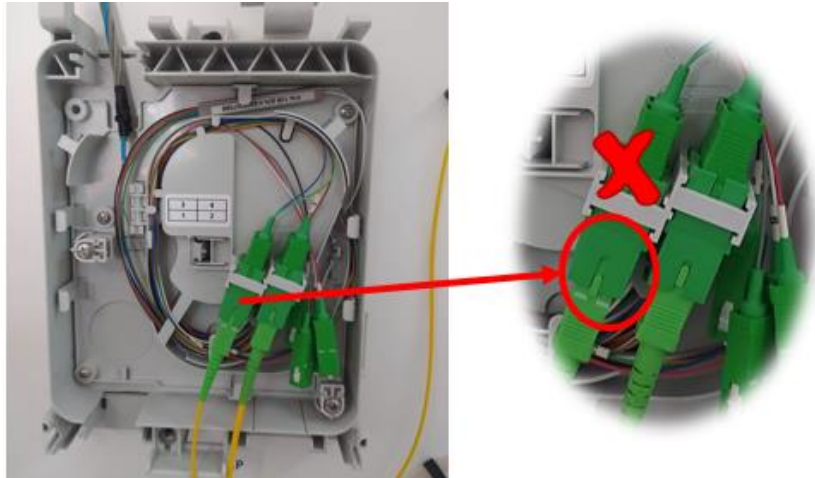


Figura 4.30. Error de conexión de conectores en la red GPON 1x32 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x32 MASIVO con un error típico de conexión de conectores, se observa que el valor de atenuación final aumento (véase en la figura 4.31); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 17,6535dB* según la tabla 4.25.

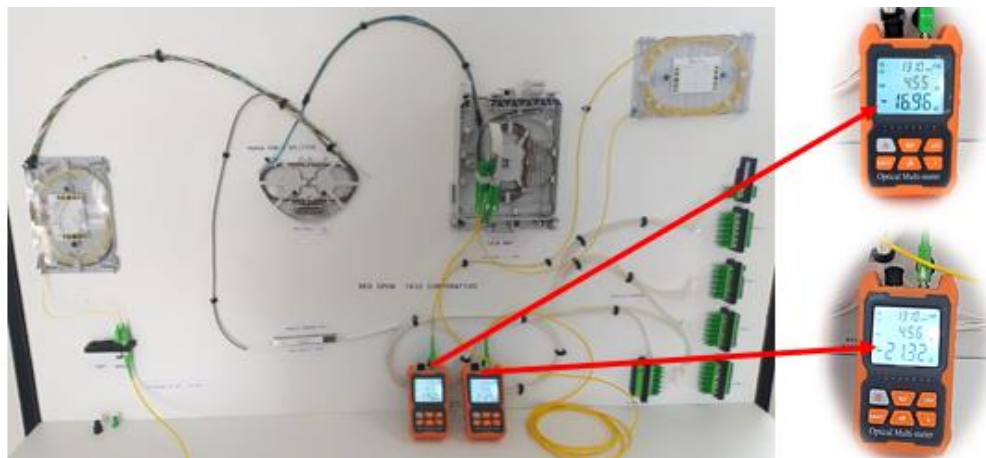


Figura 4.31. Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x32 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de 21,31dB; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{17,6535dB - 21,31dB}{17,6535dB} \right) * 100 = -20,71\%$$

4.5.2.1.2. Red GPON 1x32 CORPORATIVO/EDIFICIOS

En la red GPON 1x32 CORPORATIVO de la misma manera se provocó un típico error de conexión de conectores como se muestra en la figura 4.32, en este caso esta alteración se la realizó en uno de los conectores de salida del único nivel de spliteo ubicado la sección del piso 5 de esta red, ocasionando que la señal de salida en este conector no se transmita con normalidad hacia el otro conector teniendo una irregularidad en dicho punto de la red.

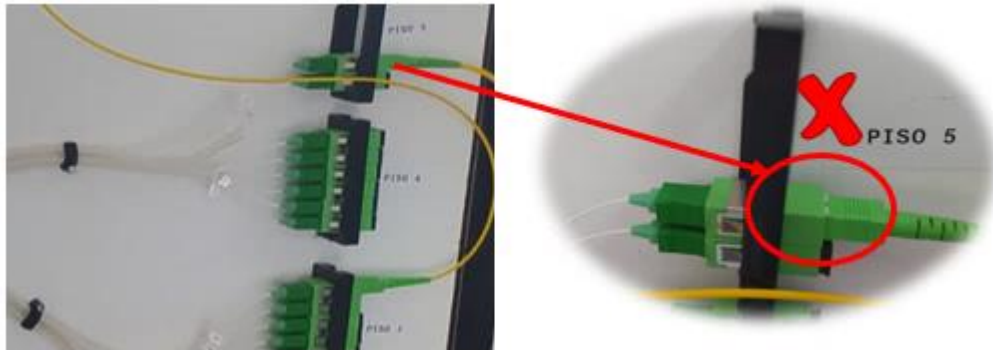


Figura 4.32. Error de conexión de conectores en la red GPON 1x32 CORPORATIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x32 CORPORATIVO con un error típico de conexión de conectores, se observa que el valor de atenuación final aumentó (véase en la figura 4.33); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 17,4535dB* según la tabla 4.26.

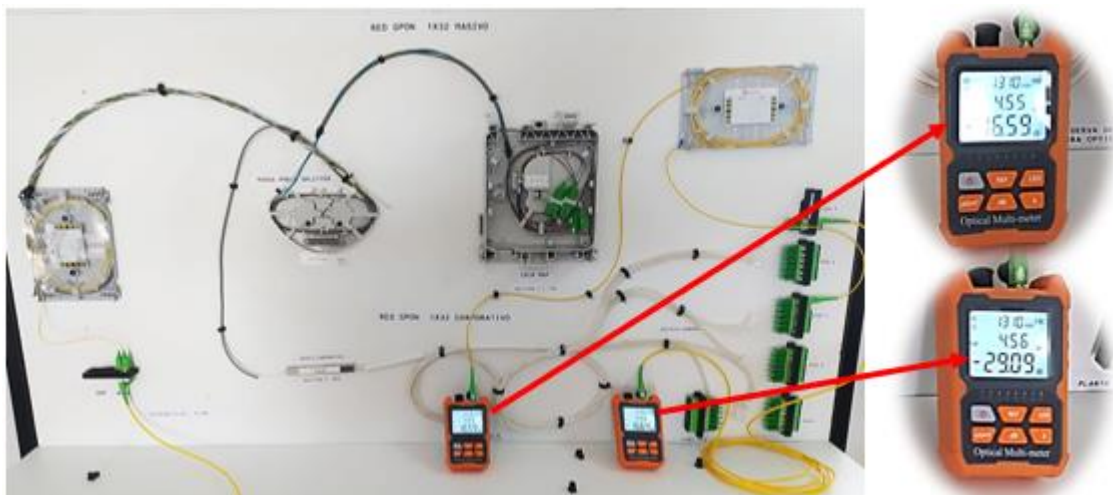


Figura 4.33. Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x32 CORPORATIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de 29,09dB; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{17,4535dB - 29,09dB}{17,4535dB} \right) * 100 = -66,67\%$$

4.5.2.2. Errores durante la instalación del Modelo de red GPON 1:64

En la red GPON 1x64 MASIVO se provocó un típico error de conexión de conectores y curvaturas de cables de fibra óptica como se muestra en la figura 4.34, estas alteraciones se las realizó en dos de conectores de salida del segundo nivel de spliteo ubicado en la caja NAP aérea de esta red, ocasionando que la señal de salida en estos dos conectores no se transmita con normalidad hacia los otros conectores creando irregularidades en dicho punto de la red; ya que los splitter, pigtails, conectores y adaptadores son elementos pasivos más propensos a sufrir daños en la instalación de una red GPON.

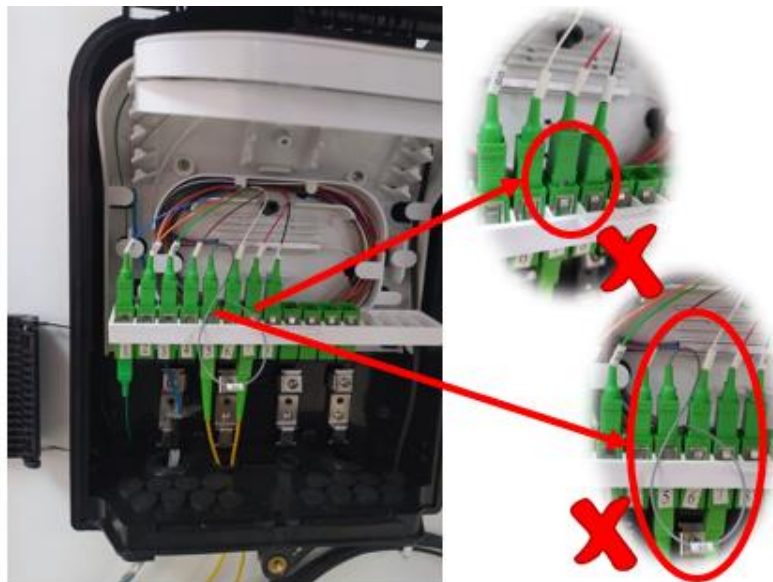


Figura 4.34. Error de conectores y curvaturas de cables en la red GPON 1x64 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x64 MASIVO con un error típico de conexión de conectores, se observa que el valor de atenuación final aumentó (véase en la figura 4.35); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 20,9035dB* según la tabla 4.27.

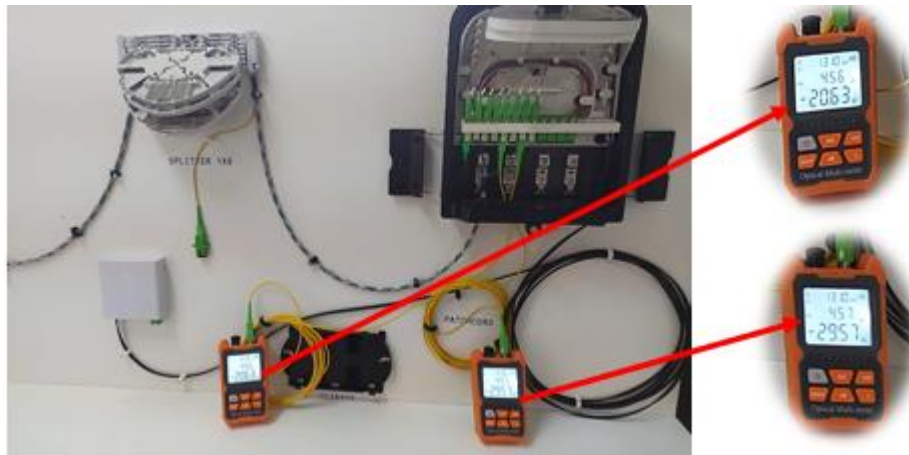


Figura 4.35. Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x64 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de **29,57dB**; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{20,9035dB - 29,57dB}{20,9035dB} \right) * 100 = -41,46\%$$

Así mismo al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x64 MASIVO con curvaturas en cables de fibra, se observa que el valor de atenuación final aumentó (véase en la figura 4.36); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su **valor teórico de pérdidas es de 20,9035dB** según la tabla 4.27.

