

Diseño e Implementación de una Red FTTH bajo la Tecnología GPON Adaptada a la Red de Fibra Óptica existente de MDS Telecom.

Blanco, Gabriel.

Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones, UCAB

Caracas, Venezuela

Gjblanco.14@gmail.com

Abstract– El presente artículo, 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.

Palabras clave: Estándar GPON; FTTH; Fibra Óptica

I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo enmarca los objetivos, planteamiento del problema, documentación referencial, metodología implementada, desarrollo del proyecto, y los resultados obtenidos, para finalmente, presentar las conclusiones y recomendaciones del trabajo especial de grado, que se enfoca en el Diseño y posterior implementación de una Red FTTH bajo la Tecnología GPON adaptada a la Red de Fibra Óptica existente de MDS telecom .

II. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

II.1 Problema

Venezuela 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 [1], 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. 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 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, 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 ha permitido la inversión privada para ampliar la Red de Fibra Óptica, que es la estructura principal que permite el flujo de datos.

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.

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.

El problema determinante que da origen a este proyecto, es 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 quieren un mejor servicio, mejorando su calidad de vida y contribuyendo con el desarrollo económico y social del país donde las telecomunicaciones rondan un rol fundamental.

II.1 Objetivos Planteados

II.1.1 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.

II.1.1 Objetivo Específicos

- Investigar las arquitecturas de Redes en fibra FTTH.
- 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.

III. MARCO REFERENCIAL

III.1 Red 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. [5]

III.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). [6]

III.2.2 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 [7]:

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 Kms) 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.

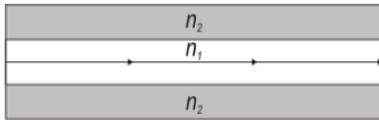


Figura 1: Fibra Monomodo

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 Kms. En la figura 2 podemos observar los dos tipos de fibra.

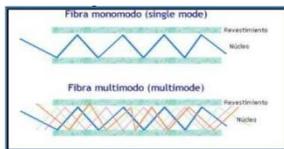


Figura 2: Fibra Multimodo

III.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 [9].

III.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.

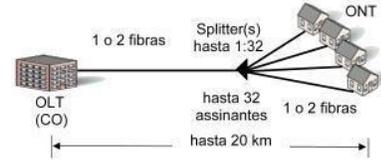


Figura 3: FTTX

III.3.2 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.

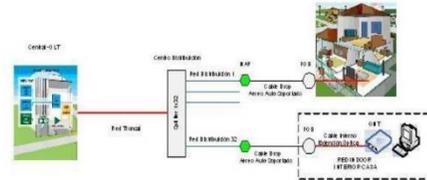


Figura 5: FTTH

III.4 Redes Activas (Aon) y Pasivas (Pon).

III.4.1 Redes Activas (Aon)

Las Redes ópticas AON, se utilizan elementos activos que requieren energía para su alimentación y permiten largas distancias entre la sala de equipos y los abonados. Basado en el estándar IEEE 802.ah, las Redes activas Ethernet proveen de ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica. De esta manera con cada longitud de onda tenemos dos slots de transmisión, un slot se utiliza como canal de transmisión y otra para el canal de recepción. Esto nos permite una transmisión de datos Full-Dúplex mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario [8].

III.4.2 Redes 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) [9].

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 [10].

III.5. 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. [15] Toda la información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra conocida como PON.

III.5.1 Recomendaciones del estándar GPON

Recomendación UIT-T G.984.1

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.

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.

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 (Down link), 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.[19] 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. [20]

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.

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. [21]

III.6 Funcionamiento y Estructura de una Red GPON

Funcionamiento

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.

Estructura de una Red GPON

Una Red GPON está formada básicamente por:

- Un módulo OLT que se encuentra en el nodo central.
- Uno o varios divisores ópticos (Splitter) que sirven para ramificar la Red de Fibra Óptica.
- Tantas ONU's como viviendas.
- Repetidor Óptico Modular (ODF)
- ODN

IV. METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología planteada para el desarrollo del proyecto, este se ubica en el área de la investigación y consta de las fases mostradas en la siguiente figura.

