



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED
FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA
EXISTENTE DE MDS TELECOM”**

REALIZADO POR: Blanco Coronado, Gabriel Jhosue Bernardo

TUTOR: Ing. Héctor Mijares

Caracas, enero 2021

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM

**Este Jurado: una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido
con el resultado:_____.**

JURADO EXAMINADOR

Firma

Firma

Firma

Nombre:

Nombre:

Nombre:

REALIZADO POR

Blanco Coronado, Gabriel Jhosue Bernardo

PROFESOR GUIA

Mijares, Héctor

Enero de 2021

DEDICATORIA

Con mucho amor Para: Dios, Jesucristo y el Espíritu Santo...

Para mi Madre Marisol, por todo su apoyo incondicional, por su amor y su bondad...

Para Mis Abuelos Robiro y Felicia...

Para Hiyalay Chaparro, por ser mi fiel compañera en toda mi etapa Universitaria...

“Alhamdulillah”

Gabriel J. Blanco C.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especialmente a mi Papa por su apoyo y aporte en cada momento, gracias a toda mi familia por brindarme su amor y apoyarme. Gracias a mi Hermano que desde niño fue una inspiración para mí. Gracias a mi tío Carlos por su cariño y su sabiduría. Gracias mi tía Nena y mi hermana Dizabeth por esa etapa difícil en mi vida que estuvieron conmigo y no me dejaron caer. Gracias a mi Primo Ronald por creer en mí y brindarme el apoyo para poder seguir estudiando y culminar mi carrera universitaria....

Agradecimiento a la Universidad Católica Andrés Bello, por ser mi casa de estudio y por toda la enseñanza brindada en toda mi carrera Universitaria...

Agradecimiento a la empresa MDS Telecom por la oportunidad brindada y la enseñanza en todo este proceso...

Agradecimiento a todos mis médicos por cuidar de mi salud...

Agradecimiento a todos mis profesores que he tenido desde mi niñez...

Agradecimiento a Orlando Chaparro y Javier Mason por sus conocimientos en el mundo de la telemática...

Agradecimiento a Chema por sus conocimientos en el mundo de los Proyectos de Redes...

Agradecimiento mi Prof. Eduardo Guevara por su apoyo y conocimientos...

Agradecimiento a mi Tutor Ing. Héctor Mijares por todo el apoyo...

Agradecimiento a todos mis Compañeros de Estudio...

Gabriel J. Blanco C.

RESUMEN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM

Gabriel J. Blanco C.

gjblanco.14@gmail.com

El presente Trabajo de Grado, está enfocado en el Diseño e Implementación de una Red FTTH bajo la tecnología GPON adaptada a la Red de Fibra Óptica existente de MDS Telecom. Este proyecto busca diseñar una Red FTTH (Fibra hasta el hogar) basada en el estándar GPON para dar servicio de Internet residencial y contar con un medio de transmisión confiable y así ofrecer las tasas de carga 1.244Gbits y descarga 2.488Gbits que ofrece la Tecnología GPON. La estructura del presente trabajo de grado está fundamentada en dos elementos principales, el primer elemento es el Diseño de la Arquitectura, cuya arquitectura de Red de Fibra Óptica es FTTH y el segundo elemento es su Implementación física y lógica para llevar a cabo lo que ofrece el estándar GPON, que permite cubrir grandes distancias sin necesidad de usar repetidores de señal y/o amplificadores. Para llevar a cabo este diseño, se tomaron decisiones considerando distintos criterios, tales como, la densidad de tráfico en la urbanización, lo cual determina las dimensiones del cable de fibra ideal, la escalabilidad, que permite el crecimiento de la red a futuro sin perder la calidad, la redundancia que proporciona seguridad ante posibles fallos de los enlaces. Estos criterios definidos con el fin de escoger los mejores componentes que pertenecerán a la red.

Palabras clave: Estándar GPON (*Gigabit-Capable Passive Optical Network*); FTTH (*Fiber to the home*, fibra hasta la casa); Fibra Óptica.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I.....	1
I.1.- Planteamiento del Problema	1
I.2.- Objetivos.....	2
I.2.1.- Objetivo General.....	2
I.2.2- Objetivos Específicos	2
I.3.- Justificación	2
I.4.- Alcances y Limitaciones.....	3
CAPITULO II. MARCO TEORICO	4
II.1 Redes de Telecomunicaciones	4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

II.2	Fibra Óptica.....	5
II.2.1	Partes De la Fibra Óptica.....	6
II.2.1.1	Ventajas De la Fibra Óptica.....	7
II.2.1.2	Desventajas de la Fibra Óptica	8
II.2.1.3	Tipos de Fibra Óptica.....	9
II.2.1.4	Características de la Fibra Óptica	12
II.3	Arquitecturas de Redes en Fibra	13
II.3.1	Solución FTTX.....	13
II.3.1.1	Solución FTTB.....	14
II.3.1.2	Solución FTTH	14
II.3.1.3	Solución FTTC.....	15
II.3.1.4	Solución FTTN	16
II.4	Redes Ópticas Pasivas – Evolución	16
II.4.1	Redes Activas (AON) y Redes Pasivas (PON)	17
II.4.1.1	Redes Ópticas Activas (AON).....	17
II.4.1.2	Redes Ópticas Pasivas (PON).....	18
II.5	Introducción A La Red GPON.....	27
II.5.1	Red GPON.....	28

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

II.5.1.1	Características principales de una Red GPON.....	28
II.5.1.2	Recomendaciones del Estándar GPON.....	28
II.6	Funcionamiento y Estructura de una Red GPON.....	30
II.6.1	Funcionamiento de una Red GPON	30
II.6.1.1	Estructura de una Red GPON	32
II.6.2	Ventajas, Objetivos y Seguridad de GPON.....	33
II.7	El Protocolo OMCI (<i>Ont Management and Control Interface</i>).....	35
CAPITULO III.....		36
III.1.-	Tipo De Investigación	37
III.2.-	Metodología Empleada.....	37
III.2.1.-	Bloque I: Investigación y Documentación.....	37
III.2.2-	Bloque II: Diseño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON (Arquitectura de la Red). 38	
III.2.3-	Bloque III: Configuración Lógica de los Equipos de la Red FTTH.	40
III.2.4-	Bloque IV: Realización De Pruebas.	42
III.2.5-	Bloque V: Realización del Tomo.....	42
CAPITULO IV.....		43
IV.1.-	Bloque I: Investigación y Documentación	43

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

IV.1.1	Investigación para la realización del Marco Teórico	43
IV.1.2	Investigación para establecer los enlaces físicos de la arquitectura Red FTTH.	44
IV.2.-	Diseño e Implementación de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON (Arquitectura de la Red). 49	
IV.2.1	Criterios para determinar la estructura física de la Red FTTH.	49
IV.2.2	Implementación de la estructura física de la Red FTTH.	56
IV.3.-	Configuración Lógica de los Equipos pertenecientes a la Red FTTH.	60
IV.3.1	Parámetros para la Configuración de los nodos en producción y configuración de los equipos pertenecientes a la Red FTTH.	60
IV.3.2	Configuración Nodos de la Red de Transporte de Datos.....	65
IV.3.3	Configuración Uplink Mikrotik	71
IV.3.4	Configuración OLT y Gestor <i>SmartOLT</i>	76
IV.3.5	Terminal Óptico de Red o unidad de terminal óptica (ONT/ONU)	82
IV.4.-	Bloque IV: Realización de Pruebas	85
CAPITULO V		89
V.1.-	Análisis de la arquitectura de Red FTTH	89
V.2.-	Determinación de los elementos pertenecientes a la arquitectura de Red.	92
V.3.-	Diseño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON	92
V.4.-	Implementación de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON	95

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

V.5.-	Revisión de la funcionalidad y desempeño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON	96
-------	---	----

CAPITULO VI.....	99
------------------	----

VI.1.- Conclusiones.....	99
--------------------------	----

VI.2.- Recomendaciones	101
------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	103
--------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Campos Temáticos del Trabajo de Grado	4
Figura 2: Partes de la fibra óptica.....	6
Figura 3: Fibra Monomodo	9
Figura 4: Tipos de fibra óptica	11
Figura 5: Solución FTTx.....	14
Figura 6: Solución FTTB	14
Figura 7: Solución FTTH	15
Figura 8: Solución FTTC	15
Figura 9: Solución FTTN	16
Figura 10: Diagrama de Redes Ópticas Activas y Pasivas.....	17
Figura 11: Optical Line Termination	20
Figura 12: Armario FDH.....	21
Figura 13: Caja de Distribución Óptica	23
Figura 14: Fibra Drop	23
Figura 15: Roseta Óptica.....	25
Figura 16: Splitter 1/32	26
Figura 17: Terminal de Red Óptica – ONT	27

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 18: División de canales Ascendentes y Descendentes.....	32
Figura 20: OLT ZXA10 C320	45
Figura 21: OLT VSOL	45
Figura 22: Parte de la Topología Red de Transporte y Acceso en fibra óptica existente de MDS Telecom.....	46
Figura 23: Maqueta ODF	48
Figura 24: ONT's Zte y Huawei	49
Figura 25: Urbanización Las Minas.....	49
Figura 26: Tramo fibra óptica existente Sub-Estación eléctrica la Mariposa-Centro Comercial la Colina	51
Figura 27: Tanquilla de Cantv Urbanización las minas.....	52
Figura 28: FXB de un Edificio en la Urbanización las minas	52
Figura 29: GPS GARMIN ETREX 10.....	54
Figura 30: Tanquillas y tramos Fibra Óptica canalizada Urbanización las Minas	55
Figura 31: Rutas Urbanización las minas	57
Figura 32: Esquema del funcionamiento de la Red FTTH	64
Figura 33: Huawei 6720 EI.....	65
Figura 34: Putty.....	66
Figura 35: Nodo Montecristo.....	66

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 36: Diseño Lógico Red Transporte MDS Telecom	68
Figura 37: Servicio VLL	69
Figura 38: IP Nodos Transporte de Datos.....	70
Figura 39: Comandos Nodos transporte Huawei	71
Figura 40: Nodo Mikrotik CCR 1072	72
Figura 41: Herramienta Winbox	72
Figura 42: Interfaz gráfica nodo Mikrotik	73
Figura 43: Comando lista de dirección SmartOLT	73
Figura 44: Comando Redirección de puertos.....	74
Figura 45: Comando de firewall permiso de acceso servidores SmartOLT	75
Figura 46: Configuración IP	75
Figura 47: Prueba de conexión.....	76
Figura 48: Configuración interfaz OLT.....	76
Figura 49: Comando plug-and-play.	77
Figura 50: Configuración LACP Smartgroup.....	77
Figura 51: Configuración puerto Smartgroup.....	78
Figura 53: Parámetros integración de OLT en SmartOLT.	79
Figura 54: Test connection SmartOLT.	80

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 55: Configuración Vlan.....	80
Figura 56: Configuración Puerto Uplink.	81
Figura 57: Puerto Uplink Activo.....	81
Figura 58: Configuración Puerto PON.....	82
Figura 59: Puerto PON Activo.....	82
Figura 60: ONT Sin Configurar.	83
Figura 61: Configuración Inicial ONT.....	84
Figura 62: Información de la ONT.	84
Figura 63: Vlan de Gestión.	85
Figura 64: Configuración de Clave y Usuario.	85
Figura 65 Sistema de Gestión.	86
Figura 66: Grafica de señal OLT-ONT's.	86
Figura 67: OLT Uptime.	87
Figura 68: Sistema de Gestión ONT, ONU.	87
Figura 69: Información de la ONT.	88
Figura 70: Acceso ONT por interfaz Web.	88
Figura 71: Test de Velocidad.	88
Figura 72: Diseño arquitectura FTTH.....	89

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 73: Identificación cable Fibra Óptica.	90
Figura 74: Prototipo FTTH.	91
Figura 75: Elementos Red FTTH.	92
Figura 76: Diseño de la Red FTTH.	94
Figura 77: Implementación de la Red FTTH.	95
Figura 78: Abonados en Producción, Vlans de Servicio y Gestión.	96
Figura 79: Test de Potencia Óptica.	96
Figura 80: Gestión de las ONT's de los abonados en producción.	97
Figura 81: Prueba de Velocidad Usuarios 10MB y 50MB.	98
Figura 82: Urbanización las Minas.	109
Figura 83: Instrumento de exploración Mariota.	109
Figura 84: Exploración de las VGT CANTV.	110
Figura 85: Inclusión de mecate guía, para posterior implementación de la Fibra Óptica.	110
Figura 86: Inclusión de mecate guía 2.	111
Figura 87: Tanquilla CANTV VGT 1.	111
Figura 88: Tanquilla CANTV VGT 2 empozada.	111
Figura 89: Fibra Óptica de 96 Hilos.	112
Figura 90: Implementación de la Fibra Óptica en la Urbanización las Minas.	112

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 91: Implementación de la Fibra Óptica en la Urbanización las Minas 2.....	113
Figura 92: Manga de Fibra Óptica.	114
Figura 93: Empalmadora de Hilos de Fibra Óptica.	114
Figura 94: Fusión entre la Fibra Óptica canalizada con la Fibra Óptica que va hacia la FXB de los edificios con 0.0db de perdida por fusión.	114
Figura 95: Manga Culminada.	115
Figura 96: Inclusión de Manga en las VGT de CANTV.	115
Figura 97: Implementación de la Fibra Óptica en las FXB de los Edificios.	116
Figura 98: Inicio de Implementación de la Fibra Drop.....	117
Figura 99: Implementación de la Fibra Drop.....	117
Figura 100: Caja de Distribución Óptica.	117
Figura 101: Splitter Caja de Distribución Óptica.....	118
Figura 103: Edificio Urbanización las Minas 1.	118
Figura 104: Edificio Urbanización las Minas 2.	119
Figura 106: Edificio Urbanización las Minas 4.	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Fibra <i>Drop</i>	24
Tabla 2: Perdida por Inserción Splitters.....	26
Tabla 3: Comparativa de OLT Zte Ax10 320 y OLT Vsol 4PON.....	46
Tabla 4: Localidad de Fibra Óptica existente de MDS Telecom	50
Tabla 5: Tabla Comparativa de empresas que ofrecen servicio de Internet residencial Urbanización las Minas	53
Tabla 6: Requerimiento de potencia electrónica.....	59
Tabla 7: Capacidades cable Fibra Óptica.....	90
Tabla 8: Presupuesto potencia prototipo.....	91
Tabla 9: Identificación de nodos.....	106
Tabla 10: Identificación Tanquillas y Edificios.....	107

INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país que ha sido catalogado como uno de los países con peor Internet en Sudamérica. Según estudios realizado en el 2016 por la organización CEPAL, Venezuela cuenta con una velocidad de Internet que promedia 1.3 megabits por segundo(Mbps), quedando por debajo del promedio de la región (4.7 Mbps) compitiendo únicamente con Paraguay y Bolivia.

Varios expertos en telecomunicaciones aseguran que la causa de la lentitud de Internet en Venezuela se Reduce a una cosa: la falta de inversión en la infraestructura. Además, éstos sostienen que la empresa principal proveedor de Internet del país, planificó un proyecto referente al aumento en las bases de acceso, sin embargo, no se realizó dicho proyecto. La empresa le dio prioridad a invertir en la mejora y la ampliación de los servicios de telefonía, dejando rezagada la actualización de la infraestructura del Internet.

A pesar de que Venezuela no cuente con un Internet de buena calidad, se ha convertido en el país donde existe más comercio electrónico. La tecnología se convierte en una herramienta para resolver los problemas en una población que está en crisis.

El problema de Internet es como el problema de las vías: mientras ha crecido el número de usuarios permitidos, las vías no se han ampliado y hemos llegado a un punto de saturación. Los analistas coinciden en que el Estado no ha realizado una inversión importante, ni permite inversión privada para ampliar la Red de Fibra Óptica, que es la estructura principal que posibilita el flujo de datos.

Debido a esta poca inversión, varios proveedores de servicio han aprovechado esta deficiencia para vender un servicio de calidad y con mayor velocidad de interconexión.

Entre los proveedores que han visto la oportunidad de ampliar sus servicios para brindar una opción de Internet dedicado y transporte de datos, se encuentra la empresa MDS Telecom.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

MDS Telecom, es una empresa venezolana de telecomunicaciones enfocada en proveer soluciones dinámicas de conectividad empresarial, accesibles, eficientes e innovadoras, para la gestión segura y confiable de enlaces, transporte de datos y acceso a Internet de alta velocidad.

Esta empresa se encuentra en la búsqueda de maximizar el valor agregado a sus servicios, estudiando opciones que puedan ser añadidas a su catálogo de productos, en el ámbito de Fibra Óptica y Radio Bases.

En tal sentido, se pretende diseñar un sistema, compuesto por la unión de varios elementos en materia de envío de información, recepción de datos y redes, que permita el máximo aprovechamiento de las bondades y la velocidad del servicio de acceso a Internet y Transporte de Datos.

Este trabajo especial de grado está estructurado en cinco capítulos, conclusiones y anexos. El primer capítulo corresponde a la investigación necesaria para las referencias que proporcionan el Soporte Teórico del Trabajo de Grado, el segundo incluye el Diseño de la Arquitectura de Red FTTH, el tercero incluye la Configuración Lógica de los Equipos a Implementar en la Red, el cuarto con el Desarrollo de Pruebas de la Implementación de la Red FTTH, el quinto presenta el análisis de resultados y el sexto las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

Planteamiento del Proyecto

El capítulo descrito a continuación, tiene como objeto ofrecer un preámbulo sobre las causas que dieron origen al Trabajo de Grado, al definir el problema planteado dando entrada a los argumentos que lo sustentan, objetivos y alcances previstos en el Trabajo de Grado.

I.1.- Planteamiento del Problema

El problema determinante que da origen al desarrollo del presente Trabajo de Grado, se basó en que la empresa MDS Telecom quiere hacer un despliegue en su Red y ofrecer un servicio de Internet residencial en la Urbanización las Minas de San Antonio de los Altos para abonados que no cuentan con servicio de Internet o quieran un mejor servicio, por lo cual, este proyecto es el Diseño e Implementación de una Red FTTH bajo la tecnología GPON para el servicio de transporte de datos, ajustada a la Red de Fibra Óptica en producción de la empresa.

Una gran novedad aportada en nuestra época es el haber conseguido “dominar” la luz, de modo que sea posible que se propague dentro de un cable tendido por el hombre. El uso de la luz guiada, de modo que no se expanda en todas direcciones, sino en una muy concreta y predefinida se ha conseguido mediante la Fibra Óptica, la cual podemos considerar como un conducto de vidrio (Fibra de vidrio ultra delgada) protegida por un material aislante que sirve para transportar la señal lumínica de un punto a otro. Los usuarios de telecomunicaciones ya están cansados de tanta competencia en ancho de banda entre operadores, lo que demandan es una competencia en servicios innovadores tales como HDTV (*High Definition Televisión*, Televisión de Alta Definición), vídeo bajo demanda, videoconferencia, etc. De esta forma, los principales operadores del mundo están definiendo avanzadas Redes convergentes de banda ancha basadas en IP (*Internet Protocol*, Protocolo de Internet). La elección de una Red FTTH bajo la tecnología GPON como proyecto, es sin duda la oportunidad de implementarla en los

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

enlaces de Fibra Óptica existentes de la empresa MDS Telecom, y darle máximo provecho a toda su capacidad para transmitir información y ofrecer un servicio de Internet residencial con alta disponibilidad.

I.2.- Objetivos

I.2.1.- Objetivo General

Diseñar una Red FTTH bajo la tecnología GPON adaptada a la Fibra Óptica de MDS Telecom para ofrecer un servicio de Internet residencial.

I.2.2- Objetivos Específicos

- Investigar las arquitecturas de Redes en fibra FTTX.
- Definir los elementos físicos de la Red FTTH.
- Diseñar la Arquitectura de la Red FTTH bajo la tecnología GPON para MDS Telecom.
- Implementar la Red FTTH bajo la tecnología GPON para MDS Telecom.
- Evaluar la funcionalidad y desempeño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON para MDS Telecom.

I.3.- Justificación

El presente trabajo de grado propone el diseño e implementación de una Red FTTH para proveer una alternativa de Internet residencial en la Urbanización las Minas de San Antonio de los Altos. Aparte de ofrecer servicios de transporte y acceso para clientes jurídicos en el país, MDS Telecom quiere poner en marcha este proyecto para ofrecer servicio de Internet a abonados que no cuenten con Internet o quieran un mejor servicio de banda ancha en la ubicación mencionada,

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

mejorando su calidad de vida y contribuyendo con el desarrollo económico y social del país donde las telecomunicaciones rondan un rol fundamental.

I.4.- Alcances y Limitaciones

Este Trabajo de Grado incluye tanto el Diseño como la Implementación de la Red FTTH bajo la tecnología GPON adaptada a la Red de Fibra Óptica existente de MDS. El servicio que ofrecerá MDS Telecom, se implementó en la Urbanización las Minas de San Antonio de los Altos, utilizando las vías generales de telecomunicaciones de Cantv (VGT). Este diseño tiene un potencial de servicio de Internet residencial expansible de hasta 1200 abonados.

Este Trabajo de Grado no contó con pruebas exhaustivas a clientes jurídicos, ni con pruebas de transporte de voz y video, motivo que en la plantilla de servicios de MDS Telecom no ofrece el mismo, tampoco incluirá la permisología necesaria para la instalación de los equipos, ni acceso a los hogares de los abonados, así como Direcciones IP, llaves de configuración de los equipos, entre otros; debido a que la Corporación solicita la confidencialidad de cierta información, por lo que todo lo relativo a la misma sólo será referido en forma genérica.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

A continuación, se enmarcan todas las referencias teóricas, consideradas durante el desarrollo de la investigación del Trabajo de Grado, en donde se definen en forma detallada las bases para el diseño de la arquitectura y configuración de los componentes de la red requeridos para la implementación de la Red FTTH bajo la tecnología GPON. Seguidamente, para mayor entendimiento se presentan mediante un mapa mental, los campos temáticos que conforman la investigación:

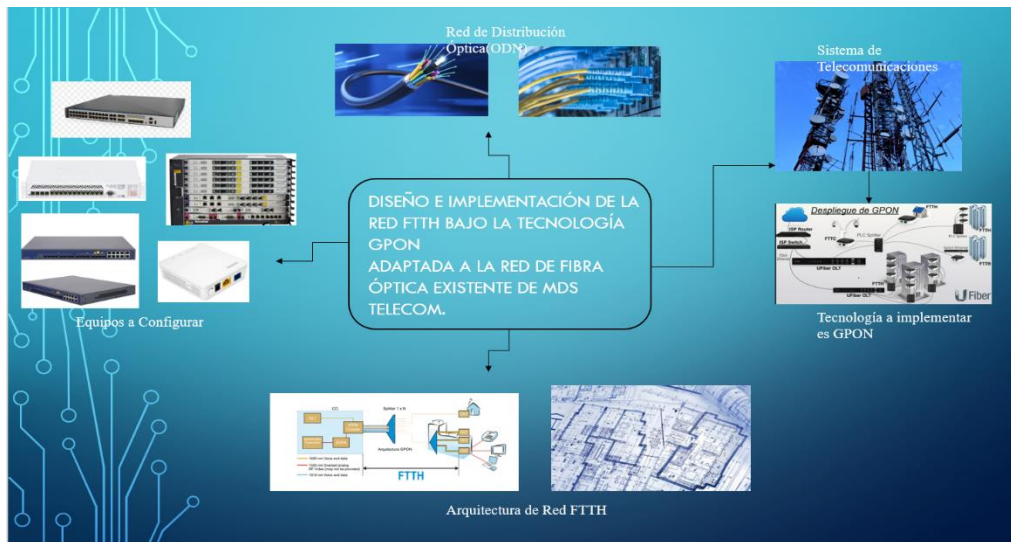


Figura 1: Campos Temáticos del Trabajo de Grado

Fuente: Elaboración Propia

II.1 Redes de Telecomunicaciones

Es un conjunto de dispositivos (nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Son equipos de transmisión que pueden transmitir información con señales electromagnéticas u ópticas entre diferentes ubicaciones de forma analógica o digital. Un nodo puede ser una computadora, una impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la Red. [1]

Para ser considerada efectiva y eficiente, una Red debe satisfacer ciertos criterios y los más importantes son [1]:

Rendimiento: Se puede medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje desde un dispositivo al siguiente. El tiempo de respuesta es el que transcurre entre una petición y su respuesta. El rendimiento de una red depende de varios factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, la capacidad del hardware conectado y la eficiencia del software. El rendimiento se mide a menudo usando dos métricas: ancho de banda y latencia [1].