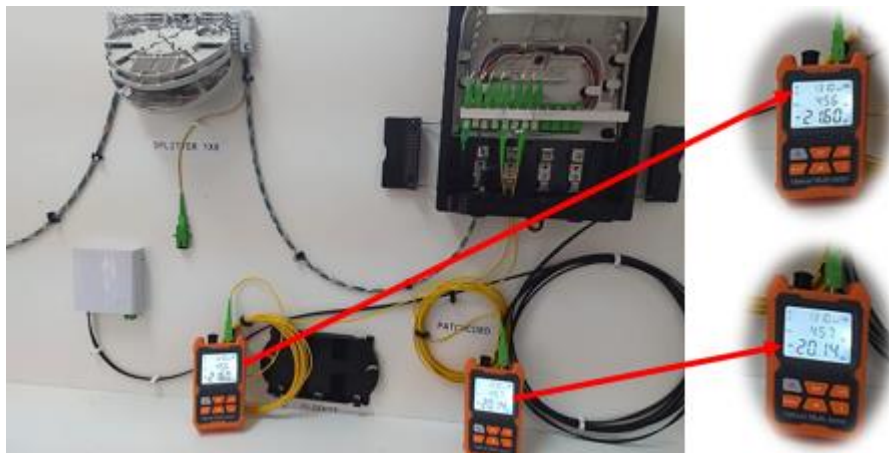


Figura 4.36. Pérdidas con curvaturas en cables en la red GPON 1x64 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de 21,60dB; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{20,9035dB - 21,60dB}{20,9035dB} \right) * 100 = -3,33\%$$

4.5.2.3. Errores durante la instalación del Modelo de red GPON 1:128

En la red GPON 1x128 MASIVO se provocó un típico error de conexión de conectores y curvaturas de cables de fibra óptica como se muestra en la figura 4.37, estas alteraciones se las realizó en dos de conectores de salida del tercer nivel de spliteo ubicado en la caja NAP canalizada de esta red, ocasionando que la señal de salida en estos dos conectores no se transmita con normalidad hacia los otros conectores creando irregularidades en dicho punto de la red.

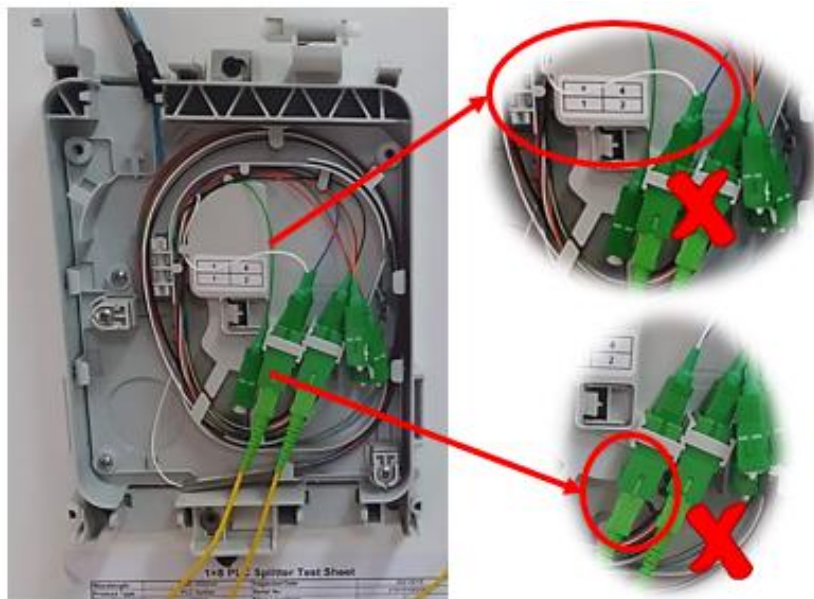


Figura 4.37. Error de conectores y curvaturas de cables en la red GPON 1x128 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x128 MASIVO con un error típico de conexión de conectores, se observa que el valor de atenuación final aumento (véase en la figura 4.38); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado, el cual su *valor teórico de pérdidas es de 24,2535dB* según la tabla 4.28.

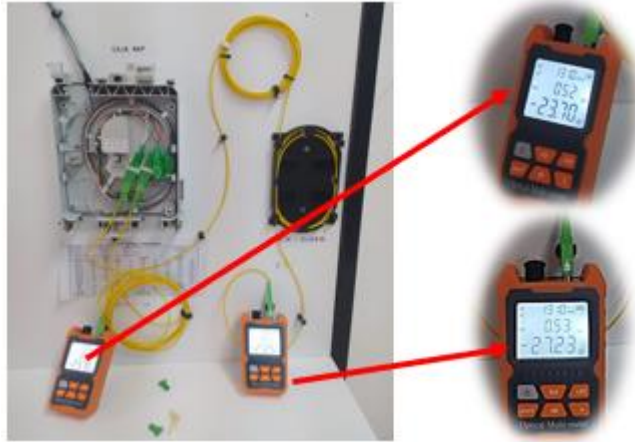


Figura 4.38. Pérdidas con error de conectores en la red GPON 1x128 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de **27,23dB**; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{24,2535dB - 27,23dB}{24,2535dB} \right) * 100 = -12,27\%$$

Así mismo al realizar las mediciones con el Mini-OPM al modelo de red GPON 1x128 MASIVO con curvaturas en cables de fibra, se observa que el valor de atenuación final aumentó (véase en la figura 4.39); este valor debe ser comparado con el presupuesto óptico realizado de este modelo, el cual su **valor teórico de pérdidas es de 24,2535dB** según la tabla 4.28.

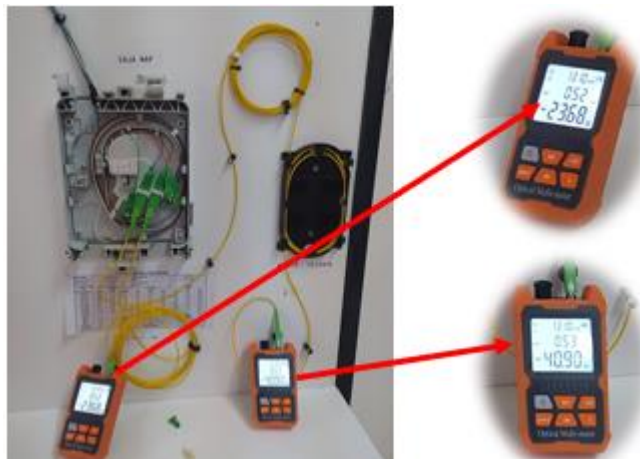


Figura 4.39. Pérdidas con curvaturas en cables en la red GPON 1x128 MASIVO.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

La medición óptica realizada de este modelo con irregularidades en su instalación es de 40,90dB; el cual sobrepasa el valor del presupuesto óptico teniendo un porcentaje de error de:

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{24,2535dB - 40,90dB}{24,2535dB} \right) * 100 = -68,64\%$$

4.5.2.4. Comparativa de redes GPON con el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A

	Atenuación Máxima con el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A	Atenuación Recomendada con el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A
Red GPON 1x32 masivo/corporativo Red GPON 1x64 Red GPON 1x128	Se puede encontrar dentro o no del presupuesto establecido, pero para establecer el enlace depende de la sensibilidad de la ONT.	Se encuentra dentro del presupuesto óptico establecido.
	Las atenuaciones se encuentran en los elementos pasivos Splitter, acopladores, conectores, Empalmes. Por lo que es recomendable realizar mediciones de los elementos pasivos utilizados en el enlace.	Los elementos pasivos se encuentran por debajo del valor establecido por el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7 ^a
	Puede que el tipo de conector a utilizar para acoplar sea diferente al del otro extremo esto provoca altos niveles de atenuación, revisar el tipo de pulido de los conectores.	Se empareja los conectores correctamente conector verde con pulido APC acoplado con otro conector verde pulido APC y así mismo un conector azul acoplado con otro azul.
	No cumple con los estándares establecidos por las normativas de instalación de enlaces de fibra óptica.	Si cumple con las normativas establecidas entonces el presupuesto óptico se adapta a un modelo de Red rentable para instalación
	Puede que los splitter se encuentren dañado ya que son uno de los elementos con mayor atenuación dentro de la Red.	Es recomendable 2 niveles de spliteo, si se coloca un 3ro tener en cuenta el presupuesto óptico y que no sobrepase el valor de atenuación establecido.

	<p>Su valor de atenuación que los diferencia se encuentra en los splitter por lo que es donde se encuentra la mayor pérdida, un tercer nivel de spliteo puede afectar al presupuesto final del enlace.</p>	<p>Modelos de Red GPON implementados con 2 niveles de spliteo y dentro del presupuesto.</p>
	<p>Si se establece un recorrido máximo de 20km la atenuación total del enlace estaría entre los 30dB por lo que no es recomendable ya que el enlace no se establecerá.</p>	<p>Si establecemos un enlace más de 20km la atenuación total tendrá una pérdida de atenuación más elevada, pero puede encontrarse entre el rango de 26dB a 28dB por lo que sigue siendo factible para usar.</p>

Tabla 4.34. Comparativa de las redes GPON con el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se realizó un estudio teórico que proporcionó conocimientos sobre normas y estándares dedicados a la implementación de redes GPON, y sobre los componentes necesarios para una red óptica pasiva de planta externa; teniendo en cuenta la especificación estructural y técnica de cada elemento para la elaboración de los diseños de red en cada módulo didáctico.
- Para el desarrollo de los diseños de cada modelo de red se tomó en cuenta los estándares ITU-T G.984.2 y ANSI-TIA-758-B.3, los cuales nos permitieron conocer el tipo de cable y los elementos utilizados en cada punto de red, los valores máximos de atenuación de cada elemento pasivo y la pérdida total de potencia que puede soportar una red GPON según la sensibilidad de equipos terminales activos, así mismo para la implementación de los modelos de red se consideró un orden de prioridad de los hilos de fibras según el código de colores descrito en el estándar TIA/EIA 598-C, el cual permitió llevar una buena organización y distribución en los tableros.
- Las mediciones ópticas realizadas en cada modelo de red se efectuaron según el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A por medio de una OLT y medidores ópticos Mini-OPM, el cual nos permitió comprobar el presupuesto óptico en todo el recorrido de la red y así mismo analizar la atenuación de los cables de fibra óptica monomodo instalados en los modelos de red.
- Al realizar el estudio de los elementos pasivos necesarios para un modelo de red GPON, se tuvo en cuenta que cada uno de estos elementos tienen diferentes especificaciones técnicas, el cual ocasionaba que los modelos de red tengan una pérdida de potencia totalmente distinta; por esta razón antes de la adquisición de datos en mediciones ópticas se consideró realizar el cálculo del presupuesto óptico de cada modelo de red, el cual permitió verificar la pérdida de potencias máximas y el correcto funcionamiento de cada red; facilitando la búsqueda de errores y estableciendo medidas correctivas.
- En la comparación de valores teóricos provenientes de los presupuestos ópticos con los valores prácticos provenientes de mediciones de potencia de cada modelo de red; se logró concluir que en una buena instalación de red GPON, el valor práctico no sobrepasa el valor

teórico dando como resultado un porcentaje de error bajo (menor al 5%) en todos los modelos de red, lo cual demuestra un buen enlace de red; en cambio en una red instalada con errores típicos de conexión y curvaturas de fibra, el valor práctico sobrepasa el valor teórico dando como resultado un porcentaje alto (mayor al -20%) en todos los modelos de red, lo cual demuestra que el enlace presenta problemas.

- Con respecto a las prácticas de laboratorio adjuntadas en la propuesta son un modelo para contribuir con el aprendizaje del estudiante en la parte práctica, reconociendo las herramientas y equipos de medición utilizados al momento de una instalación de red de planta externa, los estándares utilizados son guías para asegurar que los materiales y procesos utilizados sean los adecuados en el momento de la implementación de la red de fibra.
- Los módulos didácticos en áreas técnicas son un factor de ayuda importante en el aprendizaje por su interacción con el estudiante logrando poner en práctica lo que se ha aprendido de forma teórica en las clases. Además, puedo expresar que se puede llevar a cabo una implementación de una red de planta externa en modelos educativos, llevando a los modelos didácticos los tipos de componentes pasivos en una Red Feeder y distribución que forman parte de una Red de Planta externa, llevando a cabo también los diferentes niveles que está conformada una red de fibra, aportando también a mejorar en la práctica de fusión y armado Mangas y Cajas de distribución.

