



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

**Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero en
Electrónica**

**“Diseño de una Red de Fibra Óptica FTTH Utilizando Tecnología GPON para
Brindar Servicios de Internet en la Comunidad de Tisma, Villa Rafaela
Padilla”.**

**Autores: Br. Keller Josué Jirón Ruiz.
Br. Jeiner Andrés Huete Potosme**

Carnet: 2013-61421.

Carnet: 2013-61821.

Tutor: Msc. Ing. Cedrick Dalla-Torre.

**Septiembre 2023
Managua, Nicaragua**

DEDICATORIA

Antes que todo, a Dios que ha permitido que estemos llenos de salud hasta este punto de nuestras vidas y que nos haya brindado la sabiduría necesaria para poder culminar de esta manera uno de nuestros mayores retos.

A mi más grande ejemplo, mi madre **María Mercedes Potosme Aguinaga**, por haberme enseñado la perseverancia, por haberme dado todo lo que pudo para hacerme la persona que soy y estar donde estoy pese a todas las limitaciones que hubieron. A mi hermana **Jennelieth Noryeri Huete Potosme** por apoyarme durante mucho tiempo y por darme el ejemplo de superación convirtiéndose en un modelo a seguir para mí. También a mi abuela **Petrona Aguinaga Mendoza** por educarme de la manera que lo hizo y quererme de la manera que lo hace.

Jeiner Huete

A Dios principalmente, por haberme dado la sabiduría necesaria, salud y la paciencia para poder culminar este trabajo monográfico.

De igual manera y no menos importante quiero agradecer a mis padres, a mi mamá **Jessica Ruiz Hernández** por ser mi mayor motivación, mi mayor consejera e inspiración para salir adelante, a mi padre **Jairo Jirón Sevilla**, por luchar siempre por mi bienestar y brindarme todos el apoyo necesario durante mi carrera universitaria, a mi hermano **Jairo Jirón Ruiz** por inspirarme a ser su ejemplo como hermano mayor y por último a mi esposa **Lucía Gonzalez Espinoza**, por empujarme siempre al éxito y estar ahí tanto en los buenos como malos momentos.

Keller Jirón

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor, Msc. Ing. Cedrick Dalla-Torre., por su disposición, dedicación y orientación durante el desarrollo de este trabajo monográfico.

A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional de Ingeniería, centro de prestigio que nos acogió y donde hemos cursado la carrera de Ingeniería Electrónica.

A nuestros familiares, quienes nos han dado su apoyo, cariño y comprensión durante todos estos años, por tener fé en nosotros por encima de todas las cosas. Gracias por impulsarnos a buscar la superación.

A nuestros amigos y compañeros, que de alguna manera nos han brindado su apoyo e ideas y que durante todos estos años han estado presente de alguna manera.

RESUMEN

El presente trabajo Monográfico consiste en el diseño de una red GPON FTTH para la comunidad Villa Rafaela Padilla ubicada en Tisma, municipio de Masaya meramente dedicado para que sea implementado por un ISP (Proveedor de servicios de Internet) local, meramente constituido y que cuente con todos los permisos operativos que el ente regulador (TELCOR) solicite. Esto surgió de una motivación nuestra de poder brindar acceso a un buen Internet de calidad a los niños de esta zona para mejorar la calidad de sus estudios y también a los adultos para facilitarles el trabajo del día a día, debido a que actualmente algunas de las familias tienen un acceso muy limitado por medio de servicios satelitales.

El diseño de esta red está basado en un tipo de tecnología que permite realizar un diseño fácil y escalable con el tiempo en caso de que la demanda del servicio crezca y de igual manera es de bajo costo. El propósito principal del diseño es poder brindar el servicio a la totalidad de casas de este municipio acompañado de señal de TV lo que servirá de igual manera como medio informativo y de entretenimiento a las familias de Villa Rafaela Padilla.

Este diseño cuenta de un nodo cabecera que funciona como distribuidor de señal, el cual es una de las principales variantes de este diseño, tales como el medio de transmisión (Fibra óptica) equipos de distribución externos (Splitters NAP) y receptores de señal ubicados en el usuario final (ONT).

Este diseño está abierto a ser implementado por cualquier compañía de Telecomunicaciones que desee suplir las necesidades de las cuales carecen en este municipio y de esa manera obtener ingresos que ayuden a la compañía.

INDICE

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Justificación	3
4. Marco Teórico	5
4.1. Redes de Telecomunicaciones	5
4.2. Arquitectura de la Red	5
4.2.1 Arquitectura Punto a Punto	5
4.2.2 Arquitectura Punto a Multipunto	6
4.3. Estándares xPON	7
4.3.1 APON	7
4.3.2 BPON	7
4.3.3 EPON	8
4.3.4 GPON	8
4.3.5 XG-PON	9
4.4 Redes GPON	9
4.5 Características de las Redes GPON	10
4.6 Ventajas de las Redes GPON	13
5. Marco Metodológico	15
5.1 Estudio de la demanda del servicio	15
5.2 Planificación de la red de Fibra Óptica FTTH	15
5.2.1 GPON Encapsulation Method GEM	16
5.2.2 Asignación Dinámica de Ancho de Banda	18
5.2.3 Amplificadores Ópticos	18
5.2.4 Divisores y acopladores	19
5.2.5 Definición de la zona y cantidades de casas	21
5.2.6 Definición del tipo de servicio y ancho de banda a brindar	23
5.2.7 Razón de división óptica	23
5.3 Diseño de planta externa	24
5.3.2. Tendido de cable de fibra óptica	25

5.3.3	Instalación Subterránea	28
5.3.4	Tendido aéreo para cable de Fibra Óptica	29
5.3.5	Tendido con tracción Manual	31
5.3.6	Instalación de postería	34
5.3.7	Componentes a utilizar para el diseño de red	41
5.3.7.1	Componentes internos y equipos	41
5.3.7.2	Componentes externos	51
5.3.8	Cálculo de pérdidas de señal	56
5.4	Análisis de equipos terminales ONT	59
5.5	Análisis Económico y financiero	63
5.5.1	Presupuesto del proyecto	63
5.5.2	Recuperación de inversión en base a ingresos	67
6.	Conclusiones	69
7.	Recomendaciones.....	70
8.	Bibliografía	71

Indice de Figuras

Figura 1. Topología de red GPON FTTH, Redalyc, org	10
Figura 2. Multiplexación de bajada.....	17
Figura 3. Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro	21
Figura 4. Ubicación del Nodo en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.....	21
Figura 5. Distribución de manzanas en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.....	22
Figura 6. Ubicación de Splitters 1x16 y 1x8 en Villa Rafaela Padilla, Google Earth	24
Figura 7. Altura y distancia para la instalación correcta del cable.....	26
Figura 8. Tendido de cable de fibra óptica aéreo.....	30
Figura 9. Tendido de cable de fibra óptica con tracción manual.....	32
Figura 10. Trazado de instalación de cable de fibra óptica.....	33
Figura 11. Distancia entre postes.....	34
Figura 12. Colocación de herrajes en poste según la disposición de líneas.....	37
Figura 13. Procedimiento para la colocación de herrajes en los postes.....	38
Figura 14. Colocación de herrajes en postes.....	39
Figura 15. Distribución de postería en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.....	40
Figura 16. OLT marca ZTE modelo ZXA10 C320.....	41
Figura 17. ZTE GPON-OLT-CLASE-C ++ compatible con ZXA10 C320.....	42
Figura 18. ODF tipo rack de 48 puertos.....	43
Figura 19. Switch Capa 3 Catalyst 3750 de 24 puertos.....	44
Figura 20. Inversor Xantrex RV2012GS.....	45
Figura 21. Baterías VRLA PGFT-12V160.....	46
Figura 22. Rack gabinete modelo CRE6046B.....	47
Figura 23. Montaje y distribución de equipos en Rack.....	48
Figura 24. Cable jumper de fibra óptica.....	50
Figura 25. Cable de F.O. tipo ADSS G652D.....	52
Figura 26. Caja de empalme serie FOSC-220J.....	53
Figura 27. Ejemplo de funcionamiento de Splitter 1 x 4, distribución de señal y ancho de banda.....	54
Figura 28. Caja de usuarios NAP modelo FAT-16B de UNICOR.....	55
Figura 29. Traza de distancia entre cliente ubicado en SP_1x8_05 y Nodo.....	57
Figura 30. Esquema de pérdida de señal hasta ONT del cliente final.....	57
Figura 31. ONT F660 de la marca ZTE.....	60
Figura 32. ONT EG8245W5-6T de la marca Huawei.....	6

1. INTRODUCCIÓN

La fibra óptica revoluciona el mundo de la interconexión de equipos que brindan el servicio de Internet. Desde su auge hasta hoy en día, la mayoría de las empresas de las telecomunicaciones han migrado a diferentes tecnologías para brindar mejores servicios a los usuarios, y este es el caso de las redes FTTH con tecnología GPON para brindar servicios básicos como la televisión y el internet en los hogares.

