



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

CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previa a la obtención de Título de:

INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

“Diseño e implementación de módulos didácticos de conmutación y transmisión de redes de planta interna GPON, en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.”

AUTORES

Jasson Geovanny Lindao Rosales

Víctor Miguel Plúa Quimis

PROFESOR TUTOR

Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro, MSc.

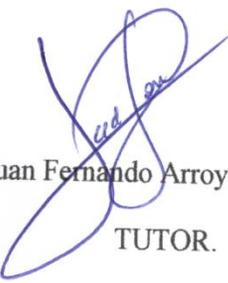
LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: "Diseño e implementación de módulos didácticos de conmutación y transmisión de redes de planta interna GPON, en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena." Elaborado por los estudiantes **Jasson Geovanny Lindao Rosales** y **Víctor Miguel Plúa Quimis**, 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 Fernando Arroyo Pizarro, Mgt.

TUTOR.

DEDICATORIA

La presente culminación de proyecto se la dedico a mis padres a mi hermana, a mi familia, amigos y docentes, ingenieros, por ser un pilar fundamental en el desarrollo personal del aquí presente, por haber brindado y contribuido con un granito de arena en lo que se ha logrado el día de hoy, por nunca dejarme solo.

Mamá, Papá tomo un poco de tiempo, más de lo que habíamos planeado, pero lo hicimos, todo el esfuerzo, toda la dedicación, el cansancio y las ganas infinitas de lograr esta meta es para Marissa mi hermana, mi motor y por quien sigo adelante hasta el día de hoy.

Jasson Lindao Rosales.

Dedico el presente proyecto de investigación a mis padres que sin duda alguna me han brindado su apoyo incondicional, y más aun acompañándome e inculcándome los buenos principios de la vida, a mi hermana por demostrarme que los objetivos si se cumplen con fe y esfuerzo, que no importa los obstáculos mientras nos proponemos una meta. Por todos ellos, seguiré luchando por un porvenir mejor.

Víctor Plúa Quimis.

AGRADECIMIENTO

Sin lugar a duda a Dios, por permitirme estar aquí, por darme excelentes padres, amigos y docentes que han estado en las buenas, en las malas y peores.

A mis padres por confiar en mí, por darme muchas oportunidades para poder seguir adelante y darme la motivación para cumplir una meta más.

A Joel, Ángel, Freddy, Andrea, Zully, Mabellyn, Diego y Víctor porque hasta el punto de hoy ya no los considero mis amigos sino mi familia, mis hermanos, en las clases, proyectos, exámenes altibajos que se vivieron a lo largo de todo este camino. A los ingenieros, Ing. Mónica Jaramillo por siempre recibirnos con una sonrisa, Ing. Arroyo por ser guía en la culminación de este trabajo, y al Ing. Washington Torres, “No serás, ni el primero ni el último, que se ha quedado, eres joven así que sigue adelante”, fueron palabras que me ayudaron a continuar.

Jasson Lindao Rosales.

Porque me ha brindado la sabiduría, el conocimiento, la salud y fuerzas para seguir adelante. ¡Gracias! Jehová Dios porque tú me permites estar en pie de lucha día tras día.

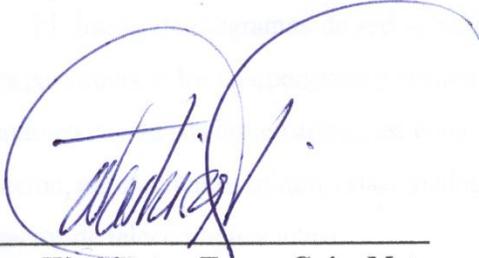
A quienes siempre me han aconsejado que estudie, que me prepare con el objetivo de siempre superarme y tener mejores oportunidades en la vida. ¡Gracias!, a toda mi familia y más aún a mi madre querida Cilia Quimis y a mi padre Klever Plúa por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas sin importar los resultados.

Me has enseñado que un resbalón no es caído que debo ser constante, que nada es fácil, que todo logro es posible si uno realmente lo desea y se esmera por conseguirlo. ¡Gracias! Queridas hermanas Karina Plúa y Evelyn Quimis.

Jasson Lindao. ¡Gracias!, por permitir realizar este proyecto de investigación juntos, sin tu ayuda me hubiera tomado más tiempo en lograr este objetivo. Gracias Ing. Arroyo por permitir aportar a la culminación de este proyecto de investigación como tutor académico y a todos los docentes de la presente carrera por haber aportado de su conocimiento para la enseñanza de formar grandes líderes. ¡Gracias!

Víctor Plúa Quimis.

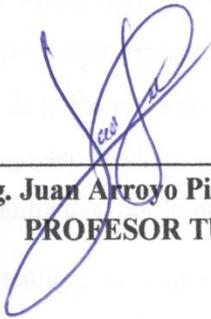
TRIBUNAL DE GRADO



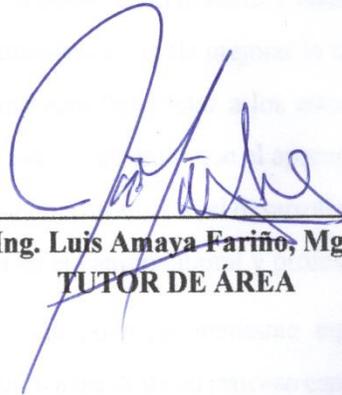
**Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD**



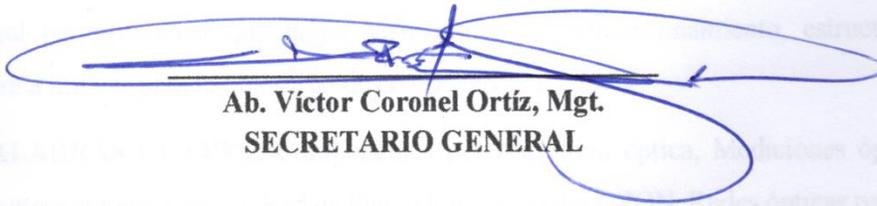
**Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA**



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



**Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
TUTOR DE ÁREA**



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

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo diseñar e implementar tres paneles o tableros didácticos que representen una red de fibra óptica pasiva interna de fábrica, con componentes activos para la transmisión e intercambio de datos en diferentes ámbitos como local, empresarial e industrial, así como componentes pasivos, tales como la forma de comunicarse o vincularse.

El diseño de diagramas de red se realizará a través de investigaciones en la teoría básica para conocer los componentes y elementos utilizados para implementar dichos paneles teniendo en cuenta sus dimensiones, así como análisis de especificaciones y estándares para definición, enrutamiento, spliteo, relacionados con el diseño de red de la planta interna pisos y espacios de telecomunicaciones.

De esta forma se podrán representar el mayor número posible de escenarios de enlace o implementación de redes GPON en los que se puedan aplicar y practicar los conocimientos adquiridos por el docente en el aula los cuales se representarán en la práctica y como técnica evolutiva utilizando módulos de representación didáctica con el fin de mejorar la calidad de la educación, esta propuesta de solución está diseñada para beneficiar a los estudiantes y docentes de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, haciendo que el aprendizaje sea más pedagógico, visual y analítico, lo que sin duda ayudará a promover, el desarrollo e interés de los estudiantes, por lo que tendrán más experiencia en el campo laboral y profesional.

También se realizaron pruebas de medición de potencia mediante equipos de medición VLF y medidores PON, de pérdida o atenuación a partir de un proceso especificado en el estándar aplicable para medir enlaces de fibra óptica (ANSI/TIA/EIA-526.7. A).

El modelado de los módulos didácticos se realizó en el software de diseño 3D Sketch Up, el cual permitió tener una mejor visión sobre el dimensionamiento, estructura o arquitectura a utilizar para la ubicación de componentes a utilizar.

PALABRAS CLAVES: Componentes pasivos, Fibra óptica, Mediciones ópticas, Pérdidas y atenuaciones ópticas, Red de Planta Interna, Redes GPON, Redes ópticas pasivas.

ABSTRACT

The objective of this technological proposal is to design and implement three didactic panels or boards that represent a factory internal passive fiber optic network, with active components for the transmission and exchange of data in different areas such as local, business, and industrial, as well as passive components, such as how to communicate or link.

The design of network diagrams will be done through research in basic theory to know the components and elements used to implement such panels considering its dimensions, as well as analysis of specifications and standards for definition, routing, spliteo, related to the network design of the internal plant floors and telecommunications spaces.

In this way it will be possible to represent the largest possible number of link scenarios or implementation of GPON networks in which the knowledge acquired by the teacher in the classroom can be applied and practiced, which will be represented in practice and as an evolutionary technique using didactic representation modules in order to improve the quality of education, This proposed solution is designed to benefit students and teachers of the Faculty of Systems and Telecommunications, making learning more pedagogical, visual and analytical, which will undoubtedly help to promote the development and interest of students, so they will have more experience in the labor and professional field.

Power measurement tests were also carried out using VLF measurement equipment and PON meters, loss or attenuation from a process specified in the applicable standard for measuring fiber optic links (ANSI/TIA/EIA-526.7. A).

The modeling of the didactic modules was done in the 3D design software Sketch Up, which allowed us to have a better view on the sizing, structure, or architecture to be used for the location of components to be used.

KEY WORDS: Passive components, Fiber optics, Optical measurements, Optical losses and attenuations, Internal plant network, GPON networks, Passive optical networks.

DECLARACION

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.

Jasson Geovanny Lindao Rosales.

AUTOR.

Victor Miguel Plúa Quimis.

AUTOR.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
APROBACION DEL TUTOR	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
DECLARACION	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVII
1.INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 MARCO REFERENCIAL	3
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	7
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO	8
1.7 METODOLOGÍA	9
1.8 RESULTADOS ESPERADOS	10
CAPÍTULO II.....	12
2.1 MARCO CONTEXTUAL	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL	13
2.2.1 SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	13
2.2.2 COMUNICACIONES ALÁMBRICAS	14
2.2.3 PAR TRENZADO	15
2.2.4 CABLE COAXIAL	17
2.2.5 FIBRA ÓPTICA	18
2.2.6 INTRODUCCIÓN A REDES ÓPTICAS.....	49
2.2.7 SISTEMA DE COMUNICACIONES OPTICAS	50
2.2.8 FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS PON	53
2.2.9 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDAR PON	58
2.2.10 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDAR PON	62
2.2.11 RED FTTx	63

2.2.12 REDES FTTH – FIBRA ÓPTICA EN ECUADOR.....	66
2.2.13 TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN	69
2.3 MARCO TEÓRICO	70
CAPÍTULO III	72
3.1 ANÁLISIS	72
3.2 PLANTA EXTERNA.....	73
3.3 PLANTA INTERNA.....	75
3.3.1 ESPACIO DE TELECOMUNICACIONES - PLANTA INTERNA.....	76
3.3.2 CABLEADO ESTRUCTURADO PARA PLANTA INTERNA.....	77
3.4 ELEMENTOS DE ARQUITECTURA PARA PLANTA INTERNA	82
3.4.1 ELEMENTOS ACTIVOS	82
3.4.2 ELEMENTOS PASIVOS	86
3.4.3 ELEMENTOS NO ÓPTICOS	97
3.5 NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE RED ODN	101
3.5.1 DISEÑO DE RED FEEDER	104
3.5.2 DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN.....	106
3.5.3 DISEÑO DE RED DE DISPERSIÓN	108
3.6 MODELOS DE RED GPON	109
3.6.1 MODELO MULTIACCESO.....	110
3.6.2 MODELO CORPORATIVO / EDIFICIOS (10 PISOS).....	110
3.6.3 MODELO PARQUE INDUSTRIAL (CAMPUS).....	111
3.6.4 MODELO RADIO BASE 3G / 4G	111
3.7 IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE PLANTA INTERNA.....	112
3.7.1 PELADORA DE FIBRA ÓPTICA	112
3.7.2 CORTADORA DE PRECISIÓN DE FIBRA ÓPTICA.....	113
3.7.3 FUSIONADORA DE FIBRA ÓPTICA	114
3.7.4 PELADORA LONGITUDINAL DE FIBRA ÓPTICA	115
3.8 ELEMENTOS PARA MEDICIONES EN REDES ÓPTICAS.....	116
3.8.1 MINI – OPM (VFL)	116
3.8.2 POWER METER (PON) – KPN-35.....	119
3.9 ESTÁNDARES Y NORMAS PARA PLANTA INTERNA GPON.....	120
3.9.1 NORMA ITU-T G.984	121
3.9.2 NORMA ISO / IEC 11801	122
3.9.3 ESTÁNDAR ANSI / TIA 598-D.....	123
3.9.4 ESTÁNDAR UL1666.....	126
3.9.5 ESTÁNDAR NFPA 262.....	126
3.9.6 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 568 B.3	126
3.9.7 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 568 – D	128
3.9.8 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 526 -7 A.....	130
3.10 PRESUPUESTO DE ATENUACIÓN ÓPTICA	134
3.11 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	137

3.11.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA	137
3.11.2 COSTOS DEL PROYECTO	139
CAPÍTULO IV	142
4.1 IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	142
4.2 DISEÑOS ESTRUCTURAL DE LOS MODELOS DIDÁCTICOS.....	143
4.2.1 DISEÑO DE COMPONENTES - PLANTA INTERNA	143
4.2.2 DISEÑO DE SOPORTE DE MÓDULOS DIDÁCTICOS	147
4.3 DISEÑOS DE MODELOS DE RED IMPLEMENTADOS.....	148
4.3.1 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL DWDM.....	151
4.3.2 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL MSAN	154
4.3.3 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL MÓVIL	157
4.4 DISEÑOS DE CONEXIÓN DE RED	159
4.4.1 CONEXIÓN DE RED TRONCAL DWDM	160
4.4.2 CONEXIÓN DE RED TRONCAL MSAN.....	162
4.4.3 CONEXIÓN DE RED TRONCAL MÓVIL	165
4.5 CALCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO	166
4.5.1 PRESUPUESTO ÓPTICO - RED TRONCAL DWDM	167
4.5.2 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN.....	168
4.5.3 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MÓVIL - RBS	170
4.6 PRUEBAS DE ATENUACIÓN EN MÓDULOS DIDÁCTICOS.....	171
4.6.1 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL - DWM	173
4.6.2 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL - MSAN.....	175
4.6.3 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL.....	178
4.7 COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICO – PRÁCTICOS	182
4.7.1 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRÁCTICO – DWM.....	182
4.7.2 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRACTICO – MSAN.....	183
4.7.3 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRACTICO - MÓVIL.....	185
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187
CONCLUSIONES.....	187
RECOMENDACIONES	188
BIBLIOGRAFÍA.....	190
ANEXOS.....	196

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema de Comunicaciones.....	13
Figura 2.2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Comunicaciones.	14
Figura 2.3. Cable de Par Trenzado y rango de frecuencia de operación.	16
Figura 2.4. Cable de Par Trenzado 4 hilos sin blindaje.	16
Figura 2.5. Cable de Par Trenzado 4 hilos con blindaje global.	16
Figura 2.6. Cable de Par Trenzado 4 hilos con blindaje individual.	17
Figura 2.7. Composición de Cable Coaxial y rango de operación.	18
Figura 2.8. Fibra Óptica.....	19
Figura 2.9. Tipos de Fibra Óptica.....	20
Figura 2.10. Fibra Óptica Monomodo.	20
Figura 2.11. Fibra Óptica Multimodo.....	22
Figura 2.12. Enlace de punto a punto.	23
Figura 2.13. Enlace de Punto a Multipunto.	24
Figura 2.14. Longitud de Onda.....	25
Figura 2.15. Longitud de onda de la fibra óptica – espectro electromagnético.....	27
Figura 2.16. Transmisión de la Fibra Óptica.....	29
Figura 2.17. Áreas de cableado con resistencia al fuego de Fibra Óptica.....	31
Figura 2.18. Transmisión de la Fibra Óptica.....	32
Figura 2.19. Fibra Óptica de Estructura Holgada.....	33
Figura 2.20. Tubo de Estructura Holgada.	34
Figura 2.21. Fibra Óptica de Estructura Ajustada.	35
Figura 2.22. Cable Blindado.....	36
Figura 2.23. Empalme por Fusión.	38
Figura 2.24. Empalme Mecánico.....	39
Figura 2.25. Reflexión y Refracción de Luz.	41
Figura 2.26. Ángulo Crítico.....	41
Figura 2.27. Reflexión Total.	42
Figura 2.28. Atenuación por empalmes.....	43
Figura 2.29. Pérdidas Extrínsecas e Intrínsecas.	44
Figura 2.30. Dispersión Modal.....	47
Figura 2.31. Dispersión Cromática.....	48
Figura 2.32. Dispersión Modo Polarización.....	48
Figura 2.33. Estructura de una Red Óptica.....	49
Figura 2.34. Estructura de una Red Óptica Activa.....	50
Figura 2.35. Arquitectura Estrella Activa.....	51
Figura 2.36. Arquitectura Home Run.	52
Figura 2.37. Estructura de una Red Óptica Pasiva.	53
Figura 2.38. Estructura de un OLT.....	54
Figura 2.39. Divisores Ópticos.....	57

Figura 2.40. Arquitectura APON básica.....	58
Figura 2.41. Arquitectura EPON.....	59
Figura 2.42. Estructura de trama EPON.....	60
Figura 2.43. Estructura de trama GPON.....	61
Figura 2.44. Tecnologías y Red de Acceso.....	63
Figura 2.45. Tecnologías FTTx.....	64
Figura 2.46. Tecnologías FTTH v FTTB.....	66
Figura 2.47. Cuentas de Fibra óptica a Nivel Nacional – Sep. 2020.....	67
Figura 2.48. Número de Internet Fijo en Ecuador.....	68
Figura 2.49. Participación de entidades en el mercado Internet Fijo.....	68
Figura 2.50. Velocidad Teórica máxima ofrecida por tecnología -Sep. 2020.....	69
Figura 3.1. Componentes que estructuran una red.....	73
Figura 3.2. Estructura de Cableado de Planta Interna.....	75
Figura 3.3. Características de espacio de Telecomunicaciones Planta Interna.....	77
Figura 3.4. Niveles de Jerarquía para cableado de Planta Interna.....	78
Figura 3.5. Estructura de Cable de Distribución - Planta Interna.....	79
Figura 3.6. Estructura de Cable Simplex o Dúplex - Planta Interna.....	80
Figura 3.7. Estructura de Cable ADSS - Planta Interna o Externa.....	82
Figura 3.8. UF-OLT-4.....	83
Figura 3.9. Vista frontal de UF-OLT-4.....	83
Figura 3.10. Vista posterior de UF-OLT-4.....	84
Figura 3.11. Transceptor SFP.....	85
Figura 3.12. Fusión Protegida (Protector de empalmes).....	86
Figura 3.13. Componentes de Conector.....	87
Figura 3.14. Conector FC.....	88
Figura 3.15. Conector ST.....	89
Figura 3.16. Conector LC.....	90
Figura 3.17. Conector SC.....	91
Figura 3.18. Pérdidas en Pulido de férula de Fibra.....	92
Figura 3.19. Pulido de férula de Fibra.....	92
Figura 3.20. Atenuadores SC.....	94
Figura 3.21. Atenuadores LC.....	94
Figura 3.22. Atenuadores ST.....	95
Figura 3.23. Atenuadores FC.....	95
Figura 3.24. Puentes Ópticos.....	96
Figura 3.25. Pigtail Óptico.....	97
Figura 3.26. Estructura de Charola de empalmes para Distribuidor.....	98
Figura 3.27. Estructura de Charola de empalmes para empalme vertical.....	99
Figura 3.28. Caja de empalme tipo lineal.....	100
Figura 3.29. Caja de empalme tipo domo.....	101
Figura 3.30. Red GPON – FTTH para viviendas y urbanizaciones.....	101

Figura 3.31. Red GPON – FTTH para edificios (Radio Base, Corporativo).	102
Figura 3.32. Red Feeder.	104
Figura 3.33. Red de Distribución.	106
Figura 3.34. Red de Distribución interna en vivienda.....	107
Figura 3.35. Red de Distribución interna en edificio.	107
Figura 3.36. Red de Dispersión.	108
Figura 3.37. Modelo de Red Multiaccesos GPON.	110
Figura 3.38. Modelo de Red Corporativo / Edificios (10 Pisos) GPON.	110
Figura 3.39. Modelo de Red Parque Industrial (Campus) GPON.	111
Figura 3.40. Modelo de Red Móvil 3G/4G GPON.	111
Figura 3.41. Pinza Peladora de Fibra óptica.....	113
Figura 3.42. Cortadora de Precisión de Fibra óptica.	114
Figura 3.43. Fusionadora de Fibra óptica.....	114
Figura 3.44. Fusión de Fibra óptica.....	115
Figura 3.45. Fusionadora de Fibra óptica.....	115
Figura 3.46. Estructura de Mini-OPM.....	117
Figura 3.47. Medidor de potencia óptica KPN-35	120
Figura 3.48. Métodos de Trazado.....	124
Figura 3.49. Cableado Estructurado.	130
Figura 3.50. Métodos de Medición A.1, A.2 Y A.3.	132
Figura 3.51. Método de medición A.1, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.	132
Figura 3.52. Método de medición A.2, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.	133
Figura 3.53. Método de medición A.3, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.	134
Figura 4.1. Modelado de Bandeja - ODF – Nodo Central.....	144
Figura 4.2. Distribuidores en Centrales de Telecomunicaciones	145
Figura 4.3. Modelado de Bandeja - Nodo Primario	146
Figura 4.4. Modelado Mini-Manga Lineal para protección de enlace	146
Figura 4.5. Modelado de tablero para Módulo Didáctico	147
Figura 4.6. Modelado de Soporte para Módulo Didáctico	147
Figura 4.7. Ubicación de Módulos Didácticos en Laboratorio	148
Figura 4.8. Estructura de cable ADSS de 16 núcleos.....	149
Figura 4.9. Red Troncal.....	151
Figura 4.10. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal.....	152
Figura 4.11. Enlace Unidireccional entre Nodos.....	153
Figura 4.12. Rutas Unidireccionales entre Nodos.....	153
Figura 4.13. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal MSAN.	155
Figura 4.14. Enlace Punto a punto – Red Troncal MSAN.	156
Figura 4.15. Ruta de Enlace Punto a punto – Red Troncal MSAN.....	157
Figura 4.16. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal Móvil.	158
Figura 4.17. Enlace Extremo a extremo – Red Troncal Móvil.	158
Figura 4.18. Ruta de Enlace Punto a punto – Red Troncal Móvil.....	159

Figura 4.19. Red Troncal DWDM.....	167
Figura 4.20. Red Troncal MSAN – SMALL CELL.....	169
Figura 4.21. Red Troncal MSAN – ISP.	169
Figura 4.22. Red Troncal MSAN – RBS.....	170
Figura 4.23. Red Troncal MSAN – CORPORATIVO.....	170
Figura 4.24. Red Troncal Móvil.....	170
Figura 4.25. Valor referencial -OLT.	174
Figura 4.26. Valor de atenuación en Red Troncal - DWDM.	174
Figura 4.27. Valor de referencia en Red Troncal – MSAN -SMALL CELL.....	175
Figura 4.28. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – SMALL CELL.....	176
Figura 4.29. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – ISP.	177
Figura 4.30. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – RBS.....	177
Figura 4.31. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – Corporativo.....	178
Figura 4.32. Valor de referencia en Red Troncal – Móvil – RBS #1.....	179
Figura 4.33. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #1.	179
Figura 4.34. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #2.	180
Figura 4.35. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #3.	181
Figura 4.36. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #4.	181
Figura 4.37. Errores simulados de Redes reales.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros básicos de Fibra Óptica de índice gradual.....	22
Tabla 2.2 Parámetros básicos de Fibra Óptica de índice escalón.....	22
Tabla 2.3 Velocidades y distancias aplicables de Fibra Óptica.....	26
Tabla 2.4 Características técnicas por empalme.....	37
Tabla 2.5 Índice de refracción en materiales.....	40
Tabla 2.6 Índice de división óptica.....	57
Tabla 2.7 Comparación de tecnologías PON.	62
Tabla 3.1 Especificaciones de la Fibra para Distribución Planta Interna.....	79
Tabla 3.2 Especificaciones del Cable de Distribución Planta Interna.....	80
Tabla 3.3 Especificaciones de Fibra para cable Simplex o Duplex Planta Interna.	81
Tabla 3.4 Especificaciones del Cable Simplex o Duplex Planta Interna.	81
Tabla 3.5 Especificaciones de la Fibra para cable ADSS Planta Interna.	81
Tabla 3.6 Especificaciones del Cable ADSS Planta Interna.	82
Tabla 3.7. Descripción del elemento UF-OLT-4.....	83
Tabla 3.8 Especificaciones del elemento UF-OLT-4.	84
Tabla 3.9 Especificaciones de Transceptores UF-GP-B+ y UF-GP-C+	85
Tabla 3.10. Materiales del Protector de empalmes.....	86
Tabla 3.11. Dimensiones del Protector de empalmes.....	87
Tabla 3.12. Pérdidas en Conectores FC.....	88
Tabla 3.13. Pérdidas en Conectores ST.....	89
Tabla 3.14. Pérdidas en Conectores LC.	90
Tabla 3.15. Pérdidas en Conectores SC.....	91
Tabla 3.16. Especificaciones de Patchcord Óptico.	96
Tabla 3.17. Especificaciones de Charola de empalmes - Distribuidor.....	98
Tabla 3.18. Especificaciones de Charola de empalmes – Empalme vertical.	99
Tabla 3.19. Código de colores Fibra Óptica.....	103
Tabla 3.20. Capacidad de los cables de fibra óptica.....	103
Tabla 3.21. Especificaciones de Mini-OPM.....	118
Tabla 3.22. Especificaciones técnicas de PON-KPN-35.....	119
Tabla 3.22. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x).....	121
Tabla 3.23. Distancias establecidas por la Norma ISO/IEC 11801.....	122
Tabla 3.24. Subsistemas establecidos por la Norma ISO/IEC 11801.	122
Tabla 3.25. Código de colores de la fibra óptica Estándar ANSI/TIA 598-D.....	124
Tabla 3.26. Código de colores de la fibra óptica en interior.	125
Tabla 3.27. Especificaciones Estándar UL1666.....	126
Tabla 3.28. Especificaciones Estándar NFPA 262.	126
Tabla 3.29. Especificaciones Estándar ANSI / TIA 568 B.3.	128
Tabla 3.30. Parámetros de Rendimiento de Transmisión ANSI / TIA 568 B.3.....	128
Tabla 3.32. Subsistemas establecidos en Estándar ANSI / TIA – 568 D.....	129

Tabla 3.34. Umbrales de Potencia OLT y ONT.....	136
Tabla 3.35. Atenuación por inserción de elementos pasivos.....	136
Tabla 3.36. Presupuesto óptico de Modelo de Red Corporativo.	137
Tabla 3.37. Costos de Equipos de medición en red de distribución.....	139
Tabla 3.38. Costos de Equipos de Instalación y tratamiento de la Fibra.....	140
Tabla 3.39. Costos de Soportes y tablero de Módulos Didácticos.	140
Tabla 3.40. Costos de componentes pasivos utilizados en Módulos Didácticos.....	141
Tabla 3.41. Presupuesto Económico de Módulos Didácticos de Planta Interna.	141
Tabla 4.1. Especificaciones de cable ADSS.....	150
Tabla 4.2. Atenuaciones de cable ADSS.....	150
Tabla 4.3. Dispersión de cable ADSS.	150
Tabla 4.4. ODF – Nodo central “C”.....	160
Tabla 4.5. ODF – Nodos Principales “A, B, D”.....	161
Tabla 4.6. ODF – Nodos Central “MSAN”.....	162
Tabla 4.7. Punto de continuidad – Mini-manga Lineal.....	163
Tabla 4.8. ODF – Organizaciones.	164
Tabla 4.9. ODF – Central Móvil.	165
Tabla 4.10. ODF – Nodos Radio Bases.....	166
Tabla 4.11 Presupuesto óptico de Red Troncal DWDM.....	167
Tabla 4.12 Presupuesto óptico de Red Troncal MSAN.	168
Tabla 4.13 Presupuesto óptico de Red Troncal Móvil.	171
Tabla 4.14 Pérdida por recorrido de fibra y ventanas de operación.....	173

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de Longitud de Onda.....	25
Ecuación 2. Ángulo de Incidencia.....	39
Ecuación 3. Índice de Refracción.....	40
Ecuación 4. Ley de Snell.....	40
Ecuación 5. Ley de Snell para ángulo crítico.....	42
Ecuación 6. Formula de Atenuación.....	43
Ecuación 7. Potencia de Salida.....	44
Ecuación 8. Pérdidas Extrínsecas.....	45
Ecuación 9. Pérdidas Intrínsecas.....	46
Ecuación 10. Pérdidas de divisor óptico.....	57
Ecuación 11. Presupuesto de Atenuación Óptica.....	136
Ecuación 12. Formula Porcentaje de Error.....	182

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de Módulo Didáctico #1.....	196
Anexo 2. Elaboración de Módulo Didáctico #2.....	197
Anexo 3. Elaboración de Módulo Didáctico #3.....	197
Anexo 4. Proceso de Fusión.....	198
Anexo 5. Proceso de Armado de Manga Lineal.....	198
Anexo 6. Proceso de mediciones de atenuación en los módulos.....	199
Anexo 7. Ubicación y simulacion de los módulos.....	199
Anexo 8. PRÁCTICA #1: Fusión de Hilos de fibra en Radio Base para 4 antenas....	200
Anexo 9. PRÁCTICA #2: Armado y gestión de Manga Lineal.....	206
Anexo 10. PRÁCTICA #3: Sangrado de Fibra en Red Troncal.....	211

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las actividades rutinarias en diferentes aspectos como son: la educación, el trabajo o ámbito social, demandan que los individuos establezcan comunicación en el lugar que se encuentren, utilizando dispositivos que se conecten a la red. El internet lo podemos definir como la tecnología que ha permitido abrirse paso al mundo de la informática y de las telecomunicaciones. La innovación y desarrollo de aplicaciones cada vez más apropiadas ayudan a la transportación y canalización de datos mediante medios guiados y no guiados aumentando nuestras expectativas de poder navegar a grandes velocidades en todo el mundo.

La tecnología con el pasar del tiempo va evolucionando, de manera que cada persona puede gozar de los beneficios que ofrecen los servicios de telecomunicaciones, lo que ha permitido llegar hasta los hogares y lugares corporativos – recreativos.

La fibra óptica es el medio de transmisión óptico actualmente utilizado para redes de banda ancha, sus bits viajan en velocidad y forma de luz mediante transmisores y receptores ópticos desde un punto llamado central hasta otro ubicado a kilómetros, pudiendo ser este una red doméstica, empresarial o de campus siendo estos sus abonados finales.

La presente propuesta tecnológica se basa en el proceso de diseño e implementación de módulos didácticos de fibra óptica para una red de planta interna, que emulen situaciones reales en áreas de trabajos de fibra óptica tales como redes locales, empresariales e industriales. Uno de los objetivos es beneficiar a los estudiantes para que mediante la práctica obtengan conocimientos acerca del diseño de red GPON – FTTH y la implementación de plantas internas de fibra óptica en diferentes áreas, así como mediciones de pérdidas, mantenimiento de los diferentes componentes pasivos en la infraestructura de una red.

El desarrollo de la propuesta tecnológica se divide en 4 capítulos, en el capítulo I se detalla la importancia de la comunicación y gestión de información, también, como la fibra óptica es el medio óptimo para realizar transmisión y conmutación de datos, a su vez se realiza la descripción, justificación, metodologías investigativas basadas en el proceso teórico – práctico para el análisis de resultados y el planteamiento de objetivos a alcanzar con el proyecto.

En el capítulo II se realiza la investigación y se toma criterio en base a fundamentos teóricos sobre las estructuras o arquitecturas de la red, información sobre la fibra óptica, tales como, características de transmisión, tipos de fibra que contribuyen al proceso de comprensión del funcionamiento y aplicaciones de esta tecnología, procesos o bases teóricas para cálculos en lo que respecta a características de transmisión se desarrolla el marco referencial, contextual, conceptual y teórico de la propuesta.

En el capítulo III se detalla el proceso de análisis, componentes de los que está estructurados una red óptica pasiva, GPON y FTTH, red troncal de fibra, la multiplexación y la distribución de fibra en una red, los procesos de bosquejo basándose en el análisis de dispositivos, se realiza un estudio de los estándares utilizar en el proceso diseño de los módulos didácticos y las herramientas que aporten al proceso de instalación, mantenimiento y medidas de atenuaciones o pérdidas.

El capítulo IV se desarrolla mediante el diseño y modelado de los tableros o módulos didácticos, y su implementación en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad, así como el análisis de resultados obtenidos en cuanto a funcionamiento, mediciones y los procesos prácticos - teóricos de la propuesta.

CAPÍTULO I

1.1 MARCO REFERENCIAL

1.2 ANTECEDENTES

La comunicación y gestión de la información son dos de los requerimientos importantes para el desarrollo y progreso de cualquier entidad, por lo tanto, un medio de transmisión que tenga la capacidad de enviar y recibir datos a altas velocidades es relevante en un sistema de telecomunicaciones moderno.

La fibra óptica con la reflexión de haces de luz permite que el transporte de datos sea más óptimo en la actualidad. [1] La fibra óptica tiene una alta tasa de transmisión de datos reduciendo su latencia y aumentando el tiempo de respuesta, tanto así, que a través de un medio guiado de equipos pasivos podemos llegar a mayores distancias y mediante splitter de conmutación de uno a “n” salidas podemos cubrir mayores usuarios abaratando costos y obteniendo una red fiable de fibra óptica con un ancho de banda constante para el usuario.

Según un estudio realizado por la ARCOTEL, las conexiones a través de fibra óptica representan el 45,39% del total de cuentas de este servicio que asciende a 2'312.024 a septiembre de 2020. Y de acuerdo con los datos en junio de 2016 se desplegó 70.713 kilómetros lineales de fibra óptica en el país y a junio del 2020 se desplegaron 171.354 kilómetros lineales, creciendo en un total de 100.641 kilómetros lineales en 4 años. El crecimiento de la fibra óptica contribuye en varios campos: la dinamización de la economía, el impulso a la innovación, la contribución en el crecimiento del PIB y el aumento en las tasas ocupacionales. [2]

La tecnología de fibra hasta el hogar (FTTH) propone la utilización de fibra óptica hasta la casa del usuario o cliente de fibra (usuario final). La red de acceso entre el abonado y el último nodo de distribución puede realizarse con una o dos fibras ópticas dedicadas a cada usuario (una conexión punto-punto que resulta en una topología en estrella) o una red óptica pasiva (PON) que usa una estructura arborescente con una fibra en el lado de la red y varias fibras en el lado usuario. [3]

Para la implementación de la infraestructura o los módulos de fibra se requiere una inversión inicial considerable, ya que al ser una propuesta práctica se debe asegurar y garantizar el uso de esta tecnología a emplear de manera futura.

A inicios del año 2020 Ecuador al igual que en todo el mundo se encontraba batallando ante una pandemia global, a consecuencia de esto muchas plazas de trabajos cerraron sus puertas a cientos y miles de personas de diferentes ocupaciones laborales, llevando las vidas a tomar un nuevo rumbo. Dicho esto, empezaron a habilitarse conferencias en línea mediante plataformas que han permitido hasta la actualidad mantenerse comunicados. El despliegue de nuevas redes de fibra óptica está en aumento y la persona que esté al frente de ella debe estar plenamente capacitada para realizar nuevos despliegues de fibra óptica y cubrir algún tipo de eventualidad, es decir, una mala práctica de instalación puede afectar a un gran número de usuarios.

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena, específicamente en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, se imparten conocimientos sobre redes de planta externa, conmutación y enrutamiento de redes, además de comunicaciones ópticas y otras materias referentes a la comunicación de redes tecnológicas que representan el 20% del proceso de aprendizaje teórico - práctico para el desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones, según malla curricular. [4]

Con el transcurso de los años el laboratorio de telecomunicaciones de la universidad se ha equipado con dispositivos y elementos para contribuir al conocimiento de las materias impartidas con referencia a las redes de comunicación, no obstante, se tiene la necesidad de que los estudiantes realicen practicas con elementos o escenarios externos e internos, sobre el uso de tecnologías que respecta a la instalación de redes de fibra óptica, las configuraciones de equipos y herramientas de medición para realizar pruebas.

La universidad, tiene la obligación de formar profesionales en el ámbito laboral por lo que es necesariamente indispensable que la institución se encuentre al día en cuanto a tecnología y equipos adecuados en telecomunicaciones para hacer frente a esta evolución constante de redes de telecomunicaciones. Es por ello por lo que se plantea el diseño e implementación de tres paneles o tableros didácticos que representen una red de fibra óptica pasiva de planta interna, la cual cuenta con componentes activos para transmisión y conmutación de datos en diferentes áreas, tales como locales, empresariales y de edificios, también, componentes pasivos como medios de comunicación o enlace.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente propuesta tecnológica tiene como finalidad el diseño e implementación de tres paneles o módulos didácticos que representen una red de fibra óptica pasiva de planta interna. Los diseños de los esquemas de redes se realizarán mediante una investigación para obtener conocimientos acerca de los componentes, elementos y dispositivos a usar en la implementación de dichos paneles, teniendo en cuenta el dimensionamiento de estos, así como también se llevará un análisis de las normas - estándares para definiciones, cableado, niveles de splitting y espacios de telecomunicaciones con lo que respecta al diseño de red de una planta interna.

Para el proceso de transmisión se considerará los componentes o equipos activos en una red óptica pasiva, como lo son los terminales de línea óptica (OLT) el cual consta con módulos de control de conmutación, transceivers como elementos de interfaz entre los dispositivos de comunicación y el enlace de fibra o medio pasivo de enlace, se hará uso de dispositivos emisores de luz (VFL), con longitudes de onda de 650 nm, operando en ventanas de 1310 nm y 1550 nm.

En el proceso de distribución y conmutación estarán presentes elementos como las bandejas y mangas porta empalmes, en donde se concentrarán los hilos de fibra, los cuales a su vez permitirán realizar la compartición de señal que proviene desde el OLT hacia múltiples dispositivos terminales (usuarios). Para la distribución se pueden realizar varios niveles de splitting en los cuales se hará uso de medidores de potencia y pérdida o atenuaciones para análisis de la red.

En el análisis de la red se obtendrá datos como pérdidas por inserción de fibra o conexiones, pérdida por empalmes (de ser necesario), pérdidas por instalación de dispositivos, mediciones de potencia transmitida en las diferentes longitudes de onda en las que opera una red de fibra pasiva, 1490 [nm] del OLT a los usuarios y 1310 o 1550 [nm] de los usuarios a él OLT.

Es por ello por lo que se debe seguir requerimientos específicos y fundamentados, como lo son los estándares aplicados a planta interna, como el estándar de cableado genérico de telecomunicaciones para locales de clientes o áreas locales (ANSI/TIA 568-D.0.) y edificios comerciales o áreas empresariales e industriales (ANSI/TIA 568-D.1.). [5]

También se realizarán pruebas de mediciones tanto de potencia, para lo cual se hará uso de equipos medidores VFL y medidores PON, como de pérdidas o atenuaciones con el proceso especificado en el estándar (ANSI/TIA/EIA-526.7.A) [6], que recomiendan hacerlo antes de la instalación para validar que los elementos como la fibra, splitter's, conectores tienen los parámetros adecuados de atenuación, durante la instalación, ya que si el valor de atenuación cambia o varía, significa que el equipo que se está instalando está generando atenuación y mediciones, finalizada la instalación de equipos e inserción de cables, para poder certificar la red como operable con eficiencia.

Los paneles o tableros tendrán una medida aproximada de 1.2 m de alto y 0.7 m de largo, es por ello por lo que la ubicación de los equipos se los realizará de manera estratégica considerando las dimensiones de los equipos, la cantidad de cables de fibra o patchcord's que se representaran en los esquemas de diseños realizados para que se puedan realizar diferentes eventos de tratamiento de red en las prácticas en los que se le pueda dar uso.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una red de equipos pasivos de fibra óptica en módulos didácticos que permita la conmutación y transmisión de datos en una red de planta interna GPON para fortalecimiento del aprendizaje de manera práctica en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

1.4.2 OBJETIVO GENERAL

- Analizar la tecnología GPON para determinar su arquitectura y funcionamiento al proveer servicio de datos.
- Analizar los requerimientos técnicos necesarios para una red de planta interna para la transmisión de información de datos.
- Desarrollar diseños que permita la implementación de red planta interna GPON en áreas locales, empresariales e industriales con los estándares establecidos por ANSI-TIA-568-D referente a cableado estructurado.

- Formular prácticas de laboratorio con los módulos didácticos aplicando los escenarios de redes locales, empresariales e industriales.
- Obtener datos de potencia y atenuación de una red de planta interna GPON, mediante equipos de medición y cálculos teóricos en relación con el estándar ANS/TIA/EIA 526- 7 A.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La gran importancia y el acogimiento del desarrollo de redes de telecomunicaciones se orientan a las tecnologías de acceso de banda ancha, y estas tendencias de diseño, planteamiento e implementación se destacan y están basadas en el uso de medios pasivos para lograr el enlace o comunicación, es decir, que esta tecnología cumple con estándares aplicados a los componentes de redes de fibra óptica (ANSI/TIA-568-B.3.), que son requisitos primordiales para la transmisión y conmutación de información dando realce al alcance, ahorro de fibra que minimiza los costos, flexibilidad al momento de distribución e instalación, mayor duración (vida útil). Como se define en la normativa ISO / IEC 11801, para los métodos de alambrado, cables y canalizaciones, circuitos para la comunicación. [7]

Es por ello que los estudiantes en la rama de telecomunicaciones deben estar capacitados acerca de los recursos, componentes, diseño, mediciones de pérdida y potencia con respecto a la implementación y mantenimiento de estas tecnologías, ya que los planteamientos teóricos son importantes, pero no representan un escenario práctico para emplear los conocimientos adquiridos y reforzar el aprendizaje, por lo tanto, se requieren módulos didácticos que permita realizar prácticas para fortalecer las habilidades y conocimientos, tanto en el proceso de aprendizaje como en el de trabajo en redes de planta interna de fibra óptica para áreas locales, empresariales e industriales.

Por lo tanto, la presente propuesta tecnológica se basa en el diseño e implementación de módulos didácticos de red de fibra óptica pasiva, para que de esta manera se pueda representar en lo más posible un escenario en los que puedan aplicar y poner en práctica los conocimientos adquiridos en las cátedras impartidas por los docentes, dichos escenarios serán representados en prácticas y al ser una tecnología de evolución el uso de los módulos didácticos representa una mejora en la calidad de educación, esta propuesta tiene como solución beneficiar a los estudiantes y docentes de la Facultad de Sistemas y

Telecomunicaciones para que el aprendizaje sea más didáctico, visual y analista, que sin duda contribuirá al fomento, desarrollo e interés de los alumnos, así tendrán mayor experiencia en el ámbito laboral y profesional.

Con la implementación de los paneles o tableros se podrá colocar los componentes pasivos, en los cuales se podrá hacer uso de los dispositivos activos que se encuentran en el laboratorio de la Universidad, para que de manera estratégica los estudiantes tenga la emulación de aspectos reales en lo que respecta a instalación, mediciones y mantenimiento de una red de fibra en una planta interna para áreas locales, empresas y edificios, así como también el uso de divisores de fibra (splitter) y realizar diferentes números de spliteo para la comprensión de temas como la potencia y atenuaciones o pérdidas en una red de fibra.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

La propuesta tecnológica que se pretende realizar contribuirá con los estudiantes y docentes de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, haciendo énfasis en telecomunicaciones, en la realización de prácticas donde de manera didáctica podrán reforzar los conocimientos adquiridos en las diferentes materias impartidas, para ello se pretende realizar una investigación que permita determinar las características y los equipos necesarios a utilizar para la implementación de una red óptica pasiva en áreas locales, empresariales e industriales, esto permitirá realizar diferentes tipos de análisis como pérdidas de inserción, pérdidas por empalmes, pérdidas por splitter así como mediciones de potencias, estos datos se pueden obtener de diferentes maneras, con equipos de medición que son parte de la implementación de los módulos y de manera matemática realizando cálculos para el despliegue de una red basada en potencias (fibra óptica), que se emplearan para análisis y comparaciones en las prácticas a desarrollar, de esta manera los estudiantes serán capaces de realizar una implementación o instalación de dispositivos y la correcta preparación de enlaces de fibra por medio de divisores ópticos y componentes activos para la comunicación, transmisión y conmutación de información.

Como se menciona en la descripción se proyecta elaborar 3 módulos didácticos o paneles que permitirán a los estudiantes realizar prácticas similares o iguales al ámbito

laboral, teniendo así un estudio más profundo en el ámbito de las telecomunicaciones que con el pasar del tiempo evolucionan cada vez más.

De esta manera se delimita el proyecto a:

- Determinar los dispositivos activos y pasivos de los cuales se compone una red interna de fibra.
- Diseñar o esquematizar de los módulos didácticos con los componentes necesarios para emular redes ópticas pasivas de áreas locales, empresariales e industriales a base de estándares establecidos por ANSI-TIA-568-D.
- Implementación de los módulos:
 - Módulo 1 – Red Troncal para intercomunicación entre centrales locales principales (nodos primarios), para distribución de servicios.
 - Módulo 2 – Red Troncal MSAN para intercomunicación entre central principal y nodos de servicios (SMALL CELL, CORPORATIVO, ISP) – nodos secundarios.
 - Módulo 3 – Red Troncal RBS para intercomunicación nodo primario – nodo secundario, planta de servicios y distribución punto a punto.
- Obtener datos de potencia y atenuación en base a los equipos de medición de potencia y cálculos matemáticos en relación con especificaciones de estándar ANSI/TIA/EIA 536 -7 A.

1.7 METODOLOGÍA

Se realizó un proceso analítico del tema propuesto para determinar a medida que se avance con la investigación del proyecto que métodos y técnicas de investigación se emplearan para de manera efectiva realizar la parte teórica e implementaría del proyecto, por el análisis realizado se tiene previsto utilizar los siguientes métodos:

Investigación Diagnóstica. Como parámetros se tiene el régimen de estándares y normas, procesos de transmisión, niveles de splitting y módulos de medición. Para este tipo de investigación se recurrirá a fuentes de libros, artículos o revistas científicas, informes de páginas certificadas para la obtención de información sobre la propuesta tecnológica

realizada, así como también bases para sustentar y obtener opiniones que aporten en contexto a la investigación sobre el tema.

Investigación Descriptiva. Para el proceso de esta investigación se obtendrá información y analizará características de los componentes activos y pasivos dentro de una red de fibra para una planta interna en diferentes áreas (locales, empresariales y de edificios), de esta manera tener un criterio y describir el uso de los dispositivos que son necesarios para la implementación de los módulos didácticos de fibra. Para este método es indispensable el análisis de la arquitectura de la red, el proceso de transmisión y conmutación.

Investigación Aplicada. En esta investigación se procede al método práctico obteniendo conocimientos con lo que respecta a la implementación, instalación de los módulos didácticos que es el objetivo final de la propuesta tecnológica, esta investigación permitirá la obtención información acerca de las conexiones o enlaces, y todo lo indispensable para un sistema de red de fibra óptica de una planta interna obteniendo así medios de transmisión y conmutación de información. En este punto o fase se procede a la instalación e implementación de los módulos didácticos, y como se menciona anteriormente se ubicarán de manera estratégica.

Investigación Experimental. Para el siguiente método de investigación se realizarán pruebas, como mediciones y cálculos para obtener datos sobre el funcionamiento y eficacia en la transmisión de información dentro de los 3 módulos didácticos planteados, estas pruebas como lo especifican los estándares y normas.

1.8 RESULTADOS ESPERADOS

- Implementar 3 módulos didácticos o paneles de fibra óptica para red interna en diferentes áreas (locales, empresariales e industriales), en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Península Estatal de Santa Elena.
- Obtener datos de potencia y atenuación, para qué se pueda comprobar que los dispositivos y la implementación de los módulos funcionen correctamente.
- Elaborar prácticas para reforzar y adquirir conocimientos sobre la elaboración e instalación de enlaces de fibra en redes ópticas pasivas y sus componentes.

- Garantizar los enlaces de redes según las normas y estándares establecidos actualmente para la instalación, diseño y mantenimiento de una red de planta interna aplicados a esta tecnología.
- Mejorar y equipar adecuadamente la infraestructura interna del laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad, aumentando la calidad educativa hacia la formación de profesionales en la rama de telecomunicaciones.
- Contribuir con el desarrollo y el aprendizaje generando interés en los estudiantes para que aprendan de una forma más didáctica.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

La necesidad de estar comunicados promueve a gran escala el desarrollo de las telecomunicaciones, en lo que respecta a su infraestructura y los servicios que se pueden ofertar sobre estas redes, es por ello, que con el pasar del tiempo se hace más grande e importante la expansión de un sistema que permita el envío y recepción de información a altas velocidades con un nivel bajo de atenuación o pérdida, como lo son los enlaces de fibra óptica.

La siguiente propuesta tecnológica se basa en el diseño e implementación de módulos didácticos de planta interna de fibra óptica, en los cuales constarán equipos pasivos, donde se establecerán diferentes tipos de enlaces o conexiones GPON y FTTH para emular enlaces en diferentes áreas, tales como, de hogar, de empresas e industriales.

Este proyecto será ubicado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, específicamente en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, en los laboratorios de telecomunicaciones del campus, siendo los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones los beneficiarios directos de la implementación de estos módulos didácticos, ya que esto permitirá fomentar y contribuir de manera práctica en el proceso de establecer enlaces, la arquitectura (componentes para el tendido o implementación) y mantenimiento de los mismos (equipos de soporte técnico).

Para la realización del proyecto se tomó en cuenta los equipos pasivos y la distribución de estos en los tableros, para el proceso de transmisión y conmutación, además de los estándares - normas a utilizar como ANSI/TIA 568-D.0 y ANSI/TIA 568-D.1., que refiere al cableado genérico de telecomunicaciones en los que respecta áreas locales, empresariales e industriales, ya que detalla los requerimientos y categorías para las implementaciones del cableado, estructura del sistema, los rendimientos de la transmisión y los elementos funcionales dentro de un enlace de red de fibra óptica pasiva.

Además, se utilizó el estándar ANSI/TIA/EIA-526.7. A, el cual recomienda realizar mediciones de atenuaciones o Pérdidas de retorno óptico de planta de cable de fibra óptica antes, durante y finalizado el proceso de implementación de todo el enlace, para estas pruebas se emplearán equipos medidores VFL y PON.

De esta manera la facultad de telecomunicaciones formará a la comunidad estudiantil mediante el reforzamiento de la teoría con la práctica para que pueda estar más capacitada en el ámbito laboral y tener más experiencias en el campo de trabajo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 SISTEMA DE COMUNICACIONES

Los sistemas de comunicaciones se definen como un conjunto de dispositivos o elemento que se enlazan o se interconectan con el objetivo de transmitir, emitir y recibir diferentes tipos de señales, dentro de estas señales están, voz, datos y video, estas señales pueden ser de tipo digital o analógicas. La estructura o composición de un sistema de comunicaciones puede ser descrita de manera simple con elementos como transmisor, canal y receptor, donde, el trasmisor es el encargado de generar la señal, además de modularla, filtrarla y codificarla, de manera que pueda ser enviada mediante un medio guiado o no guiado denominado canal, estos pueden ser cables coaxiales, fibra o aire, y para finalizar el proceso de recepción realiza un trabajo inverso al del elemento transmisor, es decir, demodula la señal, la filtra y decodifica para poder reconstruirla en lo más parecido a la señal original.



Figura 2.1. Sistema de Comunicaciones.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Researchgate”.

Las señales para transmitir se definen como ondas electromagnéticas que operan en cierto rango de frecuencias, que son tratadas, mediante diferentes procesos, por el elemento transmisor y propagadas por el mismo; la información es el conjunto de datos procesados y organizados, el cual constituye o forma un mensaje, esta información, pueden ser datos numéricos, caracteres o códigos, voz, imagen que se desee enviar a un destino o punto en particular.

A continuación, se presenta un esquema Figura 2.2, detallado sobre cada bloque en los que se divide el transmisor, receptor y el medio del que se compone un sistema de comunicación:

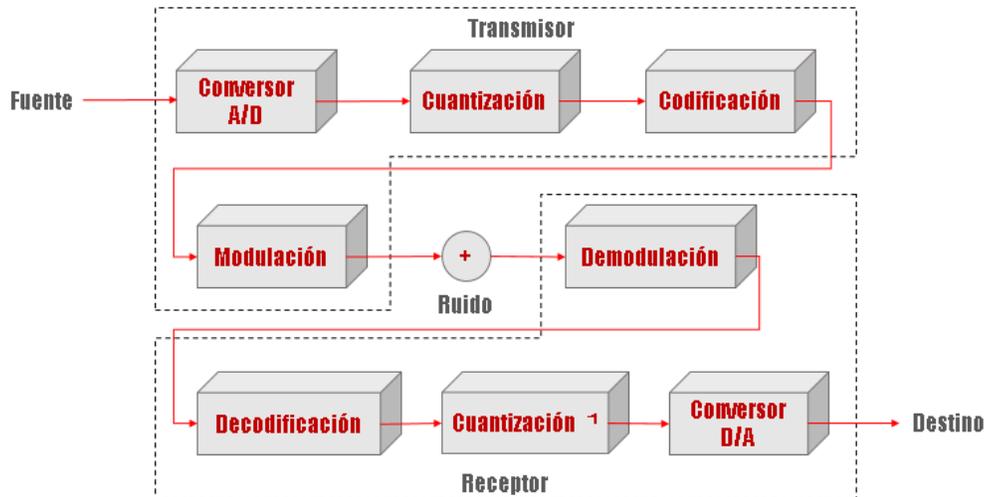


Figura 2.2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Comunicaciones.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Researchgate”.

Se debe tener en cuenta que al momento de realizar la transmisión de la señal esta puede sufrir varios cambios o tener inconvenientes, dependiendo del medio que se utiliza y las condiciones exteriores ajenas al sistema, estos fenómenos pueden ser atenuación, ruido, distorsiones o interferencias.

2.2.2 COMUNICACIONES ALÁMBRICAS

Los sistemas de comunicaciones alámbricos pueden ser transmitidos de varias formas, en este caso, por un medio guiado, estos pueden establecer la comunicación en diferentes circunstancias ya sea en aire, tierra o inclusive el agua, esta información a transmitir se transforma en ondas de radio electromagnéticas y pueden ser conducidas por un medio de cobre o en caso de usar medios de fibra en señales de luz.

Las redes de comunicación alámbrica se llevan a cabo mediante cables, o hilos de fibra óptica, que pueden ser de varios tipos dependiendo de su capacidad para transportar información y la resistencia que presenta ante las interferencias, permiten velocidades mayores a las redes inalámbricas, con mayor robustez, sin embargo, tienen menor cobertura, el océano (sonar) o el espacio exterior (vía satélite). [8]

En los medios guiados la señal es dirigida y contenida por límites físicos propios del medio o cable, estos pueden ser de tipo eléctrico u óptico y se pueden dividir en grupos:

Los medios eléctricos están formados por un cable metálico, que generalmente es de cobre por el cual se propagará la electricidad, para este tipo de medio los más conocidos en el ámbito de telecomunicaciones son el par trenzado y el cable coaxial.

Para los medios ópticos, se conforman el cable fibra óptica como medio conductor, este medio se usa para la transmisión de haz de luz que se inyecta en uno de sus extremos, esta señal se refleja o rebota en los límites del material de la fibra, pues este medio lo vuelven inmune al ruido eléctrico.

2.2.3 PAR TRENZADO

Uno de los medios de transmisión más viejos, y aún el más común, es el cable par trenzado. El cual consiste en dos alambres de cobre aislados, por lo general de 1mm de grueso, trenzados en forma helicoidal emulando una molécula de DNA; esto se hace porque dos alambres paralelos constituyen una antena simple y al trenzar los alambres, las ondas de diferentes vueltas se cancelan y la radiación del cable es menos efectiva. [9]

El cable de par trenzado se puede utilizar para transmisión analógica y digital. El ancho de banda depende del grosor del cable y de la distancia recorrida, en muchos casos se pueden alcanzar varios megabits por segundo en distancias de varios kilómetros. Este tipo de cable es muy utilizado debido a su buen rendimiento y bajo costo, y puede durar más tiempo.

Para el cable de par trenzado los aisladores son entrelazados para disminuir las interferencias y diafonía de cables vecinos, además de aumentar su potencia. Este tipo de cable tiene 2 clasificaciones, blindado o sin blindar.

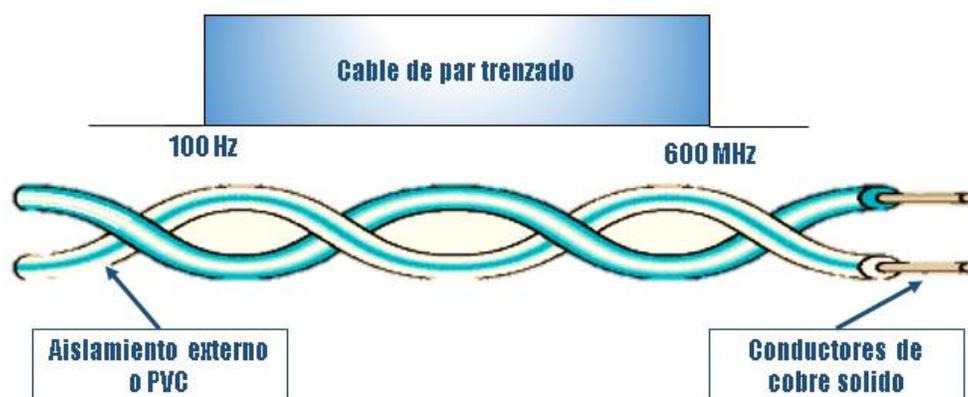


Figura 2.3. Cable de Par Trenzado y rango de frecuencia de operación.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Eprints”.

2.2.3.1 CABLE DE PAR TRENZADO SIN BLINDAJE UTP

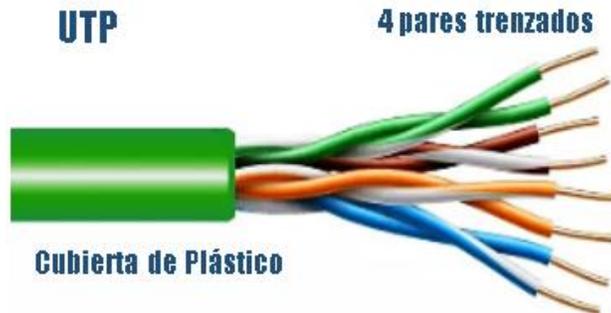


Figura 2.4. Cable de Par Trenzado 4 hilos sin blindaje.

FUENTE: Imagen tomada de la Pagina web “Delta”.

Cable de par trenzado sin blindaje (UTP, Unshielded Twisted Pair), es el medio de comunicación o de transmisión que se utiliza de manera más frecuente en la actualidad, la aplicación que se le da a este tipo de cable de par trenzado está presente en los sistemas telefónicos, esto debido a que el rango de frecuencia en el que opera (100 Hz -600 MHz) es idóneo para la transmisión de datos y voz. El cable de par trenzado está constituido por dos conductores, como se menciona generalmente es el cobre, cada conductor con su protección de plástico para aislarlo e identificarlos.

Las ventajas que ofrece el tipo de cable UTP es el costo y la facilidad de operación, ya que es flexible y muy sencillo de instalar, este tipo de cable se divide en diferentes categorías y el cable que contiene 4 pares trenzados sin blindaje tiene una impedancia típica de 100 ohm.

2.2.3.3 CABLE DE PAR TRENZADO CON BLINDAJE FTP



Figura 2.5. Cable de Par Trenzado 4 hilos con blindaje global.

FUENTE: Imagen tomada de la Pagina web “Redes”.

Cable de par trenzado con blindaje (FTP), en este tipo de par trenzado los hilos de cable no están blindados, pero si tiene una protección global es decir un recubrimiento que contiene a los 4 hilos o pares trenzados, esto lo hace casi inmune a interferencias del exterior, la impedancia característica de este tipo de UTP es de 120 ohm.

2.2.3.4 CABLE DE PAR TRENZADO CON BLINDAJE STP

Cable de par trenzado con blindaje (STP, Shielded Twisted Pair), en este tipo de par trenzado los hilos tienen un aislante que rodea a cada uno, esta protección evita que se filtre el ruido electromagnético y elimina las interferencias, este tipo de cable es más costoso que los mencionados anteriormente, pero este es ventajoso, ya que los cables son menos susceptibles al ruido, la impedancia característica de este tipo de cable es de 150 ohm.