Recomendaciones

- Se recomienda que antes de empezar a realizar prácticas en los módulos didácticos se verifique que los materiales a utilizar para la implementación de la Red de fibra se encuentren en buen estado ya que si un conector se encuentra sin su cubierta puede ocurrir que su punta contenga residuo de polvo por lo que genera atenuación a lo largo de la Red, recordando también que el área de trabajo antes y después de usarla debe mantenerse limpia.
- Se recomienda que, al realizar futuras implementaciones o al haber modificado cualquier conexión en cada uno de los modelos de red, se actualicen los modelados de red en programa Sketchup con las dimensiones reales y de la misma manera los diagramas de conexiones por medio del programa EDraw Max.
- La implementación de los módulos de planta externa está basada solo en elementos pasivos simulando una Red ODN que cuenta en su interior con Red Feeder y Red de distribución por lo que se recomienda para trabajos futuros implementar módulos de planta interna que simulen una red de dispersión y equipos activos como OLT y ONT.
- El uso de herramientas y equipos de medición son esenciales para realizar las prácticas en los tableros de módulos didácticos por lo que se hace esta recomendación de conocer el funcionamiento o manejo de las herramientas a utilizar como cortadora, peladora de fibra, splitter entre los equipos a utilizar se encuentran los medidores OPM, equipo PON si se diera el caso también entraría el uso de la OLT, es por ello que se recuerda que al ser materiales esenciales se debe tener la mayor precaución al momento de utilizarlas.

BIBLIOGRAFÍA

- D. Castillo, Artist, *Internet móvil en Ecuador ya supera las 10 millones de cuentas*
1] (*PRIMICIAS*). [Art]. Arcotel, 2022.
- I. N. d. E. y. C. INEC, «INEC,» 2020. [En línea]. Available:
2] https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2020/202012_Boletin_Multiproposito_Tics.pdf.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad ;, «Ministerio de
3] Telecomunicaciones,» 2020. [En línea]. Available:
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica/>.
- ITU, «ITU,» 10 03 2009. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
4]
- TIA Standard, «Dirección General de Computo y de Tecnologías de la Información
5] y comunicación (DGTIC),» 27 03 2012. [En línea]. Available: <http://innovave.com/wp-content/uploads/2016/01/TIA-758-B.pdf>.
- H. Huanca Choque y L. R. Miranda Maraza, Artists, *Análisis y diseño de una red
6] óptica pasiva con capacidad de gigabit para mejorar los servicios de telecomunicaciones en la urbanización RINCONCADA - JILIACA [TESIS, Universidad Nacional del Antiplano - PUNO- PERÚ]*. [Art]. Repositorio Institucional PUNO, 2019.
- C. A. Geronimo Mayor, Manual de Comunicaciones por fibras ópticas, Peru:
7] Unidad de Capacitación.
- J. Prieto Zapardiel, Artist, *Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica
8] [TESIS, Universidad Politécnica de Madrid]*. [Art]. Repositorio Institucional de Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

Cisco Networking Academy, «Cisco,» Cisco, 20 08 2021. [En línea]. Available:
9] https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/switches/catalyst-pon-series/216230-understand-gpon-technology.html.

O. HERNÁNDEZ, T. Q. MARIA y . R. JORDY, «DISEÑO DE UN MÓDULO
10] DIDÁCTICO PARA EL USO BÁSICO DE LA FIBRA ÓPTICA PARA LA ASIGNATURA DE TELECOMUNICACIONES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN Y REDES,» Enero 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1520>.

F. Ucha, «Definición ABC-Modulo,» Diciembre 2017. [En línea]. Available:
11] <https://www.definicionabc.com/general/modulo.php>.

C. E. Cedillo Delgado y E. J. Nieto González, Artists, *Análisis para la optimización
12] del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de Azogues*[Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. [Art]. Repositorio Institucional, 2019.

M. L. Agosto Duarte y F. S. Guerrero Culqui, Artists, *Diseño e implementación de
13] un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas*[Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. [Art]. Repositorio Institucional, 2020.

J. R. Toala Quimis , Artist, *DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL
14] USO BÁSICO DE LA FIBRA ÓPTICA PARA LA ASIGNATURA DE TELECOMUNICACIONES DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN COMPUTACION Y REDES* [tesis en Ingeniería, Universidad Estatal Del Sur De Manabi]. [Art]. Repositorio Digital UNESUM, 2019.

A. V. Pardo Rios y B. D. Santos Suarez , Artists, *Diseñar e implementar una red
15] GPON y arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones*[Tesis de ingeniería, Universidad Estatal Peninsula De Santa Elena]. [Art]. Repositorio Institucional, 2020.

Adeks, «Redes de Acceso,» 15 Mayo 2016. [En línea]. Available:
16] <http://adcs7.blogspot.com/2011/05/redes-opticas.html>.

C. E. Cedillo Delgado y M. A. Nieto Alvarez, Artists, *Analisis para la optimizacion
17] del presupuesto optico sobre ultima milla, mediante pruebas dentro de la Red GPON de
CNT en la ciudad de Azogues*[tesis de ingenieria, Universidad Politecnica Salesiana sede
Cuenca]. [Art]. Repositorio Universitario , 2019.

P. F. Cherrez Vintimilla , Artist, *Rediseño de la Red de Acceso para la corporación
18] nacional de telecomunicaciones en el centro de Azogues*[tesis de ingenieria, Pontificia
Universidad Catolica del Ecuador]. [Art]. Repositorio Universitario, 2016.

Juan, «¿Qué es un patch panel y por qué lo necesitamos?,» FS Empresa, 6 Julio
19] 2021. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-a-patch-panel-and-why-use-it.html>.

C. Gerencia de ingeniería e implementación, Artist, *NORMATIVA TÉCNICA DE
20] DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA (ODN-OPTICAL DISTRIBUTION
NETWORK) v3.0*. [Art]. Corporacion Nacional De Telecomunicaciones CNT E.P., 2019.

C. E. Gerencia de ingeniería e implementación, Artist, *INSTRUCTIVO PARA EL
21] DISEÑO DE CANALIZACIÓN INTERNA PARA EL TENDIDO DE REDES DE
DISTRIBUCIÓN GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES*. [Art].
Cooperación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., 2018.

R. CommScope, «Arquitectura debo desplegar en mi red FTTH,» 09 Noviembre
22] 2017. [En línea]. Available: <https://acis.org.co/portal/content/%C2%BFqu%C3%A9-tipo-de-arquitectura-debo-desplegar-en-mi-red-ftth>.

E. Quisnancela y N. Espinosa, Artists, *Certificación de redes GPON, normativa ITU
23] G.984.x* [Artículo Científico, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sangolquí].
[Art]. Revista ENFOQUE UTE "Universidad Tecnológica Equinoccial", 2016.

A. -. T. STANDARD, Artist, *Customer-Owned Outside Plant Telecommunications Infrastructure Standard [TIA-758-B (ANSI - TIA STANDARD)]*. [Art]. ANSI - TIA STANDARD , 2012.

TIA STANDARD, «TIA STANDARD,» TIA STANDARD, julio 2017. [En línea].
25] Available: <https://www.tiafotc.org/tia-568-d/>.

A. -. T. STANDARD, Artist, *Commercial Building Telecommunications Cabling Standard [ANSI/TIA/EIA-568-B (ANSI - TIA STANDARD)]*. [Art]. ANSI - TIA STANDARD.

A. -. T. STANDARD, Artist, *OPTICAL FIBER CABLE COLOR CODING [ANSI/TIA/EIA-598-C (ANSI - TIA STANDARD)]*. [Art]. ANSI - TIA STANDARD, 2014.

A. -. T. STANDARD, Artist, *Measurement of Optical Power Loss of Installed Single-Mode Fiber Cable Plant [ANSI/TIA-526-7 (ANSI - TIA STANDARD)]*. [Art]. ANSI - TIA STANDARD , 2017.

U. I. T. Artist, *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. [Art]. 2019.

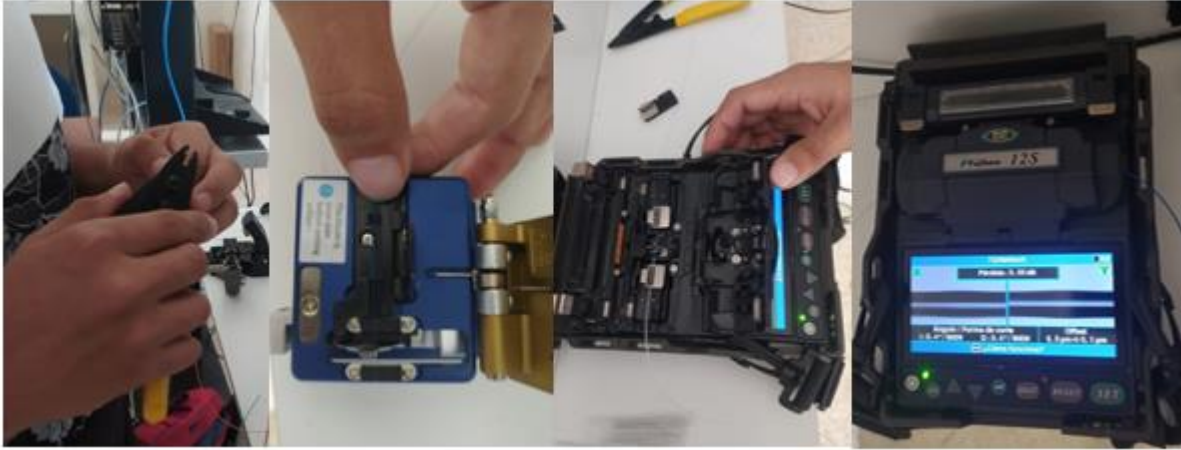
FibreMex, «FibreMex,» FibreMex, 17 Julio 2020. [En línea]. Available:
30] <https://fibremex.com/fibra-optica/views/Blog/detalle.php?id=86&nom=que-es-una-fusionadora-de-fibra-optica#:~:text=La%20fusionadora%20de%20fibra%20%C3%B3ptica%20o%20tambi%C3%A9n%20conocida%20como%20empalmadora,fibra%20%C3%B3ptica%20de%20forma%20permanente..>

John, Artist, *Medidor de potencia óptica (OPM)*. [Art]. FS community, 2020.
31]

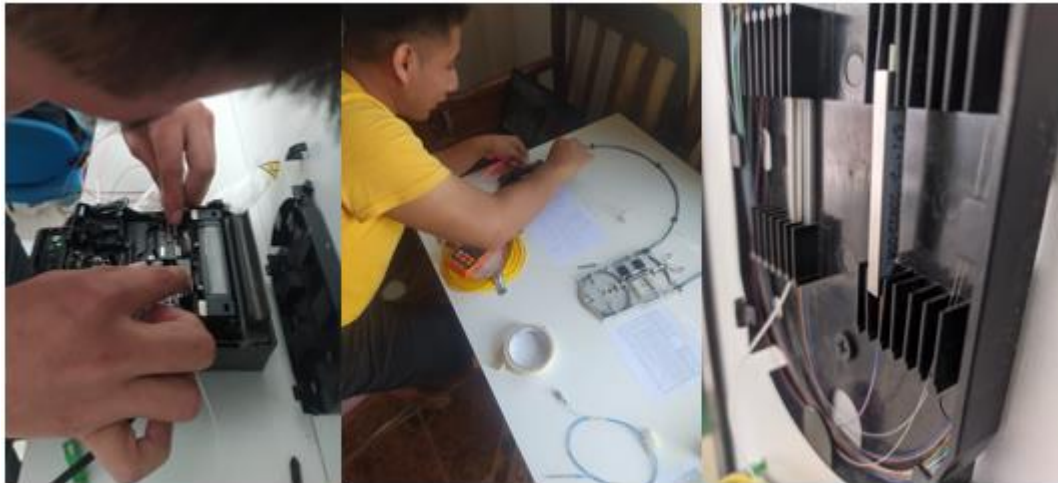
Comisión Europea, «Comisión Europea - Glossary,» [En línea]. Available:
32] https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/lamparas-bajo-consumo/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm.