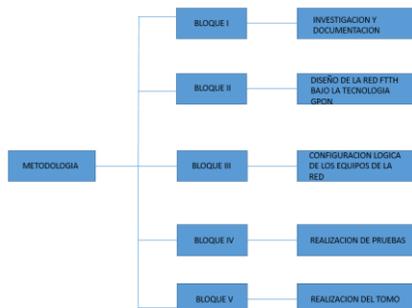


Figura 9. Fases de la Metodología

IV.1 Bloque I: 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 [23].

IV.2 Bloque II: 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:

IV.2.1 Bloque II.1: Bloque I Investigación y Documentación

Se realiza investigación para la elaboración de referencias bibliográficas e investigación para establecer la conexión entre los diferentes nodos a implementar en la estructura de Red FTTH.

IV.2.2 Bloque II.2: Bloque II Diseño de la Red FTTH bajo la Tecnología GPON

Criterios del Diseño de la Red FTTH

- Debe ser una Red con alto nivel de disponibilidad.
- Debe ofrecer enlaces de bajada y subidas pertenecientes a la tecnología GPON
- 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 criterios del Diseño, se tomaron en cuentas los siguientes Ítems:

- Criterios para determinar la estructura física de la Red FTTH e Implementación de 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 utilizará para ello la infraestructura de canalización telefónica existente de la CANTV.

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, 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.

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 utilizaran 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.

IV.2.3 Bloque II.3: Bloque III Configuración Lógica de los Equipos de la Red FTTH

Se proponen los siguientes Parámetros para la Configuración de los dispositivos presentes en la Red:

- 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
- Uplink Mikrotik
- Configuración del equipo OLT ZTE y Gestor SmartOLT
- Configuración del terminal óptico de Red o Unidad de terminal óptica (ONT/ONU)

IV.2.4 Bloque II.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.

IV.2.5 Bloque II.5: Bloque V Realización del Tomo

Este bloque se ejecutó a la par del desarrollo del Trabajo Especial 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.

V. DESARROLLO

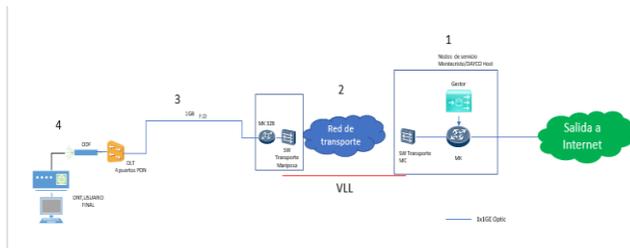


Figura 10: Esquema del funcionamiento de la Red FTTH

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.

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.

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.

Conexión del OLT al ODF (Armaríos 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.

El desarrollo del proyecto fue ejecutado por medio de los bloques presentados a continuación.

V. 1 Bloque I: Investigación y Documentación

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.

V. 2 Bloque II: Diseño e Implementación de la Red FTTH bajo la tecnología GPON

En este bloque, se realizó el recorrido en las Urbanización las Minas, validando las VGT de Cantv por donde pasara la Fibra Óptica de 96 hilos. Posteriormente, se calculó el presupuesto de potencia para 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. Con la información calculada del presupuesto de potencia, se dio inicio con el tendido de Fibra Óptica en la urbanización e implementando todos los componentes necesarios validados en el bloque I.



Figura 11: Tanquillas y tramos Fibra Óptica canalizada Urbanización las Minas

V. 3 Bloque III: Configuración Lógica de los Equipos pertenecientes a la Red FTTH

Implementado el diseño de la Red FTTH, se llevó a cabo las respectivas configuraciones del OLT y el Gestor SmartOLT, los nodos de Transporte del servicio de Datos, el Uplink Mikrotik (nodo de acceso) y la configuración de las ONT's de los abonados.