Fiabilidad: Esta se mide por la frecuencia de fallo de la misma, el tiempo de recuperación de un enlace frente a un fallo y la robustez de la red ante una catástrofe [1].

Seguridad: Esta incluye la protección de datos frente a accesos no autorizados, protección de datos frente a fallos y modificaciones e implementación de políticas y procedimientos para recuperarse de interrupciones y pérdidas de datos [1].

Escalabilidad: Una red escalable puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales. Miles de nuevos usuarios y proveedores de servicio se conectan a Internet cada semana. La capacidad de la red de admitir estas nuevas interconexiones depende de un diseño jerárquico en capas para la infraestructura física subyacente y la arquitectura lógica [1].

II.2 Fibra Óptica

Es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir. Además, de brindar

velocidades y distancias superiores a comparación de cualquier otro medio de transmisión (cobre e inalámbricos). [2]

II.2.1 Partes De la Fibra Óptica

Como se puede apreciar en la figura 2, la fibra óptica consta de tres partes, las cuales describiremos a continuación:

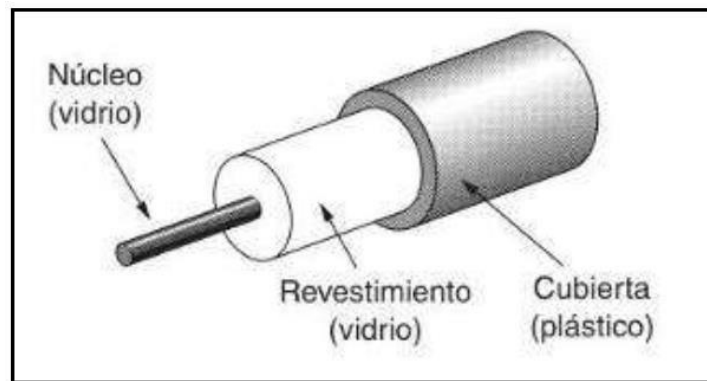


Figura 2: Partes de la fibra óptica

Fuente: <https://www.pandaancha.mx/plds/articulos/froala/fibra-optica-partes-405x215-316021649.jpg>

El Núcleo (Core): Parte interna de la fibra por donde viajan las señales ópticas procedentes de la fuente. Compuesto de materiales como cuarzo, plástico o dióxido o silicio. Para ajustar su índice de refracción se dopa con materiales como P₂O₅ (óxido de fósforo), GeO₂ (óxido de germanio), B₂O₃ (óxido de boro) con el objetivo de ajustar su índice de refracción [2].

El Revestimiento (cladding): Parte de la fibra que esta entre el núcleo y el recubrimiento. Esta estructura tiene un índice de refracción menor al del núcleo de forma que actúe como una capa reflectante, consiguiendo que las ondas luminosas se reflejen y de esta forma se transmitan a lo largo de la fibra. Se fabrica a altas temperaturas y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. Se le suelen añadir varias capas de plástico para absorber los posibles golpes o estiramientos quedando recibir la fibra y como protección para doblamientos excesivos [2].

El Recubrimiento (*coating*): Parte más externa de la fibra y que protege al núcleo y al revestimiento de posibles daños y agentes externos. Estos agentes externos que pueden perjudicar las características de la fibra pueden ser tales como humedad, aplastamiento, roedores y otros riesgos del entorno. Diseñada de forma que sea fácil de cortarla para realizar empalmes y le proporciona a la fibra un diámetro fijo que suele ser un valor de 125, 250, 500 o 900 μm [2].

II.2.1.1 Ventajas De la Fibra Óptica

Las principales ventajas que presenta un cable de fibra óptica son las siguientes:

- La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps [2].
- Su baja atenuación, por ejemplo, en la tercera ventana (1550 nm) la atenuación es de 0.2 dB/km. Esto permite realizar enlaces de forma que cada 80 o 100 Km. Se coloque un amplificador o regenerador (a diferencia del cable coaxial que necesita un regenerador o amplificador cada 2 km) [2].
- Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones [2].
- Video y sonido en tiempo real [2].
- Fácil de instalar [2].
- Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra [2].
- Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada [2].
- Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos [2].

- Presenta dimensiones más Reducidas que los medios preexistentes [2].
- El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales [2].
- El material con que se fabrica la fibra óptica, el SiO₂ es el más abundante en la tierra [2].
- Compatibilidad con la tecnología digital [2].

II.2.1.2 Desventajas de la Fibra Óptica

Las principales desventajas que presenta un cable de fibra óptica son las siguientes:

- El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre [2].
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados [2].
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica. Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas [2].

II.2.1.3 Tipos de Fibra Óptica

Se pueden realizar diferentes clasificaciones acerca de los tipos de fibra óptica, pero de acuerdo al mecanismo de propagación de la luz en el interior, pueden ser de dos tipos [3]:

Fibra Monomodo: Permite la propagación de un único modo de luz directamente sin reflexión, a través de la Reducción del diámetro del núcleo de fibra, permitiendo enviar información a largas distancias (superiores a 10 Km) y a buena tasa de transferencia. Por su especial diseño pueden guiar y transmitir un solo rayo de luz (un modo de propagación) y tiene la particularidad de poseer un ancho de banda elevadísimo [3].

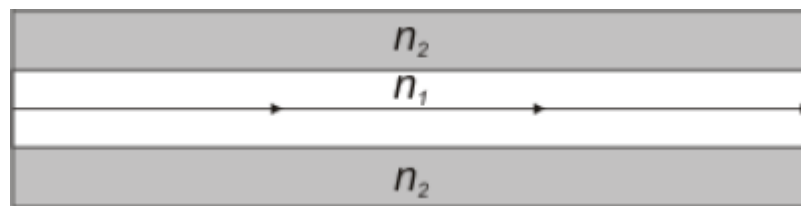


Figura 3: Fibra Monomodo

Fuente: <http://lafibraopticaperu.com/conceptos-basicos/Fibra-%C3%B3ptica-monomodo>

En estas fibras monomodo cuando se aplica el emisor de luz, el aprovechamiento es mínimo, también el costo es más elevado, la fabricación difícil y los acoples deben ser perfectos. Se logra Reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 300 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s). Se pueden encontrar algunos tipos de cable de fibra monomodo [3]:

Fibra óptica monomodo estándar (Standard Single-Mode Fiber, SSMF): Esta fibra se caracteriza por una atenuación en torno a los 0,2 dB/km y una dispersión cromática de unos 16 ps/km-nm en la tercera ventana (1550 nm). La longitud de onda de dispersión nula se sitúa en torno a los 1310 nm (segunda ventana) donde su atenuación aumenta ligeramente [3].

Fibra óptica de dispersión desplazada (*Dispersion-Shifted Fiber, DSF*): Esta fibra mediante la modificación geométrica del perfil de índice de refracción, se puede conseguir desplazar la longitud de onda de dispersión nula a tercera ventana, surgiendo de este modo las fibras de dispersión desplazada. Sus pérdidas son ligeramente superiores (0,25 dB/km a 1550 nm), pero su principal inconveniente proviene de los efectos no lineales, ya que su área efectiva es bastante más pequeña que en el caso de la fibra monomodo estándar [3].

Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (*Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber, NZDSF*): Esta fibra para resolver los problemas de no linealidades de la fibra de dispersión desplazada surgieron este tipo de fibras, que se caracterizan por valores de dispersión cromática Reducidos, pero no nulos [3].

Fibra óptica compensadora de dispersión (*Dispersion Compensating Fiber, DCF*): Este tipo de fibra se caracteriza por un valor de dispersión cromática elevado y de signo contrario al de la fibra estándar. Se utiliza en sistemas de compensación de dispersión, colocando un pequeño tramo de DCF para compensar la dispersión cromática acumulada en el enlace óptico. Como datos negativos, tiene una mayor atenuación que la fibra estándar (0,5 dB/km aprox.) y una menor área efectiva [3].

Fibra Óptica G.652: Esta categoría de fibra también se conoce como SMF estándar. La fibra G.652 está diseñada para tener una longitud de onda de dispersión de 0 a casi 1310 nm. Por lo tanto, está optimizada para funcionar en la banda de 1310 nm, aunque también funciona a los 1550 nm. La primera edición de la fibra G.652 fue estandarizada en 1984 y actualmente se divide en cuatro subcategorías: G.652.A, G.652.B, G.652.C y G.652.D. Las cuatro variantes de la G.652 tienen el mismo tamaño de núcleo que va de 8 a 10 micrómetros. Las fibras OS2 más recientes son las G.652.C o G.652.D. Las categorías A y B son las que menos se utilizan [3].

Fibra Óptica G.657: La fibra G.657 ha sido diseñada para ser compatible con la fibra G.652, aunque es menos sensible a las torsiones. Esto significa que produce niveles más bajos de

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

atenuación debido a las torceduras. La fibra G.657 se divide en dos partes: la categoría A para las Redes de acceso y la categoría B para el final de las Redes de acceso en entornos con muchas curvas. Tanto la categoría A como la B se dividen en dos subcategorías: G.657.A1 y G.657.A2 para la A, y G.657.B2 y G.657.B3 para la B [3].

Fibra Multimodo: Permite que los haces de luz se propaguen en más de una manera (más de mil modos distintos), lo cual incrementa el margen de error y la hace no muy recomendable para conexiones de muy larga distancia. Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Km. En la figura 4 podemos observar los dos tipos de fibra [3].

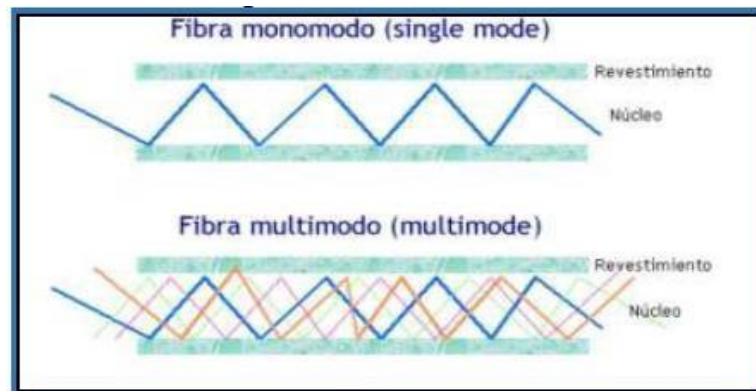


Figura 4: Tipos de fibra óptica

Fuente: <http://lafibraoptica Peru.com/conceptos-basicos/Fibra-%C3%B3ptica-monomodo>

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión [3].

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

Índice abrupto: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal [4].

Índice gradual: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales. Las fibras multimodo de índice gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta [4].

II.2.1.4 Características de la Fibra Óptica

Las fibras ópticas poseen las siguientes características generales:

Ancho de banda: La fibra óptica tiene un ancho de banda mucho mayor que los cables de pares (UTP / STP), y coaxiales. En la actualidad, las tasas son 1,7Gbps utilizando las Redes públicas, el uso de las frecuencias más altas o luz visible llegarán a 39Gbps. UTP RJ45 o cable es ahora el más ampliamente utilizado en la mayoría de las instalaciones de la red debido a su costo, baja flexibilidad y facilidad de instalación, así como sus características técnicas que logran mejores velocidades de transferencia de datos. En la transmisión de datos para el cobre, UTP es el mejor que se puede lograr velocidades de ancho de banda como 10Mbps, 100 Mbps 1000Mbps con las nuevas placas 1 Gb Ethernet de Red. El ancho de banda de la fibra óptica permite transmitir datos, voz, vídeo, y más [4].

Distancia: La atenuación de la señal baja permite líneas de fibra óptica sin repetidores [4].

Integridad de Datos: Normalmente la transmisión de datos por fibra óptica posee una frecuencia de errores o BER (*Bit Error Rate*) es menor que 10^{-11} . No hay necesidad de aplicar procedimientos de corrección de errores para acelerar la velocidad de transferencia puesto que esta función permite a los protocolos de comunicación de alto nivel lo realicen perfectamente [4].

Duración: Es resistente a la corrosión y altas temperaturas, la protección de la envoltura es capaz de resistir las altas tensiones en su instalación [4].

Seguridad: Debido a que la fibra óptica no emite radiación electromagnética, es resistente a la escucha de las acciones intrusivas. Para acceder al flujo de la señal en la rotura de la fibra, es necesario que haya transmisión durante este proceso y por lo tanto se puede detectar. La fibra también es inmune a los efectos electromagnéticos externos, para que pueda ser utilizado en entornos industriales, sin protección especial [4].

II.3 Arquitecturas de Redes en Fibra

Considerando las limitaciones tecnológicas del bucle de abonado para ofrecer líneas digitales de alta velocidad, se analizan soluciones de acceso por fibra óptica por su enorme ancho de banda y las posibilidades de extender dichas Redes de acceso más allá de los estándares mediante técnicas de amplificación óptica [5].

II.3.1 Solución FTTX

FTTx (*Fiber To The x*, Fibra Hasta La x) es una expresión genérica para asignar arquitecturas de Redes de transmisión de alto desempeño basadas en tecnología óptica. Son Redes totalmente pasivas, también asignadas por PON. De una manera generalizada, en la CO (*Central Office*, Sala de Equipos) la señal es transmitida por una red óptica donde en una región próxima a los suscriptores, la señal se divide y es transmitida a las ONT's (*Optical Network Terminal*, Terminal óptico de Red) localizada en los respectivos abonados [5].

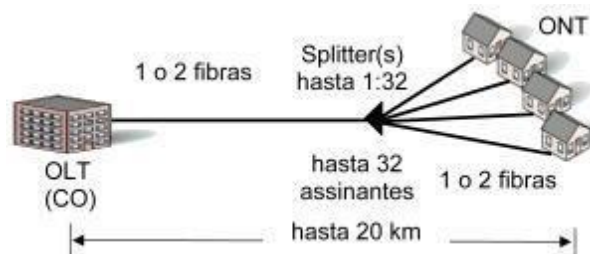


Figura 5: Solución FTTx

Fuente: <https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/FTTH-vs-hfc-fibra-cable/>

II.3.1.1 Solución FTTB

FTTB (*Fiber To The Building*, Fibra Hasta El Edificio) es una arquitectura de Red de transmisión óptica, donde la Red de bajada termina en la entrada de un edificio (comercial o residencial). A partir de este punto terminal, el acceso interno a los usuarios es normalmente hecho a través de una red metálica de cableado estructurado [5].

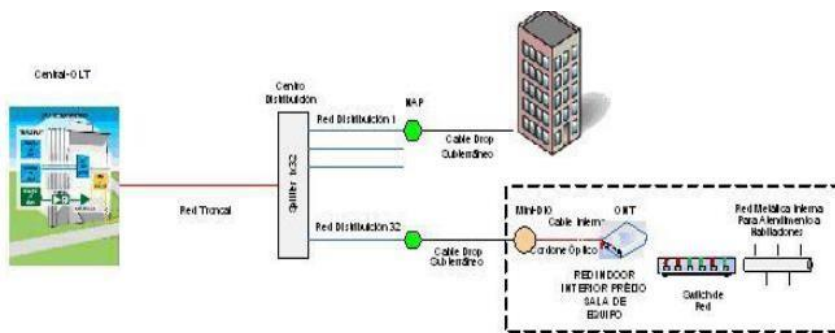


Figura 6: Solución FTTB

Fuente: <https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/FTTH-vs-hfc-fibra-cable/>

II.3.1.2 Solución FTTH

FTTH (Fiber To The Home, Fibra Hasta El Hogar), es una arquitectura de Red de transmisión óptica, donde la red de bajada entra en la residencia del abonado y es suministrado por una fibra óptica exclusiva para este acceso. Normalmente entre la red de bajada y la red interna del abonado, es utilizado un mini-DIO (Distribuidor Interno Óptico) o un bloqueo óptico FOB (*FISA Optic Block*) para realizar la transición de la señal óptica al interior de la residencia. Después de esta transición, la señal es debidamente suministrada a través de una extensión o cordón óptico para el receptor óptico del abonado [5].

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

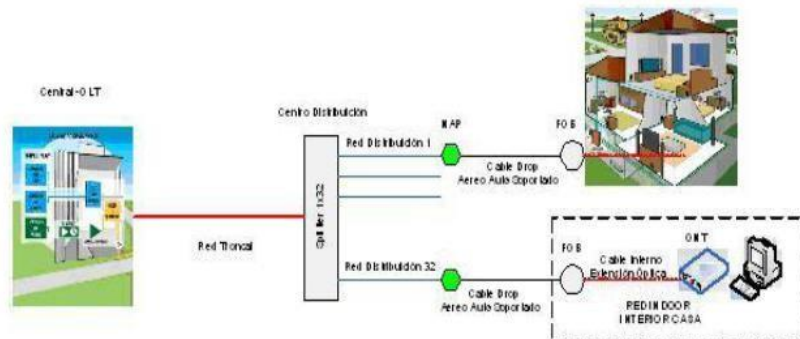


Figura 7: Solución FTTH

Fuente: <https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/FTTH-vs-hfc-fibra-cable/>

II.3.1.3 Solución FTTC

FTTC (*Fiber To The Curb*, Fibra Hasta La Acera), consiste en interconectar los edificios a través de fibra óptica. El usuario se conecta con la unidad óptica situada en el centro de distribución del edificio (*Optical Network Units*) con cable coaxial o par trenzado. Al ser el sistema FTTC un sistema en banda base, el mecanismo de multiplexado para repartir la información a los usuarios se realiza con técnicas TDM. El multiplexado de la unidad óptica puede realizarse mediante un conmutador ATM que maneja anchos de banda del bucle de abonado cercanos a los 50 Mbps sobre cable coaxial o par trenzado [5].

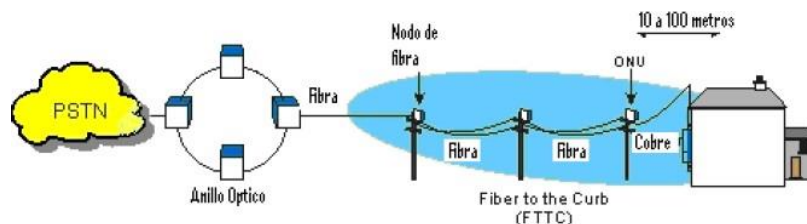


Figura 8: Solución FTTC

Fuente <https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/FTTH-vs-hfc-fibra-cable/>

II.3.1.4 Solución FTTN

FTTN (*Fiber To The Node*, Fibra Hasta El Nodo), el recorrido de fibra óptica va desde las instalaciones del operador hasta un punto alejado del abonado. La ruta de acceso entre el punto intermedio y el abonado no es la fibra óptica, sino otro medio de transmisión, como el cobre. Incluye aquellos casos en los que la trayectoria de la fibra óptica termina en el denominado punto de distribución “intermedio” en la red de acceso local, que sirve a un conjunto de viviendas/edificios [5].

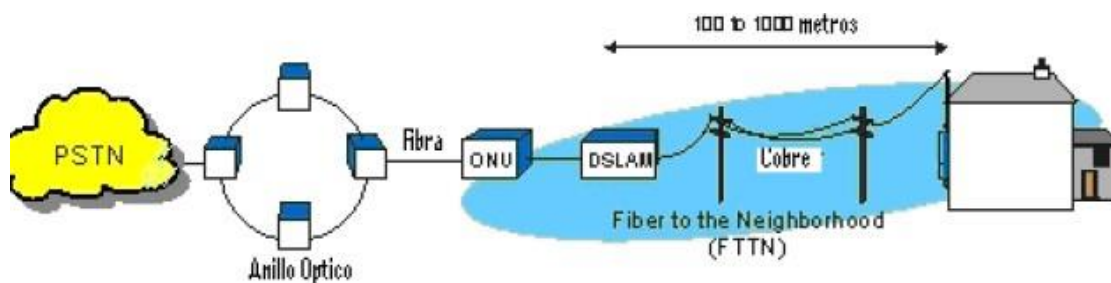


Figura 9: Solución FTTN

Fuente: <https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/FTTH-vs-hfc-fibra-cable/>

II.4 Redes Ópticas Pasivas – Evolución

Las comunicaciones a través de fibra óptica son relativamente recientes. Para el año 1977, se instaló una prueba piloto, en Inglaterra; dos años más tarde, se producían en cantidades importantes de pedidos de este material. Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética y la idea de transmitir información por medio de luz, como portadora, tiene más de un siglo de antigüedad. Hacia 1880, Alexander G. Bell construyó el fotófono que enviaba mensajes vocales a corta distancia por medio de la luz. Sin embargo, resultaba inviable por la falta de fuentes de luz adecuadas. Con la invención y construcción del láser, los 60's, volvió a tomar idea la posibilidad de utilizar la luz como soporte de comunicaciones fiables y de alto potencial de información, debido a su elevada frecuencia portadora (10¹⁴ Hz). Por entonces, empezaron los

Características:

- Largo alcance (necesita láseres más potentes) [7].
- Necesitan alimentación a los componentes de red [7].
- Del gabinete, nodo, etc. hay un buen tramo final de cobre, que limita el BW (*Bandwidth*) [7].
- Ancho de Banda de usuarios dedicados: esto significa mayor *CAPEX* y *OPEX* [7].
- Arquitectura simple [7].
- Requiere de muchos acuerdos de derechos [7].

II.4.1.2 Redes Ópticas Pasivas (PON)

Una red PON es un sistema de comunicaciones por fibra óptica en el que se establece una comunicación punto-multipunto entre un router central OLT (*Optical line Terminal*) y los equipos en campo ONT (*Optical Network Terminal*) [5].

Su principal característica es que no tienen componentes de potencia eléctrica entre el abonado final y el punto principal de distribución. El pilar de estas redes es que utilizan una arquitectura de punto a multipunto que se parece a una estructura en árbol. Para dividir la señal entre los distintos usuarios se utilizan divisores ópticos pasivos. Por lo general para 32 o 64 usuarios [8].

En las Redes Ópticas Pasivas (*Passive Optical Network*), son redes de fibra óptica cuyos componentes son enteramente pasivos en la red de distribución (no en la central o domicilio del cliente). Es un tipo de red que se caracteriza porque tiene una gran variedad de aplicaciones, mediante accesos de fibra óptica. Además, que permiten compartir una misma fibra entre varios usuarios. Esta tecnología define como máxima distancia entre un OLT y un equipo ONU de 20 Km para que la red PON sea operativa. Con las redes Ethernet activas este límite puede darse distancias superiores a 80Km desde el punto de distribución hasta el usuario, pero agregando equipamiento activo durante el trayecto [8].

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Con este tipo de sistemas se permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como *Splitters*). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las Redes FTTX. Por contrapartida, el ancho de banda no es dedicado, sino multiplexado en una misma fibra en los puntos de acceso de red de los usuarios. Dependiendo de la solución tecnológica adoptada es posible implementar la infraestructura de Red Óptica Pasiva - PON de dos formas [8]:

Topología Punto-a-Punto o Topología Punto-Multipunto.

Para el primer grupo, La conexión entre la Central de Equipos y el abonado se realiza directamente. Para los segundos, La conexión entre la Central de Equipos y el abonado se comparte a través de un *Splitter* óptico, permitiendo la utilización de cable óptico troncal de menor capacidad [8].

Características:

- Son económicamente más atractivas [8].
- La ODN (*Optical Distribution Network*), es totalmente pasiva [8].
- Se accede a uno o múltiples clientes vía una sola fibra monomodo pasiva, esto significa menor *CAPEX* y *OPEX* [8].
- Son más complejas que las AON [8].
- Los láseres son de menor potencia [8].
- Mejor economía de escala [8].
- Un punto de falla, afecta a varios usuarios [8].

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- Si el número de usuarios aumenta, el BW (*Bandwidth*) de cada usuario baja [8].

Una Red de transmisión basada en la arquitectura PON está compuesta generalmente de la siguiente manera:

- **Sala de Equipos/Cabecera:** local donde están instalados tanto el equipo de transmisión óptica **OLT** (*Optical Line Terminal*, Unidad Óptica Terminal de Línea), como el distribuidor óptico general que es el responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión [9].