- Ing. Jaime Rupaylla A., «INICTEL-UNI (1Library),» 2017. [En línea]. Available:
- 33] <https://1library.co/document/qvxp3ry-curso-fibra-optica-i-inictel.html>.
- ONSICOM, «ONSICOM,» 10 03 2015. [En línea]. Available:
- 34] <https://www.onsicom.es/breve-recorrido-historico-de-la-fibra-optica>.
- TELNET, «TELNET Redes Inteligentes,» 2014. [En línea]. Available:
- 35] <https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>.

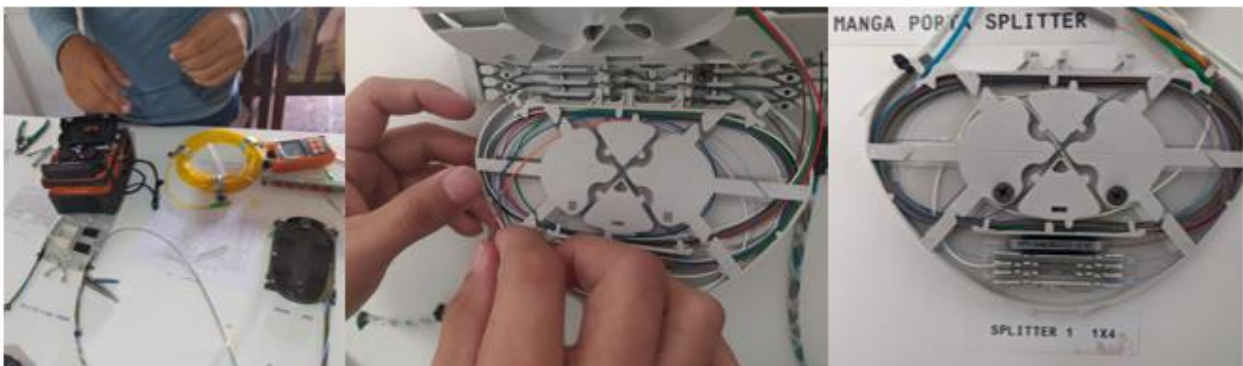
ANEXOS



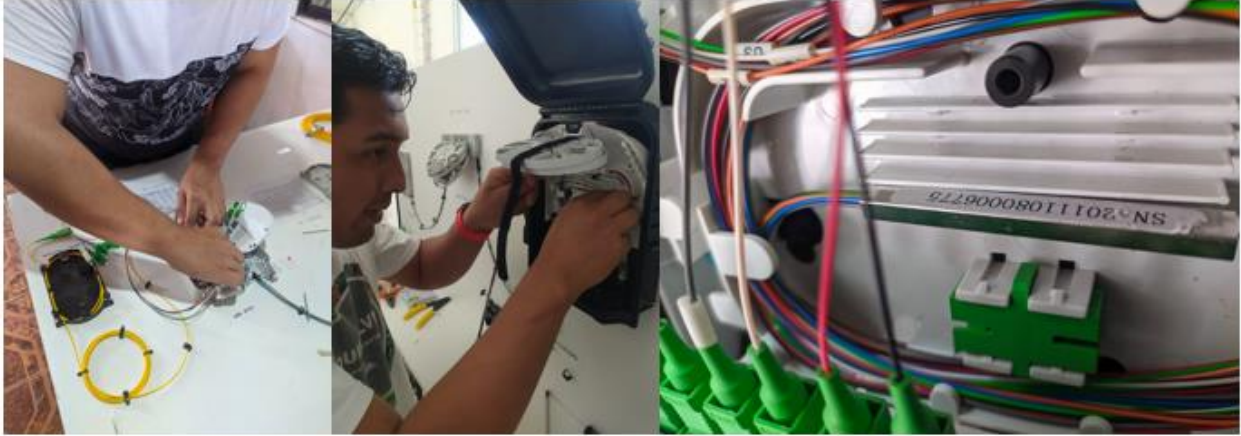
Anexo 1. Empalme de fibra óptica por el método de fusión.



Anexo 2. Armado de ODF – fusión de pigtails y splitter con el cable de red feeder.



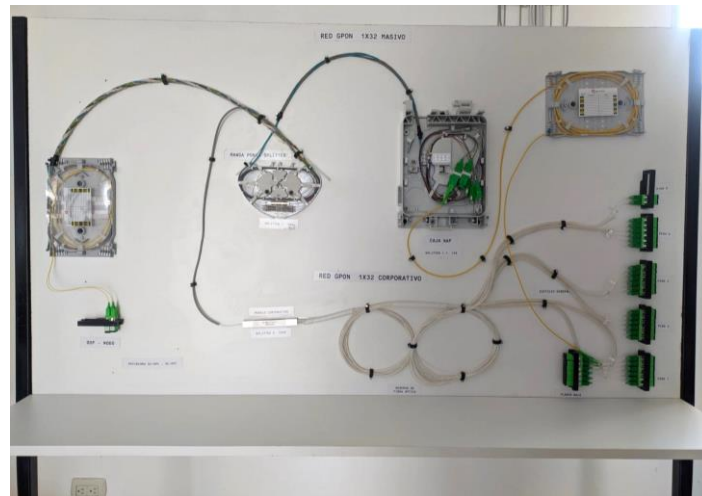
Anexo 3. Armado de mangas porta splitter –instalación del primer nivel de pliteo.



Anexo 4. Armado de NAPs – instalación del segundo nivel de spliteo



Anexo 5. Colocación de los soportes para los módulos didácticos.



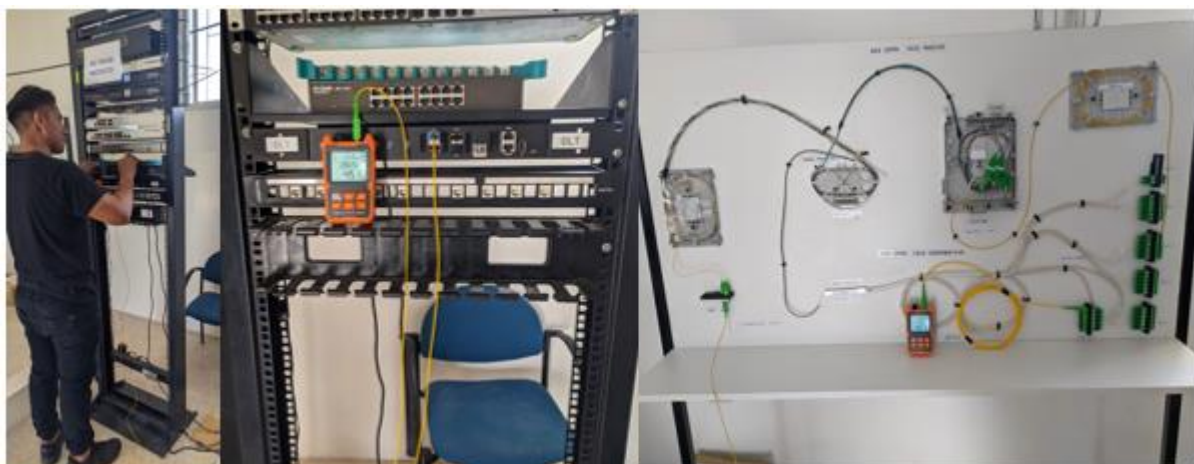
Anexo 6. Módulo de didáctico de red de planta externa GPON Ix32 masivo y corporativo





Anexo 7. Módulo de didáctico de red de planta externa GPON 1x64 masivo.



Anexo 8. Módulo de didáctico de red de planta externa GPON 1x128 masivo.



Anexo 9. Pruebas de mediciones con la potencia referente al OLT.

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA	
	DOCENTE:	

Anexo 10. Mediciones aplicando estándar ANSI/TIA/EIA-526.7 A para fibras SM.


CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Mediciones aplicando estándar ANSI/TIA/EIA-526.7 A para fibras SM.	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> Aplicar el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7A utilizando los medidores MINI OPM para realizar enlaces de fibra óptica monomodo.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

3 | MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
<ol style="list-style-type: none"> Fuente de luz óptica. Optical Power Meter. Pachtcord. 	<ol style="list-style-type: none"> Cuardeno. Esfero.
 <p>Fuente de luz óptica. (OLT o VFL)</p>	 <p>Optical Power Meter. (Mini-OPM + VFL)</p>
	 <p>Pachtcord.</p>

4 | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En el desarrollo de la práctica se utilizó el módulo didáctico que contiene la Red GPON 1x32 masivo, los paso a continuación son los adecuados para conocer el correcto armado o instalación de una Red GPON, la normativa implementada nos beneficia a tener un orden al momento de la instalación de un enlace de fibra e ir comprobando por tramos el estado de la Red. El estándar dado ANSI/TIA/EIA-526.7 se muestra a continuación de los pasos a realizar.

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

ANSI/TIA/EIA-526.7A para fibra SM.



ANTES DE LA INSTALACIÓN

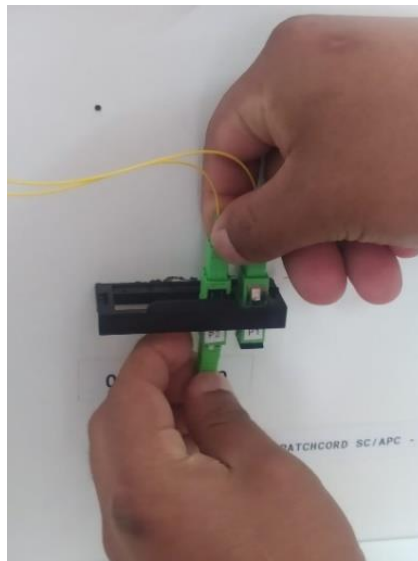
Antes de la instalación debemos comprobar que nuestros elementos pasivos se encuentren en buen estado, para realizar la prueba de los componentes pasivos podemos usar un VFL o un OLT; y junto con un OPM se procede a verificar que el valor emitido por VFL o OLT este dentro de su rango, para así tomarlo como valor de referencia de las pruebas, presionando el botón REF del Mini-OPM.



VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite la OLT	4,65dB
------------------------	--------

Luego de tomar el valor como referencia, colocamos el cable que sale desde la OLT en un extremo de los acopladores donde se va a realizar la medición.



De un lado conectamos la entrada de la OLT y del otro extremo conectamos el Patch cord, el otro extremo del Patch cord lo conectamos en el segundo puerto de que tiene el OPM.



Encendemos el OPM y lo colocamos en una longitud de onda de 1310nm ya que a esa longitud de onda trabaja la OLT que estamos utilizando, el valor obtenido no debe superar los 0.3dB explicado por el estándar.



Medición de cables Patch cord 1.



Medición de cables Patch cord 2.

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	0,47 dB
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	0,11 dB

DURANTE DE INSTALACIÓN

Durante la instalación se recomienda realizar los siguientes pasos para verificar la correcta implementación del enlace de fibra que se está realizando; comprobando que nuestro enlace de fibra tenga continuidad en los diferentes tramos de la red por medio de luz óptica. Para

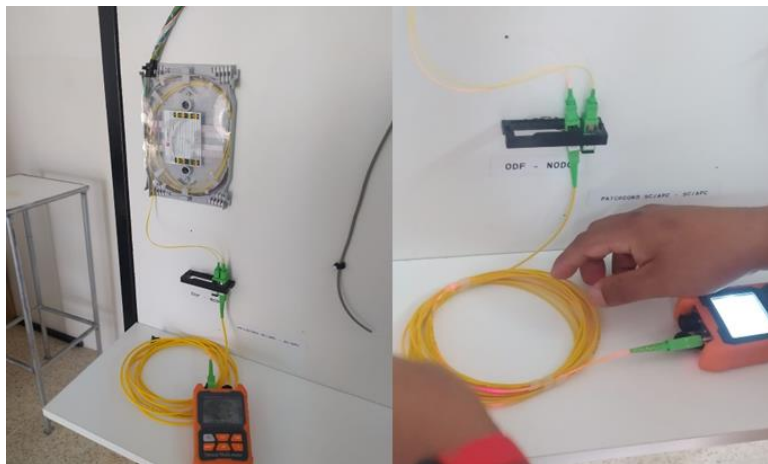


DOCENTE:

activar la función “VFL” del Mini-OPM se debe encender el equipo y presionar 2 veces el botón Light; el cual emitirá una luz óptica a una longitud de onda de 650nm en el puerto 1 del Mini-OPM; luego para utilizarla solamente se debe levantar su cubierta y colocarle un patch cord para realizar las respectivas pruebas.