En este trabajo monográfico, se tiene como principal objetivo el diseño de una red FTTH con tecnología GPON que brinde la solución de la necesidad de mejoramiento al acceso de internet y TV en una comunidad de Masaya. Con este trabajo monográfico, las empresas proveedoras de estos servicios pueden verse beneficiadas ya que puede ser un precedente para la realización en físico de esta red. Adicionalmente, podría ser utilizado con fines didácticos para el aprendizaje de esta tecnología en los estudiantes de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El carácter de este trabajo monográfico está determinado por el tipo de información que se encontrará escrito en ella, enfocándose tanto en conceptos básicos hasta la selección de equipos que se pueden utilizar para dicha implementación. Por lo tanto, se puede identificar que este trabajo de investigación y diseño apunta al desarrollo de las comunidades y el país en general.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar una red en fibra óptica FTTH compuesta por T.V. e internet para cubrir demanda de servicios en Villa Rafaela Padilla, a partir de la tecnología GPON.

Objetivos Específicos

- Conocer las ventajas que nos ofrece la tecnología GPON que nos ayudarán con la solución de la problemática.
- Definir el sitio más idóneo para el montaje del nodo, así como también los equipos de enrutamiento y transmisión a utilizar.
- Diseñar el ramal adecuado para la distribución de la red en la comunidad de Villa Rafaela Padilla a través del medio de transmisión en fibra óptica.
- Realizar un análisis de requerimientos técnicos para selección de los equipos terminales que cumplan con las características de recepción de señal y distribución TV e internet en el cliente final.
- Elaborar un estudio económico financiero para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

3. JUSTIFICACIÓN

Los medios de comunicación representan en gran medida la principal vía por la que la información es transmitida dentro de la sociedad, y que, en la actualidad, todos estos medios de comunicación son diferenciados por sus capacidades de operación, es decir, por las garantías que este ofrece, siendo un gran factor a tomar en cuenta lo económico.

Por tanto, el internet y la televisión se han vuelto una necesidad básica del ser humano haciendo que este sea uno de los servicios fundamentales que cada familia debe de tener en su hogar, ya que resulta como una herramienta indispensable y fundamental para el funcionamiento de la sociedad. Por lo tanto, la creciente demanda de los servicios de comunicación como lo es el internet, la televisión y la telefonía hace que la búsqueda constante de la infraestructura necesaria que supla las necesidades de los usuarios vaya en aumento, y a la vez que le proporcione la seguridad a futuro en la calidad del servicio.

La fibra óptica es una de las tecnologías más relevantes e importantes de los sistemas de comunicación ya que está caracterizada por la velocidad, calidad, cantidad y factibilidad en la transmisión de datos, en donde la función principal básicamente es proveer conectividad digital para la comunicación mediante cables de este tipo, que se genera, se procesa y se recibe a través de dispositivos digitales.

Según un estudio hecho por la Cámara Nicaragüense de Internet y Telecomunicaciones [2] “aún existen retos en algunos municipios menores a 50,000 habitantes dónde existen factores como la distribución demográfica que requieren un enfoque de complementariedad de inversiones público privado para el desarrollo de las redes de telecomunicaciones en el país” haciendo que el alcance en algunas zonas del país se vean limitadas porque no se cuenta con la tecnología ni la infraestructura adecuada para cumplir con la demanda de internet y televisión por parte de los usuarios.

En ciertas zonas rurales la accesibilidad a este tipo de servicios es muy complicada, tal es el caso de la comunidad Villa Rafaela Padilla ubicada en Tisma, Masaya, la cual es una comunidad que cuenta con poco más de 200 casas de las cuales en su totalidad solamente poseen acceso a estos servicios a través de sistemas satelitales que ofrecen ciertas empresas, lo que lleva a que obtengan señales de TV de mala calidad y acceso a ancho de banda muy limitado para la navegación a internet, esto conlleva a que las familias tengan problemas en su desarrollo por falta de acceso a la información.

Todo esto nos lleva a la razón principal de la realización de este proyecto, por lo que se pretende diseñar una red en Fibra óptica FTTH que cumpla con las necesidades de los habitantes y que les permita tener a disposición las herramientas adecuadas para su desarrollo tanto académico como profesional y sacar el máximo provecho a las ventajas que nos ofrece la tecnología GPON para la distribución de los servicios de internet y CATV.

4. MARCO TEÓRICO.

4.1. Redes de telecomunicaciones.

Podemos llamar a Redes de telecomunicaciones a una serie de equipos de transmisión conectados o enlazados entre sí, que pueden transmitir información por medio de señales electromagnéticas o de manera óptica entre diferentes ubicaciones y locaciones de forma analógica y, hoy en día, de manera digital. [6]

4.2. Arquitectura de la red

Con el propósito de ofrecer un servicio de calidad a los usuarios finales, la arquitectura de la red debe ser desarrollada tomando en cuenta los siguientes aspectos: metodología de desarrollo o despliegue, calidad y bajos costos en la construcción, despliegue y mantenimiento; siempre tomando en cuenta: la demanda de servicio, el número y velocidad de los servicios por usuario, el ámbito de despliegue, el desarrollo futuro de la red y la redundancia en sus conexiones. [7]

A continuación, se describirán algunos modelos de arquitecturas de red óptica de distribución (ODN):

4.2.1. Arquitectura Punto a Punto

Este tipo de arquitectura consiste en enlaces directos desde la OLT hacia la ONT mediante cables de fibra óptica; esto genera que el costo por implementación sea muy elevado por el gran número de fibras (N) y de transceptores (2N) que se deben emplear, motivo por el cual no es una arquitectura usada para las redes de fibra hasta el hogar.

4.2.2. Arquitectura Punto a multipunto

Este tipo de arquitectura es la base de las redes PON, en el cual varios usuarios finales comparten la conexión con un único hilo de fibra óptica; a través de 1 o 2 splitters ópticos; lo cual permite, disminuir el costo de la red. Este tipo de arquitecturas de redes PON, adoptan diversos tipos de configuraciones:

- **Configuración tipo bus**

En este tipo de configuración; la arquitectura punto a multipunto; muestra a las ONTs conectadas a un enlace común. El proceso consta del despliegue de un cable de fibra óptica que parte de la oficina central (CO– Central Office) y en ciertos puntos del despliegue troncal se generan ramificaciones para luego brindar señal a las ONT, por lo que la conexión es física. El principal inconveniente de esta configuración es que, si se presenta una ruptura del enlace de fibra óptica en un punto dado de la red, va a dejar sin señal a todos los usuarios ubicados después de la ruptura.

- **Configuración tipo Estrella**

La configuración estrella o árbol de una arquitectura punto a multipunto, es la más utilizada en las redes PON debido a su bajo costo de implementación y eficiencia. Consiste en un enlace único que va desde la OLT hasta un splitter óptico, en el cual este dispositivo divide la señal a varios usuarios finales (ONT). Una de las ventajas de este tipo de arquitectura es la escalabilidad, esto quiere decir que, si hay un aumento de usuarios en la red, esta puede dividirse en varias subredes; a través de una segunda etapa de splitters.

- **Configuración tipo Anillo**

El proceso de la configuración en anillo consta del despliegue de un cable de fibra óptica que tiene a la oficina central (CO – Central Office) como origen y fin, formando así un anillo óptico y en ciertos puntos del anillo óptico se generan tramos de distribución donde finalmente brindarán señal a las ONT, por lo que la conexión es física. Adicional, se caracteriza por su robustez y confiabilidad, pues permite mantener el servicio de la red en caso uno de los lados presenta ruptura de enlace de fibra óptica.

4.3. Estándares xPON

Existen diversos estándares xPON, que presentan distintos métodos de implementar una red PON dependiendo de la tecnología a usar, de esta manera se utiliza la letra inicial “x” para clasificarlos [6].

4.3.1. APON

(ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network) o Red óptica pasiva por modo de transferencia asíncrona. APON fue el primer estándar de la red PON y especificada por la recomendación ITU-T G.983. Las especificaciones técnicas iniciales para las redes PON fueron establecidas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual adoptó el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (capa de enlace de datos). Este estándar tuvo dos principales inconvenientes, el primero fue la incapacidad de manejo de video debido que no contaba con una longitud de onda asignada para este servicio y el segundo fue la limitación respecto a la velocidad de transmisión del canal descendente a una tasa no mayor a 155 Mbps.

4.3.2. BPON

La Red óptica pasiva de Banda Ancha (Broadband Passive Optical Network) – BPON se basa en la arquitectura de las redes APON, pero con la ventaja que

pueden soportar otros estándares de banda ancha como distribución de video y Multiplexaje por División de Longitud de onda (WDM). BPON se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.983 y se modificó para admitir tráfico asimétrico y simétrico, para asimétrico trabaja en canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps, mientras que para el simétrico trabaja en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de BPON es que permite un alcance de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto BPON.