Figura 11: Optical Line Termination

Fuente: <https://e.huawei.com/za/products/fixed-network/access/OLT/ea5800>

- **Red Óptica Troncal/Feeder:** Compuesta básicamente por cables ópticos que llevan la señal de la Sala de Equipos hasta los centros de distribución. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para instalación subterránea en el interior de líneas de conductos o subductos y en instalaciones aéreas. Para Redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo [9].
- **Armario de GPON (FDH):** El armario FDH (*Fiber Distribution Hub*),

es fabricado típicamente de un material de aluminio para soportar condiciones climáticas extremas como agua, polvo y vandalismo, ya que se encuentra a la intemperie. El armario está ubicado en un determinado punto del enlace y es el encargado de conectar la Red *Feeder* con la Red de distribución; en el armario se encuentran ubicados los *Splitter*, existen armarios que pueden soportar hasta 576 puertos o usuarios, como se observa en la figura 12 [9].



Figura 12: Armario FDH

Fuente: <https://www.fibraoptica hoy.com/imagenes/2014/10/EDC-864.jpg>

- **Centros De Distribución:** Para optimizar el aprovechamiento de fibras ópticas, las Redes PON normalmente se presentan en topología Estrella-Distribuida. En esta configuración, los centros de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo el número de fibras ópticas para atender a estos accesos. En este local son instalados pequeños armarios ópticos de distribución asociados a divisores ópticos. De forma alternada, estos armarios pueden ser cambiados por cajas de empalme asociados a divisores

ópticos para uso específico en cajas de empalme [9].

- **Red Óptica de Distribución:** Compuesta por cables ópticos, que llevan la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Estos cables normalmente son auto soportados con núcleo seco para facilitar la instalación. Asociados a estos cables, son utilizadas cajas de empalme para derivación de las fibras para una distribución mejorada de la señal. Las cajas de empalme también denominadas **NAP** (*Network Access Point*, Punto de Acceso a la Red), son puestas para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal, también conocida como red de bajada [9].
- **Caja de Distribución Óptica:** La caja de distribución óptica, como se observa en la figura 13, también se la conoce con el nombre de NAP (*Network Access Point*) punto de acceso a la red o caja terminal. Es la encargada de conectar la red de distribución con las conexiones individuales de cada abonado. De igual manera, es un punto específico para realizar labores de operación y mantenimiento. En las NAP se encuentran los *pigtails*, que son los encargados de conectar los hilos del cable de distribución con los respectivos conectores de la NAP [9].



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 13: Caja de Distribución Óptica

Fuente: <https://www.casadomo.com/2013/07/24/c3-cables-y-componentes-para-comunicaciones-presenta-22915>

- **Red de Dispersión:** La red de dispersión es el segmento de red que va desde las cajas de distribución NAP hasta la roseta óptica que está ubicada en el domicilio del cliente, el cable óptico usado en esta red se llama *drop*, solo posee dos hilos de fibra óptica, por lo tanto, es de fácil manipulación [9].
- **Fibra Drop:** La fibra óptica *drop*, es un cable que resiste a inclemencias dado que su núcleo está cubierto por fuera por un polímero; este cable lleva un refuerzo conformado por alambre galvanizado de acero que le ofrece aún mayor resistencia y es usado en entornos de intemperie [9].

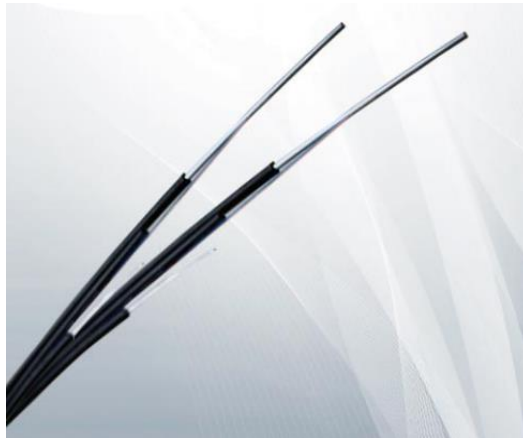


Figura 14: Fibra Drop

Fuente: <https://incoreacables.com/producto/fibra-drop/>

- **Características de la Fibra Drop:** Las propiedades ópticas de la fibra SM se logran a través de un núcleo basado en sílice germanio dopado con un revestimiento de sílice puro, que cumple con ITU-T G657A, sobre el revestimiento de vidrio se aplica una protección de acrilato UV.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

La fibra se posiciona en el centro de dos elementos resistentes paralelos no metálicos (FRP), el cable se recubre con LSZH, se incorpora un cable mensajero de acero galvanizado de 1,2mm [9].

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	
		ANTES DE CABLE	DESPUÉS DE CABLE
Características geométricas	Diámetro de revestimiento	125.0 ± 0.7 µm	
	No-circularidad de revestimiento	≤ 1,0%	
	Error de concentricidad del núcleo	≤ 0.5 µm	
	Diámetro de recubrimiento	245± 10 µm (antes de colorear) 250± 15 µm (coloreado)	
	Rizo de fibra (radio)	≥ 4m	
Características ópticas	MFD	8.6-9.5+0.4 µm @ 1310nm	
	Discontinuidad de punto	≤ 0,05 dB	
	Atenuación a 1310 nm	≤ 0,35 dB / km	≤ 0,40 dB / km
	Atenuación a 1383 nm	≤ 0,35 dB / km	≤ 0,40 dB / km
	Atenuación a 1550 nm	≤ 0,21 dB / km	≤ 0,30 dB / km
	Atenuación a 1625 nm	≤ 0,23 dB / km	≤ 0,32 dB / km
	Dispersión en 1288 - 1339 nm	≤ 3,5 ps / (nm · km)	
	Dispersión en 1271 - 1360 nm	≤ 5,3 ps / (nm · km)	
	Dispersión a 1550 nm	≤ 18 ps / (nm · km)	
	Longitud de onda de dispersión cero	1300-1324 nm	
	Pendiente de dispersión cero	≤ 0,092 ps / (nm ² · km)	
	Longitud de onda de corte	≤ 1260 nm	
	PMD (M = 20, Q = 0,01%)	≤ 0,2 ps /√km	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 0,03 dB a 1550 nm	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 0,1 dB a 1625nm	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 0,1 dB a 1550 nm	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 0,2 dB a 1625nm	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 0,5 dB a 1550 nm	
	Pérdida de macro flexión: (10vueltas, radio de	≤ 1,0 dB a 1625nm	
Especificación mecánica	Nivel de prueba de estrés	≥ 100kpsi (0,69 GPa)	

Tabla 1: Características Fibra *Drop*

Fuente: <https://incoreacables.com/producto/fibra-drop/>

- **Roseta Óptica:** La roseta Óptica, como se observa en la figura 15, es el punto terminal de una red de acceso. GPON y conecta la red de

dispersión con el equipo activo ONT (*Optical Network Terminal*) mediante el *patchcord*. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones [9].



Figura 15: Roseta Óptica

Fuente: <https://www.casadomo.com/2013/07/24/c3-cables-y-componentes-para-comunicaciones-presenta-22915>

- **Red Óptica de Acometida:** Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. A partir de la caja de empalme terminal, llevan la señal óptica hasta el abonado. El elemento de sustentación normalmente es utilizado para sujetar el cable de la casa/ edificio del abonado [9].
- **Red Interna:** A partir del distribuidor interno óptico, son utilizadas extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado [9].
- **Splitter:** El *Splitter* es un divisor óptico pasivo, generalmente se utilizan en Redes de distribución, cuando un enlace punto no es suficiente para satisfacer la demanda de usuarios, también se las utiliza en Redes FTTx y GPON. El *Splitter* divide la señal exactamente igual a su señal original con la misma longitud de onda, pero con menor potencia. Existen

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Splitter de hasta 1/128 salidas, dependiendo de la cantidad de salidas se pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas. En la figura 16 se muestra el *Splitter* 1/32 [9].



Figura 16: Splitter 1/32

Fuente: <https://planetechusa.com/epl-spt-32-gepon-splitter-1x32-plc-splitter-wavelength-1260-1650-nm/>

La mayoría de *splitters* están ubicados en la mangas, cajas terminales y armarios que se explicarán más adelante. En la tabla 2 se observan las pérdidas por inserción de los *splitters* [9].

Tasa	Máximo	Mínimo	Promedio
1x64	22.8 dB	15.7 dB	19.2 dB
1x32	18.6 dB	13.1 dB	15.8 dB
1x16	15.0 dB	10.8 dB	13.4 dB
1x8	11.4 dB	8.1 dB	9.7 dB
1x4	7.8 dB	5.4 dB	6.6 dB
1x2	4.2 dB	2.6 dB	3.4 dB

Tabla 2: Perdida por Inserción Splitters

Fuente: <https://planetechusa.com/epl-spt-32-gepon-splitter-1x32-plc-splitter-wavelength-1260-1650-nm/>

- **Optical Network Terminal (ONT):** La terminal de red óptica (ONT) es un equipo activo y está ubicado en el domicilio del cliente, este equipo es el encargado de recibir la señal óptica transmitida y convertirla en señal eléctrica. Posee puertos para telefonía, televisión e Internet, por lo

tanto, es capaz de ofrecer el servicio triple play. A la ONT llegan todas las tramas de datos enviadas por la OLT, entonces filtra las tramas destinadas a la respectiva ONT mediante verificación de direcciones y las demás tramas que le corresponden las descarta. A continuación, se presenta la figura 17 correspondiente al equipo activo ONT [9].



Figura 17: Terminal de Red Óptica – ONT

Fuente: http://www.zte.com.cn/en/products/access/xpon/201301/t20130131_385569.html

II.5 Introducción A La Red GPON

Las NGN (*Next Generation Network*, Redes de Nueva Generación), que permitirán ofrecer anchos de banda de hasta 100 Mbps por abonado a través de fibra óptica, revolucionarán los servicios de comunicación y ocio a través de las redes actuales de telecomunicación. Las “Carreteras de la Información” pasarán a ser las añoradas “Autopistas de la Información”. El cobre, deja paso a la fibra óptica, un medio mucho más eficaz para el transporte de información. Aunque muchos han oído hablar de estas redes que ya están siendo desplegadas por diversos operadores de todo el mundo, pocos conocen qué tecnología está detrás de ellos. El ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*, Línea de Abonado Digital Asimétrica) es la tecnología que permite ofrecer banda ancha a través del par telefónico de cobre tradicional, se ha popularizado y muchos usuarios saben sus bases tecnológicas. Sin embargo, nadie sabe exactamente qué tecnología está detrás del acceso de banda ancha a través de la fibra óptica. Pues bien, a pesar de que hay varias tecnologías

competidoras, GPON es el estándar más atractivo para ofrecer fibra óptica hasta el hogar o hasta el edificio [10].

II.5.1 Red GPON

Es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Es una red de fibra totalmente pasiva, no existen repetidores dentro de la red y tampoco fuentes de poder intermedios, solo *splitters*, acopladores y atenuadores. Toda la información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra conocida como PON [10].

II.5.1.1 Características principales de una Red GPON

La tecnología GPON, ofrece las siguientes características:

- Gran ancho de banda sin precedentes. La tasa GPON es tan alta como 2.5 Gbps, proporcionando ancho de banda suficiente para satisfacer la creciente demanda de redes de alto ancho de banda en el futuro [9].
- Abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de datos para la cual el método de encapsulación que emplea GPON es GEM (*GPON Encapsulation Model*), que permite soportar cualquier tipo de servicio Ethernet, TDM, ATM, etc. [11].
- Soporte TDM. El negocio TDM se puede apoyar directamente por la longitud de marco de marco de TC de GPON de 125 μ s. Además, se puede asignar al ATM balizas y proporciona la transmisión en tiempo real con QoS garantiza [11].

II.5.1.2 Recomendaciones del Estándar GPON

Recomendación UIT-T G.984.1

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Esta recomendación trata de la introducción hacia el estándar GPON, mostrando las características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada [12].

Las características generales incluyen ejemplos de servicios, de interfaces usuario-Red (UNI, *user network interface*) e interfaces de nodo de servicio (SNI, *Service Node interface*) que son necesarios para los operadores de red. Además, se ilustran las principales configuraciones de instalación. Se mantienen las características de la UIT-T G.982 y de UIT-T de la serie G.983.x. La finalidad es asegurar la compatibilidad con las Redes de distribución óptica existentes (ODN, *Optical Distribution Network*) que son conformes con esas recomendaciones [12].

Los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, *Optical line Termination*) y una unidad de Red óptica (ONU, *Optical network unit*) o una terminación de Red óptica (ONT, *Optical network Termination*) con una red de distribución óptica (ODN, *Optical Distribution network*) pasiva que los interconecta. Por lo general, existe una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT respectivamente [12].

Recomendación UIT G.984.2

Este es el conjunto de especificaciones técnicas para el correcto manejo de la capa dependiente de los medios físicos PMD, esta capa cubre sistemas con tasas nominales de velocidad de 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección descendente (*Downlink*), así como 155.52Mbps, 622.08Mbps, 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección ascendente (*Uplink*), además explica el manejo simétrico y asimétrico de las señales con referencia a las velocidades descritas anteriormente [12]. Además, abarca servicios de voz, distributivos y de datos con velocidades en Gigabits.

Recomendación UIT-T G.984.3

Conocida también como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (*Transmission Convergence*), indica los formatos de la trama utilizada, el método de control de acceso al medio, el método *ranging*, la función OAM y la seguridad en Redes GPON. Puede decirse que esta recomendación está directamente relacionada a los aspectos de la fibra óptica, explicando algunas de las redes con métodos de acceso flexible que utilizan este medio, describiendo las características de las Redes PON. Además, involucra los pasos que se deben considerar en el diseño de la Red GPON, en base a las distancias, funcionalidad y seguridad. [12]

Recomendación UIT-T G.984.4

Son las especificaciones de la interfaz de control y gestión OMCI, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información entre la OLT y ONT. Además, permite conocer a fondo como se administran los diferentes servicios y sus respectivas tramas según las relaciones y atributos dentro del sistema de encriptación [12].

Recomendación UIT-T G.984.5

Esta recomendación sugiere un rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para una futura implementación de nuevos servicios a través de la técnica de multiplexación WDM, esto para aprovechar de mejor manera las cada vez más capaces Redes ópticas pasivas [12].

II.6 Funcionamiento y Estructura de una Red GPON

A continuación, se presentarán datos característicos acerca del funcionamiento, la arquitectura y la estructura de una Red GPON.

II.6.1 Funcionamiento de una Red GPON

La Red GPON consta de un OLT, ubicado en las dependencias del operador, y las ONT en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON,

cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, Multiplexor de Acceso a la Línea Digital de Abonado). En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por MDU (*Multi-Dwelling Units*, Unidades Múltiples de Vivienda), que ofrecen habitualmente VDSL2 (*Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2*, Línea Digital de Abonado de Muy Alta Tasa de Transferencia 2) hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado, pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado [13].

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda descendente. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico descendente originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos $1 \times n$ (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32$, o 64) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol [13].

Los datos ascendentes desde la ONT hasta la OLT (que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión descendente) son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de mezclador en la otra dirección del tráfico. Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico descendente [13].

Para el tráfico descendente se realiza un *broadcast* óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*, Estándar Avanzado de Encriptación). Para el tráfico ascendente los protocolos basados en TDMA aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM

donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles [13].

Como se puede observar en la figura 18 muestra la división de los canales ascendentes y descendentes.

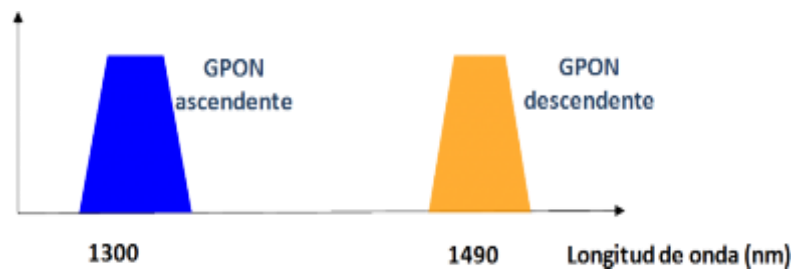


Figura 18: División de canales Ascendentes y Descendentes.

Fuente: Elaboración Propia

Canal descendente: En canal descendente, una Red PON va desde el OLT hacia el ONU del usuario, en forma de red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que pasan por los divisores y llegan a las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él. Se utiliza TDM para enviar la información en diferentes instantes de tiempo [13].

Canal ascendente: En canal ascendente una PON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONU envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todas las ONU se sincronizan a través de un proceso conocido como "*Ranging*" [13].

II.6.1.1 Estructura de una Red GPON

Una Red GPON está formada básicamente por:

- Un módulo OLT que se encuentra en el nodo central [13].
- Uno o varios divisores ópticos (*Splitter*) que sirven para ramificar la red de fibra óptica
- Tantas ONU's como viviendas [13].
- Repetidor Óptico Modular (ODF) [13].

La transmisión se realiza entre la OLT y la ONU.

En definitiva, PON trabaja compartiendo la capacidad entre las ONU de los usuarios, para lo que necesita utilizar dos frecuencias, una para el canal ascendente y otra para el descendente [13].

II.6.2 Ventajas, Objetivos y Seguridad de GPON

Entre las ventajas que presentan las Redes GPON se pueden indicar las siguientes:

- Aumenta el alcance hasta los 20 km (desde la central). Con tecnologías xDSL como máximo se alcanzan los 5,5 km [14].
- Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario. La actual tecnología GPON puede ofrecer hasta 2,5 Gbps para cada 64 usuarios. Ya se están trabajando en estándares que elevan este ancho de banda hasta los 10 Gbps [14].
- Mejora la calidad del servicio debido a la inmunidad que presenta la fibra frente a los ruidos electromagnéticos [14].
- Se simplifica el despliegue de fibra óptica gracias a su topología, lo cual implica ahorro de costos asociados al despliegue de red. Además del ahorro que supone el empleo de fibra óptica frente al cobre, la topología árbol-rama de la Red de fibra, junto al empleo de sistemas de transmisión Mono fibra, Reduce notablemente los costos de implantación [14].
- Se reduce el consumo por no haber equipos activos [14].
- Más baratas que las punto a punto [14].

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- GPON utiliza la encriptación definida en ITU estándar. Sin embargo, GPON sólo limita la encriptación al canal descendente [14].

Entre los Objetivos que presentan las Redes GPON se pueden indicar las siguientes:

- Transporte multiservicio: Voz TDM, transporte síncrono SONET/SDH, *Ethernet* (10/100 BaseT), ATM [14].
- *Multirate*: Soporte de varios *bitrate* con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622 Mb/s, 1.25 Gb/s, y asimétricas de 2.5 Gb/s en el enlace descendente y 1.25 Gb/s en el ascendente [14].
- Alcance máximo de 20 Km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km [14].
- OAM extremo a extremo [14].
- Seguridad del nivel de protocolo para el enlace descendente debido a la naturaleza *multicast* de PON [14].
- El número máximo de usuarios que pueden conectarse a una misma fibra es 64 (el sistema está preparado para dar hasta 128) [14].

Seguridad De GPON:

En teoría, se supone que sí, entre la central, *Splitter*, y el cliente, se manejan juegos de claves públicas y privadas, para encriptar la señal, y que cada usuario sólo sea capaz de desencriptar los paquetes que recibe para sí mismo, pero lo que está claro es que, a nivel de señal, físicamente se reciben los paquetes de todos los usuarios conectados al mismo puerto GPON. Cuando comiencen los despliegues masivos de GPON sobre FTTH, se va a evaluar si realmente es seguro o no el entorno *multicast* [14].

II.7 El Protocolo OMCI (*Ont Management and Control Interface*)

El protocolo OMCI (*Open Manage Client Instrumentation*) se ejecuta sobre una conexión GEM entre la controladora del OLT y la controladora de la ONT y es establecido durante la fase de arranque de la ONT. Este protocolo es asimétrico: el OLT es el maestro y la ONT es el esclavo. Un único OLT empleando diversas instancias del protocolo sobre canales de control independientes puede controlar múltiples ONTs [15]. Los requerimientos de la OMCI dados en la recomendación G.984.4 de la ITU-T son necesarios para manejar la ONT en las siguientes áreas:

- Gestión de la configuración [15].
- Gestión de fallos [15].
- Gestión del rendimiento [15].
- Gestión de la seguridad [15].

OMCI es un protocolo estándar de GPON para el control por parte de la OLT de las ONT.

Este protocolo permite:

- Establecer y liberar conexiones en la ONT [15].
- Gestionar los puertos físicos de la ONT [15].
- Solicitar información de configuración y estadísticas de rendimiento [15].
- Informar autónomamente al operador del sistema de eventos, tales como cortes de fibra [15].

CAPITULO III

METODOLOGIA

En este capítulo se detalla el tipo de investigación presente en el Trabajo de Grado, también se especifica la metodología utilizada para la realización del proyecto, la cual se divide en (5) cinco bloques, que serán explicados en este apartado.

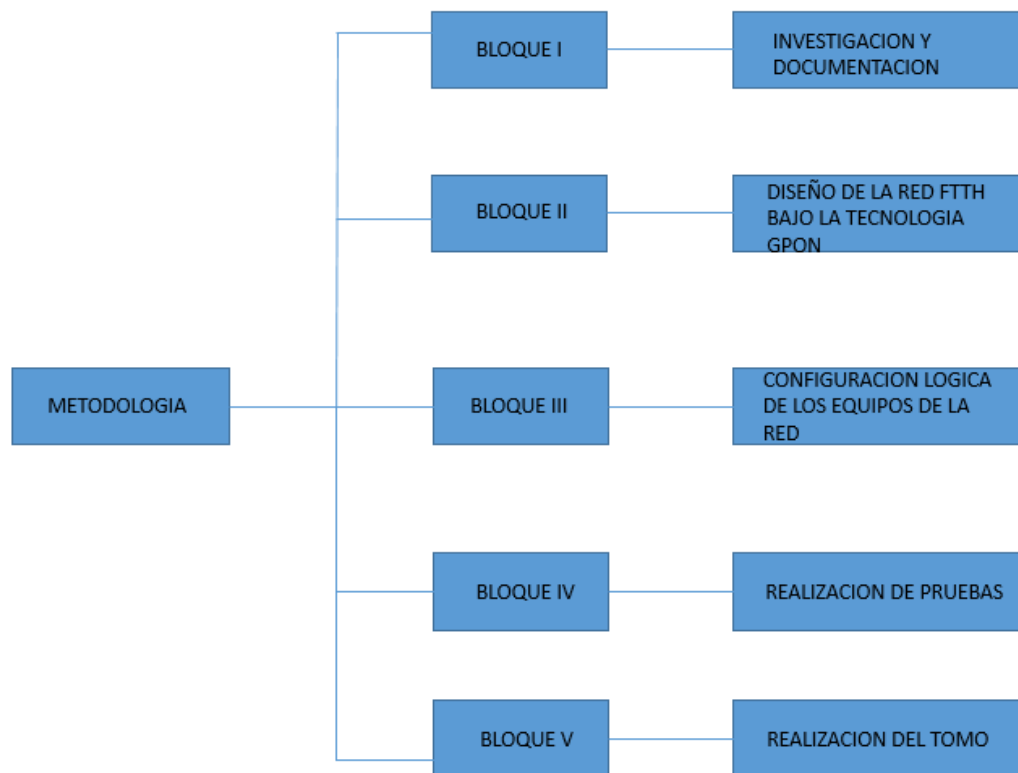


Figura 19: Bloques de la Metodología

Fuente: Elaboración Propia

III.1.- Tipo De Investigación

Para el desarrollo del Trabajo de Grado, el tipo de investigación que se alinea mejor con los objetivos planteados, es el proyecto factible, por involucrar un conjunto de componentes, fases y recursos que tienen relación entre sí. Son planteados para la resolución de un problema específico, donde dicha solución debe ser ejecutada en la menor cantidad de tiempo posible [16].

III.2.- Metodología Empleada

La metodología considerada en la realización de este proyecto, fue estructurada en un conjunto de pasos definidos en bloques, que serán explicados a continuación:

III.2.1.- Bloque I: Investigación y Documentación

- Investigación para la Elaboración de Referencias Bibliográficas

Para el Diseño e Implementación del Proyecto, era fundamental profundizar en los conceptos teóricos necesarios para llevarlo a cabo, por lo tanto, se realizó la búsqueda y recolección de información a través de fuentes de Internet y libros pertenecientes a la biblioteca de la Universidad Católica Andrés Bello.

- Investigación para establecer la conexión entre los diferentes nodos a implementar en la estructura de Red FTTH.