Como primer tramo a medir continuidad del modelo didáctico red GPON 1x32 masivo, es la red feeder del modelo que comprende desde la ODF hasta la manga porta splitter; colocamos el puerto VFL del Mini-OPM al inicio de la Red y configuramos para que emita una luz óptica.



Verificamos que la luz óptica llegue hasta la manga porta splitter verificando así la continuidad del enlace.





Verificación de continuidad desde la ODF hasta la manga porta splitter

Observación

Continuidad estable entre ODF Y manga porta splitter

Para la siguiente comprobación se realiza el mismo procedimiento que realizamos en ver la continuidad desde la ODF hasta la MANGA, pero ahora desde la ODF hasta la NAP; verificando que la luz óptica llegue al final.



Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP

Observación

Continuidad estable entre ODF Y caja NAP

CERTIFICACIÓN

Para la certificación del enlace se emite el valor de la OLT hasta el punto de la red de distribución exactamente la caja NAP. Conectamos el OPM y tomamos un valor de referencia que emite la OLT ese valor se lo toma en la escala de 1310nm.



VALOR DE REFERENCIA

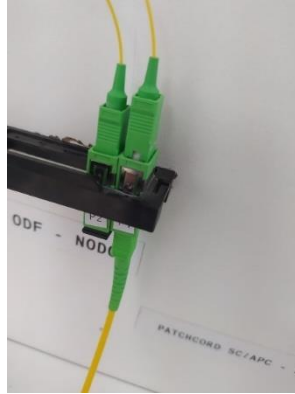
Valor que emite la OLT

4,62dB

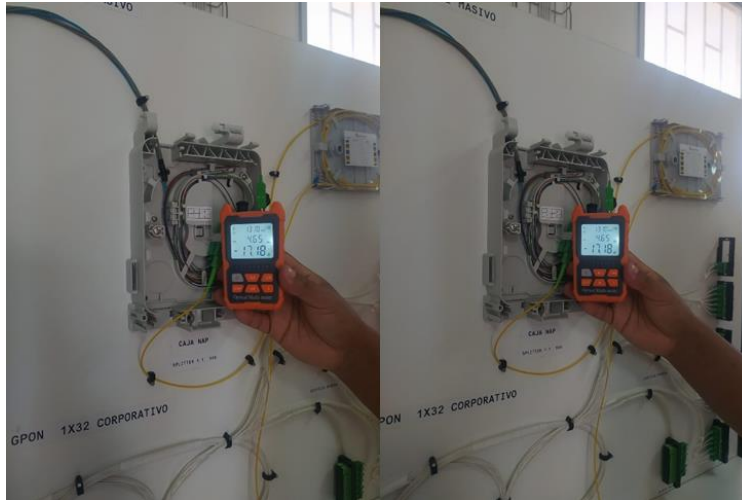


DOCENTE:

Conectamos el cable que viene desde la OLT al puerto P1 de la ODF-NODO verificamos que se encuentre bien conectado los conectores para que no sufra atenuación.



El OPM sin apagarlo y en la escala de 1310nm con su valor de referencia establecido, se conecta al final del enlace para verificar el total de atenuación que emite.



Resultados de la práctica de mediciones



Valor inicial de referencia de la OLT	4.65dB
Valor total de atenuación de la red	-17,18 dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA	
	DOCENTE:	

Anexo 11. Proceso de fusión y pruebas de spliteo en la manga porta splitter.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Proceso de fusión y pruebas de spliteo en la manga porta splitter	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

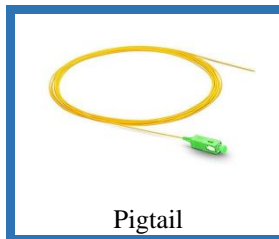
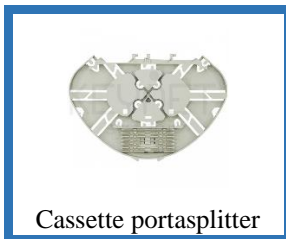
Realizar pruebas de niveles de spliteo en las mangas porta splitter de cada modelo de red, para la comprobación de un buen enlace de red de fibra.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO	
1. Fusionadora.	6. Adaptador SC.
2. Cortadora.	7. Pigtail.
3. Tubos termoretractiles.	8. Splitter 1:4 o 1:8
4. Peladora.	9. Pachtcord.
5. Cassete porta splitter.	10. Mini-OPM.

MATERIAL DE APOYO
1. Cuaderno.
2. Esfero.
3. Codigo de colores para fibra.
4. Tabla de niveles de spliteo.

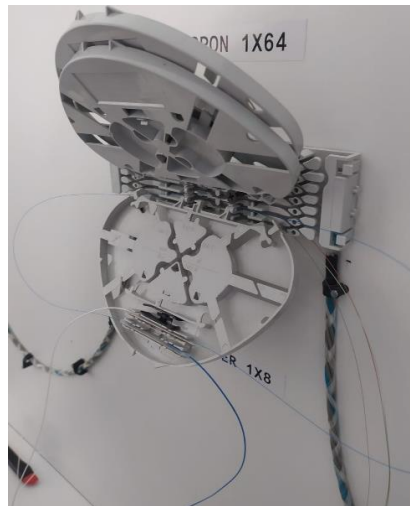




4 | DESARROLLO PRÁCTICO

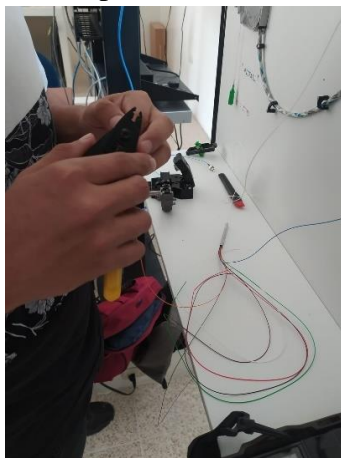
Para realizar esta práctica podemos utilizar los módulos didácticos de red GPON masivo de 1x32, 1x64 o 1x128; debido a que estas cuentan con Cassette porta splitter (manga) en su primer nivel de spliteo, además se debe considerar que la manga porta splitter contenga su nivel de spliteo conectado a la red de alimentación feeder para que a partir de este punto comience la red de distribución y realizar un sin número combinaciones de spliteo, tomando como referencia una arquitectura en cascada.

El Modelo elegido para esta práctica es el modelo de red GPON 1x64 masivo; el cual se procede a deshilar cuidadosamente los hilos, fusiones y splitter del Cassette de manga porta splitter del modelo dejando libre los hilos de salida del splitter para realizar trabajos con ella.



Luego se procede a realizar el proceso de fusión según el código de colores de fibra óptica; por lo tanto, como el hilo azul se fue utilizado en el modelo de red, proseguimos con el hilo naranja del splitter, éste se deberá fusionar a un pigtail SC/APC.

Primero quitamos el recubrimiento primario y secundario de la fibra aproximadamente 4 cm con la pinza peladora y luego se limpia los residuos.





DOCENTE:

Se ubica cuidadosamente el hilo de fibra en la cortadora de presión y luego se procede a cortar.



Se procede a realizar la fusión ubicando un tubillo termoretráctil en uno de los hilos y cuidadosamente se ubica los hilos en la fusionadora.



Para continuar con la fusión se procede a presionar el botón SET; si nos presenta alguna novedad como falla de motores, mal corte, entre otras, se sugiere que repita los anteriores pasos.

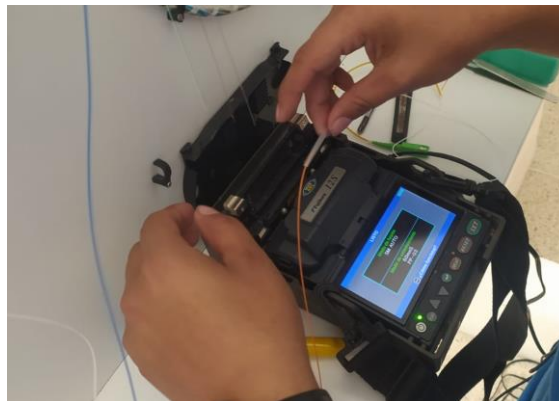




Pero si los cortes están correctos y no presenta ninguna novedad; se procederá a presionar el botón SET para continuar con la fusión.



Una vez terminado el proceso de fusión se abre la cubierta; cuidadosamente se abre los adaptadores y se saca la fibra, y corremos el tubo termoretráctil en la zona de la fusión.



Luego se coloca la fusión dentro del horno de la fusionadora y cerramos su cubierta. Para que la comenciar a calentar el empalme se debe presionar el botón HEAT de la fusionadora y esperamos la alarma (aproximadamente 8 seg).

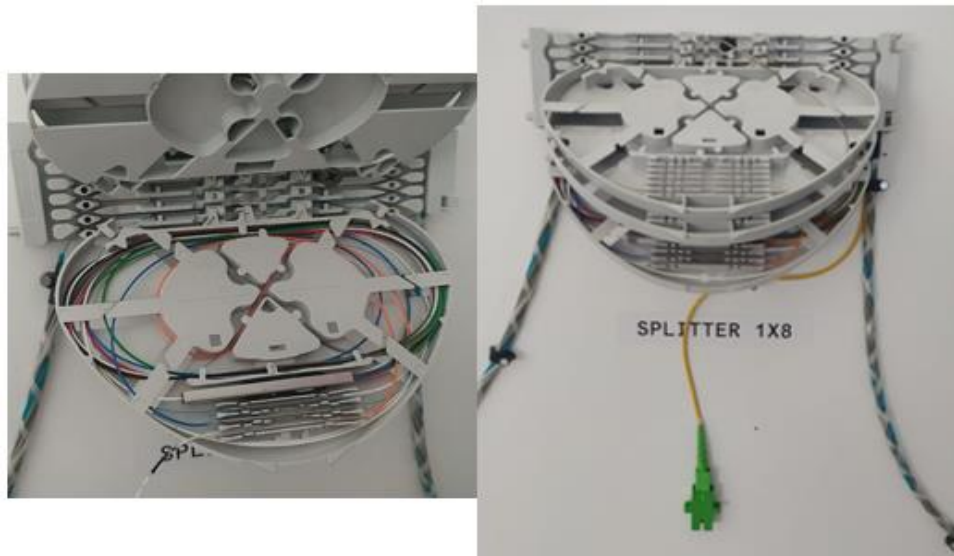




Luego procedemos a sacar la fusión del horno cuidadosamente y esperamos que se enfríe la zona del empalme.