Seguidamente, se planteó una prueba para evaluar la funcionalidad de la Red, en las siguientes figuras se muestra lo descrito.



Figura 12: Test de Velocidad.



Figura 13: Grafica de señal OLT-ONT's.

V. 4 Bloque IV: Realización de Pruebas

Una vez culminado los procesos de los bloques II y III, se validaron las pruebas mediante el sistema de gestión de la Red “SmartOLT”. Mediante SmartOLT podemos gestionar y tener un registro del Uptime, puerto Uplink, puerto PON, tráfico de Red, temperatura y la señal.

Status	Signal	Signal value	Name	SN/MAC	Zone	ODN	OLT	ONU	Board	Port
Online	Green	-28.71 dBm	MDS-LAS-MINAS 1	ZTEGC3AG203	ZONA 7	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C300-BPT00-01	OLT-ZTE-C300-BPT00-01 ONU-1/1/1.1	1	1
Online	Green	-13.51 dBm	MDS-LAS-MINAS 5	ZTEGC4U8D0	ZONA 7	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C300-BPT00-01	OLT-ZTE-C300-BPT00-01 ONU-1/1/1.5	1	1
Online	Green	-18.43 dBm	MDS-LAS-MINAS 4	ZTEGC4E3C3	ZONA 7	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C300-BPT00-01	OLT-ZTE-C300-BPT00-01 ONU-1/1/1.4	1	1
Online	Green	-25.34 dBm	MDS-LAS-MINAS 3	ZTEGC3AZ00	ZONA 7	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C300-BPT00-01	OLT-ZTE-C300-BPT00-01 ONU-1/1/1.3	1	1
Online	Green	-26.12 dBm	MDS-LAS-MINAS 2	ZTEGC3AG202	ZONA 7	URB LAS MINAS	OLT-ZTE-C300-BPT00-01	OLT-ZTE-C300-BPT00-01 ONU-1/1/1.2	1	1

Figura 70: Sistema de Gestión ONT, ONU.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 71: Información de la ONT.

Figura 14: Pruebas mediante SmartOLT.

V. 5 Bloque V: Realización del Tomo

Este bloque se ejecutó a la par del desarrollo del Trabajo Especial 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.

VI. 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.

VI.1 Analisis de la arquitectura 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.

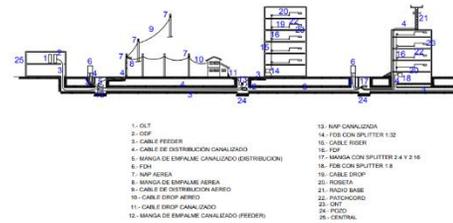


Figura 15: Diseño Arquitectura FTTH.

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)

VI.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 16: Elementos Red FTTH.

VI.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:

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 y sea masivo, comercial o ambas
- 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 postadura cuando sea inevitable.



Figura 18: Implementación de la Red FTTH.

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

Este último punto, se basa 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.



Figura 17: Diseño de la Red FTTH.

VI.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.

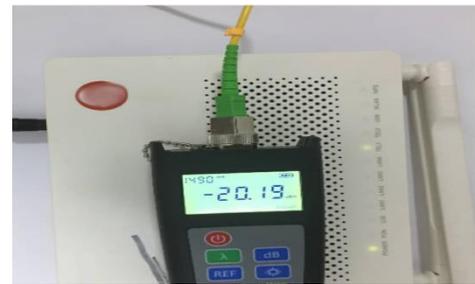


Figura 19: Test de potencia Óptica

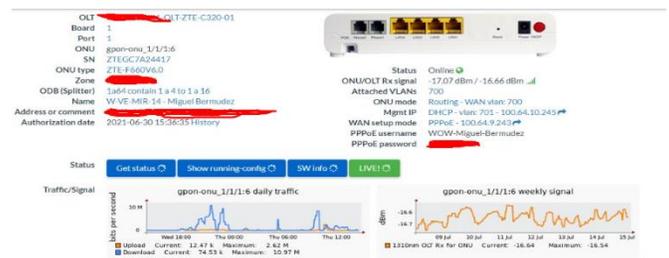


Figura 20: Gestión de las ONT's de los abonados en producción



Figura 21: Test de Velocidad usuarios 10MB y 50MB

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1 Conclusiones

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.