4.3.3. EPON

La Red óptica Pasiva Ethernet – EPON o Ethernet Passive Optical Network; surge como una nueva especificación a través del grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile), el cual fue constituido por la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). EPON nació bajo la norma IEEE 802.3ah; con características de transferencia de información simétrica tanto descendente y ascendente a una velocidad máxima de 1.25 Gbps, para un alcance máximo de red de 20 km y un máximo de 32 usuarios por puerto EPON. Sus principales ventajas frente a APON y BPON es que ofrece QoS (Quality of Service) en ambos sentidos (ascendente y descendente), y facilita mucho la llegada de la fibra óptica hasta los usuarios debido a que los equipos con los que se accede son más económicos porque ofrecen interfaces ethernet.

4.3.4. GPON

La Red óptica pasiva con Capacidad Gigabit – GPON (Gigabit - Capable Passive Optical Network); es una evolución de las redes BPON y hoy en día, es el estándar más avanzado sobre el que se sigue trabajando. GPON se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.984 y soporta tasas de transferencia simétrica y asimétrica; en el caso simétrico, es de 622 Mbps y 1.25 Gbps y para el caso asimétrico es de 2.5 Gbps descendente y 1.25 Gbps ascendente, en el presente trabajo de suficiencia profesional será usado este tipo de estándar y transmisión

asimétrica. En el sentido descendente, se aplica la técnica de difusión ancha o broadcast a través de TDM; el cual todos los datos que nacen de la OLT son dirigidos a todas las ONT, cada ONT tiene como función filtrar o procesar sus datos requeridos y en el sentido ascendente, se trabaja con la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access); para este caso. Para una perfecta sincronización en la transferencia de información de subida, la OLT, asigna ventanas o rangos de tiempo a todas las ONT para evitar el traslape de paquetes de información; por esta razón, es importante que la OLT tenga identificado las distancias a las ONT para tener en cuenta el retardo. Permite un alcance máximo de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto GPON.

4.3.5. XG-PON

La versión 10G del estándar GPON se conoce como XGPON. Se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.987, se trata de un estándar que puede ofrecer velocidades muy altas, tal como su nombre indica 10Gbps para velocidades de bajada y 2.5 Gbps para velocidades de subida. Permite un alcance máximo de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto XG-PON.

4.4. Redes GPON

La Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o Gigabit-capable Passive Optical Network) es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica para llegar hasta el suscriptor. Sus estándares técnicos fueron aprobados en 2003-2004 por ITU-T, Todos los fabricantes de equipos deben cumplirla para garantizar la interoperabilidad. Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s. GPON reemplaza el diseño tradicional de Ethernet de tres niveles con una red óptica de dos niveles al eliminar los conmutadores Ethernet de acceso y distribución con dispositivos ópticos pasivos. [8]

Las redes GPON FTTH son sistemas compuestos principalmente por fibra óptica que llegan hasta los usuarios o bien los llamados por los ISP “cliente final”, la cual es capaz de soportar toda la demanda de ancho de banda que se tendrá en un futuro, con aptitud para los servicios multimedia. Actualmente las redes punto a multipunto PON son las más implementadas en los mercados asiáticos y norteamericanos.

Las GPON (redes de próxima generación) por su desarrollo y características se tiene previsto que permanezcan de esta forma por los próximos 8 años, considerando que una red GPON FTTH en el futuro será la única solución a la demanda de servicios y de capacidad que se tendrá.

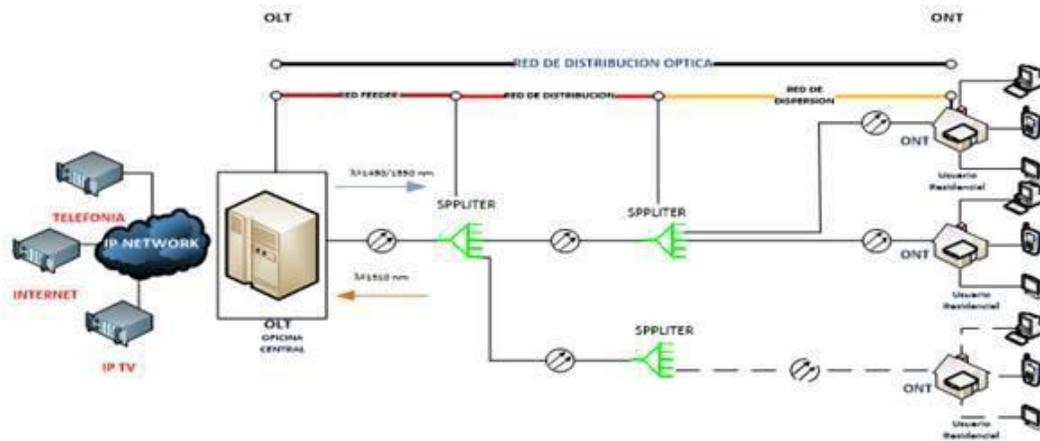


Figura 1. Topología de red GPON FTTH, Redalyc, org [9]

4.5. Características técnicas de las redes GPON

Las redes GPON están compuestas por diferentes equipos para llevar la conexión a la red y a Internet por la fibra óptica, es muy importante saber qué es y para qué es cada equipo, a continuación, se mencionan cada uno de estos equipos y parte de sus características:

- Red óptica pasiva con capacidad Gigabit (GPON): Estándar para redes ópticas pasivas (PON) publicado por el ITU-T.

- Red de distribución óptica (ODN): Son los dispositivos físicos de fibra óptica que distribuyen señales a los usuarios en una red de telecomunicaciones. El ODN se compone de componentes ópticos pasivos (POS), como fibras ópticas, y uno o más divisores ópticos pasivos.
- Terminación de red óptica (ONT) / Unidades de red óptica (ONU): es el elemento encargado en la posición del cliente; de recibir, procesar y filtrar las señales que son suministradas en forma descendente (de OLT a ONT). Una vez filtrada la información requerida, este elemento se encarga de suministrar la información correspondiente a cada terminal de servicio, del usuario. En el sentido, ascendente (de ONT a OLT), la ONT encapsula la información solicitada por el usuario y la envía a la OLT.
- Divisores – Se utilizan para agregar o multiplexar señales de fibra óptica a un solo cable de fibra óptica ascendente. Por lo general, la proporción más utilizada es 1:32.

Existen dos tecnologías en la construcción del Splitter óptico:

- FBT (Fused Biconical Taper) La técnica FBT consiste en construir un splitter óptico a través de la unión térmica de dos fibras independientes, las cortezas (claddings) se funden de forma que pueda haber transferencia de energía de un conductor a otro por acoplamiento.
- PLC (Planar Lightwave Circuit) La técnica PLC se basa en construir un splitter a través de una especie de litografía; que se imprime en sustrato de sílice donde se encuentran formadas las guías de onda. En comparación con el splitter FBT, el splitter PLC tiene ventajas de insensibilidad a la longitud de onda, división uniforme y alta estabilidad. Este tipo de splitter es ampliamente utilizado en las redes PON.

- Terminal de línea óptica (OLT): Dispositivo que agrega todas las señales ópticas de los ONT en un solo haz de luz multiplexado que luego se convierte en una señal eléctrica, formateada según los estándares de TPE de paquetes Ethernet para el reenvío de Capa 2 o Capa 3.

La elección de una OLT depende de la densidad de usuarios y zonas a elegir y de la demanda de servicios requeridos; así mismo, de la OLT parten los hilos de alimentación, para alimentar a los cables de distribución y llegar a los usuarios, a través de los cables de acometida ópticos. La OLT transmite voz y datos en la longitud de onda de 1490 nm hacia la ONT (sentido descendente o Downstream); la cual a través de un proceso de multiplexado óptico se une a una señal de video que se transmite a una 16 longitud de onda de 1550nm, también descendente de manera simultánea por cada puerto PON de salida y a través de la longitud de onda de 1310 nm, se transmite voz y datos desde la ONT a la OLT (en sentido ascendente o upstream). Se observa que la OLT utiliza distintas longitudes de onda para cada servicio, de esta manera se consigue evitar interferencias entre el sentido ascendente y descendente.

- Multiplexación por división de longitud de onda (WDM): Es la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) es una tecnología que multiplexa varias señales portadoras ópticas en una sola fibra óptica utilizando diferentes longitudes de onda (es decir, colores) de luz láser.
- Fibra a la X (FTTX): FTTX es una generalización para varias configuraciones de implementación de fibra, organizada en dos grupos: FTTP / FTTH / FTTB (Fibra colocada hasta el final local / vivienda / edificio) y FTTC / N (fibra tendida al armario / nodo, con hilos de cobre para completar la conexión).