Una vez terminado todo el proceso del empalme; se procede a colocar la fusión y a su vez organizar los hilos de fibra dentro del Cassette porta splitter (manga); dejando el conector SC del Pigtail conectado a al adaptador de salida.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la manga porta splitter	
Observación	Continuidad estable entre ODF y la manga porta splitter



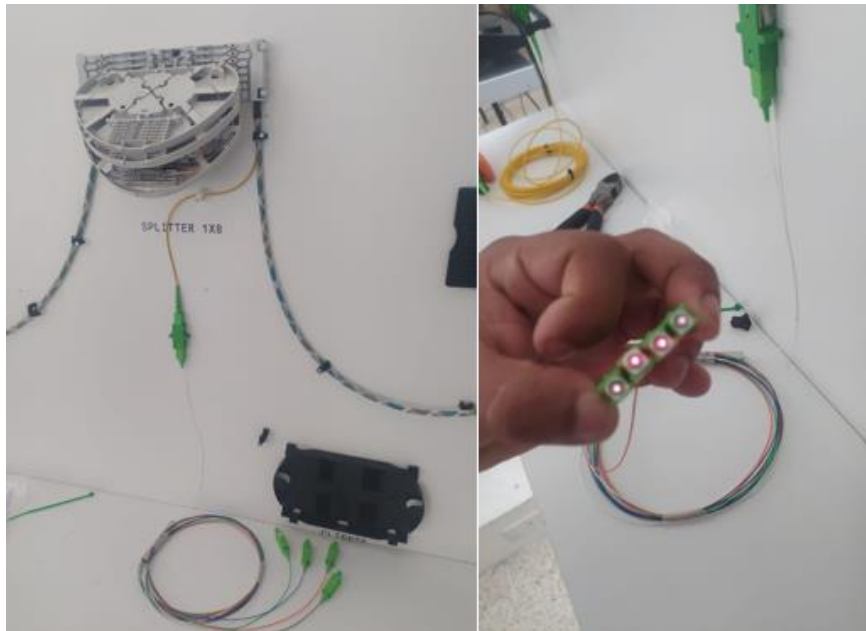
Prueba de medición de potencia final

Resultados de la práctica de mediciones

Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

Además, desde este punto se puede conectar splitter con conectores SC/APC para verificar sus pérdidas de potencia en una arquitectura en cascada.

Splitter PLC de 1:4



Se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta segundo nivel de spliteo

Observación	Continuidad estable entre ODF y la manga porta splitter
-------------	---

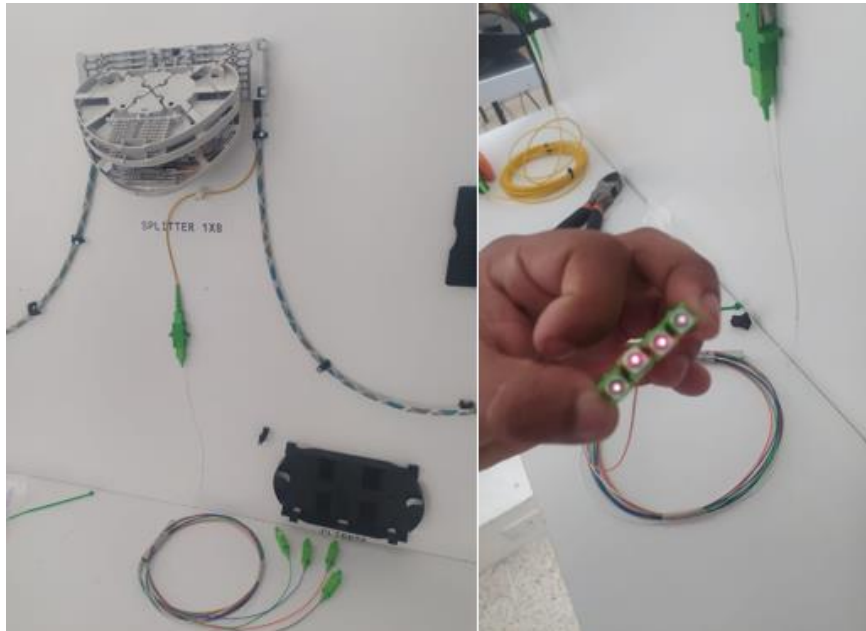
Prueba de medición de potencia final

Resultados de la práctica de mediciones

Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB



Splitter PLC de 1:8



Se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta segundo nivel de spliteo	
Observación	Continuidad estable entre ODF y la manga porta splitter

Prueba de medición de potencia final



Resultados de la práctica de mediciones	
Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA DOCENTE:	

Anexo 12. Armado de una caja de distribución FDF.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Armado de una caja de distribución FDF	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

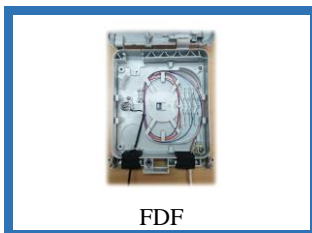
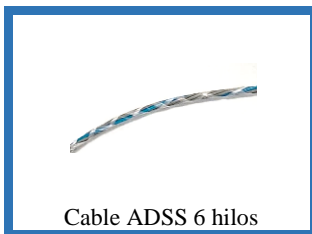
1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el armado de caja de distribución FDF colocando correctamente el cableado de los elementos pasivos para evitar pérdidas en el enlace.

2	FUNDAMENTO TEÓRICO

3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO	
1. Cable ADSS sangrado.	5. Caja FDF.
2. Fusionadora.	6. Splitter 1:8.
3. Cortadora.	7. Mini-OPM.
4. Peladora.	8. Pachtcord.

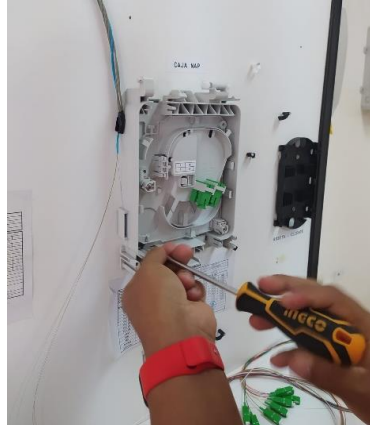
MATERIAL DE APOYO
1. Cuaderno.
2. Esfero.
3. Código de colores para fibra.



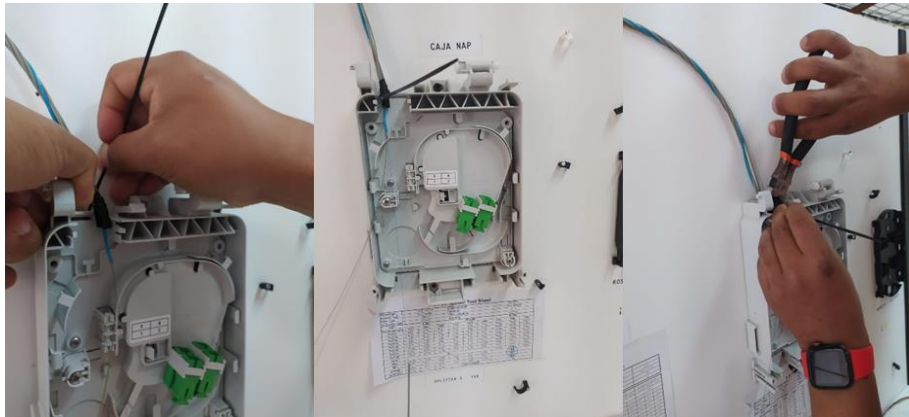
4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para realizar esta práctica podemos utilizar los modelos 1x32 y 1x128 de los módulos didácticos disponibles ya que los 2 cuentan con caja NAP de piso y niveles de spliteo, se debe realizar un correcto armado de caja NAP ya que es la zona más propensa a recibir atenuación debido a los splitter y las fusiones realizadas. Modelo elegido para esta práctica es 1x128

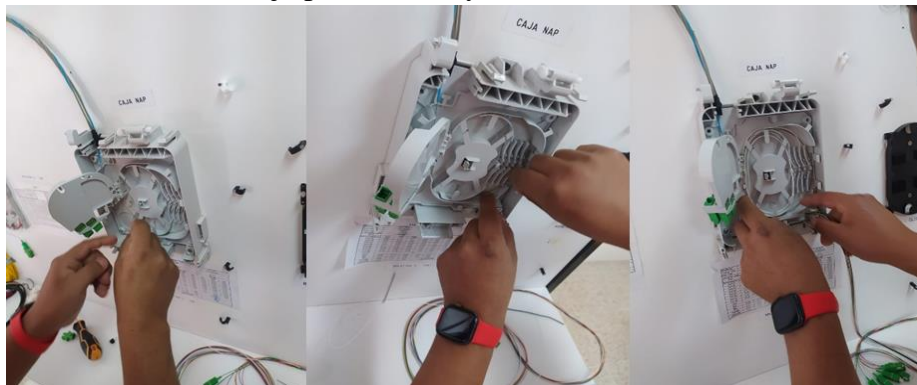
masivo, como primer paso se debe atornillar la caja NAP de piso en el tablero asegurando que quede en una posición firme y ajustada.



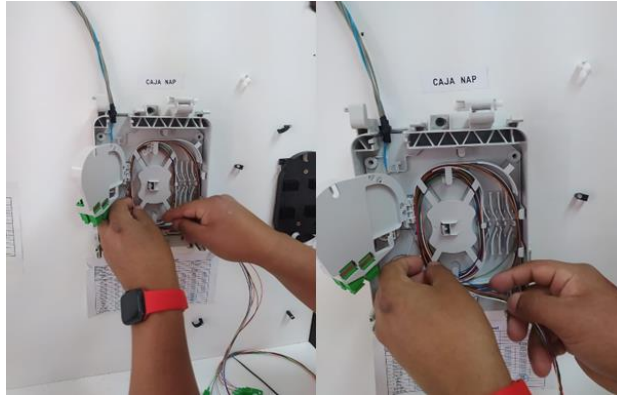
Ingreso de la fibra por la parte superior de la caja con ayuda de una amarra asegurar el cable de fibra para que no tenga mucha movilidad de salirse de la caja.



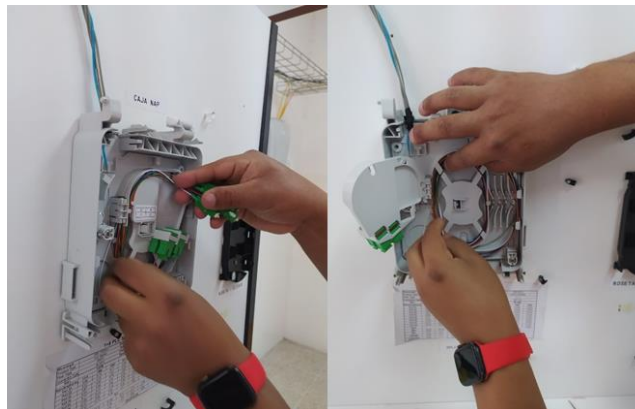
Recordar que para este punto la fibra que ingreso por la parte superior de la caja NAP se debe encontrar fusionada con el splitter de segundo nivel, una vez obtenido ese paso se procede a realizar las vueltas en la bandeja porta fusión y el hilo de la fibra.



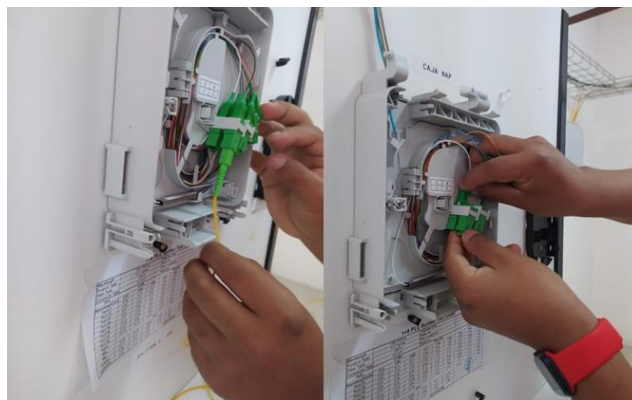
Una vez organizado la fusión con la fibra externa, se procede a dar vuelta a los hilos del splitter en la bandeja considerando no dejar curvas muy cerrada por lo que provoca atenuación al momento de medir la potencia.



El splitter se lo coloca en la parte inferior o superior de la caja asegurada con amarra, el resto de los puertos de los splitter se les continúa dando vuelta no por completo ya que se debe cerrar la tapa donde se encuentran el bobinado de fibra.