Figura 2.6. Cable de Par Trenzado 4 hilos con blindaje individual.

FUENTE: Imagen tomada de la Pagina web "Redes".

2.2.4 CABLE COAXIAL

El cable coaxial es un medio guiado que sirve para la transmisión de información y puede propagar la señal con rangos altos de frecuencia por la estructura que tiene, este tipo de cable cuenta con el mejor blindaje que el par trenzado y gracias a esta característica puede abarcar mayores distancias, los valores nominales de impedancia característica son de 50 ohm si el cable se utiliza para la transmisión digital y de 75 ohm si es usado para transmisión analógica, la capacidad eléctrica son expresados en pico-faradios por metro, y depende del material dieléctrico y la geometría del cable. [10]

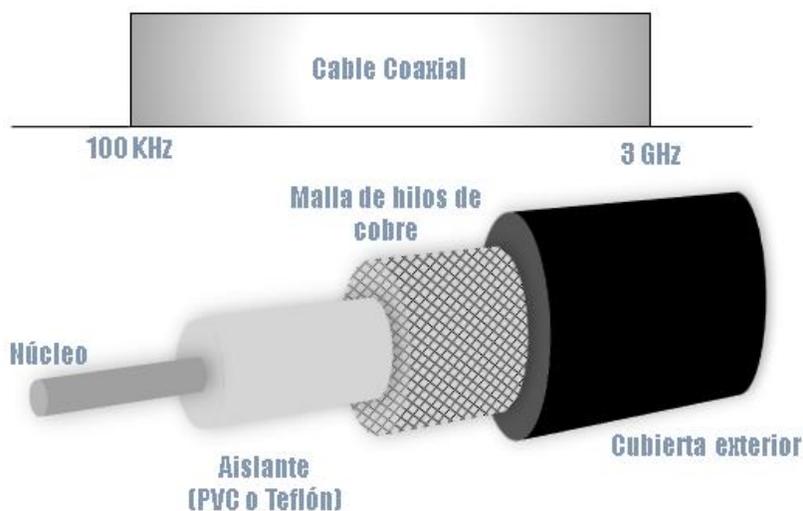


Figura 2.7. Composición de Cable Coaxial y rango de operación.

FUENTE: Imagen tomada del artículo “Planteamiento del proyecto de montaje e instalación de la red de telecomunicaciones por cable coaxial”.

La composición del cable coaxial está formada por un núcleo que puede ser macizo o trenzado, cuya función es transmitir las señales electrónicas que llevan la información. El núcleo está rodeado por una capa aislante que puede ser en PVC o teflón, a la que, a su vez, está rodeada por una malla metálica cuya función es proteger los datos transmitidos, absorbiendo los ruidos y bloqueando las interferencias para que no pasen por el cable y no distorsionen los datos. Finalmente, con la cubierta exterior no conductora (generalmente hecha de goma, teflón o plástico) que es la que rodea todo el cable. [11] Es un cable fácil de manejar y flexible que además es inmune a interferencias y atenuación o pérdida, por lo que es ideal para enlaces de larga distancia y puede soportar grandes cantidades de datos utilizando equipos simples.

2.2.5 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es el medio de transmisión mayormente utilizado en la actualidad, aplicada en el área de telecomunicaciones, está constituida por un filamento muy delgado de fibra de vidrio u otro material transparente dieléctrico, capaz de guiar y transmitir un haz de luz en forma de ondas con muy pocas Pérdidas de atenuación. Mediante un mismo filamento de fibra de vidrio se puede lograr una comunicación simplex (comunicación en una sola dirección) como también una comunicación Half-dúplex (comunicación en ambas

direcciones TX y Rx); si comparamos el anterior sistema convencional de cable de cobre era necesario instalar repetidores de señal cada dos kilómetros debido a la atenuación de sus señales, ya que a estas distancias representaba un decremento en la onda o frecuencia, en el sistema actual de fibra óptica podemos concretar tramos de hasta 70 Km sin la necesidad de recurrir a repetidores debido a su gran eficiencia de transmitir.

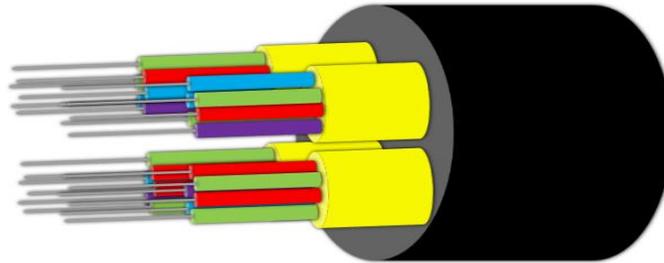


Figura 2.8. Fibra Óptica.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción. [12]

El principio de transmisión de la luz es la reflexión interna total; la luz que pasa por el centro o núcleo de la fibra cae sobre la superficie exterior en un ángulo mayor que el ángulo crítico, por lo que toda la luz se refleja dentro de la fibra sin pérdidas.

2.2.5.1 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Todas las trayectorias o caminos que puede seguir un haz de luz dentro de un filamento de fibra óptica se denominan modos de propagación. Dependiendo del modo de propagación, existen dos tipos de fibra: fibra monomodo y fibra multimodo, y a su vez estas se pueden clasificar según su índice de refracción y el modo de propagación que tenga el tipo de fibra.



Figura 2.9. Tipos de Fibra Óptica.

FUENTE: Imagen tomada del Libro “Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas”.

- Fibra Óptica de Escalón (Tipo Monomodo).
- Fibra Óptica de índice Gradual (Tipo Multimodo).
- Fibra óptica de índice de Escalón (Tipo Multimodo).

2.2.5.1.1 FIBRA ÓPTICA MONOMODO

Este tipo de fibra tiene un núcleo de diámetro muy reducido que es de entre 8 y 10 μm , esto hace que solo se propague un haz de luz, es decir, permite un solo modo de transmisión lumínica debido a esta característica la fibra monomodo transmite a mayores distancias, con grandes cantidades de información y tiene una menor Pérdida. [13] También es usada en sistemas ópticos de segunda y tercera generación.

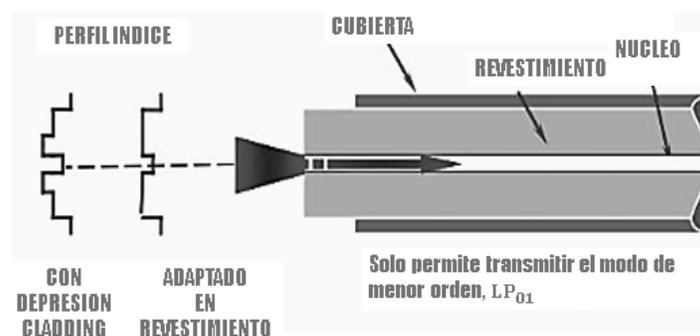


Figura 2.10. Fibra Óptica Monomodo.

FUENTE: Imagen tomada del Libro “Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas”.

La fibra monomodo se puede clasificar de acuerdo con el índice de refracción esta hace que se cataloguen en perfil escalón, triangular, w, gaussiano, con depresión en revestimiento.

También se pueden clasificar por el tipo de dispersión:

- **Dispersión Normal (UIT-T G.652).** - entre sus características principales contiene cero dispersiones en la ventana de 1310 nm, y puede ser usada en la ventana de 1510 nm, pero esto no es recomendable.
- **Dispersión Desplazada (UIT-T G.653).** – también tiene cero dispersiones, pero con la característica de desplazamiento puede ser usada en la ventana de 1510 nm y 1310 nm, esto hace posible altas velocidades y grandes distancias.
- **Dispersión Plana (UIT-T G.654).** – este tipo de fibra tiene un índice bajo de Pérdidas cuando opera en la ventana de 1550 nm ya que el núcleo de esta fibra es de silicio puro. Las ventanas de operación van de 1530 nm a 1625 nm.
- **Dispersión Plana (UIT-T G.655).** – en este tipo de fibra óptica el índice de dispersión cromática es mayor a cero en todas las trayectorias de las longitudes de onda, y opera en la venta de 1550 nm.

2.2.5.1.2 FIBRA ÓPTICA MONOMODO

La fibra multimodo tiene un índice gradual que va desde los 50 μm hasta los 125 μm , así lo indica la recomendación (ITU-T G.651.1), esta característica hace que sea usada en ventanas de 850 nm y 1300 nm o sucesivamente en ambas longitudes, este tipo de fibra es usada en distancias cortas en aplicaciones de cableado que vayan de 300 a 200 m.

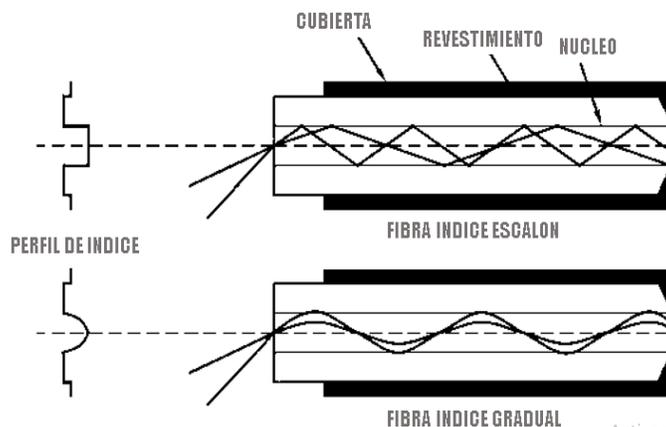


Figura 2.11. Fibra Óptica Multimodo.

FUENTE: Imagen tomada del Libro "Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas".

Existen 2 subtipos de fibra multimodo en las que podemos clasificar por su índice de refracción como, fibra óptica de índice escalón y fibra óptica de índice gradual.

- **Fibra multimodo de índice gradual**

Se puede hacer un núcleo cuyo índice de refracción disminuya a medida que se acerca al revestimiento óptico, de modo que la velocidad de los rayos aumente a medida que se alejan del núcleo, asegurando que la luz de modo alto alcance la luz de modo bajo en el otro extremo, esto hace que el ancho de banda aumente llegando a los 500 MHz/Km aproximadamente.

Parámetros	Valores
Longitud de onda	1330 nm – 1550 nm
Ancho de Banda	500 MHz
Fuente de Luz	Emisores específicos
Diámetro del núcleo	50 μm
Diámetro del revestimiento	≈125 μm

Tabla 2.1 Parámetros básicos de Fibra Óptica de índice gradual.

FUENTE: Datos recolectados del libro tomada del Libro Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas.

- **Fibra multimodo de índice escalón**

También conocida como fibra óptica de índice abrupto son aquellos que tienen un índice de refracción a lo largo del núcleo, que es constante y varía abruptamente en los límites del núcleo que cubren ópticamente. En estas fibras, los rayos de luz viajan en diferentes modos o trayectorias. Las fibras de índice pronunciado tienen un problema grave: la dispersión multimodal. Este tipo de fibra puede ser fabricada de dos maneras por vidrios con una atenuación de 30 dB/Km y de plástico con atenuaciones de 100 dB/Km.

Parámetros	Valores
Longitud de onda	660 nm – 1060 nm
Ancho de Banda	40 MHz
Fuente de Luz	Led
Diámetro del núcleo	50 μm – 100 μm
Diámetro del revestimiento	≈140 μm

Tabla 2.2 Parámetros básicos de Fibra Óptica de índice escalón.

FUENTE: Datos recolectados del libro tomada del Libro "Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas".

2.2.5.2 COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

2.2.5.2.1 ENLACE: PUNTO A PUNTO

Las topologías de red punto a punto para un enlace con fibra óptica, se basa en la conexión entre los elementos de comunicación transmisor y receptor sin que existan divisiones o algún tipo de conexiones entre el enlace o durante el trayecto.



Figura 2.12. Enlace de punto a punto.

FUENTE: Imagen tomada de documento "Análisis y procedimientos de las mediciones en Fibra óptica".

La comunicación por un único canal, como en las redes punto a punto, ha sido en gran parte impulsada por las técnicas WDM. Este método consiste en multiplexar varias señales sobre una sola fibra óptica mediante señales portadoras de diferente longitud de onda. La implementación de este sistema ha ido volviéndose más popular en las compañías de telecomunicaciones, ya que permite aumentar la capacidad de las redes sin tener que desplegar más fibra óptica. [14]

Para una red de distribución como en zonas urbanas para distribuir los servicios de internet, voz o telefonía, este tipo de topologías no son habituales, debido al gran número de conexiones que existen, es por ello que se adopta una topología de red más jerárquica y segmentada, sin embargo, los puntos o nodos de comunicaciones que se encargan de enlazar ciudades o pueblos suelen componerse por un enlace punto a punto, esto se debe a las técnicas de WDM, que aportan niveles altos de ancho de banda y garantizan la cobertura de grandes distancias.

2.2.5.2.2 DIFUSIÓN: PUNTO A MULTIPUNTO

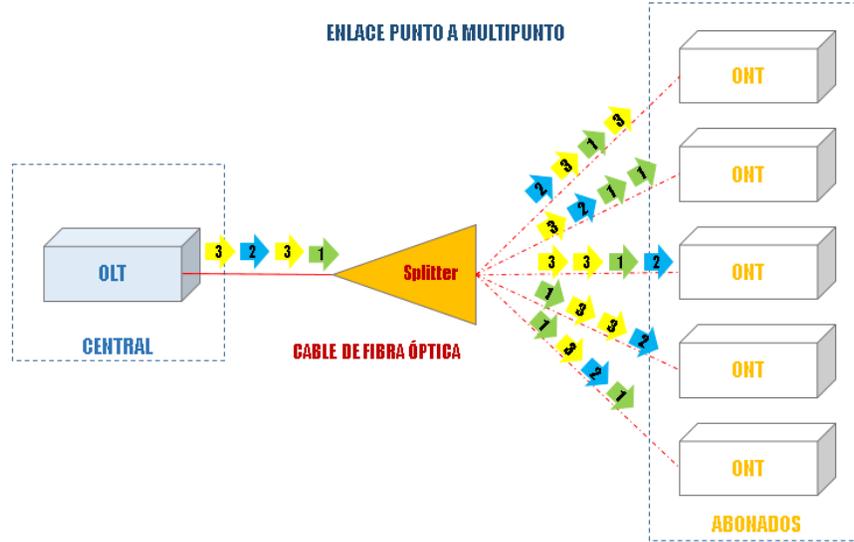


Figura 2.13. Enlace de Punto a Multipunto.

FUENTE: Imagen tomada de la página “Intersofila”.

Las topologías de punto a multipunto para enlaces de fibra óptica se basan en una conexión del cable de fibra a un terminal o divisor que se encarga de distribuir la señal a cada uno de los receptores

Esta tipología se basa en la fragmentación. Su objetivo es distribuir varios enlaces por un mismo canal, compartiendo los costes de un mismo segmento de fibra y reduciendo así el número de estas. Al existir menos instrumental, los costes de despliegue y mantenimiento de la red se ven también reducidos; lo que convierte a esta arquitectura en una alternativa a tener muy en cuenta para redes urbanas o de acceso a viviendas. [14]

Para las ramificaciones o divisiones del enlace se utilizan splitter's, que sirven como divisores de los enlaces de la red, estos dispositivos dividen el haz óptico, se debe tener en cuenta que al dividir la señal también disminuye la potencia en la recepción.

2.2.5.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

2.2.5.3.1 LONGITUD DE ONDA

Cada vez que estudiamos sobre los principios y el surgimiento de la fibra óptica se debe tratar términos sobre la Longitud de Onda más no el de frecuencia. La Longitud de Onda es representada como una letra griega λ (Landa) siendo este el resultado de la distancia

entre dos máximos de un ciclo completo para una Onda Electromagnética, su dependencia se encuentra entre la frecuencia y la velocidad de la luz en el vacío. [15]

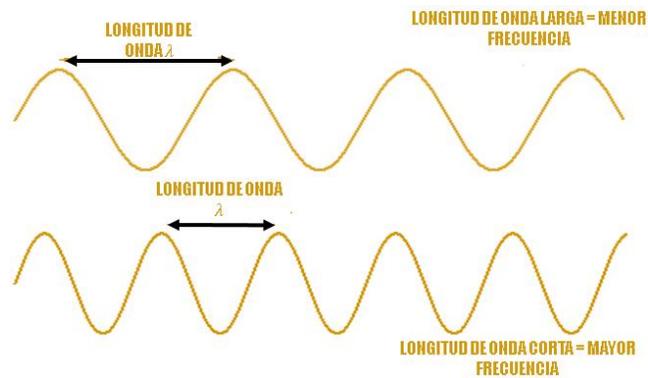


Figura 2.14. Longitud de Onda.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Hannainst”.

En los sistemas ópticos donde se hace uso de la longitud de onda y no de la frecuencia, esto permite diferenciar las señales que se propagan mediante la fibra.

Las longitudes de onda que se usan están recomendadas por ANSI y pertenecen a la banda infrarroja.

- Para los sistemas multimodo (Diodos LED): 850 nm en la primera ventana y 1300 nm en la segunda ventana.
- Para los sistemas monomodo (Diodos Laser): 1310 nm en la segunda ventana y 1550 nm en la tercera ventana.

Ahora su representación matemática se representa a continuación:

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

Ecuación 1. Fórmula de Longitud de Onda.

Donde:

- λ : Longitud de la Onda (m)
- C : Velocidad de la Luz (m/s)
- f : Frecuencia (Hz)

2.2.5.3.2 ANCHO DE BANDA

Tipo de fibra	Ancho de Banda 850/1.300 nm (MHz*km)	Distancia máxima 10/100 Base-SX	Distancia máxima 1000 Base - SR	Distancia Máxima 10G Base-SR	Distancia Máxima 40/100G Base-SR
OM1	200/500	2.000 m	275 m	33 m	---
OM2	500/500	2.000 m	550 m	85 m	---
OM3	2.000/500	2.000 m	1.000 m	300 m	100 m
OM4	4700/500	2000 m	1100 m	400 m	150 m
Tipo de Fibra	Ancho de Banda 1310/1550 nm (MHZ*KM)			Distancia Máxima 10G Base-SR (1550 nm)	Distancia Máxima 40/100G Base-SR (1550 nm)
OS1	No especificado	-----m	-----m	40000 m	10000 m
OS2	No especificado	-----m	-----m	40000 m	10000 m

Tabla 2.3 Velocidades y distancias aplicables de Fibra Óptica.

FUENTE: Datos recolectados de la página web “Fibremex”.

El ancho de banda es una de las características o parámetros que se usa solo en los tipos de fibra multimodo, los límites se especifican en los estándares ANSI/TIA/EIA para el tipo de fibra antes mencionada son los siguientes:

Multimodo: 62.5 μm – 125 μm

- 850 nm: 3.75 dB/km – 160 MHz/ km
- 1300 nm: 1.5 dB/km – 500 MHz/ km

Multimodo: 50 μm – 125 μm

- 850 nm: 3.75 dB/km – 500 MHz/ km
- 1300 nm: 1.5 dB/km – 500 MHz/ km

En la fibra monomodo no se utiliza el ancho de banda porque se refiere al parámetro de dispersión modal, que no ocurre en la fibra monomodo.

Los límites se especifican en los estándares ANSI/TIA/EIA para el tipo de fibra antes mencionada son los siguientes:

Monomodo: cables de planta interna.

- 1310 nm: 1.00 dB/km
- 1550 nm: 1.00 dB/km

Monomodo: cables de planta externa.

- 1310 nm: 0.5 dB/km
- 1550 nm: 0.5 dB/km

Las velocidades y distancias aplicables para cableados de Estructural Horizontal y Vertical dentro de una red de planta interna.

2.2.5.3.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

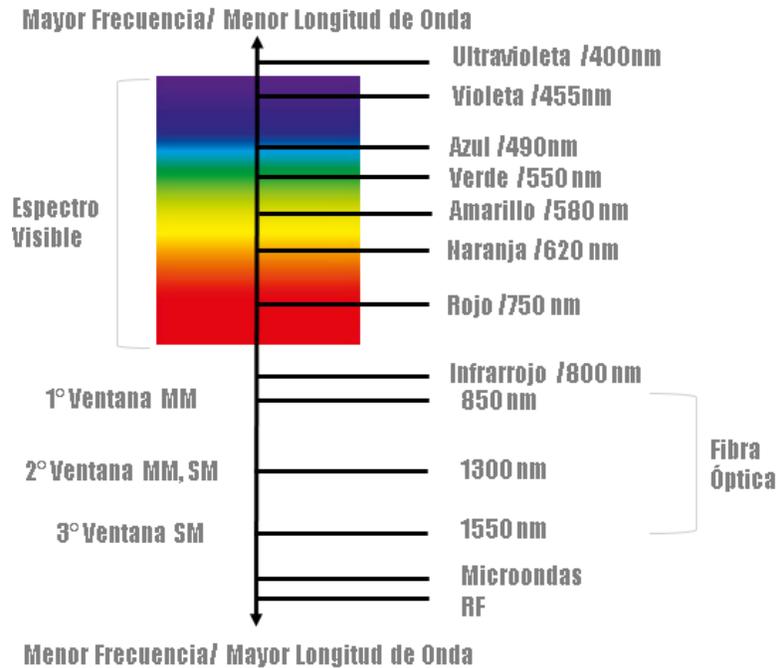


Figura 2.15. Longitud de onda de la fibra óptica – espectro electromagnético.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Opticasafull”.

El espectro electromagnético es el rango de longitudes de onda que se extiende desde la radiación de longitud de onda más corta (rayos gamma, rayos X), la luz ultravioleta, la luz visible y el infrarrojo hasta las ondas electromagnéticas de longitud de onda más larga (ondas de radio). [16]

Por lo general la clasificación de la radiación electromagnética se da en longitudes de onda y no en frecuencia.

El espectro electromagnético como se muestra en la Figura 2.15. Muestra un incremento de energía el cual es inversamente proporcional a la longitud de onda (λ) y

directamente proporcional a la frecuencia, es decir, a mayor frecuencia, menor longitud de onda.

La fibra óptica se ubica en la banda de espectro infrarrojo, que está próximo a la parte visible del espectro electromagnético y utiliza las longitudes de onda de 800 a 1600 nm.

Onda Electromagnética.

Ahora veremos que contribuye al espectro electromagnético:

- Frecuencia (f)
- Longitud de Onda (λ)
- Amplitud (A)
- Velocidad de propagación
- Periodo

2.2.5.4 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica tiene ciertas características que se debe tener en cuenta, como lo son resistencia, envejecimiento y la sensibilidad de curvatura:

- **Tensión:** cuando la fibra se estira o se contrae, puede que esto cause que se aumente el porcentaje de elasticidad de la fibra y esta se rompa o se forman micro curvaturas.
- **Módulo de Young:** Se define como la fuerza por unidad de área que produce un alargamiento en la fibra óptica, donde su valor se encuentra entre 700 kp/mm^2 ($1\text{kp}=9.80665\text{N}$) [17]
- **Carga de rotura:** Siendo esta la fuerza por unidad de área que permite determinar la rotura de la fibra óptica, teniendo un valor aproximado de 400kp/mm^2
- **Coefficiente de dilatación:** indica el alargamiento que sufre la fibra óptica por cada grado de temperatura. Su valor es de $0.5 \cdot 10^{-6}$ por cada $^{\circ}\text{C}$, esto quiere decir que 1000m de fibra óptica sufrirán un alargamiento de 25mm al pasar de 20°C a 70°C . [17]

- **Limitaciones Térmicas:** este tipo de limitaciones se definen dependiendo de la fibra con la que se trabaja, ya sea de vidrio o de materiales sintéticos.
- **Torsión:** es la fuerza de tracción que sufre la fibra óptica.
- **Peso:** El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos. Por lo general la longitud de la bobina es de 2000m y su peso es de 190 Kg. s/Km. [17]
- **Enrollamiento:** para la fibra óptica existe un imite de curvatura, el forro de esta evita que este ángulo de curvatura se exceda.
- **Impacto:** se dan por las protecciones del cable óptico, el recubrimiento de la fibra ayuda a su resistencia.

2.2.5.5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

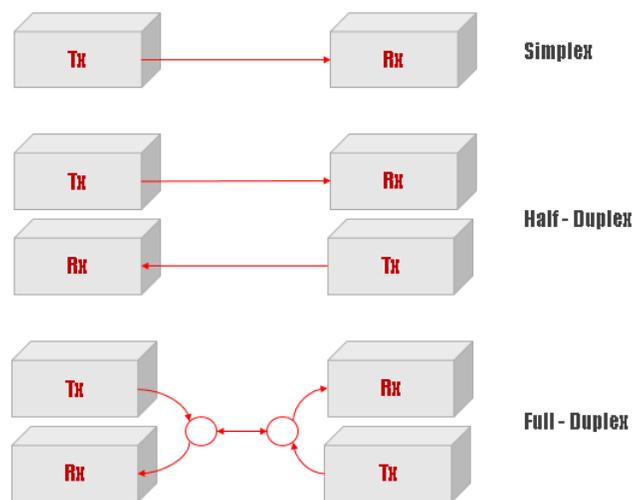


Figura 2.16. Transmisión de la Fibra Óptica

FUENTE: Imagen tomada de la página "Fibraopticahoy".

La transmisión por fibra óptica es un método de envío de información de un lugar a otro por medio de señales lumínicas que se propagan a través de fibras. Cada filamento o hebra de fibra óptica consta de un núcleo de óxido de germanio y silicio. Este tiene un índice de refracción alto rodeado por otra capa con un índice de refracción más bajo.

La transmisión por fibra óptica se basa en la refracción y la reflexión, la luz transmitida por la fibra sufre una reflexión total cada vez que intenta salir del núcleo.

Para que se pueda establecer un enlace haciendo uso de conectores ópticos, es de vital importancia tener en cuenta aspectos relacionados a la distancia que existe entre los repetidores del módulo transmisor y receptor, así como la capacidad de información que se puede transportar en el medio.

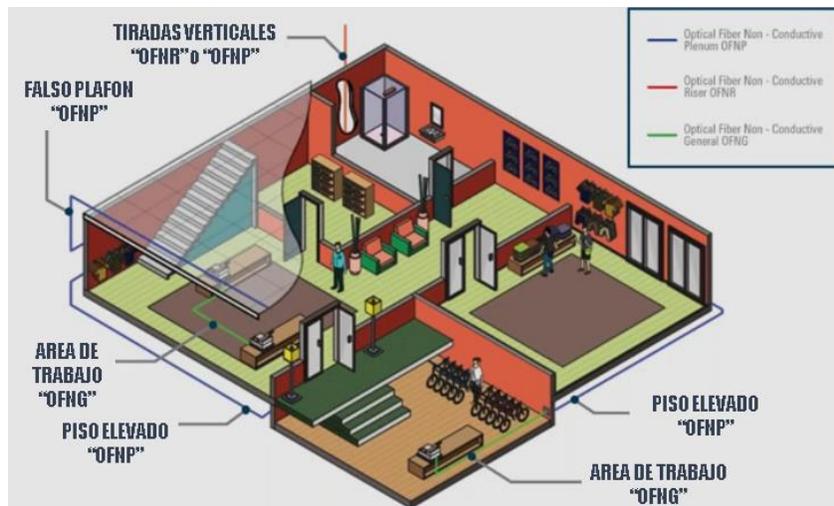
Para el caso del conductor óptico estos parámetros se refieren a su atenuación y al ancho de banda. Por tanto, desde el punto de vista técnico una vez que se inyecte energía lumínica a la entrada de la fibra, estos parámetros son muy importantes, por su repercusión sobre la información impresa sobre la señal luminosa porque nos permite tener una información de la disminución de la potencia y la deformación de los pulsos ópticos a lo largo de su longitud. [18]

En el proceso de transmisión las características se basan en las opciones de cableado para la red de fibra óptica, dependiendo de la aplicación que se le dé al mismo y el presupuesto que se tenga. Los cables de fibra óptica opcionales en la estructura de una red son simplex y dúplex, que están diseñados y revestidos con elementos de refuerzo Kevlar. Los cables simplex de fibra óptica son de un solo hilo, es decir tiene una sola fibra, y los cables dúplex tienen dos fibras unidas donde se transmite de un punto “A” a un punto “B” y de un punto B al punto, y en ambos extremos se tiene un módulo transmisor y receptor, este modo de transmisión es conocida como Half - dúplex.

Con la aparición de la transmisión por medio de la fibra de un solo hilo Full - dúplex, se ha revolucionado el proceso de envío de información, esta tecnología trabaja con longitudes de onda que viajan por el medio en direcciones opuestas, esto se logra al combinar y separa los datos a transmitir.

2.2.5.6 CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA FIBRA ÓPTICA

Basado en las normas UL (Undewriters Laboratories) y NFPA (National Fire Protection Agency), los tipos de cable de fibra con resistencia al fuego se dividen o se especifican en 4 categorías:



*Figura 2.17. Áreas de cableado con resistencia al fuego de Fibra Óptica
FUENTE: Imagen tomada de la página web "Fibremex".*

2.2.5.6.1 OFNP

El cable de fibra conocido como OFNP (cámara impelente de fibra óptica no conductora) es la categoría más alta de retardante contra fuego de la fibra óptica, este tipo de cable debe estar adecuado para ser usado en ductos y espacios al aire libre, deben ser certificados de manera que tengan características de resistencia a las llamas y una baja emanación de humo, es decir, evitar que el fuego se propague, el cable se certifica mediante la norma NFPA262.

2.2.5.6.2 OFCP

El cable de fibra conocido como OFCP (pleno conductor de fibra óptica) es de grado plenum, al ser conductor significa que tiene características metálicas como parte de su elaboración, estos pueden ser alambre o cinta de acero, aluminio para el blindaje, los cables de grado plenum se instalan en conductos de ventilación, tuberías o sistemas de retorno de aire, el cable se certifica mediante la norma NFPA262.

2.2.5.6.3 OFNR - OFCR

El cable de fibra conocido como OFNR (fibra óptica no conductor para cableado vertical) es la categoría de segundo grado para cables de tipo retardante contra llamas, este tipo de cable debe ser óptimo para la instalación o tendido de forma vertical, poseer

características de resistencia al fuego y evitar la propagación de humo, el cable se certifica mediante la norma UL1666.

2.2.5.6.4 OFN - OFNG

El cable de fibra conocido como OFNG (fibra óptica no conductor para uso general), este tipo de cableado se usa de manera general, de igual manera deben estar certificados de manera que sean resistentes al fuego y evitar la propagación de humo, estos no se pueden ser utilizados en tendidos verticales o plenum.

2.2.5.7 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se encuentra cubierta por varios revestimientos partiendo del núcleo también llamado (Core) puede estar fabricado de sílice, cuarzo fundido o plástico de alto índice de refracción sirviendo para la propagación de los pulso luminosos, la cubierta (Cladding) suele estar elaborado de los mismos materiales del núcleo pero no siendo indispensable su índice de refracción logrando que la luz quede atrapada y pueda propagarse dentro del núcleo, cuenta con un revestimiento de protección echo de plástico como Kevlar, asegurando su protección por diversas manipulaciones del mismo.

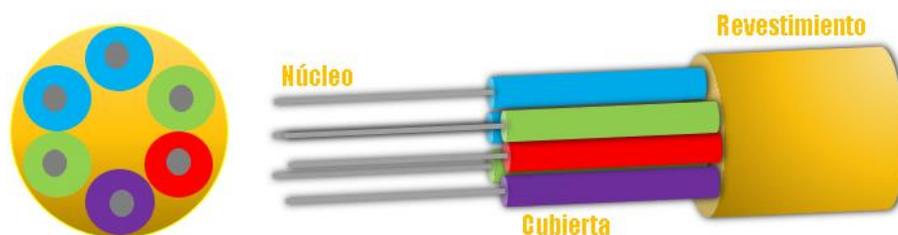


Figura 2.18. Transmisión de la Fibra Óptica

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Según su composición el cable de fibra se divide en tres tipos, por el núcleo de plástico y cubierta plástica, núcleo de vidrio con cubierta de plástico y la de núcleo de vidrio con cubierta de vidrio, la fibra de plástico tiene cierta ventaja frente a las fibras de vidrio, debido a su flexibilidad, son más resistentes y fáciles de instalar, también tiene un menor costo y el peso es aproximadamente es del 60% menos que el de la fibra de vidrio. En cuanto a las fibras de vidrio tienen la ventaja de tener una baja atenuación y son menos afectadas por el fenómeno de la radiación, en cambio las fibras plásticas no propagan tan

eficientemente el haz de luz es por ellos que las fibras plásticas tienen limitaciones de distancia, es decir se instalan para distancias cortas.

El cable de fibra óptica para construcciones básicas se divide en:

- Cable de estructura Holgada.
- Cable de estructura Ajustada.
- Cable Blindado.

2.2.5.7.1 CABLE DE ESTRUCTURA HOLGADA

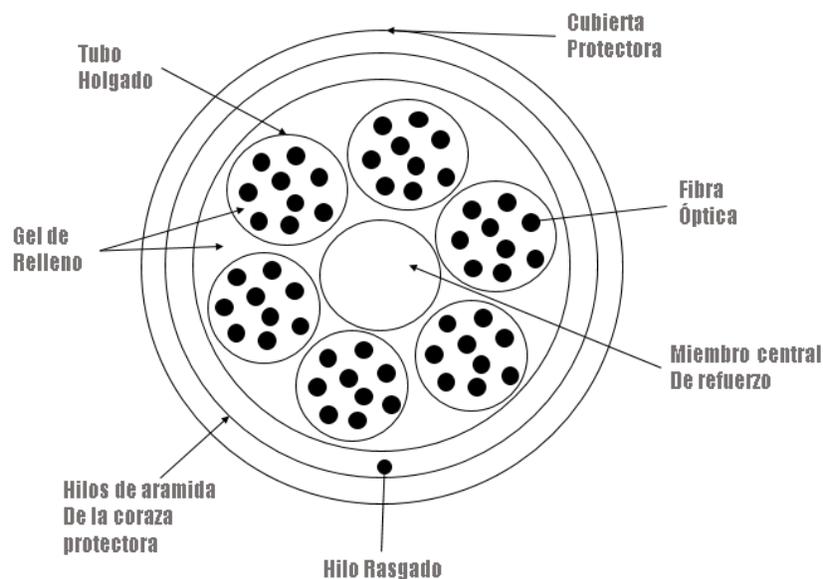


Figura 2.19. Fibra Óptica de Estructura Holgada.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Sillexfiber".

Al manipular los cables de fibra óptica pueden dañarse fácilmente por el exceso de tensión, doblado o aplastamiento he aquí por qué la fabricación de un cable de estructura holgada, su fabricación está diseñada para soportar las diferentes variaciones de tensión al momento de ser manipulada por lo que está elaborado de varios tubos de estructura Holgada de entre 2 a 3 mm de diámetro o también se podría decir que su diámetro interno varía entre 0.03% a 0.10%. Su alojamiento se encuentra situada alrededor de un elemento central sirviendo como refuerzo, su fabricación regularmente suele ser de acero que también están rodeadas de una cubierta protectora de polietileno.

Sus aplicaciones van desde instalaciones aéreas en postes, canalizadas y de obra civil, pero no son recomendables para instalaciones verticales debido a su cubierta de gel que contiene.

Como se observa en la Figura 2.19. El cable de estructura holgada tiene en su centro un elemento de refuerzo, este brindará soporte cuando se realice el proceso de tendido e instalación de la fibra, este miembro de refuerzo puede ser de acero, Kevlar o un material similar.

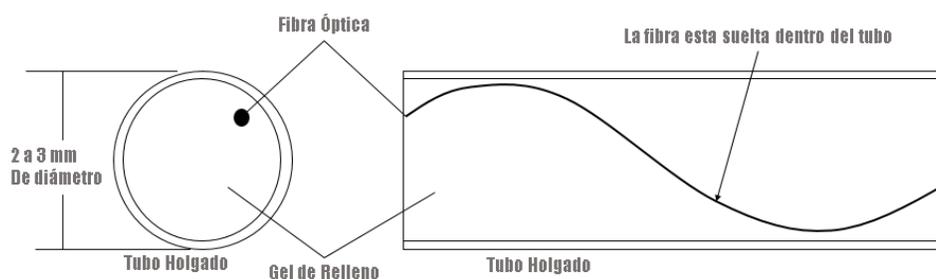


Figura 2.20. Tubo de Estructura Holgada.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Silexfiber”.

Este tipo de cable estructurado se usa en su mayoría se usa en las instalaciones exteriores, también es tendidos aéreos, tubos o ductos que son instalaciones enterradas, este tipo de cable no es recomendado para instalaciones verticales o de este tipo de recorrido, ya que el gel de relleno fluya por el tubo o las fibras internas se muevan.

2.2.5.7.2 CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA

Este tipo de cable estructurado ajustada contiene en su interior varias fibras con una protección secundaria, la misma que rodea al miembro central de refuerzo, tiene una capa de protección exterior que resguarda las fibras y al miembro central.

La protección secundaria tiene una cubierta de plástico aproximadamente de $900 \mu m$ de diámetro que rodea el revestimiento de $250 \mu m$ de la fibra como se describe anteriormente, la protección brinda a cada fibra individualmente un refuerzo anexo, frente al entorno en el que se encuentre, así como también soporte físico, esto tiene la ventaja de instalar el conector directamente al cable de fibra, sin la protección que se requiere de una bandeja de empalmes, y en el proceso de instalación es ventajoso, ya que se puede reducir costos, y disminuir el número de empalmes en el proceso de instalación que puede provocar pérdidas.

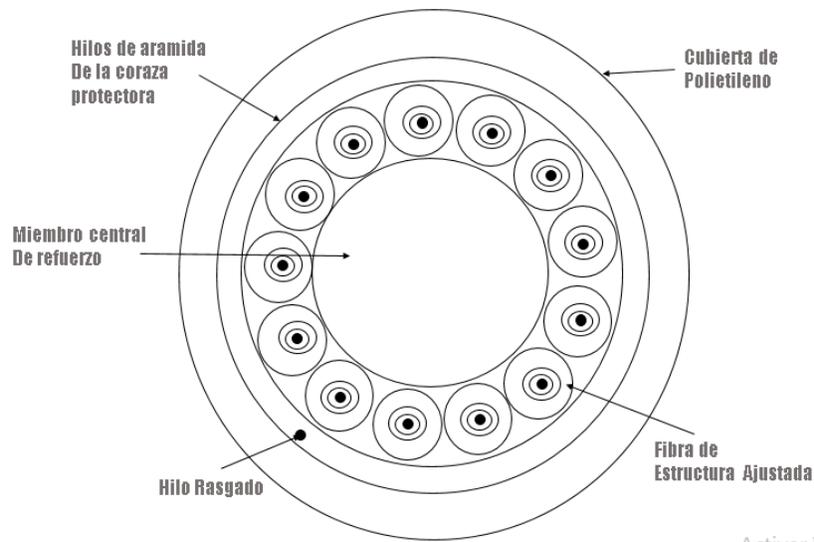


Figura 2.21. Fibra Óptica de Estructura Ajustada.
FUENTE: Imagen tomada de la página web “Silxfiber”.

Debido a la estructura ajustada del cable es posible que se den Pérdidas por micro curvaturas, ya que tiene más sensibilidad al estiramiento o tracción.

Este tipo de cable es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño lo que lo diferencia del cable de estructura holgada que tiene un radio de curvatura más amplio. El cable de estructura ajustada está diseñado para instalaciones en el interior de edificios, viviendas o industrias corporativas también puede ser utilizado en instalaciones verticales por el soporte individual que tiene cada fibra.

2.2.5.7.3 CABLE BLINDADO

Este tipo de cable tiene varias capas protectoras debajo de la cubierta de polietileno, esto hace que este tipo de cable sea extremadamente resistente a inconvenientes de deformación o si la fibra llega a ser aplastada, también esta protección sirve en escenarios donde el cable se vea afectado por mordeduras de roedores. El cable blindado se usa en instalaciones industriales o tendido subterráneo.

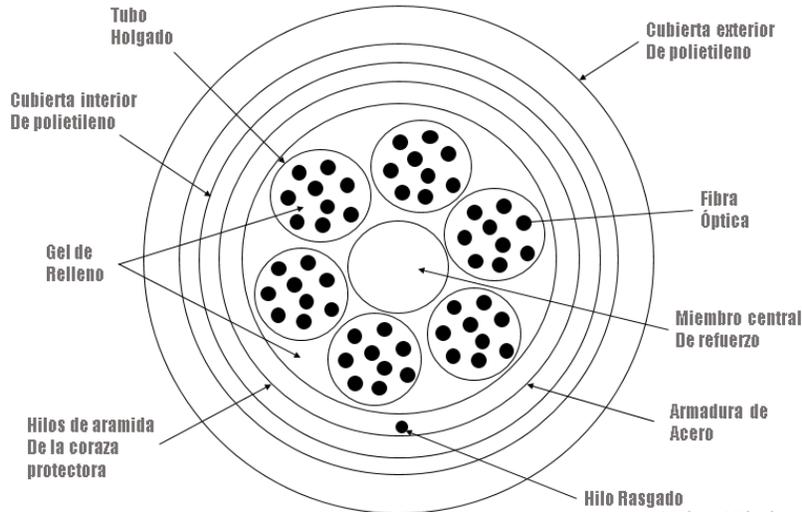


Figura 2.22. Cable Blindado.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Silexfiber".

2.2.5.8 EMPALMES

Las características que tiene la fibra óptica hacen que se tenga una atención máxima durante su tratamiento o implementación, de esta manera es necesario disponer de equipos, dispositivos y elementos que faciliten el trabajo que se realiza, lo primordial es preservar la integridad del cable durante la operación.

Los empalmes ópticos permiten la continuidad entre dos hilos de fibra mediante una fusión permanente, su precisión al momento de empalmar es muy importante para garantizar una alta calidad de transmisión por lo que también es importante tener en cuenta el diámetro de núcleo interno de fibra, cortes y diferentes alineaciones. Por lo general al seguir estos aspectos como resultado se tendrá una baja atenuación producto de los empalmes y estabilidad en el sistema.

Los empalmes son un punto crítico en las redes de fibra óptica porque afectan en gran medida no solo al número de enlaces, sino también a su duración. De hecho, las juntas garantizan una estabilidad a largo plazo y un funcionamiento de alta calidad. Las juntas deben permanecer estables en las condiciones ambientales esperadas durante la vida útil del diseño del sistema.

Los empalmes se pueden realizar de forma mecánica y mediante fusión de fibra.

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

Tabla 2.4 Características técnicas por empalme.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Las pérdidas que se dan por los empalmes pueden favorecer al balance de potencia del sistema en menor alcance, dichas Pérdidas tienen su clasificación, intrínsecas que se dan por la fabricación de la fibra y las extrínsecas que se producen por el trabajo o la manipulación de la fibra.

Lo que se debe tener en cuenta para el empalme en el escenario es:

- Pérdidas por inserción.
- Resistencia mecánica.
- Estabilidad térmica.

Los empalmes se pueden realizar de forma mecánica y mediante fusión de fibra, depende de la calidad que se espera de funcionamiento, así como, de la instalación y el mantenimiento, la elección del tipo de empalme que se realizara. Para realizar un empalme es necesario preparar la fibra para que se presente en las mejores condiciones, es por ello, que se debe limpiar la fibra, cortar y pelar muy bien los recubrimientos de esta.

2.2.5.8.1 EMPALME POR FUSIÓN

El tipo de empalme por fusión es el más óptimo y utilizado en los procesos de empalme, ya que brinda mayor fiabilidad, menor pérdida y reflectancia, sea para fibras monomodo o multimodo, existen diferentes procesos para realizar un empalme por fusión, el arco electrónico es método más usado en el trabajo de empalmar hilos de fibra, consiste en un dispositivo que ayuda en la alineación y verificación de las fibras previamente cortadas, luego mediante electrodos se calienta los dos extremos de la fibra hasta unirlos. [19]

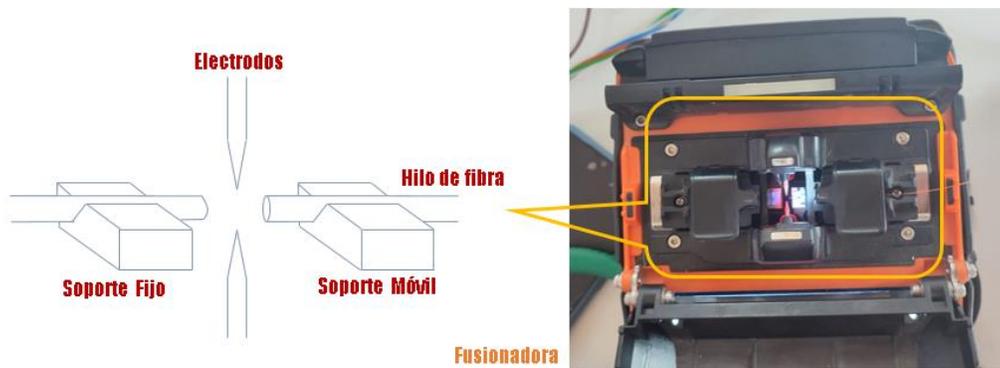


Figura 2.23. Empalme por Fusión.

FUENTE: Imagen elaborada o por el autor.

Su verificación también se la puede realizar con equipos que pueden localizar fallos ópticos que para ello emiten una luz láser a largo de la fibra. Las ventajas de este tipo de empalme, es que, al no tener elementos mecánicos en el punto de fusión, tienen una adaptación limpia en el índice de refracción, tiene autonomía en las características de transmisión y los cambios de temperatura, también tiene bajos índices de atenuación.

La temperatura que es requerida para realizar el proceso de fusión es de los 2000 °C, este índice de temperatura se puede obtener mediante el arco de electrodos de tungsteno que se muestra en la Figura 2.23. Las fusionadoras de arco eléctrico tienen valores típicos de corriente de 10 a 20 mA, con voltaje de 3000 y 7000 V.

2.2.5.8.2 EMPALME MECÁNICO

El empalme mecánico fue uno de los primeros métodos desarrollados para la unión de hilos de fibra, se constituye de un elemento mecánico que aloja a la fibra, para el proceso de este tipo de empalme se realiza el alineamiento de la fibra y posteriormente el bloqueo mediante de retenedores, luego la fibra es depositada en unos adaptadores de índices y finalmente se contiene todo con un protector.

Existen varios métodos para realizar un empalme mecánico entre ellas está el empalme de tubo o cilindros de precisión, canaletas en V, barretas y tubos, para el proceso es significativo que los hilos de fibra estén estableciendo contacto con las superficies de alineación, para que el contacto se produzca, se hace uso de elemento que retienen a la fibra como adhesivos, cubierta con bloques o elementos eléctricos.

Para los adaptadores de índice se utilizan adhesivos ultravioletas, resinas de silicona o gas óptico. Esto hace que sus pérdidas fluctúan entre 0.1 – 2.0 dB, si lo comparamos con la fluctuación de conectores (0.2 – 3 dB) es mucho menor para fibras multimodo, los empalmes realizados en fibra monomodo son mucho menores a 0.1 dB, reduce Pérdidas por reflexión.

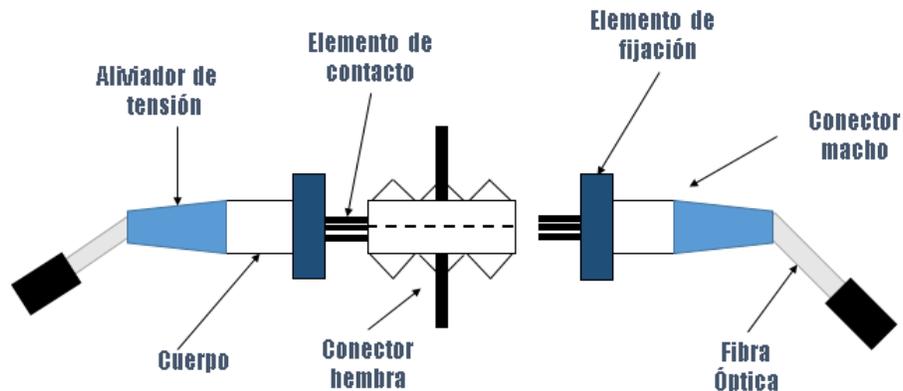


Figura 2.24. Empalme Mecánico.

FUENTE: Imagen elaborada de la página "Telecombol".

2.2.5.9 REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN

2.2.5.9.1 ÍNDICE DE REFLEXIÓN

La reflexión es el cambio de dirección que experimenta la luz cuando golpea la interfaz entre dos medios. La ley de la reflexión se basa en dos puntos importantes. La primera es que el rayo incidente debe estar en el mismo plano que el rayo reflejado. En el segundo punto, el ángulo de incidencia debe ser igual al ángulo de reflexión.

$$\theta_2 = \theta_1$$

Ecuación 2. Ángulo de Incidencia.

2.2.5.9.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Es el cambio de dirección y velocidad de la luz en la interfaz de dos medios diferentes. Siendo más precisos, es la transición de fase por unidad de longitud. El índice de refracción se define como la reducción de la velocidad de la luz debido a la transmisión a través de un medio homogéneo. Esto se define por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{c}{V_p}$$

Ecuación 3. Índice de Refracción.

Donde:

- $n = \text{índice de refracción}$
- $c = \text{velocidad de la luz.}$
- $V_p = \text{Velocidad de fase.}$

A continuación, se mostrarán algunos valores de índice de refracción según su material.

Material	Índice de refracción	Velocidad m/s
Vacío	1	299.792.485
Aire	1,00029	299.705,543
Hielo	1,31	228.849,205
Agua (20 °C)	1,333	224.844.349
Alcohol etílico	1,36	220.435.631
Cubierta FO (SiO_2)	1,45	206.735,419
Núcleo ($SiO_2 + GeO_2$)	1,47	203.940.465
Cuarzo (SiO_2)	1,544	194.166.009
Diamante	2.417	124.034.943

Tabla 2.5 Índice de refracción en materiales.

FUENTE: Datos recolectados del Libro "Manual de Comunicaciones por Fibras Ópticas".

La refracción se basa en la Ley de Snell, donde un índice de refracción n_1 cambia de ángulo θ_1 a un ángulo θ_2 con un nuevo índice de refracción n_2 debido al cambio de medio que sufre.

Y se expresa de la siguiente manera:

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

Ecuación 4. Ley de Snell.

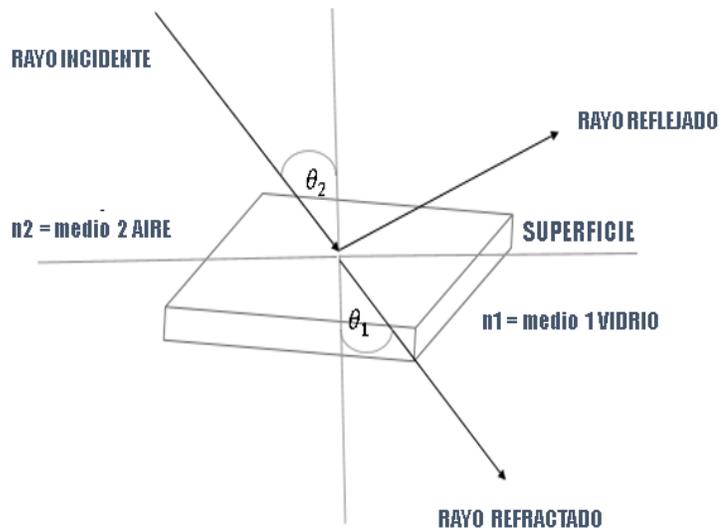


Figura 2.25. Reflexión y Refracción de Luz.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Prored".

2.2.5.9.3 ÁNGULO CRÍTICO

Representa el ángulo máximo del haz incidente que produce una señal reflejada en el límite entre el núcleo y el revestimiento.

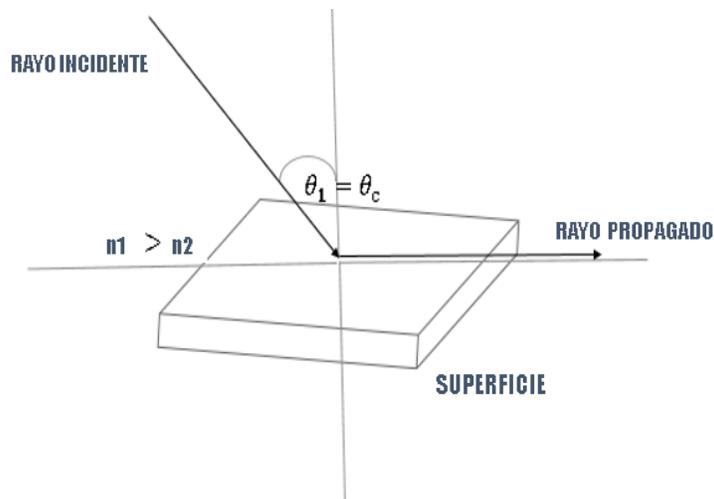


Figura 2.26. Ángulo Crítico.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Prored".

Cuando el ángulo del rayo o haz de luz incidente θ_1 incrementa de tal manera que el ángulo refractado o propagado θ_2 sea igual a 90° , con respecto a la normal, el ángulo de incidencia se lo denomina ángulo crítico.

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

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

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

$$\text{Sen } \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

Ecuación 5. Ley de Snell para ángulo crítico.

Esto quiere decir que el ángulo crítico depende solamente de los materiales y sus índices de refracción como se los detallan en la Tabla 2.5, en los cuales se esté propagando la señal.

2.2.5.9.4 REFLEXIÓN TOTAL

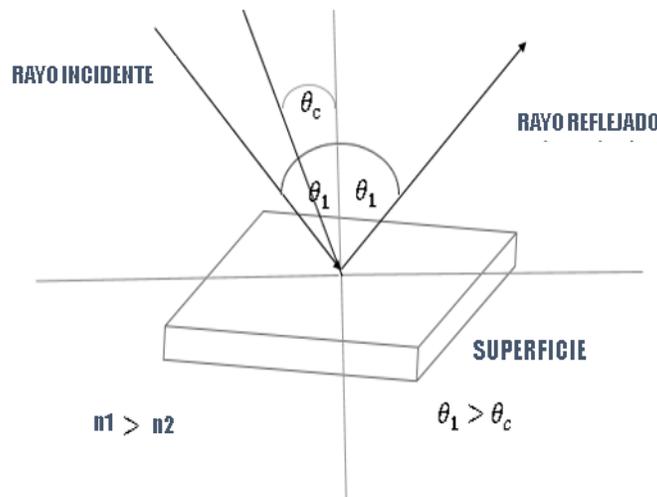


Figura 2.27. Reflexión Total.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Prored".

Si el ángulo del haz incidente sigue aumentando más allá del ángulo crítico, la luz se reflejará totalmente, es decir, volverá al medio incidente, este efecto se denomina reflexión total.

Por ejemplo, si se construye una estructura de dos medios cristalinos y el medio interno es el medio con el índice de refracción más alto, la luz puede propagarse a lo largo del medio interno siempre que el ángulo de incidencia de la luz sea mayor que el ángulo crítico.

La reflexión total se utiliza en fibras ópticas para conducir la luz a través de un conductor con un núcleo de vidrio de índice de refracción (n_1) en el centro, envuelto en un revestimiento de vidrio de índice de refracción (n_2).

2.2.5.10 ATENUACIONES Y PÉRDIDAS

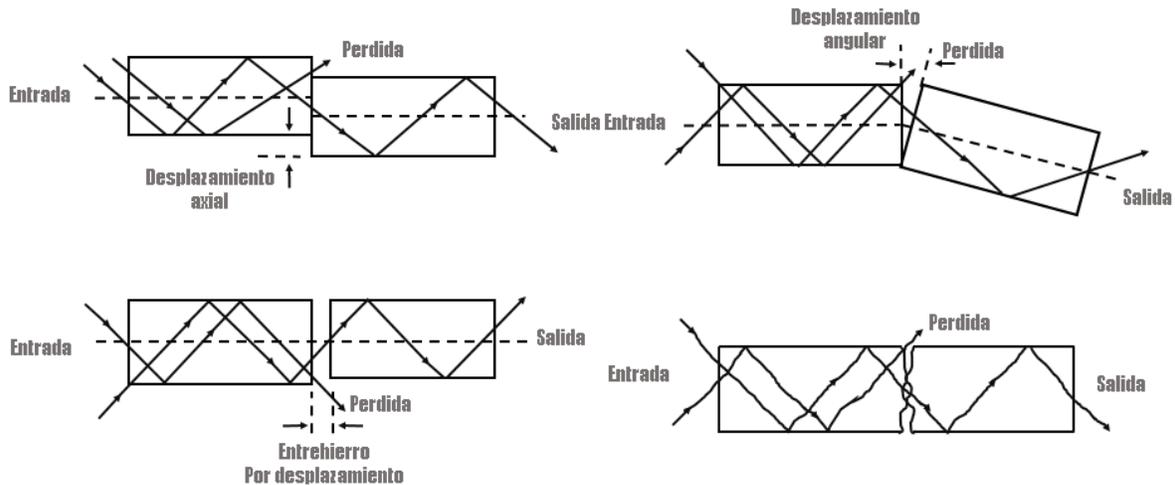


Figura 2.28. Atenuación por empalmes.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “TheFoa”.

La atenuación se define como la pérdida de potencia óptica al realizarse la transmisión. Decae exponencialmente según la longitud de la fibra y el tipo de fibra utilizada, como se expresa en la siguiente relación como se puede apreciar en la *Ecuación 6*. [20] La unidad de medida de la atenuación es el decibelio (dB), y se expresa en forma de Pérdida de luz por kilómetro (dB/Km).

El cálculo de atenuación se basa en la relación de la potencia óptica de entrada (P_1), y la potencia óptica de salida (P_2).

$$A = 10 \log_{10}(P_1/P_2)$$

Ecuación 6. Formula de Atenuación.

La atenuación viene dada por tres efectos físicos: absorción, difusión y radiación debido al material de fibra o impurezas introducidas durante la fabricación, generalmente debido a curvatura o defectos periódicos. Además, la atenuación también depende del ancho espectral, la ventana de trabajo y la apertura numérica de la fibra.

Si se obtiene el valor del coeficiente de atenuación, la longitud del cable y la potencia de entrada que pasa por el hilo de fibra, se puede calcular la potencia óptica de salida en mediciones de Watts empleando la siguiente formula.

$$P2 = P1 * 10^{\alpha l/10}$$

Ecuación 7. Potencia de Salida.

Donde:

- P2 = Potencia Óptica de Salida de la fibra óptica (sin conector) [Watts].
- P1 = Potencia Óptica de Entrada de la fibra óptica (sin conector) [Watts].
- α = coeficiente de atenuación [dB/Km].
- l = longitud del cable [Km].

Las atenuaciones por empalme se presentan o se ocasionan cuando en el proceso de fusionar dos tramos de fibra óptica existe un mal alineamiento axial de las mismas, las separaciones de los ejes, la alineación angular como se muestra en la Figura 2.28.

Las pérdidas más bajas en el espectro infrarrojo se encuentran en la longitud de onda de 1550 nm valor que normalmente se lo utiliza en las transmisiones de larga distancia, las Pérdidas en la fibra son ocasionadas por factores intrínsecas (impurezas del material al momento de la elaboración) y factores extrínsecos (manipulación del cable de fibra óptica). [21]

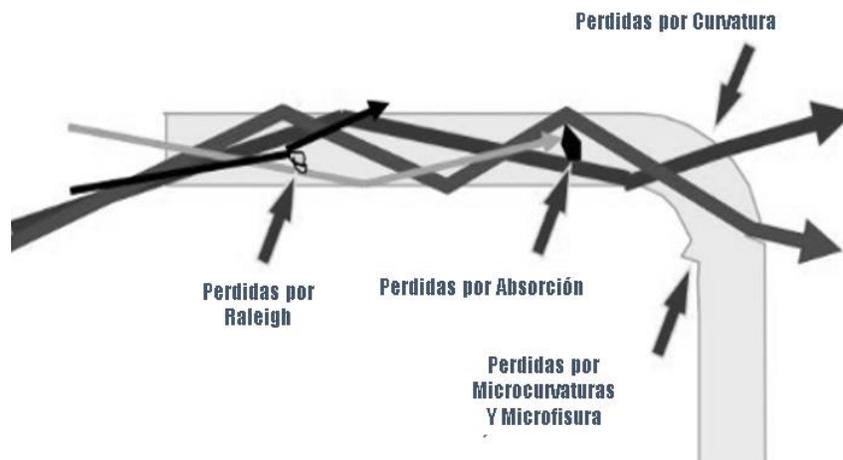


Figura 2.29. Pérdidas Extrínsecas e Intrínsecas.