- Altas velocidades >1Gb, tasa alta de división >64, largo alcance >20 Km y transmisión bidireccional.
- Manejo centralizado, asignación dinámica de recursos y alta capacidad de actualización.

4.6. Ventajas de las redes GPON

La mayoría de los grandes operadores actuales se han inclinado por la tecnología GPON. Esto debido a las grandes ventajas que ofrece, las importantes son: facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al equipamiento de usuario ONT, la seguridad del protocolo (cifrado), alcance lógico de hasta 60 km y un alcance físico de hasta 20 km, lo que permite la distribución de la red en zonas urbanas.

Este estándar es capaz de funcionar con voz, datos y vídeo sin necesidad de desplegar nada más. Además, cuenta con un QoS para garantizar la rapidez de las conexiones más importantes, por lo que se hace más fácil y menos costoso la distribución de una red que nos permita llevar T.V. ya sea digital o análoga e internet en un mismo medio (Fibra Óptica) a grandes velocidades.

Los usuarios hoy en día presionan cada vez más a los ISP a proporcionar mayor cantidad de ancho de banda, a un menor costo y mayor fiabilidad posible, debido a que actualmente con las tecnologías utilizadas tanto como lo son ADSL y HFC generan un cuello de botella en la última milla produciendo lentitud y una latencia en el servicio que los usuarios detectan normalmente en las “horas pico” de trabajo y genera inconformidad quejas constantes. Es por esto que la mayoría de las compañías están optando por las redes FTTh las cuales nos permiten trabajar con servicios multimedia de alta definición como lo son video conferencias, telemedicina, respaldos de datos, discos de almacenamientos virtuales, entre otras aplicaciones

de uso cotidiano que se ven restringidas por no contar con una red de fibra óptica en la última milla.

Otro aspecto que se ha convertido en un factor a considerar y que es de igual importancia es la creciente necesidad de una respuesta rápida de carga y descarga entre computadoras personales y centros de datos como motores de búsqueda o discos duros virtuales.

A partir de estas ventajas que nos ofrece la tecnología GPON FTTH se piensa realizar un diseño adecuado para solventar la necesidad de tener un acceso a la información con grandes velocidades y a su vez de bajo costo ya que es muy importante para el usuario final que este servicio que será ofrecido no vaya más allá de su presupuesto y para el ISP que se pueda competir en el mercado.

5. Marco metodológico

5.1. Estudio de la demanda del servicio

En la comunidad de Villa Rafaela Padilla, Tisma, actualmente los servicios de los proveedores locales de internet es muy limitado, únicamente cuentan con presencia de internet satelital el cual brinda televisión e internet de manera muy limitada.

Los servicios contratados van de 1 a 2 Mbps de ancho de banda, esto debido a la limitación de manejar velocidad mayores por el tipo de medio de transmisión, además de los costos muy elevados por la adquisición de los equipos adecuados para gozar de un ancho de banda que se acerque a cumplir con las necesidad.

Debido a la falta de presencia y gran necesidad de la población se realizó este diseño de red que permitirá cumplir con los objetivos de crecimiento en la comunidad y cubrir las necesidades diarias en cuanto a los estudios de los más jóvenes.

Se realizó una encuesta en la comunidad para obtener datos más precisos de la demanda de los servicios tomando una muestra de 100 personas del total de los habitantes.

5.2. Planificación de la red de Fibra Óptica FTTH

Las redes GPON a como se había mencionado son una evolución de redes pasivas ópticas ATM, que utilizan tecnologías TDM en sentido descendente con periodos de transmisión fijos y TDMA en sentido ascendente. GPON utiliza un método de encapsulación de datos propio llamado GEM (“GPON Encapsulation Method”) la cual soporta cualquier tipo de servicio como Ethernet, ATM, TDM, etc. A consecuencia de la arquitectura en árbol que utilizan las redes GPON, se utiliza

broadcasting para la señal de bajada y técnicas de seguridad de encriptación AES (“Advanced Encryption Standard”) para proteger de esta forma los datos que debido a la forma en la que se transporte llegan a todos los usuarios y deben estar codificadas para que la reciba solo el usuario que pide la información. También para utilizar de forma eficiente el ancho de banda con el que se puede contar en la fibra óptica en cualquier momento incluyendo los de más alto tráfico que la red pudiera tener, utiliza una técnica de Asignación Dinámica de Ancho de Banda o DBA (“Dynamic Bandwidth Allocation”).

5.2.1. GPON Encapsulation Method GEM:

En las redes GPON (y en las BPON) las tramas son de 125us de duración y existen dos flujos de ráfagas que van desde y hacia un nodo de la red de distribución óptica PON, aunque su largo puede o no coincidir con la trama del usuario. De no coincidir la encapsulación es requerida se debe poner el paquete del usuario que podría ser más corto que la trama GPON dentro de esta o si la trama del usuario es más larga que la utilizada en GPON, se la deberá romper en fragmentos para transmitirlos parte por parte en tramas GPON sucesivas. En la dirección de salida en un nodo, las tramas son colocadas juntas en una partición GEM, una cabecera es preparada e incluida para ser enviada a través del medio. Con esto, el método de encapsulación GPON permite transportar cualquier tipo de celda ya sea Ethernet, TDM o ATM. En la recomendación ITU-T G.984.3, se define a este método de encapsulación como un esquema de transporte con mecanismo de tramas de longitud variable para transportar servicios sobre redes PON. El protocolo de convergencia de transmisión soporta tanto encapsulación GEM, para las tramas, como ATM, para el transporte de celdas, aunque esta última en las recomendaciones más recientes no es necesaria para ningún servicio de interés, por lo que deprecia el uso de ATM en el transporte.

En el sentido descendente la multiplexación del tráfico funcional es centralizada. La OLT multiplexa las tramas GEM hacia el medio de transmisión usando GEM Port-

ID o identificación de puerto GEM (parte del protocolo de encapsulación) para identificar las tramas GEM que pertenecen a las diferentes conexiones lógicas de bajada. Cada ONU filtra y procesa las tramas que pertenecen únicamente a esta.

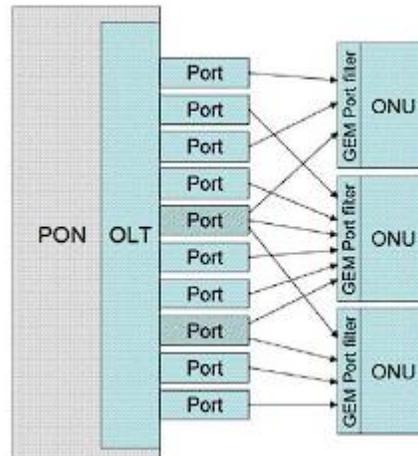


Figura 2. Multiplexación de bajada [11]

En el caso del sentido ascendente se distribuye la funcionalidad de multiplexación de tráfico. La OLT asegura la transmisión de subida del tráfico que busca a las entidades dentro de las ONUs. La asignación del ancho de banda de subida de cada entidad es identificada por su asignación de IDs (“Allocs-IDs”).

Las asignaciones de diferentes Alloc-IDs son multiplexadas en un tiempo especificado por el OLT en el mapa de ancho de banda transmitido en la bajada. Con cada asignación de ancho de banda, la ONU usa el Port-ID como una llave para identificar la trama GEM que pertenece a cada conexión lógica de subida.

El identificador de puerto GEM o GEM Port-ID, es un número de 12 bits que es asignado por la OLT a cada conexión individual lógica; se debe tener en cuenta, además, que la trama GEM tiene una cabecera de 5 bytes seguida por la información de longitud variable.

5.2.2. Asignación Dinámica de Ancho de Banda.

La Asignación dinámica de ancho de banda es una técnica por la cual el ancho de banda de tráfico es compartido según la demanda y de manera justa entre los usuarios. Es una forma de gestión del ancho de banda disponible, similar a la multiplexación estática, en donde la forma en la que comparte un enlace común se adapta al tráfico instantáneo que se tienen en los nodos conectados al enlace común.

Un algoritmo DBA puede mejorar significativamente el rendimiento de una red, mejora la flexibilidad en la respuesta de la arquitectura que se establezca para la red y permite al proveedor del servicio generar más ganancias de su red FTTH, sin aumentar el ancho de banda neto al aumentar el porcentaje de suscriptores que puede soportar el sistema, de una manera más simple, la asignación dinámica de ancho de banda, asigna el ancho de banda que le corresponde a usuarios que no están utilizando el servicio y a aquellos que están conectados a la red, por lo que da cabida a un mayor número de usuarios potenciales con el mismo ancho de banda.