El protocolo utilizado para la implementación de la Red FTTH se basa en la tecnología GPON, por lo tanto, se ahondó en la búsqueda de información para conocer su definición, funcionamiento y procedimiento para establecer comunicación entre los enlaces a implementar.

También, se tomó en cuenta los elementos involucrados en la Red FTTH asociados al Diseño e Implementación de la Red, este diseño es importante dado que su funcionalidad será

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

ofrecer un servicio óptimo de Internet residencial, por lo cual no puede presentar muchas caídas, sea por la conexión de la Fibra a través de los edificios, enlaces adyacentes, configuración de los equipos, distancias y gran parte de los componentes implementados en el diseño.

A continuación, en materia del diseño se detallan los siguientes componentes de la Arquitectura usados para este proyecto:

- OLT ZTE (*Optical Line Terminal*, Unidad Óptica Terminal de Línea)
- Fibra *Drop*
- Roseta Óptica
- Splitters
- *Optical Network Terminal* (ONT)
- Red de Fibra Óptica existente de MDS
- *Optical Distribution Network* (ODN)
- ODF (Repetidor Óptico modular)

En el diseño de la Red FTTH, que se mostrará en el capítulo siguiente, se explicará al detalle, el objetivo de los componentes antes mencionados y el funcionamiento de los componentes de la arquitectura de la Red en general.

III.2.2- Bloque II: Diseño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON (Arquitectura de la Red).

➤ Criterios del Diseño de la Red FTTH

Para el Desarrollo de esta sección del Trabajo de grado, se tomaron en cuentas los requerimientos de la empresa MDS Telecom C.A., mencionados a continuación:

- Debe ser una red con alto nivel de disponibilidad.
- Debe ofrecer enlaces de bajada y subida pertenecientes a la tecnología GPON

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- Poder gestionar cada uno de los equipos pertenecientes a la Red FTTH.
- El Diseño de Red tiene que tener un potencial de transmisión para 1200 abonados.

Partiendo de los requerimientos de la empresa se tomaron en cuentas los siguientes Ítems:

- Criterios para determinar la estructura física de la Red FTTH.

La finalidad de estos criterios, es la de distribuir una Red de Fibra Óptica con tecnología FTTH-GPON y su utilización principal es la de prestar servicios de transmisión a alta velocidad a los abonados que requieran Internet en la Urbanización Las Minas de San Antonio de los Altos, Municipio, Los Salías, Estado Miranda.

Se realizó una inspección de la ruta de canalización en la Urbanización las Minas, donde se pudo verificar la cantidad de metros de ductos a ocupar en la VGT (Vías Generales de Telecomunicaciones), como también la cantidad de tanques y taquillas, que se encuentran en la zona. El proyecto contempla el tendido de 1547 metros de Cable Subterráneo canalizado de 96 Hilos de Fibra Óptica, tipo Monomodo (OS2).

Se utilizará para ello la infraestructura de canalización telefónica existente de la CANTV.

La topología de la dispersión de red, será del tipo BUS, con utilización de armarios de distribución óptica (ODF) y equipos pasivos tipo *Splitter*, los cuales se instalarán dentro de los edificios en un sitio apropiado para efectuar la distribución interna de la red hasta el cliente final.

La ruta de Fibra Óptica de MDS Telecom para los enlaces, se iniciará en un tanque telefónico ubicado en frente del Centro Comercial La Colina en la Av. Paseo Los Andes, entre las Calles Orinoco, Calle Apure, Calle Caroní y Calle Los Alpes.

Para ofrecer dicho servicio, se utilizarán equipos de transporte de datos Huawei y equipos de acceso Mikrotik conectados a la OLT. Para identificar los tramos de canalización,

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

componentes y los nodos que integraran la Red FTTH, dichas informaciones geográficas se organizan en tablas y se ubican los sitios mediante la herramienta *AutoCAD* o *Google Earth*.

- Implementación de la estructura física de la Red FTTH

El Proyecto de Interconexión, consiste en: Tendidos de cables de Fibra Óptica subterráneos de 96 Hilos, tipo Monomodo OS2, desde un tanque telefónico ubicado en la acera frente al Centro Comercial La Colina, entrada a la Urbanización Las Minas, luego se distribuye por la canalización existente, con puntos de dispersión, ubicados en sitios estratégicos y se utilizarán las tuberías o acometidas telefónicas de cada edificio al que se le prestara el servicio FTTH-GPON, a través de Fibra Óptica de 12 hilos empalmado a cada buffer del cable principal de 96 hilos. Solo se utilizarán dos equipos activos en la infraestructura de la Red de Fibra Óptica propuesta en el proyecto, un OLT, con 16 Puertos con 64 clientes cada uno, para un total de 1024 clientes, colocada en la sala de data y ONT's en cada cliente a servir.

Como bien se mencionó en las limitaciones y alcances este proyecto será implementado en la zona las Minas de San Antonio de los Altos.

III.2.3- Bloque III: Configuración Lógica de los Equipos de la Red FTTH.

- Parámetros para la Configuración de los dispositivos presentes en la Red

Para poder ofrecer el servicio a los clientes, se deben configurar correctamente los dispositivos de la Red, tomando en cuenta las referencias de las arquitecturas de redes escalables, tolerantes a fallas, con calidad de servicios y seguras. Se aplican estas referencias, debido a que los equipos son la parte activa de la red y va desde el dispositivo que proporciona el *UPLINK* a la cabecera de la Red FTTH GPON, hasta el dispositivo terminal que se encuentra en el cliente final. Este proceso de configuración para el levantamiento de los enlaces contiene los siguientes procesos:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- Configuración de los nodos de la red de transporte en producción de MDS Telecom para el transporte de datos a los equipos de acceso Mikrotik

Estos dispositivos, se encargan de dar transporte de datos desde el *Core* de la empresa para ofrecer el servicio de Internet, mediante la conexión de un nodo Huawei hacia los equipos *Uplink de Mikrotik*.

- *Uplink Mikrotik*

Este dispositivo, se encarga de hacer la conexión entre el OLT y la Red de MDS Telecom, para darle el direccionamiento a los dispositivos de los clientes y se puedan conectar a Internet. A este dispositivo se le harán una serie de configuraciones para poder administrar y gestionar el OLT y las ONU/ONT a través de un gestor.

- Configuración del equipo OLT ZTE y Gestor *SmartOLT*

Para la comunicación desde el OLT a los clientes finales, se establece un enlace entre los equipos Mikrotik y el OLT, realizando la configuración de los puertos PON, *Uplink* y las Vlans. La configuración será a través un gestor llamado *SmartOLT*. Este proporcionará la interoperabilidad entre las ONU y la OLT. *SmartOLT* es un gestor Licenciado.

- Configuración del Terminal óptico de Red o Unidad de terminal óptica (ONT/ONU)

Este dispositivo, es el dispositivo final del abonado para su servicio de Internet residencial. Ya establecidos los enlaces entre los nodos de transporte Huawei con los nodos de acceso Mikrotik y la conexión con los OLT; este paso corresponde a la conexión del OLT con las ONU. Después de configurar previamente el OLT, al conectar una ONU/ONT la podremos registrar automáticamente al gestor *SmartOLT* y se le configuran los parámetros iniciales en las ONU para levantar el servicio al abonado.

III.2.4- Bloque IV: Realización De Pruebas.

Una vez culminado el proceso de Diseño de la Arquitectura y Configuración lógica de los equipos integrados en la red, se realizaron pruebas con el objetivo de verificar el funcionamiento de la Red FTTH bajo la tecnología GPON y el cumplimiento de los objetivos planteados.

III.2.5- Bloque V: Realización del Tomo.

Este bloque se ejecutó a la par del desarrollo del Trabajo de Grado, con el fin de Redactar la información correspondiente a cada capítulo del tomo de forma simultánea, según el estatus de avance del proyecto y al logro de los objetivos planteados.

CAPITULO IV

DESARROLLO

Una vez investigadas y recopiladas las referencias teóricas necesarias, que permiten conocer las características más importantes de la tecnología GPON y los detalles de funcionamiento de los componentes de una Red FTTH requeridos; aunado a las capacidades, conocimientos y habilidades adquiridas a través de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, se procedió al Diseño e Implementación de una Red FTTH bajo la Tecnología GPON adaptada a la Red de Fibra Óptica existente de MDS Telecom.

En este capítulo se explica al detalle el procedimiento realizado en el Trabajo de Grado para la implementación del proyecto, tomando como base para su exposición, los bloques especificados en la sección de metodología.

IV.1.- Bloque I: Investigación y Documentación

IV.1.1 Investigación para la realización del Marco Teórico

El proceso de investigación y recopilación de datos, consistió en la búsqueda y conocimiento de los conceptos fundamentales de Fibra Óptica y de las Arquitecturas de Redes en Fibra. El primer paso para desarrollar una investigación organizada, fue la ubicación de textos que dieran sentido y complementaran las ideas propuestas para el avance del proyecto. Seguidamente de haber analizado y comprendido estos conceptos, se procedió a filtrar la información de interés concerniente a las partes que involucran una Red FTTH bajo la Tecnología GPON. En vista de las dimensiones de la Red FTTH, la investigación radica en Arquitecturas de Redes en Fibra y sus tipos, como lo son, FTTb, FTTH, FTTc y FTTn; las Redes Activas (Aon) y Pasivas (Pon), y de sus equipos pertenecientes.

IV.1.2 Investigación para establecer los enlaces físicos de la arquitectura Red FTTH.

Al comienzo del desarrollo de este bloque, fueron realizadas reuniones con el tutor empresarial para determinar con precisión aquellos dispositivos requeridos en el funcionamiento de la Arquitectura de Red. Una vez cumplida esta actividad, se procedió a indagar profundamente la estructura de Red FTTH tipo bus, y la característica relevante de los equipos adquiridos por la empresa para el proyecto tales como la OLT, los equipos pertenecientes al *Backbone*, la Fibra Óptica, Fibra *Drop*, el ODF, los *Splitters* y la Roseta óptica los cuales forman parte fundamental en la consolidación de la Red FTTH.

- OLT (*Optical line Terminal*)

Para el proceso de selección del equipo OLT, la empresa ya tenía determinado utilizar un OLT marca ZTE C320, cabe destacar que este equipo funciona en redes flexibles para adaptarse a múltiples escenarios de implementación, obteniendo una amplia cobertura de larga distancia con modos de conexión en Red flexible tipo P2P, cascada, y Redes de anillo, proporcionando un despliegue rápido de redes y servicios.

ZTE C320 admite control H-QoS jerárquico de tres niveles basado en el proveedor de servicios, cumple con los requisitos de las redes de acceso.

Contiene Alta fiabilidad, proporcionando un sistema de nivel de operador y seguridad empresarial, contiene protección de las placas instaladas que permite la conmutación del control principal. La fuente de alimentación y la gestión funcionan en modo activo en espera o redundante. Contiene protección para enlaces PON de línea óptica y LACP de enlace ascendente, compartiendo carga, Atribución de *Liu*, Protección de Red STP y Anillo.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 20: OLT ZXA10 C320

Fuente: <https://www.ycict.net/es/products/zte-zxa10-c320-OLT/>

Se realizó una comparativa con un OLT marca VSOL perteneciente a la empresa, pero a nivel de costos y requerimiento de este proyecto, se hace más factible el OLT marca ZTE, debido a que contiene interoperabilidad con el *SmartOLT* y proporciona 64 usuarios por cada puerto PON, con posibilidad de expansión a 16 puertos PON. A diferencia del OLT VSOL, este solo cuenta con 4 puertos PON no expandibles, abarcando solo 32 usuarios por puerto y no soporta el gestor que se implementara.



Figura 21: OLT VSOL

Fuente: <https://es.vsolcn.com/collections/gpon-OLT-7>

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

ZTE ZXA10 320	VSOL 4PON GPON OLT
Distancia: 20km-60km	20km
Puertos: 8 extensibles a 16 puertos pon	Puertos : 4 puertos no extensibles
Tipo de conector: Class C+ Class B+	Tipo de conector: Class C+
Numero Máximo de Suscriptores por puerto: 512	Numero Máximo de Suscriptores por puerto:128
Proporción de División 1:128	Proporción de División : 1:128
Subida(Upstream): 1.244G	Subida(Upstream): 1.244G
Bajada(Downstream): 2.488G	Bajada(Downstream): 2.488G

Tabla 3: Comparativa de OLT Zte Ax10 320 y OLT Vsol 4PON

Fuente: Elaboración Propia

- Red de Fibra Óptica Existente de MDS

En el proceso de investigación de la red existente de MDS Telecom, cabe destacar que cuenta con una red de transporte de servicio de datos que está conformada por un sistema de transmisión basado en tecnología DWDM y Fibra Óptica (Fibra Oscura), esta última como alternativa de transporte para la interconexión de los nodos donde no existe tecnología DWDM. Conjuntamente cuenta con una Red de Acceso, en la cual los medios que utiliza MDS Telecom para este fin son: Fibra Óptica, usada netamente en clientes corporativos; y Radio enlaces, que son utilizados como alternativa de acceso para la interconexión de clientes en zonas sin cobertura de la Red de Fibra Óptica. En su mayoría los enlaces de Fibra Óptica entre los nodos pertenecientes a la Red son 10GB de ancho de banda.

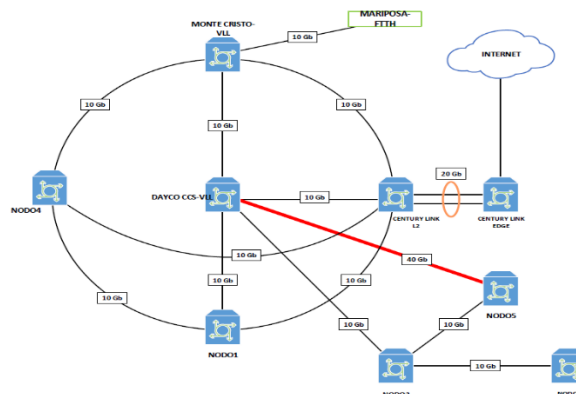


Figura 22: Parte de la Topología Red de Transporte y Acceso en fibra óptica existente de MDS Telecom

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- Fibra Óptica 96 Hilos (Canalizada)

MDS Telecom utilizo las VGT de CANTV en la Urbanización las Minas, se implementó Fibra Óptica de 96 hilos monomodo tipo OS2, proporcionando una distancia máxima de hasta 200 kilómetros de transmisión y su atenuación máxima es 0,4 dB/km, en comparativa con OS1 que su distancia máxima es de 10 km y su atenuación máxima es 1.0dB/km. Tanto el cable de fibra óptica OS1 como el OS2 permiten una transmisión de 1GB a 10GB Ethernet. La fibra OS2 cumple con ITU-T G.652C o ITU-T G.652D descrita en el marco teórico. Se utiliza fibra de 96 hilos por la gran escalabilidad que permite para nuevas conexiones.

- Fibra *Drop*

En este contexto se puede destacar, que la elección de la Fibra *Drop*, fue basada en la recomendación del tutor empresarial y la recomendación UIT-T G.657 A2, por contar con características técnicas resaltantes que permite ser utilizadas en áreas exteriores e interiores, fibra aéreas y ductos, conectorización directa en aplicaciones FTTx. Es totalmente compatible con todas las Fibras monomodo convencionales y contiene bajas perdidas por curvado que se presenten en la instalación de los apartamentos de los abonados. Esta será fibra óptica de 12 hilos que se instalaran en los edificios.

- ODF (Armario de Distribución Óptica)

En aras del armario de distribución óptica, se evaluó con el tutor empresarial para saber qué tipo de *Splitters* implementar en el diseño, visto que por cada edificio hay un promedio de 40 apartamentos y del mismo modo aportar escalabilidad para la conexión de nuevos clientes. Se planteó utilizar en el ODF un *Splitter* 1/2, y colocando 4 *Splitters* 1/8 en los edificios y así abarcar a 64 usuarios por cada edificio de la Urbanización las Minas, proporcionando una utilización de un puerto GPON por cada dos edificios.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 23: Maqueta ODF
Fuente: Elaboración propia

Como observación el radio de *splitting* por puerto es de 1/64 de dos niveles:

1 nivel: 1/2 conexión de la central donde estará la OLT y el ODF.

2 nivel: 1/4*1/16 conexión hacia los edificios.

- ONT

Para llevar a cabo el levantamiento del enlace de las ONT's con el OLT, el sistema de control de las ONT será *SmartOLT*, a razón que la empresa busca proveer a los abonados que adquieran el servicio residencial con ONT's, marcas Huawei y Zte. Por lo tanto, se hizo la búsqueda de gestores que cumplieran el requisito del reconocimiento de ambas marcas y adicionalmente gestión y configuración entre el OLT y las ONT's a implementar. Se optó por el gestor *SmartOLT* debido a que otros gestores son licenciados para sus propios vendor. Por lo cual para este proyecto el gestor será *SmartOLT* cumpliendo con el requisito de interoperabilidad con Huawei y Zte.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 24: ONT's Zte y Huawei

Fuente: Elaboración Propia.

IV.2.-Diseño e Implementación de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON (Arquitectura de la Red).

IV.2.1 Criterios para determinar la estructura física de la Red FTTH.

- **Identificación de la estructura Física de la Red FTTH**

Para la identificación de la estructura física de la Red FTTH, como bien se mencionó en las limitaciones y alcances será implementada en la Urbanización Las Minas, San Antonio de Los Altos, Municipio Los Salías Estado Miranda.



Figura 25: Urbanización Las Minas

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Cabe recalcar que, para dicho Diseño de la Arquitectura de Red, se utilizará la Fibra Óptica existente de MDS Telecom. La empresa proporciona información de la localización geográfica respectiva del último nodo que corresponde al enlace con el OLT. Este nodo se encuentra en producción en la Sub-Estación Eléctrica llamada Mariposa, su enlace de Fibra llega hasta el Centro Comercial la Colina. Esta información es para ser utilizada dentro del diseño, que inicia desde el Centro Comercial hacia la Urbanización. Se emplea este enlace, debido a que será el encargado del transporte de datos para brindar el servicio de Internet residencial.

Tramo	Fibra Óptica Existente	Localidades Beneficiadas para este proyecto	Estado
1	La Mariposa- Centro Comercial La Colina	San Antonio de Los Altos, Municipio Los Salías	Miranda

Tabla 4: Localidad de Fibra Óptica existente de MDS Telecom

Fuente: Elaboración Propia

Con esta información y haciendo uso de la herramienta gratuita de *Google Earth* (propiedad de *Google INC*). Se incluye una muestra del enlace de fibra desde la Sub Estación Eléctrica la Mariposa-Centro Comercial la Colina.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

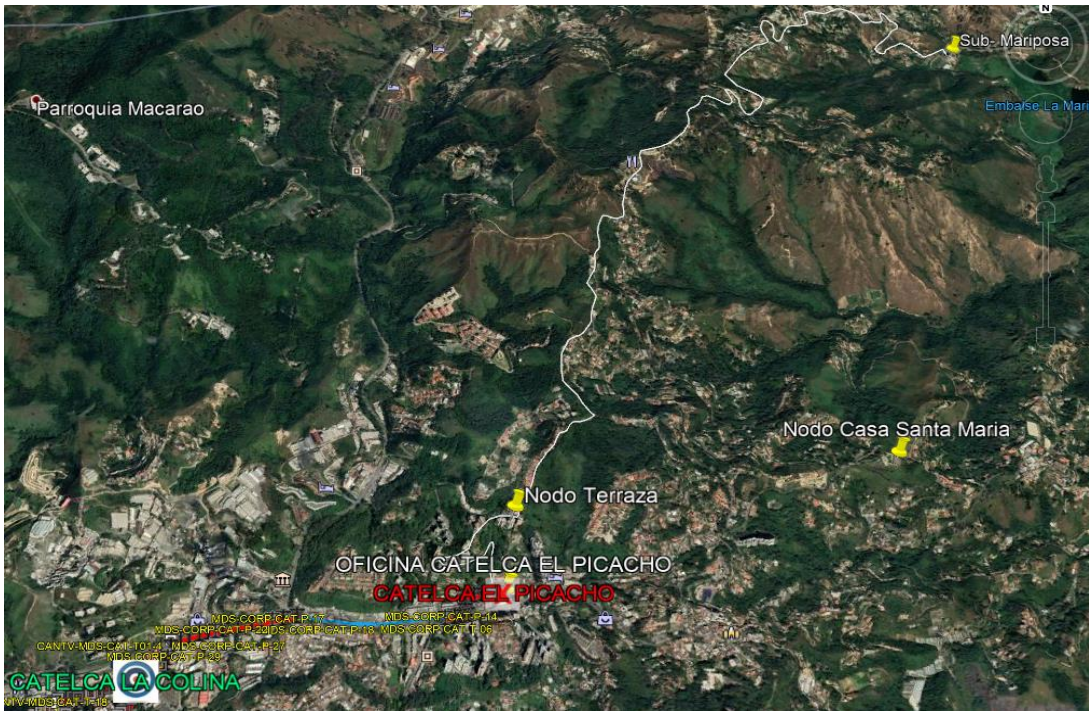


Figura 26: Tramo fibra óptica existente Sub-Estación eléctrica la Mariposa-Centro Comercial la Colina

Fuente: Elaboración Propia

En contexto esta información es de gran utilidad porque permite obtener un abre boca para la iniciación del proyecto.

Posteriormente, se realizó un recorrido exhaustivo, desde el Centro Comercial la Colina hacia toda la manzana de la Urbanización, observando la estructura de cada edificio, validando los tramos para las acometidas internas de Fibra Óptica a implementar. También se validó las VGT de CANTV para el trazado de Fibra Óptica desde el Centro Comercial la Colina hacia la Urbanización. Se observó cada una de las tanquillas, dando un total de 39 tanquillas de CANTV pertenecientes a la Urbanización, de la cual saldrían las acometidas hacia la FXB de los edificios, aportando una gran oportunidad de implementación de la arquitectura de red propuesta en este proyecto. Sin embargo, se podía implementar Fibra Óptica Aérea, pero proporcionaría inconvenientes por

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

permisos externos y añadiría extensión de tiempo a este proyecto y sería un poco más extenso a implementar.



Figura 27: Tanquilla de Cantv Urbanización las minas
Fuente: Elaboración Propia



Figura 28: FXB de un Edificio en la Urbanización las minas
Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Por último, paso, se validaron todos los edificios que adquirirán el servicio, dando un total de 30 edificios.

Mencionado en la justificación, este proyecto tiene como objetivo, ofrecer un servicio de Internet a abonados que no cuenta con el mismo o abonados que buscan mejorar su ancho de banda.

Se realizó un cuadro comparativo con empresas de servicio de Internet residencial en la zona. Este cuadro justifica la realización del proyecto en dicha Urbanización, para posteriormente presentar el Diseño de la Arquitectura de Red FTTH bajo la Tecnología GPON.

Empresas	Ventajas	Desventajas	Medio de transmisión
MDS TELECOM	FTTH, Ancho de banda, servicios de 10MB,20MB,50MB,100MB,200MB ilimitado	Nuevo en Ofrecer servicios de Internet residencial	Fibra Óptica
CANTV	Ancho de banda promedio 10MB ilimitado, Experiencia en servicio para el hogar	Edificios no cuentan con el servicio.	ADSL
INTER	Ancho de banda promedio 10MB con 20GB de navegación web, Experiencia en servicio para el hogar	Latencia de Internet, Navegación web limitada.	COAXIAL
SUPERCABLE	Ancho de banda promedio 10MB con 20GB de navegación web, Experiencia en servicio para el hogar	Latencia de Internet, Navegación web limitada.	COAXIAL

Tabla 5: Tabla Comparativa de empresas que ofrecen servicio de Internet residencial Urbanización las Minas

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Para la validación completa del recorrido en la Urbanización las Minas y posteriormente la realización del Diseño, se hicieron las respectivas mediciones de coordenadas con un GPS, proporcionando una ubicación más precisa de cada Tanquilla.