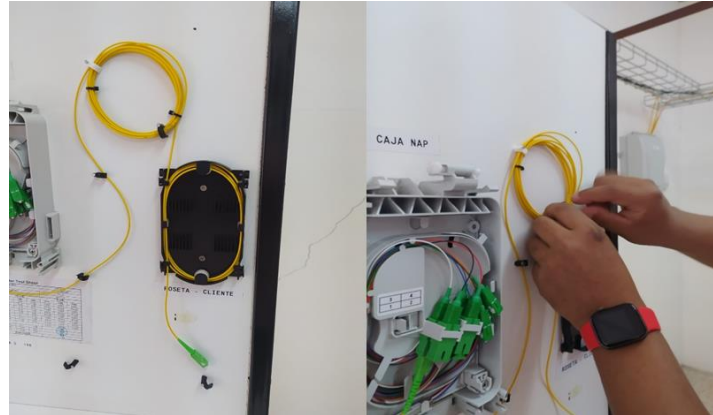
Se conecta los splitter en los acopladores que tiene la caja NAP de piso y en la salida se conecta un Patch cord.





DOCENTE:

Desde la caja NAP de piso sale el cable Patch cord que continua con el recorrido hasta el cliente dejando por el camino reserva de fibra en caso de algún daño a futuro.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red 1x128 masivo.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP

Observación	Continuidad estable entre ODF y la NAP
-------------	--

Prueba de medición de potencia final de la Red GPON 1x128 MASIVO

Resultados de la práctica de mediciones



Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA DOCENTE:	

Anexo 13. Armado de una caja NAP de tendido aérea.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Armado de una caja NAP de tendido aérea	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

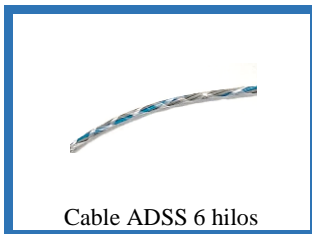
Realizar el armado de caja NAP aérea colocando correctamente el cableado de los elementos pasivos para evitar pérdidas en el enlace.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO	
1. Cable ADSS sangrado.	5. Caja FDF.
2. Fusionadora.	6. Splitter 1:8.
3. Cortadora.	7. Mini-OPM.
4. Peladora.	8. Pachtcord.

MATERIAL DE APOYO
9. Cuaderno.
10. Esfero.
11. Código de colores para fibra.



4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para realizar esta práctica podemos utilizar el módulo didáctico 1x64 ya que cuentan con caja NAP aérea y niveles de spliteo, se debe realizar un correcto armado de caja NAP ya que es la zona más propensa a recibir atenuación debido a los splitter y las fusiones realizadas.

Modelo elegido para esta práctica es 1x64 masivo, como primer paso se debe atornillar la caja NAP aérea en el tablero asegurando que quede en una posición firme y ajustada,

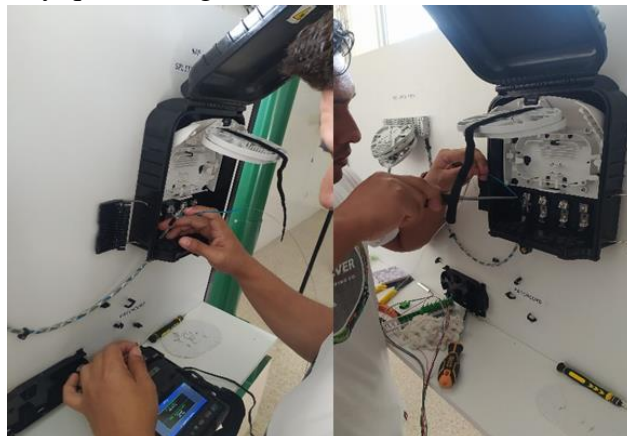
recordando que esta caja trae su propia bandeja porta fusión y su bandeja para ordenar el cable del splitter.



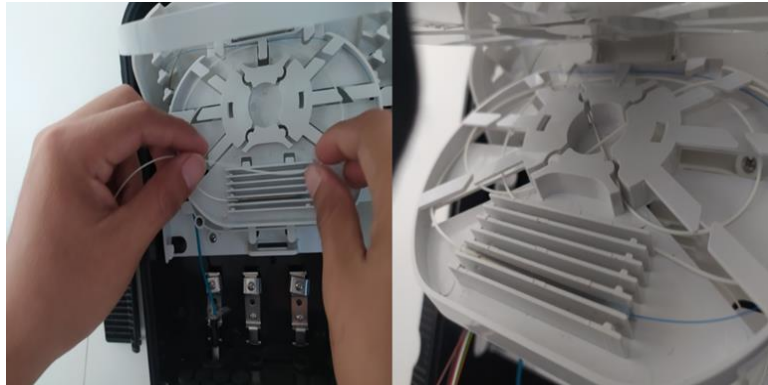
Segundo paso a realizar es colocar la caja porta splitter y atornillamos para dejarla ajustada y poder continuar con el paso 3.



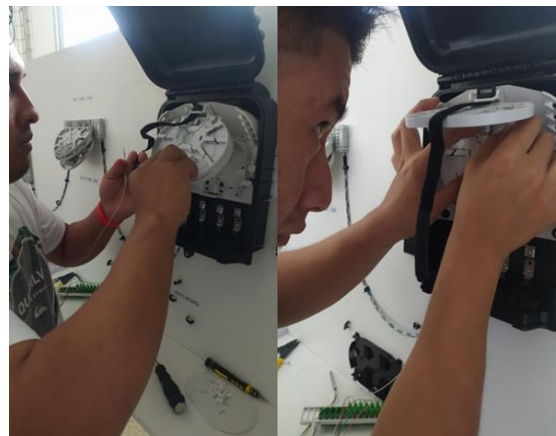
Ingreso de la fibra por la parte inferior de la caja NAP aérea y con ayuda de una amarra o la cubierta de alambre que cuenta el cable ajustarla en la parte inferior donde se atornilla, para asegurar el cable de fibra y que no tenga mucha movilidad de salirse de la caja.



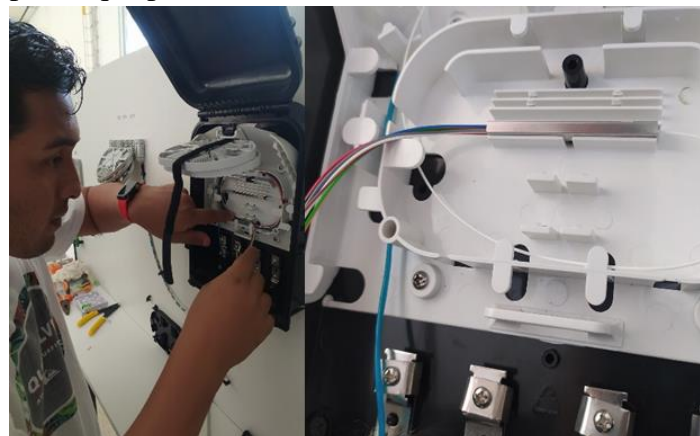
Recordar que para este punto la fibra que ingreso por la parte inferior de la caja NAP aérea se debe encontrar fusionada con el splitter de segundo nivel y colocar la fusión en sus bandejas.



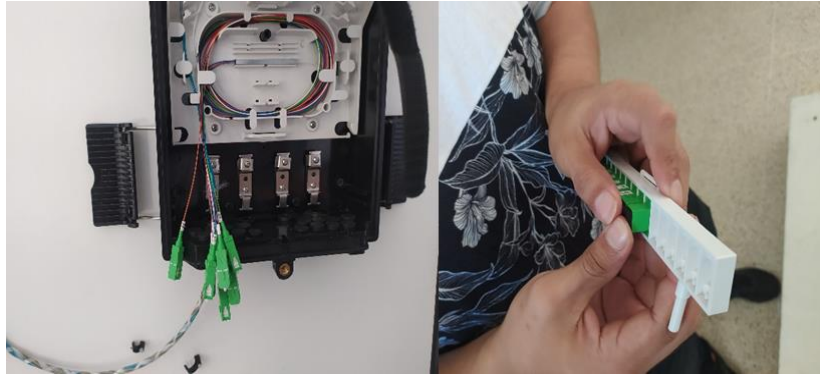
Luego se procede a realizar la vuelta del hilo de fibra en la bandeja porta fusión.



Una vez organizado la fusión con la fibra externa, se procede a colocar el splitter y ajustarlo y dar vuelta a los hilos de fibra del splitter en la bandeja interior, considerando no dejar curvas muy cerrada por lo que provoca atenuación al momento de medir la potencia.



El splitter se lo coloca en la parte interior de la caja asegurada en el espacio designado para el splitter, el resto del cableado con conectores del splitter se les continúa dando vuelta en la parte interior donde se encuentra también la parte principal del splitter, también organizamos la barra de acopladores para conectarlos.



Se conecta la barra acopladores en la parte interna de la caja NAP Aérea asegurándose que los acopladores se encuentren bien ajustado y libre de suciedad verificando que contengan su respectiva protección.



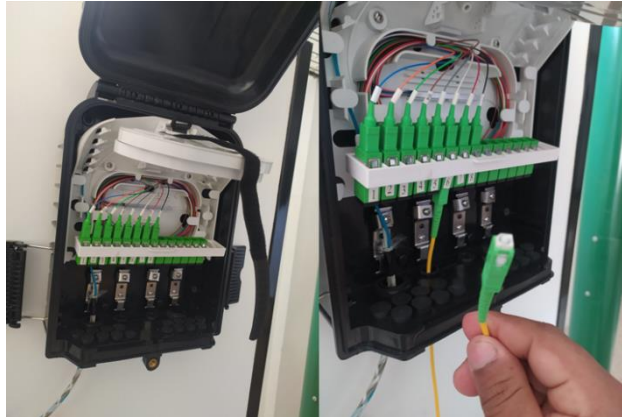
Se retira la protección de la barra de acopladores y se conecta los splitter asegurando que se conecte de manera correcta y ajustada, conectamos las salidas de los splitter siguiendo el código de colores en fibra.

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





Ingresamos el Patch cord por la parte inferior de la caja NAP y lo conectamos en una de las salidas de los acopladores para verificar el funcionamiento.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red 1x64 masivo.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP

Observación	Continuidad estable entre ODF y la NAP
-------------	--

Prueba de medición de potencia final de la Red GPON 1x64 MASIVO

Resultados de la práctica de mediciones



Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA DOCENTE:	

Anexo 14. Implementación de una red de dispersión.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Implementación de una red de dispersión.	DURACIÓN
ALUMNO		4h

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

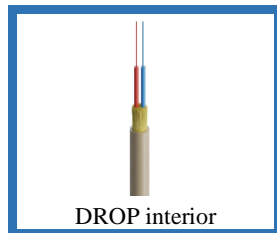
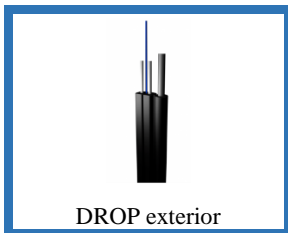
Implementación de una red de dispersión colocando correctamente el cableado de los elementos pasivos utilizados para evitar pérdidas en el enlace.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO	
1. Cable DROP exterior.	7. NAP armada.
2. Cable DROP interior.	8. Cortafrio.
3. Fusionadora.	9. Roseta.
4. Cortadora.	10. Adaptador SC.
5. Tubos termoretractiles.	11. Pachtcord.
6. Peladora	12. Mini-OPM.

MATERIAL DE APOYO
5. Cuaderno.
6. Esfero.
7. Código de colores para fibra.