FUENTE: Imagen tomada del Libro " Manual De Comunicaciones por Fibras Ópticas ".

2.2.5.10.1 PÉRDIDAS EXTRÍNSECAS

Estas se presentan debido a factores externos de la naturaleza de la fibra, estos pueden ser el estado de la unión realizada, defectos en la fabricación de la fibra, el proceso de instalación que se llevó a cabo, Pérdidas por inserción, el almacenaje en empalmes mecánicos, los empalmes por fusión, cortes en la fibra incorrectos, suciedad en las superficies al realizar el proceso de empalme, estos factores antes mencionados ocasionan Pérdidas de potencia en la transmisión.

La flexión de la fibra afecta al ángulo crítico, con el resultado de que parte de la luz que pasa a través del núcleo se refracta. Esto resulta en una pérdida de potencia. Y cuando se dan las macro curvaturas en cuando se flexiona demasiado el cable de fibra, es por ello por lo que se debe prevenir y se especifica un radio de curvatura para la fibra según sea el tipo. Por el contrario, las micro curvaturas se producen por pequeños defectos en el núcleo que se dan por cambios en la temperatura o el proceso de tendido del cable.

Se define por los siguientes parámetros:

$$L_e [dB] = Abs C + Rad mc + Rad curv + Rad RB + AC$$

Ecuación 8. Pérdidas Extrínsecas.

Donde:

- Abs C = Absorción energética por contaminantes.
- Rad mc = Radiación por micro curvaturas.
- Rad curv = Radiación por curvatura.
- Rad RB = Radiación estimulada de RAMAN y BRILLOUIN.
- AC = Pérdidas por agentes climáticos.

2.2.5.10.2 PÉRDIDAS INTRÍNSECAS

Son elementos naturales de la fibra óptica. Por lo que es imposible no tener este tipo de pérdidas en la elaboración, en este caso se dan por la absorción del tipo de material debido a las impurezas y absorben la luz convirtiéndola en calor Figura 2.29, las moléculas de hidrogeno y por dispersión o difusión son por reflexiones del material.

El valor de esta pérdida se obtiene según la siguiente relación:

$$L_i [dB] = P_{Rayleigh} + P_{Ultravioleta} + P_{Infrarroja}$$

Ecuación 9. Pérdidas Intrínsecas.

Donde:

- $P_{Rayleigh}$ = Dispersión energética de Rayleigh, se presentan debido a irregularidades del material, estas son pequeñas en relación con la longitud de onda.
- $P_{Ultravioleta}$ = se debe a la absorción de energía de los materiales básico de la fibra en la región ultravioleta.
- $P_{Infrarroja}$ = absorción de energía en la región infrarroja, debido a la resonancia mecánica de las moléculas de vidrio y su posición en reposo.

2.2.5.11 DISPERSIÓN

Es el fenómeno o causa de la separación de ondas de distintas frecuencias a su paso por el medio, provocando la distorsión de la señal y reduciendo así el ancho de banda al pasar por la fibra. También disminuye la distancia de transmisión por las atenuaciones producidas. La dispersión de fibra se divide en tres componentes: modo modal, cromático y de polarización.

El pulso de luz se propaga a medida que viaja a lo largo de la fibra. Surge de la propagación multimodo y el ancho espectral de la fuente de luz, la dispersión ocurre porque el haz de luz viaja a través de la fibra a diferentes velocidades.

2.2.5.11.1 DISPERSIÓN MODAL

Este tipo de dispersión solo puede ocurrir en fibra multimodo porque puede tomar diferentes caminos o trayectorias y la información puede distorsionarse en la señal recibida, es decir, la información llega en diferentes tiempos a su destino, lo que puede reducirse utilizando fibra de índice gradual o fibra monomodo de índice escalonado.

En la fibra viajan varios rayos de luz y entran en diferentes ángulos de incidencia esto hace que recorran diferentes trayectorias, La señal o luz se dispersa porque cada modo o trayectoria tiene una velocidad de propagación, algunas señales viajan directamente, mientras que otras rebotan varias veces en el revestimiento o el límite de la fibra y el núcleo, cada uno

de estos rebotes provoca la dispersión modal, por ello, mientras más larga sea la distancia de recorrido se tendrá más dispersión de este tipo.

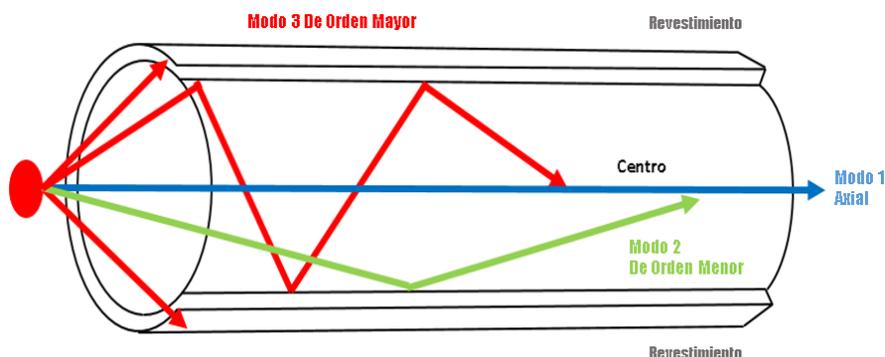


Figura 2.30. Dispersión Modal.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Community”.

Como se menciona anteriormente la fibra multimodo es donde puede ocurrir este fenómeno, este tipo de fibra es capaz de soportar hasta 17 modos de luz, es por ello, que tiene una numerosa dispersión modal, por el contrario, en la fibra monomodo la dispersión modal es despreciable, ya que solo soporta un solo modo, es decir el modo axial.

2.2.5.11.2 DISPERSIÓN CROMÁTICA

En el fenómeno dado por combinación de dispersión material y efectos de dispersión del guía de ondas.

El índice de refracción varía con la longitud de onda, por tanto, diferentes longitudes de onda se propagan a diferentes velocidades por la fibra; esto es lo que se conoce como dispersión cromática. Está causada por las diferencias en los retardos entre el grupo de velocidades de las diferentes longitudes de onda emitidas y, como consecuencia, produce un ensanchamiento de los impulsos transmitidos. [22]

Cada material tiene un índice de refracción, en el caso de las dispersiones materiales hacen referencia a que la longitud de onda se ve afectada por los materiales de los que se compone uno de los elementos de la fibra que es el núcleo, por donde viaja la señal. En este tipo de dispersión existe una dependencia del coeficiente de propagación, que es la dispersión de la guía de ondas, en ello influye el modo de propagación de los parámetros de la fibra y la longitud de onda de la señal, a una frecuencia determinada el modo de propagación y la

longitud de onda pueden anularse dando como resultado una longitud de onda con ausencia de dispersión cromática.

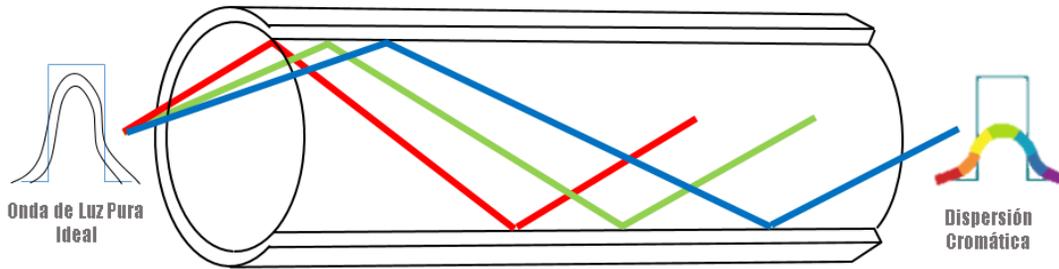


Figura 2.31. Dispersión Cromática.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Community".

2.2.5.11.3 DISPERSIÓN DE MODO POLARIZACIÓN

La dispersión del modo de polarización (PMD) representa la dependencia de la polarización de las propiedades de propagación de las ondas de luz en una fibra óptica. En las fibras ópticas, a menudo hay diferencias sutiles en las características de propagación de las ondas de luz de diferentes estados de polarización. Cuando la luz se define como una onda de energía o una región de energía, tiene dos ejes perpendiculares entre sí: la fuerza electromotriz y la fuerza magnetomotriz. La PMD ocurre cuando la energía dentro de estos dos ejes viaja a través de la fibra a diferentes velocidades. Estas distintas velocidades provocan un ensanchamiento del pulso, que puede llegar incluso a provocar interferencias en caso de usar altas tasas de tráfico. [23]

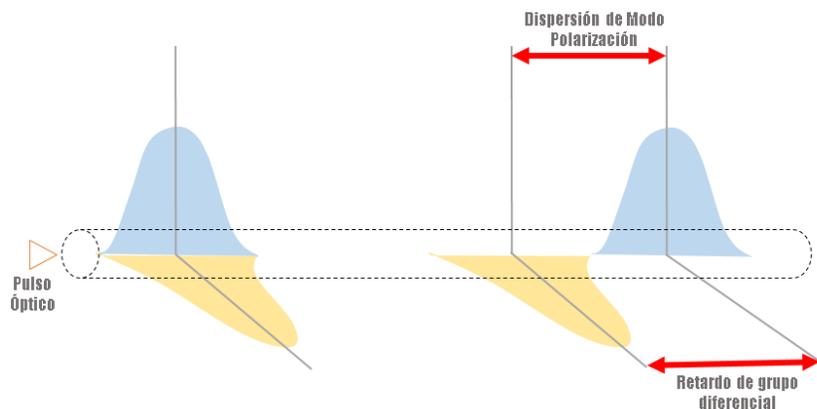


Figura 2.32. Dispersión Modo Polarización.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Community".

2.2.6 INTRODUCCIÓN A REDES ÓPTICAS

Con el pasar del tiempo las aplicaciones y servicios se desarrollan o se innovan, es decir surgen nuevas necesidades, esto permite motivar el avance de nuevas tecnologías para satisfacer dichas necesidades. Específicamente la necesidad de comunicación se está direccionando a medios eficientes y eficaces de envío, a su vez la recepción de información, siendo así, que se busca traspasar fronteras sin que existan impedimentos. Las tendencias de las empresas de telecomunicación tienen el objetivo de satisfacer los requerimientos de los usuarios que solicitan servicios de comunicación.

La necesidad de un ancho de banda suficiente, para transmitir las nuevas aplicaciones multimedia (voz, datos, video), y la expansión de Internet, ha impulsado a las empresas operadoras de Telecomunicaciones a buscar soluciones en las redes ópticas.

Hoy se observa, como todas las empresas portadoras instalan sus redes usando la fibra óptica en la troncal de su infraestructura debido a la gran capacidad de transmisión del networking fotónico, que permite ofrecer cientos de veces más ancho de banda frente a las redes tradicionales. [24]

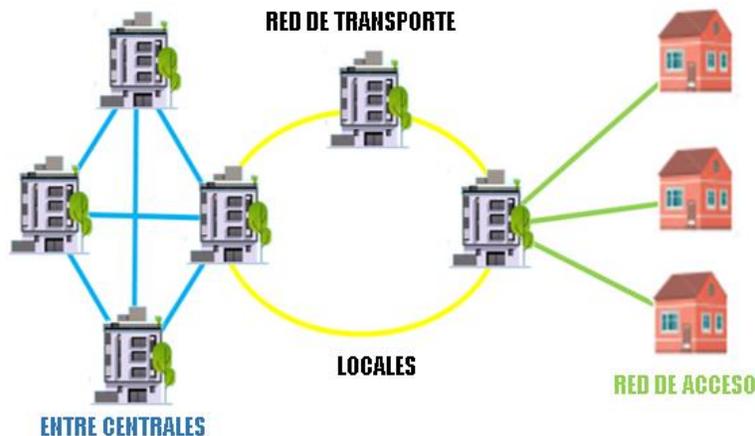


Figura 2.33. Estructura de una Red Óptica.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor

De esta manera las empresas manifiestan tendencias:

- Formar alianzas, absorber empresas pequeñas o fusionarse.
- (Redes) centrarse a los servicios de IP.
- Construir respaldo con redes ópticas.

- Integrar servicios.
- Mejorar la calidad de servicio.

Las redes ópticas son enlaces de telecomunicaciones en donde el medio de comunicación son principalmente las fibras ópticas y la estructura o arquitectura se diseñan en relación con las características antes mencionadas, es por ello por lo que las implementaciones de estas redes requieren el uso de componentes o elementos ópticos y electrónicos. La madurez tecnológica para la implementación y despliegue de estas redes se describen en los factores de, aumento en la demanda de ancho de banda, a su vez el precio decrece y se ofrece más capacidad, también despliegue de comunicaciones celulares las cuales presentan los desafíos de establecer la comunicación sobre un enlace inalámbrico (Wireless) o de movilidad mediante la gestión del movimiento de usuarios a través de la red.

2.2.7 SISTEMA DE COMUNICACIONES OPTICAS

2.2.7.1 REDES ÓPTICAS ACTIVAS - AON

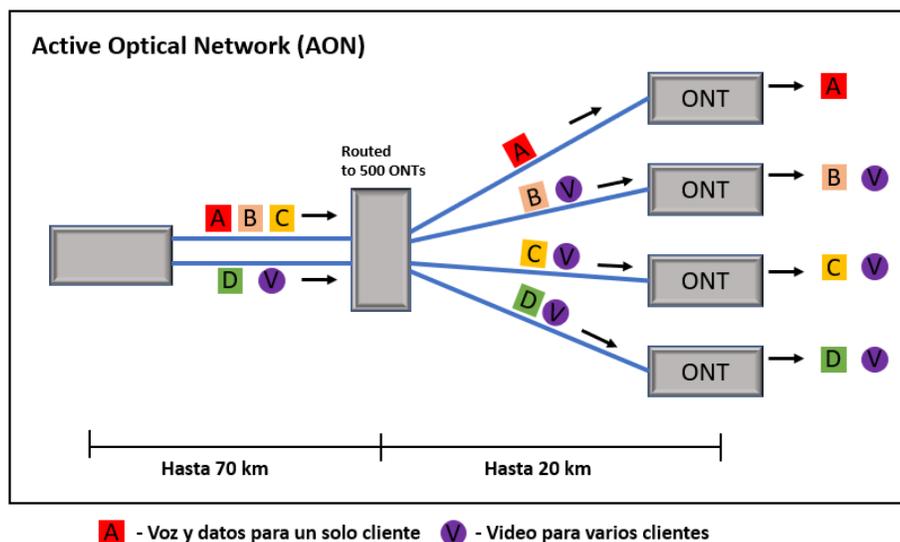


Figura 2.34. Estructura de una Red Óptica Activa.
 FUENTE: Imagen tomada de la página web "medium"

Una red óptica activa (Active Optical Network, AON) está basada en la tecnología establecida en el estándar IEEE 802.ah, capaz de brindar un ancho de banda simétrico por cada puerto de distribución, también se caracteriza por brindar un ancho de banda superior a 1 Gbps haciendo uso de una única fibra que es brindada a cada usuario, valiéndose de dos

longitudes de ondas multiplexadas y diferenciadas en cada hilo sirviéndose una para transmisión y otra longitud de onda para recepción de datos.

Las características de las redes ópticas activas son la comunicación punto a punto de larga distancia y para ello es importante la utilización de un medido que puede ofrecer un potente laser, la arquitectura o estructura de una red óptica activa es simple, como se muestra en la Figura 2.34. Y el ancho de banda de las redes ópticas activas se destina para cada usuario.

Con la evolución de las redes, en la actualidad las redes ópticas activas utilizan Ethernet como abastecedor de servicios, entre los datos que se conmutan y los componentes activos.

2.2.7.1.1 ARQUITECTURA ESTRELLA ACTIVA

Una arquitectura de estrella activa utiliza el medio de transporte que es la fibra desde la oficina central (CO), a un nodo local activo que realiza la distribución de una señal multiplexada a todos los clientes, el nodo local o repetidor, requiere que se le suministre energía local ininterrumpida, por lo que implica una fuente de alimentación en la planta externa de la red. En este tipo de arquitectura una sola fibra se conecta a un conmutador que se encuentra ubicado en un nodo repetidor. En esta arquitectura de res los AON debido a su capacidad de interfaces comerciales ethernet de 10 Gbps pueden ofrecer altas capacidades y largas distancias de hasta 100 km.

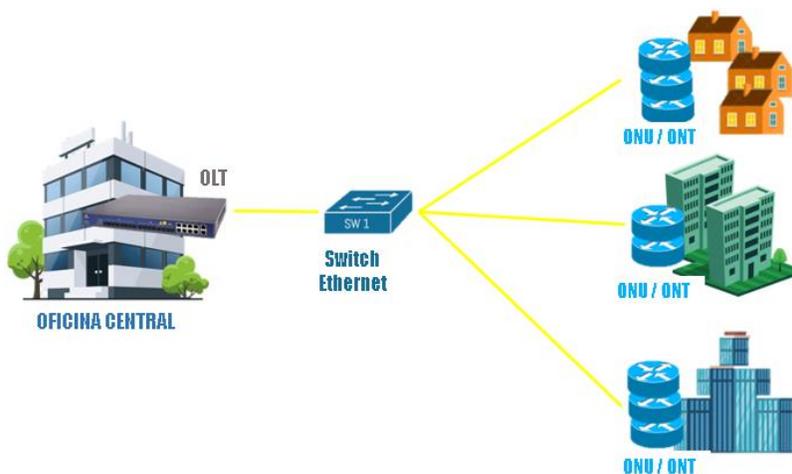


Figura 2.35. Arquitectura Estrella Activa.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

2.2.7.1.1 ARQUITECTURA HOME RUN

Es una arquitectura en la que se clasifica para las redes ópticas activas, la arquitectura home run utiliza un enlace de fibra directo desde la oficina central (CO), hasta el hogar o clientes, cada uno de estos enlaces ópticos son dúplex completo, los home run tiene la capacidad de ofrecer hasta 10 Gbps por usuario para distancias largas de hasta 100 km.

Como se menciona esta arquitectura tiene una estructura de red punto a punto, esto hace que sea más segura que un sistema de comunicación compartida y menos compleja, la desventaja de esta arquitectura es la dificultad de implementarla en áreas densas debido a la cantidad de fibras requeridas y que tiene un costo mayor, por el uso de fibra para cada usuario y los transeptores dedicados a los mismos.

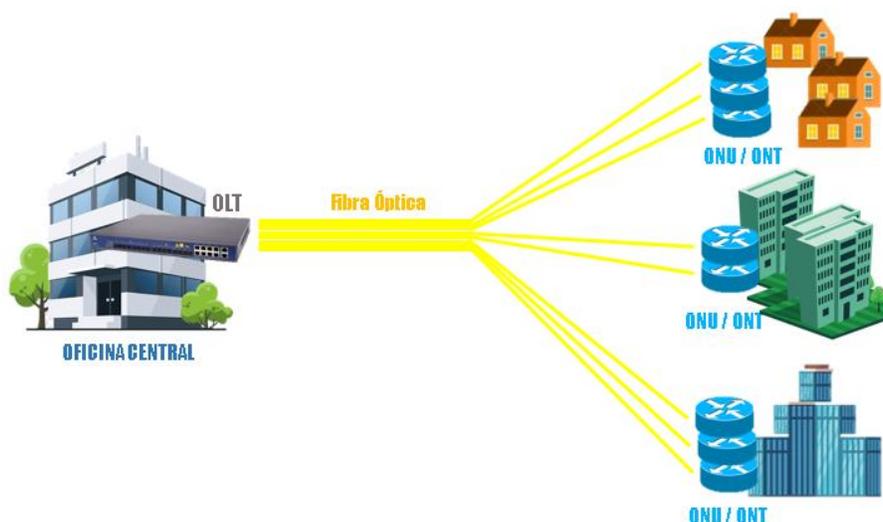


Figura 2.36. Arquitectura Home Run.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

2.2.7.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS - PON

Una red óptica pasiva o también llamada Passive Optical Network (PON) ya no dispone de dispositivos activos ópticos, ya que su infraestructura es hacer uso de dispositivos divisores Ópticos comúnmente llamados Splitter denominados equipos pasivos que son los encargados de dividir y guiar el tráfico por este tipo de red. Esta tecnología es usada en las redes de acceso debido a la simplicidad en la arquitectura, espacio reducido y el bajo consumo de energía, este tipo de red ofrece altas capacidades y un costo relativamente bajo para cada usuario.

El uso de redes ópticas pasivas está diseñado para crear troncales de menor velocidad de acceso donde se agrega el tráfico de la red local. Las topologías tradicionales para redes ópticas son anillo y estrella.

Como se muestra en la imagen Figura 2.37. Podemos observar dos enlaces punto-multipunto (PMP) partiendo desde la OLT (Optical line Terminal) pasando por los equipos pasivos divisores de fibra (splitter) hasta llegar a la ONT (Optical Network Terminal) que el usuario final. Entonces podemos decir claramente que el ancho de banda no es dedicado más bien multiplexado por un mismo hilo de fibra hasta el punto final del usuario.

Entre sus diferentes características se tiene:

- Se puede llegar a tener una cobertura máxima de hasta 20 km partiendo desde la central.
- De acuerdo con su topología ofrece un mayor ancho de banda y con un mejor aprovechamiento de despliegue de la fibra óptica.
- Ya que se puede realizar conexiones punto a multipunto minimiza los costos.
- Es utilizado en redes FTTC (Fiber-to-the-cabinet), FTTN (Fiber-to-the-node), FTTP (Fiber-to-the-Premises) y FTTH (Fiber-to-the-home).

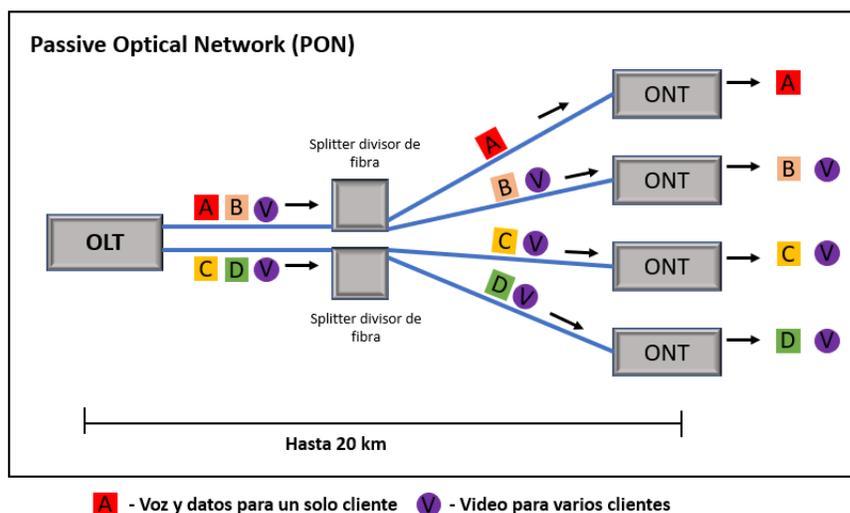


Figura 2.37. Estructura de una Red Óptica Pasiva.
FUENTE: Imagen tomada de la página web “medium”

2.2.8 FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS PON

Como se menciona en el apartado anterior. Los elementos que caracterizan una red PON y FTTH, son dispositivos como OLT, ONT y los divisores ópticos, por tal motivo a continuación se presentan definiciones y características de estos.

2.2.8.1 OLT

El terminal de línea óptica es el único equipo activo que se usa en una red GPON, está ubicado en el punto de origen del proveedor de servicios, a menudo denominado oficina central o local, a veces denominado cabecera. Desde aquí, el cable alimentador de fibra óptica (o fibra alimentadora) se enruta al divisor pasivo junto con la fibra de repuesto (en caso de fallas). Las fibras de distribución se conectan desde divisores a terminales de bajada, que se pueden encontrar en cruces de calles o en recintos resistentes instalados en pozos, postes o incluso en ubicaciones cercanas a edificios. La fibra acometida proporciona una conexión de un solo extremo desde el puerto de la terminal acometida hasta la ONT.

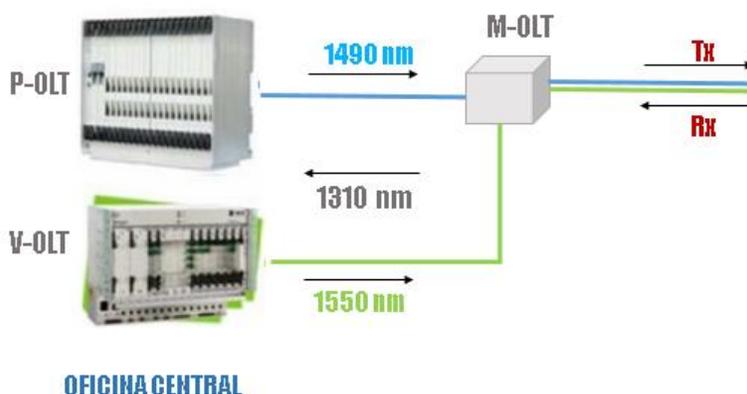


Figura 2.38. Estructura de un OLT.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Globenet"

Los OLT, suelen tener capacidad de proporcionar los servicios de telecomunicaciones a cientos de usuarios, algunos de los objetivos de un OLT son:

- Realizan el control de las potencias recibidas y emitidas en una red de distribución.
- Corrigen errores e interleaving.
- Coordinar el proceso de multiplexación entre los canales, ya sea de subida o de bajada.

En las centrales cada OLT adquiere tres tipos o fuentes de información, es decir, actúa como un núcleo concentrador, y se puede dar el servicio de redes como:

- **PSTN** (Red telefónica conmutada) o **RTB** (Red telefónica básica), estos servicios se clasifican como transmisión de señal de voz, el olt se conecta a un Gateway MGCP (Medio de comunicación, protocolo de Gateway) que sirve como protocolo controlador.
- **Internet**, estos servicios se clasifican en datos o VoIP, donde el olt se conecta a un Gateway IP/ATM, para hacer el proceso de encapsulamiento.
- **Video**, para el servicio de video difusión, el olt se conecta directamente a un Gateway ATM.

La estructura de hardware de un OLT se divide en 3 módulos como se observa en la Figura 2.38, y cada uno es el encargado de la gestión de diferentes tipos de tráfico:

- **P-OLT**, más conocido como OLT proveedor, se encarga de gestionar las tramas de voz y datos que provienen de las redes de centrales de telefonía o internet, y se dirigen a la red PON, y las administra a las diferentes ramas de los abonados por protocolo TDM (multiplexación por división de tiempo), la longitud de onda que utiliza es de 1490 nm. También recibe datos que provienen de los abonados o de los ONT's, es decir, los concentra en una sola vía, así el tráfico se redirige a las centrales y para ello se utiliza la longitud de onda de 1310 nm.
- **V-OLT**, este tipo de OLT se encarga solo de transportar tramas de video o video baja demanda proveniente de la red de video difusión hasta los clientes, para ello transforma dichas tramas y las administra a la red PON. Se utiliza la longitud de onda de 1550 nm.
- **M-OLT**, conocido como OLT multiplexador (WDM), permite o sirve para la multiplexación o demultiplexación de señales que provienen de los módulos anteriores.

2.2.8.2 ONT

Los terminales de red óptica son los encargados de recibir la señal y filtrar la información que debe llegar a un abonado determinado, dichas señales provienen de los

módulos OLT, además de realizar la recepción de información, también puede encapsular la información que se envía desde el abonado hasta las centrales, para que se redireccionan a la red correspondiente

Existen 2 tipos de ONT:

- **H-OLT**, se lo conoce como ont del hogar, este dispositivo se instala dentro de la vivienda, para brindar los servicios de telecomunicaciones al abonado, se usa en redes de FTTH.
- **B-ONT**, se lo conoce como ont de edificio, puede ser instalado en los cuartos de comunicaciones de los edificios que requieran los servicios de telecomunicaciones y es configurado o tiene la capacidad para ofrecer el servicio a varios clientes conectados, se usa en redes FTTB.

Una vez que se obtiene la información y se realiza el filtrado, el ont debe diferenciar entre las señales que receipta, estas pueden ser de video provenientes del V- OLT y las de voz y datos provenientes el P-OLT, para ello se realiza un segundo filtrado, el ont tiene un módulo electroóptico que se compone de fotodiodos, estos pueden ser analógicos o digitales.

- **OAF**, filtro óptico analógico (optical analogic filter); la señal de video a 1550 nm se demultiplexa en longitud de onda con este filtro, atacando al fotodiodo analógico APD para realizar la conversión en frecuencia. [25]
- **ODF**, filtro digital óptico (optical digital filter); la señal de voz y datos a 1490 nm se demultiplexa en longitud de onda con este filtro, atacando al fotodiodo digital DPD. [25]

2.2.8.3 DIVISORES ÓPTICOS

Los divisores ópticos o splitter's son un tipo de acopladores que se utilizan usualmente en las redes ópticas pasivas o redes PON, debido a su funcionalidad y rendimiento en estos sistemas. Un divisor óptico es un dispositivo bidireccional con un puerto de entrada y n puertos de salida, con la señal óptica de entrada distribuida entre los puertos de salida, lo que permite que varios usuarios compartan una sola fibra, por lo que el ancho de banda disponible es el mismo.

Estos dispositivos no necesitan de una fuente de luz externa; por lo que añaden Pérdidas, ya que dividen la potencia de entrada. Estas pérdidas se expresan en dB y dependen principalmente del rango de spliteo, definido como el número de puertos de salida existentes por cada entrada (se pierde 3 dB aproximadamente por cada divisor óptico de 1X2). Adicionalmente los splitter's presentan 3 tipos de pérdidas importantes conocidas como, Pérdida de exceso, inserción y retorno. [26]



Figura 2.39. Divisores Ópticos.

FUENTE: FUENTE: Imagen tomada de la página web “Sincables”

A continuación, se presenta la ecuación que muestra la relación matemática inversa entre las Pérdidas, por la señal de entrada que es inducida por el divisor óptico y el numero n de salidas de este.

$$\text{Atenuacion de divisor optico [dB]} = 10 \log(1/N)$$

Ecuación 10. Pérdidas de divisor óptico.

Donde:

- N= es el número de pigteles que se tenga en la salida del divisor óptico.

Puertos de Salida	Pérdidas de divisor óptico
1:2	3,25 dB
1:4	6,5 dB
1:8	9,75 dB
1:16	13 dB
1:32	16,25 dB
1:64	19,50 dB

Tabla 2.6 Índice de división óptica.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

2.2.9 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDAR PON

Las tecnologías PON se dividen en diferentes tecnologías que se les denomina (xPON), cuyo origen se da en la primera red, con un grupo de 7 operadores de telecomunicaciones y el objetivo de ello, era unificar todas las especificaciones requeridas para el acceso de banda ancha a las viviendas.

2.2.9.1 ARQUITECTURA APON

Las APON o redes ópticas pasivas ATM, se definen por la revisión del estándar ITU-T G.983, el cual es el primer estándar desarrollado para el diseño de redes PON.

Se utiliza el estándar ATM, como un protocolo portador de señalización de enlace de datos (capa 2), esta arquitectura se encuentra en diferentes tipos de redes como fibra hasta el hogar, fibra al edificio y fibra a la acometida.

Canal Descendente: para la transmisión de datos en este canal, se tiene 53 bytes para cada celda ATM en una corriente de ráfaga que se realiza, con 3 bytes para la identificación del ONT. Tienen 155,52 Mbps que es la tasa binaria que se reparte entre todos los abonados.

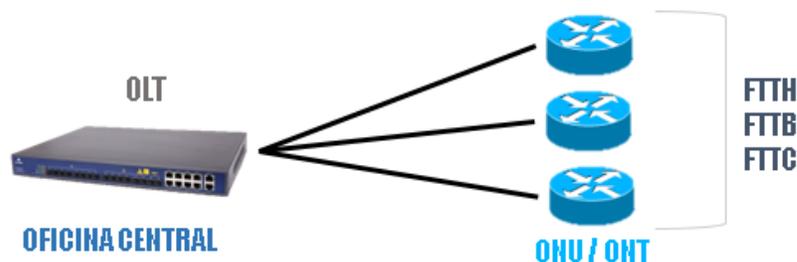


Figura 2.40. Arquitectura APON básica.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

2.2.9.2 ARQUITECTURA BPON

Según las revisiones de estándar ITU-T G.983 las tecnologías BPON, se dan como una mejora de las redes APON, una característica o mejora que tiene es que se emplea para el acceso a servicios como distribución de video, VLP (Video LAN Product), ethernet y la WDM (multiplexación por longitud de onda), gracias a esto tiene un mejor ancho de banda.

Esta tecnología también usa ATM como protocolo portador, y tiene una tasa fija para la transmisión de datos de 155 Mbps.

Para las BPON se tiene un canal descendente de 622 Mbps y un canal ascendente de 155 Mbps, las características que tienen las tecnologías BPON son:

- Máximo 32 divisores por OLT, es la admisión de ratio y a cada divisor admite un máximo de 64 salidas a los ONT, es decir, 2048 abonados por cada OLT.
- Máxima longitud de distancia es de 20 Km entre el OLT y el ONT.
- Estándar ITU-T G.652, para utilizar fibra Monomodo.
- Usa protección de red.
 - Una fibra adicional (Tipo A).
 - Duplicado de fibra y OLT (Tipo B).
 - Duplicado de toda la red PON (Tipo C).
 - Duplicado independiente de la red de alimentación y distribución (Tipo D).

2.2.9.3 ARQUITECTURA EPON

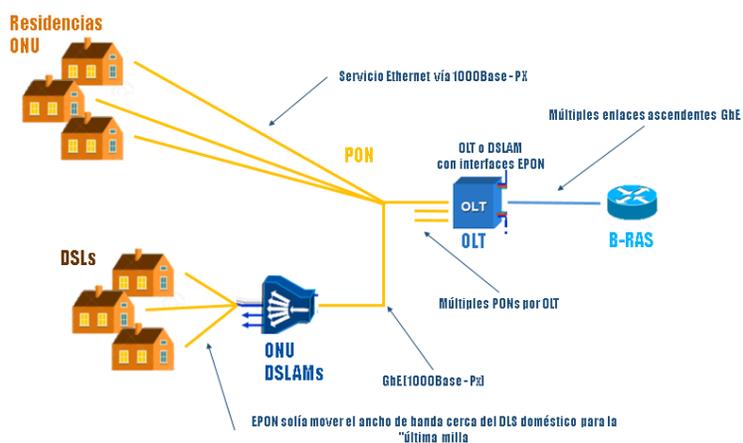


Figura 2.41. Arquitectura EPON.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Esta tecnología se basa en el estándar IEEE 802.3ah, que la define como un sistema que realiza el transporte de datos mediante tráfico ethernet y ya no por el de tramas de celdas de ATM, haciéndolo así una arquitectura de red más eficiente, trabaja en velocidades de Gigabit, esto quiere decir, que la velocidad de la que dispone cada abonado depende del número de ONT's que estén conectadas al OLT. Las características que se destacan en esta tecnología son:

- Ofrece calidad de servicio (QoS), tanto en el canal descendente o ascendente.

- La interconexión entre etapas es más sencilla.
- Tiene factibilidad económica para realizar el tendido de red hasta los abonados.
- Su tasa binaria es simétrica, tiene 1244 Gbps como canal de subida y bajada.
- Admite una ratio de 16 divisiones por OLT.
- Según el estándar ITU-T G.652 la fibra que se utiliza es monomodo según especificaciones.
- Según el estándar tiene configuraciones de, punto a punto, punto a multipunto y punto a multipunto con DLS.

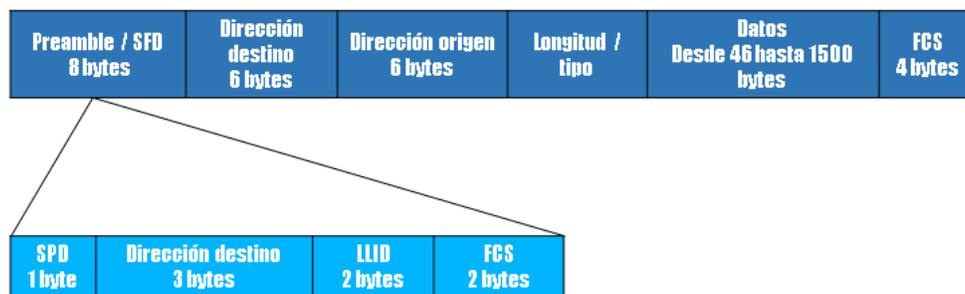


Figura 2.42. Estructura de trama EPON.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Redeszone”

Los estándares que definen a la tecnología EPON son:

- Estándar IEEE 802.3ah (EPON), se usa en 3 áreas:
 - Punto a punto para uso con cable de cobre a 10 Mbps hasta 750 m.
 - Punto a punto para uso con fibra a 1 Gbps hasta 10 Km.
 - Punto a multipunto para uso con fibra a 1 Gbps hasta 20 Km.
- Estándar IEEE 802.3av (GEAPON):
 - Canal de bajada 10 Gbps.
 - Canal de subida 1 Gbps o 10 bps.

2.2.9.4 ARQUITECTURA GPON

Una red consta de componentes activos y pasivos, que están interconectados para permitir su funcionamiento. Los dispositivos pasivos se utilizan para la interconexión de enlaces de redes de datos, por el contrario, las redes GPON se caracteriza por tener dispositivos o elementos únicamente pasivos, estas redes son de alta capacidad y su objetivo es transportar mayores anchos de banda, lo que permite brindar cualquier tipo de servicio

sobre una misma infraestructura IP: voz, datos y video. Básicamente, GPON apunta a velocidades de transmisión mayores o iguales a 1,2 Gbps con un alcance físico de 20 kilómetros.

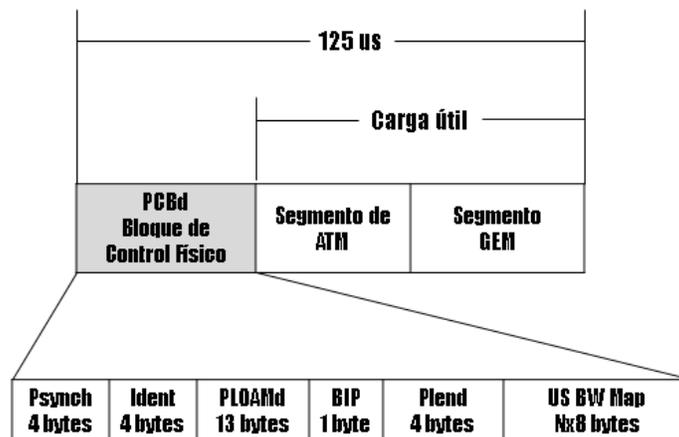


Figura 2.43. Estructura de trama GPON.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Redeszona"

Las características que se destacan en esta tecnología son:

- Permite la transmisión bajo encapsulamiento en varias tecnologías.
- Ofrece calidad de servicio (QoS), tanto en el canal descendente o ascendente.
- Según el estándar ITU-T G.652 la fibra que se utiliza es monomodo según especificaciones.
- Las velocidades en las que transmiten varían desde 150 Mbps hasta los 2 Gbps:
 - Canal de bajada 1244 o 2488 Gbps.
 - Canal de subida 155, 622, 1244 o 2488 Mbps.
- Máximo 64 divisores por OLT.
- La longitud de la fibra va desde los 10 a 20 Km.

2.2.9.5 COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDARES PON

Encontrar la tecnología correcta para cubrir la última milla de cualquier red siempre ha sido un desafío para las empresas operadoras. Hallar una solución óptima puede ser un proceso complejo con numerosos factores interviniendo y que deben ser tomados en cuenta. Un factor determinante en el costo efectivo de una red FTTH es entender las características de desempeño de la tecnología PON (EPON, GPON), tales como, ancho de banda, eficiencia

y relación de división. Las dos tecnologías tienen una diferencia bien marcada en el aspecto de la arquitectura. GPON ofrece redes complejas de la capa 2 en estructura de árbol, basadas en el protocolo ATM y múltiples protocolos que hacen posible soportar la estructura de la tecnología. EPON usa simples redes de capa 2 utilizando IP para datos, voz y video. [27]

Características	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3 ah	ITU-T 6. 984.x
Velocidad de transmisión (Mbps)	Down: 155, 622, 1244. Up: 155, 622.	Down: 1244. Up: 1244	Down: 1244, 2488Up: 155, 622, 1244, 2488
Tipo de fibra	Monomodo Estándar ITU-T G.652		
Número de fibra por ONT	1 o 2	1	1 o 2
Ratio de división óptica	1:32 (puede aumentar a 1:64)	1:16 (permite 32)	1:28 (en la PRÁCTICA 1:64)
Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT	20 km	10 km	10 – 20 km
Modo de Trafico	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica, Simétrica	Simétrica	Asimétrica, Simétrica
OAM	PLOAM	Ethernet OAM	PLOAM
Seguridad	AES	No definida	AES
Eficiencia típica (Depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	73% downstream 61% upstream	93% downstream 94% upstream

Tabla 2.7 Comparación de tecnologías PON.

FUENTE: Tabla Elaborada por el Autor.

2.2.10 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDAR PON

La red de acceso son interconexiones entre las centrales locales y los abonados, es decir, los domicilios de los usuarios, esta red es constituida por toda la red de distribución, también proporciona los servicios de telecomunicaciones (la transmisión de señal), a los proveedores y la red, esto permite que los usuarios establezcan un enlace propio entre su terminal y la red de servicio que satisfaga su necesidad (telefonía, Tv, internet).

Años atrás se consideraba a la red de acceso como el bucle de abonado, donde solo se podía transmitir capacidades de 64 Kbps en la banda de frecuencias de 0 Hz – 4 Hz, limitante que solo permitía comunicaciones de voz. Con el avance de la tecnología se incorporaron los servicios multimedia en la evolución del ancho de bando, tales como, distribución de video, videoconferencia y transmisión de datos a altas velocidades.

Existen tecnologías alámbricas o guiadas (FTTx, PLC, PON, xDLS, etc.) y tecnologías inalámbricas (Wireless, WLAN, Wi-Fi, LTE, etc.), donde el proceso de transmisión de voz y datos es más eficiente, debido a la velocidad de transferencia que permiten estas tecnologías.

Existen también las redes de acceso fijo donde se tiene las redes de cobre, coaxial y de fibra óptica, en la actualidad se utiliza redes de fibra, ya que ofrece más ventajas con referencia a las otras antes mencionadas, y también se emplean redes híbridas entre cobre y fibra o coaxial y fibra.

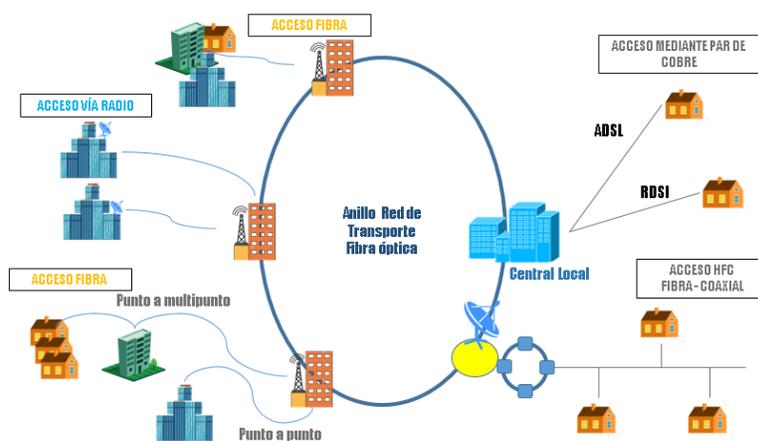


Figura 2.44. Tecnologías y Red de Acceso.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor

Las generalidades de una red de acceso cableada establecen que un usuario puede acceder o conectarse a su terminal en un punto fijo o geográfico donde el proveedor le ofrece el servicio mediante un medio cableado, estos medios se señalan anteriormente. Para el proceso de acceso existen nodos que puede ser centrales telefónicas, puntos remotos o concentradores de acceso, también multiplexores, nodos PON, etc.

Las redes de acceso móviles tienen un componente adicional que permiten la movilidad del usuario, un ejemplo de estas redes son las GSM y 3G. 4.5 G y 5G, estas redes tienen ventajas en la transmisión de voz y datos a gran velocidad.

2.2.11 RED FTTx

Las redes FTTx, son un conjunto de tecnologías o de diferentes arquitecturas de redes de banda ancha, donde el medio de transporte es la fibra óptica a diferentes distancias en

diferentes zonas, estas redes comprenden un bucle o anillo local de abonado de un sistema de telecomunicaciones o red de acceso para impartir servicios a los usuarios. Aunque estaremos analizando la arquitectura FTTH, teniendo en cuenta sus aplicaciones como también las distintas tecnologías aplicadas a este tipo de red.

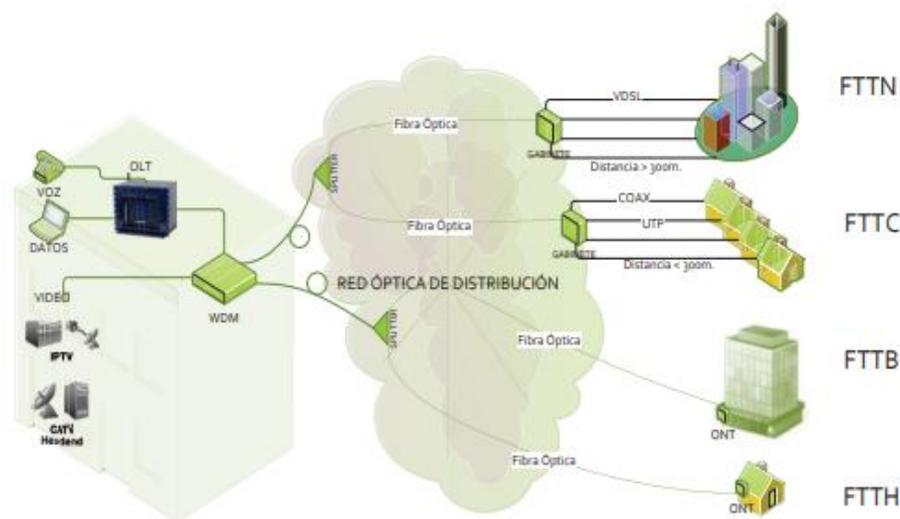


Figura 2.45. Tecnologías FTTx.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “simulación de red de acceso”.

2.2.11.1 DESCRIPCIÓN DE REDES FTTx

Las tecnologías FTTx han tenido gran acogida en la industria de las telecomunicaciones con el pasar de los años, esto se debe al crecimiento o demanda de servicios y las distancias que cada vez son más significativas. De los principales servicios que permitió a esta tecnología abrirse camino, son los servicios de triple lay, es decir, voz, datos y video, además de que permite el proceso de tecnologías híbridas en combinación con tecnologías WDM y GPON, es de gran soporte para la capacidad de su expansión en el futuro.

Existen varios tipos de tecnologías FTTx, estas se las diferencian por las configuraciones que se puedan realizar, como se muestran en la Figura 2.45 y se describen a continuación:

- FTTN (Fiber-to-the-node): es una estructura de red también conocida como Fiber to the Neighborhood, este tipo de red permite entregar u ofrecer los servicios a miles de suscriptores, con la característica de que el cable de transmisión o fibra parte de la central y llegue a un gabinete de telecomunicaciones, desde el cual se distribuye

mediante cable UTP o cable coaxial a los clientes en un rango que no supere los 1500 metros.

- FTTC (Fiber-to-the-curb): este tipo de tecnología se basa en poder ofrecer los servicios de telecomunicaciones a centenas de clientes, para esta estructura de red el cable de fibra a un armario de distribución (gabinete), dicho armario debe estar ubicado a una distancia menor a 300 metros y luego mediante cable coaxial, utp o wireless distribuir el servicio hacia los abonados.
- FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-besement): este tipo de arquitectura de red es únicamente utilizada en áreas locales, residenciales o de trabajo, es decir, estructuras como edificios, casas, viviendas. Esta tecnología permite llegar a los edificios o vivienda, donde se encuentren ubicados los equipos o máquinas que requieran y dependiendo del servicio se puede llegar a ofrecer a decenas de clientes. La distribución del cable, este puede ser Coaxial, UTP, Redes wireless o líneas eléctricas, depende de la infraestructura del edificio o vivienda como se muestra en la Figura 2.46.

2.2.11.2 REDES FTTH

FTTH (Fiber-to-the-home): la utilización de esta arquitectura es llegar hasta el interior del usuario o vivienda, al igual que la arquitectura de red anterior esta permite que el servicio y cable de fibra llegue hasta el punto más cercano del cliente. Esta tecnología permite o es capaz de ofrecer el servicio de telecomunicaciones a un único suscriptor o cliente por fibra, lo cual es ventajoso, ya que permite a ese único abonado tener un canal de comunicación con mejor ancho de banda y por defecto mayor velocidad. La distribución del cable, este puede ser Coaxial, UTP, Redes wireless o líneas eléctricas, depende de la infraestructura del edificio o vivienda como se muestra en la Figura 2.46.

Las rede FTTH están conformadas por equipos o dispositivos de fibra óptica pasivos (PON, Passive Optical Network), es decir, las redes FTTH solo contemplan equipos pasivos y va desde la central o proveedor hasta el cliente, la ventaja de las redes PON, es que de un hilo de fibra se puede compartir a varios abonados, la arquitectura o topología que se usa para lograr el enlace es fibra punto a multipunto.

Las redes de fibra hasta el hogar aprovechan que tienen una atenuación inferior (0,2–0,6 dB / km) y superior ancho de banda (> 30.000 GHz) cuando se habla de fibra monomodo para tener un alto alcance mayor al alcance que normalmente se tiene. Además, estas redes tienen la capacidad de proporcionar todos los servicios de comunicación a saber. voz, datos y vídeo desde una plataforma de red. [28]

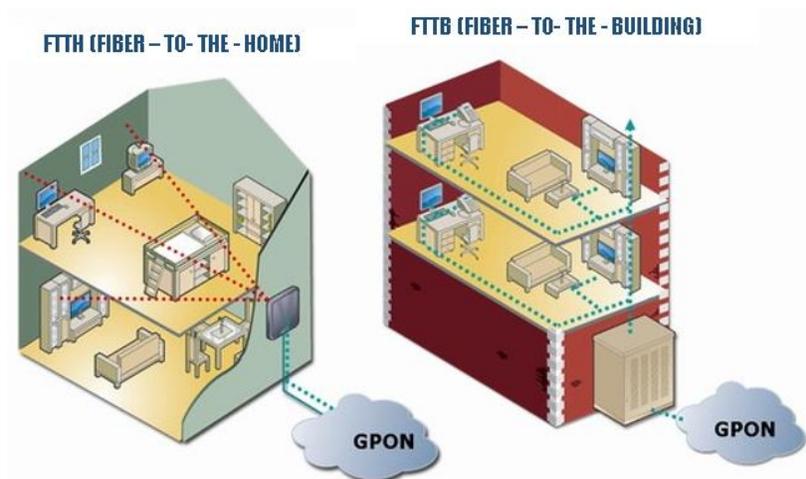


Figura 2.46. Tecnologías FTTH v FTTB.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Consultoría estratégica en tecnología”.

2.2.12 REDES FTTH – FIBRA ÓPTICA EN ECUADOR

Si queremos lograr un objetivo a largo plazo las redes FTTH es la opción moderna y recomendada, ofrece un servicio de alta velocidad y gran ancho de banda, los mantenimientos deben realizar periódicamente como cualquier arquitectura mediante equipos capaz de analizar enlaces OF sin descuidar los diferentes parámetros de la fibra y el rendimiento BER de la transmisión, como el reflectómetro óptico de dominio de tiempo (OTDR).

Los aspectos dominantes de hoy en día es el ancho de banda, es por ello por lo que su alta demanda de la fibra es cada vez mayor mediante GPON, ya que da apertura mediante un hilo de fibra a muchos usuarios mediante la implementación de red FTTH. De a esto el diseño de una red FTTH-GPON para atender la demanda del mercado y con un crecimiento dinámico a lo largo del tiempo se vuelve una tarea compleja no solo por los equipos involucrados sino también a los costes que este representa para su utilización en el mercado actual.

Tradicionalmente la fibra óptica ha sido usada en la red de transporte únicamente debido al alto costo de sus materiales y ciertas limitaciones técnicas que presenta el manejo de pulsos de luz para transmitir información, el desarrollo de las redes pasivas ópticas (PON – Passive Optical Network) permitió la utilización de elementos relativamente más económicos que no usan equipos electrónicos, lo que permitió que la aceptación de las FTTx haya aumentado a nivel mundial en niveles extraordinarios. [29]

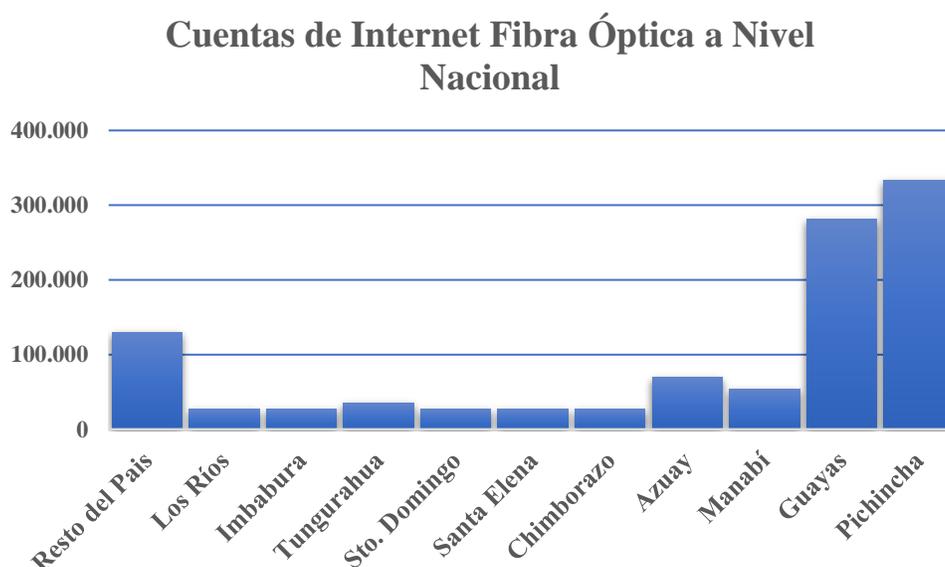


Figura 2.47. Cuentas de Fibra óptica a Nivel Nacional – Sep. 2020
FUENTE: Datos recolectado del Boletín estadístico “Servicio de acceso a internet”.

Para la tecnología de fibra óptica, los números de cuenta en las diferentes provincias del Ecuador se nota en gran cantidad como se observa en la Figura 2.47, siendo la provincia del Pichincha con un número de 333.297 cuentas, precedida de la provincia del Guayas que tiene 281, 151 cuentas y la provincia de Manabí con 54.305 cuentas registradas para el mes de septiembre del año 2020.

Como se menciona anteriormente en las redes de acceso pueden llegar a existir redes híbridas o de diferente tipo de cableado (estructura), y en Ecuador también existen usuarios o abonados con cuentas de internet fijo con este tipo de tecnologías, según el boletín emitido por la agencia regulatoria y control de telecomunicaciones el número de cuentas es el que se observa en la Figura 2.48.

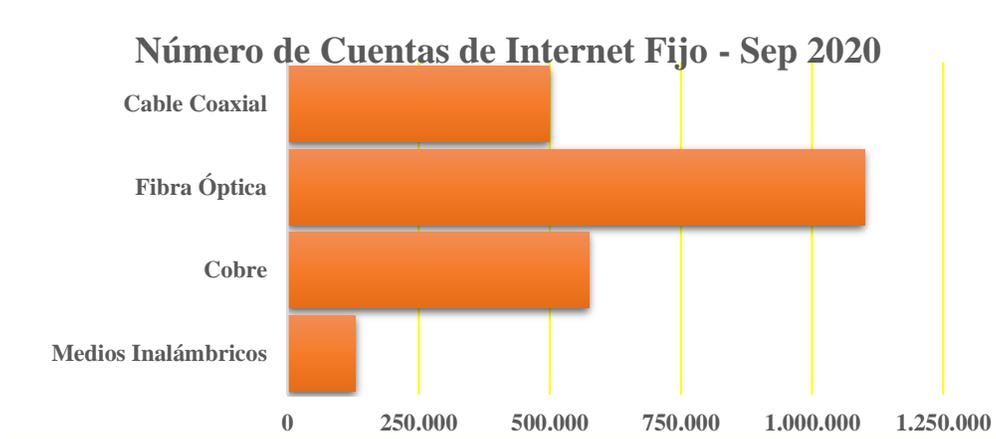


Figura 2.48. Número de Internet Fijo en Ecuador.

FUENTE: Datos recolectado del Boletín estadístico “Servicio de acceso a internet”.

Los proveedores de los servicios para acceso a internet son los encargados de ofrecer la conexión de los usuarios, el promedio de dichos proveedores ha crecido exponencialmente 21 veces a nivel nacional.

Participación de Mercado Internet Fijo

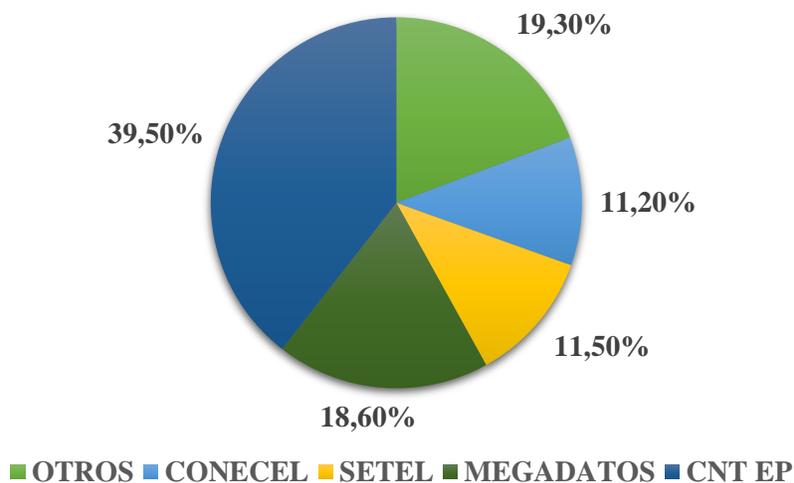


Figura 2.49. Participación de entidades en el mercado Internet Fijo.

FUENTE: Datos recolectado del Boletín estadístico “Servicio de acceso a internet”.

Debido a este crecimiento existe un nivel competitivo en cuanto a los servicios que se ofrece, el precio y por las características del mercado de telecomunicaciones, es necesario que exista una cooperación para los puntos de interconexión de las redes o NAP, que son

puntos de acceso, esto hará que se distribuya los costos de manera proporcional para cada proveedor, entre las entidades que se pueden destacar en el mercado de internet fijo se tiene a las siguientes de talladas en la Figura 2.49.

A continuación, se presentarán las diferentes tecnologías y sus velocidades de transmisión teórica, existentes en Ecuador.

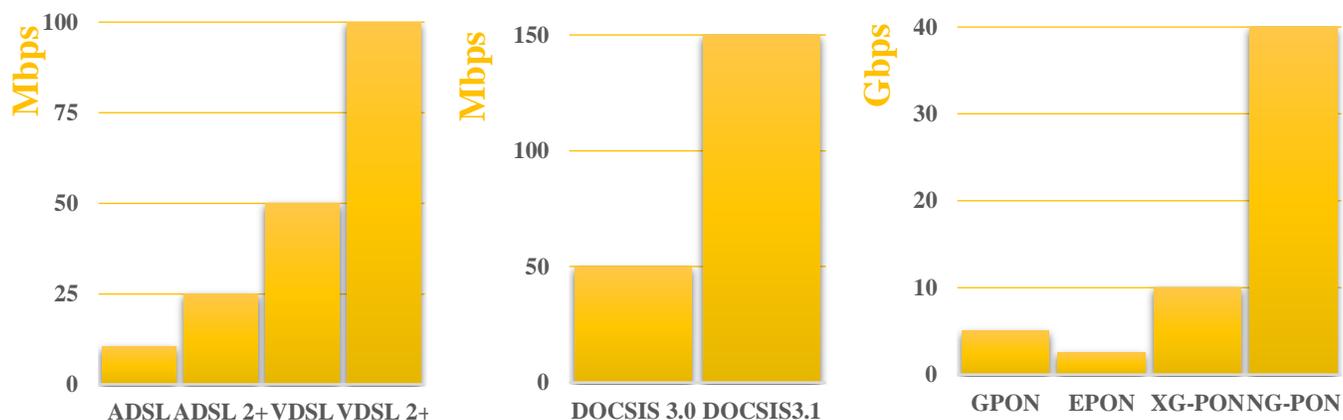


Figura 2.50. Velocidad Teórica máxima ofrecida por tecnología -Sep. 2020.