5.2.3. Amplificadores Ópticos.

Es inevitable la atenuación que sufre la señal cuando viaja por la fibra óptica entre el head-end OLT y la ONU del suscriptor, las pérdidas más significativas ocurren en los divisores de señal que se utilizan en las redes de arquitectura PON. Por ejemplo los divisores con relación 32:1 y tal como se ha discutido, los estándares y recomendaciones antes revisados imponen pérdidas no mayores a los de 15-dB; y de suceder esto se deberán utilizar amplificadores para compensar estas pérdidas. Cada acoplador o divisor tiene rangos típicos de 1.2dB para una relación de 1:4 y luego 2.0dB para una relación de 1:8. Entonces en un sistema con estos dos divisores se podría alcanzar valores superiores a los antes mencionados, por lo que sería necesario utilizar algún tipo de amplificadores ópticos.

Amplificadores económicos, convenientes y prácticos están disponibles en el mercado, los cuales tienen el principio de funcionamiento EDFA (“Erdium-Doped Fiber Amplifier”), aunque estos amplificadores se pueden utilizar únicamente en el rango comprendido entre los 1530 nm hasta los 1560 nm. Este tipo de amplificadores están formados por fibra óptica y no por otro tipo de tecnología, como espejos o lentes, que también son utilizados.

5.2.4. Divisores y acopladores

En redes anteriores a las FTTH, donde en la última milla se utilizan sistemas como DSL, Cable, HFC y FTTC, todos tienen importantes dispositivos electrónicos que deben ser energizados entre el head end y el suscriptor. Una red FTTH, como se ha destacado, carece de estos dispositivos y el único elemento activo que se debería utilizar sería un amplificador EDFA; el cual no solo es ópticamente transparente, sino que también es “transparente de protocolos”.

En sistemas PON; en lugar de dispositivos electrónicos activos, se utilizan divisores, los cuales en la dirección contraria se les considera como acopladores o combinadores de señal. Se debe tener en cuenta que a pesar de ser un elemento pasivo que no disipa energía eléctrica, suman una importante atenuación a la señal y por lo tanto; costos extras al tener que adicionarse EDFAs. Otra importante consideración a tener en cuenta es el comportamiento que tiene la luz lo que convierte en un desafío el hacer estos componentes más densos y pequeños. Una fibra óptica estándar, o guía de onda de unos 1300 o 1550nm, no debe tener un radio de curvatura menor a 2 o 3 cm, de lo contrario la radiación en el núcleo se verá combinada con otros modos y se perderá la señal. Mientras mayor sea la longitud de onda mayor será el problema que surge en este sentido y que se debe tener en cuenta en este tipo de elementos pasivos.

Existen en la actualidad dos tipos de divisores, los FBT (“fused biconical taper”) y los PLCs (“planar lighthwave components”). Los dispositivos FBT se fabrican enrollando varias fibras entre sí, y luego mientras se calientan las fibras y se las funden unas con otras, se comprimen de forma que todas las fibras quedan muy juntas y con un extremo en común. Por otro lado los componentes PLC son fabricados mediante líneas de sílice litográficas sobre un sustrato metálico de silicón, en ambos casos la operación es la misma.

Típicamente los dispositivos FBT tienen relaciones 1:2, 1:3, 1:4; tienen pérdidas de inserción de 0.3dB, una pérdida de retorno de más de 55 dB y un rechazo en cada canal de la señal proveniente de otros canales que va desde los 3.6dB hasta los 20dB. Los PLCs disponibles se encuentran en relaciones de hasta 1:32, pero requieren acoplamiento entre la fibra y el PLC tanto en la entrada como en la salida del dispositivo; a continuación, se incluye una tabla de la atenuación que se inserta a la red.

Tabla 1. Relación de pérdidas por inserción y relación de división de la luz en los splitters.

Relación de Splitter	Pérdidas por inserción (dB)
1:2	3.6
1:4	7.2
1:8	10.5
1:16	13.8
1:32	17.5

5.2.5. Definición de la zona y cantidades de casas

Villa Rafaela Padilla se encuentra en el departamento de Masaya, a 30 Km del centro de la capital Managua, con dirección 2WHW+R24, NIC-27, San Rafael, Nicaragua o bien, con coordenadas: 12.029644703508321, -86.05507943591064, se estima una cantidad de 300 casas.



Figura 3. Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro

La oficina central donde se ubicará “El Nodo” con los equipos de transmisión e IP será en uno de los sitios céntricos y cercano a oficinas administrativas en esta comunidad, la localidad del nodo es: 12.031523° -86.059033°

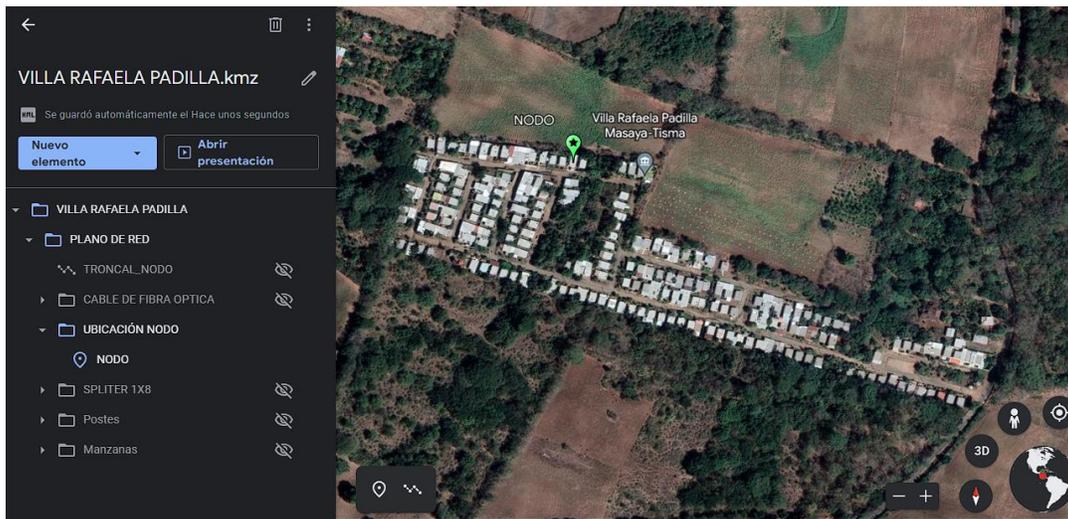


Figura 4. Ubicación del Nodo en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.

En la figura 8 se muestra la intervención para el diseño y los números que se encuentran dentro de cada manzana hace referencia a su ID de identificación; donde en la tabla 2 se muestra la cantidad de hogares por manzana.

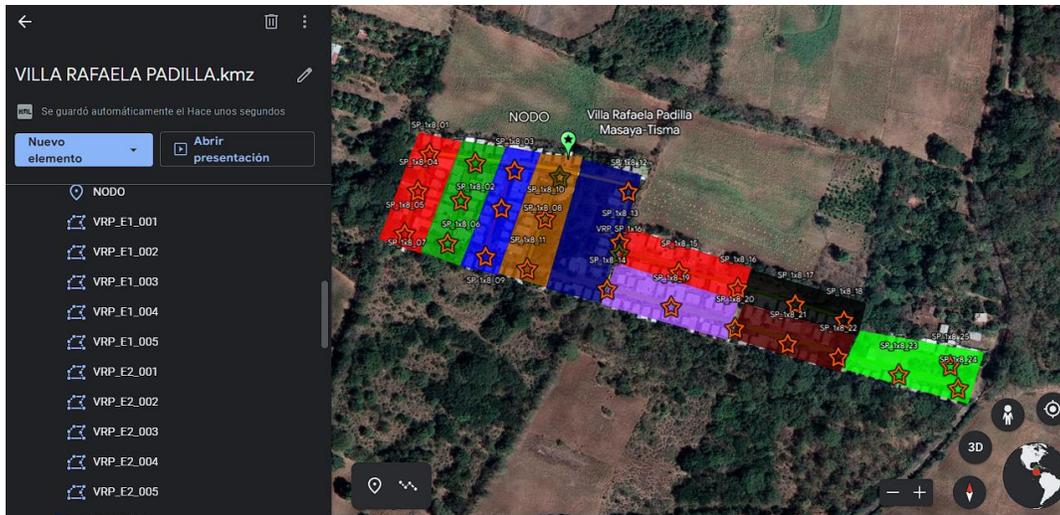


Figura 5. Distribución de manzanas en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.

Tabla 2. Cantidad de hogares por manzana en Villa Rafaela Padilla, elaboración Propia.

Número de Manzana	ID de Manzana	Cantidad de Hogares
1	VRP_E1_001	21
2	VRP_E1_002	22
3	VRP_E1_003	21
4	VRP_E1_004	18
5	VRP_E1_005	20
6	VRP_E2_001	24
7	VRP_E2_002	24
8	VRP_E2_003	18
9	VRP_E2_004	20
10	VRP_E2_005	26
	TOTAL	214

5.2.6. Definición del tipo de servicio y ancho de banda a brindar

Se está considerando el servicio de datos con un plan asimétrico de 600 Mbps (de bajada) y 200 Mbps (de subida) garantizado como mínimo que un 40% de los hogares estarán conectados al mismo tiempo.