Figura 29: GPS GARMIN ETREX 10

Fuente: Elaboración Propia

Con la información de coordenadas proporcionadas por el GPS, se procedió a incluir cada una de las tanquillas en la herramienta gratuita *Google Earth* (propiedad de *Google INC*). En la figura 30 se muestra el esquema sobre *Google Earth* de la urbanización, las tanquillas definidas y tramos de Fibra Óptica canalizada agregadas en el mapa.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

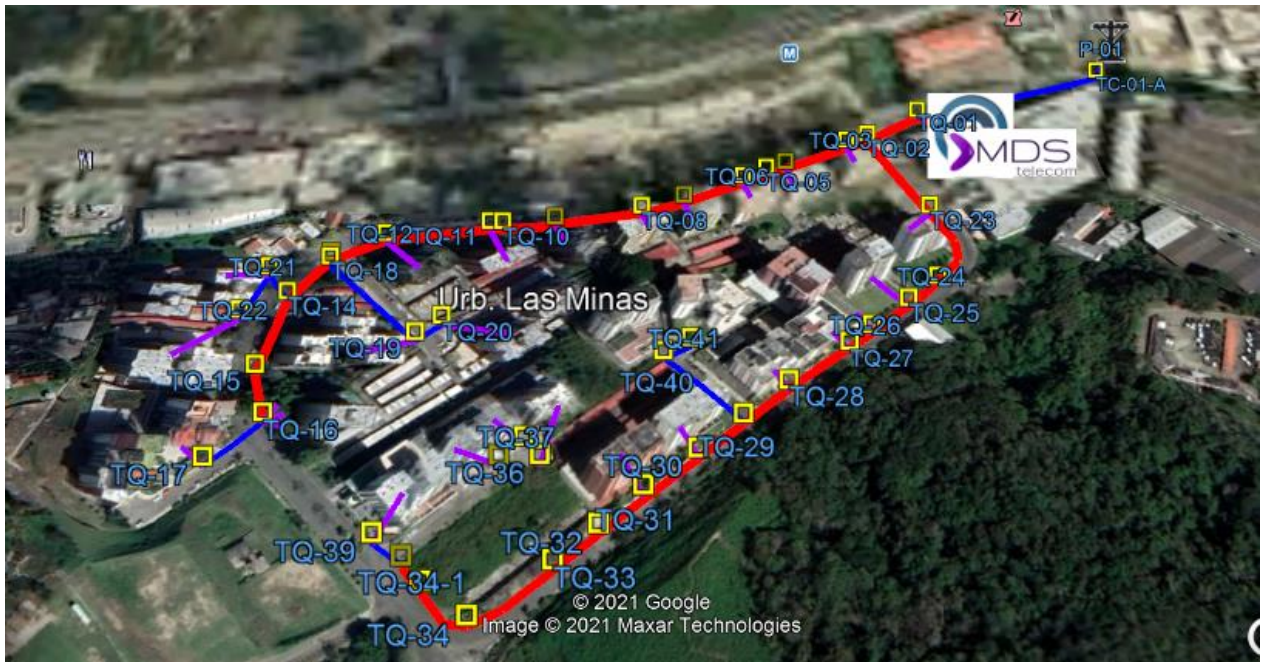


Figura 30: Tanquillas y tramos Fibra Óptica canalizada Urbanización las Minas

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se determinaron las distancias entre cada Tanquilla y se formalizaron las tablas correspondientes. Nuevamente esto se realiza a través de *Google Earth*, que ofrece varias herramientas que los usuarios pueden utilizar para medir distancias y calcular tamaños.

Para medir la longitud, área y circunferencia, se tienen dos opciones

- Haciendo clic en el icono Regla de la barra de herramientas (Herramientas > Regla), se activa la casilla de navegación con ratón (si no está seleccionada) y, por último, se hace clic en el visor 3D para empezar a medir. Es posible escoger diferentes pestañas dentro de la herramienta de medición para cambiar la forma (Ruta, Polígono, Circulo) con la que se está midiendo. Se podrá ver las medidas en el cuadro de dialogo mientras se hace el trazado. Con un clic en guardar se obtienen las mediciones como archivo KML.
- Para crear una nueva forma, haciendo Clic en el icono Ruta o Polígono de la barra de herramientas Ruta > Ruta / Polígono, se selecciona la pestaña Medidas del cuadro de

dialogo y, por último, se hace clic en el visor 3D para empezar a dibujar. Para seleccionar una forma existente, se hace clic con el botón derecho en la forma situada en el panel Lugares, selecciona Propiedades (en un PC) y, por último, selecciona la pestaña Medidas.

Las mediciones se realizan tomando en cuenta que el tendido de Fibra Óptica será mediante VGT (Vías generales de Telecomunicaciones). La empresa tiene todos los permisos para realizar la implementación.

En el anexo A - Datos de Localización geográfica de los nodos del proyecto, información de la localización de las Tanquillas y edificios, la información correspondiente a cada uno de los tramos del proyecto, exponiendo las características respectivas de cada ítem, clasificación, tipo de nodo, tipo de Tanquilla.

La información de la localización geográfica es fundamental para calcular las distancias, presupuesto de potencia óptica y el levantamiento de los enlaces, también la información del tipo de tráfico ayuda en la constitución del Diseño visto desde la capa de servicios.

IV.2.2 Implementación de la estructura física de la Red FTTH.

En el inicio de la implementación física de la Red, es necesario tener la seguridad de que los dispositivos entre cada extremo tanto el dispositivo en el usuario final o ONT y el dispositivo Inicial o OLT podrán comunicarse. Se realiza un cálculo de presupuesto de potencias para determinar los requerimientos mínimos que deben tener los dispositivos electrónicos. El cálculo se realizó basándose en la ruta completa de la urbanización (1547mts), debido a que la urbanización cuenta con dos rutas una de entrada y salida, en la que se hará un sangrado en la Fibra en la tanquilla de CANTV inicial, dividiendo la ruta completa en dos, a razón de acortar distancias y obtener un mejor presupuesto de potencia. En la figura 31 se muestra lo explicado.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

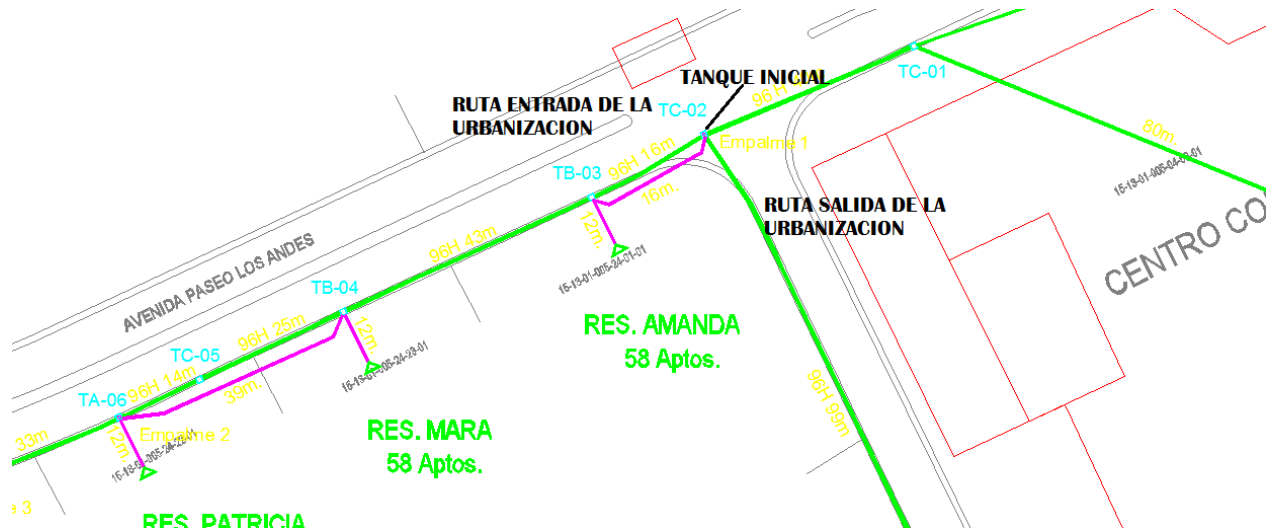


Figura 31: Rutas Urbanización las minas

Fuente: Elaboración Propia

Las ecuaciones utilizadas para determinar el presupuesto de potencia son las siguientes:

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{enlace}$$

$$L_{enlace} = L_{conectores} + L_{empalmes} * N_{empalmes} + L_{empalme\ de\ conector} + L_{F.O} * d_{enlace} + M_{Att}$$

$P_{rx} \geq S_{rx}$ (Debe cumplir esta condición para que el enlace sea efectivo) P_{rx} : -9.37dBm $\geq$ S_{rx} : -27dBm

P_{rx} : Potencia de Recepción [dBm]

P_{tx} : Potencia de Transmisión [dBm]

L_{enlace} : Pérdida del enlace [dB]

$L_{conectores}$: Pérdida por Conectores [dBm] (0.4dB*2)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

$L_{empalmes\ de\ conector}$: Pérdida por empalme de conectorización [dB] ($0.1\ dB * 2$)

$L_{empalmes}$: Pérdida por Empalme [dB] (0.1dB)

$N_{empalmes}$: Numero de Empalmes 40

$L_{F.O}$: Pérdida de la fibra óptica [dB/km] (0.25dB/km)

d_{enlace} : Distancia del enlace [km]

M_{Att} : Margen de atenuación [dB] (5dB)

S_{rx} : Sensibilidad del receptor [dBm]

NOTA: todos los valores estandarizados se tomaron para el peor de los casos esto con el fin de tener un mayor margen de error.

Los rangos de sensibilidad del receptor y potencia del transmisor utilizados en este modelo fueron extraídos de los equipos que se implementaran en la red, estos rangos están entre 3dBm y 8dBm en el caso de potencia de transmisor y entre -27 dBm y -8 dBm en el caso de sensibilidad del receptor. Para determinar los valores mínimos requeridos para los enlaces, se tomó en cuenta la ruta completa de toda la urbanización, como ya se mencionó, se dividió en dos rutas principales de Fibra Óptica, esto con el fin de obtener menos pérdida de potencia óptica y por la factibilidad de adecuación en las acometidas de Fibra Óptica dentro de la VGT de Cantv. En la tabla 9 se muestran en verde los valores que hacen efectivo el tramo completo de la ruta de Fibra Óptica en la Urbanización. La ruta de Fibra al edificio más lejano es aproximadamente de 750 metros.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Distancia del Enlace en [KM]	1.5 [KM]
Pérdida Total Del Enlace [dB]	12.37 [dB]
Sensibilidad Del Receptor [dBm]	-27 [dBm]
Potencia Del Transmisor [dBm]	3 [dBm]

Tabla 6: Requerimiento de potencia electrónica.

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente a los requerimientos mínimos de potencia y sensibilidad del transmisor y receptor respectivamente, se procedió a establecer las características mínimas que debe cumplir los equipos, lo cual resulto las siguientes características:

- Debe poseer protección basada en enlace (APS).
- Debe cumplir con las características de potencia y sensibilidad mostradas en la tabla 9.

Con la información calculada del presupuesto de potencia, se dio inicio al tendido de Fibra Óptica en la urbanización.

Se planteo varios pasos con sus limitantes, debido a permisos expuestos en alcances y limitaciones, además de varias visitas para el inicio de las acometidas dentro de las VGT de CANTV y la implementación de la Red FTTH. Todo el proyecto bajo la supervisión de personal de CANTV:

- 1- Explorar los tramos VGT con la herramienta guía de Fibra de Vidrio (Mariota)
- 2- Seguidamente de explorar los tramos VGT, se procede a implementar la Fibra Óptica en la Urbanización.
- 3- Posteriormente de la implementación de la Fibra Óptica en cada tanquilla perteneciente a la Urbanización, se procede hacer los respectivos empalmes hacia los FXB de los edificios.
- 4- Ya implementada la Fibra Óptica en las FXB, se procede con el despliegue de la Fibra *Drop* hacia los pisos del edificio, haciendo una conexión con cada Caja de Distribución por piso, cada caja con su respectivo *Splitter*.
- 5- Se procede hacer la conexión de la Caja de Distribución a la Roseta Óptica del abonado que va adquirir el servicio. (Limitante)
- 6- Se instala el equipo Mikrotik de acceso, el OLT y el ODF en la central del Centro comercial las Colinas, con su respectivo respaldo de energía. (Limitante)
- 7- Levantamiento Físico de los siguientes enlaces: Nodo Mariposa-Nodo Mikrotik Acceso, Nodo Mikrotik Acceso-OLT, OLT-ODF. (Limitante)
- 8- Completado los pasos anteriores, se inicia el levantamiento físico de las ONT's de los abonados. (Limitante)
- 9- Prueba de servicio de Internet residencial a los abonados de la Urbanización las Minas.

En el Anexo B, se encontrará información relevante a lo que respecta a estos pasos para la implementación de la Red FTTH.

IV.3.- Configuración Lógica de los Equipos pertenecientes a la Red FTTH.

IV.3.1 Parámetros para la Configuración de los nodos en producción y configuración de los equipos pertenecientes a la Red FTTH.

Las configuraciones de estos componentes, son muy importantes para que la arquitectura planteada en este proyecto cumpla los requisitos fundamentales de una red escalable, de calidad

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

de servicios, que sea segura, robusta y tolerante a fallas, esta es la premisa básica de las redes actuales. Cabe mencionar que el servicio que se otorgará será Internet residencial.

Se tiene que tomar en cuenta que tiene que ser una red tolerante a fallas, debido, si un enlace o ruta falla, los procesos deben garantizar que los mensajes pueden enrutarse en forma instantánea en un enlace diferente transparente para los usuarios en cada extremo. Tanto las infraestructuras físicas como los procesos lógicos que direccionan los mensajes a través de la Red deben estar diseñados para adaptarse a cualquier falla.

Ya que serán una gran cantidad de usuarios que van adquirir el servicio e irán sumándose cada vez más y más abonados, esta red tiene que cumplir con los parámetros de una red escalable que puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales. La capacidad de la red está en admitir nuevas interconexiones, depende de un diseño jerárquico en capas de la infraestructura física subyacente y la arquitectura lógica. El funcionamiento de cada capa permite a los usuarios y proveedores de servicios insertarse sin causar interrupción en toda la red.

La calidad de servicio, es un parámetro muy importante a tomar en cuenta en este proyecto, la red debe proporcionar servicios seguros, predecibles, mensurables y garantizados. Este tipo de red necesita mecanismos para administrar el tráfico de redes congestionado. La congestión se genera cuando la demanda de recursos de red supera la capacidad disponible. Si todas las redes tuvieran recursos infinitos no habría necesidad de utilizar mecanismos QoS para garantizar la calidad de servicio. Desafortunadamente, éste no es el caso. Existen algunas restricciones en los recursos de la red que no pueden evitarse. Las restricciones incluyen limitaciones tecnológicas, costos y disponibilidad local del servicio de alto ancho de banda. El ancho de banda es la medida de la capacidad de transmisión de datos de la red. Cuando se producen intentos de comunicaciones simultáneas en la red, la demanda de ancho de banda puede exceder su disponibilidad. La solución para esta situación sería aumentar la cantidad de ancho de banda disponible. Pero debido a las restricciones anteriormente mencionadas, esto no siempre es

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

posible. Por esto, una de las ventajas de la Red FTTH, es que proporciona un gran ancho de banda, pero esto no significa que dejemos a un lado la calidad de servicio y tomemos en cuenta la siguiente clasificación de QoS para un servicio óptimo:

- Asignación de Prioridades.
- Comunicaciones sensibles al tiempo
- Comunicaciones no sensibles al tiempo
- Comunicación indeseable

Como último parámetro, tiene que ser la provisión de seguridad de red en vista que, algunas de las consecuencias de la ruptura en la seguridad son:

- Interrupciones de red que impiden la realización de comunicaciones y de transacciones, con la consecuente pérdida de negocios.
- Mal direccionamiento y pérdida de fondos personales o comerciales.

Existen dos tipos de cuestiones de seguridad de la red que se deben tratar a fin de evitar serias consecuencias: seguridad de la infraestructura de la red y seguridad del contenido. Asegurar la infraestructura de la red incluye la protección física de los dispositivos que proporcionan conectividad de red y evitan el acceso no autorizado al software de administración que reside en ellos. La seguridad del contenido se refiere a la protección de la información contenida en los paquetes que se transmiten en la red y la información almacenada en los dispositivos conectados a ésta.

Como conclusión de estos parámetros, se tienen que tener como objetivo estos tres puntos a continuación:

Garantizar la confidencialidad: La privacidad de los datos se logra permitiendo que lean los datos solamente los receptores autorizados y designados (individuos, procesos o dispositivos). Un sistema seguro de autenticación de usuarios, el cumplimiento de las

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

contraseñas difíciles de adivinar y el requerimiento a los usuarios para que las cambien frecuentemente ayudan a restringir el acceso a las comunicaciones y a los datos almacenados en los dispositivos adjuntos de la red. Cuando corresponda, el contenido encriptado asegura la confidencialidad y Reduce las posibilidades de divulgación no autorizada o robo de información.

Mantener la integridad de las comunicaciones: La integración de datos significa que la información no se alteró durante la transmisión de origen a destino. La integración de datos puede verse comprometida cuando al dañarse la información, ya sea en forma intencional o accidental, antes de que el receptor correspondiente la reciba.

La integridad de origen es la confirmación de que se validó la identidad del emisor. Se compromete la integridad del origen cuando un usuario o dispositivo falsifica su identidad y proporciona información incorrecta al destinatario. El uso de firmas digitales, algoritmos de hash y mecanismos de *checksum* son formas de proporcionar integridad de origen y de datos a través de la red para evitar la modificación no autorizada de información

Garantizar disponibilidad: La garantía de confidencialidad e integridad son irrelevantes si los recursos de red están sobrecargados o no disponibles. Disponibilidad significa tener la seguridad de acceder en forma confiable y oportuna a los servicios de datos para usuarios autorizados. Los recursos pueden no estar disponibles durante un ataque de Denegación de servicio (DoS) o por la propagación de un virus de computadora. Los dispositivos *firewall* de red, junto con el *software* antivirus de los equipos de escritorio y de los servidores pueden asegurar la confiabilidad y solidez del sistema para detectar, repeler y resolver esos ataques. La creación de infraestructuras de red completamente redundantes, con pocos puntos de error, puede reducir el impacto de estas amenazas.

El resultado de estos parámetros es para mejorar tanto la calidad del servicio como la seguridad de las comunicaciones de red. Debido a que Internet continúa expandiéndose para ofrecer más y nuevos servicios, su futuro depende de las nuevas y más sólidas arquitecturas en

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

desarrollo que incluyen estas cuatro características: tolerancia a fallas, escalabilidad, calidad del servicio y seguridad.

A continuación, se argumenta el funcionamiento de la Red FTTH señalando lo siguiente:

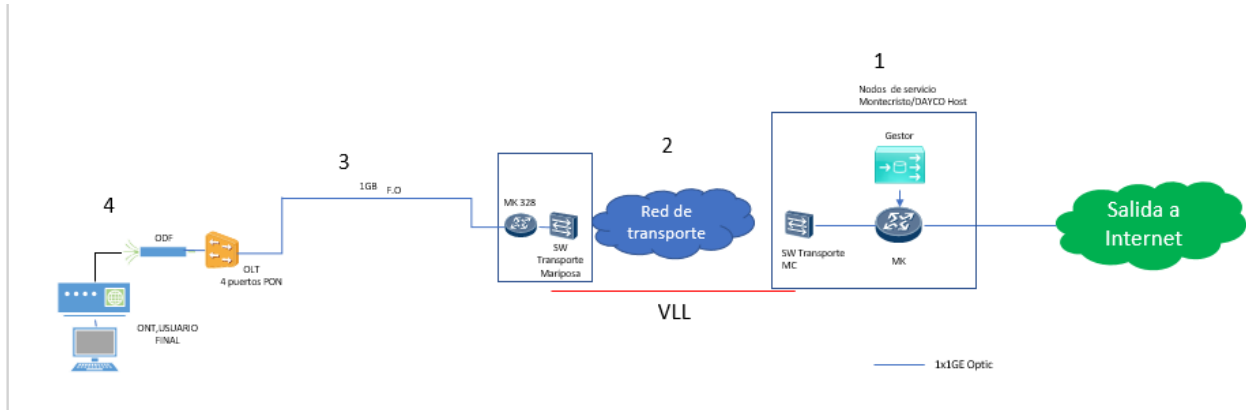


Figura 32: Esquema del funcionamiento de la Red FTTH

Fuente: Elaboración Propia

1. Se crea desde uno de los nodos principales de la empresa, 1 VLAN *dot1q* para servicio y 1 VLAN para la gestión de las ONT.
2. Desde el nodo Mariposa, hasta uno de los nodos principales de la empresa nodo Montecristo o nodo Daycohost, se configurará un VLL para el transporte del servicio y se conectará con el Switch Mikrotik que dará acceso al servicio.
3. Ruta de Fibra óptica desde el Nodo la Mariposa, hasta el terminal OLT ubicado en el centro de data del Centro Comercial la Colina; respectiva configuración del equipo OLT para el levantamiento del enlace equipo Mikrotik con el OLT y activación del puerto PON.
4. Conexión del OLT al ODF (Armarios de Distribución Óptica), para la distribución de los enlaces Ópticos a la roseta óptica instalada en los apartamentos. Conexión y posterior configuración de la ONT para brindarle el servicio de Internet residencial al abonado.

IV.3.2 Configuración Nodos de la Red de Transporte de Datos

La estructura de transporte de la empresa MDS Telecom está basada en equipos Huawei, el servicio de transporte de datos podrá partir de dos nodos principales de la red, los modelos de estos equipos son HUAWEI S6720S-26Q-EI-24S-AC, que se muestran en la figura 33.



Figura 33: Huawei 6720 EI

Fuente: Elaboración propia

Para la conexión al equipo en producción de la empresa y hacer las respectivas configuraciones, se utilizará la herramienta de cliente Ssh, Telnet, Rlogin llamada *Putty*.

Pasos para el ingreso al nodo:

- 1- Seleccionar el tipo de conexión a utilizar Telnet o Ssh (Depende del acceso remoto que este configurado en el equipo).
- 2- Colocamos la dirección IP del equipo donde se harán las configuraciones (*Hostname*).
- 3- Colocamos el número de protocolo del puerto para la conexión.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

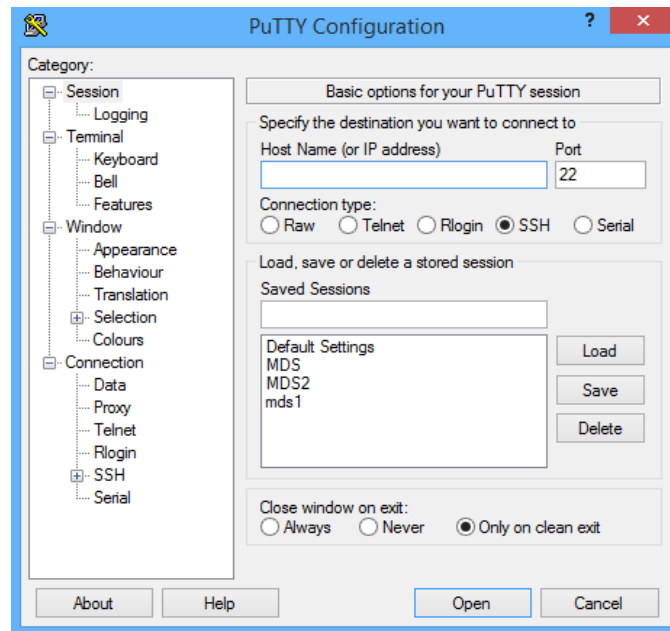


Figura 34: Putty

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente

- 4- Colocamos nuestro usuario y contraseña creado en el equipo
- 5- Accedemos al nodo

```
login as: gblanco1
Pre-authentication banner message from server:
| *****SOLO PERSONAL AUTORIZADO*****
End of banner message from server
Keyboard-interactive authentication prompts from server:
| User Authentication
| Password:
End of keyboard-interactive prompts from server

Info: The max number of VTY users is 10, and the number
      of current VTY users on line is 1.
      The current login time is 2021-06-20 18:18:36-04:00.
<CORE-AGGRE-MONTE-CRISTO-01>
```

Figura 35: Nodo Montecristo

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Para dar comienzo con las configuraciones de los nodos de la red de transporte, tenemos que entender primero la base de la red.

La red está basada en la tecnología Metro (*Carrier Ethernet*) soportada en transporte de paquetes mediante MPLS (*Multi Protocol Label Switching*).