FUENTE: Datos recolectado del Boletín estadístico "Servicio de acceso a internet".

2.2.13 TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN

El proceso de multiplexación de una señal se realiza con el propósito de compartir la capacidad que se tiene de transmisión de datos, sobre un mismo enlace para incrementar la eficiencia, la compartición de una señal por un medio sirve para minimizar la cantidad de ramificaciones físicas de fibra y aprovechar el ancho de banda de los medios de transmisión como lo es la fibra óptica.

Para la transmisión en un medio donde se realice la multiplexación se requiere que sea sincronizada y que no interfieran entre sí, estos datos o la señal que se desee transportar pueden utilizar diferentes técnicas o dimensionamiento físico de multiplexación, las más utilizadas para el proceso de transmisión son; tiempo (TDM) y longitud de onda (WDM).

2.2.13.1 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO -TDM

Esta técnica de multiplexación es utilizada en para la transmisión en los canales descendentes de difusión, es decir, parte del OLT y divide las tramas de la señal en ranuras

temporales que operan en longitudes de onda de 1490 nm y 1550 nm, dependiendo del tipo de información que se transmita hasta llegar al punto final óptico o abonado.

2.2.13.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA -DWDM

Esta técnica de multiplexación es utilizada para la combinación de dos o más señales en una sola fibra, eso se logra mediante señales portadoras ópticas que son moduladas en diferentes longitudes de ondas, esto beneficia al proceso de transmisión, ya que, se incrementa la capacidad de transmisión, esto significa que cada canal de multiplexación tiene su inicio ancho de banda y esto permite que las señales lleguen al mismo tiempo sin sufrir cambios.

Esta tecnología de multiplexación ofrece mayor capacidad, ya que suministra canales de 50, 100 o 200 GHz, para ello utiliza el dimensionamiento de longitud de onda, tiempo y espacio, en la red que se lo vaya a emplear, los protocolos de transmisión que soporta la técnica (DWDM) son IP (Protocolo de internet), ATM (modo de transferencia asíncrono), SDH (Jerarquía digital síncrona) y Ethernet, ya que, puede transportar diferentes velocidades a través de un solo medio óptico (voz, datos y video). El transmisor de longitud de onda debe tener una entrada laser multimodo o monomodo, esta entrada viene encaminada de varios medios físicos y distintos tipos de tráfico.

2.3 MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado, se muestran investigaciones realizadas y relevantes que aportan en contexto e información al desarrollo de la propuesta tecnológica presentada.

En la Universidad San Carlos de Guatemala en el año 2015, se realizó una tesis de grado titulada: **Diseño de la capa física de un sistema de red óptica pasiva (PON), con topologías orientadas a soluciones corporativas para optimización del uso de la fibra**, Comienza con la teoría básica de la transmisión de telecomunicaciones sobre fibra óptica, señalando los elementos básicos del diseño de redes, esto contribuye a la propuesta tecnología en la base de dispositivos para el diseño de una red óptica pasiva para diferentes áreas en los tableros didácticos.

En la Universidad Santiago de Guayaquil en el año 2017, se desarrolló un trabajo de maestría titulado: **Diseño y cuantificación para el despliegue de una red de planta externa**

mediante la tecnología GPON-FTTH para brindar servicios Triple Play en la ciudadela Huancavilca Norte., donde se detalla la arquitectura de redes GPON, así como el diseño de red pasiva de alta calidad, de esta manera contribuye a la propuesta en el proceso de diseño y cuantificación para el despliegue de una red de planta externa e interna con tecnología GPON -FTTH.

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena se desarrolló el proyecto de titulación del cual se tomó criterios para el desarrollo de la propuesta, en el año 2017, se realizó una propuesta tecnológica titulada **Diseño de una red de accesos mediante fibra óptica aplicando tecnología GPON en las instalaciones del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.**, la cual se basa en una red diseñada e implementada con equipos pasivos (splitter's) y en sus extremos equipos activos como OLT Y ONT's, y donde se realizan niveles de spliteo, y también se realizó el cálculo teórico de pérdidas ópticas que pueden tener las redes de acceso.

En la ciudad de Villa El Salvador en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en el año 2019, se elaboró un trabajo de suficiencia profesional titulado: **Diseño e implementación de fibra óptica para la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur**, donde se realiza diseño de planta interna y externa respetando parámetros de telecomunicaciones y normas que ciertos distritos solicitan para el tendido de fibra, permite el realizar el proceso de análisis para delimitar si es factible realizar el despliegue de fibra óptica.

En la Universidad de la Laguna en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería en el año 2017, se desarrolló un trabajo de titulación llamado: **La Fibra Óptica: Redes y Aplicaciones**, donde detalla sobre los parámetros de atenuación en la fibra óptica y métodos de medición de esta haciendo énfasis en fórmulas matemáticas, transmisión de luz, retro dispersión y mediciones del ancho de banda.

En Ecuador, año 2020 la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, emitió un boletín estadístico sobre los temas relacionados a **Servicios de acceso a Internet**, donde se detalla o se rinde cuentas sobre la situación actual de los servicios de telecomunicaciones en el país, esto permitirá obtener información y datos sobre la evolución, desarrollo e importancia de los servicios de internet.

CAPÍTULO III

3.1 ANÁLISIS

Con el desarrollo de las tecnologías en redes de la comunicación conlleva a que también crezca la demanda de adquirir estos servicios que se hacen indispensables para establecer conexiones y comunicación, es por ello por lo que también es necesario que aumente la velocidad de transmisión. En la rama de las telecomunicaciones existen diversas tecnologías que permiten proveer el servicio de banda ancha, hasta los usuarios o abonados, de tal manera que es inminente la actualización de las redes tradicionales o las arquitecturas en una infraestructura basada en fibra óptica.

Para diseñar o implementar una red de telecomunicaciones es indispensable tener conocimiento sobre la constitución o infraestructura que tienen las redes, esta se basa en planta externa y planta interna, esto incluye la oficina central (CO por sus siglas en inglés, Central Office), equipos de transmisión y conmutación, elementos de alimentación eléctrica y la ubicación o localización de los equipos, es decir, las áreas de control.

Las secciones de las que se compone una red de acceso óptico se pueden dividir en la red de alimentación (Red troncal, Planta Interna), que se origina en la central telefónica, hasta un punto de multiplexación, que distribuye al medio de transmisión hasta las cajas terminales, se conoce como red de distribución (Red Primaria y Secundaria, Planta Externa).

En el siguiente capítulo se analizará los distintos tipos de red primaria o de planta interna, para el proceso de alimentación en interconexión entre centrales, para el diseño de una red óptica, basándonos en estándares y normas establecidos para las diferentes arquitecturas de red.

Antes de realizar un diseño de arquitectura de una red, es necesario tener conocimiento de donde se ubicará la red y el tipo de señales o información que se va a transportar. Para el desarrollo de la propuesta se debe familiarizar con las redes de planta interna, en las cuales los sistemas de redes de área local o los sistemas de seguridad utilizan un sistema de cableado estructurado, es decir, distribución de red interno en una central, que se instalan basándose en estándares y normas establecidos, pero los enlaces a nivel de

campus, edificios o áreas metropolitanas variarían el tipo de cable, es decir, la fibra, las conexiones de larga distancia para las redes de telecomunicaciones, tienen estándares más estrictos que se deben considerar, para permitir conexión entre centrales y que lleguen hasta el abonado, a una gran velocidad y mayor distancia (redes troncales).

3.2 PLANTA EXTERNA

De acuerdo con el estándar ANSI-TIA-758-. “Planta Externa es la infraestructura de telecomunicaciones diseñadas para instalaciones en el exterior hasta el edificio”. Visto de otra manera las empresas que proveen los servicios de telefonía, Tv y de internet han migrado o utilizan sistemas de red de arquitectura híbrida para llegar hasta los usuarios, en su mayoría utilizan el medio de transporte de fibra óptica, estas o toda la infraestructura en una planta externa hace referencia a la estructura exterior, ya que, se constituye de tendidos aéreos (postes), bajo tierra (conductos subterráneos), e incluso puede ser marítima. En general una planta externa es parte de una estructura formada por redes de acceso, que van desde una central telefónica hasta el abonado o usuario final, y esto se logra mediante interconexiones con distintos puntos de conmutación a los que se conoce como líneas locales o líneas urbanas.

Para intercomunicar cada una de estas centrales, generalmente los cables para una planta externa varían desde los 288 hasta los varios cientos de hilos de fibra óptica, dependiendo de las necesidades. Sus condiciones de resistividad, tracción, humedad son diseñadas de acuerdo con el área de trabajo al que serán sometidos e incluso a las condiciones meteorológicas.

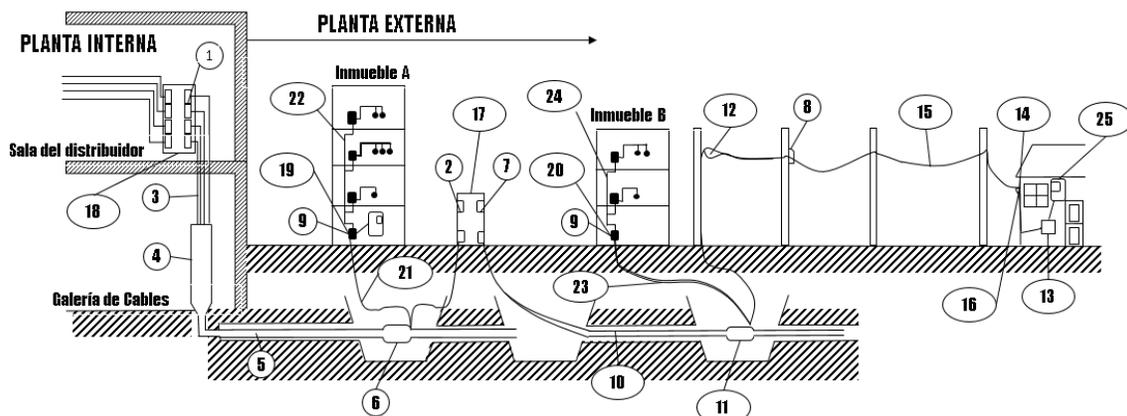


Figura 3.1. Componentes que estructuran una red.

FUENTE: Imagen tomada del documento “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Estos hilos de fibra recorrerán los cientos de kilómetros. Realizar un empalme de fusión por cada 4 o 5 de kilómetros, siempre será necesario ya que no es posible fabricar un cable de fibra que me permita llegar desde la troncal hasta el usuario final sabiendo que este está a varios kilómetros de distancia, a continuación, se muestra un listado de los componentes de una red de planta externa e interna.

1. Regleta de Distribuidor.
2. Regleta de conexión primaria de Armario.
3. Cable uso multipar.
4. Empalme terminal (Tipo botella).
5. Cable Primario Subterráneo.
6. Empalme Subterráneo en la red Primaria.
7. Regleta de conexión secundaria en Armario.
8. Caja de Dispersión.
9. Bloque de conexión en inmueble.
10. Cable Secundario Subterráneo.
11. Empalme Subterráneo en la red Secundaria.
12. Empalme Aéreo en la red Secundaria.
13. Roseta del Equipo terminal.
14. Bloque de conexión de un par.
15. Cable de Dispersión para exteriores.
16. Cable de Dispersión para interiores.
17. Armario de Distribución.
18. Distribuidor (MDF o ODF).
19. Caja de distribución del inmueble A.
20. Caja de distribución del inmueble B.
21. Acometida primaria para el inmueble A.
22. Red interna del inmueble A.
23. Acometida primaria para el inmueble B.
24. Red interna del inmueble B.
25. Equipo Terminal.

Los elementos que componen una red de planta externa se distribuyen en el área o territorio al que se pretende brindar el servicio, la oficina central puede ser clasificada como monotarea o mono-central, si esta es para un área determinada, y de área múltiple, cuando se compone de varias centrales. Para una red de planta externa se encuentran las cajas de empalmes, dentro de ella se alojan todas las fusiones realizadas por el técnico capacitado, estas cajas pueden encontrarse en postes de baja tensión y acometidas, además son utilizados los llamados remates, herrajes como también ductos que sirven para instalaciones subterráneas. Se asume que la red de planta externa representa los equipos de telecomunicaciones y los servicios que se relacionan con la instalación de una red, que va desde el panel de distribución primario o (MDF, Main Distribution Frame), también conocido

como panel de distribución óptica (ODF, Optical Distribution Frame), que se ubican en las oficinas centrales, hasta el cliente.

3.3 PLANTA INTERNA

Las redes de planta interna son equipos que se encuentran dentro de una central telefónica (edificio) para conectar cada equipo de red y telecomunicaciones (Switches, Servidores, OLT's) a los cables y dispositivos correspondientes al proveedor (ISP, Small cell, corporativo, RBS) de servicios, de telefonía, internet, etc., es decir, son elementos o dispositivos en conjunto en donde se integran varios sistemas activos por medio de un elemento pasivo como lo es la fibra óptica, ya sea dentro de un edificio, un inmueble o varios (campus, empresa, hogar). Una red de planta interna puede contener cualquier combinación de cables de cobre (coaxial, par trenzado) y fibra óptica, se compone de: cables, gabinetes, ductos o elementos que permitan la conexión y enlace de la red hasta llegar al punto requerido, esta estructura de red debe cumplir con estándares y normas establecidos.

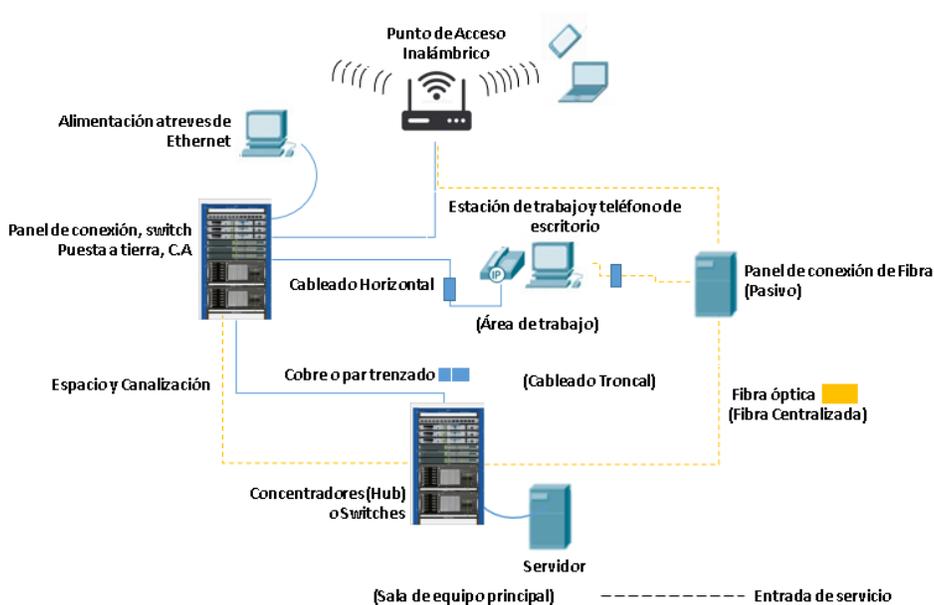


Figura 3.2. Estructura de Cableado de Planta Interna.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para el correcto diseño de un Backbone de una central telefónica (planta interna) o una red troncal, se establecen los siguientes estándares y normas:

- ANSI/TIA-568-D.0. Cableado genérico de Telecomunicaciones para locales de clientes.
- ANSI/TIA-568-D.1. Cableado de Telecomunicaciones para edificios comerciales.
- ANSI/TIA-568-D.3. Componentes de cableado de fibra óptica.
- ANSI/TIA-569-E. Espacios y canalizaciones de telecomunicaciones.

Las estructuras de red de una planta interna están diseñadas con el objetivo de transmitir o transmisión de redes informáticas o red de área local (LAN), para hogares y edificios, mediante tecnología Ethernet, una red de área local estándar tiene arquitectura híbrida entre medios de transporte guiados como el cobre y la fibra, además de enlaces para lograr conexiones a puntos de acceso y proporcionar conectividad inalámbrica.

Las centrales telefónicas o de proveedores de servicios albergan varios servidores de internet y redes de almacenamiento que trabajan a grandes velocidades utilizando la arquitectura de cableado híbrida mencionada anteriormente, enlaces cortos de fibra óptica y cobre, también, existen otros sistemas que pueden o requieren el transporte de señales como video, ya sean análogas o digitales, sistemas de control de acceso, que en general son de baja velocidad de transmisión, con lo que respecta a la fibra óptica como medio de transporte.

Generalmente las redes de planta interna, dentro de una central son de corta distancia y estas estructuras suelen tener un cableado menor al de 100 metros, que es el límite que se establece en los estándares para cableado estructurado en redes de planta interna, estos lineamientos permiten la instalación de cableado híbrido con el uso de cables de cobre o de par trenzado junto a la fibra óptica, ahora, para la interconexión de centrales o proveedores las redes de planta interna , pueden ser instaladas a nivel de campus o industrial, ya que poseen arquitecturas de redes troncales que pueden alcanzar una distancia mayor, que usa medio de transporte pasivo (Fibra óptica).

3.3.1 ESPACIO DE TELECOMUNICACIONES - PLANTA INTERNA

Los espacios de telecomunicaciones de una planta interna pueden ser definidos por el tamaño u área, estos pueden ser tanto físicos como lógicos y están establecidos por el estándar ANSI/TIA-569-E. E.

- AP= acceso al proveedor o acometida.

- ES= sala de entrada.
- ER= cuarto de equipos.
- MC= conexión cruzada principal (Distribuidor C).
- IC= conexión cruzada intermedia (Distribuidor B).
- TR= cuarto de telecomunicaciones.
- TE= circuito de telecomunicaciones
- HC= conexión cruzada horizontal (Distribuidor A).
- WA= área de trabajo
- TO= toma o alimentación de telecomunicaciones (conexiones de equipos).

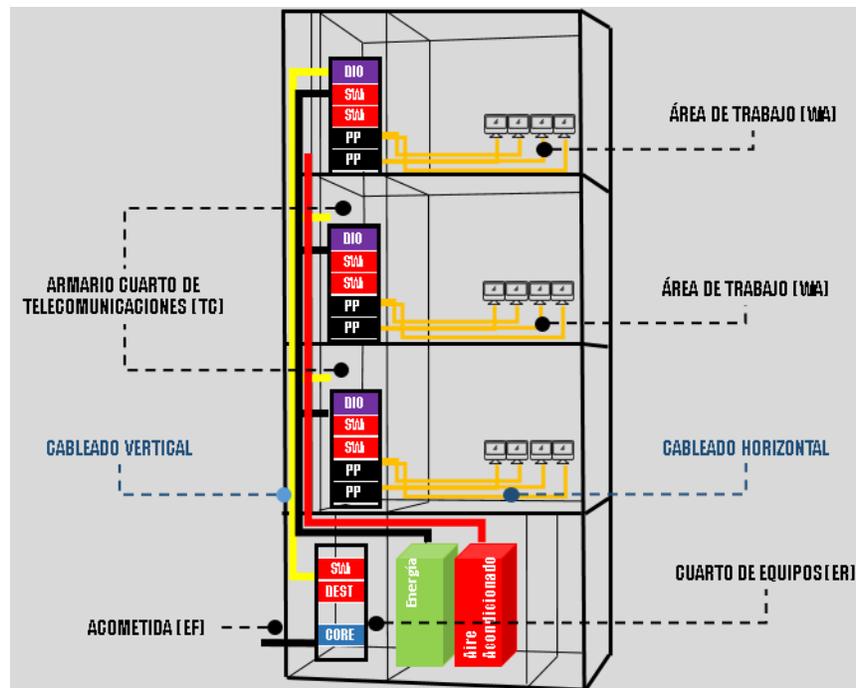


Figura 3.3. Características de espacio de Telecomunicaciones Planta Interna.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Fibremex”

3.3.2 CABLEADO ESTRUCTURADO PARA PLANTA INTERNA

La estructura de cableado o Backbone puede ser de primer nivel o segundo nivel, esto depende de la infraestructura que se tenga, si se trata de una sola central, muy probablemente se tenga una estructura de cableado de primer nivel, es decir, desde la conexión principal o Main Distribution Frame, que se ubica en el cuarto de equipos (ER), se realiza la distribución hacia los cuartos de telecomunicaciones y el área de trabajo.

La estructura cambia cuando se tiene más centrales para la distribución del servicio, para lograr la interconexión entre centrales se hace uso de una conexión cruzada intermedia (IC), también conocida como distribuidor de edificios.

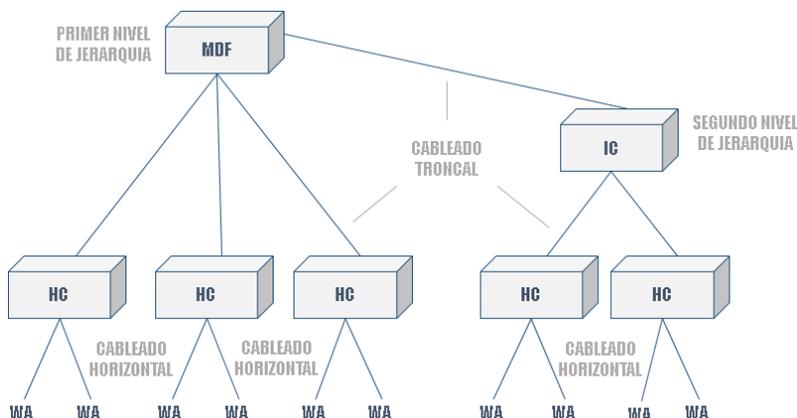


Figura 3.4. Niveles de Jerarquía para cableado de Planta Interna.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Fibremex”

Las redes en planta interna, tales como las redes de área local (LAN), de seguridad, de gestión de edificios, etc. generalmente operan en fibras multimodo mientras que las redes pasivas de área local óptica (OLAN), los sistemas de antenas distribuidas (DAS), muchos centros de datos y otros operan sobre fibra monomodo. Los sistemas multimodo que operan a velocidades menores y en distancias más cortas suelen ser más económicos que los sistemas monomodo. [30]

Para la instalación de cables de fibra óptica, estos deben cumplir con estándares y normativas de resistividad, flexibilidad y operatividad dependiendo en la zona donde se pretende sean instalados, para una red de planta interna no es necesario que los cables sean tan fuertes (estructura ajustada) para proteger a las fibras, pero deben cumplir con normativos contra incendios, es decir, cumplir con capas que sirvan para retardar la expansión del fuego en el cable. Sin embargo, para una red más grande (red troncal), si se puede utilizar cables más resistentes (estructura holgada), para lograr el enlace.

3.3.2.1 CABLE DE DISTRIBUCIÓN

Es el cable de fibra que permite realizar una distribución, ya sea vertical u horizontal, en una central o planta interna. Los cables de distribución en el interior de una central están elaborados para que en la terminación de su enlace se asegure un alto nivel y transmisión

óptima en la transmisión de datos. Para este tipo de cable pueden haber de 6 hasta 72 fibras, están cubiertos de PVC como cubierta exterior, retardante de fuego tipo, riser para tendido vertical, plenum para tendido horizontal o LSZH, estos elementos antes mencionados son los que le dan la fuerza al cable para que al momento de ser instalados o al realizar el tendido si se tensa el cable de fibra no se fracture o sufra rupturas, el tipo de fibra puede ser monomodo o multimodo.

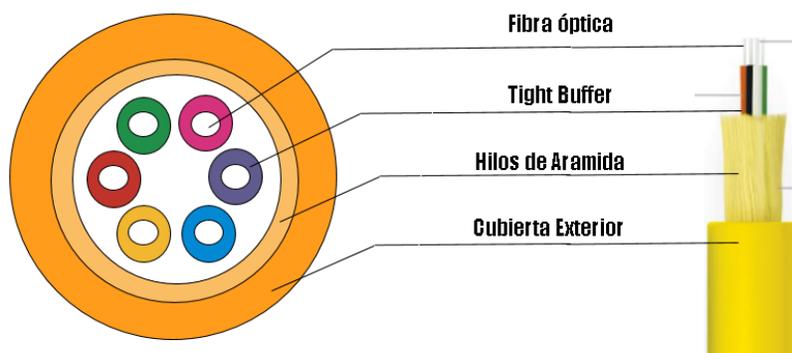


Figura 3.5. Estructura de Cable de Distribución - Planta Interna.

FUENTE: Imagen tomada del documento “Catalogo Planta Interna”.

Para este tipo de cable se puede seleccionar o usar:

- OM1(Multimodo) 62.5/125
- OM2 (Multimodo) 50/125
- OM3(Multimodo) 50/125 10G
- OM4 (Multimodo) 50/125 40G
- OS2 (Monomodo) 9/125

Fibra	Buffer (μm)	Coeficiente de Atenuación (dB/Km)				Ancho de Banda (MHz. Km)	
		850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm	850 nm	1300 nm
62.5/125	900	≤ 3.5	≤ 1.5	---	---	≥ 200	≥ 500
50/125	900	≤ 3.5	≤ 1.5	---	---	≥ 500	≥ 500
50/125 10G	900	≤ 3.0	≤ 1.5	---	---	≥ 1500	≥ 500
50/125 40G	900	≤ 3.0	≤ 1.5	---	---	≥ 3500	≥ 500
9/125	900	---	---	≤ 0.5	≤ 0.5	---	---

Tabla 3.1 Especificaciones de la Fibra para Distribución Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe “Catalogo Planta Interna”.

Total, de Fibras	Diámetro exterior (mm)	Peso Nominal (lbs/Km)			Temperatura de Operación		
		Riser	Plenum	LSZH	Riser	LSZH	Plenum
6	5.30	25	29	22.6	-40°C / +70°C	-0°C / +70°C	
12	6.30	43	52	32.2			
24	8.10	54	64	52			

Tabla 3.2 Especificaciones del Cable de Distribución Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe “Catalogo Planta Interna”.

3.3.2.2 CABLE SIMPLEX Y DÚPLEX

Estos cables se caracterizan por solo tener un hilo de fibra (simplex), y los dúplex se caracterizan por tener 2 hilos de fibra, este tipo de cable de fibra puede ser usado para los jumper's de fibra óptica, la estructura es similar a la del cable de distribución tiene una capa o recubrimiento de poli cloruro de vinilo, también poseen retardante a la flama, hilos de aramida como elementos de fuerza que son óptimos y brindan resistencia mecánica al arrastre al momento de realizar el tendido o instalación, otra característica que tiene este tipo de cable es que al ser totalmente dieléctrico es inmune a interferencias electromagnéticas.

Para este tipo de cable se puede seleccionar o usar:

- OM1(Multimodo) 62.5/125
- OM2 (Multimodo) 50/125
- OM3(Multimodo) 50/125 10G
- OM4 (Multimodo) 50/125 40G
- OS2 (Monomodo) 9/125

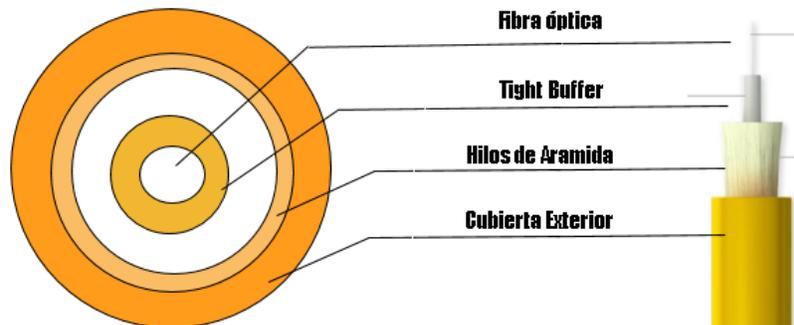


Figura 3.6. Estructura de Cable Simplex o Dúplex - Planta Interna.

FUENTE: Imagen tomada del documento “Catalogo Planta Interna”.

Fibra	Buffer (μm)	Coeficiente de Atenuación (dB/Km)				Ancho de Banda (MHz. Km)	
		850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm	850 nm	1300 nm
62.5/125	900	≤ 3.5	≤ 1.0	---	---	≥ 200	≥ 500
50/125	900	≤ 3.5	≤ 1.5	---	---	≥ 500	≥ 500
50/125 10G	900	≤ 3.0	≤ 1.5	---	---	≥ 1500	≥ 500
50/125 40G	900	≤ 3.0	≤ 1.5	---	---	≥ 3500	≥ 500
9/125	900	---	---	≤ 0.65	≤ 0.50	---	---

Tabla 3.3 Especificaciones de Fibra para cable Simplex o Duplex Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe "Catalogo Planta Interna".

Diámetro exterior (mm)		Peso Nominal (kg/Km) Simplex			Peso Nominal (kg/Km) Duplex			Temperatura de Operación	
simplex	duplex	Riser	Plenum	LSZH	Riser	Plenum	LSZH	Riser	Plenum / LSZH
1.60	1.60x3.25	3	3	3.4	5	6	7.2	-20°C/ +70°C	-0°C / +70°C
1.95	1.95x3.95	6	6	4	12	13	8.6		
2.95	2.95x5.95	8	9	6	15	18	12.2		

Tabla 3.4 Especificaciones del Cable Simplex o Duplex Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe "Catalogo Planta Interna".

3.3.2.3 CABLE DIELECTRICO AUTOSOPORTADO ADSS

Estos cables se caracterizan porque pueden ser utilizados para tendidos de planta interna y planta externa, la estructura del cable ADSS, es similar a la del cable de distribución, la cubierta exterior está fabricada de PVC, tiene retardante contra la flama, con los hilos de aramida y un elemento central de fuerza, este cable es óptimo para soportar tensiones durante la instalación, cuenta con una cinta que envuelve los tubos o buffer, esto sirve para protegerlos del agua o elementos de la intemperie. Este tipo de cable es usado para el tendido de redes Trocales. Para este tipo de cable se puede seleccionar o usar:

- OS2(Monomodo) 9/125.

Total, de fibras	Diámetro exterior (mm)	Peso (kg/Km)	Fuerza de Tensión (N)	Spam (m)	Resistencia al aplastamiento corto / largo plazo (N/100 mm)	Cumplimiento de estándares
12	11.6	115	3200	100	2000 / 1100	IEC 60794-1
24						
36						
48						
96	12.9	138				
144	16.1	210				

Tabla 3.5 Especificaciones de la Fibra para cable ADSS Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe "Catalogo Planta Interna".

Fibra	Buffer (μm)	Coeficiente de Atenuación (dB/Km)	
		1310 nm	1550 nm
9/125	250	≤ 0.36	≤ 0.22

Tabla 3.6 Especificaciones del Cable ADSS Planta Interna.

FUENTE: Datos recolectados de informe "Catalogo Planta Interna".

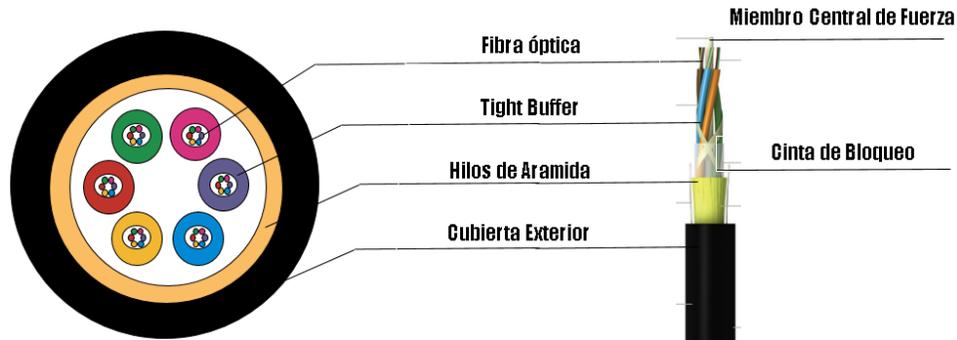


Figura 3.7. Estructura de Cable ADSS - Planta Interna o Externa.

FUENTE: Imagen tomada del documento "Catalogo Planta Interna".

3.4 ELEMENTOS DE ARQUITECTURA PARA PLANTA INTERNA

Las topologías de red de una GPON, se basa u operan con componentes pasivos, pero para él envío y conmutación de señales o servicios de telecomunicaciones, se requiere equipos activos que permita realizar dichos procesos, por tal motivo, se empleó un OLT, para él envío de potencia y realizar las pruebas pertinentes en los módulos didácticos, ya que, al representar, infraestructuras de planta interna, se fundamenta, en las definiciones antes mencionadas.

Cabe recalcar que en este apartado se detallaran los equipos activos y pasivos, utilizados para la implementación de los tableros de fibra (módulos didácticos) de planta interna.

3.4.1 ELEMENTOS ACTIVOS

3.4.1.1 TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA UF-OLT-4

El dispositivo utilizado es un "Ufiber de Ubiquiti", es una OLT para la configuración en una red GPON de alto rendimiento que puede ser implementado para proveedores de servicios de internet de telecomunicaciones, pudiendo entregar un servicio de fibra óptica rentable para Triple Play (Voz, datos, IPTV/Void) con una velocidad de bajada de 2.488Gbps y una velocidad de subida de 1.244 Gbps.



Figura 3.8. UF-OLT-4.

FUENTE: Tomada de la página web “Ubiquiti”.

3.4.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UF-OLT-4

1. Led del sistema.	Azul / Parpadeando	Iniciando / Arrancando
	Blanco.	Listo para usar.
2. Indicador Led de PON (puertos 1 - 4).	Desactivado.	Sin conectar.
	Blanco / Parpadeando.	Enlace / Actividad GPON.
3. Indicador Led de SFP + (puerto 1).	Desactivado.	Sin conectar.
	Verde / Parpadeando.	Enlace / actividad de 1 G.
	Blanco / Parpadeando.	Enlace / actividad de 10 G.
4. Led de MGMT.	Desactivado.	Sin conectar.
	Ámbar / Parpadeando.	Enlace / actividad de 10 / 100.
	Verde / Parpadeando.	Enlace / actividad de 1000.
5. GPON (Puertos PON 1 - 4).	Admiten hasta 128 usuarios en cada puerto	
6. SFP + (Puerto 1).	Admiten conexiones de 1G o 10G.	
7. Puerto MGMT.	Puerto Ethernet 10 / 100 / 100 utilizado para gestión fuera de banda.	
8. Puerto de Consola.	Serie RJ45 para gestión de interfaz de línea de comandos (CLI).	
9. Puerto USB.	Reservado para uso futuro.	
10. Botón Reset.	Restablecimiento en tiempo de ejecución. Restablecimiento al encender.	
11. Conector de Alimentación CC.	Entrada de 24 V CC, mínimo de energía de 56W, de 25 a 16 V, conector de línea de alimentación de 2.5 mm.	

Tabla 3.7. Descripción del elemento UF-OLT-4.

FUENTE: Datos recolectados de la página web “Ubiquiti”.

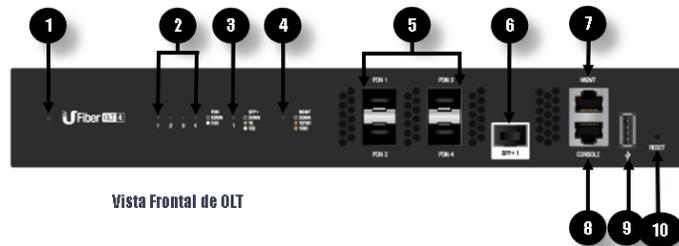


Figura 3.9. Vista frontal de UF-OLT-4.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Ubiquiti”.



Figura 3.10. Vista posterior de UF-OLT-4.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Ubiquiti”.

3.4.1.1.2 ESPECIFICACIONES DEL UF-OLT-4

TERMINAL DE LINEA ÓPTICA GPON DE 4 PUERTOS (UF-OLT-4)	
Dimensiones	299.80 x 258.95 x 42.55 mm
Peso	1,93 kg sin soportes. 2.13 kg con soportes.
Interfaz de red	(4) GPON OLT SFP (1) 1G/10G SFP+
Clientes simultáneos	512 registrados mediante ONU/ONT 128 por puerto GPON
Velocidades GPON	2.488 Gbps Downstream 1.244 Gbps Upstream
Longitudes de ondas operativas	1490 nm TX 1310 nm RX
Rango de potencia óptica normal	TX (Class B+): 1.5 a 5 dBm RX: -28 a -5 dBm
Distancia de fibra máx.	20 km
Fuente de alimentación	AC/DC interna 56W DC
Consumo de energía máx.	35W excluyendo los módulos SFP
Procesador	MIPS 1004kc, 880 MHz Dual Core
Memoria	512 MB DDR3, 512 MB NAND
Temperatura de en funcionamiento	-10 a 45 °C
Certificados	CE, FCC, IC

Tabla 3.8 Especificaciones del elemento UF-OLT-4.

FUENTE: Datos recolectados de la página web “Ubiquiti”.

3.4.1.1.2 TRANSCEPTOR SFP

Los transceptores son módulos que permiten interconectar equipos o dispositivos que utilicen puertos SFP, de manera general estos módulos se usan para conectar dispositivos como switches y routers, el medio que se utiliza para el enlace entre los equipos es la fibra óptica, esta puede ser monomodo o multimodo.

Los módulos SFP, permiten que exista un movimiento de datos bidireccional, tanto para transmisión (Tx) y para Recepción (Rx). En cuanto a las conexiones Ethernet, estos transceptores van a simplificar la conexión puente de los conmutadores de red al proporcionar

conectividad de cobre rápida sin tener que configurar dispositivos o equipos de red adicionales. Además, también pueden soportar estándares como SONET, Fibre Channel, GB Ethernet y redes ópticas pasivas (PON). [31]

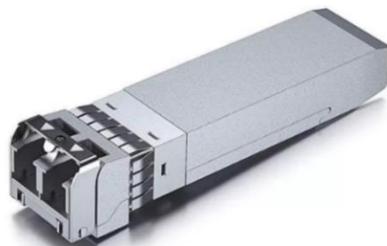


Figura 3.11. Transceptor SFP.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Redes Zone”.

Los puertos GPON SFP para la OLT antes mencionada, están diseñados para ser usados con módulos UF-GP-B+ y SFP UF-GP

3.4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSCEPTORES

- Los módulos transceptores son compatibles con medios de transporte, como el cobre y fibra óptica, lo más usual es utilizar fibra, ya sean de tipo monomodo o multimodo.
- Se pueden utilizar en redes Gigabit Ethernet y 10Gigabit.
- No es necesario apagar el dispositivo al que esté conectado el módulo para intercambiar de interconexiones, esto da la ventaja de crear redes sobre la marcha.

3.4.1.2.2 ESPECIFICACIÓN DE LOS TRANSCEPTORES

Especificaciones	UF-GP-B+	UF-GP-C+
Medida de soporte	Fibra monomodo	Fibra Monomodo
Tipo de conector	(1) SC/UPC	(1) SC/UPC
Longitud de onda TX	1490 nm	1490 nm
Longitud de onda RX	1310nm	1310 nm
Rango de Potencia TX	1.5 a 5 dBm	3 a 7 dBm
Rango de potencia RX	-28 a -8 dBm	-30 a 12 dBm
Velocidad de descarga	2.5 Gbps	2.5 Gbps
Velocidad de carga	1.25 Gbps	1.25 Gbps
Distancia Max.	20 km	20 km
Opciones de paquete	20-Pack	20-Pack

Tabla 3.9 Especificaciones de Transceptores UF-GP-B+, y UF-GP-C+

FUENTE: Datos recolectados de la página web “Ubiquiti”.

3.4.2 ELEMENTOS PASIVOS

3.4.2.1 PROTECTORES DE EMPALMES

Los protectores de empalmes son importantes, ya que proporcionan protección física, mecánica y ambiental al área de fibra óptica que se haya fusionado, estos empalmes se realizan cuando existen cortes en la fibra y se requiere que se transporte o envíe datos por ese hilo. Este elemento óptico, está constituido por dos tubos concéntricos, elaborados de material plástico, son cilíndricos y tienen una varilla metálica de acero inoxidable, cuya función es da refuerzo mecánico y dar rigidez a los dos extremos de fibra que se vayan a fusionar, estos tubillos o protectores tienen longitudes o tamaños de 60 y 45 mm.

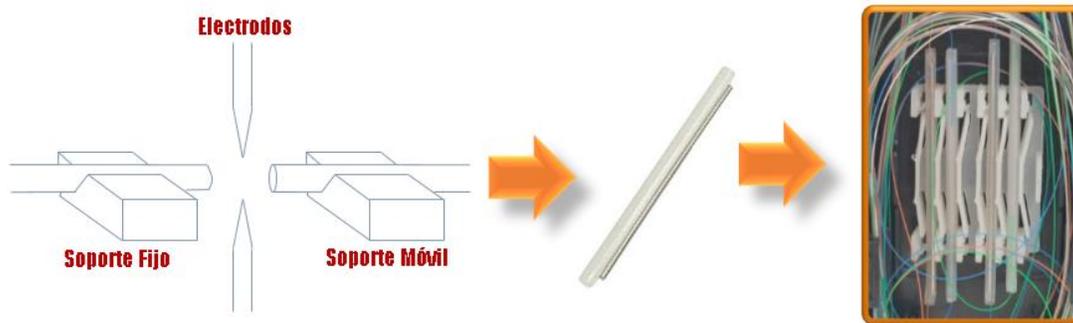


Figura 3.12. Fusión Protegida (Protector de empalmes).

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para realizar un empalme con este elemento es necesario una fusionadora de fibra para que caliente al tubo o protector a una determinada temperatura y así la fibra quede protegida.

Materiales	
Tubo Exterior	Poliolefina termo contraíble
Tubo Interior	Etileno Vinilacetato (EVA)
Varilla de Refuerzo	Acero inoxidable

Tabla 3.10. Materiales del Protector de empalmes

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dimensiones de protectores de empalme		
Dimensiones (mm)	130.540	150.671
Longitud	60 ± 2	45 ± 2
Diámetro interior	$1,5 - 0,15$	$1,5 - 0,15$
Diámetro exterior contraído	$3,5 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$

Tabla 3.11. Dimensiones del Protector de empalmes.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.4.2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTECTORES DE EMPALMES

- Elementos aptos para empelar en fibras G.652.D y G.657.
- Elementos aptos para usar en fibras entre 250 y 900 μm o combinaciones de las fibras mencionadas.
- Evita daños en la fibra, gracias a su diseño circular, con varilla de refuerzo inoxidable.
- No añade pérdidas o atenuación por empalme menores a 0,05 dB.
- Una vez fusionado, soportan un rango de temperatura de -30 y 70 °C.

3.4.2.2 CONECTORES ÓPTICOS

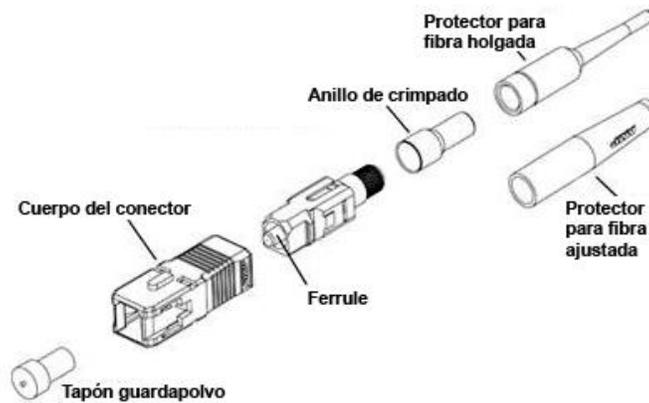


Figura 3.13. Componentes de Conector.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Topicstijose".

Un conector es un dispositivo que permite conectar un cable a un componente de forma no fija. Por lo general, se utilizan para conectar cables de fibra óptica a transmisores y receptores, en los Patch Panels donde los cables externos ingresan a los edificios y deben conectarse a cables que distribuyen señales dentro de ellos.

Como se muestra en la Figura 3.13, el hilo de fibra se coloca dentro de la férula que realiza dos funciones, la primera es retener de forma mecánica a la fibra óptica y su parte externa guía a la fibra en el momento de ser insertada en el adaptador óptico.

3.4.2.2.1 CONECTOR FC



Figura 3.14. Conector FC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Promax”.

Las siglas de este tipo de conector significan Conector de Ferrule (Ferrule Connector en inglés), y este fue el primer conector óptico con férula cerámica, pero con el paso del tiempo se hace uso de los conectores tipo SC y LC.

Tipo	Monomodo		Multimodo	
	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno
PC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 40 dB	< 0,25 dB	≥ 22 dB
SPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 45 dB	< 0,25 dB	≥ 36 dB
UPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 55 dB	---	---
APC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 65 dB	---	---

Tabla 3.12. Pérdidas en Conectores FC.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Promax”.

Características:

- Conector roscado con fijación resistente a vibraciones.
- Diámetro de 2.5 mm.
- Se utiliza en instrumentos de precisión como los OTDR.
- Generalmente usados en CATV.

Características ópticas:

- Tipo de fibra monomodo.
- Pérdidas de inserción alcanzan los 0.4 dB.

3.4.2.2.2 CONECTOR ST



Figura 3.15. Conector ST.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Promax”.

Las siglas de este tipo de conector significan Punta Recta (Straight Tip en inglés), desarrollado en Estados Unidos y es utilizado en entornos profesionales, como por ejemplo redes corporativas y también en el ámbito militar.

Tipo	Monomodo		Multimodo	
	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno
PC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 40 dB	< 0,2 dB	---
SPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 45 dB	---	---
UPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 55 dB	---	---

Tabla 3.13. Pérdidas en Conectores ST.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Promax”.

Características:

- Cuenta con un mecanismo de Bayoneta.
- Diámetro de 1.6, 2, y 3 mm.
- Se utiliza en redes LAN de alta velocidad.
- Acabado de metal lo cual lo hace más resistente.

Características ópticas:

- Tipo de fibra monomodo.
- Pérdidas de inserción alcanzan los 0.1 y 0.4 dB.

3.4.2.2.3 CONECTOR LC



Figura 3.16. Conector LC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Promax”.

Las siglas de este tipo de conector significan Conector Lucent (Lucent Connector en inglés) o conector pequeño, desarrollado por Lucent Technologies.

Tipo Pulido	Monomodo		Multimodo	
	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno
PC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 40 dB	< 0,20 dB (Típico 0,15 dB)	≥ 20 dB
SPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 45 dB	---	---
UPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 55 dB	---	---

Tabla 3.14. Pérdidas en Conectores LC.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Promax”.

Características:

- Ajuste similar a un RJ45.
- Diámetro de 1.5 mm.
- Más seguro y compacto que el SC.
- Permite mayores densidades de conectores Rack, paneles y FTTH.

Características ópticas:

- Tipo de fibra monomodo y multimodo.
- Pérdidas de inserción alcanzan los 0.1 - 0.4dB.

3.4.2.2.4 CONECTOR SC

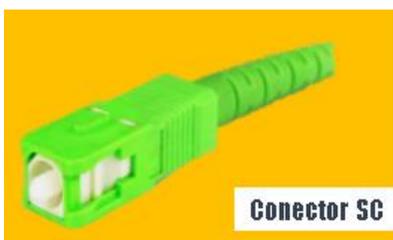


Figura 3.17. Conector SC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Promax”.

Las siglas de este tipo de conector significan Conector de suscriptor (Suscriptor Connector en inglés) o conector cuadrado, desarrollado por Nipon Telegraph and Telephone, este tipo de conector gana popularidad por su bajo coste y características.

Tipo	Monomodo		Multimodo	
Pulido	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno	Pérdida de inserción	Pérdida de retorno
PC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 40 dB	< 0,25 dB	≥ 22 dB
SPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 45 dB	< 0,25 dB	≥ 36 dB
UPC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 55 dB	---	---
APC	< 0,4 dB (Típico 0,2 dB)	≥ 65 dB	---	---

Tabla 3.15. Pérdidas en Conectores SC.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Promax”.

Características:

- Ajuste rápido a presión.
- Diámetro de 2.5 mm.
- Permite gran densidad de conectores por instrumento
- Se utiliza en FTTH, telefonía y televisión por cable.

Características ópticas:

- Tipo de fibra monomodo y multimodo.
- Pérdidas de inserción alcanzan los 0.25 dB en fibra multimodo.
- Pérdidas de inserción alcanzan los 0.4 dB en fibra monomodo.

3.4.2.3 TIPOS DE PULIDOS DE CONECTORES ÓPTICOS

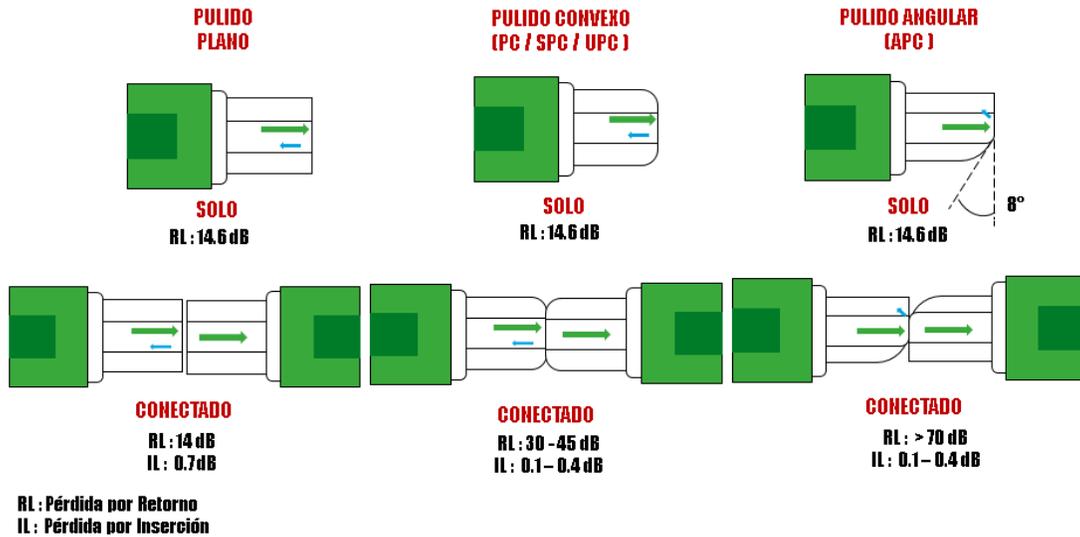


Figura 3.18. Pérdidas en Pulido de férula de Fibra.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Multiplay".

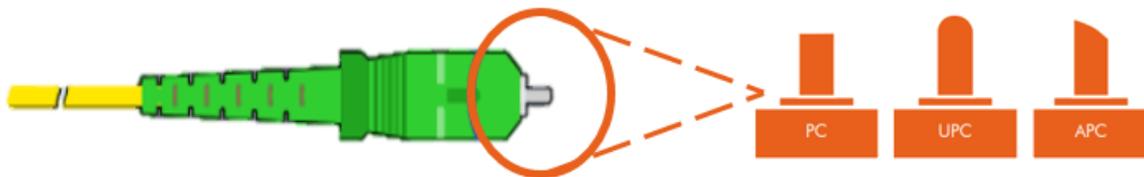


Figura 3.19. Pulido de férula de Fibra.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Promax".

Los conectores de fibra no tienen polaridad macho y hembra, es decir, son diferentes a los conectores electrónicos, es por ello por lo que los conectores se acoplan mediante adaptadores, el extremo de la fibra conocido como férula y este extremo debe ser pulido y aislado con el objetivo de realizar conexiones de la fibra.

3.4.2.3.1 PULIDO PLANO

El pulido plano se realiza a mano, este tipo de pulido se utiliza en fibras multimodo, el conector de fibra estaba basado originalmente de superficie plana, la Pérdida de retorno que se da en este tipo de pulido es de 20 dB. Y un índice de reflectividad de -14 dB.

3.4.2.3.2 PULIDO PC

El pulido de contacto físico es el proceso mediante el cual las superficies de la férula se pulen de manera curva o esférica, esto evita que existan espacios vacíos de aire entre los conectores que se acoplan y fuerza a las fibras a entrar en contacto, así se dan unas pérdidas de inserción típica de 0.2 dB típica de la fibra monomodo y la reflectividad está dentro de los -30 dB.

3.4.2.3.3 PULIDO SPC

El pulido de súper contacto físico es una variante mejorada del pulido PC, con la diferencia que el pulido de la férula se realiza en máquina, tienen una reflectividad de -40 dB. Así se dan unas pérdidas de inserción típica de 0.2 dB típica de la fibra monomodo.

3.4.2.3.4 PULIDO APC

El pulido contacto físico de ángulo es el proceso mediante el cual la férula se pule dándole termino en superficie plana e inclinada 8 grados, así se logra un enlace óptico de mayor calidad y reduce las pérdidas de retorno a -60 dB aumentando el número de usuarios en fibras monomodo.

3.4.2.3.5 PULIDO UPC

El pulido de ultra contacto físico es el proceso mediante el cual la férula se pule con una mejor terminación en la superficie, es decir, el bisel tiene la curva más pronunciada, y tiene unas pérdidas que están entre los -40 dB y -55 dB, el tipo de fibra para este tipo de pulido es la monomodo.

3.4.2.4 ATENUADORES ÓPTICOS

Son componentes ópticos o acopladores, que se utilizan en los enlaces de transmisión mediante fibra óptica para disminuir o equilibrar la potencia óptica incidente en el fotodetector, es decir la luz (información, datos, voz y video) de un dispositivo a otro.

Estos elementos se usan en un diseño de red con diferentes tipos de conectores como los mencionados en el apartado anterior, existen tipos de atenuadores básicos que son de tipo atenuadores fijos (nivel fijo de atenuación) y atenuadoras variables (nivel de atenuación en

una gama de valores sintonizables), y estos tipos de atenuadores se pueden clasificar en LC, ST, SC, FC.

Los atenuadores ópticos tienen la característica de ajustar un nivel de nivel de señal óptica, es decir, se puede utilizar para realizar mediciones de márgenes de potencia agregando temporalmente una cantidad calibrada o referenciada de Pérdida de señal, y también se aplican para la comunicación en los niveles de transmisión y recepción.

3.4.2.4.1 ATENUADORES DE FIBRA ÓPTICA SC

Este tipo de atenuador tiene una interfaz similar a la de RJ-45, con la diferencia en que esta interfaz es más plana, el RJ-45 tiene 8 cortes de cobre fino, y el atenuador SC tiene una columna de cobre.

Los tipos de atenuadores SC que existen y se pueden utilizar son SC UPC, SC APC y SC PC, los valores de atenuación que se pueden dar en este tipo de atenuador varían entre 1 dB Y 30 dB, la longitud de onda en la que operan es generalmente de 1310 nm y 1550 nm, que se dan en fibras monomodo, sin embargo, en una longitud de onda de 850 nm se pueden aplicar en fibras multimodo.



Figura 3.20. Atenuadores SC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Sillexfiber”.

3.4.2.4.2 ATENUADORES DE FIBRA ÓPTICA LC



Figura 3.21. Atenuadores LC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Sillexfiber”.

Este tipo de atenuador LC se utiliza en una interfaz de fibra óptica para conectar los puertos o conectores de módulos SFP, el atenuador de este tipo comúnmente utilizado es el conector hembra a macho, el nombre que tenga el atenuador se basa en el tipo de conector y el nivel de atenuación, por ejemplo, existe el atenuador de fibra LC 2 dB , esto quiere decir, que el atenuador utiliza un conector LC y disminuye el nivel de potencia para recepción en 2 dB, el rango de atenuación en el que puede variar es de 1 dB a 30 dB.

3.4.2.4.3 ATENUADORES DE FIBRA ÓPTICA ST

Este tipo de atenuador ST, se utiliza típicamente en los Rack de distribución de fibra óptica, los tapones o cobertores son redondos, y la forma de fijación de este atenuador es de hebilla tipo tornillo, se puede usar en fibras monomodo a una longitud de onda de 1330 nm y multimodo a una longitud de onda de 850 nm.

Gracias a su mecanismo de polarización, se enfoca en recibir mejor la señal, donde las regula y las mantiene estables, es decir no afecta la longitud de onda.



Figura 3.22. Atenuadores ST.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Silexfiber”.

3.4.2.4.4 ATENUADORES DE FIBRA ÓPTICA FC

Este tipo de atenuador FC reduce la potencia de la señal de acuerdo con lo que sea necesario, este método hace que tenga un mejor rendimiento en comparación a los otros tipos de atenuadores.



Figura 3.23. Atenuadores FC.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Silexfiber”.

Es el mejor elemento para obtener mejor calidad en la recepción de la señal, el tubo de conexión está elaborado de cerámica para una mejor señal óptica al igual que los atenuadores anteriores y la fijación que tiene es de hebilla tipo tornillo.

3.4.2.5 PUENTES ÓPTICOS (PATCHCORD'S)

Estos elementos ópticos se utilizan para el enlace o interconexión entre el puerto de ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) y el puerto al que se conecta la línea de fibra óptica del enlace del exterior y los equipos de transmisión instalados en el centro o nodo.

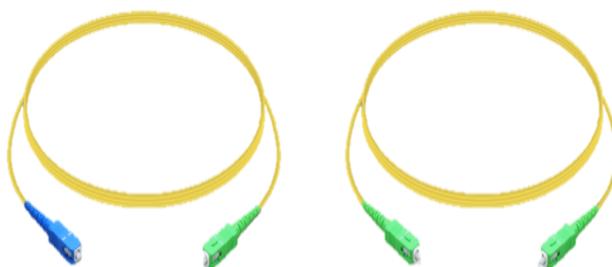


Figura 3.24. Puentes Ópticos.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Streakwave”.

Las terminaciones del patchcord pueden ser: FC, ST, SC o LC con pulido PC, UPC o APC según la necesidad de diseño, también pueden ser de tipo dual, es decir, dos fibras monomodo con dos terminaciones en cada extremo, las características ópticas deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del patchcord deberá estar acorde al posicionamiento del equipo de transmisión con respecto al ODF en cada estación. [32]

Especificaciones	UF-SM-PACTH-UPC-APC	UF-SM-PACTH-APC-APC
Tipo de conector	SC/UPC a SC/APC	SC/APC a SC/APC
Pérdida por inserción	≤ 0.3 dB	≤ 0.3 dB
Pérdida de retorno	UPC: ≥ 50 dB APC: ≥ 60 dB	≥ 60 dB
Tipo de cable	SM9/125 SX 2.0 mm, PVC Jacket, Yellow	SM9/125 SX 2.0 mm, PVC Jacket, Yellow
Rango de potencia RX	-28 a -8 dBm	-30 a 12 dBm

Tabla 3.16. Especificaciones de Patchcord Óptico.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “optytech”.

3.4.2.6 PIGTAIL

Son utilizados para empalmar por un lado la fibra que llega del exterior y conectar por el otro lado al acoplador del ODF. La terminación de cada pigtail puede ser: FC, ST, SC o LC con pulido PC, UPC o APC según la necesidad de diseño, las características ópticas deben ser similares a las de la fibra instalada en el enlace a la que el pigtail se debe empalmar, es decir, debe cumplir el mismo estándar, la distancia del pigtail deberá ser de mínimo 1,00 metros o dependiendo de las necesidades en cada estación. El conector deberá estar protegido contra suciedad y golpes. [32]



Figura 3.25. Pigtail Óptico.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Tdtprofesional".

3.4.3 ELEMENTOS NO ÓPTICOS

Para el diseño de una red GPON, se utilizan elementos netamente pasivos, para el transporte de la información, sin embargo, existen y son necesarios elementos no ópticos que permiten la distribución organizada de la fibra, a su vez proporcionan seguridad alojamiento y dan paso o direccionan a los elementos pasivos que se mencionan anteriormente. Estos elementos no ópticos se pueden utilizar en la arquitectura de la red donde sea necesario para brindar un mejor control de la trama.

3.4.3.1 CHAROLA DE EMPALMES DE 24 FIBRAS - DISTRIBUIDORES

Este elemento no óptico es una bandeja o charola que permite la protección, alojamiento y el orden para la distribución de los empalmes y fusión de fibra, debido a el espacio también permite la gestión de los sobrantes del cable de fibra. Esta bandeja protectora está elaborada de PC/ABS, esto brinda una resistencia optima a las altas temperaturas e impactos que se puedan dar en un ambiente ajeno al sistema.

De ser necesario su diseño permite que otras charolas sean montadas y fijadas una sobre otra, esto con el propósito de gestionar de una mejor manera el cableado y tener una mejor protección de empalmes ópticos.