5.2.7. Razón de división óptica

Se considera una división óptica de 1x16 en dos niveles de splitter de 1x8, esto hace que por cada puerto del OLT se pueda atender 128 hogares, para tener una referencia de la cantidad de hilos que se va a utilizar en la red de alimentación se realiza una división de los 216 hogares entre 128 usuarios por puerto GPON de la OLT, esto da como resultado 2 hilos para la red de alimentación, Los cables ópticos tendrán 12 hilos por buffer y en este caso se va a optar por un cable de 48 hilos para toda la red (red de alimentación y distribución), la razón económica es que prácticamente no hay diferencia de precios entre cables de 24 y 48 hilos por lo que se está optando por 48 hilos y por una razón técnica, referida a que los hilos adicionales se dejan como respaldo para una futura expansión de la red y otros servicios que se quieran brindar como las conexiones de tipo punto a punto, etc.

Ahora se procede a definir la topología de la red FTTH, la ruta de la red de alimentación donde se van a encontrar los splitter ópticos de primer nivel 1x16 y finalmente la ruta de la red de distribución donde se van a encontrar los splitter ópticos de segundo nivel 1x8.

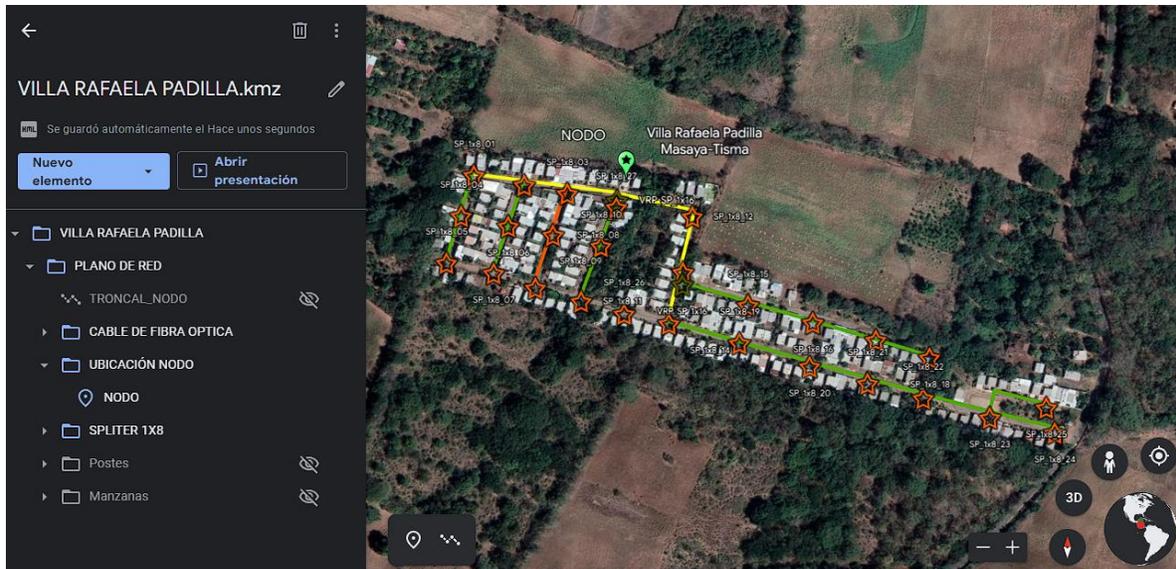


Figura 6. Ubicación de Splitters 1x16 y 1x8 en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.

Este tipo de división óptica se optó porque al ser un despliegue masivo de hogares en todas las manzanas de la zona, se va a requerir muchos puntos de distribución (cajas NAP) y también permite una optimización de cables de acometida ya que se va a considerar acometidas de máximo 100 metros, esto conlleva también a un ahorro económico en el presupuesto.

5.3. Diseño de planta externa

Dentro del proyecto que estamos presentando se hizo necesario el diseño de la planta externa por lo que nos enfocaremos al estudio de todo lo que conlleva este tipo de diseño tanto como el método que se considera hasta cada uno de los componentes a utilizar para la creación de este.

5.3.1. Definición de planta externa.

Se puede definir como planta externa a toda la instalación de infraestructura como medio de transporte que se construye en el exterior, enterrados, tendidos o puestos en la intemperie por medio de los cuales los proveedores de servicios de

telecomunicaciones o de energía eléctrica hacen llegar sus servicios a los clientes que lo requieren.

Específicamente para las telecomunicaciones, se puede definir como planta externa al conjunto de medios que enlazan los clientes con los abonados y los equipos centrales de enrutamiento. En gran parte, esta infraestructura de red está compuesta por tendidos de cable a lo largo del trayecto, postes, cajas de distribución, pozos y canalizaciones subterráneas por donde se distribuye la red que permiten enlazar y conectar la red hasta los puntos necesarios.

5.3.2. Tendido de cable de fibra óptica

Para realizar un cableado se debe tener en cuenta el manejo adecuado del cable a utilizar, tanto como para transportar el cable que se debe cuidar de no golpear la bobina de cable (dejar caer, topar, etc.), como para su debida instalación, porque el cable se puede dañar o perder conductividad.

Para instalar el cable en los postes se debe tomar en cuenta la curvatura máxima natural del mismo, para evitar quebraduras o dobleces en el cable, la distancia adecuada para la instalación del cable deberá de ser de aproximadamente una relación de 2:1 conforme a la altura a la que se instalará el cable en el poste, esto quiere decir que en un poste de 8 metros de altura en donde se instale el cable a aproximadamente 7 metros de altura, la bobina de cable deberá de colocarse a una distancia del poste aproximadamente de 15 metros. La bobina de cable debe de estar soportada por dos anclajes con poleas en ambos extremos para facilitar el desenrollado y manejo del cable.

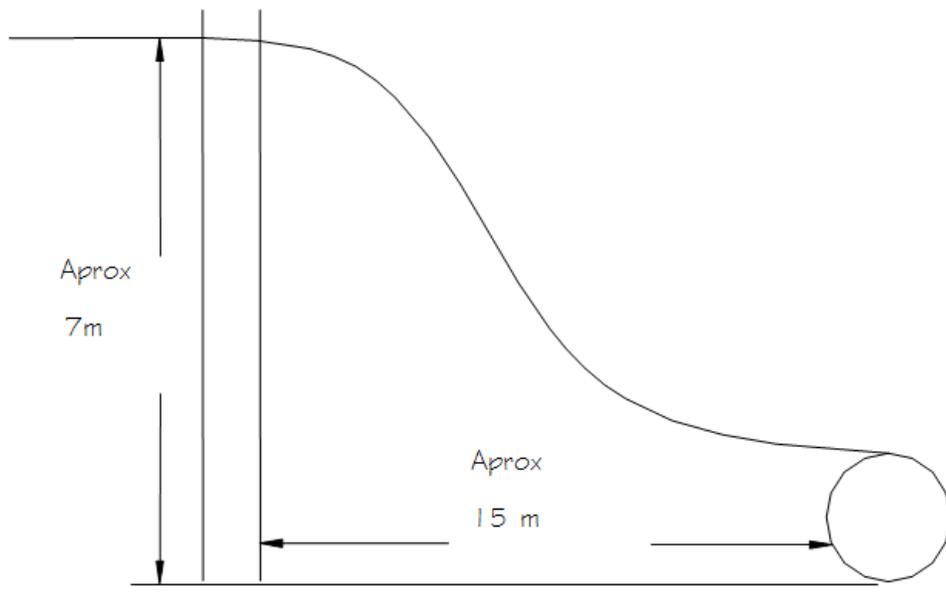


Figura 7. Altura y distancia para la instalación correcta del cable [18]

Para el tendido de cable de fibra óptica se tiene que mencionar que se trata de la acción de desplegar este en medio de los diferentes equipos que están comprendidos en los extremos a conectar, y para realizar esto existen varios métodos de tendido de cable en dependencia de la zona en la que se realiza el despliegue del cable.

Por ende, el criterio seleccionado para realizar el despliegue del tendido de cable de fibra óptica depende del tramo en cuestión y del grado de ocupación de la canalización y postería, de esta manera podemos definir que el criterio que se utilizó para realizar este diseño está en dependencia de la accesibilidad a la zona que se desea dar el servicio.

Mencionada la base con la que se selecciona el criterio para realizar el tendido de cable de fibra óptica, básicamente queda la selección entre tendidos exteriores y tendidos interiores, y estos a su vez se diferencian en: tendidos en canalización y tendidos aéreos.