Las principales ventajas de esta tecnología son:

- Escalabilidad. El diseño de la red permite un crecimiento ajustable a las necesidades del mercado.
- Restablecimiento rápido de la red. MPLS utiliza mecanismos como FR que, junto con BFD, consigue recuperar el servicio en tiempos equivalentes a la tecnología SDH (<50ms).
- Convergencia Multiprotocolo. Gracias a la madurez del estándar *pseudowire* (VLL) equivalente a ATM, una red metro *Ethernet* basada en MPLS puede transportar virtualmente cualquier tipo de tráfico, incluyendo TDM (además de tráfico IP/Ethernet).
- Administración extrema a extremo (e2e). Las redes metro *Ethernet* basadas en MPLS ofrecen un amplio juego de herramientas para localización de fallas y administración que enriquecen las posibilidades de los administradores de la red para diagnosticar y resolver problemas.

La Red IP/MPLS está basada en el modelo “*Seamless MPLS*” (MPLS extremo a extremo o e2e) por su flexibilidad y escalabilidad.

Seamless MPLS permite trabajar con diversos protocolos IGPs, BGP, MPLS, para establecer un plano de control por proceso IGP, pero tiene un plano de servicios integrado.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Cada equipo conocerá todas las direcciones IP de su proceso IGP y solo la dirección IP *loopback* del resto de los equipos de la red, en los otros procesos IGPs al cual el no pertenece. Esto se logra al establecer un LDP E2E entre las capas de Acceso, Agregación y Core de una red IP/MPLS.

Este modelo de red de transporte brinda las siguientes características:

- ✓ **Flexibilidad:** con arquitectura de multi-nivel y con varios procesos de enrutamiento para ofrecer escalabilidad y habilitar nuevas funciones
- ✓ **Confiabilidad:** el diseño permite aislar fallas por región, BFD.
- ✓ **Simplicidad:** un plano de servicio integrado que facilitará el aprovisionamiento de los servicios
- ✓ **Madurez:** Se emplea el modelo “Seamless MPLS” que es estándar en la industria de las Telecomunicaciones, él está enfocado en redes de operadores de servicios y utiliza protocolos conocidos como lo son: OSPF, ISIS, MPLS-LDP y BGP

En la siguiente figura se muestra el *stacking* de protocolos y servicios de la red lógica de transporte.

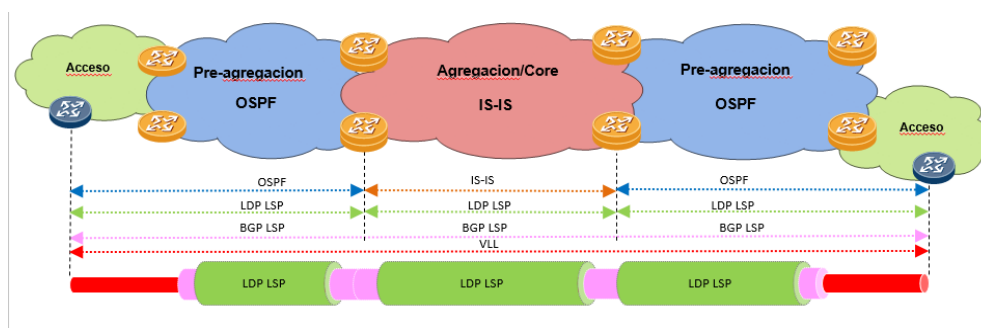


Figura 36: Diseño Lógico Red Transporte MDS Telecom

Fuente: Elaboración propia

Como bien mencionado al inicio para dar el servicio de acceso se crearán dos Vlans, 1 VLAN *dot1q* para servicio y 1 VLAN para la gestión de las ONT.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Para este servicio la red tiene la capacidad de ofrecer a los clientes, servicios L2 para Intranet punto a punto (P2P) por medio de VLL y servicio punto multipunto (P2MP) por medio de VPLS, así como el servicio de acceso a Internet.

Los servicios Intranet P2P (VLL), P2MP (VPLS) y de acceso a Internet, se podrán ofrecer con anchos de banda desde 50Mbps/s hasta 10Gbits/s, dependiendo de la ubicación del cliente en el territorio nacional y la disponibilidad de ancho de banda de la red en la localidad del cliente.

Este servicio que se otorga para dar Internet residencial, irá a través de una VLL. La VLL es una tecnología de línea arrendada virtual, también llamada *Virtual Private Wire Service* (VPWS), esta emula líneas arrendadas en una red IP para proporcionar un servicio de red de datos digitales asimétricos (DDN) de bajo costo. VLL es una tecnología de túnel de capa 2 punto a punto (P2P), basada en la conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS), que permite el intercambio de paquetes de datos entre redes que utilizan diferentes medios. En la figura se observa el servicio de conexión a Internet, el cual se brinda con un servicio VLL (en color rojo) como transporte, este servicio es el que llegara al OLT, y conexión posteriormente a las ONT de los clientes.

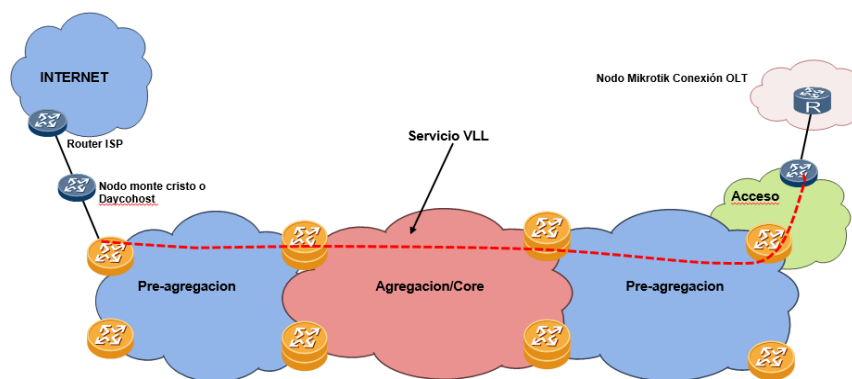


Figura 37: Servicio VLL

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Para la configuración de los equipos se realizó el siguiente plan de direcciones IP:

- ✓ Se utiliza el prefijo privado 10.0.0.0/8 del RFC 1819 y se hace el siguiente *subnetting* del mismo:
- ✓ Las direcciones IP de interconexión entre equipos (P2P) usarán una máscara de 30 bits (/30).
- ✓ Los equipos contarán con dos (2) direcciones *loopback*.
- ✓ Una *loopback* (/32) para gestión.
- ✓ Una *loopback* (/32) para *router-id* de los protocolos y los servicios de cliente (VLL, VPLS).
- ✓ Cada equipo tendrá en total cuatro (4) direcciones IP.

En la figura, se observa donde se ubican en los equipos, las direcciones IP /32 y /30, es un ejemplo de las conexiones que se establecerán entre los nodos de transporte involucrados en este proyecto como se mencionó serían tres: Nodo Montecristo, Nodo Daycohost, Nodo Mariposa, este último como conexión al nodo de Acceso Mikrotik.

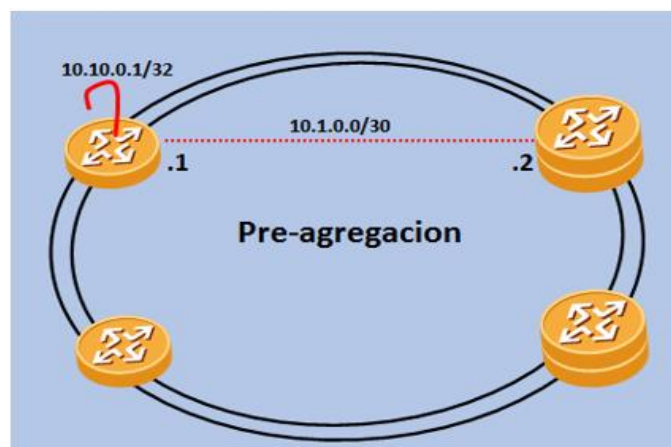


Figura 38: IP Nodos Transporte de Datos

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Con la información adquirida, se procedió con la configuración de los nodos, con los comandos descritos en la siguiente figura, estos comandos darán el levantamiento de la transmisión de datos entre los nodos mencionado, qué al llegar al nodo de acceso Mikrotik, otorgara el servicio de Internet.

```
vlan batch 2 to 1000 // Crea el pool de VLANS
#
mpls lsr-id 10.0.1.2 /// Anuncia el nodo en el túnel LDP
#
mpls l2vpn /// Habilita el servicio VPLS
#
mpls ldp remote-peer XXX123 // Crea el peer contra el nodo destino
remote-ip 10.1.0.2 / Dirección IP del nodo destino para el túnel LDP
#
vsi PRUEBA static /// Crea el servicio VPLS
pwsignal ldp
vsi-id 1
peer 10.1.0.2
#
interface Vlanif100 ///// Asocia la VPLS con la interface VLAN
l2 binding vsi PRUEBA
#
interface Vlanif101 ///// Crea el servicio VLL con el router destino
mpls l2vc 10.1.0.2 101
```

Figura 39: Comandos Nodos transporte Huawei

Fuente: Elaboración propia.

En el posterior punto mencionado *Uplink Mikrotik*, antes de la conexión con el OLT, se hará una prueba de conexión de Internet, con el servicio transportado a través de los nodos Huawei.

IV.3.3 Configuración Uplink Mikrotik

Concluido con la configuración de los nodos de transporte, se dio inició a la etapa de configuración de los Nodos de Acceso. Este dispositivo, es el encargado de hacer la conexión entre el OLT con la red de MDS Telecom para así darle el direccionamiento a los dispositivos de los clientes puedan conectarse a Internet. A este dispositivo, se le realizo una serie de configuraciones para poder administrar y gestionar el OLT y las ONU/ONT a través de una herramienta llamada *SmartOLT*. El dispositivo ya posee una configuración inicial realizada por

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

un administrador de la red de la empresa MDS Telecom. Se procedió a hacer la integración del *SmartOLT* y la configuración de la IP que transporta el servicio datos desde el nodo Monte Cristo o Daycohost.



Figura 40: Nodo Mikrotik CCR 1072

Fuente: Elaboración propia.

Para dar inicio a la configuración de este nodo se necesita la herramienta propia de su vendor: la herramienta llamada *Winbox*.

Pasos para el ingreso del nodo:

- 1- Se coloca la dirección IP del nodo en la casilla *Connect to*.
- 2- Se coloca usuario y contraseña.
- 3- Se selecciona *Connect*.

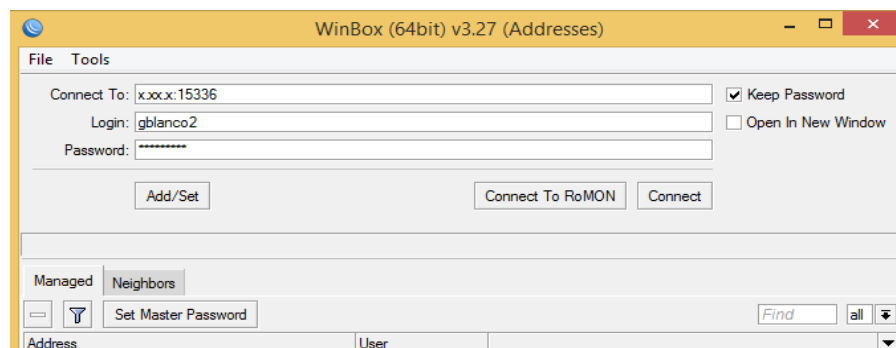


Figura 41: Herramienta Winbox

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

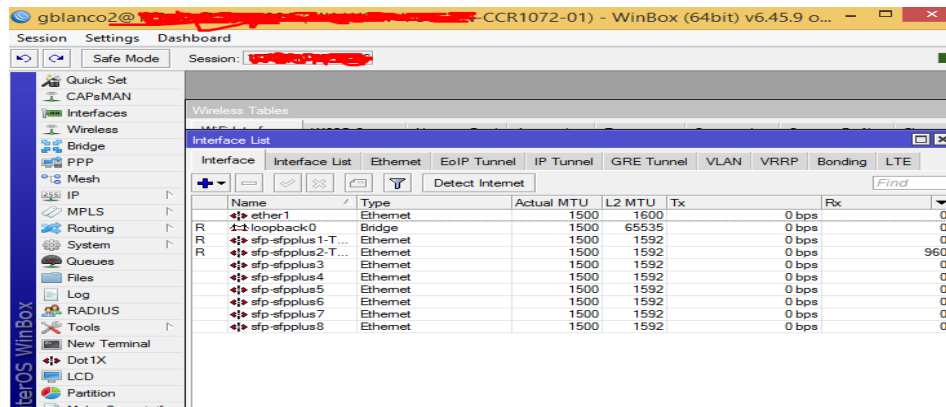


Figura 42: Interfaz gráfica nodo Mikrotik

Fuente: Elaboración propia.

Pasos para configuración del *SmartOLT* en el equipo Mikrotik:

- 1- Creación de la lista de direcciones de *SmartOLT*: Se crea una lista de direcciones designada por la aplicación para que el dispositivo reconozca y permita la comunicación entre el *SmartOLT* y el dispositivo Mikrotik de este proyecto. Nos vamos al terminal y escribimos el siguiente comando: `/ip firewall address-list add address=amz.smartOLT.com list=SmartOLT`.

```
/ip firewall address-list
add address=amz.smartolt.com list=SmartOLT
```

Figura 43: Comando lista de dirección SmartOLT

Fuente: Elaboración propia.

- 2- **Redireccionamiento de puertos:** Se configura un redireccionamiento de puertos importantes como lo son Telnet 23, SSH 22 y SNMP 161. Este Redireccionamiento va apuntado hacia la dirección privada de gestión del OLT en este caso es 17x.17.0.110 con esto el *SmartOLT* puede hacer solicitudes SNMP, Telnet y SSH debido a que cuando haces una solicitud por esta aplicación la realiza con otro puerto diferente en

este caso redireccionamos el puerto 2333 hacia el 23, el puerto 2322 hacia el 22 y el puerto 2161 hacia el 161.

Los comandos que debemos ingresar en el terminal son los siguientes:

```
/Ip firewall nat add action=dst-nat chain=dstnat \ dst-port=2333 protocol=tcp  
srcaddress-list=SmartOLT \to-addresses=17x.17.0.110 to-ports=23  
comment=SmartOLT /  
#  
Ip firewall nat add action=dst-nat chain=dstnat \ dst-port=2322 protocol=tcp srcaddress-  
list=SmartOLT \to-addresses=17x.17.0.110 to-ports=22 comment=SmartOLT  
#  
/Ip firewall nat add action=dst-nat chain=dstnat \ dst-port=2161 protocol=udp  
srcaddress-list=SmartOLT \to-addresses=17x.17.0.110 to-ports=161  
comment=SmartOLT
```

```
/ip firewall nat  
add action=dst-nat chain=dstnat comment=SmartOLT dst-address=17.17.0.110 \  
dst-port=2333 protocol=tcp src-address-list=SmartOLT to-addresses=\  
17.17.0.110 to-ports=23  
add action=dst-nat chain=dstnat comment=SmartOLT dst-address=17.17.0.110 \  
dst-port=2322 protocol=tcp src-address-list=SmartOLT to-addresses=\  
17.17.0.110 to-ports=22  
add action=dst-nat chain=dstnat comment=SmartOLT dst-address=17.17.0.110 \  
dst-port=2161 protocol=udp src-address-list=SmartOLT to-addresses=\  
17.17.0.110 to-ports=161
```

Figura 44: Comando Redirección de puertos

Fuente: Elaboración propia.

3- Permitir la comunicación entre el OLT y los servidores de *SmartOLT*:

Se requiere un comando para que se pueda completar la comunicación entre el OLT y los servidores de *SmartOLT* que poseen la lista de direcciones que creamos previamente.

#

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

```
/Ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat \ dst-address-list=SmartOLT  
comment=SmartOLT
```

```
|add action=masquerade chain=srcnat comment=SmartOLT dst-address-list=SmartOLT
```

Figura 45: Comando de firewall permiso de acceso servidores SmartOLT

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir la configuración del nodo Mikrotik de acceso, se configura la dirección IP para el levantamiento del enlace con el nodo la Mariposa que transporta el servicio de datos desde Montecristo o Daycohots.

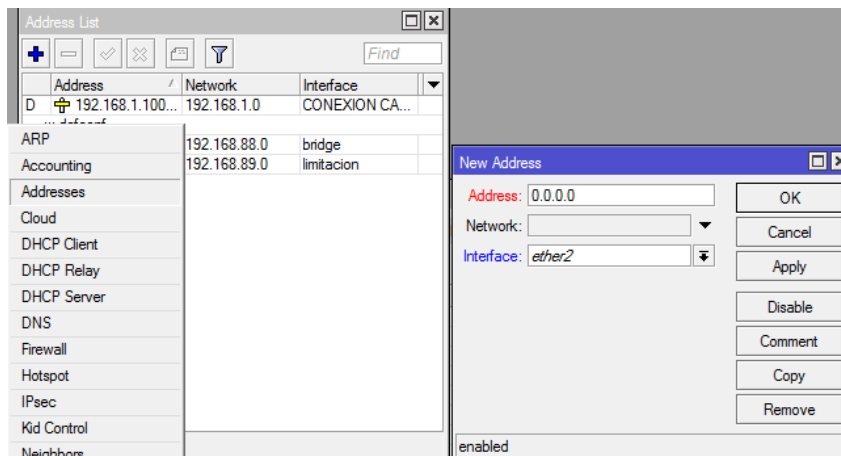


Figura 46: Configuración IP

Fuente: Elaboración propia.

Seleccionamos la opción *addresses*, asignamos una dirección barra 30 que contiene las dos direcciones del enlace, asignamos la *network* y la interface por donde se establecerá la conexión.

Como se mencionó en un principio, se hace un test de conexión para validar que está llegando el servicio de Internet.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 47: Prueba de conexión.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.4 Configuración OLT y Gestor *SmartOLT*

En la configuración de la OLT con el gestor *SmartOLT*, se tiene que mencionar que este gestor es licenciado y dicha licencia fue comprada por la empresa MDS Telecom.

-. Para la configuración en este punto, se realizaron los siguientes pasos:

- 1- **Inicio de sesión:** Ingresamos al OLT mediante la herramienta *Putty*.
- 2- **Configuración de la interfaz para acceso remoto y conexión con el dispositivo Mikrotik:** Configuramos una Vlan con dirección 17x.17.0.110/30 para el acceso remoto y se configura una interfaz física conectada directamente al Mikrotik con la dirección 17x.17.0.106/30.

```
interface mngl
  ip address 17x.17.0.106 255.255.255.252
  config-filename startrun.dat
  negotiation auto
  tag-mode untag
!
interface vlan 104
  ip address 17x.17.0.110 255.255.255.252
!
```

Figura 48: Configuración interfaz OLT.

Fuente: Elaboración propia.

3- Habilitar la detección *plug-and-play* de las placas OLT y agregue el tipo de chasis.

```
add-rack rackno 1 racktype C320Rack
add-shelf rackno 1 shelfno 1 shelftype C320_SHELF
add-card rackno 1 shelfno 1 slotno 1 GTGO
add-subcard rackno 1 shelfno 1 slotno 3 subcardno 1 UCDC/3
add-subcard rackno 1 shelfno 1 slotno 4 subcardno 1 UCDC/3
```

Figura 49: Comando plug-and-play.

Fuente: Elaboración propia.

4- Configuración LACP (*Link Aggregation Protocol*)

Se crea un *Smartgroup*, agregándole el balanceo de carga de destino IP, el modo de interfaz bonding que es tolerante a fallas, el tipo de enlace *Trunk* y las Vlan que se habilitaran para los servicios de Mgmt y Acceso. Esta configuración permite que, si un puerto tiene fallas lógica o física, el tráfico se desviara al otro puerto.

```
interface smartgroup1
description CONEXION UPLINK TO ROUTER MK
smartgroup load-balance src-dst-ip
smartgroup mode 802.3ad
switchport mode trunk
switchport vlan 1,104,700-703 tag
port-protect disable
uplink-isolate disable
!
```

Figura 50: Configuración LACP Smartgroup.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se agrega la configuración al puerto que estará conectado al equipo de acceso Mikrotik.


```
interface xgei_1/3/2
 phy-attribute lan
 no shutdown
 hybrid-attribute fiber
 no negotiation auto
 speed 10000
 duplex full
 flowcontrol disable
 linktrap enable
 smartgroup 1 mode active
 switchport mode trunk
 switchport vlan 1,104,700-703 tag
 port-protect disable
 uplink-isolate disable
```

Figura 51: Configuración puerto Smartgroup.

Fuente: Elaboración propia.

5- Ruta por defecto hacia el dispositivo de acceso Mikrotik

Se crea una ruta por defecto hacia el dispositivo Mikrotik, que es el que contiene el enrutamiento hacia Internet.

Con el siguiente comando: ip Route 0.0.0.0 0.0.0.0 17x.17.0.109

6- Integrar el OLT en *SmartOLT*

Se configura el OLT en *SmartOLT* para tener la administración y gestión por esta plataforma. Ingresamos en la cuenta de *SmartOLT* y seleccionamos la opción de añadir OLT. La dirección IP que nos solicita tiene que ser la dirección IP publica asignada al OLT, el puerto Telnet, tiene que ser el puerto que configuramos, en este caso 2333, el admin y contraseña de acceso, la comunidad SNMP la crea automáticamente el *SmartOLT*, el puerto SNMP configurado es 2161. Seleccionamos la versión del hardware (por Defecto), la versión del software del OLT (por Defecto) y tipo de puerto GPON.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

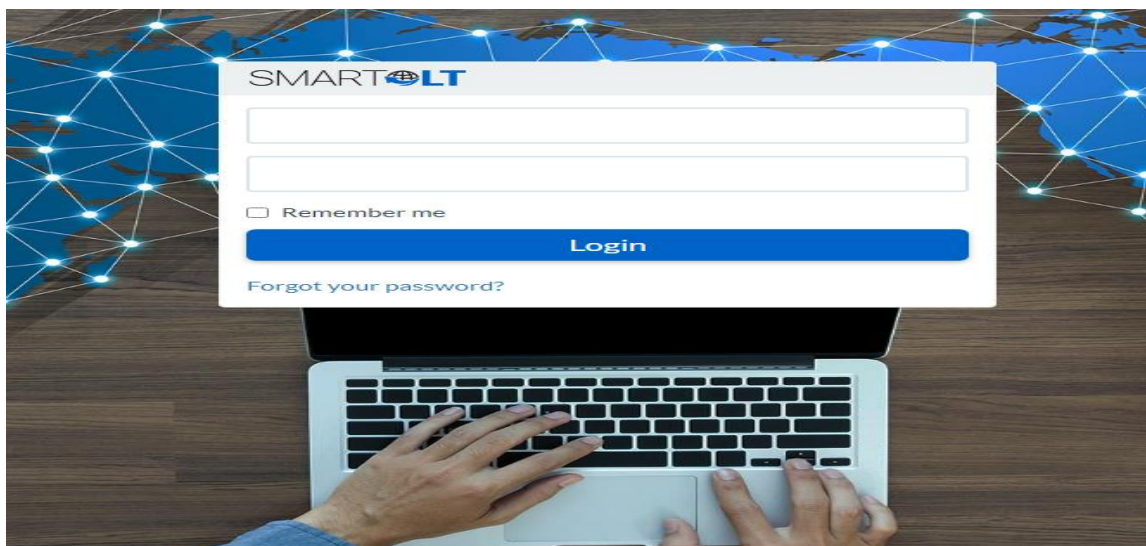


Figura 52: Ingreso SmartOLT.

Fuente: Elaboración propia.

Name	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01
OLT IP	192.168.1.100
Telnet TCP port	2333
OLT telnet username	zte
OLT telnet password	zte
SNMP read-only community	TQ7pM41zDUJ8
SNMP read-write community	w7ZbPVdHFyST
SNMP UDP port	2161
IPTV module	☐ Enable
OLT hardware version	ZTE-C320
OLT software version	2.x
Supported PON types	☒ GPON ☐ EPON ☐ GPON+EPON
Save Cancel Test connection	

Figura 53: Parámetros integración de OLT en SmartOLT.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Se comprueba la conexión con el OLT, la siguiente figura demuestra lo descrito.

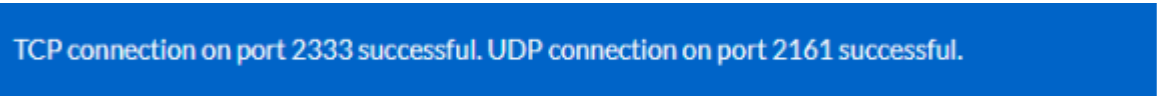


Figura 54: Test connection SmartOLT.