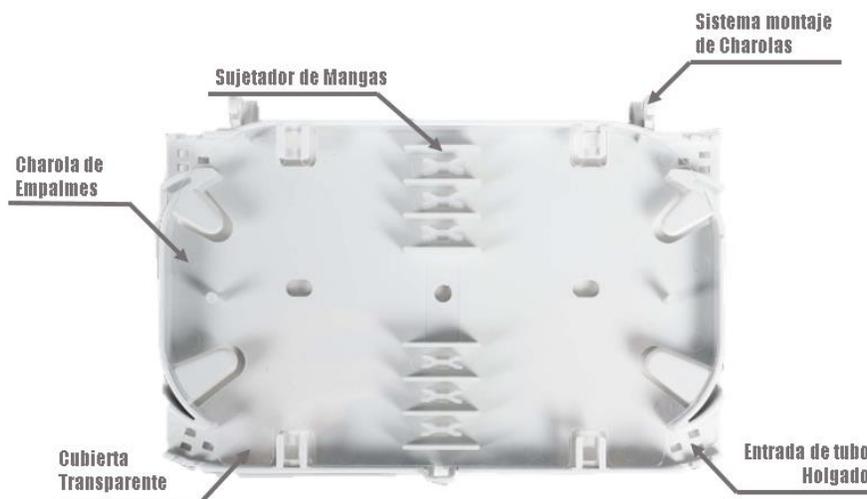


Figura 3.26. Estructura de Charola de empalmes para Distribuidor.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Optronics”.

Especificaciones Generales	
Material	PC /ABS
Compatibilidad en empalmes	24 empalmes por fusión
Compatibilidad mangas de empalmes	12 empalmes mecánicos
Dimensiones	40 a 45 mm
Peso	160 x 108 x 11 mm ± 2
Condiciones Ambientales	
Temperatura de Operación	-40 °C a ± 65 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a ± 65 °C
Humedad	5% a 95%
Estándares	
ITU-T L.13	RoHS

Tabla 3.17. Especificaciones de Charola de empalmes - Distribuidor.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Optronics”.

3.4.3.2 CHAROLA DE EMPALMES DE 24 FIBRAS – CIERRE EMPALME VERTICAL

Este elemento no óptico es una bandeja o charola que permite la protección, alojamiento y el orden para la distribución de los empalmes y fusión de fibra, además por su diseño y estructura es compatible con cierres de empalme de primer nivel vertical (manga). Esta bandeja protectora está elaborada de PC/ABS, esto brinda una resistencia óptima a las altas temperaturas e impactos que se puedan dar en un ambiente ajeno al sistema.

De ser necesario su diseño permite que otras charolas sean montadas y fijadas una sobre otra, esto con el propósito de gestionar de una mejor manera el cableado y tener una mejor protección de empalmes ópticos.

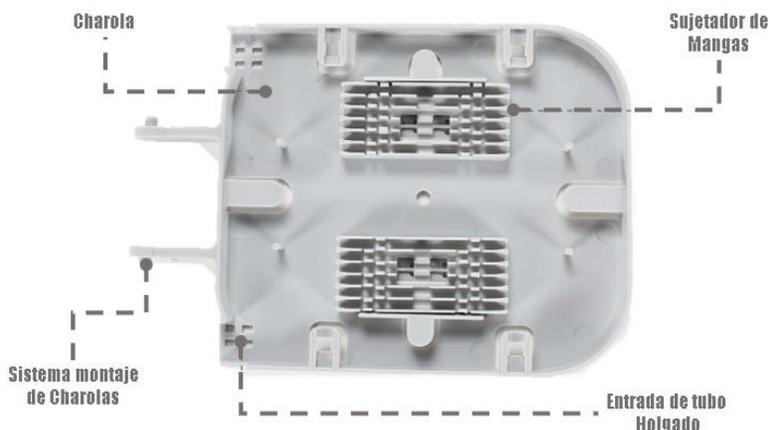


Figura 3.27. Estructura de Charola de empalmes para empalme vertical.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Optronics”.

Especificaciones Generales	
Material	ABS
Empalmes por charola	24
Compatibilidad mangas de empalmes	40 a 60 mm
Dimensiones	152 x 105 x 10 mm
Condiciones Ambientales	
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a ± 60°C
Estándares	
ITU-T L.13	RoHS

Tabla 3.18. Especificaciones de Charola de empalmes – Empalme vertical.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Optronics”.

3.4.3.3 MANGA DE EMPALMES

Una manga de empalme es una caja típicamente de material plástico resistente, que da alojamiento a los empalmes que se realizan entre 2 o más cables de fibra óptica, el objetivo de este elemento es proteger de manera hermética a los empalmes.

Se menciona que no tiene características ópticas ya que representan un punto de paso o unión de elementos pasivos de transporte de información, es decir, sirven para dar continuidad a un enlace de fibra óptica, estos enlaces se pueden dar de 12 hasta 144 hilos, el número de fusiones que puede alojar la caja de empalmes se debe considerar dependiendo las características determinadas y número de puertos que contenga la manga.

Construidas de material resistente a la tensión e impermeable, que permita cierre hermético y con los debidos accesorios para instalación en subsuelo, soportes aéreos y aplicaciones de pedestal. Deben permitir realizar empalmes de extremo a extremo o empalmes internos (derivaciones). Tanto en la bandeja como en el cableado dentro del empalme se deben respetar los radios de curvatura. Debe poseer un sistema organizador de bandejas que permita trabajar sobre la fibra de un buffer sin necesidad de remover las bandejas restantes, además de tarjetas de identificación para cada bandeja y en cada una de estas los respectivos manguitos termo contráctiles para protección de los empalmes de fibra. [32]

3.4.3.3.1 MANGA TIPO LINEAL

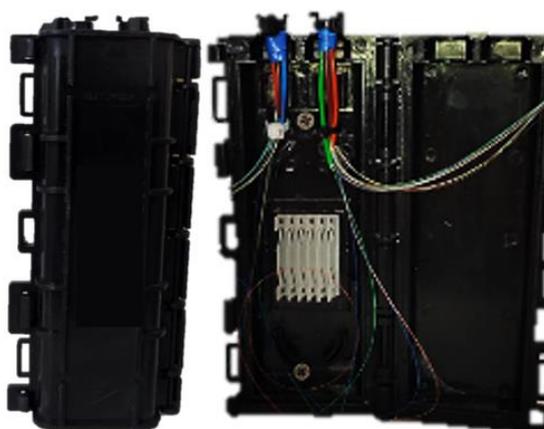


Figura 3.28. Caja de empalme tipo lineal.

FUENTE: Elaborado por el autor.

Las cajas de empalmes lineales son cajas plásticas resistentes donde los cables entran por un extremo y salen por el otro, suelen tener baja capacidad para acomodar empalmes, también un número reducido de puertos, sus principales aplicaciones son la continuidad y reparación de bobinas. Ampliamente utilizado en la red de transmisión.

3.4.3.3.2 MANGA TIPO DOMO

Las cajas de empalmes tipo domo son cajas plásticas resistentes por donde entran y salen cables por debajo, suelen ser de alta capacidad para alojar empalmes, tienen gran cantidad de puertos, su función principal es la derivación. Ampliamente utilizado en la red de acceso.



Figura 3.29. Caja de empalme tipo domo.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Cm-Telco”.

3.5 NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE RED ODN

Consiste en cables de fibra óptica y divisores que distribuyen señales a los usuarios. Puede tener una o más etapas divididas según las necesidades de diseño. Estos componentes sirven para la distribución y se caracterizan por ser elementos pasivos.

- | | |
|--|--|
| 1. OLT. | 8. Manga de empalme aérea |
| 2. ODF. | 9. Cable de Distribución aéreo. |
| 3. Cable Feeder. | 10. Cable DROP aéreo. |
| 4. Cable de distribución Canalizado. | 11. Cable DROP canalizado. |
| 5. Manga de empalme canalizado (Distribución). | 12. Manga de empalme canalizado (Feeder) |
| 6. FDH. | 13. NAP canalizada. |
| 7. NAP aérea. | 14. Central. |

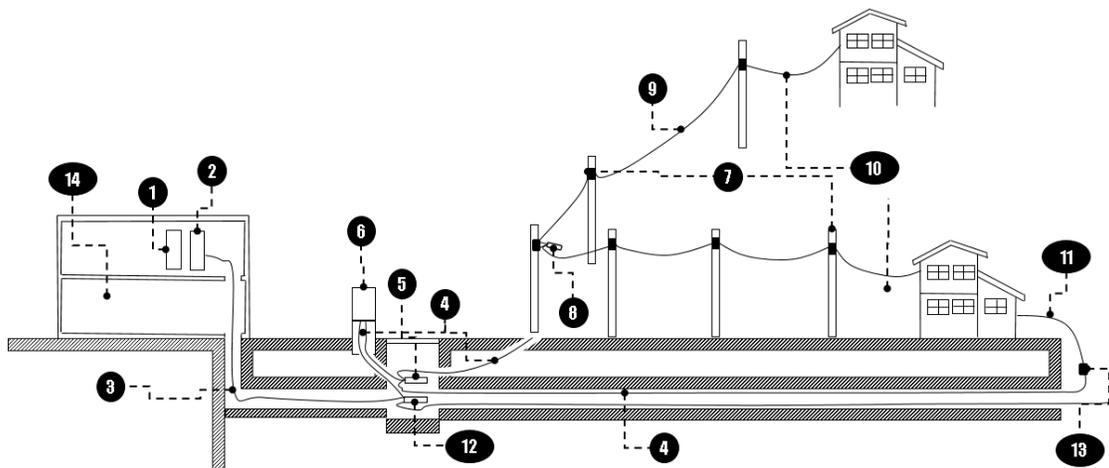


Figura 3.30. Red GPON – FTTH para viviendas y urbanizaciones.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Dentro de la ODN, el cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares colaboran entre sí. El ODN tiene específicamente cinco segmentos: la fibra de alimentación, el punto de distribución óptica, la fibra de distribución, el punto de acceso óptico y el divisor de fibra. La fibra de alimentación va desde el marco de distribución óptica (ODF) en la sala de telecomunicaciones de la oficina central (CO) hasta el punto de distribución óptica para coberturas de larga distancia. La fibra de distribución distribuye fibras ópticas para las áreas de su lado desde el punto de distribución óptica hasta el punto de acceso óptico. [33]

En la Figura 3.30 se muestra los elementos de los que está compuesta una red GPON FTTH que llega hasta urbanizaciones y viviendas, por tendido aéreo y canalizado, como se menciona para una red de distribución óptica se parte desde la centra OLT, hacia el distribuidor principal ODF y mediante elementos como mangas, splitter's, NAP's llegar hasta los domicilios de los abonados.

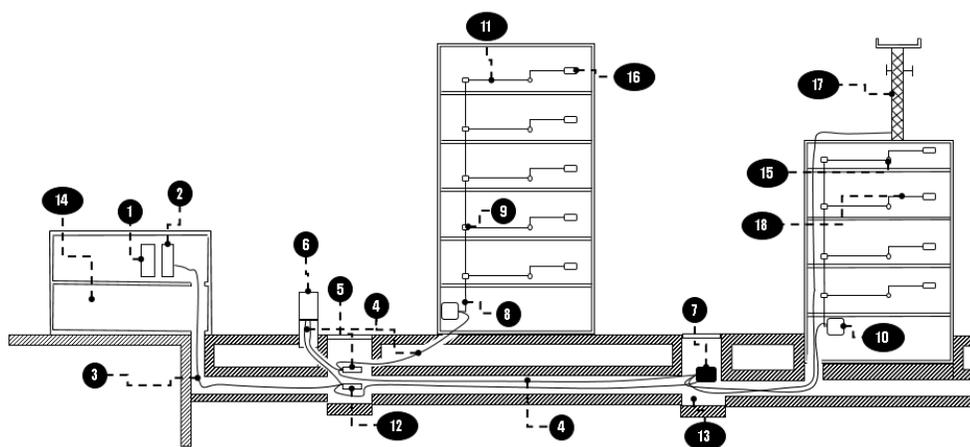


Figura 3.31. Red GPON – FTTH para edificios (Radio Base, Corporativo).

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

- | | |
|---|---|
| 1. OLT. | 10. FDB con splitter 1:8 |
| 2. ODF. | 11. Cable de DROP. |
| 3. Cable Feeder. | 12. Manga de empalme canalizado Feeder. |
| 4. Cable de distribución Canalizado. | 13. Pozo. |
| 5. Manga de empalme canalizado (Distribución). | 14. Central |
| 6. FDH. | 15. Roseta. |
| 7. Manga con splitter 2:4 y 2:16. | 16. ONT. |
| 8. Cable Riser | 17. Radio Base |
| 9. FDF | 18. Patchcord. |

En la Figura 3.31 se muestra los elementos de los que está compuesta una red GPON FTTH que llega hasta edificios, corporaciones, radio bases o proveedores de servicios de telecomunicaciones, esta se dan en áreas metropolitanas, por tendido aéreo y canalizado, como se menciona para una red de distribución óptica se parte desde la centra OLT, hacia el distribuidor principal ODF y mediante elementos como mangas, splitter's, NAP's, rosetas, cables de fibra para interior (RISER) y llegar hasta los domicilios de los abonados (pisos dependiendo de la edificación).

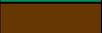
Posición	Color	Hilo
1		azul
2		naranja
3		verde
4		café
5		Plateado
6		Blanco
7		Rojo
8		negro
9		amarillo
10		violeta
11		rosado (rosa)
12		celeste (aqua)

Tabla 3.19. Código de colores Fibra Óptica.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Capacidad de los cables de Fibra Óptica.		
Aplicación	Capacidad	Tipo
Feeder	288, 144, 96 hilos	ADSS (solo 96 y 144 hilos) o ductos (G.652D)
Distribución y Distribución interna en urbanización	96, 72, 48, 24, 12, 6 hilos	ADSS o ductos (G.652D)
Distribución interna en edificios	48, 24, 12 hilos	Riser Ducto LSZH (G.657.A1 o G.657.A2)
Dispersión	1 o 2 hilos	ADSS o ductos (G.657.A1 o G.657.A2)

Tabla 3.20. Capacidad de los cables de fibra óptica.

FUENTE: Datos obtenidos de la página web “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

El cableado para una red de distribución óptica en urbanizaciones y las redes que la conforman (Feeder y distribución interna), se debe cumplir la norma ITU-T G.652D (características geométricas, mecánicas y de transmisión de fibras y cables monomodo) y el cableado para distribución y dispersión interna en edificios o industria, se debe cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2 (Características de las fibras y cables ópticos monomodo

insensibles a la Pérdida por flexión). Las identificaciones de los hilos del cable de fibra óptica están dadas en función de la Norma TIA/EIA 598 como se muestra en la Tabla 3.19.

3.5.1 DISEÑO DE RED FEEDER

La red Feeder, es necesaria para el despliegue de una red de distribución óptica, esta se define como la conexión principal o red troncal, esta conexión sirve para lograr el enlace entre el Distribuidor óptico principal (ODF), que se ubican en la central o nodo principal de telecomunicaciones y los armarios que son los centros distribuidores de la fibra (FDH).

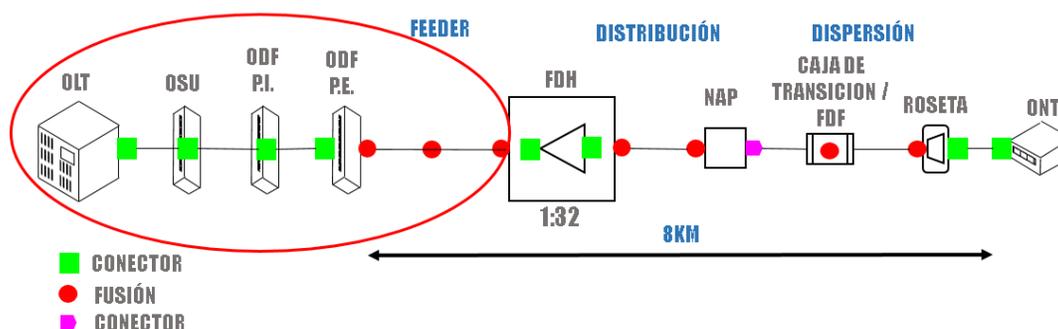


Figura 3.32. Red Feeder.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Para la distribución o cableado de la red Feeder, se la puede realizar por el método de tracción o de manera manual, como se menciona en la Tabla 3.20, la capacidad del cable Feeder es de 96, 144, 288 hilos de fibra óptica y el tendido puede ser canalizado o aéreo, y dependiendo de la topología que se pretenda realizar puede tener varias extensiones de cable Feeder, para la unión o conexión entre el armario óptico y la red Feeder es necesaria en varios escenarios una manga de empalmes para alojar las fusiones que se realicen.

3.5.1.1 ODF – DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA

El distribuidor de fibra óptica es utilizado generalmente en las conexiones de los cables entre los cuartos de telecomunicaciones, este distribuidor puede constituir empalmes, terminales, adaptadores, conectores y pigtails de fibra óptica, los distribuidores también pueden servir de protectores ya que albergan los componentes o elementos antes mencionados, las funciones del ODF dependen de los proveedores y el tipo de servicio que se vaya a brindar, aunque, usualmente tienen la misma arquitectura para la distribución.

Estos puntos terminales pueden ser tanto interno como externos ya que es el espacio de paso de la fibra para el interior y exterior, y dependiendo del servicio puede ser proveídos de conectores según el requerimiento (SC, FC, ST, LC), a través de estos elementos a nivel óptico es permitido la interconexión de los elementos activos y los elementos pasivos.

Las consideraciones que se debe tener en cuenta para la implementación o instalación de un ODF no solo se limitan a la estructura, es importante los factores de aplicación tales como:

- La cantidad de fibra, generalmente se usan distribuidores con 24, 48 o 144 puertos, esto se debe al aumento exponencial que se da en los lugares para conexiones por medio de fibra óptica, también se puede instalar distribuidores personalizados según el requerimiento o servicio.
- La manejabilidad, los distribuidores o dentro de ellos se debe tener un ambiente de gestión sencillo, como requisito se debe tener un fácil acceso, para la manipulación de los conectores para inserción o extracción, es decir se debe tener un espacio considerable para manejar los conectores y el código de colores para evitar conexiones erróneas.
- Protección, como se menciona anteriormente los distribuidores de fibra, albergan o protegen elementos pasivos para el transporte de información, estos elementos son sensibles según sus características es por ello por lo que al momento de colocar un distribuidor se debe considerar y garantizar que los elementos que estén dentro del mismo no sufran daños.

3.5.1.2 MANGAS DE EMPALE DE RED TRONCAL

Las mangas para redes troncales deben de ser de tipo domo, estas mangas sirven de protección para los empalmes de entre hilos de fibra, como característica importante estas mangas deben tener una capacidad de albergar 288 fusiones de fibras y permitir el alojamiento de bandejas porta splitter's, debe sellarse herméticamente, de manera que los elementos dentro de ella se mantengan aislados del ambiente externo que pueda afectarlas.

Las características que se debe considerar para la instalación de una manga de empalme en red troncal son:

- Diseño para uso externo, sellado hermético, material resistente a condiciones ambientales externas.
- Maga de base y tipo domo, con abrazaderas y sistema circular.
- 6 puertos para entrada y salida de cables hacia la red de distribución.
- 1 puerto para la entrada y salida del cable proveniente de la red Feeder.
- Placas internas o bandejas porta fusiones.
- Almacenamiento masivo de fibras y buffers.
- Sistema de anclado en poste o para tendido subterráneo.

3.5.2 DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN

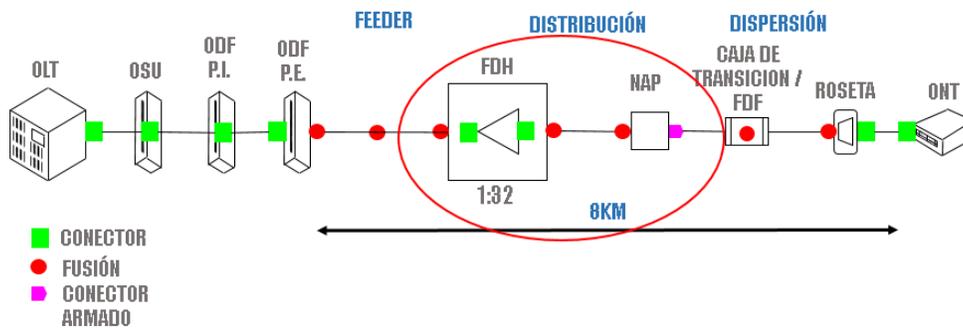


Figura 3.33. Red de Distribución.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

La red de distribución es el medio de transmisión óptica para la conexión física entre ONU y OLT. Su alcance es de 20 kilómetros o más. Dentro de una red de distribución, los cables de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares funcionan juntos. Este tipo o segmento de red tiene cinco secciones específicas: fibra alimentadora, punto de distribución óptica, fibra de distribución, punto de acceso óptico y divisor de fibra. La fibra alimentadora se extiende desde el marco de distribución óptica (ODF) en la sala de telecomunicaciones de la oficina central (CO) hasta el punto de distribución óptica para cobertura de larga distancia. La fibra de distribución distribuye fibra para el área desde el punto de distribución óptica hasta el punto de acceso óptico. Los divisores ópticos conectan puntos de acceso óptico a terminales (ONT), lo que permite la distribución de fibras ópticas a los hogares de los usuarios.

3.5.2.1 RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA EN URBANIZACIONES

La red de distribución en urbanizaciones une al armario de distribución o FDH, que es el elemento que aloja magas la cual contiene splitter's con las cajas de distribución o NAP's. donde residen los cables de fibra aéreos, murales, subterráneos y demás empalmes. Esta red comprende los cables de fibra óptica G.652D de tipo aéreo, canalizados o de murales con capacidad de 6 a 96 hilos de fibra, de acuerdo con los modelos.

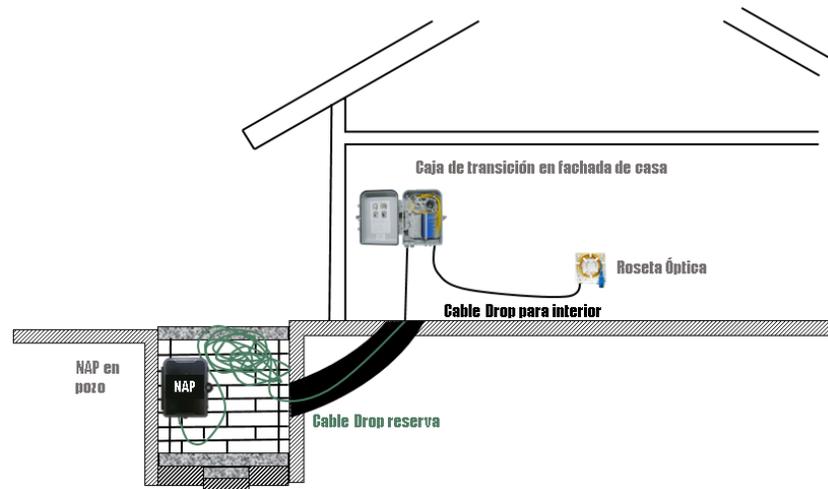


Figura 3.34. Red de Distribución interna en vivienda.

FUENTE: Imagen tomada de informe "Normativa de Red ODN CNT.EP".

3.5.2.2 RED DE DISTRIBUCIÓN INTERNA EN EDIFICIOS



Figura 3.35. Red de Distribución interna en edificio.

FUENTE: Imagen tomada de informe "Normativa de Red ODN CNT.EP".

La red de distribución en edificios se utiliza los cables según en estándar G.657.A1 o cable riser este proviene desde la FDB o caja distribuidora de fibra óptica y llegan a los distribuidores de piso, estos se ubican en escalerillas o ductos internos dentro de la infraestructura o área de comunicaciones, esto lo realiza mediante elementos como NAP's.

3.5.3 DISEÑO DE RED DE DISPERSIÓN

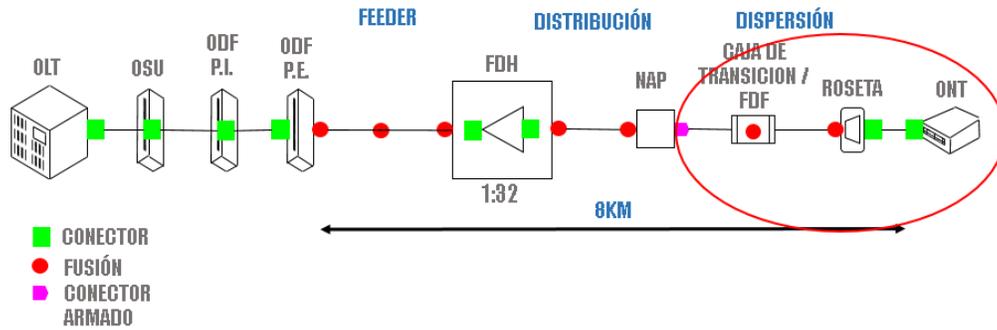


Figura 3.36. Red de Dispersión.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

El segmento o red de dispersión es aquel que proviene de la NAP en el caso que sea una distribución masiva o FDF que es el distribuidor de piso en caso de que sea un edificio, hasta la roseta del cliente dentro del piso o vivienda, también para el diseño de red de dispersión si es necesario se utiliza una caja de transición para el cable Drop exterior a interior. Las redes dispersivas usan cables de conexión directamente desde el FDB o NAP a la salida óptica cuando está permitido de manera constructiva. Este tipo de cable tiene 2 fibras y debe cumplir con el estándar G.657.A1/A2, estas instrucciones proporcionan pautas generales para la instalación comenzando con el último elemento o guirnalda óptica en la casa del cliente, donde termina la red de dispersión.

Para definir el área de influencia de una NAP, generalmente se considerará una ocupación del 80% y un 20% para ampliación de la capacidad total de las NAP normalizadas u homologadas por la CNT E.P. Se debe procurar que la red de dispersión no sobrepase los 100 metros de distancia. En el caso de que por razones de ubicación de clientes se necesite longitudes de cable Drop que superen los 100 metros, se debe considerar aspectos como: presupuesto óptico, cruces de calle y distancia entre postes. No se deberá cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico con cables de acometida aéreos, en este caso se deberá instalar una NAP al otro lado de la vía principal. [32]

3.5.3.1 RED DE DISPERSIÓN EN URBANIZACIONES

Para este tipo de red se puede observar la *Figura 3.34*, sobre la distribución interna en viviendas, este segmento de red comprende al cable que proviene de la caja de distribución óptica, hasta la roseta, a esta red de dispersión se la puede dividir en dos secciones o tramos que son definidos por el cable Drop, tanto para exterior como el interior.

3.5.3.2 RED DE DISPERSIÓN EN EDIFICIOS

Para este tipo de red se puede observar la *Figura 3.35*, sobre la distribución interna en edificios, este tipo de red comprende o se constituye de los cables de fibra óptica exclusivos para tendido en infraestructura interior y parte desde el distribuidor de fibra óptica de piso hasta las rosetas ópticas ubicadas en las diferentes áreas de trabajos en el edificio.

3.6 MODELOS DE RED GPON

GPON (Gigabit Passive Optical Network) se describe como una red de acceso de fibra óptica flexible capaz de soportar una amplia gama de requisitos para servicios comerciales y empresariales, con una velocidad nominal de 2,4 Gb de bajada y 1,2 Gb de subida. GPON es menos rentable que las redes punto a punto, es decir, tiene menor costo. En el acceso óptico de última milla, esto significa mucho más que costos atractivos, lo que le permite satisfacer una mayor demanda de sus servicios y satisfacer la demanda latente que sus necesidades de banda ancha aún no han satisfecho.

En el proceso de transmisión óptica para un sistema de red de acceso local (LAN), puede ser activo o pasivo, con una arquitectura o topología de red de punto a punto o punto a multipunto, las arquitecturas de red que se emplean para un despliegue de red GPON dependerán del servicio que se requiera en el sector o área determinada (FTTH, fibra óptica hasta el hogar), (FTTB/C, fibra óptica hasta edificios / acometida), (FTTCab, Fibra óptica hasta el armario).

Para esta sección se emplearán criterios básicos de diseños en redes GPON, para los diferentes escenarios a los que se orienta los modelos didácticos de planta interna de fibra óptica, en diferentes escenarios de interés:

- Modelos multiacceso.
- Modelos Corporativo / Edificios (10 pisos).

- Modelo parque industrial (Campus).
- Modelos Radio Base 3G / 4G.

3.6.1 MODELO MULTIACCESO

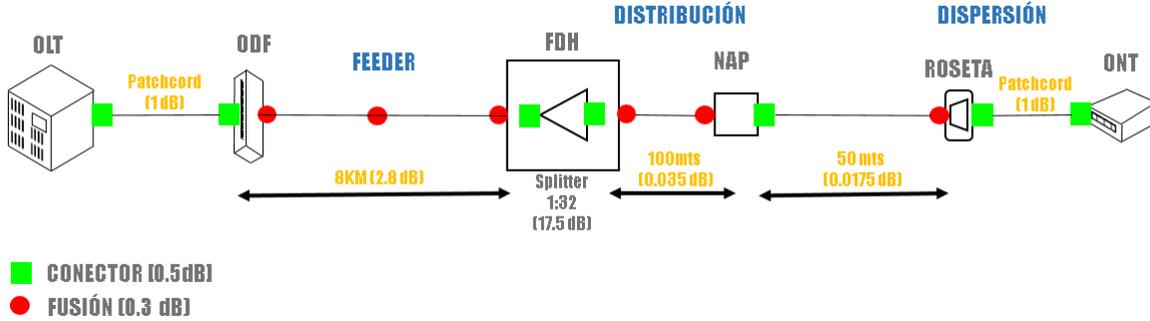


Figura 3.37. Modelo de Red Multiaccesos GPON.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

En el Modelo de red multiacceso se constituye de la red de alimentación Feeder, llegando al distribuidor de fibra principal (FDH) que contiene un splitter de 1:32 hilos, luego recorre 100 mts hasta la Nap o caja distribuidora, esto comprende el segmento de distribución del modelo de red, para lograr la conexión con la roseta y el terminal de red óptico de los abonados y ofrecer el servicio según sea el requerimiento.

3.6.2 MODELO CORPORATIVO / EDIFICIOS (10 PISOS)

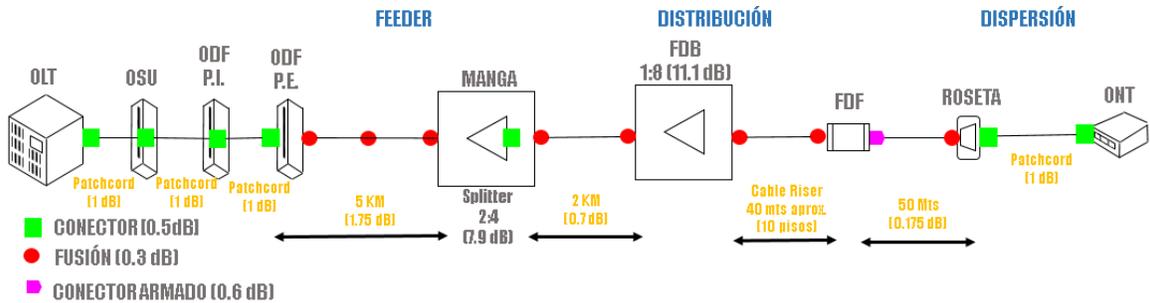


Figura 3.38. Modelo de Red Corporativo / Edificios (10 Pisos) GPON.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

La red Feeder o de alimentación de los modelos de red, no va a modificarse dependiendo de los requerimientos que se tenga, el diseño de modelo corporativo / edificios de una red GPON, en el segmento de red de distribución parte desde la manga porta splitter, que recorre 2 km hasta la caja de distribución (FDB) en el exterior, luego se conecta a el

distribuidor de piso (FDF), mediante el cable para tendido interior (Riser), se podría decir que se completan 2 niveles de spliteo, para llegar a los puntos o terminales finales.

3.6.3 MODELO PARQUE INDUSTRIAL (CAMPUS)

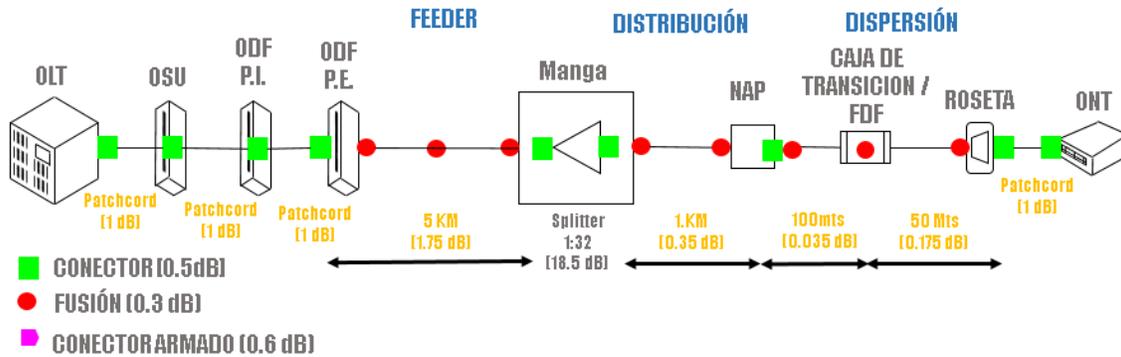


Figura 3.39. Modelo de Red Parque Industrial (Campus) GPON.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Para un modelado de red GPON en un campus La red Feeder o de alimentación de los modelos de red, se mantiene al igual que el resto de los modelos de red, en la red de distribución parte de una manga porta splitter, para el despliegue de la red, llegando a una NPA (Caja distribuidora) y recorre 100 mts de distancia hasta llegar al distribuidor de piso o caja terminal para conectarse con la roseta para finalmente brindar el servicio al abonado o cliente.

3.6.4 MODELO RADIO BASE 3G / 4G

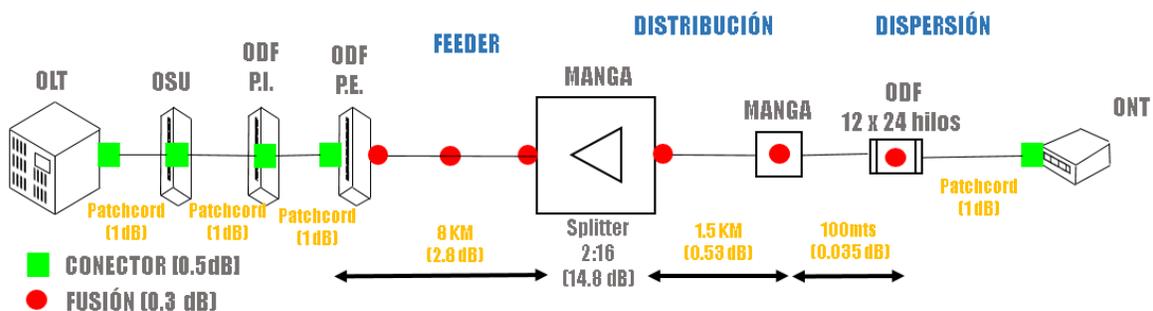


Figura 3.40. Modelo de Red Móvil 3G/4G GPON.

FUENTE: Imagen tomada de informe “Normativa de Red ODN CNT.EP”.

Para el modelo de Red de radio base 3G / 4G, la red de alimentación se mantiene como la mayoría de modelos de Red GPON, en el segmento de distribución, parte desde la

manga de empalme que contiene a un splitter de 2 a 16 hilos, y recorre 1.5 Km hasta la manga de distribución, la manga de empalme se debe ubicar de manera estratégica para considerar a varias radio bases, en la manda de distribución se recorre 100 mts hasta el distribuidor de fibra que permitirá llegar hasta al ONT de los clientes. .

3.7 IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS DE PLANTA INTERNA

Para el proceso de instalación o tendido de los cables de fibra óptica y sus elementos auxiliares, se pueden clasificar en diferentes aspectos o trabajos, para ello se pueden emplear distintos métodos, que son complementados con el desarrollo de la instalación. Es importante tener los equipos o elementos necesarios para realizar los procesos para tendido, o instalaciones de fibra óptica en una red. En la siguiente sección se tratará los temas sobre elementos que se utilizaron para lograr los empalmes, fusiones, protecciones, tratamiento de la fibra y enlace mediante medios pasivos.

De carácter general, para la implementación de los módulos didácticos de fibra óptica para planta interna se tendrá en cuenta aspectos como:

- Replanteos del diseño: en el tendido, empalmes o conexionado de la fibra que se realice, se realiza un estudio previo de las topologías de red a simular, que aporten con necesidades o requerimientos en una red de aspecto real.
- Ubicación, número y tipo de empalmes que se realicen, ya que esto influirá en el presupuesto óptico necesario en una red GPON.
- Maquinaria o elementos necesarios para realizar el tendido del cable.
- Medidas de seguridad y metodología de la instalación.

3.7.1 PELADORA DE FIBRA ÓPTICA

El elemento conocido como “peladora” se utiliza para eliminar el acrilato de 250 um presente en el haz de fibras, este proceso se logra debido a una ranura y dos ranuras adicionales con definidas funciones, todas las ranuras tienen forma de "V" para eliminar recubrimiento de 125 um y protecciones de 2 a 3 mm está presente en puentes y pigtails. Estas protecciones se eliminan para empalmes de fibra a fibra, de fibra a pigtail o de fibra a Patch, incluso en conexiones de patchcord y pigtail de fibra.



Figura 3.41. Pinza Peladora de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Arpatel”.

Las características de este elemento son:

- La ranura principal o de mayor tamaño, se utiliza para remover la cubierta de la chaqueta de 1.6 – 3 mm, para exhibir al buffer de 600 – 900 μm .
- La segunda ranura sirve para extraer la cubierta del buffer de 600 – 900 μm y exponer el recubrimiento de 250 μm .
- El ultimo orificio o ranura se utiliza para quitar el revestimiento de 250 μm , para dejar al descubierto el revestimiento de fibra 125 μm .
- Con el apropiado uso la fibra no sufrirá daños. }
- Las superficies o ranuras de la peladora se fabrican con la tolerancia obligatoria para lograr superficies lisas y limpias.
- Mango ergonómico para fácil agarre.
- Posee un bloqueo para que la herramienta permanezca cerrada cuando no está en uso.

3.7.2 CORTADORA DE PRECISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

Este dispositivo mecánico es utilizado generalmente para el corte preciso de las puntas de fibra óptica (cabe recalcar que la fibra debe ser tratada y limpiada antes del proceso), en la sección del corte de la fibra, dicho proceso debe ser lo más plano y perpendicular posible a la fibra óptica, además de estas cortadoras existen otros modelos que hacen posible el corte a diferentes ángulos.



Figura 3.42. Cortadora de Precisión de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Sincables”.

La calidad de corte que se realiza en este tipo de dispositivo se basa en los siguientes parámetros:

- Lo plano que resulte el corte de la superficie de la fibra.
- El margen de error que tenga el ángulo de corte con referencia a los 90°.
- Con que frecuencia la cortadora quiebra las fibras.
- Vida útil y comodidad de uso.

3.7.3 FUSIONADORA DE FIBRA ÓPTICA

Una fusionadora de fibra óptica es un dispositivo o maquina electromecánica de precisión que es usada para el empalme de dos extremos de fibra óptica previamente tratados y cortados, la fusión de fibras se puede realizar en dos escenarios ya sea en un despliegue o tendido de red o en el mantenimiento de una ruta de red óptica ya establecida.



Figura 3.43. Fusionadora de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Sincables”.

Es de vital importancia que tanto la cortadora como la fusionadora sean de precisión para tener un rendimiento óptico y un resultado favorable, ya que las pérdidas se reducen al mínimo y así el empalme es resistente y duradero.

El proceso para realizar la fusión comprende en fundir los dos revestimiento o extremos de la fibra mediante la exposición de los extremos a una fuente de calor, esta fuente la producen 2 electrodos que generan un arco eléctrico, cuando se les aplica una alta tensión de 4000 a 5000 V.

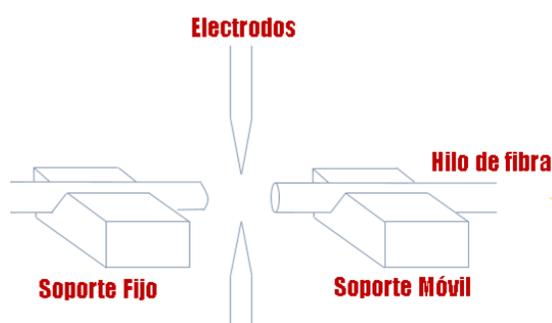


Figura 3.44. Fusión de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

3.7.4 PELADORA LONGITUDINAL DE FIBRA ÓPTICA

Esta herramienta tiene el objetivo de extraer la cubierta externa de los cables de fibra óptica de 6 a 12 mm, sin dañar a los hilos de fibra que contiene, este elemento se compone de una perilla para poder ajustarse a los diferentes tamaños de los cables de fibra, fabricado de acero tratado térmicamente y cuenta con navajas de gran precisión. Esta herramienta se utiliza en los procesos de sangrado de fibra óptica, es decir, es usado para extraer los hilos de fibra, de un cable holgado sin necesidad de hacer un corte transversal o truncar la continuidad.



Figura 3.45. Fusionadora de Fibra óptica.

FUENTE: Imagen tomada de la página web "Fibremex".

Las características de esta herramienta son:

- Apertura en “V”.
- Mango ergonómico para agarre sencillo.
- Navajas con perilla ajustable.
- Diámetros de cable de 6 – 12 mm.

3.8 ELEMENTOS PARA MEDICIONES EN REDES ÓPTICAS

En los apartados anteriores se detalla la estructura o elementos de los que está compuesta una ODN (Red de distribución óptica), en resumen, comprende el conjunto de todos los elementos pasivos que permite la conexión entre el equipo terminal (ONT) con la central local, recorre desde el domicilio del abonado, y los segmentos de red (dispersión, distribución y Feeder), el tendido de la red puede ser de forma aérea o subterránea, a lo largo de todo este recorrido y los elementos pasivos conectados, fusionados y empleados en el tendido de la red tanto activos como pasivos, se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, es por ello, indispensable el uso de equipos de mediciones de atenuaciones, pérdidas o detección de fallas al momento de realizar la fusión, tendido, empalme, instalación o mantenimiento de una red o segmento de red.

3.8.1 MINI – OPM (VFL)

El medidor de potencia óptica portátil, se utilizan principalmente para la medición continua de la potencia de la señal óptica, la prueba de pérdida de enlace de fibra óptica y la prueba de encendido de la línea de fibra óptica.

Este dispositivo está controlado por un microprocesador de un solo chip con funciones completas. Es ampliamente utilizado en la instalación y mantenimiento de cables ópticos, comunicación de fibra óptica, corte de cables ópticos, CATV óptico y otros campos, como redes FTTH y estructuras de red PON – GPON, etc. El diseño del fuselaje cumple con los requisitos para que sea de sencillo agarre y manipulación, adopta tecnología avanzada de moldeado termoplástico, que es resistente y duradero.



Figura 3.46. Estructura de Mini-OPM

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Botón ON /OFF: un pulso de corto tiempo puede encender y apagar el dispositivo.

Botón LIGHT: presione brevemente para encender la luz de fondo, se presiona el botón en un periodo largo de tiempo se acción la emisión de luz roja o laser, fuente de luz de 650 nm.

Botón dB: Al presionar brevemente este botón, se puede realizar la prueba de potencia óptica relativa (prueba de pérdida de inserción) o la prueba de potencia absoluta. Después de ingresar al modo de prueba de potencia relativa, la pérdida de inserción (dB) se muestra en la segunda línea de la pantalla.

Botón de REF: presione esta tecla para configurar la potencia óptica concurrente como un valor de referencia e ingrese al modo de prueba de potencia óptica relativa (prueba de pérdida de inserción). la segunda línea de la pantalla mostrará el valor de referencia establecido, y la tercera línea mostrará el valor de potencia relativa (pérdida de inserción dB).

Botón de Longitud de onda: Se pueden seleccionar ocho longitudes de onda de prueba diferentes, 1310, 1550, 1490, 1625, 1650, 850, 1300 y 980, y la longitud de onda de prueba seleccionada se muestra en la parte superior de la pantalla.

Botón de LED: enciende o apaga el led (linterna) del dispositivo.

Las especificaciones técnicas de este medidor óptico son:

OPM		
Rango de Onda	800 nm ~ 1700 nm	800 nm ~1700 nm
Conector	Universal FC/SC/ST	Universal FC/SC/ST
Tipo de detector	InGaAs	InGaAs
Rango de poder	-70 dBm ~ +6 dBm	-50 dBm ~ +26 dBm
Estimación de incertidumbre	± 5%	
Longitud de onda estándar	850 / 980 / 1300 / 1310 / 1490 / 1550 / 1625 / 1650	
Resolución de Pantalla	Pantalla lineal: 0.1%, Pantalla logarítmica: 0.01 dBm	
VLF (Opciones)		
Onda	650 nm ± 30 nm	
Potencia de Salida	2 mW / 10 mW / 20 mW / 30 mW / 50 mW	
Modo	CW / 1Hz / 2 Hz	
Conector	Universal FC/SC/ST	
Otros		
Fuente de alimentación	2 pilas AAA / Baterías de litio recargables	
Apagado automático	10 minutos.	
Horas de trabajo continuas de las baterías	≥ 72 horas (Función OPM)	
Temperatura de operación	-10 °C ~ + 50 °C	
Temperatura de almacenamiento	-40 °C ~ + 70 °C	
Humedad relativa	0 ~ 95% sin condensación	
Tamaño	112 mm x 66 mm x 30 mm	
Peso	140 g / 150 g	

Tabla 3.21. Especificaciones de Mini-OPM.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Las características de este medidor óptico son:

- Soporte de iluminación y pantalla negra.
- Soporte de apagado automático.
- Admite la función de memoria de longitud de onda.
- Soporte de identificación de frecuencia.
- Calibración del usuario (valores de referencia).
- Emisor de luz roja (Constante y Parpadeante).
- Compatible con interfaz SC/FC/ST.
- Admite fuente de alimentación externa como puerto de carga, computadora, etc.
- Permite visualización simultánea lineal (mW) y no lineal (dBm).
- Compatible con pruebas RJ45.
- Periodo de trabajo de 72 horas.

3.8.2 POWER METER (PON) – KPN-35

Las especificaciones técnicas de este medidor óptico son:

MODELO	PON		
Longitud de onda de medición	1310nm	1490nm	1550nm
Tipo de sensor	InGaAs		
Linealidad	$\pm 0.2\text{dB}@1550\text{nm} \geq -40\text{dBm}$		
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~+50C		
Humedad relativa	0%~95%RH		
Tipo de conector	SC/UPC (Otros conectores son opcionales)		
Fuente de alimentación	3 pilas AA		

Tabla 3.22. Especificaciones técnicas de PON-KPN-35.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Para calcular el balance de un enlace, o medir pérdidas totales en el tendido de una red de fibra óptica, se deben considera las pérdidas que se mencionan en el capítulo dos de la documentación realizada, este dispositivo se utiliza para realizar mediciones o pruebas de red PON FTTx, generalmente el dispositivo muestra valores de mediciones para señales de voz datos y video, en las diferentes arquitecturas de red tales como, (BPON / EPON / GPON), es decir, realiza mediciones simultaneas de (1490, 1559 y 1310 nm).

Por las características del dispositivo es eficiente y óptimo para mediciones en canales de subida y bajada dependiendo del servicio impartido, en el canal de subida, es decir del Ont a la central se empleará la longitud de onda de 1310 nm y para el canal de bajada si es servicio

de voz, datos o video, es decir del OLT al usuario, se empleará una longitud de onda de 1490 nm o 1550 nm.



Figura 3.47. Medidor de potencia óptica KPN-35

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Fusionadora”.

3.9 ESTÁNDARES Y NORMAS PARA PLANTA INTERNA GPON

Las redes ópticas se están abriendo paso expandiéndose en diferentes áreas ya sea de urbanización, de escasa población o corporativos, en diferentes niveles, red troncal, distribución y dispersión, debido a esto se generan incógnitas para el diseño, métodos y técnicas de tendido para la implementación de las redes, así como su respectivo mantenimiento, es por ello, que para el diseño e implementación de una red óptica pasiva se debe tener en cuenta el sector, costo y certificación.

Por lo que es necesario detallar los procesos de estandarización y especificaciones definidas para determinar la calidad y capacidad de un diseño de red.

3.9 ESTÁNDARES Y NORMAS PARA PLANTA INTERNA GPON

Las redes ópticas se están abriendo paso expandiéndose en diferentes áreas ya sea de urbanización, de escasa población o corporativos, en diferentes niveles, red troncal, distribución y dispersión, debido a esto se generan incógnitas para el diseño, métodos y técnicas de tendido para la implementación de las redes, así como su respectivo mantenimiento, es por ello, que para el diseño e implementación de una red óptica pasiva se debe tener en cuenta el sector, costo y certificación.

Por lo que es necesario el detallar los procesos de estandarización y especificaciones definidas para determinar la calidad y capacidad de un diseño de red.

3.9.1 NORMA ITU-T G.984

La norma ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6), es una recomendación extensa y muy compleja que no solo ayuda a tomar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, sino también proporciona un criterio amplio que busca optimizar los recursos como elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción. [34]

Norma ITU-T G.984				
ITU-T G.984.1	Características Generales.	<ul style="list-style-type: none"> Arquitectura del sistema OAM Tipos de interfaz: servicio, usuario Alcance lógico 	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de servicio Tasa física de transmisión y recepción Rendimiento del sistema 	
ITU-T G.984.2	Medios Físicos dependientes	Parámetros Class B+ Potencia óptica máxima Potencia óptica mínima Sensibilidad mínima Potencia óptica mínima de sobrecarga	ONT + 5 dBm + 0.5 dBm -27 dBm -8 dBm	OLT + 5 dBm + 1.5 dBm -28 dBm -8 dBm
ITU-T G.984.3	Convergencia de Transmisión.	<ul style="list-style-type: none"> Subcapas GPON TC Rango 	<ul style="list-style-type: none"> Formato de trama Seguridad Ancho de Banda Dinámico Operaciones, administración y mantenimiento. 	
ITU-T G.984.4	Gestion ONT, especificaciones de la interfaz de control.	<ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidad entre OLT's y ONT's de diferentes proveedores. 		
ITU-T G.984.5	Mejoramiento de banda.	<ul style="list-style-type: none"> Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación de filtro de longitud de onda en la ONT 		
ITU-T G.984.6	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	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 distancias a 40 Km. 		

Tabla 3.22. Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x).

FUENTE: Tabla tomada del artículo científico "GPON networks certification, standard ITU G.984.x".

3.9.2 NORMA ISO / IEC 11801

Distancias establecidas por la Norma ISO / IEC 11801	
Subsistema	Distancia
Horizontal	1500 mts
Vertical	500 mts (90 mts con cable UTP)
Campus	100 metros

Tabla 3.23. Distancias establecidas por la Norma ISO/IEC 11801.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Subsistemas establecidos por la Norma ISO / IEC 11801		
Subsistema	Definición	Característica
Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> Este sistema proviene o recorre los puntos de acceso al servicio de telecomunicaciones (información) del área de trabajo (WA) hasta el armario de telecomunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Topología en estrella para la distribución. Reasignación sencilla en áreas. Tendido de cable para voz y datos. Tipos de cableado: <ul style="list-style-type: none"> UTP. STP Fibra multimodo. Dos puntos de acceso por área de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> Categoría 3. Categoría 5 o Fibra.
Vertical	<ul style="list-style-type: none"> Proporciona conexión para 3 áreas definidas: <ul style="list-style-type: none"> Armario de telecomunicaciones. Cuarto de equipos Acometida. Consiste en las conexiones secundarias, y principales, además de terminaciones mecánicas y puentes ópticos para las conexiones de áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> Topología en estrella para la distribución. Tipos de cableado: <ul style="list-style-type: none"> Fibra monomodo. Conductores verticales. Cableado entre edificios.
Campus	<ul style="list-style-type: none"> Área física, permite la conexión entre edificios de un mismo campus. Permite el acceso de redes externas. Funciona como nodo central. Núcleo de comunicaciones - red local. 	

Tabla 3.24. Subsistemas establecidos por la Norma ISO/IEC 11801.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Este tipo de norma establece o especifica sistema de cableado genérico para tecnologías en telecomunicaciones de multipropósito, es decir, cableado estructurado que es usado en un rango extenso de aplicaciones.

- Análogas y telefonía ISDN (Red digital de servicios integrados).

- Estándares de comunicación de datos.
- Construcción de sistema de control.
- Automatización de fabricación.

Las características de la norma refieren al tipo de cableado en un campus o edificio:

- El estándar tiene el objetivo de ser usado en el ámbito comercial, debido a esto, puede consistir en uno o varios edificios en un campus.
- Estándar optimizado para tendidos de 3 Km de distancia y un área de 1 Km².
- Áreas de trabajo de entre 50 y 50.000 personas (Puede trabajar fuera de este rango.)
- Establece requerimientos mínimos para las prestaciones en los sistemas de cable estructurado. (vida útil de 10 años).
- Subsistemas de trabajo:
 - Principal o de campus.
 - Cableado vertical.
 - Cableado horizontal.
- Cada uno de estos subsistemas es administrado en el distribuidor correspondiente:
 - Distribuidor de campus (FDC).
 - Distribuidor de edificio (FDB).
 - Distribuidor de piso (FDF)

3.9.3 ESTÁNDAR ANSI / TIA 598-D

El estándar ANSI / TIA 598 –D, establece que los hilos de fibra individualmente dentro de un cable de fibra óptica deben ser identificados de forma única, en aspectos como color, unidad, grupo y la posición.

Se puede utilizar diferentes colores de trazado según lo establecido al estándar, cumpliendo el requisito que debe ser notable o perceptible en su manipulación. En los cables simplex o cables de una unidad, esa fibra puede permanecer natural, como se muestra en la tabla 3.32, de la posición 1 a la 12.

Posición	Color	Descripción	Posición	Color	Descripción
1	Azul	Azul	13	Azul con trazo negro	Azul con trazo negro
2	Naranja	Naranja	14	Naranja con trazo negro	Naranja con trazo negro
3	Verde	Verde	15	Verde con trazo negro	Verde con trazo negro
4	Marrón	Marrón	16	Marrón con trazo negro	Marrón con trazo negro
5	Gris	Gris	17	Gris con trazo negro	Gris con trazo negro
6	Blanco	Blanco	18	Blanco con trazo negro	Blanco con trazo negro
7	Rojo	Rojo	19	Rojo con trazo negro	Rojo con trazo negro
8	Negro	Negro	20	Negro con trazo blanco	Negro con trazo blanco
9	Amarillo	Amarillo	21	Amarillo con trazo negro	Amarillo con trazo negro
10	Violeta	Violeta	22	Violeta con trazo negro	Violeta con trazo negro
11	Rosa	Rosa	23	Rosa con trazo negro	Rosa con trazo negro
12	Aqua	Aqua	24	Aqua con trazo negro	Aqua con trazo negro

Tabla 3.25. Código de colores de la fibra óptica Estándar ANSI/TIA 598-D.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

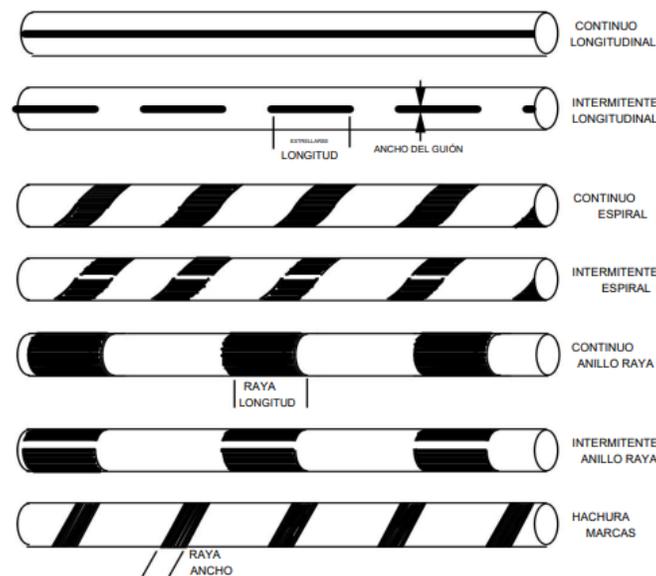


Figura 3.48. Métodos de Trazado.

FUENTE: Imagen tomada del artículo “Optical Fiber Cable Color Coding”.

Para cables o unidades que contengan dos hilos de fibra, estas deben ser discernibles, los esquemas de colores incluyen azul y naranja, azul o un color natural, natural y natural, y natural con trazado, el trazado no siempre debe ser negro.

Para trazadores longitudinales dobles, la cobertura circunferencial mínima recomendada del par de trazadores, incluido el espacio entre los trazadores, es de 1,5 mm o el 45 % de la circunferencia de la fibra o el tubo que se está rayando, lo que sea menor. La longitud de cada marcador y el espacio que separa los dos marcadores deben ser consistentes. Se acepta otra cobertura/espaciado siempre que proporcione una identificación única. Un

trazador doble también puede indicarse mediante un patrón de trazador longitudinal único con intermitencias dobles. [35]

3.9.3.1 CODIFICACIÓN DE COLORES DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERIOR

El cable óptico para interiores está diseñado principalmente para uso en interiores dentro de una estructura (vivienda, edificio comercial o industrial, etc.) para transportar señales de fibra óptica. El cable deberá cumplir con los requisitos correspondientes, para instalaciones particulares (cable plenum, cable riser o cable de uso general, según corresponda) y otros requisitos mecánicos y/o ambientales especificados para las aplicaciones previstas. Cuando se construye adecuadamente, el cable para interiores puede ser adecuado para aplicaciones exteriores limitadas. El cable para interiores normalmente consta de una o más fibras de tamaños de fibra especificados, recubiertas o recubiertas y amortiguadas hasta un diámetro especificado apropiado, y ensambladas en una de las siguientes configuraciones de tipo de cable. [35]

Tipo de Fibra	Color de chaqueta		
	Aplicaciones No Militares	Aplicaciones Militares	Nomenclatura
Multimodo (62.5/125) (TIA-492AAAA)			OM1
Multimodo (50/125) (TIA-492AAAB)			OM2
Multimodo (50/125) Optimizado con láser 850 nm (TIA-492AAAC) y (TIA-492AAAD)		---	OM3 (TIA-492AAAC) OM4 (TIA-492AAAD)
Multimodo (100/140)			100 / 140
Monomodo (TIA-492CAAA) y (TIA-492CAAB)			OS1 (TIA-492CAAA) OS2 (TIA-492CAAB)
Polarización manteniendo Monomodo		---	Indefinido

Tabla 3.26. Código de colores de la fibra óptica en interior.

FUENTE: Datos obtenidos del artículo "Optical Fiber Cable Color Coding".

3.9.4 ESTÁNDAR UL1666

Estándar UL 1666	CARACTERÍSTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere la prueba de llama ascendente UL 1666 cuando los cables se usan en tramos verticales en un eje que puede penetrar más de un piso. • Los cables probados se sujetan verticalmente en una cámara de prueba de tres pisos y se aplica una fuente de llama de 527 500 BTU durante 30 minutos. • Para pasar la prueba, los cables deben tener una altura máxima de llama de 12 pies y la temperatura del cable no debe exceder los 850 grados F.
-----------------------------	-----------------------	---

Tabla 3.27. Especificaciones Estándar UL1666.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.9.5 ESTÁNDAR NFPA 262

Estándar NFPA 262	CARACTERÍSTICA	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba para recorrido de llama y humo de alambres y cables para uso en espacios de manejo de aire (anteriormente UL 910) • Es una prueba de cable plenum con una fuente de llama de 300 000 BTU en una cámara de túnel de 25 pies durante 20 minutos. • Para pasar, un cable debe tener una propagación de llama de menos de 5 pies con densidad óptica (humo) de 0.15 y un valor máximo de 0.50.
------------------------------	-----------------------	---

Tabla 3.28. Especificaciones Estándar NFPA 262.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.9.6 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 568 B.3

El propósito del estándar es especificar los requisitos para los componentes y transmisión en una red o sistema elaborada por fibra óptica. Además de la calidad de transmisión por cable.