5.3.2.1. Indicaciones generales para tendido de fibra óptica.

Al desplegar una red con cables de fibra óptica, existen numerosos métodos para aplicar, la elección de un método en específico está en función de la dificultad regulatoria de la zona (tendido aéreo o subterráneo), presupuesto económico, característica de la red y los productos que se puedan tener en stock.

Sin importar el método de tendido de cable de fibra óptica, se debe de tener en cuenta las siguientes indicaciones de manera estándar para la implementación:

- En todo momento se respeta el mínimo radio de curvatura del cable de fibra óptica a instalar.
- La bobina se coloca suspendida sobre gatos o grúa, de manera que pueda girar libremente y de forma que el cable salga de la bobina por su parte superior.
- La tracción del cable debe realizarse en el sentido de su generatriz. No se ha de doblar el cable para obtener mejor apoyo durante su tendido.
- Las personas que intervienen en la operación de tendido, especialmente las situadas junto a la bobina, deben observar atentamente el cable según salga de ella, a fin de denunciar cualquier deterioro aparente de éste.
- En aquel caso en el que se detecte alguno, ha de ser comunicado instantáneamente a su jefe inmediato quien decide si se debe continuar o no con el proceso.
- El cable debe quedar correctamente sujeto e inmovilizado. Para ello se utilizan sistemas de fijación adecuados, atornillables, sujetos con tirafondos o abrazaderas, no debiendo en ningún caso alterar las propiedades de las fibras y teniendo que permitir la dilatación de la fibra instalada en caso de ser necesario.

Estas recomendaciones generales sirven de soporte para la buena práctica de la instalación y del tendido del cable de fibra óptica, ya que todavía se tienen ideas falsas sobre el manejo, la instalación y cualidades de los conductores de fibra óptica.

5.3.3. Instalación subterránea

- Directamente enterrado

En este tipo de instalación, el cable es colocado en una zanja con un piso debidamente apisonado para el depósito del cable; donde no existen ductos, miniductos o microductos, pero puede haber cajas subterráneas. Es importante la señalización con el objetivo de evitar que futuras excavaciones puedan destruir o afectar accidentalmente el desempeño del cable; así mismo, el cable a instalar debe estar compuesto de doble chaqueta o con armadura metálica o dieléctrica.

- Canalizado

En este tipo de instalación, la parte más importante es la infraestructura que son los ductos, miniductos o microductos y las cámaras de paso (concreto o prefabricada), debido que en estas serán acomodadas y fijadas los cables de fibra óptica. En cada cámara de paso, debe permanecer siempre una persona para traccionar el cable longitudinalmente y guiar el cable hacía para la entrada al tramo de ducto siguiente en tramos largos; y de esta manera evitar, que por una tracción única del cable se puedan generar tensiones excesivas, que puedan dañar a las fibras del cable; por lo que, es necesario que el proceso de tendido del cable sea ejecutado por etapas. En este proceso en los puntos intermedios del tendido, se debe de tener presente que el excedente del cable en bobina sea retirado de la bobina o carrete, disponiéndose en forma de figura en ocho. Es importante que los cables no permanezcan tensionados en el interior de los ductos, miniductos o microductos; ni en las cámaras de paso. En los casos donde no hubiera empalmes, deben ser acomodados en las partes laterales de las cámaras de paso y fijados con

abrazaderas plásticas. En el caso de los tendidos micro canalizados; los microductos brindan la opción de aprovechar la infraestructura existente para su instalación; gracias a su menor diámetro de sección transversal, caben en muchas instalaciones construidas para el tendido de cables de cobre convencionales, o en su defecto cuando no existe infraestructura existente, se procede a realizar micro zanjas con dimensiones entre 2.5 a 6cm de ancho y 30cm de profundidad máxima, esta acción se realiza a través del uso de máquinas especializadas que cuentan con cuchillas de corte de concreto o asfalto de espesor reducido.

Este tipo de corte es exclusivo para redes de telecomunicaciones de fibra óptica. Las ventajas que ofrece este tipo de instalación es que al realizar los cortes no genera mayor dificultad al tráfico de vehículos, ni cierre de carriles de las vías de transporte y el impacto ambiental es menor en caso de ser desplegada en zonas urbanas. En este tipo de instalación; se usan micro cables de fibra óptica con diámetros externos desde 6 hasta 11 mm aproximadamente; la forma de tender el microcable por el microducto es mediante la aplicación de la técnica de soplado a través del uso de aire comprimido, generada por una compresora de aire de flujo continuo; esta técnica de soplado del cable óptico permite realizar despliegues de cable mucho más rápido, minimizando los riesgos de rotura del micro cable. (The Fiber Optic Association Inc., s.f.).

5.3.4. Tendido aéreo para cable de fibra óptica.

El tendido aéreo para cable de fibra óptica es el que cuya instalación va sostenida por medio de postes de telecomunicaciones o sobre postes de energía eléctrica, y la ventaja importante que se destaca es que es de rápida instalación y mucho más económicos. Sin embargo, se tiene que tener en cuenta ciertos criterios para favorecer la instalación del cable.

Para comenzar, la bobina (rollo) del cable de fibra óptica debe situarse de manera tal que facilite realizar el tendido de este, por lo tanto esta se debe de situar a la

altura de los postes sostenida encima de una grúa o remolque de tal manera que pueda girar con facilidad haciendo que el tirón del cable circule sin pegarse y dañarse. Antes de realizar el tiraje de cable de fibra se necesita poner un cable fiador de acero que sirva de soporte para poder atar el cable de fibra. Este cable fiador, a su vez, se tiene que fijar con otro cable guía y sujetadores en los postes a instalar.

En los extremos de los cables se pone un nudo giratorio y se amarra una cuerda de cáñamo para poder hacer el tiraje de cable de fibra. Luego, hay que considerar la forma en la que se realiza el tendido aéreo del cable de fibra óptica ya que se pueden diferenciar dos formas para hacerlo, el tendido manual o el tendido cabestrante.

Ya para finalizar parte de los parámetros que se deben de tener en cuenta para poder hacer el tendido de cable de fibra óptica, se debe de considerar la realización del cosido del cable de fibra al cable fijador y esto se hace mediante una máquina ligadora que cosiendo con hilo de acero de 2mm según vaya avanzando el cable a lo largo del cable de suspensión. **(Ver figura 8)**

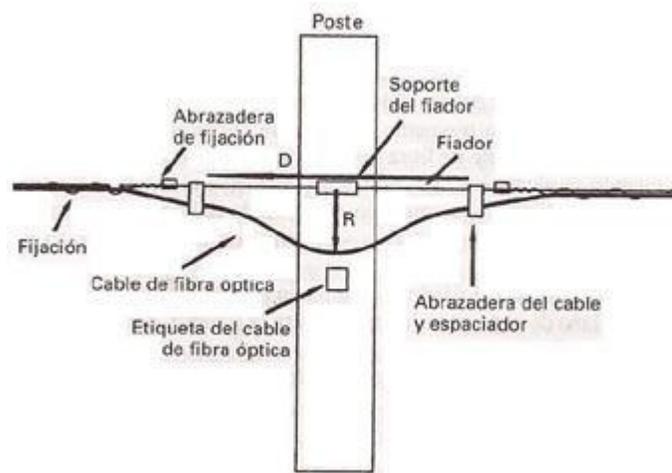


Figura 8. Tendido de cable de fibra óptica aéreo. [16]

Para proceder a la instalación del tendido de cable de fibra óptica con refuerzo anti tracción o cables aéreos livianos, se necesita hacer inspección del trayecto para poder explorar y determinar la altura junto con la separación de los postes, esto con el fin de determinar la separación del cable entre el suelo y el cable curvado, así como también considerar la separación contra otros cables ya existentes como los de electricidad.

Cabe destacar que para la instalación de los cables de fibra óptica con refuerzo anti tracción y los cables aéreos livianos se debe tener en cuenta que los cables se tienen que tender de modo que, tanto como en el tendido como después de este, no se produzcan entorpecimientos del tránsito de carros o peatones las en calles y sitios públicos, ni se dañen las instalaciones públicas de suministro ni se ocasionen molestias a las casas o propiedades aledañas.