Fuente: Elaboración propia.

7- Configuración del Puertos PON, Uplink y Vlans

Realizamos la configuración de estos parámetros para el correcto funcionamiento del OLT. Activamos el puerto PON, el Uplink se establece de modo troncal, declaramos y creamos las diferentes Vlans de gestión y servicio para este proyecto en el OLT.

+ Add VLAN + Add multiple VLANs - Delete multiple VLANs						
VLANs added here will not be applied to the Uplink ports automatically. Go to Uplink and tag the VLANs on the interfaces you want.						
VLAN-ID *	Description	Used for IPTV	Used for Mgmt./VoIP	DHCP Snooping	LAN-to-LAN	Action
104		☐	☐	☐	☐	Delete
700	WAN	☐	☐	☐	☐	Delete
701	MGMT test tr069	☐	☒	☐	☐	Delete
702	MGMT-ONT-MINAS	☐	☒	☐	☐	Delete

Figura 55: Configuración Vlans.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

×

Configure uplink port gei_1/3/1

Mode

Trunk

Tagged VLANs

1,104,700-702

Description

Add VLANs

1,104,700,701,702

Remove VLANs

Advanced »

Close

Save

Figura 56: Configuración Puerto Uplink.
Fuente: Elaboración propia.

Uplink port	Description	Type	Admin state	Status	Negotiation	MTU	WaveL	Temp	PVID untag	Mode: tagged VLANs	Action
gei_1/3/1		Fiber	Enabled	1G-FullID	Forced 1G-FullID	1600	1310	38.9		Trunk: 1,104,700-702	Configure

Figura 57: Puerto Uplink Activo.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 58: Configuración Puerto PON.
Fuente: Elaboración propia.

OLT slot 1, board type: GTGO

Port	Type	Admin state	Status	ONUs	Average signal	Description	Range	TX Power	Action
1	GPON	Enabled	Up	Online: 9 Total: 9	-22.36 		0 - 20000 m	5.08 dBm	Configure Reboot ONUs

Figura 59: Puerto PON Activo.
Fuente: Elaboración propia.

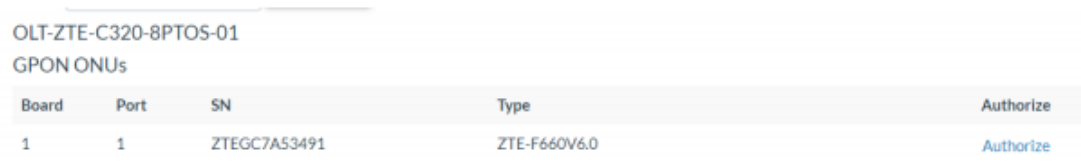
Culminada la configuración del OLT, se procede a configurar las ONT que pertenecerán a los abonados.

IV.3.5 Terminal Óptico de Red o unidad de terminal óptica (ONT/ONU)

A continuación, las configuraciones realizadas en las ONU/ONT de este proyecto. Después de configurar previamente el OLT, al conectar una ONU/ONT la podremos registrar automáticamente desde el *SmartOLT*, cuando se conecta una ONU/ONT no configurada en la opción del *SmartOLT* nos aparecerá el puerto donde está conectado, su número de serial, el tipo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

y en que tarjeta del OLT está conectada. Seleccionamos la opción *Authorize* e iniciamos su respectiva configuración para dar el servicio.



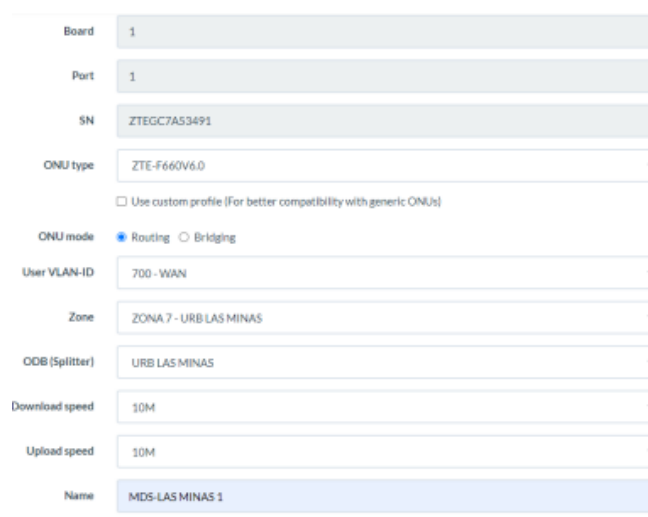
Board	Port	SN	Type	Authorize
1	1	ZTEGC7A53491	ZTE-F660V6.0	Authorize

Figura 60: ONT Sin Configurar.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente de seleccionar la opción *Authorize*, se establecieron unos parámetros iniciales de configuración de una ONU/ONT en *SmartOLT*.

- VLAN de la RED WAN
- Zona
- *Splitter*
- Plan de servicio de Internet
- Nombre del dispositivo



Board	1
Port	1
SN	ZTEGC7A53491
ONU type	ZTE-F660V6.0
☐ Use custom profile (For better compatibility with generic ONUs)	
ONU mode	☒ Routing ☐ Bridging
User VLAN-ID	700 - WAN
Zone	ZONA 7 - URB LAS MINAS
ODB (Splitter)	URB LAS MINAS
Download speed	10M
Upload speed	10M
Name	MDS-LAS MINAS 1

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 61: Configuración Inicial ONT.

Fuente: Elaboración propia



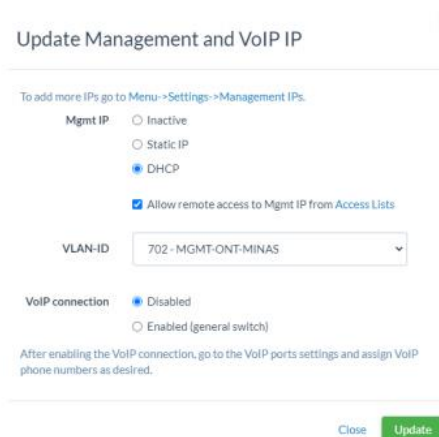
Figura 62: Información de la ONT.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente los parámetros fueron los siguientes:

- Asignación de la VLAN de gestión

En la opción Mgmt IP de la ONU/ONT en el *SmartOLT*, se selecciona la Vlan configurada para tener gestión del equipo. Esta Vlan se configuro para que el equipo reciba una IP mediante DHCP.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Figura 63: Vlan de Gestión.

Fuente: Elaboración propia.

- Configuración de Usuario y clave *PPPoE*

Se configura la conexión de la ONU/ONT hacia Internet con un acceso por usuario y clave *PPPoE*.

The screenshot shows a web interface titled "Update ONU mode". At the top, there's a dropdown menu for "WAN/VLAN-ID" set to "700 - WAN". Below this, a note states: "After changing the WAN/VLAN-ID, please check the Ethernet ports settings and update VLANs as desired." The "ONU mode" section has two radio buttons: "Routing" (selected) and "Bridging". The "WAN mode" section has one radio button: "Setup via ONU webpage". Below that, it says "Settings for original ZTE ONU(s):" and has three radio buttons: "DHCP", "Static IP", and "PPPoE" (selected). The "PPPoE" section includes a "Username" field with "admin12345" and a "Password" field with "admin12345". At the bottom, there's a checkbox "Allow remote access to WAN IP from Access Lists" which is checked. Finally, there are "Close" and "Update" buttons at the bottom right.

Figura 64: Configuración de Clave y Usuario.

Fuente: Elaboración propia.

IV.4.- Bloque IV: Realización de Pruebas

Las pruebas se validaron con el sistema de gestión de la Red “*SmartOLT*”. Mediante el *SmartOLT* podemos gestionar y tener un registro del Uptime, puerto Uplink, puerto PON, tráfico de Red, temperatura y la señal.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

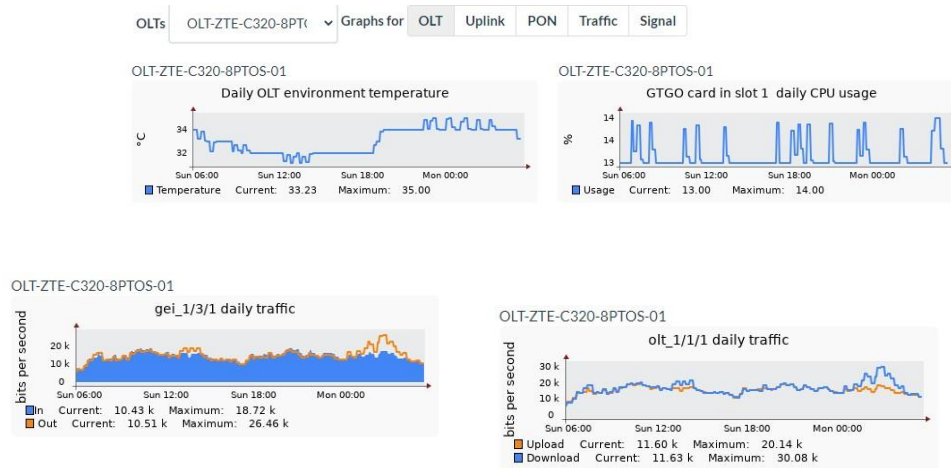


Figura 65 Sistema de Gestión.

Fuente: Elaboración propia.

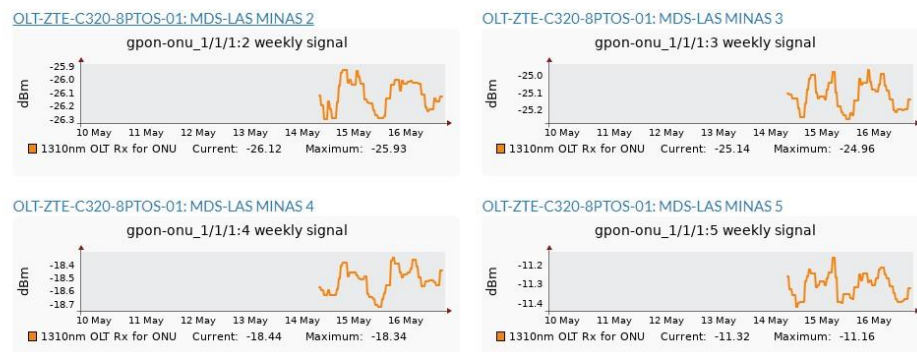


Figura 66: Grafica de señal OLT-ONT's.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 67: OLT Uptime.

Fuente: Elaboración propia.

Las ONU/ONT, se gestionan desde la misma plataforma del *SmartOLT*.

Status	Signal	Signal value	Name	SN / MAC	Zone	ODB	OLT	ONU	Board	Port
		-28.71 dBm	MDS-LAS MINAS 1	ZTEGC7A53491	ZONA 7 - URB LAS MINAS	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01 gpon-onu_1/1/1:1	1	1
		-11.31 dBm	MDS-LAS MINAS 5	ZTEGC6E5F8DB	ZONA 7 - URB LAS MINAS	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01 gpon-onu_1/1/1:5	1	1
		-18.43 dBm	MDS-LAS MINAS 4	ZTEGC6E5F3C5	ZONA 7 - URB LAS MINAS	None	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01 gpon-onu_1/1/1:4	1	1
		-25.14 dBm	MDS-LAS MINAS 3	ZTEGC7A37428	ZONA 7 - URB LAS MINAS	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01 gpon-onu_1/1/1:3	1	1
		-26.12 dBm	MDS-LAS MINAS 2	ZTEGC7ACF537	ZONA 7 - URB LAS MINAS	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01	OLT-ZTE-C320-8PTOS-01 gpon-onu_1/1/1:2	1	1

Figura 68: Sistema de Gestión ONT, ONU.

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 69: Información de la ONT.

Fuente: Elaboración propia.

Otorgada la dirección IP por DHCP, comprobamos el acceso a la ONT por su interfaz Web. En este ejemplo ingresamos a la dirección IP 100.64.4.10.



Figura 70: Acceso ONT por interfaz Web.

Fuente: Elaboración propia.

Por último paso, un test de Carga y Descarga para comprobar que tenemos acceso a Internet.



Figura 71: Test de Velocidad.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el proceso de desarrollo del Trabajo de Grado, en base a los objetivos planteados al inicio del mismo.

V.1.- Análisis de la arquitectura de Red FTTH

En la investigación de la Arquitectura, se evaluó todo el conjunto de elementos pasivos que interconectan un equipo terminal con la central local, este comprende desde el domicilio, recorriendo la red de dispersión, la red de distribución y la red *Feeder* (troncal), instaladas en forma aérea o subterránea. Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el cliente.

En la siguiente figura se muestra una arquitectura con todos los elementos que se investigaron para la elaboración del diseño de este proyecto.

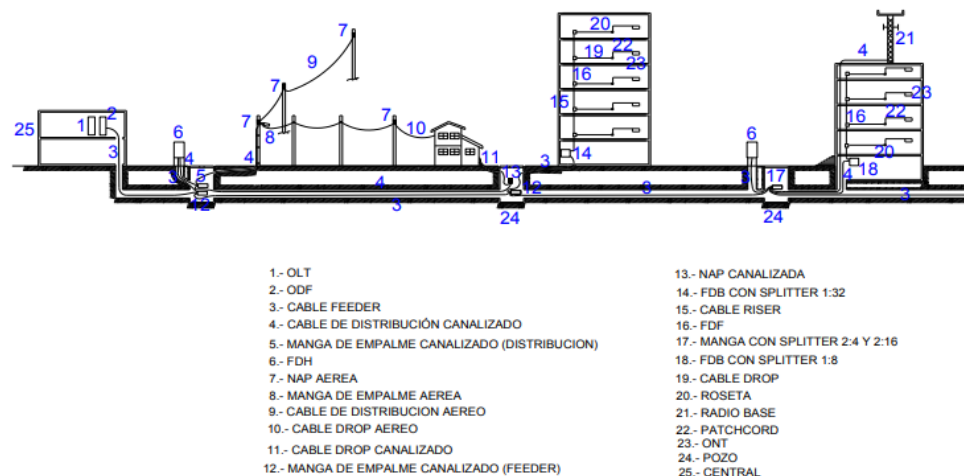


Figura 72: Diseño arquitectura FTTH.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

Basado en la norma, los cables de Fibra Óptica para *Feeder*, de distribución y distribución interna en Urbanizaciones deberán cumplir la norma ITU-T G.652D. Los cables de Fibra Óptica para distribución interna en Edificios y dispersión deberán cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2. La identificación de los hilos del cable de Fibra Óptica está en función de la Norma TIA/EIA 598, que se muestra a continuación:

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Bianco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Figura 73: Identificación cable Fibra Óptica.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla sus respectivas capacidades.

Capacidad de los Cables de Fibra Óptica		
APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288, 144, 96 hilos.	ADSS (solo 96 y 144 hilos) o DUCTO (G.652D)
DISTRIBUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN INTERNA EN URBANIZACIONES	96, 72, 48, 24, 12, 6 hilos.	ADSS ó DUCTO (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.	ADDS, DUCTO o FIG. 8 (G.657.A1 o G.657.A2)

Tabla 7: Capacidades cable Fibra Óptica.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 82, se muestra un prototipo de diseño basado en la investigación, con su respectivo presupuesto de potencia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

MODELO MASIVOS/EDIFICIOS CON DOS NIVELES DE SPLITTEO

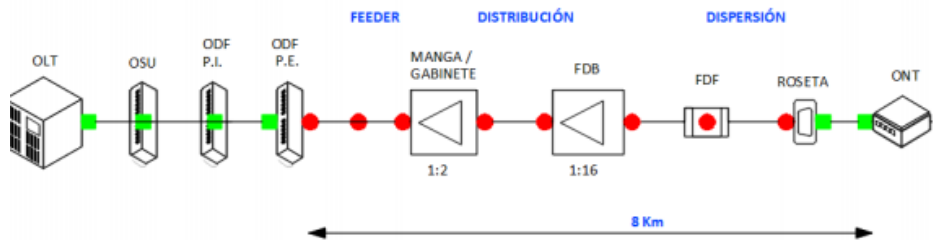


Figura 74: Prototipo FTTH.
Fuente: Elaboración propia.

Elementos de la Red de Fibra Optica		Cantidad	Perdida de elemento Típica (dB)	Total Perdida (dB)
Connectors (mated) ITU671=0.5dB		7	0,50	3,50
Fusion splices ITU751=0.1db average		8	0,10	0,80
Mechanical Splices ITU 751=0.1dB average			0,20	0,00
Conector Mecánico Armado en Campo			0,60	0,00
Splitters	1x2	1	3,25	3,25
	1x4		6,50	0,00
	1x8		9,75	0,00
	1x16	1	13,00	13,00
	1x32		16,25	0,00
	1x64		19,50	0,00
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	8	0,35	2,80
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				23,35

Tabla 8: Presupuesto potencia prototipo.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

V.2.- Determinación de los elementos pertenecientes a la arquitectura de Red.

Se definió con exactitud todos los componentes necesarios para conformar la Red FTTH. Tales componentes se pueden evidenciar en la siguiente figura:



Figura 75: Elementos Red FTTH.

Fuente: Elaboración propia.

V.3.- Diseño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON

Una vez finalizado el proceso de selección de los componentes, se tomaron en cuenta las siguientes premisas. Luego el resultado del diseño se muestra en la figura 76.

Premisas:

- Cantidad de usuarios y usuarios futuros, balancear y ajustar en zonas condenadas o que no sea posible crecer y zonas con expectativas de crecimiento ya sea masivo, comercial o ambas.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- Cantidad de hilos de reserva técnica o de mantenimiento en todos los segmentos (*Feeder*, distribución y *drop*) mínimo 20% tomando en cuenta que la red debe permanecer activa al menos 30 años.
- Dar prioridad en la medida que sea posible al modelo de diseño cascada centralizado que incluye un primer nivel del *Splitter* en la central que podría ser 1:4 y 1:16 para pequeños condominios o urbanismos en dispersión (casas), 1:2 y 1:32 para condominios medianos, también se podría considerar un solo nivel de *Splitter* 1:64 en distribución para grandes condominios.
- A fin de Reducir los costos y dar protección adecuada contra vandalismos y cortes por terceros a los activos de la empresa, se recomienda usar en la medida que sea posible la infraestructura de CANTV de tanquillas, canalizaciones y posteadura cuando sea inevitable.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

En condiciones generales se toman en cuenta lo siguiente:

En toda orden de trabajo generada para construcción de Redes de Fibra Óptica, el contratista, debe entregar estos dos tipos de planos y las vistas:

1. Plano de la Ruta
2. Plano Unifilar de hilos de fibra
3. Vistas de los ODF's

V.4.- Implementación de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON

Culminado el proceso de diseño, se llevó a cabo la implementación en una de las residencias de la Urbanización.



Figura 77: Implementación de la Red FTTH.

Fuente: Elaboración propia.

V.5.- Revisión de la funcionalidad y desempeño de la Red FTTH
bajo la Tecnología GPON

Este último punto, se basó en la revisión, el desempeño de la red y la correspondiente evaluación de Internet residencial a los abonados, en las figuras se muestran lo descrito.

vlan-104-MGMT-OLT-ZTE-8PTOS- [REDACTED] VLAN									
vlan-700-PPPOE-SERVICE ONT CONNECTED TO OLT ZTE 8PTOS- [REDACTED] VLAN									
	0.2 Mbps	474.0 kbps	741	553	0 bps	474.0 kbps	0	553	
	W-VE-MIR-09- Mario Esposito	ZTEGC7ACF537	[REDACTED]	[REDACTED]	1a64 contain 1a4to 1a15		R:PPPoE	700	ZTE- F660V6.0 01-07- 2021
	W-VE-MIR-10- Edmundo Vieira	ZTEGC7A39F69	[REDACTED]	[REDACTED]	None		R:PPPoE	700	ZTE- F660V6.0 01-07- 2021
	W-VE-MIR-18- Amalia Sanchez	ZTEGC7AA2B41	[REDACTED]	[REDACTED]	1a64 contain 1a4to 1a15		R:PPPoE	700	ZTE- F660V6.0 01-07- 2021
	W-VE-MIR-14- Miguel Bermudez	ZTEGC7A26417	[REDACTED]	[REDACTED]	1a64 contain 1a4to 1a15		R:PPPoE	700	ZTE- F660V6.0 01-07- 2021

Figura 78: Abonados en Producción, Vlans de Servicio y Gestión.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 79: Test de Potencia Óptica.
Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

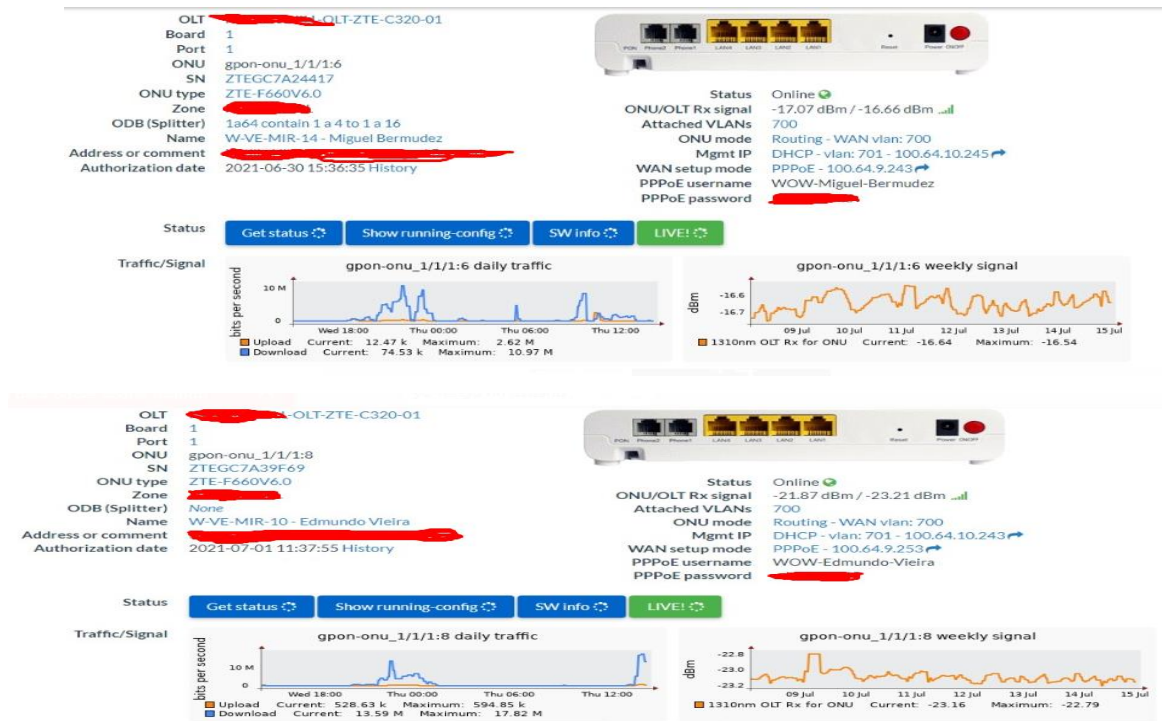


Figura 80: Gestión de las ONT's de los abonados en producción.