Estándar ANSI/TIA-568 B.3	
Especificación	característica
Cableado Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cableado: <ul style="list-style-type: none"> ○ 50 / 125 mm Multimodo ○ 62.5 / 125 mm Multimodo ○ Fibras Monomodo ○ Combinación de las anteriores • De cumplir estándares definidos por: ANSI / TIA / EIA.
Cableado de Planta Interna	<ul style="list-style-type: none"> • Para aplicaciones de fibra horizontal y centralizada: <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 y 4 cables de fibra. ○ Soportar un radio de curvatura de 25 mm sin carga. • Para aplicaciones en vías horizontales: <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 y 4 cables de fibra. ○ Soportar un radio de curvatura de 50 mm bajo carga de tracción menor a 222 N (50 lbf). • Dentro de la central todos los cables:

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soportar un radio de curvatura de 10 veces el diámetro del cable sin carga. ○ Soportar un radio de curvatura de 15 veces el diámetro cuando está por debajo del límite de carga nominal.
Cableado de Planta Externa	<ul style="list-style-type: none"> • Los cables OSP se canalizará y cumplir requisitos de flujo compuesto y penetración de agua. • El cable OSP <ul style="list-style-type: none"> ○ Soportar un radio de curvatura de 10 veces su diámetro sin carga ○ Soportar un radio de curvatura de 20 veces el diámetro cuando está por debajo del límite de carga nominal. • Resistencia a tracción mínima de 2670 N (600 lbf).
Cable DROP Acometida	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a tracción mínima de 1335 N (300 lbf).
Conexión de hardware	
Conectores y Adaptadores	<ul style="list-style-type: none"> • Color Beige para identificar a: <ul style="list-style-type: none"> ○ Conector multimodo. ○ Adaptador multimodo • Color Azul para identificar a: <ul style="list-style-type: none"> ○ Conector monomodo. ○ Adaptador monomodo
Conector 568SC	<ul style="list-style-type: none"> • Las posiciones de fibra en un conector y adaptador de este tipo se denominan posición A y B • Conector duplex formado por dos conectores tipo SC.
Caja de Salida	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo debe alojar 2 fibras ópticas. • Mantener seguro al cable de fibra óptica • Proporcionar un radio de curvatura mínimo de 25 mm
Patch Panel (Panel de Conexión)	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad para ser montados en bastidores, paredes o estructura estándar. • Proporcionar una terminación de alta densidad. • Gestión sencilla del cableado luego de la instalación. <ul style="list-style-type: none"> ○ Cableado de conexión cruzada. ○ Interconexión de equipos. ○ Identificación de cableado ○ Colores estándar para identificación de grupos de fibra. ○ Protección de cables, adaptadores y conectores. ○ Gestión ordenada. ○ Medios de acceso para pruebas e instalación.
Cableado Centralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Unión de cableado horizontal con cables principales al interior de un edificio. <ul style="list-style-type: none"> ○ Uso de conectores para la unión de red troncal y cables horizontales. ○ Unión de fibra individuales en pares. Organización y gestión. ○ Identificación y posición de la fibra. ○ Permite la eliminación o adición de ser necesario de cableado horizontal. ○ Almacenamiento de fibras no utilizadas como reserva. ○ Migración de empalme a conexión cruzada. ○ Proporcionar puntos de acceso para pruebas. ○ Protección de cables, adaptadores y conectores.

Empalme de Fibra óptica.	<ul style="list-style-type: none"> • No deben tener una atenuación de 0.3 dB • Pérdida de retorno mínima: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fibra multimodo: 20 dB. ○ Fibra monomodo: 26 dB. ○ Fibra monomodo CATV: 55 dB.
Patchcord.	<ul style="list-style-type: none"> • Un cable de 2 fibras. • Cables de uso para planta interna. • Cumplir requisitos de transmisión ANSI / TIA / EIA.
Equipos de mediciones	<ul style="list-style-type: none"> • Los dispositivos de pruebas de campo para cable multimodo deben cumplir con las normas ANSI / TIA / EIA – 525 -14- C. • Los dispositivos de pruebas de campo para cable monomodo deben cumplir con las normas ANSI / TIA / EIA – 526 -7 A.

Tabla 3.29. Especificaciones Estándar ANSI / TIA 568 B.3.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Fibra óptica Tipo de cable	Longitud de onda (nm)	Atenuación máxima (dB/Km)	Capacidad mínima de transmisión (MHz)
50/125 mm Multimodo	850	3.5	500
	13000	1.5	500
62.5/125 mm Multimodo	850	3.5	160
	1300	1.5	500
Monomodo Planta Interna	1310	1.0	N / A
	1550	1.0	N / A
Monomodo Planta Externa	1310	0.5	N / A
	1550	0.5	N / A

Tabla 3.30. Parámetros de Rendimiento de Transmisión ANSI / TIA 568 B.3.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

3.9.7 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 568 – D

El sistema de cableado estructurado o sistema de cableado estructurado (SCS) es un método de diseño e instalación de sistemas de cableado basado en un estándar que integra la transmisión de voz, datos y video. Evitar la congestión de la estructura del bastidor de esta manera proporciona un rendimiento predefinido.

Sus Objetivos:

- Las normas y estándares ayudan a facilitar la administración y detección problemas de comunicaciones.
- Ayuda a reducir costos de instalación y mantenimientos

- Ayuda a planificar ante una demanda futura de nuevos usuarios que necesiten estar incorporados a la red.
- Ayuda a ordenar equipos y encontrar usuarios dentro de la red.

Para el correcto diseño de un Backbone o troncal se requiere de estándares y normas fundamentadas a continuación.

- ANSI/TIA-568-D.0. Cableado genérico de Telecomunicaciones para locales de clientes.
- ANSI/TIA-568-D.1. Cableado de Telecomunicaciones para edificios comerciales.
- ANSI/TIA-568D.3. Componentes de cableado de fibra óptica.

Área o cableado	Definición	Especificación
Horizontal	Se define desde cada gabinete que encontramos en cada departamento o piso (WA) hasta el Closet de telecomunicaciones. Sus salidas deben ser derivadas a cada closet de telecomunicaciones (TC).	<p>Sus cables autorizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UTP (100W) siendo este rígido • Cables de dos pares STP (150W) • También pudiendo ser de 4 pares STP (150W) • Fibra óptica multimodo 62.5/124 una o de dos fibras.
Vertical	El Backbone definido como la interconexión entre dos closets de telecomunicaciones, en ellas podemos encontrar los cuartos de equipos y entrada de servicios pudiendo incluir el cableado entre edificios.	<p>Sus cables autorizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP de 100W para una distancia máxima de 700 mts. (VOZ) • Cable STP de 150 W para una distancia máxima de 800 mts. (VOZ) • Cable de fibra óptica monomodo y multimodo. De 62.5 mm/ 125um. (VOZ) • Para (DATOS) se conservan los 90 metros de cobre a 2000 metros o más en fibra.
Área de Trabajo (WA)	Comprende desde su armario de cada piso hasta el equipo de cada usuario. Es recomendable instalar un área de trabajo por cada 10 mts cuadrados con un mínimo de dos salidas por cada área.	

Tabla 3.32. Subsistemas establecidos en Estándar ANSI / TIA – 568 D.

FUENTE: Datos obtenidos de artículo “Estándar ANSI / TIA – 568 D”.

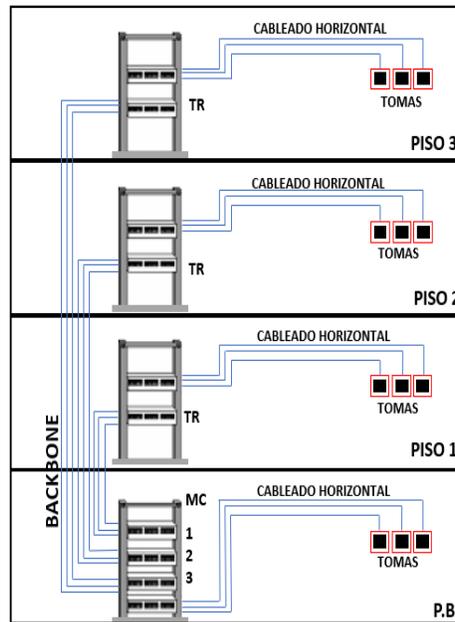


Figura 3.49. Cableado Estructurado.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Soportelan”.

3.9.8 ESTÁNDAR ANSI / TIA – 526 -7 A

El propósito de este estándar es garantizar el obtener datos significativos para describir el rendimiento de una red óptica en base a las mediciones de pérdidas en el cable de fibra óptica monomodo instalado ya sea el tipo de cable utilizado para el tendido de planta externa o interna. Para ello se establecen requisitos de mantenimiento, reparación y pruebas conforme a la instalación o topologías de red que se usen (GPON).

Este procedimiento se puede utilizar para medir la pérdida óptica entre dos puntos conectados pasivamente, incluidas las terminaciones finales, de una planta de cable de fibra óptica monomodo. La planta de cables de fibra óptica, como se usa el término aquí, puede constar de cables de fibra óptica, conectores, paneles de montaje, cables puente y otros componentes pasivos, pero no puede incluir componentes activos. En el estándar ANSI / TIA – 526, se describen dos métodos para medir la pérdida en los tendidos de planta interna o externa, el método A utiliza equipo de medición de potencia óptica (Power meter). El método B utiliza un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR). El método B proporciona una estimación indirecta de la pérdida de la red de cables y, aunque es posible realizar la calibración, por lo general, se pueden obtener valores más precisos o fiables

utilizando el Método A. Si los valores obtenidos por el Método A y el Método B difieren entre sí, los resultados del método A se aceptarán como correctos. El método B no se recomienda para plantas de cables que contengan dispositivos de ramificación y/o aisladores. Todas las pruebas realizadas en sistemas de comunicación de fibra óptica que utilizan un láser o LED en el equipo de prueba. [36]

Para iniciar el proceso de pruebas se utiliza una fuente de luz óptica que la puede ofrecer un equipo o medidor de potencia óptica o VFL, esta fuente se usa en el rango de longitudes de onda que utiliza el sistema en el que se realizara la pruebas, estas pueden ser (850nm, 1310nm, 1490nm y 1550 nm), la linealidad del medidor, el rango dinámico de longitud de onda en el que opere y la condiciones ambientales, deberán ser suficientes para obtener medidas exactas y precisas al momento de realizar las pruebas.

A menos que se especifique lo contrario, la fibra de los puentes de prueba o Test jumper's debe tener un diámetro de campo modal nominalmente igual al de la red de cables que se está midiendo. El puente de prueba deberá tener de 1 a 5 metros o 3,3 a 16,4 pies de largo y deberá contener fibras con revestimientos que eliminen la luz del revestimiento. Los conectores de los puentes de prueba deben ser de calidad suficiente para que tengan un efecto insignificante sobre el resultado de la medición. [36]

Según el estándar ANSI / TIA – 526 se especifican 3 métodos de medición para realizar pruebas en un cableado de planta interna o externa, que son:

- Método A.1 – Medición con un cable de puente de referencia.
- Método A.2 – Medición con dos cables de puente de referencia.
- Método A.3 – Medición con tres cables de puente de referencia.

El resultado de la medición del método A.1, será dado por los componentes o pérdidas de cableado, además de dos pérdidas de conexión, los resultados del método A.2, serán dados por las pérdidas de cableado en conjunto con una pérdida de conexión y los resultados del método A.3 serán dados por la pérdida de cableado únicamente.

3.9.8.1 MÉTODO A.1 – MEDICIÓN CON UN CABLE (PUENTE DE REFERENCIA)

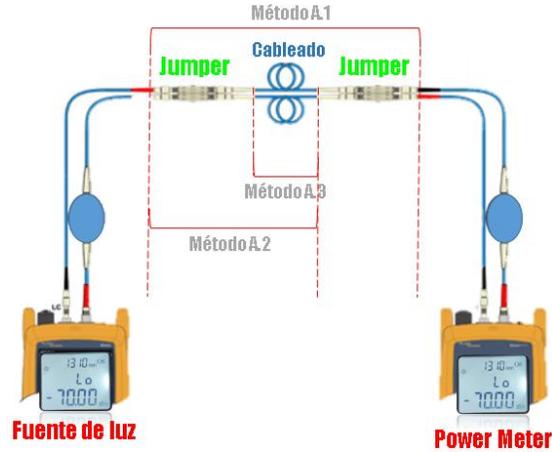


Figura 3.50. Métodos de Medición A.1, A.2 Y A.3.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Flukenetworks”.

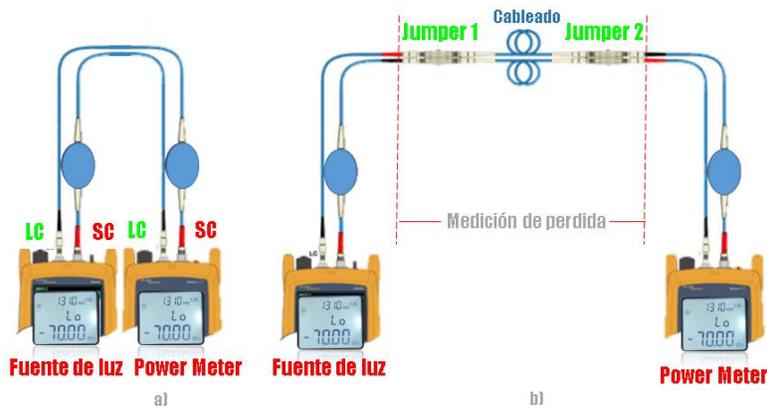


Figura 3.51. Método de medición A.1, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Flukenetworks”.

Lo primero que se debe realizar en el proceso de mediciones es tomar el valor de referencia, para ello, se conecta la fuente de luz que la puede proveer un medidor VFL (Mini-OPM), y se conecta al medidor de potencia, para registrar la potencia de referencia. Como se muestra en la Figura 3.51 a).

Luego se procede a realizar la medición con el cable insertado o conectado, para ello, se separa el cable o jumper de la conexión que tenga con el medidor de potencia, sin que se afecte la conexión con la fuente de luz, ni realizar curvaturas, dobleces o tracciones que perturben el valor al realizar las mediciones, luego se realiza la conexión entre el cableado

de la red con el jumper o cable puente 1 y en el otro extremo de la red, se conecta el jumper 2 para realizar las mediciones correspondientes como se muestra en la Figura 3.51 b)

3.9.8.2 MÉTODO A.2 – MEDICIÓN CON DOS CABLES (PUENTE DE REFERENCIA)

Para tomar el valor de referencia en este método, se debe colocar o conectar los 2 jumpers o cables puente entre la fuente de luz y el medidor óptico como se muestra en la Figura 3.52 a), y se hace el proceso de registro para las medidas posteriores.

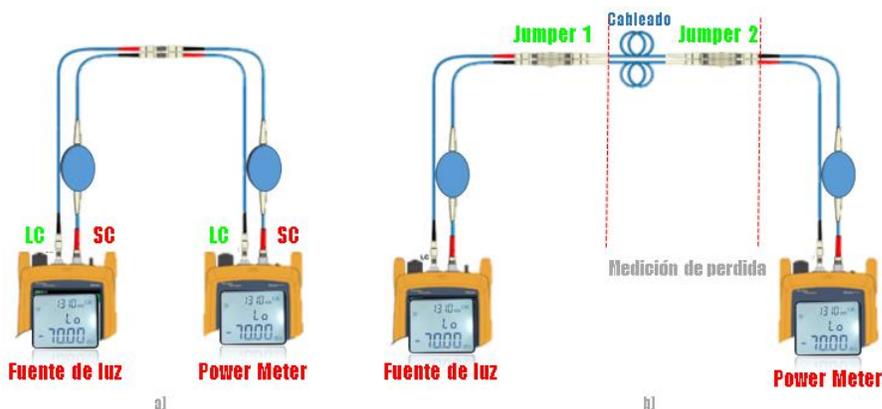


Figura 3.52. Método de medición A.2, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Flukenetworks”.

Luego se procede a realizar la medición con el cable insertado o conectado, para ello, se separa los dos cables o jumper’s de la conexión que tenga con el medidor de potencia, sin que se afecte la conexión con la fuente de luz, ni realizar curvaturas, dobleces o tracciones que perturben el valor al realizar las mediciones, luego se realiza la conexión entre el cableado de la red con el jumper o cable puente 1 y en el otro extremo de la red, se conecta el jumper 2 para realizar las mediciones correspondientes como se muestra en la Figura 3.52 b).

3.9.8.3 MÉTODO A.3 – MEDICIÓN CON TRES CABLES (PUENTE DE REFERENCIA)

Para tomar el valor de referencia en este método, se debe colocar o conectar los 2 jumpers o cables puente en los extremos, entre la fuente de luz y el medidor óptico y deberán unirse por un cable de puente o jumper 3 como se muestra en la Figura 3.53 a), y se hace el proceso de registro para las medidas posteriores.

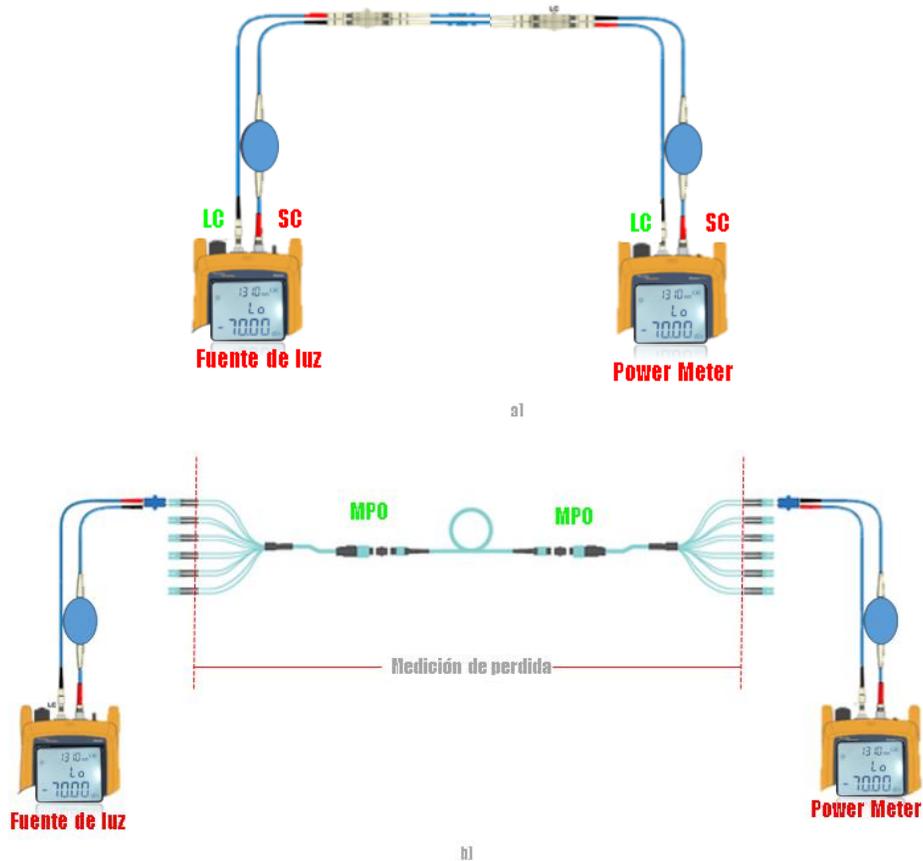


Figura 3.53. Método de medición A.3, según estándar ANSI / TIA 526 – 7.A.

FUENTE: Imagen tomada de la página web “Flukenetworks”.

Luego se procede a realizar la medición con el cable insertado o conectado, para ello, se separa los dos cables o jumper’s de la conexión que tenga con el medidor de potencia, es decir separa las conexiones del jumper 3, a la que se encuentra enlazados, sin que se afecte la conexión con la fuente de luz, ni realizar curvaturas, dobleces o tracciones que perturben el valor al realizar las mediciones, luego se realiza la conexión entre el cableado de la red con el jumper o cable puente 1 y en el otro extremo de la red, se conecta el jumper 2 para realizar las mediciones correspondientes como se muestra en la Figura 3.53 b).

3.10 PRESUPUESTO DE ATENUACIÓN ÓPTICA

El presupuesto óptico es el margen dinámico en un enlace de fibra óptica, es la diferencia entre la potencia que emite el transmisor y la sensibilidad del receptor, se lo mide en dB. El presupuesto óptico se encarga de determinar la cantidad de potencia óptica que se tiene disponible para que funcione un enlace sin que el servicio colapse. Por supuesto, se

tiene muy en cuenta las pérdidas que habrá en el camino entre el transmisor y el receptor.
[37]

Realizar el cálculo o presupuesto óptico es una de las primeras actividades que se debe realizar al momento del diseño de una red de fibra óptica, ya que este cálculo debe estar basado de acuerdo con los requerimientos del cliente y que satisfaga sus necesidades, las pérdidas que existan en la red, no debe superar el presupuesto óptico establecido.

Para realizar un correcto cálculo del presupuesto óptico se deben considerar parámetros que constituyen una red de fibra óptica (GPON), estos son:

- **Transmisor:** potencia de lanzamiento, temperatura de operación y vida útil (envejecimiento).
- **Componentes ópticos:** divisores, conectores y empalmes (Fusiones).
- **Cable:** Pérdida por curvatura, dobleces y efectos de temperatura.
- **Receptor:** sensibilidad del detector.
- **Otros:** seguridad, protección y mantenimiento.

Es preciso realizar el presupuesto óptico antes de realizar el tendido de red o implementación de esta, ya que esto garantizara que el tipo de sistema seleccionado sea afín a la topología de red estructurada.

Los elementos que estructuran a una red y que aportan a las atenuaciones o Pérdidas de una señal transmitida en dicha red son, los ODF's, la cantidad de conectores, fusiones, splitter's (niveles de spliteo, o número de puertos que este contenga) y el tipo de cable de fibra óptica (la atenuación depende de la longitud de onda en que opere). En una red de distribución óptica (ODN), se debe considerar los tipos de redes que la constituyen y los componentes dentro de dichas redes, como se ha especificado en apartados anteriores, se toma en cuenta a la red Feeder (red de alimentación), la red de distribución y la red de dispersión (acometida final o última milla), la atenuación máxima no debe superar los 25 dB, como lo especifica la Normativa técnica de Diseño de red ODN elaborada por la empresa CNT E.P, el nivel de atenuación establecido respeta los umbrales de trabajo de los equipos activos como el OLT y ONT, para lo que se tiene en cuenta el peor de los casos en cuanto al nivel de atenuación en que operan.

En el presupuesto óptico se considera la norma ITU-T G.984.2, en la cual se especifica que los equipos deben obedecer umbrales máximos y mínimos de potencia óptica entre el OLT y el ONT, estos valores se establecen en la *Tabla 3.34*, los equipos se mantendrán en funcionamiento así no alcancen el máximo de recepción óptica, pero se debe considerar que sufrirán averías a futuro.

Descripción	OLT	ONT
Potencia mínima de emisión	1.5 dBm	0.5 dBm
Potencia máxima de emisión	5 dBm	5 dBm
Potencia mínima de transmisión	-28 dBm	-27 dBm
Potencia máxima de transmisión	-8 dBm	-8 dBm

Tabla 3.34. Umbrales de Potencia OLT y ONT.

FUENTE: Datos obtenidos de artículo “TIA Fiber Optics Tech Constium”.

A continuación, se muestra valores de pérdidas que existen por defecto en el tendido de una red GPON, dentro de los espacios de telecomunicaciones, en el proceso de distribución y la acometida o puntos finales dentro de los domicilios o áreas donde se requiera el servicio de telecomunicaciones, estos valores refieren a elemento pasivos como conectores, fusiones, y ODF's, es decir, son valores referenciales, que aportan a la atenuación de una señal.

Elemento	Atenuación por Inserción
Fusiones	0.1 dB
Conectores	0.5 dB
ODF	0.5 dB

Tabla 3.35. Atenuación por inserción de elementos pasivos.

FUENTE: Datos obtenidos de artículo “TIA Fiber Optics Tech Constium”.

Es necesario tener conocimiento de los elementos que se utilizara a lo largo del tendido de la red GPON y la distancia máxima (esta distancia no debe ser mayor a 20 Km) que exista entre los equipos de la central (OLT) y lo equipos terminales (ONT), el resultado de cálculo de atenuación óptico no debe ser mayor de 28 dB, ya que se considera un umbral de 3 dB según las especificaciones del estándar ITU-T G.984.2.

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

Ecuación 11. Presupuesto de Atenuación Óptica.

La Ecuación.11 se la puede representar a modo de tabla donde se detalla de manera más específica los elementos de la red de fibra óptica, con el objetivo de tener organización sobre la cantidad de fusiones, conectores y splitter's, que se utilicen a lo largo del tendido de la red de distribución óptica (ODN), la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES**, no ofrece un ejemplo detallado sobre el presupuesto óptico con elementos e información en base al estándar ITU-T G984 y ANSI / TIA 526-7 A, con varios ejemplos sobre el modelado de redes GPON, en la Tabla 3.36 se muestra el cálculo de presupuesto óptico de un Modelo corporativo / Edificios Figura 3.38.

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT	PÉRDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB (Unidad)		7	0,50	3,50
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		8	0,10	0,80
Empalmes mecánicos ITU-751=0.1 dB promedio			0,20	0
Conector mecánico armado en campo		1	0,60	0,60
Splitter	1x2		3,25	0
	1x4		6,50	6,50
	1x8	1	9,75	9,75
	1x16		13,00	0
	1x32		16,25	0
	1x64		19,50	0
	2x4	1	7,90	7,90
	2x8		11,50	0
	2x16		14,80	0
	2x32		18,50	0
	2x64		21,30	0
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	7	0,35	2,45
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				25,00

Tabla 3.36. Presupuesto óptico de Modelo de Red Corporativo.

FUENTE: Datos obtenidos de informe "Normativa de Red ODN CNT.EP".

3.11 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.11.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El proyecto realizado se basa en el proceso de diseño de módulos didácticos e implementación de redes ópticas pasivas de Planta Interna, donde se pueden verificar y

utilizar equipos pasivos para transporten y acoplamiento de una red, es decir, se considera los equipos necesarios, topologías de red, protección, capacidad y especificaciones a detalle para el diseño de redes GPON y FTTx, para ello, se realizó un estudio previo sobre el proceso de diseño, tendido o despliegue y características que tenga una red de Planta interna y redes que operen con fibra óptica, esto con el fin de beneficiar a los estudiantes simulando un ambiente real a través del modelado de arquitecturas de red, empleadas en el ámbito profesional para la instalación, procesos y mantenimiento de las redes de fibra óptica.

Las redes o diseños de módulos se fundamentan con la aplicación de estándares o recomendaciones que certifican, el diseño y despliegue de infraestructura de una red de fibra óptica GPON, para lo que se empleó el estándar (ITU-T G.984.x) que especifica características generales, parámetros entre el punto óptico inicial y el terminal óptico de la red, además de los alcances de red, y normas como la ISO / IEC 11801 y ANSI/TIA-568-D.(0,1) que especifica subsistemas o procesos de cableado tanto vertical como horizontal en el interior de nodos ópticos. También se emplea estándares o normas que especifican las características del cableado, codificación de colores y características de resistencia que debe tener la estructura de una red de Planta interna y los modelos de red empleados.

La propuesta técnica detallada tiene factibilidad, ya que las redes GPON, son compatibles con las tecnologías PON, las cuales evolucionan, con el fin de garantizar una velocidad de transmisión cada vez mayor en sus arquitecturas de red de acceso, y la fibra óptica es la tecnología que se utiliza y progresa actualmente para el tendido de estas redes, es por ello que los estudiantes se deben capacitar tanto de manera didáctica como teórica en el diseño, modelado, instalación, implementación y mantenimiento de tecnologías que operen con medios ópticos, que describen u ofrecen soluciones tecnológicas, para satisfacer requerimientos técnicos de nuevos servicios de telecomunicaciones y la modernización de equipos ópticos en ambos extremos de la red, pero manteniendo la compatibilidad con las tecnologías PON; los módulos elaborados, presentan estructuras, arquitecturas también componentes seleccionados de manera que los estudiantes puedan realizar prácticas y desarrollen habilidades que les serán útiles en el entorno laboral, adquiriendo así más destrezas y preparación.

3.11.2 COSTOS DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la propuesta técnica, se detalla el diseño e implementación de módulos didácticos de planta interna, con los componentes que se puntualizan en los apartados anteriores de este capítulo. La implementación de dichos tableros o módulos simularan Modelos de red GPON troncales para la comunicación o interconexión entre centrales que ofrecen servicios de telecomunicaciones. Para los modelos de red a implementar se basan en diferentes topologías como lo son anillo, árbol y enlaces de punto a punto, que permiten el despliegue de red, así como procesos de empalmado o fusiones, corte de la fibra óptica, protección de esta y mediciones de pruebas realizadas. Los costos del proyecto fueron financiados por los autores del proyecto, siendo así factible por los presupuestos que se especifican a continuación.

Para detallar el presupuesto o costo de implementación de los módulos didácticos, se divide el proceso de análisis de costos en 4 secciones, que se representan en:

- Equipos de medición de la red de distribución.
- Equipos de instalación y tratamiento de la fibra.
- Soporte de los módulos didácticos.
- Componentes de los Modelos de red.

Para los equipos de medición, se requiere de equipos capaces de realizar comprobaciones de potencia entre los extremos de la red o en la red de distribución, mediante la selección de ventanas o longitudes de onda en que se opere, los dispositivos óptimos para este proceso y sus características se especifican en el apartado 3.6, el costo de los dispositivos se detalla a continuación en la Tabla 3.37.

Descripción	Valor unitario	Cant.	Valor total
Mini-OPM (VFL)	\$ 50,00	4	\$ 200,00
Power Meter - KPN -35	\$ 180,00	1	\$ 180,00
	Subtotal		\$ 380,00

Tabla 3.37. Costos de Equipos de medición en red de distribución.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Para los equipos de tratamiento de la fibra y su instalación se tomó encuentra, los elementos necesarios para realizar los empalmes de fibra óptica mediante fusiones, y de igual

manera, los componentes necesarios para el tratamiento de esta antes del tendido, el costo de los dispositivos se detalla a continuación en la Tabla 3.38.

Descripción	Valor unitario	Cant.	Valor total
Fusionadora Furukawa 12s	\$ 180,00	1	\$ 180,00
Cortadora de Precisión para fibra óptica. CFS-3	\$ 25,00	1	\$ 25,00
Pinza Peladora de fibra Óptica CF-6S	\$ 5,00	1	\$ 5,00
Pelador ajustable de cubierta Optronics	\$ 10,00	1	\$ 10,00
Peladora Longitudinal Universal Optronics MTS01	\$ 10,00	1	\$ 10,00
Subtotal			\$ 230,00

Tabla 3.38. Costos de Equipos de Instalación y tratamiento de la Fibra.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Para la elaboración de los soportes o estructura se tomó en cuenta las dimensiones de los módulos didácticos, el material de la base, donde se colocaron los componentes de red y el posicionamiento dentro del laboratorio de telecomunicaciones, los costos de instalación y elaboración se detallan en la Tabla 3.39.

Descripción	Valor unitario	Cant.	Valor total
Tablero moldeado laminado blanco (1.20 x 0.70 cm)	\$ 45,00	3	\$ 135,00
Estructura metálica de soporte, con repisa (instalación)	\$ 27,50	3	\$ 82,50
Subtotal			\$ 217,50

Tabla 3.39. Costos de Soportes y tablero de Módulos Didácticos.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Para los modelos de red y elementos pasivos que se utilizaron en la constitución e implementación de los módulos didácticos se tuvo en cuenta la topología de red, el dimensionamiento de los tableros y elementos que se iban a alojar en los mismos, los detalles y componentes utilizados se detallan en la Tabla 3.40.

Descripción	Valor unitario	Cant.	Valor total
Charola de empalmes de cap. 24 fibras - Distribuidor	\$ 5,50	4	\$ 22,00
Charola de empalmes de cap. 24 fibras – cierre vertical	\$ 7,50	10	\$ 75,00
Mini – Manga Lineal de 6 - 12 hilos de fibra	\$ 22,40	1	\$ 22,40
Tubillos termo-fundentes para fusión 60mm x 100u	\$ 15,00	3	\$ 45,00
Adaptador SC/UPC	\$ 1,50	10	\$ 15,00
Adaptador SC/APC	\$ 1,25	8	\$ 10,00
Patchcord SM – Pulido SC/APC a SC/APC de 10 mts.	\$ 10,00	4	\$ 40,00
Patchcord SM – Pulido SC/UPC a SC/UPC de 10 mts.	\$ 11,60	6	\$ 69,60
Patchcord SM – Pulido SC/UPC a SC/APC de 10 mts.	\$ 12,50	2	\$ 25,00

Pigtails SC/APC	\$ 3,00	13	\$ 39,00
Pigtails SC/UPC	\$ 2,50	10	\$ 25,00
Mts. cable de fibra óptica SM ADSS de 24 núcleos	\$ 1,00	28	\$ 28,00
Subtotal			\$ 416,00

Tabla 3.40. Costos de componentes pasivos utilizados en Módulos Didácticos.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

En las 4 secciones se especifica a detalle los costos que tiene la implementación de la propuesta técnica que es:

Descripción	Valor total
Costos de equipos de medición.	\$ 380,00
Costos de equipos de tratamiento e instalación de la F.O.	\$ 230,00
Costos de Soporte y Estructura Base	\$ 217,50
Costos de elementos pasivos colocados en los módulos	\$ 416,00
Total	\$ 1.243,50

Tabla 3.41. Presupuesto Económico de Módulos Didácticos de Planta Interna.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

CAPÍTULO IV

4.1 IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una red GPON está conformado netamente de equipos pasivos, ya que día tras día las entidades en telecomunicaciones se encuentran migrando a esta nueva infraestructura. Está tecnología supera por mucho a la conmutación mediante conexión ethernet. La fibra óptica, representa bajos costos en mantenimiento y una alta tasa de transmisión de datos.

En este capítulo se analiza a detalle la implementación de los diferentes tableros de módulos didácticos, donde se hace referencia a un sistema de red planta interna y su uso en los diferentes medios de trasmisión de fibra óptica, además de los equipos pasivos para de esta manera entender porque la fibra óptica está revolucionando como una tecnología actual. Los beneficios y aportes favorecen a los laboratorios de telecomunicaciones que pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Los tableros de módulos didácticos de red GPON planta interna representan un proyecto de investigación y su implementación beneficiara al estudiante como futuro profesional a que sea participe de sus propios conocimientos, debatiendo ideas con el docente al desarrollar nuevos conceptos de solución de problemas que pueden llegar a surgir dentro de un ámbito laboral.

Los equipos o medidores PON, VLF ayudaran a determinar el tipo de Pérdida de potencia dentro de un despliegue de fibra óptica, su luz infrarroja que es emitida de un extremo del equipo, será medido en forma de potencia mediante otro equipo a diferentes longitudes de ondas, para que de manera el estudiante pueda saber dónde será necesario realizar una nueva fusión y donde será indispensable instalar un nuevo equipo de protección para dichos empalmes o distribuidor realizando nuevos despliegues de fibra óptica.

Para el diseño e implementación de los módulos didácticos se tomó en cuenta estándares o recomendaciones que permiten garantizar la calidad y el buen desempeño de estos:

- **Normativa ITU-T G.984.x:** Parámetros para certificar una Red FTTH GPON.

- **Normativa ISO/IEC 11801:** Sistema de cableado para Telecomunicaciones (Cliente).
- **Estándar ANSI/TIA 598-D:** Código de colores del cable de Fibra óptica.
- **Estándar ANSI/TIA 568-B.3:** Norma de Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.
- **Estándar ANSI/TIA 568-D:** Cableado Estructurado de telecomunicaciones para instalaciones del cliente.
- **Estándar ANSI/TIA 526-7 A:** Mediciones de Pérdida de potencia óptica de la planta de cables de fibra óptica monomodo instalada – método Power Meter “OPM”.

4.2 DISEÑOS ESTRUCTURAL DE LOS MODELOS DIDÁCTICOS

Para la implementación y modelado de los módulos de red planta interna se plantea dividirlos en dos partes:

- Diseño de los diferentes tipos de componentes utilizados para implementar nuestra red de planta interna, que simularan o representan elementos como ODF’S para la distribución dentro de una central, y nodos de proveedores de servicios, haciendo uso del software “SketchUp”.
- Diseño de una estructura metálica que servirá de soporte para alojar los diferentes tableros o módulos didácticos, además del diseño, la ubicación dentro del laboratorio de telecomunicaciones, haciendo uso del software para diseñar estructuras “3D en SketchUp”.

4.2.1 DISEÑO DE COMPONENTES - PLANTA INTERNA

Como se menciona anteriormente la simulación de los módulos, es exclusivo para diseños de red planta interna, es decir, constituye el bosquejo de elementos que se emplean dentro de esta red, conexión entre centrales, por tal motivo, no se toma en cuenta el modelado de red de distribución y dispersión.

En el diseño de los componentes, al igual que en la instalación se utilizaron elementos que simulan un dispositivo como lo es el ODF (Nodo central), para el proceso de distribución y funciones que este equipo cumple dentro de una central, también se modela componentes

que representen centrales dedicadas a proveer servicios de telecomunicación (Nodos primarios) y la protección de dichos enlaces (Manga lineal), de tal manera, que la manipulación en el tablero sea sencilla para realizar pruebas, mantenimiento o nuevas ramificaciones de red si se desea (prácticas).

4.2.1.1 DISEÑO DE NODOS CENTRALES - ODF

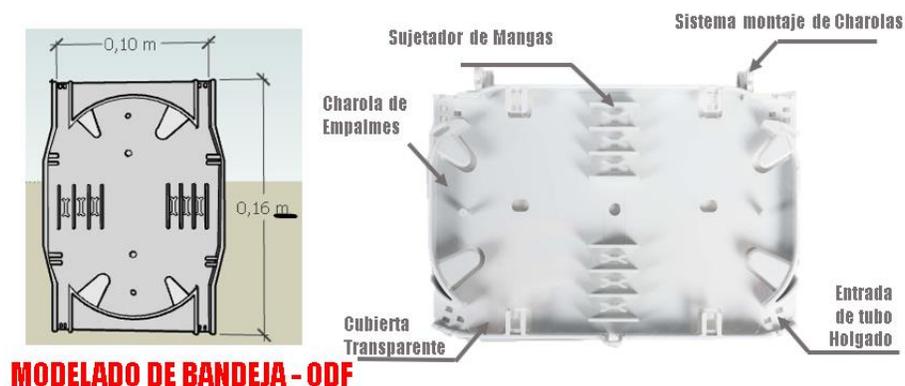


Figura 4.1. Modelado de Bandeja - ODF – Nodo Central

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

De manera general y basándose en las investigaciones realizadas, una red de telecomunicaciones es una estructura física, a través de la cual se transporta información desde un punto óptico inicial, hasta un terminal óptico (Cliente), por lo tanto, se estructura en los componentes siguientes:

- Conjunto de nodos donde se procesa la información, es decir, dentro de estos nodos primarios o centrales se encuentran elementos como ODF (Distribuidor de fibra óptica), que cumple la función de proporcionar interconexiones entre centrales para impartir servicios según sea el requerimiento.
- Los distribuidores de fibra integran empalmes, fusiones, conectores y adaptadores que permiten lograra la conmutación de un punto a otro.

Este elemento de la Figura 4.1. está diseñado para albergar varios hilos de empalmes y ordenarlos de manera tal que pueda realizar correcciones o fusiones dentro del mismo, este tipo de bandeja también están diseñados para ser alojados dentro de distribuidores ópticos tales como distribuidor óptico 1UR, 2UR, 4UR. A continuación, se muestra los diferentes modelos de distribuidores ópticos que pueden existir dentro de una central (Planta interna).



Distribuidor Óptico 1UR

Distribuidor Óptico 2UR

Distribuidor Óptico 4UR

Figura 4.2. Distribuidores en Centrales de Telecomunicaciones

FUENTE: Imagen tomada de la página "Optronics".

Cada modelo de distribuidor permite un número máximo de charolas para poder ser instaladas, además de ser adaptables para instalaciones FTTH, FFTC, FTTB, FTTA.

4.2.1.2 DISEÑO DE PROVEEDOR DE SERVICIOS

A continuación, se presenta el modelado de los nodos primarios o el componente que simulara las centrales (nodos de servicios de telecomunicaciones).

Estos nodos pueden ser:

SMALL CEL.- es una entidad de red telefónica con la finalidad de interconectar las diferentes torres de comunicación inalámbrica para la comunicación de celulares donde es posible utilizar protocolos para configuración de mimo masivo.

ISP. - es un proveedor de servicio en internet, es aquella empresa o entidad encargada de tender una infraestructura de red de acuerdo con cómo se vayan dando las necesidades de los usuarios, por ende, son encargados de proporcionar el servicio de conexión a la red de internet haciendo uso de los medios de transmisión ópticos como cableados con los mejores equipos de la era para una menor latencia de servicio.

RBS. - Entidad encargada a transmisión de radio base y poder interconectar servicios de radio a varias distancia y cortas distancias, ya sea para periodistas locutores, servicios de seguridad de transporte urbano y más.

CORPORATIVO. - dentro de las entidades corporativas podemos encontrar redes de multiacceso para oficinas que se encuentran dentro de los edificios o campus estudiantiles para el uso del aprendizaje.

MODELADO DE BANDEJA - NODOS PRIMARIOS

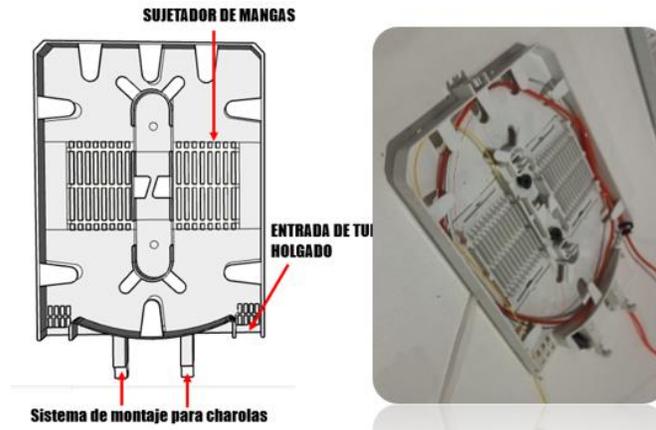


Figura 4.3. Modelado de Bandeja - Nodo Primario

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.2.1.3 DISEÑO DE PROTECCIÓN DE ENLACE

En la Figura 4.4 se muestra el modelado de una manga lineal que representara al conjunto de mangas de protección de enlace para la interconexión de la central principal y proveedores que ofrecen servicios de telecomunicaciones, esta mini-manga está diseñada con dos entradas para cable ADSS con un diámetro aproximado 14 mm y puede albergar de 6 a 12 hilos de fusiones, útil para dejar en instalaciones de exteriores además de ser hermético y económico. Esta manga servirá como punto de conexión para la ramificación de servicios de telecomunicaciones.

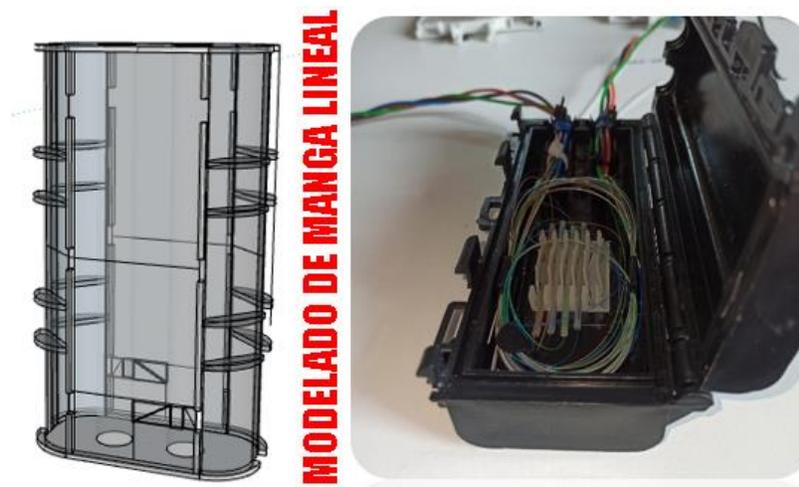


Figura 4.4. Modelado Mini-Manga Lineal para protección de enlace

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.2.2 DISEÑO DE SOPORTE DE MÓDULOS DIDÁCTICOS

Esta sección se centra en la base (tablero), donde se acentuarán los componentes modelados anteriormente y el soporte que mantendrá estables a los módulos dentro del laboratorio de telecomunicaciones.

4.2.2.1 DISEÑO DE TABLERO

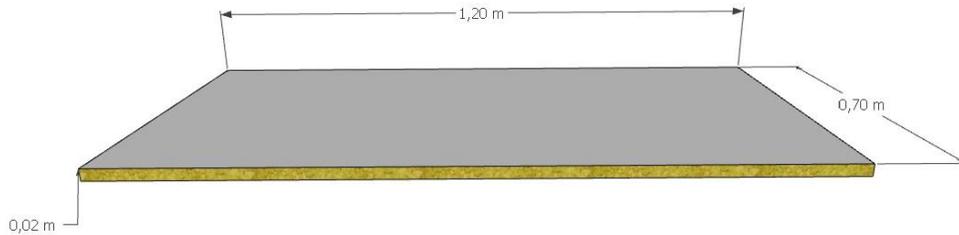


Figura 4.5. Modelado de tablero para Módulo Didáctico

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Las medidas reflejadas en la Figura 4.5 (1,20m x 0,70) representa las dimensiones del tablero quien soportara en este caso a todos sus componentes en cuanto a bandejas, porta fusiones, mini-manga, Splitter, Patchcord o algún otro elemento adicional que el usuario quiera instalar.

4.2.2.2 DISEÑO DE SOPORTE

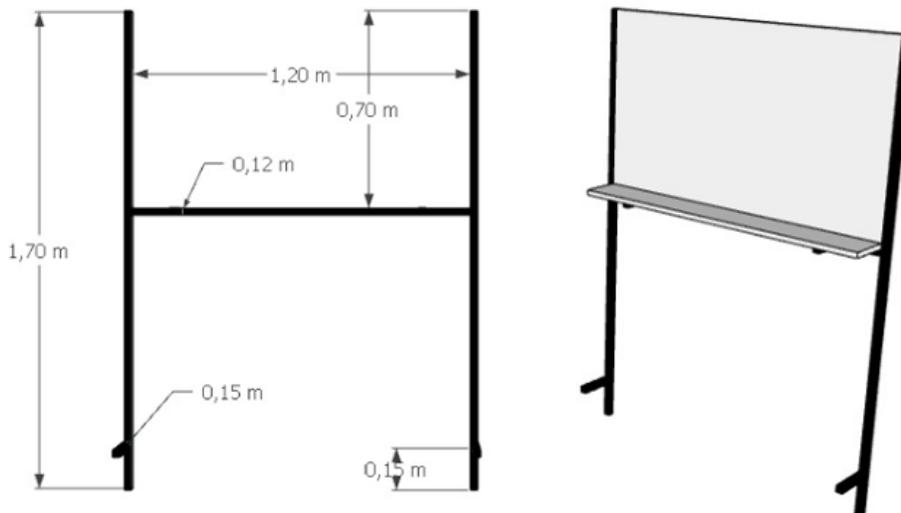


Figura 4.6. Modelado de Soporte para Módulo Didáctico

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El modelado del soporte metálico fue diseñado de tal manera que pueda alojar y sostener los tableros que representaran los módulos de red planta interna GPON, posee una altura de 1.70 mts y un ancho de 1. 20 mts. Además, se adiciona un soporte o repisa para poder descansar todos los equipos medidores y poder realizar prácticas.

El módulo o diseño se realizó con una altura promedio para que los estudiantes tengan una fácil manipulación de los elementos que se encuentran sobre los mismos. Una vez diseñado los soportes, se procede a realizar el modelado 3D dentro del área que del cuarto de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ubicándolos del lado izquierdo del mismo. El laboratorio de telecomunicaciones cuenta con unas vigas de concreto que son útiles para instalar los soportes que albergan los módulos didácticos.

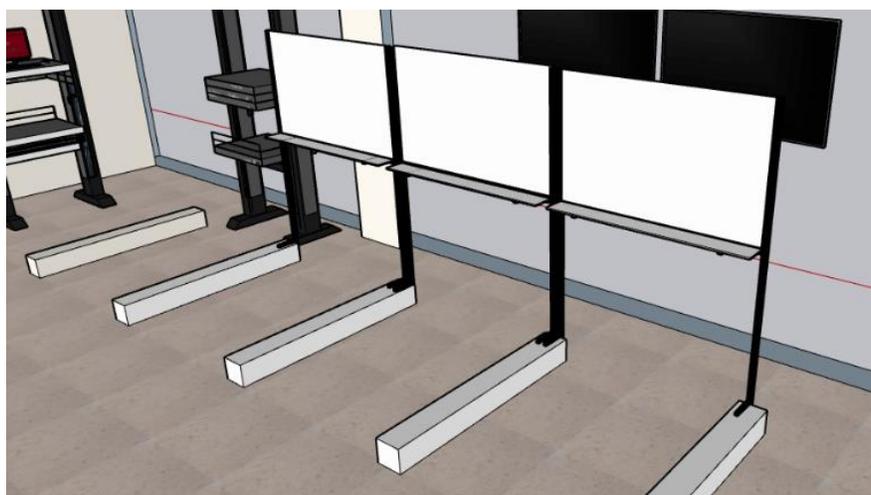


Figura 4.7. Ubicación de Módulos Didácticos en Laboratorio

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.3 DISEÑOS DE MODELOS DE RED IMPLEMENTADOS

Se toma como base los estudios realizados de los modelos de red GPON de los apartados evaluados en el capítulo 3, donde se detallan la arquitectura de red de: Multiacceso, Corporativo /Edificios, Radio Base (Red móvil 3G / 4G) y parques industriales, cada módulo didáctico contiene componentes que en conjunto operan dependiendo del tipo de tendido y el servicio que se ofrece, estos servicios pueden ser ISP, SMALL-CELL, Corporativo y Red móvil (RBS), también se detalla el tipo de cable que se va a utilizado para la instalación en cada módulo y las topologías de red.

El cable óptico para una red troncal (GPON), debe cumplir la norma ITU-T G.652-D (características geométricas, mecánicas y de transmisión de fibras y cables monomodo) , en el estándar del cable óptico para este tipo de red específica la estructura del mismo, su núcleo es de silicio dopado con germanio, recubrimiento de silicio puro y carcasa de plástico con protección UV, siguiendo estas recomendaciones, la fibra debe tener excelentes propiedades físicas y de transmisión de luz, y una vida útil mínima de 25 años.



Figura 4.8. Estructura de cable ADSS de 16 núcleos

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El cable empleado para el tendido de red es el SM ADSS de 24 núcleos, que contiene 4 diferentes colores de buffers, que contienen de 6 hilos cada buffer, como se observa en la Figura 4.8.

Las características de este tipo de cable óptico se dan en función de sus atenuaciones y longitudes de onda:

- Canal de subida: ONT a OLT – Longitud de onda de 1310 nm, atenuación de 0.35 dB/km.
- Canal de bajada: OLT a ONT – Longitud de onda de 1550 nm, atenuación de 0.22 dB/km.
- Pruebas de estado de red, sin interrumpir comunicación: Longitud de onda de 1625 nm, atenuación de 0.25 dB/km.

Especificaciones de Fibra Óptica	
Tipo de fibra	OS2 Monomodo G o 52 D
Diámetro de revestimiento	125 ± 1 μm
Diámetro del recubrimiento	245 ± 7 μm (Antes de color) 250 ± 15 μm (Después de color)
Concentricidad d revestimiento	12 μm

Tabla 4.1. Especificaciones de cable ADSS.

FUENTE: Datos tomados de Informe "Cable ADSS".

Atenuación		
Longitud de onda (nm)	Valores máximos (dB/Km)	
	Antes del cable	Después del cable
1310	≤ 0.34	≤ 0.36
1383	≤ 0.34	≤ 0.36
1550	≤ 0.20	≤ 0.22
1625	≤ 0.24	≤ 0.25

Tabla 4.2. Atenuaciones de cable ADSS.

FUENTE: Datos tomados de Informe "Cable ADSS".

Dispersión	
Dispersión en 1285 – 1340 nm	≥ -3.4 ≤ 3.4 ps (nm. Km)
Dispersión a 1550 nm	≤ 18 ps (nm. Km)
Dispersión a 1625	≤ 22 ps (nm. Km)
Longitud de onda de dispersión cero	1300 – 1324 m
Pendiente de dispersión	≤ 0.091 ps/ (nm ² . km)
Diámetro del campo de modo (MFD)	
1310 nm	9.1 ± 0.4 um
Punto de discontinuidad	≤ 0.05 dB
Dispersión por modo de polarización (PMD)	
Individual por fibra	≤ 0.15 ps/√ Km
Valor de diseño de enlace (M=20, Q=0.01 %)	≤ 0.1 ps/√ Km
Corte de longitud de onda	
Λ	≤ 0.15
Atenuación inducida por la macro- curvatura	
100 vueltas alrededor de un mandril de 30 mm de radio.	1550 nm
100 vueltas alrededor de un mandril de 30 mm de radio.	1625 nm
Estándares	
ITU G652.D	IEC 60793-2-50 tipo B1.3

Tabla 4.3. Dispersión de cable ADSS.

FUENTE: Datos tomados de Informe "Cable ADSS".

Los conectores utilizados para la implementación de los módulos son de tipo SC/UPC y SC/APC de color azul y verde respectivamente, estos conectores tienen un valor de pérdida

por inserción de 0.25 dB, las aplicaciones que se le dan a este tipo de conector es en redes FTTH y GPON, por lo tanto, es óptimo para los tendidos de red en los módulos.

4.3.1 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL DWDM

La red troncal o red de transporte como se conoce comúnmente, es el medio de comunicación que tiene alta capacidad y fiabilidad que se encarga de interconectar a diferentes centrales, es decir, se conecta a n nodos primarios, para el intercambio de información, este tipo de red está constituida por un sistema de transmisión de diferentes tecnologías, donde estos enlaces que conectan a las centrales son bidireccionales, que constan de dos canales en direcciones opuestas, los medios o canales que se pueden utilizar son pares de cobre, fibra óptica, que es el canal más usado actualmente, cable coaxial, u ondas microondas.

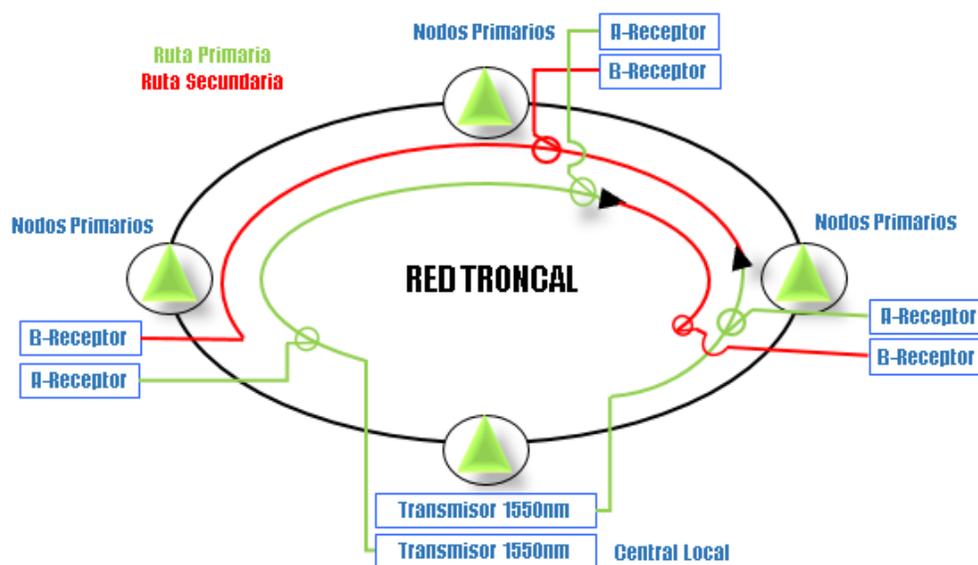


Figura 4.9. Red Troncal

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Como se ha explicado en apartados anteriores DWDM representa una multiplexación por longitud de onda densa, refiriéndose al tráfico de una red ingresando por varios caminos para que finalmente estos datos viajen por un único hilo de fibra. En este primer módulo se realiza una configuración con topología en anillo y configuración unidireccional (UPSR), ya que su estructura la vuelve un tipo de red óptima para interconexión entre nodos de

telecomunicaciones, además es posible realizar una topología de anillo Bidireccional de dos fibras (two-fiber-BLSR) y anillo bidireccional de cuatro fibras (four-fiber-BLSR).

Para la arquitectura de red se consideró la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES**, que muestran los modelos de **RED GPON CORPORATIVO / EDIFICIOS**, y los estándares para certificado de red y cableado estructurado.

Se ubicó en el tablero 4 bandejas que representan los distribuidores de fibra óptica dentro de un Nodo Central (C) y los nodos primarios (A, B y D), estas nomenclaturas simbolizan diferentes tipos de organizaciones tal como una central telefónica, una central de campus o central empresarial, como se muestra en la Figura 4.10.

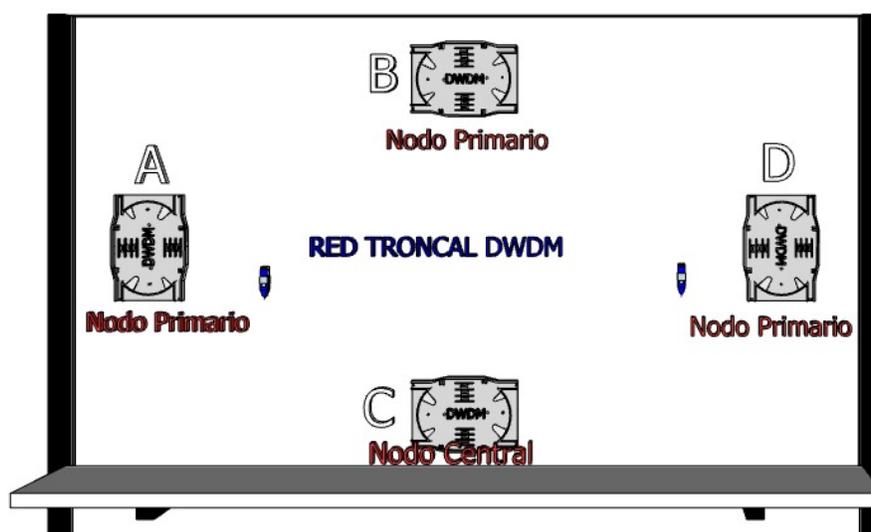


Figura 4.10. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Para los enlaces de redes troncales (Backbone) y redes Metropolitanas, la arquitectura más utilizada es la topología en anillo utilizando la configuración Unidireccional. El nodo “C” representa la central local y para poder conectar los siguientes nodos principales, la normativa ANSI/TIA-568.0-D especifica que la interconexión de cada equipo transmisor de fibra, se esté utilizando cable monomodo o multimodo, cambió de uno a dos hilos de fibra por puerto local Tx/Rx. Por tal razón es necesario partir mediante dos hilos de fibra monomodo desde la central para recorrer una determinada distancia y llegar a el nodo

principal “A”, en este punto se conectan los equipos transmisores y desde este equipo o equipos, partir nuevamente con dos hilos de fibra a hasta el nodo principal B, realizando este mismo proceso llegar al nodo principal “D” para finalmente retornar con dos hilos de fibra al nodo central “C”, a esto denominaremos una configuración en anillo Unidireccional y toda la información viajara desde el nodo central por cada uno de los nodos principales hasta retornar al punto de partida como se muestra en la Figura 4.11.