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.

Para llevar a cabo el diseño final de la red, 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 y demás criterios. Todos definidos con el fin de escoger los mejores elementos.

Para 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, 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, 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)

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)

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).

Este Proyecto para Mds Telecom, 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.

VII.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 SPF 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 al menos dos segmentos de Red (Feeder y distribución o drop) hasta el usuario a fin conservar o proteger el Feeder
- ✓ No se recomienda pasar de 10 Kms 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 Kms 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.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] CEPAL. (2016). Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016. Recuperado de <http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/4805/Estado%20de%20la%20banda%20ancha%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Pardo D. (2014, 22 de septiembre). ¿Por qué Internet en Venezuela es tan lento? BBC Mundo. Recuperado el 7 de junio de 2019, de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/09/140922_venezuela_Internet_lento_dp
- [3] Ximena, L. (2009). Arquitectura de Red. Recuperado el 6 de agosto de 2019, de <http://laurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-Red.html>
- [4] Parra, P. (2014). Propuesta de mejoramiento del desempeño de la Red de telecomunicaciones para la empresa Kamilion S.A. Bogotá Dc: Ediciones Santo Tomas.
- [5] 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.
- [6] Don. J. (2018). Analisis de Pon. Recuperado el 23 octubre del 2018 de, <https://medium.com/@xxxamin1314/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-OLT-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>
- [7] 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>
- [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_CaractersticageneralesRedfibrapticaalhogarFTTH.-Abreu.pdf
- [9] Guevara J. (2011). Tecnologías de Redes PON.
- [10] Lin. C y Wiley E. (2002). Broadband Optical Access Networks and Fiber-to-the-Home: Systems, Technologies and Deployment Strategies.
- [11] Morles, V. (1997). Planeamiento y Análisis de Investigaciones. Caracas: Ediciones El Dorado.
- [12] ARIAS, Joseph (2015) Diseño de una Red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar (tesis de licenciatura en Ingeniería de Telecomunicaciones). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [13] ASENJO, Jhonatan (2014) Diseño y construcción de una Red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector barrios bajos de la ciudad de Valdivia (tesis de licenciatura en Ingeniería de Sistemas). Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- [14] ENCICLOPEDIA DE CONCEPTOS (2019). "Fibra óptica". Recuperado de: <https://concepto.de/fibra-optica/>
- [15] Redes de acceso recuperado de <http://adcs7.blogspot.com/2011/05/Redes-opticas.html>
- [16] 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.

- [17]Fibra Ópticas recuperado <http://fibraopticas.blogspot.com/2011/04/tipos-de-Redes-de-fibra.html>
- [18] 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.
- [19]GONZALES BARRETO, L. M., & BARRAGAN C., J. C. (2016). Redes ópticas pasivas GPON. (<http://Redesgp on.blogspot.pe/>) consultado el 12 setiembre del 2018.
- [20]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.
- [21] 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.
- [22]ARIAS, Joseph (2015) Diseño de una Red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar (tesis de licenciatura en Ingeniería de Telecomunicaciones). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú
- [23] R. Dubs de Moya, «El Proyecto Factible: una modalidad de investigación,» 02 Diciembre 2002. [Enlínea].Available:<http://www.Redalyc.org/pdf/410/41030203.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2018].
- [24] Evolución Redes Ópticas, Recuperado <https://monografias.com/trabajos72/evolucion-Redes-opticas-futuro/evolucion-Redes-opticas-futuro2.shtml>.