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó al inicio del proyecto en el cuadro comparativo de las empresas que ofrecen Internet residencial en la zona, dicho cuadro justifica la realización del mismo, los abonados que adquieran el servicio pueden contar con planes de 10MB, 20MB, 50MB, 100MB y 200MB de ancho de banda. El *SmartOLT* permite la creación de *speedprofile* para la asignación de los planes. En la figura 81 se evidencia lo descrito con abonados en producción.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

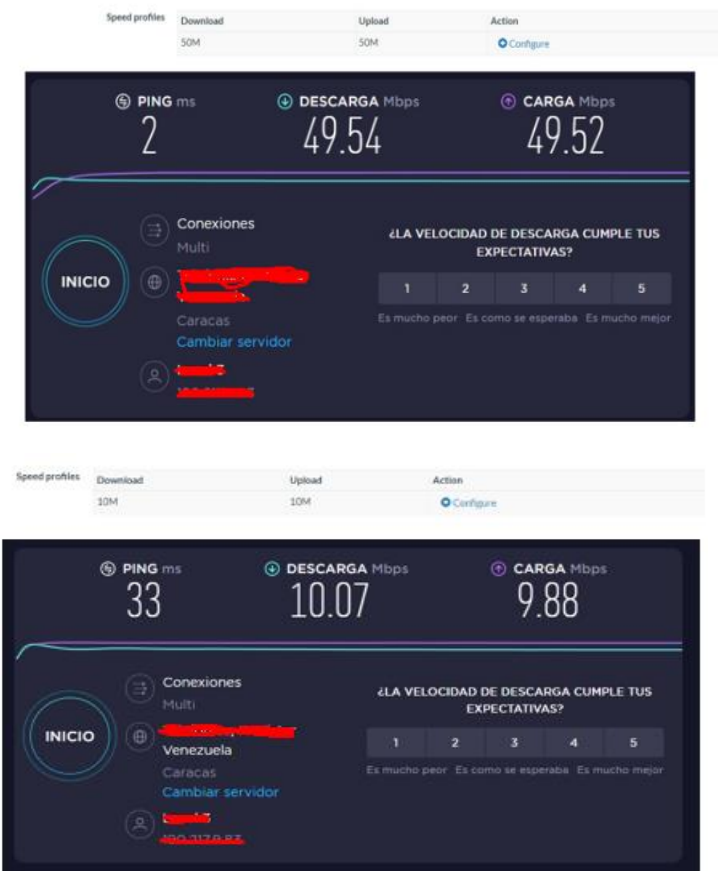


Figura 81: Prueba de Velocidad Usuarios 10MB y 50MB.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1.- Conclusiones

En el proceso de investigación, es importante resaltar que las Redes de Fibra Óptica se emplean cada vez más, debido a sus altas tasas de transmisión, su ancho de banda y demás características positivas que suplen las demandas de los abonados en la actualidad. Es de vital importancia para los ingenieros y especialistas en Telecomunicaciones tener el conocimiento acerca de estas redes y los elementos que los componen.

Los elementos físicos de la red de acuerdo con lo expuesto, la empresa MDS Telecom C.A tomó la iniciativa de hacer uso de su red de transporte en Fibra para solventar los problemas de acceso a Internet de la Urbanización las Minas San Antonio de Los Altos.

El proyecto se enfocó en un diseño de Red FTTH bajo la tecnología GPON que soluciona el problema antes planteado, brindando a los abonados finales Internet residencial y una mejora de ancho de banda para los que cuentan con el mismo.

El diseño de esta red está planificado para interactuar con las necesidades actuales y futuras.

En materia de la arquitectura de red, se debe garantizar la redundancia física y lógica en la red, se realizó un estudio de factibilidad dentro de la red de transporte de datos de MDS Telecom, en el cual se determinaron los nodos importantes de donde saldrá el servicio. La red de transporte de MDS Telecom sigue un modelo *Seamless* MPLS, que es altamente robusto en el desvío de tráfico mediante el protocolo BDF, visto que, si falla un enlace, este tráfico se desviara por otra ruta para llegar a los nodos de acceso y no pierdan el acceso a Internet los abonados. De manera física, MDS Telecom cuenta con enlaces de hasta 40GB en varios nodos pertenecientes en la red cada uno con su respectivo respaldo de energía. Al nivel de acceso,

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

como lo son los equipos terminales tienen configurado el protocolo LACP, todo se estableció de la mejor forma de cumplir con el objetivo que requiere un servicio de Internet residencial.

Ya garantizada la redundancia física, para el proceso de implementación, se tomó en cuenta la distribución de los hilos que pasan por la Fibra para la escalabilidad de la red, debido a que su potencial expansible es hasta 1200 abonados en la zona. Se establecieron varios criterios de manera que dicha distribución fuera lo más eficiente posible y que cumpliera con el presupuesto de potencia, los siguientes criterios son:

Criterio I: tomar en cuenta a manera referencial la siguiente relación en la ODN para localidades con alta expectativa de crecimiento. *Drop* 2 hilos (uno activo y uno de reserva), derivación en distribución 12 hilos (6 activos y 6 de reserva), distribución 48 hilos (24 activos y 24 de reserva) y *Feeder* 144 hilos (72 activos y 72 de reserva)

Nota: la reserva incluye crecimiento y reserva técnica, para el caso del crecimiento se recomienda hacerlo en dos hilos para los cables de derivación en distribución, en 8 hilos para los cables de distribución y 24 hilos para los cables *Feeder* y dejar el resto como reserva técnica, se considera 3 cables de distribución por cada *Feeder*

Criterio II: tomar en cuenta a manera referencial la siguiente relación en la ODN para localidades de mediano o poco crecimiento. *Drop* 2 hilos (uno activo y uno de reserva), derivación en distribución 12 hilos (6 activos y 6 de reserva), distribución 48 hilos (24 activos y 24 de reserva) y *Feeder* 144 hilos (96 activos y 48 de reserva)

Nota: la reserva incluye crecimiento y reserva técnica, para el caso del crecimiento se recomienda hacerlo en dos hilos para los cables de derivación en distribución, en 8 hilos para los cables de distribución y 32 hilos para los cables *Feeder* y dejar el resto como reserva técnica, se considera 4 cables en distribución por cada *Feeder*

Criterio III: tomar en cuenta a manera referencial la siguiente relación en la ODN para localidades en confinamiento. *Drop* de 2 hilos (uno activo y uno de reserva), derivación en distribución 12 hilos (8 activos y 4 de reserva), distribución 48 hilos (32 activos y 16 de reserva) y *Feeder* 144 hilos (128 activos y 16 de reserva).

Nota: Solo se considera reserva técnica, recordar que el *Feeder* es obligatorio que sea canalizado

Se recomienda utilizar el método de empalme por fusión desde el ODF hasta los predios del cliente, agilizando las acometidas internas hacia los Edificios.

Este Proyecto para MDS Telecom, en la evaluación de su funcionalidad y observar las capacidades de recepción de los abonados al ofrecer distintas soluciones de ancho de banda, representa un gran avance en el desarrollo de servicio de Internet residencial, generando un gran aporte a la comunidad y obteniendo beneficios propios, además de la oportunidad de expandirse en otras zonas adyacentes.

VI.2.- Recomendaciones

- ✓ Se recomienda para el diseño FTTH, priorizar en la medida que sea posible el modelo cascada con un primer nivel de *Splitter* en la central a fin de realizar parte de la operación y mantenimiento y futuras modernizaciones o cambios evolutivos en un ambiente controlado y se estima que la evolución sea solo sustituir los SFP y cambiar solo el primer nivel de *splitter* 1:2; 1:4 y 1:8 según sean los casos hasta llegar a un máximo de 128 usuarios por puerto.
- ✓ No se recomienda el uso de ODF intermedios.
- ✓ No se recomienda usar hilos directos del *Feeder* hasta los usuarios finales, se sugiere usar a lo menos dos segmentos de Red (*Feeder* y distribución o *Drop*) hasta el usuario a fin conservar o proteger el *Feeder*.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

- ✓ No se recomienda pasar de 10 Km en la solución, en caso de que así sea evaluar el presupuesto óptico con las Gerencias Ejecutoras y verificar si se cambia el SFP de C+ a C++ (el presupuesto óptico debe considerar al menos 3 dB de guarda), se podría realizar para un diseño de FTTH para los sectores más lejanos con un solo nivel de *Splitter* distribuido lo más cercano a los usuarios o implementa una solución especial de la central más cercana.
- ✓ Para los usuarios muy cercanos se recomienda colocar un atenuador de potencia en el puerto de servicio GPON o ajustar la potencia del SFP del OLT.
- ✓ Disponibilidad de Infraestructura y Energía.
- ✓ Disponibilidad de acceso a la Red metro, preferiblemente a la de 100 Gbps (Zte).
- ✓ Considerar una distancia máxima de 10 Km para soluciones con dos niveles de *Splitter* 1:2 y 1:32 o que requieran evolución (Esto podría cambiar con el avance tecnológico o a distribución geográfica).
- ✓ Tomar en cuenta la densidad geográfica actual, la expansión futura de la ciudad o el crecimiento urbano.
- ✓ Se recomienda Balancear la carga de usuarios al crear nuevas centrales matrices.
- ✓ Considerar la posibilidad de implementar soluciones especiales, ya sea por exceso de distancia, impedimento geográfico, crecimiento poblacional o cualquier otra causa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ximena, L. (2009). Arquitectura de Red. Recuperado el 6 de agosto de 2019, de <http://laurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-Red.html>
- [2] AÑAZCO, Cristhian (2013) Diseño básico de Redes de acceso FTTH utilizando el estándar GPON (tesis de maestría en Telecomunicaciones). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- [3] EXFO. (s.f). La Guía FTTH PON: Realización de pruebas de Redes ópticas pasivas. 5ta edición. Recuperado de <https://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>
- [4] Marcelo, Castagna, Cristiani, Zunino, Roldós y Sandler. (2009). Características generales de una Red de fibra óptica al hogar (FTTH). Recuperado de http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticasygeneralesRedfibrap ticaalhogarFTTH.-Abreu.pdf
- [5] Guevara J. (2011). Tecnologías de Redes PON.
- [6] Lin. C y Wiley E. (2002). Broadband Optical Access Networks and Fiber-to-the-Home: Systems, Technologies and Deployment Strategies.
- [7] Guevara J. (2011). Tecnologías de Redes PON.
- [8] Marcelo, Castagna, Cristiani, Zunino, Roldós y Sandler. (2009). Características generales de una Red de fibra óptica al hogar (FTTH). Recuperado de http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticasygeneralesRedfibrap ticaalhogarFTTH.-Abreu.pdf.
- [9] RODRIGUEZ, Felipe (2015) Diseño de una Red de distribución óptica (ODN) multiservicio con tecnología GPON en el sector occidental de la ciudad de Loja para la corporación nacional de telecomunicaciones E.P. (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones). Loja: Universidad Nacional de Loja.

- [10] GONZALES BARRETO, L. M., & BARRAGAN C., J. C. (2016). Redes ópticas pasivas GPON. (<http://Redesgpon.blogspot.pe/>) consultado el 12 setiembre del 2018.
- [11] RODRIGUEZ, Felipe (2015) Diseño de una Red de distribución óptica (ODN) multiservicio con tecnología GPON en el sector occidental de la ciudad de Loja para la corporación nacional de telecomunicaciones E.P. (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones). Loja: Universidad Nacional de Loja.
- [12] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (2006) UIT-T G.984.1 Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y Redes digitales. Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Sistemas.
- [13]ALMANZA, Celeste y CALLOMAMANI, Jolidey (2017) Diseño de una Red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba (tesis de licenciatura en Ingeniería de Sistemas). Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- [14]GONZALES BARRETO, L. M., & BARRAGAN C., J. C. (2016). Redes ópticas pasivas GPON. (<http://Redesgpon.blogspot.pe/>) consultado el 12 setiembre del 2018.
- [15]CHILLO, Freddy (2017) Implementación de Redes FTTH - GPON en la ciudad de La Paz (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica). La Paz: Universidad Mayor de Andrés.
- [16] R. Dubs de Moya, «El Proyecto Factible: una modalidad de investigación,» 02 Diciembre 2002. [En línea]. Available: <http://www.Redalyc.org/pdf/410/41030203.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2018].

ANEXO A

Identificación de los Nodos que conforman la Red, Tanquillas y Edificios.

Una vez analizados los datos entregados por la empresa, incluir las coordenadas geográficas de cada uno de los nodos y conformar los tramos de interconexión del proyecto, mediante la herramienta Google Earth, se hallaron las distancias de cada uno de los enlaces que pertenecen a la Red FTTH. En las siguientes tablas se hace referencia al consolidado de distancias del proyecto, especificando las distancias de cada tramo, nodo, tipos de nodo, tipo de tanquillas, distancia entre tanquillas y residencias.

Tramos	Nodo	Tipo de Nodo	Distancia (Km)
F.O Mariposa – Centro Comercial la Colina	Huawei Mariposa	Pre-Agregación	10.11
F.O Centro Comercial la Colina – Urbanización las Minas	Mikrotik-OLT	Acceso	1.9

Tabla 9: Identificación de nodos.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.

TABLA DE COORDENADAS URBANIZACION LAS MINAS - SAN ANTONIO DE LOS ALTOS											
TANQUILLAS	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA mts.	ESTRUCTURA	REFERENCIA	TQ-30	10.369570°	-66.974770°	34,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. CEIBA CALLE LOS ALPES
TQ-01	10.373382°	-66.972202°		TANQUE	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES	TQ-31	10.369667°	-66.974670°	15,00	TANQUILLA TIPO A	EN CALLE LOS ALPES CON CALLE ORINOCO
TQ-02	10.372833°	-66.972267°	73,00	TANQUE	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES	TQ-32	10.370007°	-66.974283°	57,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA RES. ALESSANDRO EN CALLE LOS ALPES
TQ-03	10.372280°	-66.972498°	62,00	TANQUE	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES	TQ-33	10.370214°	-66.974051°	34,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. PINO CALLE LOS ALPES
TQ-04	10.372006°	-66.973207°	83,00	TANQUILLA TIPO A	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES	TQ-34	10.370320°	-66.973930°	18,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A RES. ROSY CALLE LOS ALPES
TQ-05	10.371675°	-66.973628°	49,00	TANQUE	EN LA ACERA AV. PASEO LOS ANDES	TQ-35	10.370461°	-66.973774°	33,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A CANCHA DEPORTIVA FRENTE A RES. APAMATE CALLE LOS ALPES
TQ-06	10.371871°	66.973941°	40,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE AL CENTRO COMERCIAL LA COLINA VA HACIA FXB DE CANTV	TQ-36	10.370846°	-66.973568°	59,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. ARAGUANAY CALLE LOS ALPES
TQ-07	10.371609°	-66.974069°	16,00	TANQUILLA TIPO A	EN AV. PASEO LOS ANDES CON CALLE LOS ALPES FRENTE A CASITA DE VIGILANCIA	TQ-37	10.370296°	-66.976332°	80,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. AMAZONIA EN CALLE APURE
TQ-08	10.480401°	-66.859925°	43,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A RES. ANANDA EN AV. PASEO LOS ANDES	TQ-38	10.370270°	66.976220°	7,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. AMAZONIA EN CALLE APURE
TQ-09	10.371349°	-66.974634°	25,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A RES. MARA, AV. PASEO LOS ANDES	TQ-39	10.369988°	-66.975142°	22,00	TANQUILLA	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES
TQ-10	10.371298°	-66.974749°	14,00	TANQUE	ENTRADA ESTACIONAMIENTO AV. PASEO LOS ANDES	TQ-40	10.369988°	-66.975142°	39,00	TANQUILLA	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES RES. DUNAS A Y B
TQ-11	10.371171°	-66.975034°	33,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. PATRICIA AV. PASEO LOS ANDES	TQ-41	10.369988°	-66.975142°	44,00	TANQUILLA	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES RES. NUEVOS ALTOS
TQ-12	10.371106°	-66.975256°	25,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. DORAL AV. PASEO LOS ANDES	TQ-42	10.369988°	-66.975142°	66,00	TANQUILLA	EN AVENIDA PASEO LOS ANDES
TQ-13	10.371094°	-66.975330°	7,00	TANQUE	EN ENTRADA ESTACIONAMIENTO RES. CAOBA AV. PASEO LOS ANDES	TQ-43	10.369992°	-66.974996°	46,00	TANQUILLA	EN AV. PASEO LOS ANDES RES. CLUB CRISTAL A B Y B
TQ-14	10.371003°	-66.975840°	57,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A RES. CAOBA AV. PASEO LOS ANDES	TQ-44	10.369460°	-66.975800°	88,00	TANQUILLA TIPO B	EN ACERA FRENTE A RES. ALTAIR EN CALLE CARONI
TQ-15	10.370990°	-66.976016°	20,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. TAMARINDO AV. PASEO LOS ANDES	TQ-45	10.369360°	-66.975720°	14,00	TANQUILLA TIPO A	EN CALLE CARONI FRENTE A RES. ALTAIR
TQ-16	10.370986°	-66.976077°	7,00	TANQUE	ENTRADA A ESTACIONAMIENTO A RES. ACACIAS AV. PASEO LOS ANDES	TQ-46	10.369988°	-66.975142°	67,00	TANQUILLA TIPO A	EN TERRENO JARDIN MINALTA EN CALLE ORINOCO
TQ-17	10.370892°	-66.976648°	65,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. ACACIAS AV. PASEO LOS ANDES	TQ-47	10.369992°	-66.974996°	15,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. ALESSANDRO LA TAPA NO TIENE IDENTIFICACION EN CALLE ORINOCO
TQ-18	10.370760°	-66.976810°	37,00	TANQUILLA TIPO A	FRENTE A RES. BUCARE, AV. PASEO LOS ANDES			TOTAL	1879		
TQ-19	10.370710°	-66.976910°	19,00	TANQUE	EN CALLE APURE CON AV. PASEO LOS ANDES						
TQ-20	10.370470°	-66.977099°	35,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A NODO, AV. PASEO LOS ANDES						
TQ-21	10.369978°	-66.977173°	63,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. LOS ANDES						
TQ-22	10.369675°	-66.977076°	37,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. LOS ANDES						
TQ-23	10.368946°	-66.976410°	110,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. LAS MINAS						
TQ-24	10.368859°	-66.976307°	15,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. VIDAMA II EN AV. PASEO LOS ANDES CON CALLE CARONI						
TQ-25	10.368557°	-66.975991°	63,00	TANQUILLA TIPO A	EN TERRENO EN AV. PASEO LOS ANDES CON CALLE CARONI						
TQ-26	10.368799°	-66.975635°	48,00	TANQUILLA TIPO A	EN TERRENO EN CALLE LOS ALPES						
TQ-27	10.368971°	-66.975440°	29,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA EN CALLE LOS ALPES						
TQ-28	10.369163°	-66.975242°	31,00	TANQUE	EN ACERA FRENTE A RES. ALAMO CALLE LOS ALPES						
TQ-29	10.369360°	-66.974990°	35,00	TANQUILLA TIPO A	EN ACERA FRENTE A RES. ALAMO CALLE LOS ALPES						

Tabla 10: Identificación Tanquillas y Edificios.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B

Exploración de los tramos VGT con el instrumento de Fibra de Vidrio (Mariota).



Figura 82: Urbanización las Minas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 83: Instrumento de exploración Mariota.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 84: Exploración de las VGT CANTV.

Fuente: Elaboración propia.

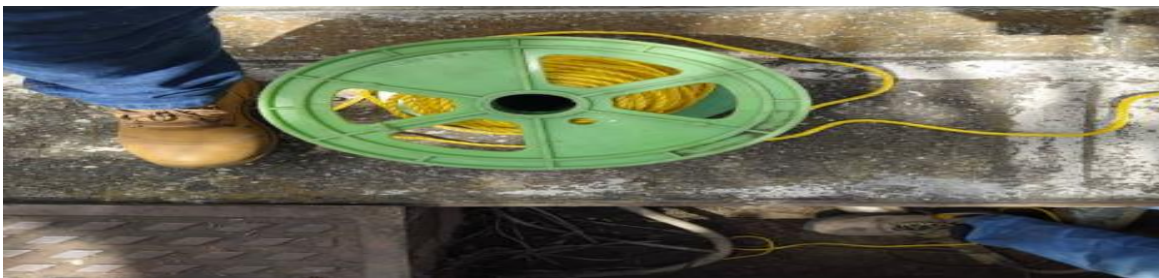


Figura 85: Inclusión de mecate guía, para posterior implementación de la Fibra Óptica.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 86: Inclusion de mecate guía 2.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 87: Tanquilla CANTV VGT 1.
Fuente: Elaboración propia.

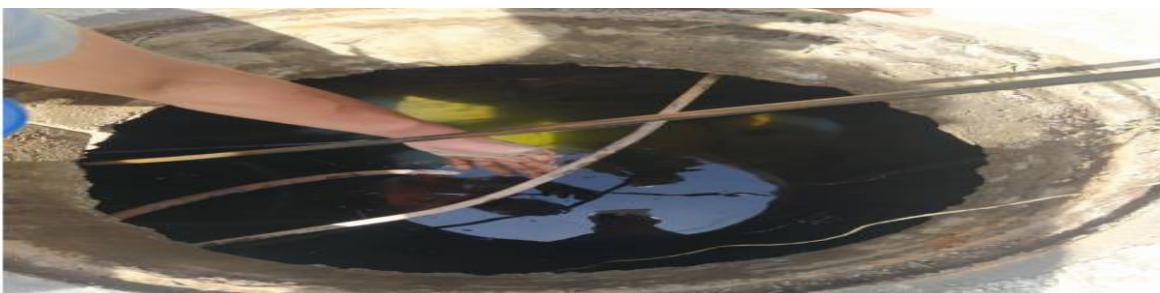


Figura 88: Tanquilla CANTV VGT 2 empozada.
Fuente: Elaboración propia.

Proceso de Implementación de la Fibra Óptica en las VGT de la Urbanización.

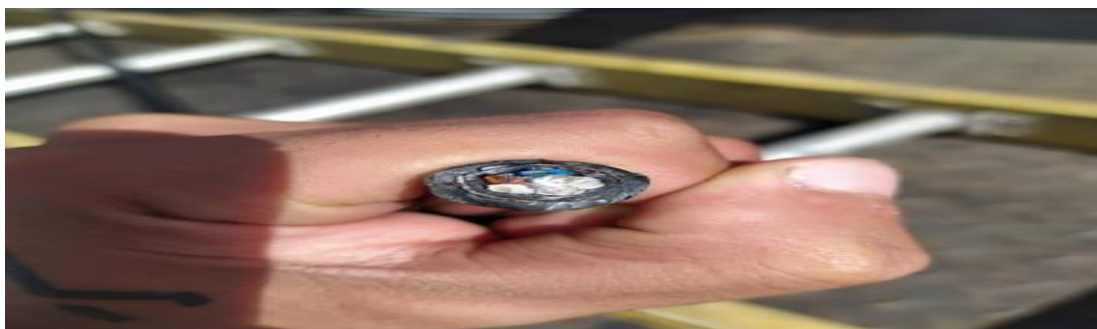


Figura 89: Fibra Óptica de 96 Hilos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 90: Implementación de la Fibra Óptica en la Urbanización las Minas.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 91: Implementación de la Fibra Óptica en la Urbanización las Minas 2.

Fuente: Elaboración propia.

Procesó de Empalmes e Implementación de Fibra Óptica hacia los FXB de los Edificios pertenecientes a la Urbanización.



Figura 92: Manga de Fibra Óptica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 93: Empalmadora de Hilos de Fibra Óptica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 94: Fusión entre la Fibra Óptica canalizada con la Fibra Óptica que va hacia la FXB de los edificios con 0.0db de pérdida por fusión.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 95: Manga Culminada.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 96: Inclusión de Manga en las VGT de CANTV.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 97: Implementación de la Fibra Óptica en las FXB de los Edificios.

Fuente: Elaboración propia.

Proceso del despliegue de la fibra drop hacia los pisos de los edificios (Conexión Caja De distribución Óptica)



Figura 98: Inicio de Implementación de la Fibra Drop.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 99: Implementación de la Fibra Drop.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 100: Caja de Distribución Óptica.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 101: Splitter Caja de Distribución Óptica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 102: Roseta Óptica del Abonado.

Fuente: Elaboración propia.

Residencias pertenecientes al Proyecto.

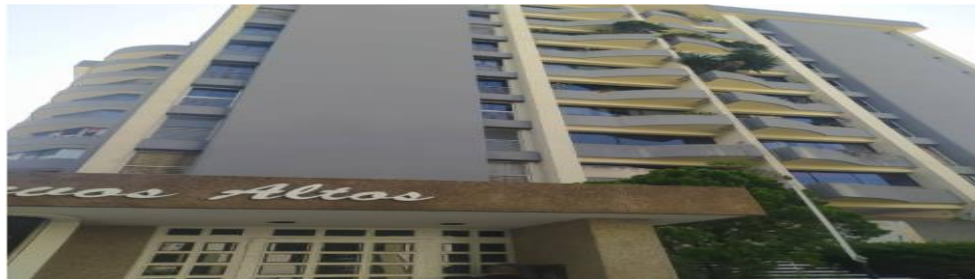


Figura 103: Edificio Urbanización las Minas 1.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED FTTH BAJO LA TECNOLOGÍA GPON
ADAPTADA A LA RED DE FIBRA ÓPTICA EXISTENTE DE MDS TELECOM.



Figura 104: Edificio Urbanización las Minas 2.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 105: Edificio Urbanización las Minas 3.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 106: Edificio Urbanización las Minas 4.

Fuente: Elaboración propia.