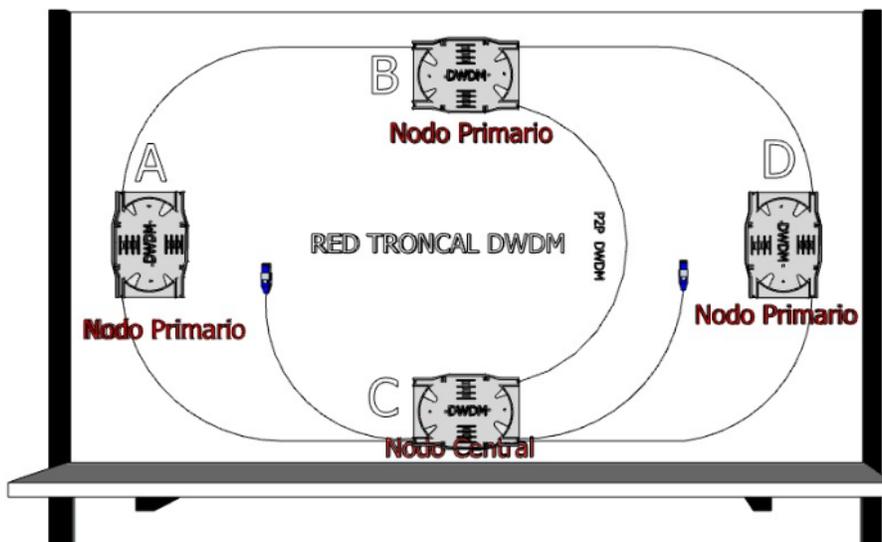


Figura 4.11. Enlace Unidireccional entre Nodos
FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

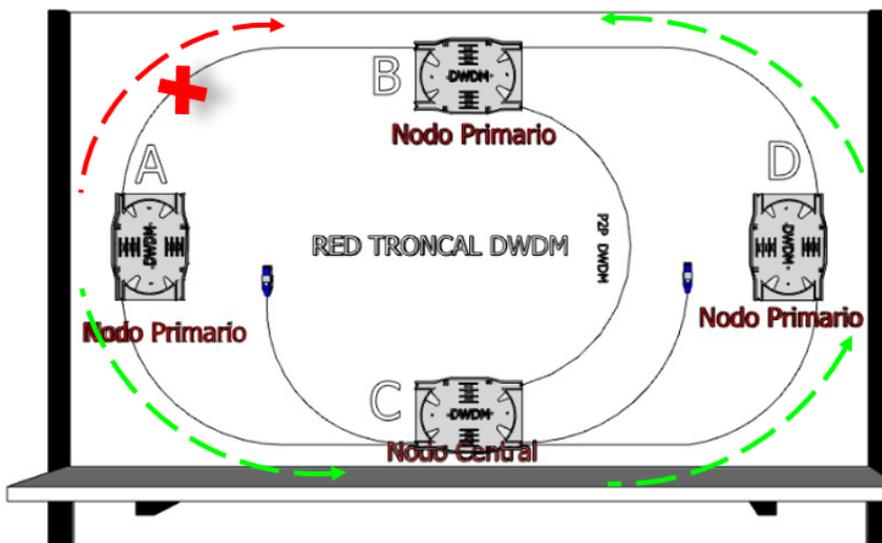


Figura 4.12. Rutas Unidireccionales entre Nodos
FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Si el nodo “A” y nodo “B” sufren una ruptura en el enlace de fibra óptica y hay una información que partió desde el nodo central “C” con destino al nodo principal “B”, este paquete de información partiría desde el nodo central “C” a el nodo principal “A” preguntando ¿eres tú el nodo principal “B”? al no ser el destinatario este continuara su camino por la siguiente línea de enlace y al haber una ruptura en el camino este paquete de datos viajara en sentido contrario por donde llego e ira preguntando por el nodo central “C” luego al nodo principal “D” y así hasta llegar a al destinatario el nodo principal “B”.

Las características del modelo de red troncal son:

- Utiliza cable de fibra monomodo generalmente (Recomendación ITU G-562-D).
- Enlaces a distancias menores a 40 Km.
- Para requerimientos de mejoramiento del medio de transmisión (DWDM), seguir la recomendación ITU-G 655.

Al realizar este tipo de configuración todos los nodos deben estar conectados mediante un único cable de fibra según su topología, ya que posee una tecnología basada en SDH (Synchronous Digital Hierachy) que sígnica jerarquía digital síncrona por sus siglas en ingles. Cuenta con una capacidad de restauración y protección además de que su arquitectura hace que no solo sea utilizado para entornos metropolitanos, logrando tener una configuración de mayor escala ya sea una configuración regional, nacional como también submarino.

4.3.2 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL MSAN

En este segundo módulo de red planta interna, hace referencia a diversos escenarios de diferentes organizaciones, sus derivaciones y despliegue en cuanto a la fibra óptica, logrando, conmutando el proveedor con el usuario final y que este pueda llegar tener acceso a todos los servicios como, voz, datos y video tradicionalmente conocido como (Triple Pack). El actual avance tecnológico da lugar al despliegue de fibra óptica manteniendo el principio de convergencia con los demás servicios denominado Nodo de Acceso Multi Servicio (MSAN), este protocolo ayuda a integrar los servicios voz, datos y video haciendo uso de la fibra óptica logrando ser inmune a los elementos que afectan las redes de cobre.

Para la arquitectura de red se consideró la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES**, que muestran los modelos de **Red GPON CORPOARTVO / EDIFICIOS, MULTIACCESOS y PARQUES INDUSTRIALES**, también los estándares para certificado de red y cableado estructurado.

Se ubico en el tablero 5 bandejas que representaran los a el nodo central y los diferentes tipos de nodos de acceso u organización proveedoras de servicio según sea el requerimiento.

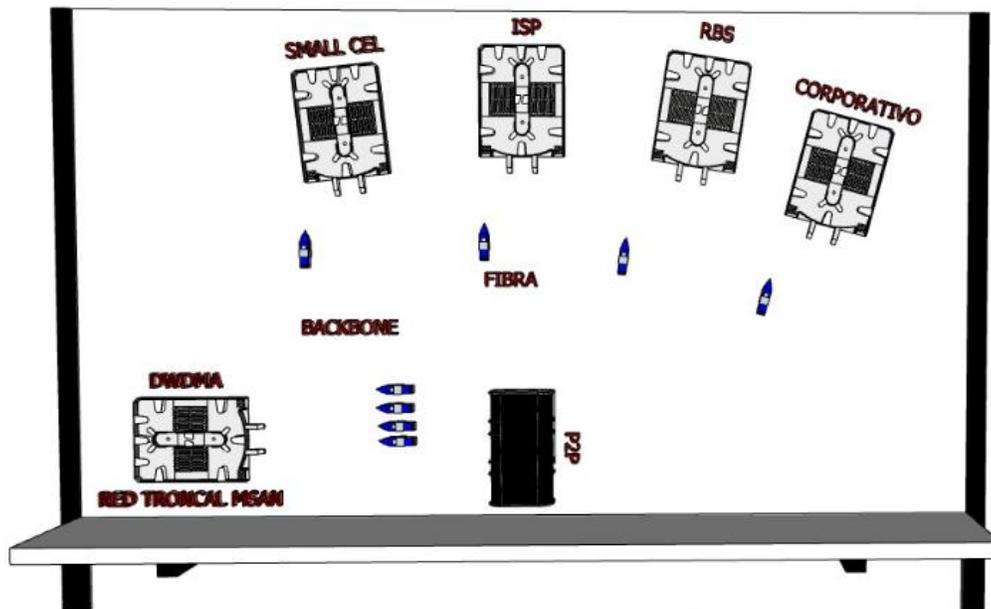


Figura 4.13. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal MSAN.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Si se observa la Figura 4.14 se muestra diferentes componentes que hacen referencia a un despliegue de nodos con acceso a multiservicio (voz, datos y video). Parte con un cable de alimentación de hilo de fibra a una determinada distancia, este recorrido o cableado pertenece a un red de planta externa debido a que mientras se realiza el despliegue esta deberá estar soportado mediante tendido en postes o subterráneos dependiendo del caso o área en la que se esté trabajando, llegando a una mini-manga, como punto de continuidad ,en esta localidad hacer las derivaciones de fibra óptica, recordando que para una mejor interconexión de nodos se debe usar siempre fibra monomodo, entonces de acuerdo al punto de interés derivaremos para las diferentes organizaciones: Small Cell, ISP, RBS, CORPORATIVO.

Cada uno de estos despliegues podrían ser una representación de una red HTTB Fibra Óptica hasta el edificio y distribución de una red Multiacceso.

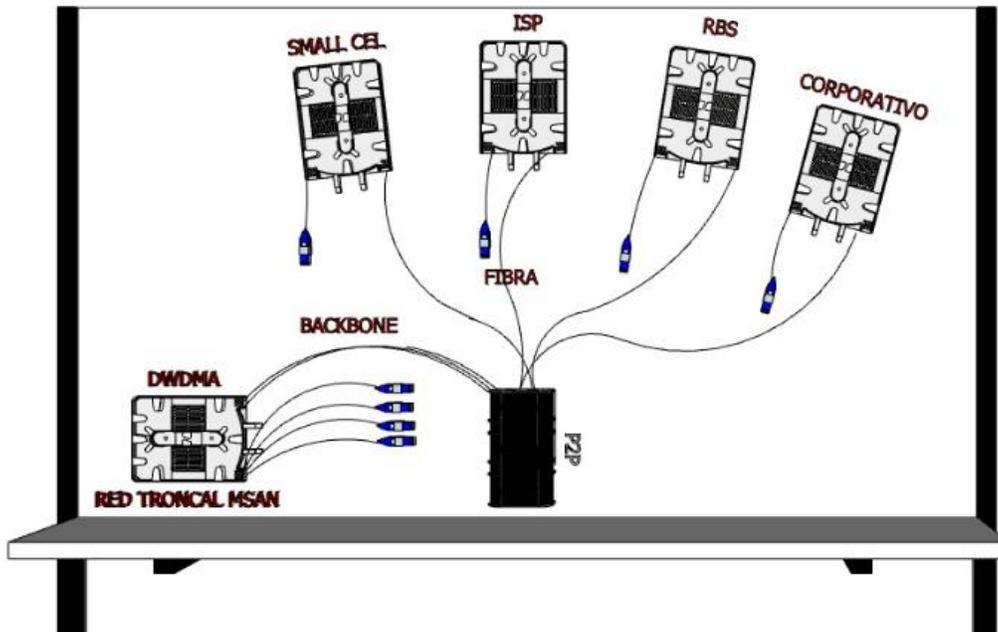


Figura 4.14. Enlace Punto a punto – Red Troncal MSAN.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Esta aplicación radica en dispersar desde su franja de cobertura del operador hasta los diferentes sitios cercanos al cliente una red multiservicio MSAN con conexión hacia el CORE mediante sus redes de transmisión ópticas, en este medio de transmisión es posible tener una red con conexiones SIP que hace referencia a un tipo de protocolo estándar para la transmisión de video, voz y mensajería instantánea mediante IP permitiendo acceder a cualquier cantidad de sesiones de llamadas concurrente.

Las características del modelo de red troncal son:

- Establece una vía o camino de extremo a extremo (Enlace punto a punto).
- Conmutación por circuitos o conmutación por paquetes.
- Soporta tecnologías ADSL2+ y VDSL2.
- Capacidades de usuarios (100 a 500).
- Se ubica en Plantas internas como: complejos industriales, edificios o comerciales, cuartos de terminales con cableado estructurado.
- Longitud de enlace de hasta 20 km para redes PON.

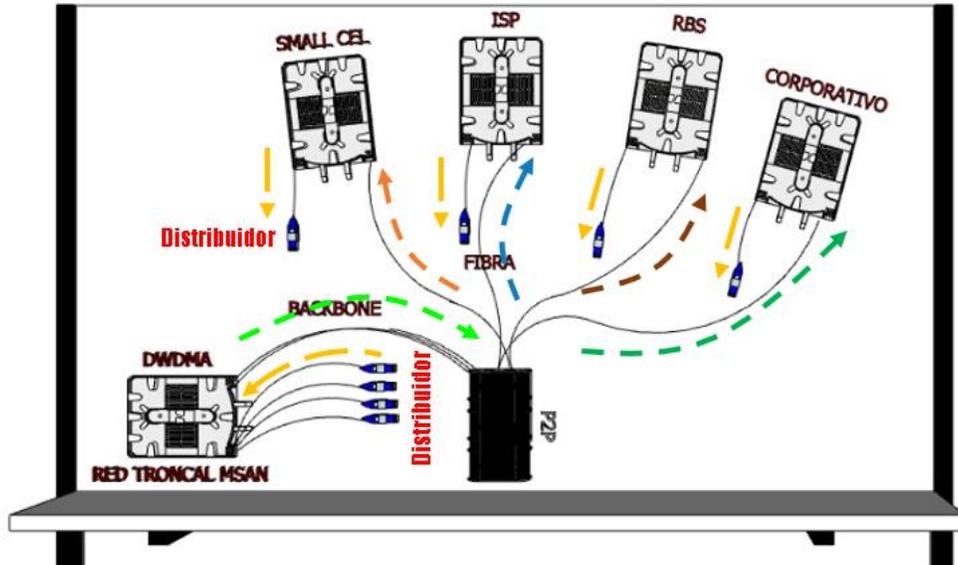


Figura 4.15. Ruta de Enlace Punto a punto – Red Troncal MSAN.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.3.3 MODELO PLANTA INTERNA – RED TRONCAL MÓVIL

Este último módulo de red de planta interna hace referencia a una central de red telefónica, ya que un enlace puede ser distribuido desde su red central pasando por cada uno de los puntos o nodos estratégicos que comunicarán torres de antenas de alguna operadora, aquí estarán montadas las diferentes antenas y cada equipo celular podrá tener cobertura y acceso a internet.

Dentro de esta aplicación existen varios servicios, una con Tecnología Small Cell, LTE y Satelital, la tecnología Small Cell hace referencia a los nodos de acceso de radio base para celulares y funcionan brindando puntos de acceso a la tecnología 3G, 4G, wifi de baja potencia a diferencia de los de macrocell que poseen alcance de alta potencia.

Para la arquitectura de red se consideró la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES**, que muestran los modelos de **Red GPON CORPOARTVO / EDIFICIOS, MULTIACCESOS y MOVIL 3G / 4G**, también los estándares para certificado de red y cableado estructurado.

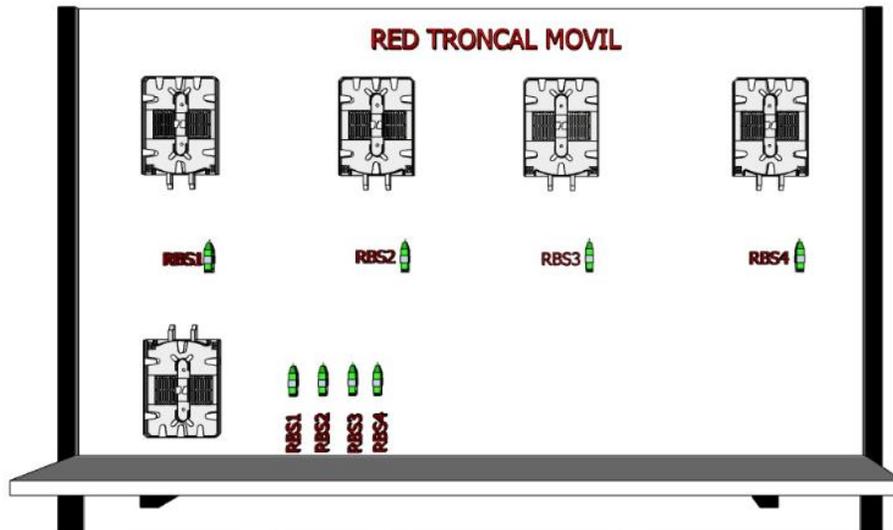


Figura 4.16. Ubicación de nodos en Módulo Didáctico – Red Troncal Móvil.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

En el módulo se ubicó 4 bandejas que representaran el nodo central y diferentes tipos de red móvil que ofrecen servicios de telefonía móvil. Existen diferentes tipos de **Small Cell**, una de ellas es **Fomto-celda** de baja potencia por lo que se optime alcances cortos de 100 mW. **Pico-celdas** manejan una cantidad mayor de usuarios, también existen los **Metro-celdas** y **Micro celdas** que estas diseñadas para trabajar en entornos empresariales entregando una potencia de 1W a 5W. Por último, esta **Meadows-celdas**, puede llegar alcanzar kilómetros ampliando su rango de cobertura.

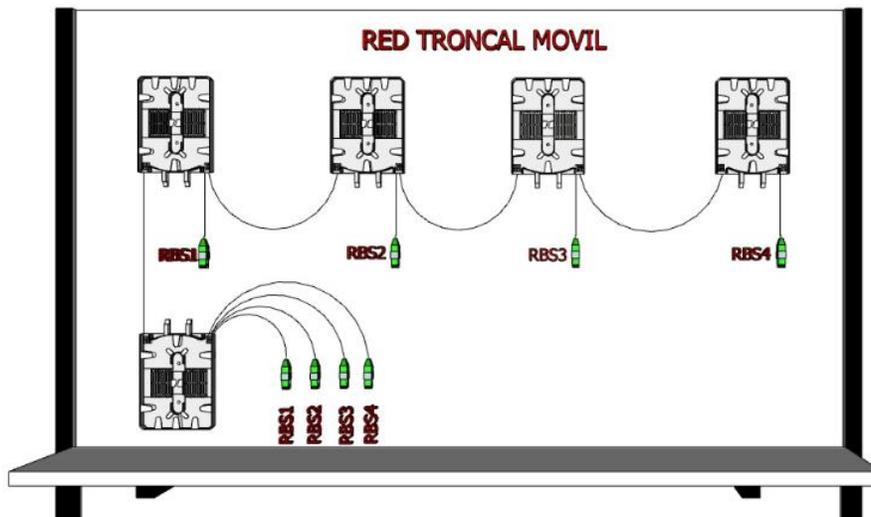


Figura 4.17. Enlace Extremo a extremo – Red Troncal Móvil.

FUENTE: Elaborada por el autor.

Si bien es cierto Small Cell debe de contar con una configuración de red en retorno también conocido como “backhaul” ya que deben estar interconectados y sus aspectos a tomar en cuenta es la tecnología de backhaul. dependerá de varios factores una de ella es la cobertura, calidad de servicio, backhaul no tiene un acceso estable este se puede ver afectado. Capacidad vendría hacer la cantidad de usuarios a lo que este podría acceder, **Sincronización**, este sería la clave para su comunicación con las diferentes Small Cell como también con la estación base.

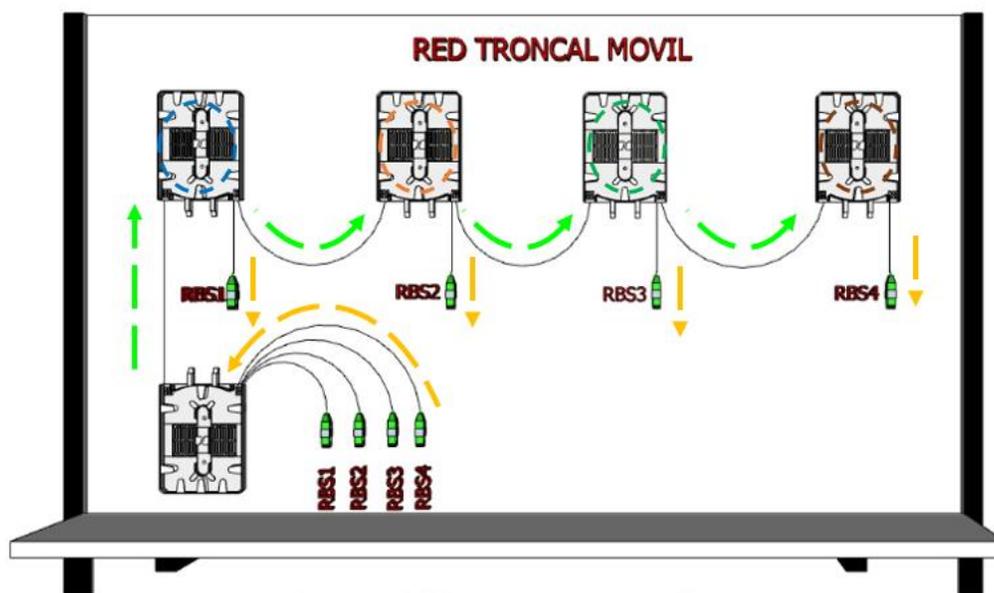


Figura 4.18. Ruta de Enlace Punto a punto – Red Troncal Móvil.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Las características de este tipo de red son:

- Servicio de Telefonía Móvil (Voz)
- Recepción y transmisión bidireccionales.
- Servicio de difusión y multidifusión multimedia.
- Cobertura a edificios y zonas rurales.

4.4 DISEÑOS DE CONEXIÓN DE RED

Es indispensable indicar las conexiones que se realizan dentro de una red, ya sea de tipo externa o interna, esto se debe a que los estudiantes o personas ajenas al trabajo realizado pueden manipular o hacer uso de los módulos didácticos y realizar cortes de la fibra ya fusionada o que da continuidad al enlace.

En cada uno de los módulos existen reservas de cable o hilos de fibra que los estudiantes pueden utilizar para realizar las prácticas, la ventaja de los módulos didácticos, es que se puede extraer el cable ADSS y colocar uno nuevo para futuras prácticas.

Para concluir con el modelado y diseño de los tableros didácticos a continuación se presenta los esquemas de conexiones realizadas en cada módulo y reservas que se tenga, para ello se considera las recomendaciones del estándar ANSI/TIA 598 – D, para la codificación de colores y posición de los hilos de fibra óptica.

Este proceso se realiza por el orden y gestión de los hilos de fibra dentro de una red GPON, y para una manipulación sencilla de los hilos dentro de los módulos didácticos y prácticas a realizar.

4.4.1 CONEXIÓN DE RED TRONCAL DWDM

4.4.1.1 CONEXIÓN DE RED – NODO CENTRAL “C”

Inicio del nodo Central C			Retorno al nodo Central C		
ADSS	Fusiones	Disponible	ADSS	Fusiones	Disponible
Buffer Azul	Azul-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Azul	Azul-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Café	Azul - 001	4 hilos de fibra disponible	Buffer Café	Azul - 001	4 hilos de fibra disponible
	Café - 002			Café - 002	
	-			-	
Buffer Naranja	-	6 hilos de fibra disponible	Buffer Naranja	-	6 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Verde	-	6 hilos de fibra disponible	Buffer Verde	-	6 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Azul P2P	6 hilos de fibra disponible				
8 porta fusiones disponible					

Tabla 4.4. ODF – Nodo central “C”.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

El recuadro de la tabla 4.4 permite identificar el tipo de recorrido que realiza la fibra óptica por cada uno de sus nodos principales partiendo desde un nodo central C.

Como se ha mencionado cada uno de los nodos están conectado mediante un cable ADSS de 6 hilos de fibra por buffer contabilizando un total de 4 buffer, analizando el ODF

como nodo central “C” según el recuadro mostrado se tiene una fusión realizada en uno de los hilos del buffer azul con un tipo de conector SC/UPC este hilo de fibra óptica con recubrimiento color azul parte desde este cajetín recorriendo cada uno de los nodos principales A, B,D y retornando al nodo central con un buffer de color Azul, donde se hace uso del hilo de fibra azul para ser fusionado con un conector SC/UPC y luego ser conectado al mismo transmisor de esta manera se logra cerrar el circuito en anillo.

Dentro del buffer café se ha fusionado el hilo de fibra color Azul-001 de ingreso con el hilo de fibra color azul-001 del retorno del mismo buffer, al igual que el hilo de fibra color café-002 de con el hilo de fibra color café-002 de retorno, con el objetivo de realizar un puente de transmisión entre ambos hilos de fibra y de esta manera realizar un tipo de sangrado en alguno de sus nodos principales.

Dentro del ODF también se tiene un buffer de color azul listo para realizar interconexiones mediante fusión y lograr conectar al nodo principal B. En total se tiene 8 espacios para albergar a una futura fusión y poder interconectar los diferentes nodos principales.

4.4.1.1 CONEXIÓN DE RED – NODOS PRIMARIOS “A, B, D”

Inicio del nodo Principal D			Salida de nodo Principal D		
ADSS	Fusiones	Disponible	ADSS	Fusiones	Disponible
Buffer Azul	-	6 hilos de fibra disponible	Buffer Azul	-	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Café	-	6hilos de fibra disponible	Buffer Café	-	6 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Naranja	-	6 hilos de fibra disponible	Buffer Naranja	-	6 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Verde	-	6 hilos de fibra disponible	Buffer Verde	-	6 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
12 porta fusiones disponible					

Tabla 4.5. ODF – Nodos Principales “A, B, D”.

FUENTE: Elaborado por el autor.

En los nodos principales “A, B, D” ingresa el cable ADSS proveniente del nodo que se encuentre ubicado en serie, independientemente del recorrido que realice o sea de mejor trayectoria para él envío de información, analizando el recuadro de especificaciones del nodo

principal “A, B, D” se tiene disponible todos los puertos para soportar a las diferentes fusiones que en total son 12 en cada nodo y los diferentes hilos de buffer disponible para realizar pruebas de sangrado.

4.4.2 CONEXIÓN DE RED TRONCAL MSAN

Para este siguiente módulo se ha representado el sistema de cableado y conexiones en tres tablas diferentes, la primera Tabla 4.6 es un ODF que representa la red troncal MSAN, la segunda tabla 4.7 representa una mini-manga lineal y el tercer recuadro Tabla 4.8 hace referencia a cada una de las organizaciones quienes solicitan de este servicio de red troncal.

4.4.2.1 CONEXIÓN DE RED – CENTRAL MSAN

Red troncal MSAN			
ADSS	Fusiones	organización	Disponible
Buffer Naranja	Naranja-001-SC/UPC	Small cel.	5 hilos de fibra disponible
	-	-	
	-	-	
Buffer Azul	Azul-002-SC/UPC	ISP	5 hilos de fibra disponible
	-	-	
	-	-	
Buffer Café	Azul-003-SC/UPC	RBS	5 hilos de fibra disponible
	-	-	
	-	-	
Buffer Verde	Verde-004-SC/UPC	Corporación	5 hilos de fibra disponible
	-	-	
	-	-	
20 porta fusiones disponible			

Tabla 4.6. ODF – Nodos Central “MSAN”.

FUENTE: *Tabla elaborada por el autor.*

El lado izquierdo del recuadro red troncal MSAN representa el cable de tendido ADSS de 4 colores de buffer, Naranja, Azul, Café y verde, cada color de buffer está distribuido para ser repartido a una central diferente, en este espacio de ODF se utilizó un hilo de fibra de cada buffer el cual está enmarcado la columna del recuadro de fusiones que hace referencia al tipo de conector con el que se encuentra fusionado, en la columna de organizaciones representa a cada entidad a la que pertenece cada tipo de conector SC/UPC. La columna “Disponible” me da información de cada color de buffer disponible “N” cantidad de hilos de fibra para realizar futuras fusiones y actualmente el ODF que representa a la red troncal MSAN dispone de 20 espacios para soportar las diferentes fusiones.

4.4.2.2 CONEXIÓN DE RED – PUNTO DE CONTINUIDAD – MINI-MANGA

Mini Manga Lineal					
Entrada a la manga			Salida de la manga		
ADSS	Fusiones	Disponible	ADSS	Fusiones	Disponible
Buffer Naranja	Naranja-001	5 hilos de fibra disponible	Buffer Naranja	Naranja-001	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Azul	Azul-002	5 hilos de fibra disponible	Buffer Azul	Azul-002	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Café	Azul-003	5 hilos de fibra disponible	Buffer Café	Azul-003	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
Buffer Verde	Verde-004	5 hilos de fibra disponible	Buffer Verde	Verde-004	5 hilos de fibra disponible
	-			-	
	-			-	
2 porta fusiones disponible					

Tabla 4.7. Punto de continuidad – Mini-manga Lineal.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

La mini-manga lineal es un elemento que me permite albergar el cable ADSS que parte desde la central red troncal MSAN y se aloja en este punto para distribuir cada color de buffer a cada central cliente. Cada código descrito por cada hilo de fibra indica la continuidad del hilo de fibra con la que se encuentra fusionado. Ejemplo:

- Hilo de fibra color naranja 001 – fusionado – hilo de fibra color naranja 001 del siguiente buffer.
- Hilo de fibra color Azul 002 – fusionado – hilo de fibra color Azul 002 del siguiente buffer.
- Hilo de fibra color Azul 003 – fusionado – hilo de fibra color Azul 003 del siguiente buffer la diferencia que esta alojada en un color de buffer diferente al anterior.
- Hilo de fibra color Verde 004 – fusionado – hilo de fibra color Verde 004 del siguiente buffer.

Cada color de buffer tiene disponible 5 hilo de fibra y en lo general la mini-manga puede albergar dos futuras fusiones.

4.4.2.3 CONEXIÓN DE RED – ODF EN ORGANIZACIONES

Las organizaciones pueden estar distribuidos en diferentes lugares a diferentes distancias, la mini-manga anterior hacía referencia a un punto de ubicación estratégico para la repartición de un enlace de fibra que es distribuida a diferentes entidades organizativas, entre ellas se tiene a los diferentes ODF con el nombre de la entidad a la que pertenece.

TIPO DE ORGANIZACIONES											
ODF SMALL CEL.			ODF ISP			ODF RBS			ODF CORPORATIVO		
Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible
Buffer Naranja	Naranja-001-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Azul	Azul-002-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Café	Café-003-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Verde	Verde-004-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible
	-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible
	-	-		-	-		-	-			

Tabla 4.8. ODF – Organizaciones.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

El buffer de color naranja pertenece a la central “SMALL CEL”. Color de hilo de fibra utilizado naranja, código del hilo de fibra 001, tipo de conector utilizado para la fusión SC/UPC, hilos de fibra disponible 5, porta fusiones disponible 23.

- El buffer de color azul pertenece a la central “ISP”. Color de hilo de fibra utilizado azul, código del hilo de fibra 002, tipo de conector utilizado para la fusión SC/UPC, hilos de fibra disponible 5, porta fusiones disponible 23.
- El buffer de color café pertenece a la central “RBS”. Color de hilo de fibra utilizado azul, código del hilo de fibra 003, tipo de conector utilizado para la fusión SC/UPC, hilos de fibra disponible 5, porta fusiones disponible 23.
- El buffer de color verde pertenece a la central “CORPORACIÓN”. Color de hilo de fibra utilizado verde, código del hilo de fibra 004, tipo de conector utilizado para la fusión SC/UPC, hilos de fibra disponible 5, porta fusiones disponible 23.

Los diferentes códigos asignados a los diferentes hilos de fibra representan la continuidad del hilo al pasar por diferentes fusiones, este mismo código puede estar asignado a otro hilo de fibra del mismo color de buffer o de diferente buffer.

4.4.3 CONEXIÓN DE RED TRONCAL MÓVIL

4.4.3.1 CONEXIÓN DE RED – ODF CENTRAL MÓVIL

RED TRONCAL MOVIL					
BUFFER		Azul	Naranja	Verde	CAFÉ
Hilo de fibra	Fusiones	Azul-001-SC/APC	Naranja-002-SC/APC	Verde-003-SC/APC	Café-00-SC/APC
	Disponible	5 hilos de fibra disponible			
Usuario		RBS1	RBS2	RBS3	RBS4
Puertos disponibles		20			

Tabla 4.9. ODF – Central Móvil.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

Dentro de la red troncal móvil se encuentra cuatro colores de buffer, azul, naranja, verde, café, para cada color de buffer un solo hilo de fibra del mismo color del buffer es la que se encuentra fusionado, detallando su código de hilo de fibra o código de fusión con el hilo de fibra. Ejemplo:

- Buffer azul, hilo de fibra azul, código del hilo de fibra 001, tipo de conector SC/APC, 5 hilos de fibra disponible perteneciente a RBS1.
- Buffer naranja, hilo de fibra naranja, código del hilo de fibra 002, tipo de conector SC/APC, 5 hilos de fibra disponible perteneciente a RBS2.
- Buffer verde, hilo de fibra verde, código del hilo de fibra 003, tipo de conector SC/APC, 5 hilos de fibra disponible perteneciente a RBS3.
- Buffer café, hilo de fibra café, código del hilo de fibra 004, tipo de conector SC/APC, 5 hilos de fibra disponible perteneciente a RBS4.

En total esta central cuenta con 20 soporte disponible para albergar futuras fusiones ya sea para agregar un nuevo nodo, como para dar soporte al nodo actualmente enlazado.

4.4.3.2 CONEXIÓN DE RED – ODF RBS

Cada central RBS1, RBS2, RBS3, RBS4 están conectados en serie mediante la misma línea de cable de fibra con diferente color de buffer.

- Para la central RBS1 está siendo utilizado el color de buffer azul, hilo de fibra azul, código del hilo de fibra 001, tipo de conector SC/UPC, porta fusiones disponible 23.

- Para la central RBS2 está siendo utilizado el color de buffer naranja, hilo de fibra naranja, código del hilo de fibra 002, tipo de conector SC/UPC, porta fusiones disponible 23.
- Para la central RBS3 está siendo utilizado el color de buffer verde, hilo de fibra verde, código del hilo de fibra 003, tipo de conector SC/UPC, porta fusiones disponible 23.
- Para la central RBS4 está siendo utilizado el color de buffer café, hilo de fibra café, código del hilo de fibra 004, tipo de conector SC/UPC, porta fusiones disponible 23.

CENTRALES											
ODF RBS1.			ODF RBS2			ODF RBS3			ODF RBS4		
Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible	Buffer	Fusiones	Disponible
Buffer Azul	Azul-001-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Naranja	Naranja-002-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Verde	Verde-003-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible	Buffer Café	Café-004-SC/UPC	5 hilos de fibra disponible
	-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible		-	23 porta fusiones disponible

Tabla 4.10. ODF – Nodos Radio Bases.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

4.5 CALCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO

En esta sección se definen los valores teóricos de pérdidas o atenuaciones que existan en los diferentes modelos de red troncales, diseñados e implementados en el laboratorio de telecomunicaciones, es necesario recalcar que al ser módulos didácticos, se representan o simulan redes grandes en el ámbito real de en una escala de menor grado y al ser redes de planta interna el presupuesto óptico no será de gran relevancia como en redes de planta externa que se utiliza componentes para la red de distribución masiva.

Es por ello que no se necesita tener un umbral de 3 dB de diferencia, como especifican en las normativas de diseño de redes ODN, sin embargo el valor calculado, contribuye a la sumatoria de Pérdidas en una red completa (Red de alimentación, distribución y dispersión).

Al ser redes de planta interna se debe considerar los componentes instalados en cada módulo para el cálculo de atenuación óptica, para este proceso se utilizó la plantilla que define la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE**

DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES,
utilizado por la empresa CNT.EP.

4.5.1 PRESUPUESTO ÓPTICO - RED TRONCAL DWDM.

Para la red troncal DWDM se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios, ya que se especifica en esta red la conexión entre nodos primarios y la central, con conectores SC/UPC, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:

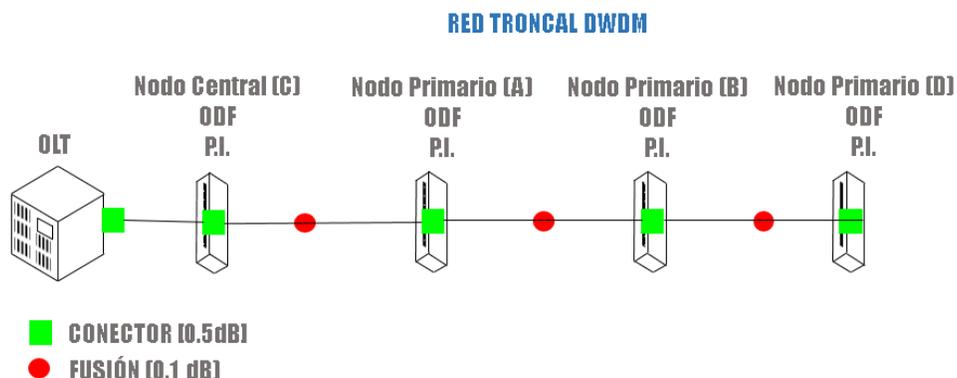


Figura 4.19. Red Troncal DWDM.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA		CANT	PÉRDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB (Unidad)		2	0,50	1
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB		4	0,10	0,40
Empalmes mecánicos ITU-751=0.1 dB promedio			0,20	0
Conector mecánico armado en campo			0,60	0
Splitter's	1x2		3,25	0
	1x4		6,50	0
	1x8		9,75	0
	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	0,004	0,35	0,0014
	1490nm		0,30	0
	1550nm		0,25	0
Total (dB)				1,4014

Tabla 4.11 Presupuesto óptico de Red Troncal DWDM.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

La plantilla muestra un resultado o presupuesto óptico de **1,4014 dB** como **valor teórico de atenuación máxima**, en un enlace de extremo a extremo.

4.5.2 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN

Para la red troncal MSAN se divide en diferentes secciones ya que utiliza ramificaciones para diferentes organizaciones y se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios, ya que se especifica en esta red la conexión entre nodos primarios y la central., al tener los mismos componentes para cada enlace el valor de presupuesto óptico teórico será el mismo para cada organización ya que se tiene el mismo esquema y la distancia es irrelevante, debido a la cantidad de metraje utilizada.

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA	CANT	PÉRDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.3dB (Unidad)	2	0,30	0,60
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB	3	0,10	0,30
Empalmes mecánicos ITU-751=0.1 dB promedio		0,20	0
Conector mecánico armado en campo		0,60	0
Splitter's	1x2	3,25	0
	1x4	6,50	0
	1x8	9,75	0
	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
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,001	0,35
	1490nm		0,30
	1550nm		0,25
Total (dB)			0,9035

Tabla 4.12 Presupuesto óptico de Red Troncal MSAN.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

La plantilla proyecta un resultado o presupuesto óptico de **0,9035 dB** como **valor teórico de atenuación máxima**, en un enlace de extremo a extremo.

4.5.2.1 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN – SMALL CELL

Para la red troncal MSAN - SMALL CELL se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios y redes de multiacceso, con conectores SC/UPC, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:

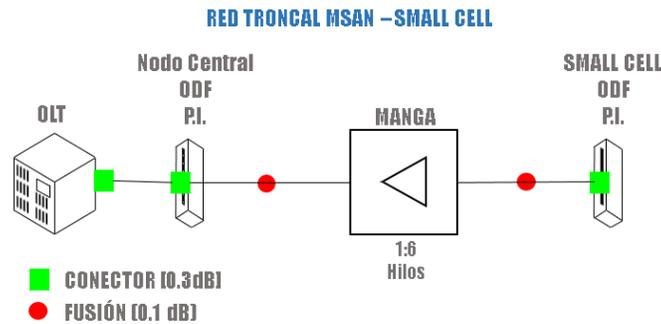


Figura 4.20. Red Troncal MSAN – SMALL CELL.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.5.2.2 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN – ISP

Para la red troncal MSAN - ISP se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios y redes de multiacceso con conectores SC/UPC, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:

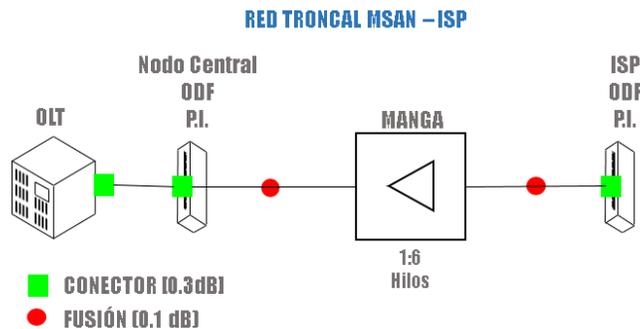
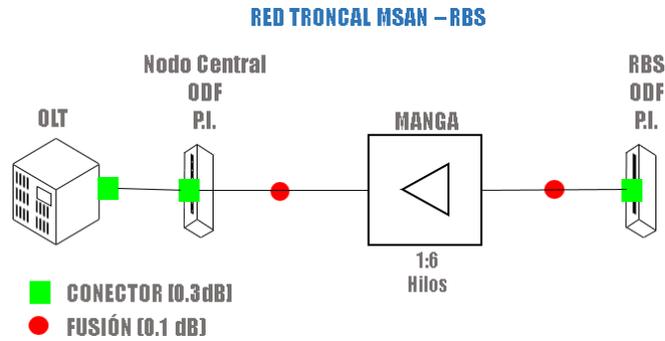


Figura 4.21. Red Troncal MSAN – ISP.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.5.2.3 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN – RBS

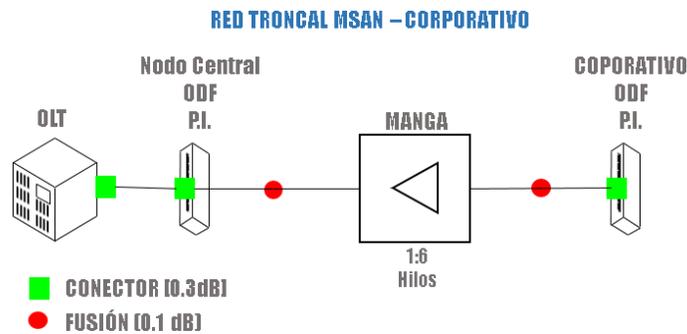
Para la red troncal MSAN - RBS se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios, redes de multiacceso y red móvil 3G/4G, con conectores SC/UPC, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:



*Figura 4.22. Red Troncal MSAN – RBS.
FUENTE: Imagen elaborada por el autor.*

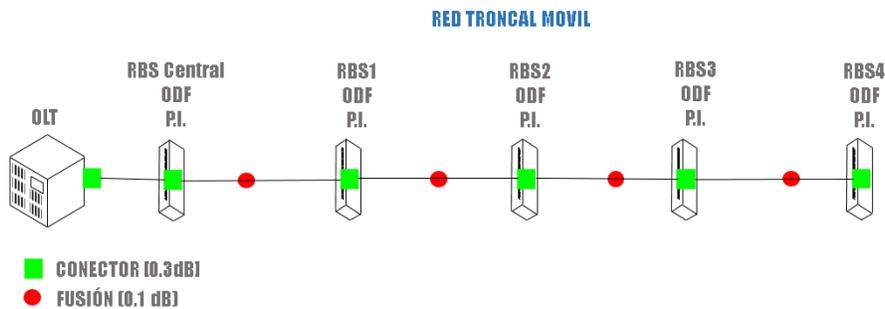
4.5.2.2 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MSAN – CORPORATIVO

Para la red troncal MSAN - CORPORATIVO se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios, redes de multiacceso y parques industriales, con conectores SC/UPC, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:



*Figura 4.23. Red Troncal MSAN – CORPORATIVO.
FUENTE: Imagen elaborada por el autor.*

4.5.3 PRESUPUESTO OPTICO - RED TRONCAL MÓVIL - RBS



*Figura 4.24. Red Troncal Móvil.
FUENTE: Imagen elaborada por el autor.*

Para la red troncal MOVIL - RBS se consideró el modelo de diseño de Red corporativo / edificios, multiacceso y móvil 3G / 4G, con conectores SC/APC, ya que se especifica en esta red la conexión entre nodos primarios y la central, por lo que se elaboró el siguiente diagrama:

Al tener los mismos componentes para cada enlace el valor de presupuesto óptico teórico será el mismo para cada organización ya que se tiene el mismo esquema y la distancia es irrelevante, debido a la cantidad de metraje utilizada.

ELEMENTOS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA	CANT	PÉRDIDA TÍPICA DEL ELEMENTO (dB)	PÉRDIDA TOTAL
Conectores (mated) ITU-617= 0.5dB (Unidad)	2	0,30	0,60
Empalme de fusión ITU-751=0.1dB	2	0,10	0,20
Empalmes mecánicos ITU-751=0.1 dB promedio		0,20	0
Conector mecánico armado en campo		0,60	0
Splitter's	1x2	3,25	0
	1x4	6,50	0
	1x8	9,75	0
	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
Fibras- Longitudes de Onda (Kilómetros)	1310nm	0,004	0,35
	1490nm		0,30
	1550nm		0,25
Total (dB)			0,8014

Tabla 4.13 Presupuesto óptico de Red Troncal Móvil.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

La plantilla muestra un resultado o presupuesto óptico de **0,8014 dB** como **valor teórico de atenuación máxima**, en un enlace de extremo a extremo.

4.6 PRUEBAS DE ATENUACIÓN EN MÓDULOS DIDÁCTICOS

Las pruebas que se realizan en las redes ópticas comprenden las herramientas y estándares que se emplean para realizar mediciones obteniendo valores de Pérdidas en los

componentes, en los enlaces o una red completa que se ha implementado en un sector o zona determinada.

Para realizar pruebas de atenuación se debe tener en cuenta varios aspectos o parámetros, como el tamaño o tendido de la red y la complejidad que esta tenga (componentes utilizados dentro de ella), el análisis y pruebas es un proceso elemental en la instalación de redes de fibra óptica, así como su mantenimiento, con el fin de garantizar eficiencia, seguridad y calidad del enlace.

Existen diferentes maneras de realiza pruebas en un enlace de red óptico, para el trabajo de titulación realizado se consideró el estándar ANSI/TIA 526-7 A, que especifica el uso de fuente de luz laser para identificación de fallas y mediciones de potencia óptica. Para el proceso de medición se utiliza un localizador visual de fallos (VFL) que también tiene la función de medidor de potencia, mediante laser de luz de alta densidad y calibración de longitud de onda, esto permite cuantificar la Pérdida por inserciones antes de que el enlace sea conectado a un sistema de red completo.

Los parámetros para tener en cuenta al momento de realizar mediciones ópticas son:

- Atenuación o pérdida por el recorrido de la fibra.
- Atenuación en los conectores utilizados.
- Atenuación en los adaptadores.
- Atenuación en empalmes o fusiones realizadas.
- Atenuación o índice de curvatura en el tendido realizado.

En la atenuación por recorrido de la fibra, por especificaciones del Estándar ANSI/TIA 568-B.3, las pérdidas en tendido de fibras para una red GPON tienen un valor máximo de 0.4 dB/Km, y para el desarrollo de los cálculos o mediciones realizadas en la propuesta técnica se operó en ventanas de 1310 nm y 1550 nm, como especifican para transmisión de servicios (Voz, datos y video). Como valores teóricos se tomó la plantilla impuesta por la **NORMATIVA TECNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE REDES DE DISTRIBUCION INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES**, utilizado por la empresa CNT.EP.

Atenuación por recorrido de Fibra	
Valor máximo Estándar ANSI/TIA 568-B.3	0.4 dB/Km
Ventana de 1310 nm (CNT E.P)	0.35 dB/Km
Ventana de 1550 nm (CNT E.P)	0.25 dB/Km

Tabla 4.14 Pérdida por recorrido de fibra y ventanas de operación.

FUENTE: Tabla elaborada por el autor.

En la atenuación por conectores se puede observar en el apartado de los componentes ópticos utilizados para la estructura de redes de planta interna, sin embargo para esta sección o los conectores utilizados son SC con pulido UPC y APC, y el valor teórico máximo especificado para este tipo de conectores es de 0.30 dB y es la que se utiliza para hallar los valores teóricos en las plantillas que se muestran en el presupuesto óptico.

La atenuación en los adaptadores utilizados que son SC/UPC y SC/APC, se especifican con un valor teórico de 0.75 dB, es decir, es el valor o tasa máxima de operación para estos componentes, no obstante, el valor real dentro de un tendido o armado de distribuidores se encentra en un valor de 0.4 dB.

Realizando fusiones o empalmes la atenuación máxima aceptable es de 0.1 dB, los dispositivos para realizar fusiones, brindan las ventajas necesarias para que este valor sea optimo al realizar ya sea un tendido o mantenimiento del enlace de red.

Los índices de curvatura dependerán del sector de instalación o tendido y los dispositivos que se utilice, se debe tener en cuenta este factor ya que influye al momento de realizar las mediciones de atenuaciones en un sistema de red.

4.6.1 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL - DWM

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #1, lo primero que se debe realizar según el estándar **ANSI/TIA 526-7 A.1** es tomar un valor de referencia, ya sea por fuente de luz óptica o proveniente del OLT. En este caso se colocó el valor de referencia dado por el OLT, lógicamente en una ventana de 1310 nm como se muestra en la Figura 4.25 y como se referencia en longitudes de onda para transmisiones de información desde una central hacia un cliente.

Se realiza un puente óptico con el Patchcord SC/APC - SC/UPC conectando el extremo color verde (SC/APC) al OLT y el extremo de color azul (SC/UPC) al medidor de potencia óptica Mini-OPM. El valor de referencia obtenido es de **4.49 dB**.

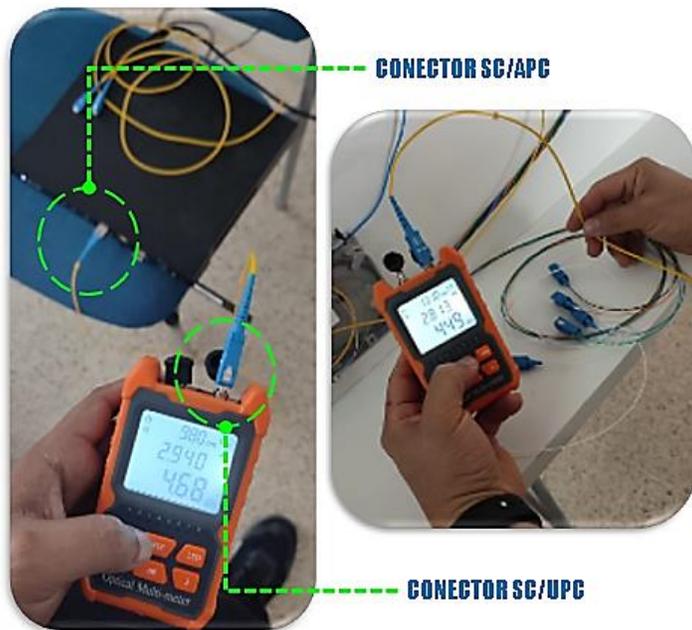


Figura 4.25. Valor referencial -OLT.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.



Figura 4.26. Valor de atenuación en Red Troncal - DWDM.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

Con el valor de referencia obtenido, procedemos a conectar el patchcord SC/UPC al extremo de salida de la Red Trocal de topología en anillo y el cable de puente óptico del OLT al extremo de entrada, para obtener la medición de atenuación en todo el anillo de red.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 1.39 dB.**

4.6.2 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL - MSAN

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #2, se divide en cuatro secciones ya que este módulo cuenta con ramificaciones o diferentes enlaces para organizaciones proveedores de servicios de telecomunicaciones, cabe recalcar que son enlaces de punto a punto si se lo observa de forma individual y de punto a multipunto partiendo de la central hacia los diferentes nodos (SMALL CELL, ISP, RBS y CORPORATIVO).

4.5.2.1 Mediciones de atenuación – MSAN – SMALL CELL

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #2 en la red de SMALL CELL, lo primero que se debe realizar según el estándar **ANSI/TIA 526-7 A.1** es tomar un valor de referencia, ya sea por fuente de luz óptica o proveniente del OLT. En este caso se obtuvo el valor de referencia dado por el Mini-OPM, con su emisión de luz laser, en una ventana de 1310 nm como se muestra en la Figura 4.27. Se realiza un puente óptico con el Patchcord SC/UPC en los extremos del Mini-OPM en la entrada VLF de emisión de luz y la entrada OPM para medición. Y el valor obtenido de referencia es de 5.24 dB.



Figura 4.27. Valor de referencia en Red Troncal – MSAN -SMALL CELL.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

Con el valor de referencia obtenido, se procede a conectar el emisor con el Patchcord SC/UPC al extremo de entrada de la Red Troncal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 0.89 dB.**

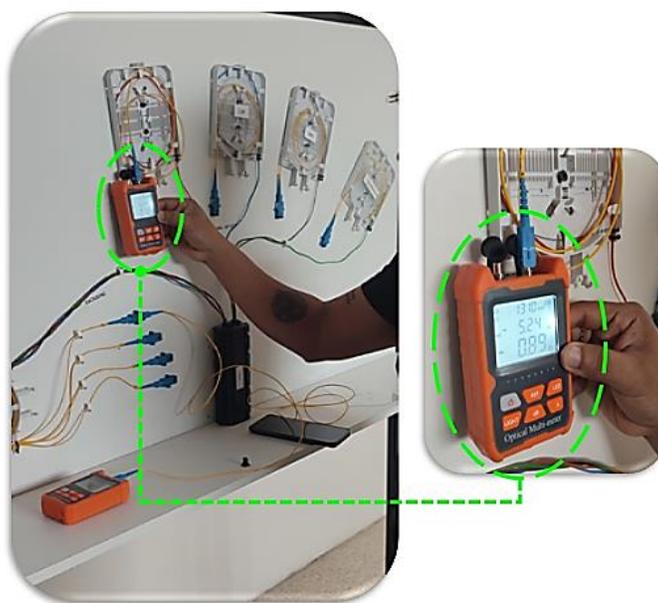


Figura 4.28. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – SMALL CELL.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

4.6.2.2 MEDICIONES DE ATENUACIÓN – MSAN – ISP

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #2 en la red de ISP, como se ha realizado en los procesos anteriores, se toma el valor de potencia referenciado con el emisor de luz del medidor Mini-OPM., en la ventana o longitud de onda de 1310 nm. El puente óptico se realiza con el Patchcord SC/UPC en los extremos del Mini-OPM en la entrada VLF de emisión de luz y la entrada OPM para medición. Y el valor obtenido de referencia es de 5.20 dB.

Con el valor de referencia obtenido, se puede conectar el emisor con el patchcord SC/UPC al extremo de entrada de la Red Troncal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 0.92 dB.**

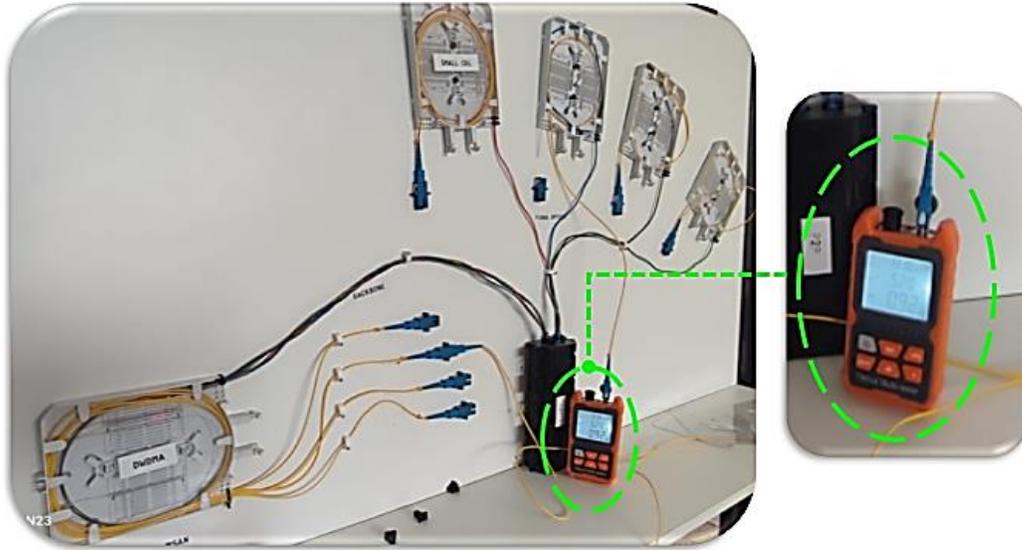


Figura 4.29. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – ISP.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

4.6.2.3 MEDICIONES DE ATENUACIÓN – MSAN – RBS

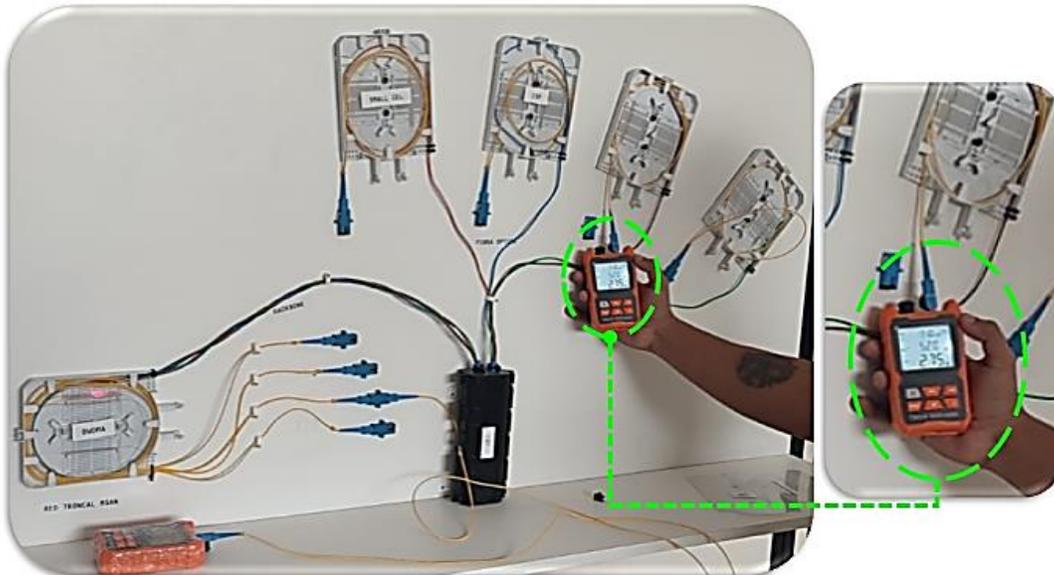


Figura 4.30. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – RBS.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #2 en la red de RBS, se utilizó el valor de referencia anterior de 5.20 dB, ya que teniendo el valor de referencia el puente óptico utilizado se puede colocar en los diferentes enlaces punto a punto realizados. Se continua con

el proceso de conectar el emisor con el patchcord SC/UPC al extremo de entrada de la Red Trocal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor practico de atenuación que es de 2.75 dB.**

4.6.2.3 MEDICIONES DE ATENUACIÓN – MSAN – CORPORATIVO

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #2 en la red de Corporativo, se usó el valor de referencia de 5.20 dB obtenido en las mediciones anteriores.

Con el valor de referencia obtenido, procedemos a conectar el emisor con el patchcord SC/UPC al extremo de entrada de la Red Trocal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia.

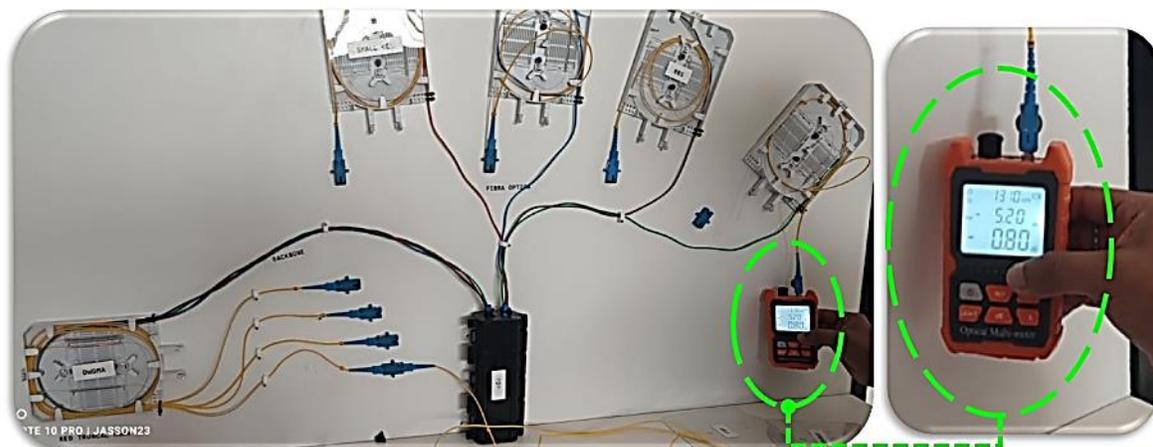


Figura 4.31. Valor de atenuación en Red Troncal – MSAN – Corporativo.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor practico de atenuación que es de 0.80 dB.**

4.6.3 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #3, hace referencia a una red troncal móvil, con nodos de radio base (cuatro nodos) conectadas en cadena, sin embargo, cada organización o RBS representa un nodo individual para ofrecer un servicio, emulando la oferta en diferentes zonas o diferentes servicios, para el proceso de mediciones se divide en cuatro secciones como enlaces de extremo a extremo.

4.6.3.1 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL – RBS #1

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #3 en la red de RBS 1, lo primero que se debe realizar según el estándar **ANSI/TIA 526-7 A.1** es tomar un valor de referencia, se usa el medidor Mini-OPM, con la fuente de luz emitida por el mismo y realizamos un puente óptico con el patchcord SC/APC, debido a los conectores utilizados para la instalación de este módulo.



Figura 4.32. Valor de referencia en Red Troncal – Móvil – RBS #1.

FUENTE: imagen elaborada por el autor.

Con el valor de referencia obtenido de **8.49 dB**, procedemos a conectar el emisor con el patchcord SC/APC al extremo de entrada de la Red Troncal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia.