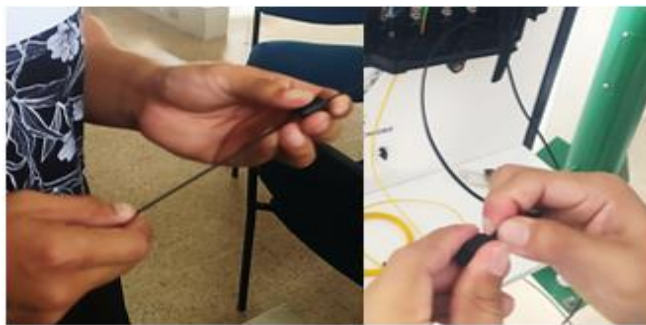




4 | DESARROLLO PRÁCTICO

Para realizar esta práctica podemos utilizar los módulos didácticos de red GPON masivo de 1x32, 1x64 o 1x128; debido a que estas cuentan con una caja NAP en su último nivel de spliteo, para la está práctica se considerar el correcto armado de la caja NAP, ya que a partir de este punto termina la red de distribución y comenzará la red de dispersión; el cual tiene como objetivo repartir acceso a la red a cada abonado. Esta red está formada por cables de acometida (normalmente son cables DROP G.657A1 para exteriores e interiores) que van desde la NAP, pasan por una FDF, y llegan hacia una roseta óptica.

El Modelo elegido para esta práctica es el modelo de red GPON 1x64 masivo que tiene como punto de acceso óptico exterior una NAP aérea; como primer paso se debe preparar el cable DROP G.657A1 para exteriores, separando las fibras del mensajero, con la ayuda de un cortafrío realizando un pequeño corte entre ellas; luego se debe elegir el puerto de entrada para cable DROP de caja, sacando el tapón de protección y pasando el cable por el orificio, para asegurar el cable en la caja se debe perforar el tapón con el mensajero de cable y luego pasar el cable de las fibras la perforación que se realizó de la siguiente manera:



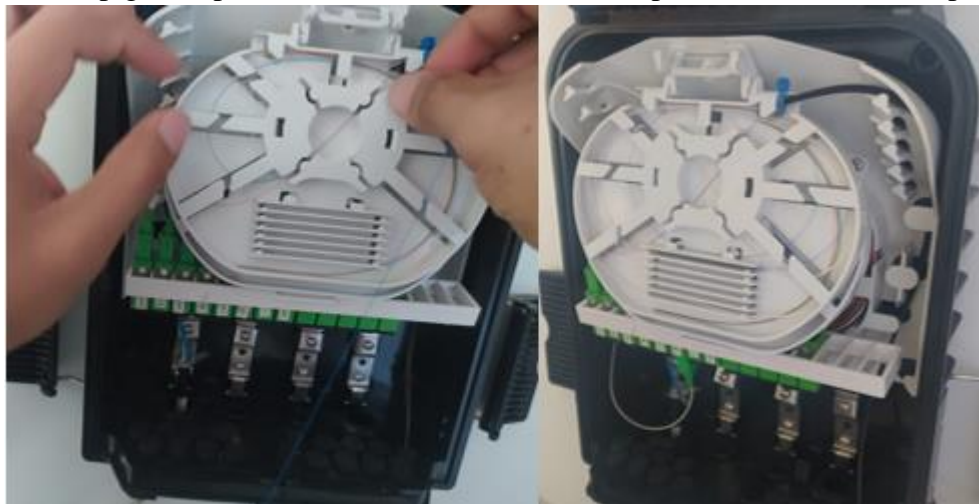
Una vez pasado el cable de fibra se debe colocar el tapón en el orificio del puerto de entrada de la caja y cortar el sobrante del mensajero, dejando unos 50cm de cable dentro de la caja como reserva o futuras instalaciones; luego se debe separar las fibras con la ayuda del cortafrío realizando un pequeño corte en medio del cable dejando de 20cm a 25cm para la fusión y embobinar en el cassette porta fusión de la siguiente manera:



Luego de ubicar el cable DROP correctamente dentro de la caja, se procede a fusionar un pigtail o la mitad de un patch cord SC/APC con el hilo azul del cable DROP de acuerdo el código de colores de fibra óptica:



Una vez realizado el empalme por el método de fusión, se procede a colocar la fusión y a su vez organizar los hilos de fibra dentro del cassette porta fusión; dejando por último el conector SC del pigtail o patch cord SC conectado a los adaptadores de salida del splitter.



Una vez terminada la conexión del cable de dispersión se dejará una reserva para mantenimiento o futuras instalaciones; a partir de este punto tenemos dos maneras de instalación:

- La primera opción es dirigir directamente el cable DROP exterior hasta la roseta óptica;
- La segunda opción es dirigir el cable DROP exterior hacia una FDF y fusionarlo con un cable DROP para interiores; y luego con el cable DROP para interiores pasar hacia la roseta óptica.

Primera opción

Comenzaremos con la instalación de la roseta óptica en el tablero.



Hacemos llegar el cable DROP para exteriores hacia la roseta y sacamos sus hilos con ayuda de un cortafrío, debe quedar de la siguiente manera:



Procedemos a fusionar el hilo azul del cable DROP para exteriores con el pigtail designado para de la roseta óptica.





DOCENTE:

Luego se procede a colocar la fusión y a su vez organizar los hilos de fibra dentro de la roseta; dejando el conector SC del pigtail conectado a al adaptador de salida de la roseta.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red 1x64 masivo.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la roseta

Observación	Continuidad estable entre ODF y la NAP
-------------	--

Prueba de medición de potencia final de la Red GPON 1x64 MASIVO

Resultados de la práctica de mediciones

Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

Segunda opción

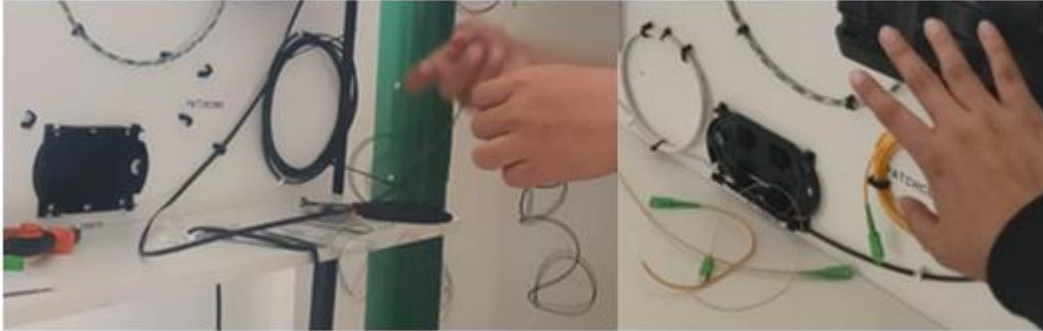
Comenzaremos con la instalación de la FDF en este caso se utilizará la bandeja o cassette que se encuentra instalada en el modelo de red denominada cliente.





DOCENTE:

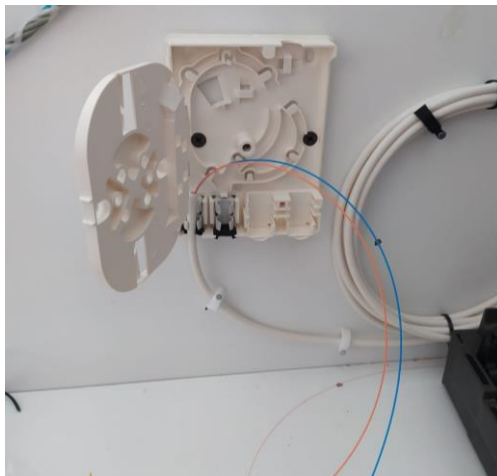
Hacemos llegar el cable DROP para exteriores e interiores hacia la FDF y sacamos sus hilos con ayuda de un cortafrío, debe quedar:



Procedemos a fusionar el hilo azul del cable DROP para exteriores con el hilo azul del cable DROP para interiores.



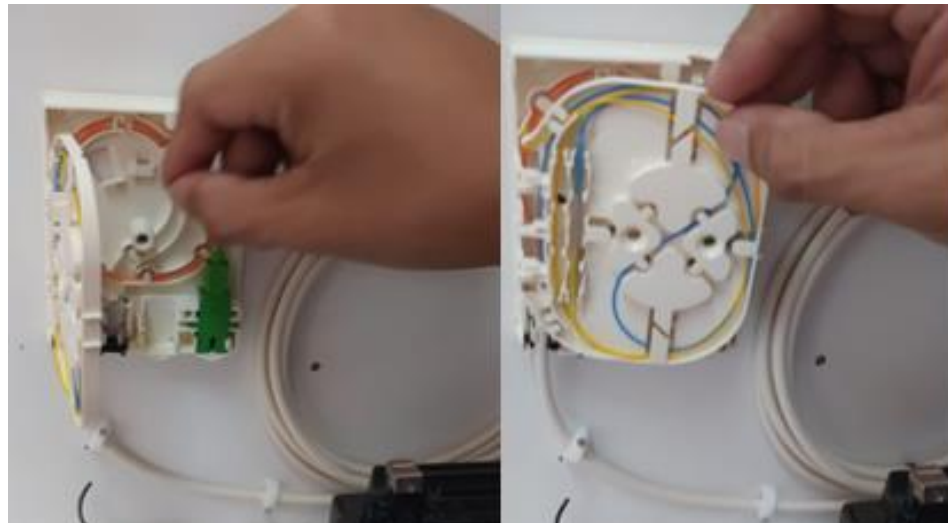
Una vez fusionado se instala la roseta óptica en el tablero y se coloca el cable DROP para interiores de la siguiente manera:



Procedemos a fusionar el hilo azul del cable DROP para interiores con el Pigtail designado para de la roseta óptica.



Luego se procede a colocar la fusión y a su vez organizar los hilos de fibra dentro de la roseta; dejando el conector SC del pigtail conectado a al adaptador de salida de la roseta.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del modelo de red 1x64 masivo.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patch cord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la roseta	
Observación	Continuidad estable entre ODF y la NAP



DOCENTE:

Prueba de medición de potencia final de la Red GPON 1x64 MASIVO

Resultados de la práctica de mediciones

Valor inicial de referencia de la OLT	---- dB
Valor total de atenuación de la red	---- dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA



Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones

Telecomunicaciones

Señor

Ing. Washington Torres Guin, MSc.

Decano de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.

Universidad Estatal Península de Santa Elena.

De mis consideraciones.

Cumplo con informar el resultado obtenido en la revisión de antiplagio sobre el sistema URKUND, del trabajo de titulación DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA REDES DE PLANTA EXTERNA GPON EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA. Elaborado por los Sres. MALDONADO PEÑAFIEL ÁNGEL JUNIOR y PANCHANA CONFORME JOEL FRANCISCO, el resultado es el siguiente.

Original

Document Information

Analyzed document	Tesis - Módulos de planta externa GPON (2).docx (D143199675)
Submitted	8/23/2022 10:13:00 PM
Submitted by	Juan Arroyo Pizarro
Submitter email	jarroyo@upse.edu.ec
Similarity	10%
Analysis address	jarroyo.upse@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2020/202012_Boletin_Multiproposito_Tics.pdf Fetched: 8/23/2022 10:13:00 PM	88	1
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / Tesis - Módulos de Planta Interna - Jasson Lindao - Victor Plua.docx Document Tesis - Módulos de Planta Interna - Jasson Lindao - Victor Plua.docx (D143199451) Submitted by: jarroyo@upse.edu.ec Receiver: jarroyo.upse@analysis.orkund.com	88	75
SA	TESIS20ACOSTA-VERGEL20URKUND20PLAGIO.pdf Document TESIS20ACOSTA-VERGEL20URKUND20PLAGIO.pdf (D131128335)	88	1
SA	Acosta-Vergel urkund.docx Document Acosta-Vergel urkund.docx (D131652897)	88	2
SA	TESIS MARCO REMACHE FINAL.pdf Document TESIS MARCO REMACHE FINAL.pdf (D21520770)	88	1

Atentamente:

Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro

Docente