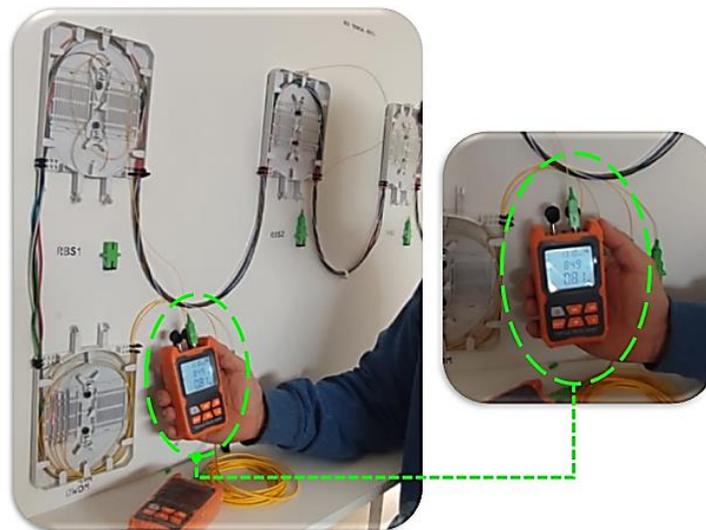


Figura 4.33. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #1.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 0.81 dB.**

4.6.3.2 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL – RBS #2

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #3 en la red de RBS 2, se utiliza el valor de referencia que se obtuvo realizando el puente óptico según recomendación del estándar ANSI/TIA 526-7 A. como se muestra en la Figura 4.32, el valor de referencia es de **8.49 dB.**

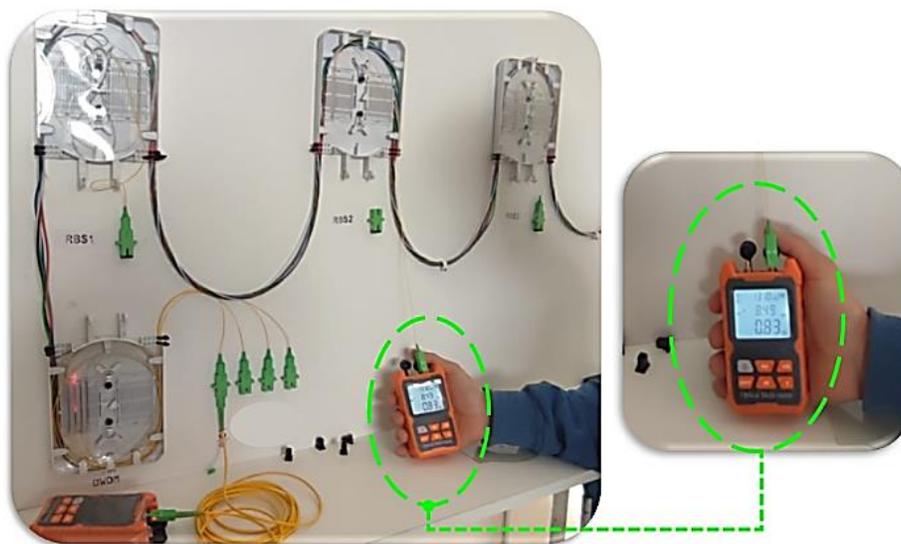


Figura 4.34. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #2.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Con el valor de referencia obtenido, se procede a conectar el emisor con el patchcord SC/APC al extremo de entrada de la Red Troncal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia, es decir de la central al nodo. El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 0.83 dB.**

4.6.3.3 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL – RBS #3.

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #3 en la red de RBS 3, se toma en cuenta el valor de referencia **8.49 dB**, obtenido anteriormente.

Con el valor de referencia obtenido, procedemos a conectar el emisor con el patchcord SC/APC al extremo de entrada de la Red Troncal de topología punto a punto y conectar la

salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia, es decir de la central al nodo #3. El medidor de potencia óptico muestra el **valor práctico de atenuación que es de 0.83 dB**.



Figura 4.35. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #3.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.6.3.4 MEDICIONES DE ATENUACIÓN - RED TRONCAL – MÓVIL – RBS #4

El proceso de mediciones en el módulo didáctico #3 en la red de RBS 4, se coloca el valor de referencia **8.49 dB**, obtenido anteriormente.



Figura 4.36. Valor de atenuación en Red Troncal – Móvil – RBS #4.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

Con el valor de referencia obtenido, se continua con la conexión del emisor con el patchcord SC/APC al extremo de entrada de la Red Trocal de topología punto a punto y conectar la salida de la red al medidor de potencia receptor calibrado con el valor de referencia, es decir de la central al nodo #4. El medidor de potencia óptico muestra el **valor practico de atenuación que es de 0.79 dB.**

4.7 COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICO – PRÁCTICOS

En esta sección se realizará una comparación entre los valores obtenidos entre los valores obtenidos por el presupuesto óptico (valor teórico) y el valor obtenido por las mediciones haciendo uso de equipos medidores Mini - OPM (práctico).

La comparación optima la podemos obtener realizando el cálculo de porcentaje de error:

$$\%Error = \left(\frac{valor\ te\acute{o}rico - valor\ pr\acute{a}ctico}{valor\ te\acute{o}rico} \right) * 100$$

Ecuación 12. Formula Porcentaje de Error.

4.7.1 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRÁCTICO – DWM

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor práctico de atenuación que es de 1.39 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 1.4014 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

$$\%Error = \left(\frac{valor\ te\acute{o}rico - valor\ pr\acute{a}ctico}{valor\ te\acute{o}rico} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{1.4014\ dB - 1.39\ dB}{1.4014\ dB} \right) * 100 = \mathbf{0.81\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **0.81 %.**

4.7.2 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRACTICO – MSAN

4.7.2.1 VALOR TEÓRICO -PRACTICO – MSAN – SMAL CELL

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor práctico de atenuación que es de 0.89 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.9035 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

$$\%Error = \left(\frac{valor\ teórico - valor\ práctico}{valor\ teórico} \right) * 100$$
$$\%Error = \left(\frac{0.9035\ dB - 0.89\ dB}{0.9035\ dB} \right) * 100 = 1.49\%$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **1.49 %.**

4.7.2.2 VALOR TEÓRICO -PRÁCTICO – MSAN – ISP

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor práctico de atenuación que es de 0.92 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.9035 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

$$\%Error = \left(\frac{valor\ teórico - valor\ práctico}{valor\ teórico} \right) * 100$$
$$\%Error = \left(\frac{0.9035\ dB - 0.92\ dB}{0.9035\ dB} \right) * 100 = 1.82\%$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **1.82 %.**

4.7.2.3 VALOR TEÓRICO -PRÁCTICO – MSAN – RBS (ERROR 1)

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor práctico de atenuación que es de 2.75 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.9035 dB.**

Para este enlace punto a punto no se realizó cálculo de porcentaje de error, por el motivo, de que la diferencia entre los valores obtenidos es significativa, este valor se obtiene debido a que se opera con cantidades minúsculas, además de dobleces que puede tener la fibra en las bandejas donde este ubicada o el empalme realizado no es el adecuado, en la central o en los nodos, se debe tener presente que un rango aceptable para las mediciones es de $\pm 3\text{dB}$. Otro factor puede ser los índices de curvatura altos en la ubicación de los hilos de fibra, ya sea dentro de la central, en el punto de continuidad (Mini – Manga Lineal) o dentro de los ODF's de las organizaciones.

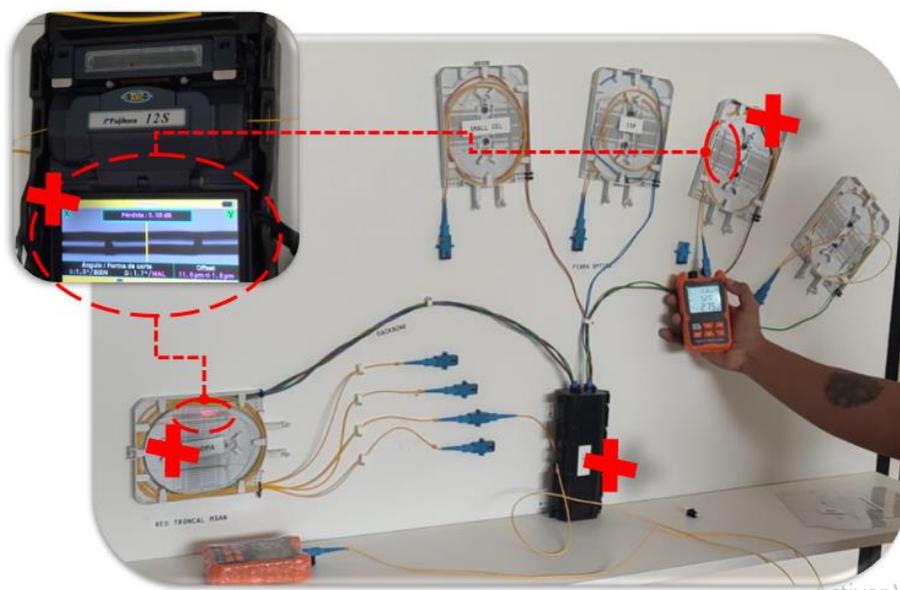


Figura 4.37. Errores simulados de Redes reales.

FUENTE: Imagen elaborada por el autor.

4.7.2.4 VALOR TEÓRICO -PRÁCTICO – MSAN – CORPORATIVO (ERROR 2)

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor práctico de atenuación que es de 0.80 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.9035 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

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

$$\%Error = \left(\frac{0.9035 \text{ dB} - 0.80 \text{ dB}}{0.9035 \text{ dB}} \right) * 100 = \mathbf{11.45\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **11.53 %**. Los errores que se pueden dar se puntualizan en la sección anterior, este valor se obtiene debido a que se opera con cantidades minúsculas, además de dobleces que puede tener la fibra en las bandejas donde este ubicada o el empalme realizado no es el adecuado, *Figura 4.37*.

4.7.3 COMPARACIÓN DE VALOR TEÓRICO-PRACTICO - MÓVIL

4.7.3.1 VALOR TEÓRICO -PRACTICO – MÓVIL – RBS #1

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor practico de atenuación que es de 0.81 dB**.
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.8014 dB**.

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

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

$$\%Error = \left(\frac{0.8014 \text{ dB} - 0.81 \text{ dB}}{0.8014 \text{ dB}} \right) * 100 = \mathbf{0.17\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **0.17 %**.

4.7.3.2 VALOR TEÓRICO -PRACTICO – MÓVIL – RBS #2

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor practico de atenuación que es de 0.83 dB**.
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.8014 dB**.

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

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

$$\%Error = \left(\frac{0.8014 \text{ dB} - 0.83 \text{ dB}}{0.8014 \text{ dB}} \right) * 100 = \mathbf{3.56\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **3.56 %**.

4.7.3.3 VALOR TEÓRICO -PRACTICO – MÓVIL – RBS #3

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor practico de atenuación que es de 0.83 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.8014 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$
$$\%Error = \left(\frac{0.8014 \text{ dB} - 0.83 \text{ dB}}{0.8014 \text{ dB}} \right) * 100 = \mathbf{3.56\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **3.56 %**.

4.7.3.4 VALOR TEÓRICO -PRACTICO – MÓVIL – RBS #4

- Según las mediciones obtenidas por el medidor Mini-OPM el **valor practico de atenuación que es de 0.79 dB.**
- Según el presupuesto óptico obtenido por la plantilla el **valor teórico de atenuación que es de 0.8014 dB.**

La comparación se da por el cálculo de porcentaje de error de los valores obtenidos.

$$\%Error = \left(\frac{\text{valor teórico} - \text{valor práctico}}{\text{valor teórico}} \right) * 100$$
$$\%Error = \left(\frac{0.8014 \text{ dB} - 0.79 \text{ dB}}{0.8014 \text{ dB}} \right) * 100 = \mathbf{1.42\%}$$

El porcentaje de error hallado entre los dos valores obtenidos es de **1.42 %**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis de referente a la tecnología GPON y sus arquitecturas se concluye que para el diseño e implementación del primer módulo didáctico se emplea la topología en anillo, ya que permite el tráfico o conmutación para envío de información de manera ordenada y la configuración o estructura permite la comunicación de manera fluida entre la central y nodos primarios, este tipo de tecnología es beneficiosa, ya que, si existe una ruptura en la red o cable de fibra, la información tiene una vía más disponible para llegar a su destino.

La topología utilizada en el segundo modulo didáctico emplea la estructura tipo árbol que permite el envío de datos o información de forma jerárquica, según sea el requerimiento, esta estructura permite la detección de fallas de una manera más sencilla, un mantenimiento más óptimo y fácil, gracias a el cableado segmentado punto a punto, en el módulo se representan diferentes tipos de servicios tales como SMALL CELL, ISP y redes corporativas.

El diseño de arquitectura para el tercer módulo, se emplea la topología de enlaces a través de canales dedicados, es decir direccionadas de extremo a extremo, lo que brinda fiabilidad, de manera que se asegura la confidencialidad y alta disponibilidad de servicio.

Tras haber realizado el estudio y comprendido el uso del despliegue de tecnologías GPON, se hace necesario tomar en cuenta las normativas ANSI/TIA-568-D para el cableado estructurado de fibra óptica, ISO/IEC 181101 para la realización de los diferentes tipos de canalización de fibra óptica y la normativa ANSI/TIA-569-E para los espacios de canalización de distribución horizontal y vertical de fibra óptica, es decir, los componentes pasivos implementados o colocados en los módulos simulan un ambiente de red real, a menor escala, dentro de una planta interna y el tendido basado en la interconexión de centrales y nodos primarios, como punto base para la distribución de servicios de telecomunicaciones.

El diseño de los modelos de red de planta interna se realizó en el software Sketch Up, ya que el programa permite tener una visión digitalizada de la presentación dentro del cuarto de telecomunicaciones de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, esto se debe a su

manejo sencillo y fácil entendimiento de las herramientas que permiten realizar el modelado de componentes y elementos.

Durante la realización de las prácticas se tomaron mediciones de potencia haciendo uso de los equipos POWER METER PON en diferentes configuraciones de longitudes de ondas y determinar su pérdida de potencia en dB esto al ser comparados con los datos teóricos se concluye una tasa de error máxima de 3% dejando como resultado la factibilidad de la red, esto gracias también a la comparación admitida por pérdidas en dB del presupuesto óptico de la normativa para el diseño de red interna en edificios y urbanizaciones establecido por la compañía de telecomunicaciones CNT, para dicho proceso la propuesta técnica presentada se basó en el Estándar ANSI/TIA 526-7.A1, tomando valores de referencia y conectando puentes ópticos a los extremos de red.

Las redes ópticas pasivas se convierten en el medio de conmutación más óptimo para la transmisión y gracias a la implementación de los módulos se espera que los estudiantes de telecomunicaciones puedan realizar prácticas de interconexión de equipos transmisores y receptores, además de realización de fusiones, sangrado de la fibra óptica, pruebas de potencia, simulando un ambiente real de trabajo y los diferentes problemas que en ella se puedan encontrar adquiriendo mayores conocimiento en redes de telecomunicaciones formando mejores profesionales para el país en el mundo.

El uso de los módulos comprende el fortalecimiento de conocimientos teórico – práctico, de las cátedras impartidas dentro del curso o materias referentes a las telecomunicaciones y pretende mejorar el desarrollo de capacidades de los estudiantes.

RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar un análisis previo antes del uso de los módulos didácticos, es decir, si se desea desarrollar una práctica de laboratorio tener en cuenta que deben estar completos los materiales y componentes a utilizar según especificaciones de la práctica o el docente.

Para el uso de los módulos se debe tener precaución al momento de manipular los conectores o al realizar la conexión de los mismos en los adaptadores, ya que si estos llegan a estar mal conexiónados se podría no obtener resultados óptimos dependiendo de lo que se

desea realizar; al dejar descubiertos los conectores y adaptadores sufren el riesgo de contaminarse con partículas de polvo y tierra, además de sufrir daños; se puede utilizar un limpiador de puertos especial para disminuir el posible riesgo de atenuaciones.

Si se realizan procesos de fusionados en los módulos didácticos lo más recomendable es seguir y actualizar las tablas de conexiones expuestas en el desarrollo de la propuesta ya que sirven de guía para personas ajenas al trabajo realizado o estudiantes que deseen tener conocimiento del cableado y fusinado de la red para prácticas futuras.

Tener precaución al momento de manipular la fibra o los hilos de fibra dentro de los módulos ya que al realizar dobleces ,curvaturas o tensar demasiado el cable se corre el riesgo de tener niveles de atenuación altos, de igual manera se debe tener cuidado al momento de ubicar los hilos de fibra o fusiones realizadas dentro de los componentes que pueden alojarlos como lo son en este caso para los módulos didácticos de planta interna las bandejas que representan ODF's dentro de centrales u organizaciones, o las magnas porta empalmes que sirven como punto de continuidad.

El cálculo de atenuación óptica o presupuesto óptico en una red de fibra no de ser mayor a 25 dB como los establecen las normativas y deben respetar un umbral del 3dB, para una red de planta interna se debe tener en cuenta equipos como lo ODF (Distribuidores principales) o distribuidores de piso y los componentes que estos albergan, para los módulos didácticos se trabajó con valores minúsculos para una red completa ya que solo son simulaciones de redes extensas en cuanto a tendido y componentes .

El tendido de fibra dentro de un área de telecomunicaciones es de vital importancia ya que debe tener características de resistencia contra fuego o situaciones ajenas a la red como roedores y condiciones ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- R. A. M. David, «ANÁLISIS DE NORMATIVAS PARA REDES GPON Y LA CALIDAD DE SERVICIO EN ECUADOR,» *JOURNAL RECINATUR INTERNACIONAL*, p. 13, 2019.
- M. d. Telecomunicaciones, «<https://www.telecomunicaciones.gob.ec>,» 2020.
- [2] [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica/>.
- D. N. R. MERCEDES, «Repositorio de la Universidad de Guayaquil,» 2016.
- [3] [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20555/1/tesis%20DUQUE%20ROSA.pdf>. [Último acceso: 25 11 2021].
- U. E. P. d. S. E. UPSE, «FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES,» FACSISTEL, octubre 2019. [En línea]. Available: https://www.upse.edu.ec/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=8&Itemid=183. [Último acceso: 2022].
- S. Sinha, «ANSI/TIA-568.0-D: Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises,» Standards Informant, 2021. [En línea]. Available: <https://blog.siemon.com/standards/ansitia-568-c-0-generic-telecommunications-cabling-for-customer-premises>. [Último acceso: 08 diciembre 2021].
- A. 135, «Fiber Optic System Testing Tutorial,» *Applications Engineering Note*, vol. AEN 135, n° Revision 2, p. 11, 2015.
- NOM-001, «Dario Oficial de la federación,» SEGOB, 08 junio 1994. [En línea]. Available: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4701489&fecha=08/06/1994. [Último acceso: 08 diciembre 2021].

G. S. P. BRAGANZA, «"ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DE REDES LAN ALAMBRICAS E INALÁMBRICAS" .,» NOVIEMBRE. 2009. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/3756/T-PUCE-3803.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 20 ENERO. 2022].

J. C. D. LOPEZ, «OPTIMIZACION DE DISPOSITIVOS UTILIZANDO RUTEADORES EN UNA RED PARA SU APLICACION EN SISTEMAS ALAMBRICOS E INALAMBRICOS.,» enero 2008. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/22032/1/1020160149.pdf>. [Último acceso: 20 enero 2022].

F. d. Telecomunicaciones, «Blogspot,» Fundamentos de telecomunicaciones, 2014. [En línea]. Available: <http://fundamentostelecomu.blogspot.com/2014/12/medio-de-transmision.html>. [Último acceso: 2022].

M. J. Bonilla, «PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE MONTAJE E INSTALACION DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES POR CABLE COAXIAL,» SENA., vol. PRIMERA EDICION, p. 34, 2003.

Y. Rodriguez, Fibra Óptica., El Cid, 2009.

J. E. M. Castillo, «DISEÑO DE LA CAPA FÍSICA DE UN SISTEMA DE RED ÓPTICA PASIVA (PON), CON TOPOLOGÍAS ORIENTADAS A SOLUCIONES CORPORATIVAS PARA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE FIBRA ÓPTICA,» OCTUBRE 2015. [En línea]. Available: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3323/1/Javier%20Eduardo%20Melgar%20Castillo.pdf>. [Último acceso: 20 ENERO 2022].

J. p. Zapardiel, «Universidad politecnica de madrid.,» junio 2014. [En línea]. Available: https://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf. [Último acceso: 14 junio 2022].

E. Y. L. D. COLOMBIA, «QUE ES LONGITUD DE ONDA,» EQUIPOS Y
[15] LABORATORIO DE COLOMBIA, 2022. [En línea]. Available:
<https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-la-longitud-de-onda>. [Último acceso: 2022].

J. A. CONESA, «FOTOQUIMICOS,» DISEÑO DE REACTORES, 2021.
[16]

C. D. M. A. Danny Santiago Llumiquinga Gayasamin, «A nálisis y diseño del
[17] sistema redundante de fibra optica quito - guayaquil para la red de Telconet S.A.,» 22
02 2008. [En línea]. Available:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/993/1/CD-1295.pdf>. [Último acceso:
01 2022].

C. A. G. Mayor, «ISSUU.,» 9 Mayo 2014. [En línea]. Available:
[18] https://issuu.com/cesargeronimo2/docs/libro_de_comunicaciones_opticas. [Último
acceso: 21 Enero 2022].

A. U. Bonifaz, «PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ,»
[19] 2007. [En línea]. Available:
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/993/URTEAGA_BONIFAZ_ALEXANDER_FIBRA_OPTICA_TELEFONIA_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 2022].

C. M. Bardají, «Realización de un atenuador variable para fibras ópticas de
[20] plástico controlado por ordenador,» 2021. [En línea]. Available:
<https://zagan.unizar.es/record/106838/files/TAZ-TFG-2021-2479.pdf>. [Último
acceso: 21 enero. 2022].

L. C. E. Antonio, «IMPLEMENTACION DE LA RED DE ACCESO DE
[21] FIBRA,» 2013. [En línea]. Available:
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/12152/TD-1315->

Laruta%20Choque%2c%20Edwin%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
[Último acceso: 21 enero 2022].

E. M. Seoane, «HERRAMIENTA DE ESTIMACIÓN DE EFECTOS NO
[22] LINEALES EN ENLACES DE FIBRA ÓPTICA,» octubre 2018. [En línea].
Available: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7566/tfm-marher.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 22 enero 2022].

W. F. A. AYAVACA, «DISEÑO DE UNA RED DWDM TRONCAL PARA
[23] MINIMIZAR EL EFECTO DE DISPERSIÓN CROMÁTICA EN EL ENLACE DE FIBRA GUAYAQUIL - LOJA,» 24 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/15761/1/T-UCSG-POS-MTEL-181.pdf.pdf>. [Último acceso: 22 enero 2022].

R. C. T. Cruzatt, «LAS REDES OPTICAS,» *ELECTRONICA UNMSM*, n° 9,
[24] p. 12, 2002.

Y. Marchukov, «“Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de
[25] infraestructuras FTTH”,» 2011. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf>. [Último acceso: 16 febrero 2022].

R. M. E. Ramiro Cevallos Rojas, «Estudio y diseño de una red de última milla,
[26] utilizando la tecnología G-PON para el sector del nuevo aeropuerto de Quito,» Marzo 2010. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1886>. [Último acceso: 12 febrero. 2022].

M. LÓPEZ BONILLA, E. MOSCHIM y F. RUDGE BARBOSA, «ESTUDIO
[27] COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON,» *Scientia Et Technica*, vol. XV, n° 41, p. 324, 2009.

E. A. S. Chicaiza, «Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la
[28] factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí,» 15 septiembre. 2021. [En línea]. Available:

<http://201.159.223.180/bitstream/3317/17162/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-406.pdf>.
[Último acceso: 15 junio 2022].

L. Hutcheson, «FTTx: Current Status and the Future,» *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, n° 7, pp. 90 - 95, 2008.

FOA, «thefoa,» *Guide To Fiber Optics & Premises Cabling*, 2016. [En línea].
[30] Available: <https://www.thefoa.org/ESP-Design/Ch4.htm>. [Último acceso: 02 abril 2022].

J. A. Lorenzo, «Qué es un transceptor SFP y cómo elegir uno según tus necesidades,» *redes zone*, 13 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/que-es-transceptor-sfp/>. [Último acceso: 11 febrero 2022].

CNT, «NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA,» CNT, FEBRERO 2012. [En línea].

Juan., «ANÁLISIS DE PON: Qué es OLT, ONU, ONT y ODN,» 10 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>. [Último acceso: 13 febrero 2022].

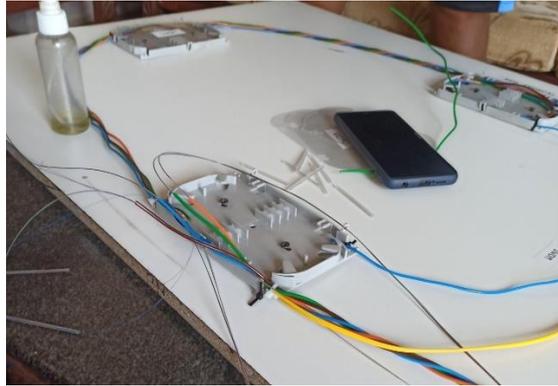
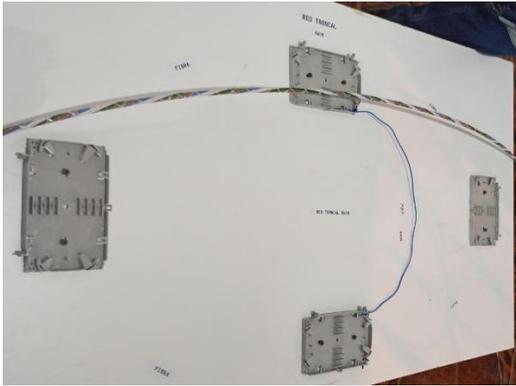
N. E. Edison Quisnancela, «Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x,» *Enfoque UTE.*, vol. 7, n° 4, pp. 19 -20, 2016.

T. STANDARD, «Optical Fiber Cable Color Coding,» *TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION.*, Vols. %1 de %2ANSI/TIA-598-D, pp. 7 -13, 2014.

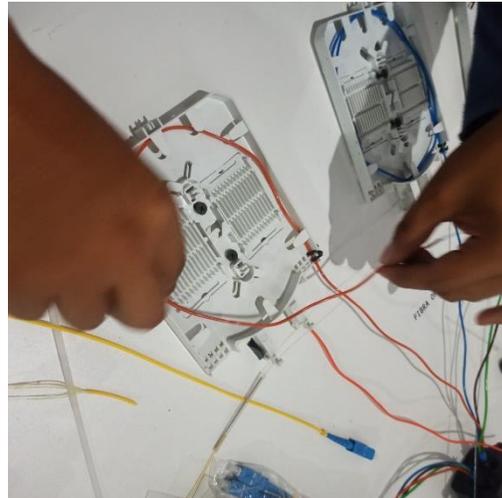
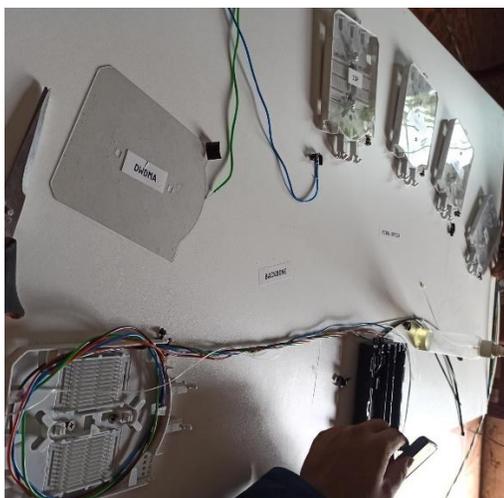
T. STANDARD, Artist, *Measurement of Optical Power Loss of Installed Single-Mode Fiber Cable Plant.* [Art]. TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION, 2017.

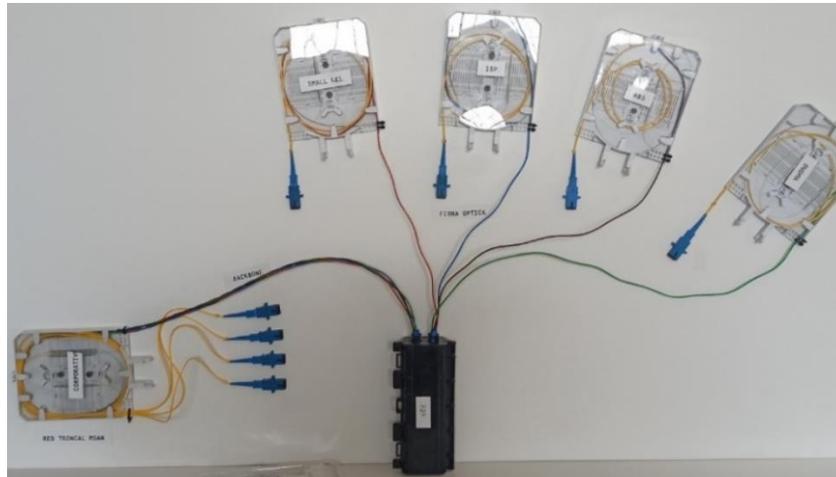
H. D. B. ERAZO, «ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA
[37] DE ACCESO A BANDA ANCHA EN EL CANTÓN ANTONIO ANTE Y
PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA (PON) PARA LA
EMPRESA CNT E.P. COMO SOLUCIÓN A FUTURAS DEMANDAS»,» 2017. [En
línea]. Available:
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6449/1/04%20RED%20149%20T
RABAJO%20DE%20GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6449/1/04%20RED%20149%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf). [Último acceso: 2022].

ANEXOS

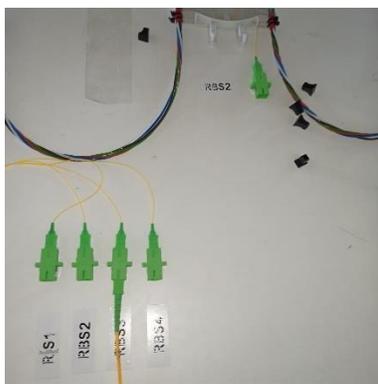


Anexo 1. Elaboración de Módulo Didáctico #1.

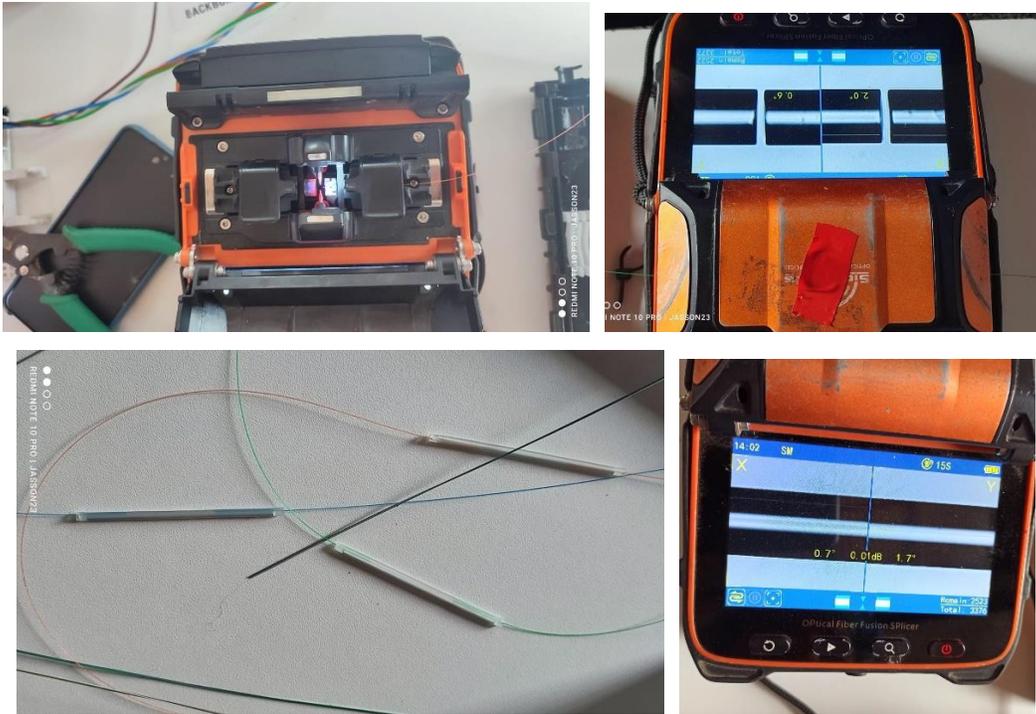




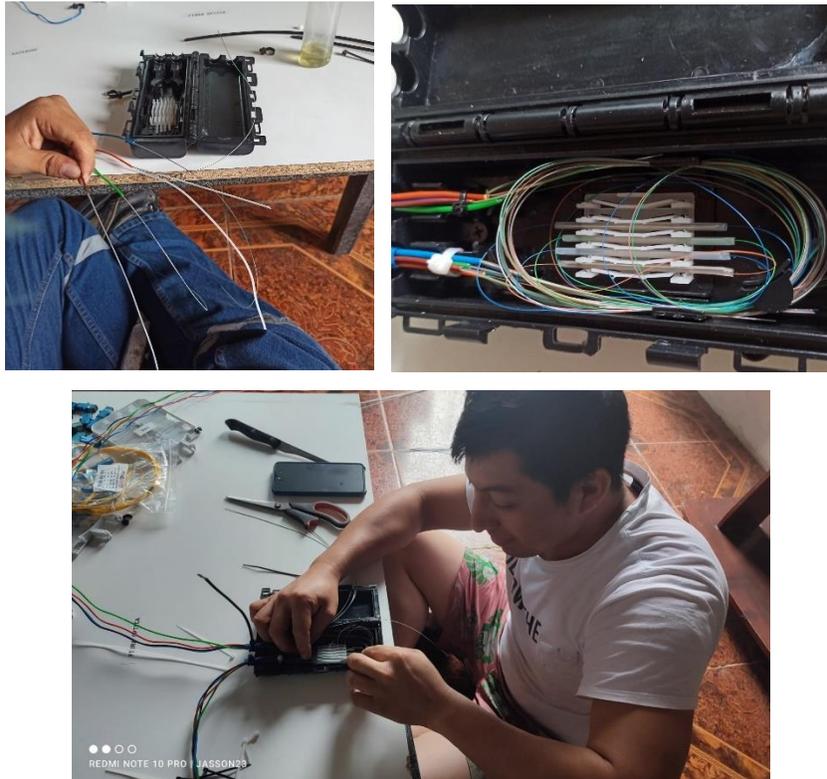
Anexo 2. Elaboración de Módulo Didáctico #2.



Anexo 3. Elaboración de Módulo Didáctico #3.



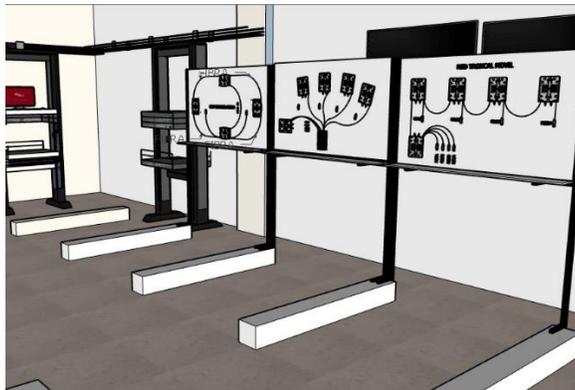
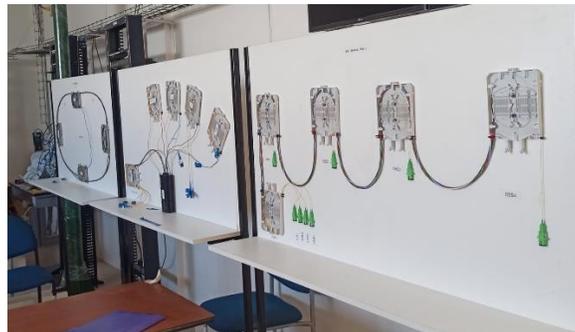
Anexo 4. Proceso de Fusión.



Anexo 5. Proceso de Armado de Manga Lineal.



Anexo 6. Proceso de mediciones de atenuación en los módulos.



Anexo 7. Ubicación y simulación de los módulos.

Anexo 8. PRÁCTICA #1: Fusión de Hilos de fibra en Radio Base para 4 antenas.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Fusión de Hilo de Fibra en Radio Base para 4 Antenas Módulo Didáctico #3	DURACIÓN
			3h
ALUMNO			

PRÁCTICA #_

1 | OBJETIVOS

- Identificar herramientas necesarias para un trabajo de fusión.
- Comprender y aprender del funcionamiento de una fusionadora y empalmes.
- Realizar correctamente el tratamiento de fibra óptica previo a la fusión
- Realizar correctamente una fusión de fibra óptica.
- Realizar fusiones entre extremos del cable de fibra óptica, para lograr continuidad de comunicación.

2 | FUNDAMENTO TEÓRICO

3 | MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO		MATERIAL DE APOYO
1. Cable ADSS.	5. Caja FDF.	9. Cuaderno.
2. Fusionadora.	6. Splitter 1:4.	10. Esfero.
3. Cortadora.	7. Mini-OPM.	11. Código de colores para fibra.
4. Peladora.	8. Patchcord.	

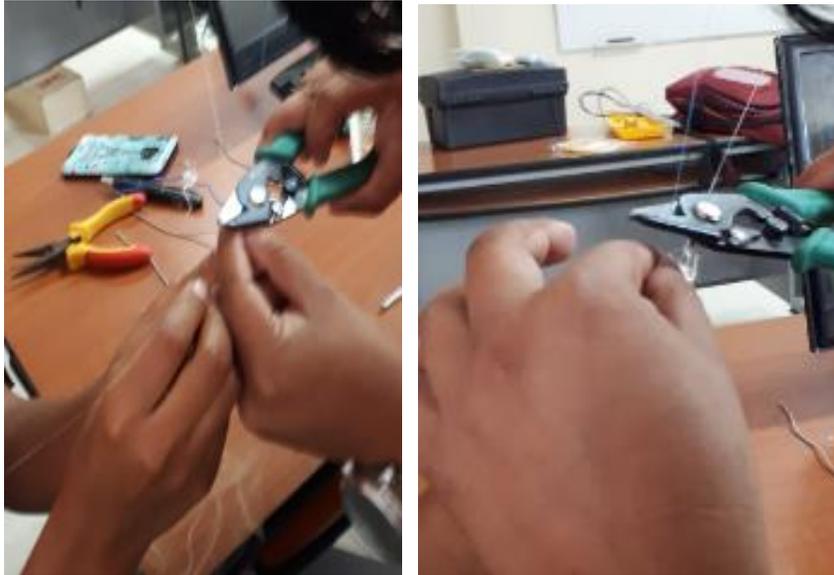
 Cable ADSS 4 hilos	 Fusionadora	 Cortadora	 Peladora
 Tubillos Protectores	 Splitter 1:4	 Mini-OPM + VFL	 Patchcord

4 | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para la elaboración de la práctica se puede utilizar el módulo didáctico #3 – Red Troncal móvil, este módulo contiene elementos como la fibra ADSS de 16 núcleos y

reserva en cada bandeja porta empalmes para poder realizar las fusiones necesarias para un enlace punto a punto, en el caso de esta práctica se realizará un enlace punto a multipunto como se menciona en el título de esta.

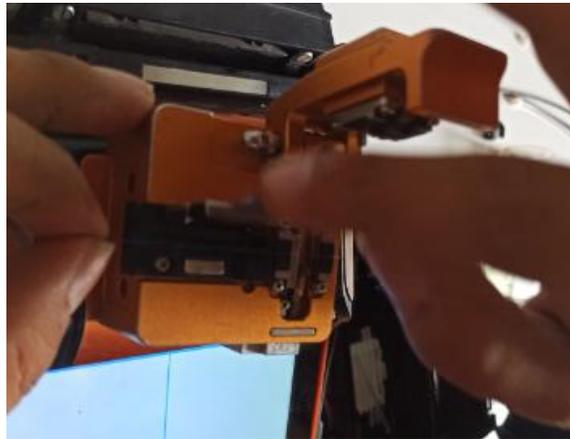
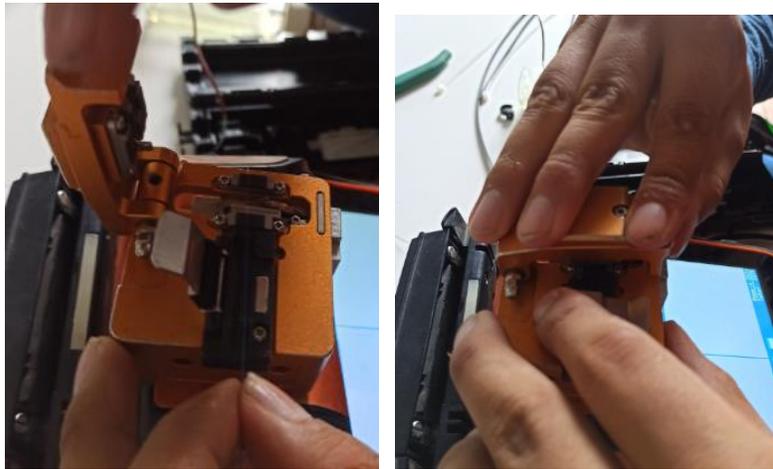
Lo primero que se debe realizar es la preparación de la fibra el tablero o Módulo #3, ya tiene descubierto los buffers protectores, entonces, se escogerá un buffer y se realizará la extracción de protección de los hilos de fibra.



Una vez se tiene el hilo de fibra, se procede limpiarlo, para ello, se utiliza alcohol isopropílico y una toalla o servilleta libre de pelusa.

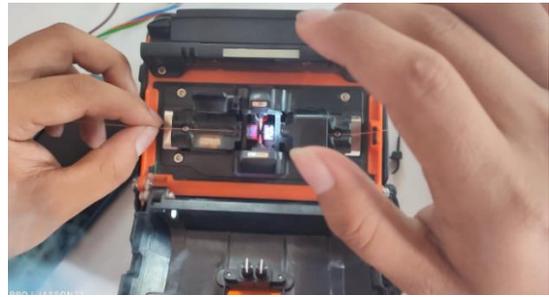


Una vez limpio el hilo de fibra, se procede a colocar en la cortadora de precisión, para obtener un corte preciso y recto en el extremo de cada hilo de fibra.



Una vez realizado el corte de la fibra se continua con el proceso de fusión de los hilos de fibra, colocar el tubillo protector de fibra en uno de los extremos y luego, se coloca cada extremo se hilo en ambos ejes de la fusionadora.





Luego se presiona el botón set o inicio para continuar con la fusión de los extremos de fibra.



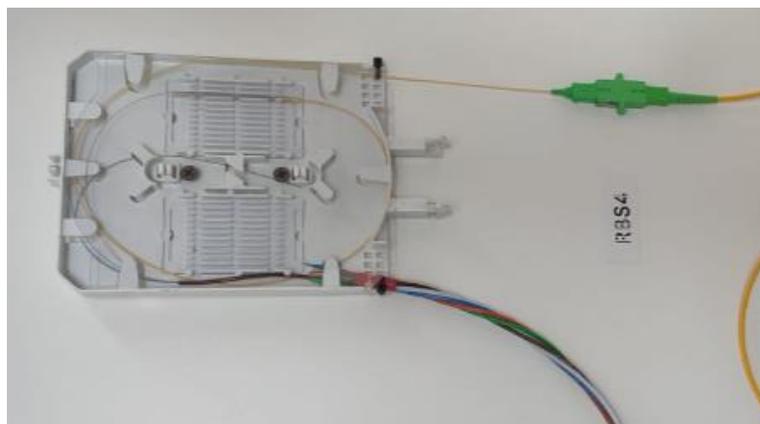
La fusionadora presenta imagen de la alineación de los hilos de fibra, si se encuentra alguna anomalía, como mal corte o alineación, no se produce la fusión, pero si no existe inconveniente se presiona set o inicio y se continua con el proceso de fusión.



Una vez realizada la fusión se procede a colocar el tubillo para la protección o tubillo termo retráctil y se ubica la fusión dentro del horno de la fusionadora, para que el calor logre el sellado y protección de la fusión. El proceso dura aproximadamente 8 segundos o el dispositivo avisara al momento que se realice el proceso.



Luego se retira cuidadosamente el hilo fusionado con el tubillo termo retráctil y se coloca en la bandeja porta empalmes.



Por último, se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace del enlace, se puede colocar es splitter de 1:4 para el proceso y distribución.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patchcord 1 SC/APC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP	
Observación	Continuidad estable de enlace punto a punto.

Prueba de medición de potencia final de enlace de 1:4 salidas

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

Anexo 9. PRÁCTICA #2: Armado y gestión de Manga Lineal.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Armado y Gestión de Manga Lineal para distribución de Servicio de Telecomunicaciones. Módulo Didáctico #2	DURACIÓN
	ALUMNO	

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar herramientas necesarias para un trabajo de comunicación de fibra óptica. • Comprender y aprender del funcionamiento de empalmes y protección de estos. • Realizar correctamente el tratamiento de fibra óptica previo al armado de la manga lineal. • Realizar correctamente la organización y gestión de una manga lineal. • Realizar fusiones entre extremos del cable de fibra óptica, para lograr continuidad de comunicación.

2 | FUNDAMENTO TEÓRICO

3 | MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO		MATERIAL DE APOYO
1. Cable ADSS.	5. Tubillos Protectores.	9. Cuardeno.
2. Fusionadora.	6. Mini-manga.	10. Esfero.
3. Cortadora.	7. Mini-OPM.	11. Código de colores para fibra.
4. Peladora.	8. Pachtcord.	

			
Cable ADSS 4 hilos	Fusionadora	Cortadora	Peladora
			
Tubillos Protectores	Mini-Manga Lineal	Mini-OPM + VFL	Pachtcord

4 | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para la elaboración de la práctica se puede utilizar el módulo didáctico #2 – Red Troncal MSAN, este módulo contiene elementos como la fibra ADSS de 16 núcleos y reserva en la manga que sirve como punto de continuidad para la conexión entre la bandeja que representa a una central y los nodos primarios u organizaciones que proveen diferentes tipos de servicios de Telecomunicaciones.

Lo primero que se debe realizar es la preparación de la fibra, se extrae el protector del Cable ADSS, de ser necesario, ya que el tablero o Módulo didáctico #2 cuenta con el cable preparado y los hilos de fibra expuestos, para realizar el trabajo.

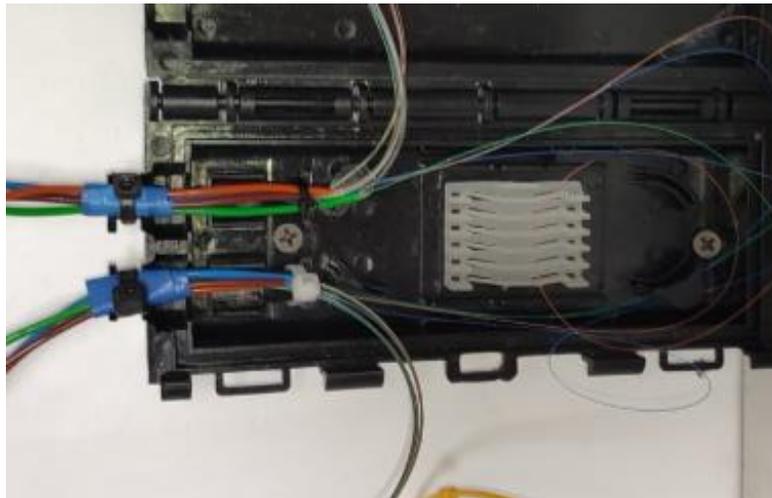


Para el ingreso de la fibra a la manga se debe colocar los extremos en los puertos de entrada, la mini-manga lineal cuenta con 2 puertos, uno de entrada y otro de salida como se muestra en la siguiente imagen.



Para asegurar la fibra a la manse se puede utilizar cita aislante o precintos para tener una mejor manipulación para la organización de los hilos de fibra dentro de la manga.

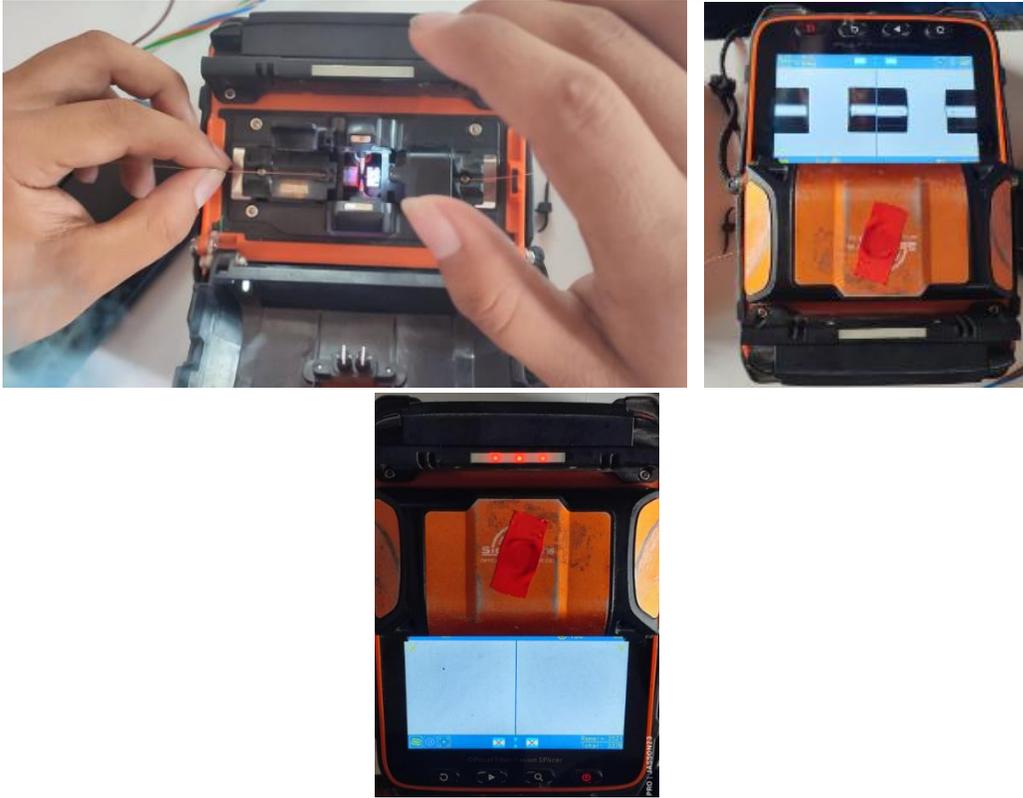
Una vez colocados los extremos de fibra se de organizar los hilos de fibra en los lados o base de la manga. Para mejor manipulación separar los hilos de extremo a extremo.



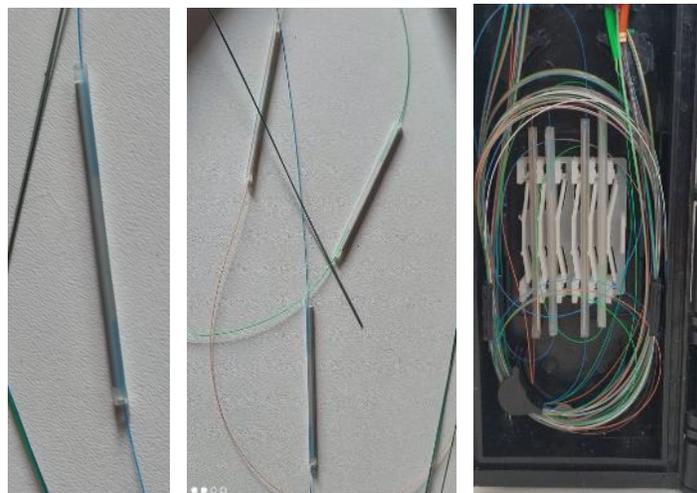
Luego se procede a realizar la fusión de los hilos de fibra siguiendo el código de colores establecido por las normativas de codificación d colores de cables de fibra óptica.

Posición	Color	Hilo
1	azul	azul
2	naranja	naranja
3	verde	verde
4	café	café
5	Plateado	Plateado
6	Blanco	Blanco
7	Rojo	Rojo
8	negro	negro
9	amarillo	amarillo
10	violeta	violeta
11	rosado(rosa)	rosado(rosa)
12	celeste (aqua)	celeste (aqua)

Para la fusión de los hilos de fibra puede observarse la práctica anterior. En este caso se tiene buffer de 16 núcleo, es por ello por lo que se tiene en cuenta desde la posición 1 a la 4 en la codificación de colores.



Una vez que se tiene los hilos de fibra fusionados, se procede a organizar los sobrante o reservas en el interior de la manga, y se procede a colocar los empalmes hechos pro la fusión en la base porta tubillos de la maga, se debe tener en cuenta el índice de curvatura para que la fibra no sufra atenuaciones por doblamiento o se pueda partir.



Por último, realizar el sellado de la manga, y se procede a verificar la continuidad del enlace de fibra y a verificar la potencia de salida del enlace de extremo a extremo entre la central y los proveedores.

Cabe recalcar que lo realizado son enlaces punto a punto para dar continuidad.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patchcord 1 SC/UPC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP	
Observación	Continuidad estable de extremo a extremo Central - Nodo

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

Anexo 10. PRÁCTICA #3: Sangrado de Fibra en Red Troncal.

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones	-	-

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Sangrado de Fibra en Red Troncal Módulo Didáctico #1	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar herramientas necesarias para realizar sangrado de fibra óptica. • Comprender y aprender de él porque realizar un sangrado de fibra. • Realizar correctamente el tratamiento de fibra óptica previo al sangrado • Realizar correctamente el sangrado de fibra.

2	FUNDAMENTO TEÓRICO

3	MATERIALES DE TRABAJO				
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">EQUIPO NECESARIO</th> <th style="width: 50%;">MATERIAL DE APOYO</th> </tr> <tr> <td> 1. Cable ADSS. 2. Cortadora longitudinal. 3. Cinta. 4. peldora 5. Felxómetro. 6. Alcohol Isopropilico. 7. Mini - OPM 8. Pachtcord. </td> <td> 8. Cuardeno. 9. Esfero. 10. Codigo de colores para fibra. </td> </tr> </table>	EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	1. Cable ADSS. 2. Cortadora longitudinal. 3. Cinta. 4. peldora 5. Felxómetro. 6. Alcohol Isopropilico. 7. Mini - OPM 8. Pachtcord.	8. Cuardeno. 9. Esfero. 10. Codigo de colores para fibra.
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO				
1. Cable ADSS. 2. Cortadora longitudinal. 3. Cinta. 4. peldora 5. Felxómetro. 6. Alcohol Isopropilico. 7. Mini - OPM 8. Pachtcord.	8. Cuardeno. 9. Esfero. 10. Codigo de colores para fibra.				

 Cable ADSS 4 hilos	 Cortadora Longitudinal	 Cinta	 Peladora
 Flexómetro	 Alcohol Isopropilico	 Pinza Cortadora	 Pachtcord

4	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA
	<p>Para la elaboración de la práctica se puede utilizar el módulo didáctico #1 – Red Troncal DWDM, este módulo contiene elementos como la fibra ADSS de 16 núcleos y</p>

reserva en cada bandeja porta empalmes para poder realizar el sangrado de fibra óptica la ventaja y elección de este módulo se debe a que el cable ADSS se puede extraer para realizar prácticas y colocar uno nuevo para realizar prácticas futuras.

El sangrado de fibra es una técnica que permite la extracción de hilos de fibra de un tubo holgado sin la necesidad de realizar cortes en la misma y que se pierda la continuidad.

Lo primero que se debe realizar es marcar 2 puntos en los extremos del cable ADSS, para ello se puede utilizar un pelador o marcador de fibra o un cutter, tomar las medidas de precaución necesarias.



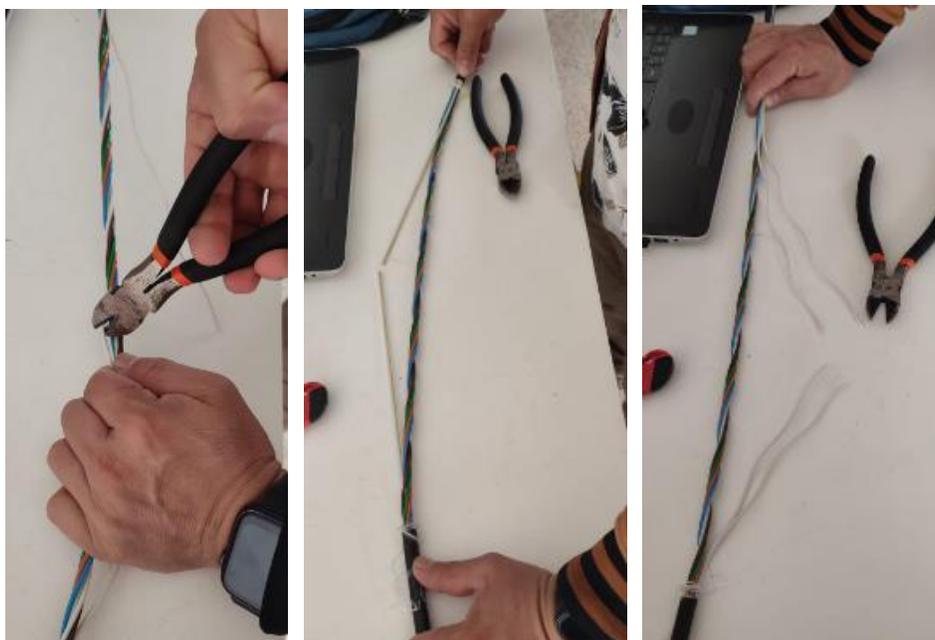
Una vez realizado el marco de corte se utiliza la peladora longitudinal para quitar la cubierta del cable y extraer los buffers o trenzado, protectores de la fibra, de no tener la cortadora longitudinal utilizar un cutter con las medidas de seguridad necesarias.



Teniendo los buffer o protectores de fibra expuestos, se debe cortar la tela o cubierta que contiene a los buffers.



Ahora se debe identificar el cable de dirección o trenzado SZ, esta chaqueta se debe retirar en ambos sentido o extremos del cable ADSS, a partir de donde se realiza el corte se separa los tubos holgados del miembro central y demás protecciones.



Luego utilizar un pelador de acceso holgado o una pinza peladora para extraer los buffers protectores y tener acceso a los hilos de fibra y poder utilizarlos. Después de este

proceso los hilos de fibra se pueden utilizar para realizar fusiones o dejarlos como reservan en mangas o bandejas porta empalmes de distribución.



Por último, se puede comprobar la continuidad utilizando los medidores Mini – OPM, realizando un envío de luz y comprobar de que llegue de extremo a extremo.

O conectar el OLT con el Patchcord y el tablero a los adaptadores o puntos de conexión.

Prueba de elementos pasivos en buen estado

TIPO	VALOR ESTANDÁR	VALOR PRÁCTICO
Patchcord 1 SC/UPC	0,3 dB	---- dB

Verificación de continuidad

Verificación de continuidad desde la ODF hasta la NAP	
Observación	Continuidad estable entre el anillo de fibra

Prueba de medición de potencia final de extremo a extremo

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

Ingeniero

Luis Chuquimarca Jiménez, MGtr

DIRECTOR DE LA CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

En su despacho.-

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 DE CONMUTACIÓN Y TRANSMISIÓN DE REDES DE PLANTA INTERNA GPON, EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA." Elaborado por los Sres. JASSON GEOVANNY LINDAO ROSALES y VÍCTOR MIGUEL PLÚA QUIMIS, el resultado es el siguiente.



Document Information

Analyzed document	Tesis - Módulos de Planta Interna - Jasson Lindao - Victor Plua.docx (D143199451)
Submitted	2022-08-23 22:02:00
Submitted by	Juan Arroyo Pizarro
Submitter email	jarroyo@upse.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	jarroyo.upse@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12002/2/04%20RED%20278%20TRABAJO%20GRADO.pdf Fetched: 2022-03-15 19:46:15		2
SA	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / Titulacion2.docx Document Titulacion2.docx (D142588612) Submitted by: vgarcia@upse.edu.ec Receiver: vgarcia.upse@analysis.orkund.com		9
SA	Tesis.pdf Document Tesis.pdf (D119933399)		5
W	URL: https://www.blackbox.com/es-es/soporte/suporte/recursos/black-box-explica/cable-de-fibra-optica/cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo Fetched: 2019-10-13 15:06:53		1

Atentamente:

Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro

Docente