5.3.5. Tendido con tracción manual

Esta técnica podrá ser utilizada si los cables de fibra óptica utilizados son de poco peso y si las condiciones del trazado de la línea lo ameriten; para esto se debe de pasar la cuerda de cáñamo por la cuerda guía y los ganchos deslizantes, uniendo el extremo libre de la cuerda que une los ganchos al extremo o cabeza del tirón de cable de fibra óptica, de tal manera que al ir progresando con el extendido del cable los ganchos se vayan extendiendo. **(Ver figura 9)**

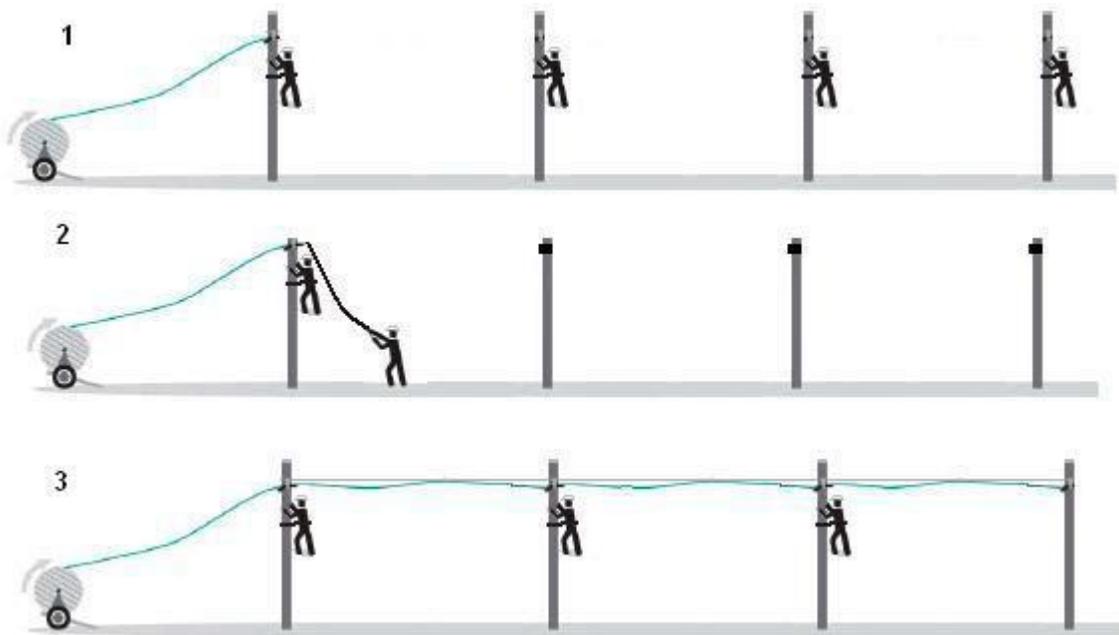


Figura 9. Tendido de cable de fibra óptica con tracción manual. [18]

Todo esto se repite durante toda la línea de postes con el objetivo de alejarse de la bobina del cable haciendo tracción con varios operarios para poder extender el cable hacia el siguiente poste y realizar el mismo procedimiento anterior.

El tendido de cable de fibra óptica para el diseño de esta red se realizó utilizando las técnicas antes expuestas ya que se consideraron la forma más factible y eficaz en la que se puede implementar un tendido para la tecnología empleada en este diseño.

Para el cableado de la planta externa se hizo uso de las indicaciones expuestas y de las técnicas específicas en el tendido aéreo y también se consideró fundamental aplicar el tendido con tracción manual. Para el cableado que va hacia el nodo dónde se instalaron los equipos principales que dan el servicio a los clientes en la zona, parte del cableado es de manera subterránea por lo que se consideraron todo lo expuesto en este documento.

Se instaló dos líneas troncales que son las principales que llevan los servicios brindados por parte del proveedor. Luego de esto, se instalaron otros cables de fibra óptica a las cuales se les llamó derivaciones y la función que estos cables tienen es llevar el servicio de internet y T.V. hacia los clientes. En la imagen a continuación (**ver figura 10**) se muestra un bosquejo trazado en google earth, del diseño de instalación de los cables de fibra óptica distribuidos por toda la comunidad de Villa Rafaela Padilla.



Figura 10. Trazado de instalación de cable de fibra óptica.

Como breve descripción de lo que se observa en la imagen anterior tenemos que las líneas con trazado color amarillo representan al cable de fibra óptica troncal que se va a instalar para el cuál se va a conectar al proveedor de servicio. Esta línea de color amarillo está extendida desde la entrada de la comunidad, pasando por las calles principales de esta, hasta donde serán instalados los equipos de distribución en el nodo. Las líneas verdes y naranjas representan los cables de fibra óptica que se instalarán de manera que llegue el servicio saliente del nodo hasta la casa de los clientes.

5.3.6. Instalación de postería.

Según normativa de las empresas de comunicación existentes en el país, los postes que estos instalan se colocan por lo general a una distancia de separación entre 50 metros y 60 metros entre poste, con una flecha de entre 0.25 metros a 0.30 metros. En caso de que la distancia interpostal exceda los 60 metros de distancia, se debe instalar un poste intermedio, ya que se necesita tener una tensión de operación adecuada para que el cable no sufra daños ni pérdidas.

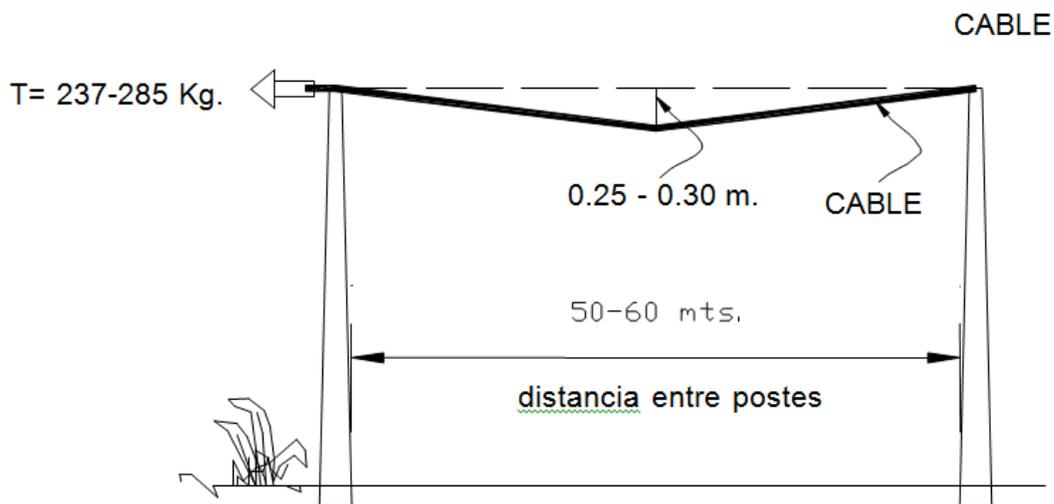


Figura 11. Distancia entre postes. [18]

Para la instalación de postería en los diferentes sitios de la zona, se deberá señalar con estacas las cuales deberán ser numeradas en orden formal y estas estacas se deberán de pintar con colores llamativos considerando así que la estaca es el centro del poste, para que antes de remover el piso y hacer la excavación, tener de referencia la estaca.

La instalación de los postes requiere de mucha planeación y de bastante coordinación entre los encargados del proyecto y los demás participantes en el proceso de instalación. Antes que todo para instalar los postes se debe considerar la ubicación exacta del poste para que este coincida con el hueco que previamente se hace para que al momento de levantarlo se verifique constantemente la

trayectoria que el poste lleva en su trayecto de elevación. Esto se hace por lo general con una grúa ya que la instalación es más controlada y con mejor precisión, pero también se puede hacer de manera manual.

Una vez decidida la manera en que el poste se va a instalar, se toma en cuenta que todos los huecos deben de ser lo suficientemente amplios de tal forma que se pueda permitir el uso de apisonadores a todo el contorno del poste en la profundidad completa del hueco. De llegarse a presentar el caso de que el terreno tiene cierta inclinación, se debe de considerar la profundidad del poste desde el lado más bajo del mismo. [12]

Una vez que el poste está puesto verticalmente en el aire y bien sujetado por el brazo de la grúa, el personal en el piso se encarga de redirigir el poste con cuerdas sujetadas al rededor de este para que de manera controlada el poste comience su descenso hacia el hueco. Una vez que el poste se encuentre dentro del hueco, se deben de soltar las cuerdas que ayudan a controlar el descenso del poste al hueco, también se compacta el terreno para darle estabilidad al poste y el personal debe de verificar perfectamente que este está bien fijado en el suelo.

5.3.6.1. Hincado de postes al hombro

Para hacer la instalación del poste por medio de la práctica manual, previamente se debe de hacer la excavación del hueco como anteriormente se describe. Esta excavación va ser tipo rampa, con una distancia de 70cm a 100cm, esto depende de la dimensión del poste; se coloca la base del poste de manera tal que este quede recostado sobre la excavación y al otro extremo del poste se ubica un mínimo de 3 personas para levantarlo de manera controlada caminando en coordinación hacia delante para levantar el poste verticalmente haciendo que la base se introduzca en el hueco. La excavación del hueco va ser aproximadamente el 10% del tamaño del poste + 60cm para que este quede firme correctamente. Se debe de ubicar una persona en la parte inferior del poste con una herramienta para poder bloquear el

poste de tal manera que este no se salga del hueco mientras las personas que están levantando el poste van avanzando. Un personal extra puede ubicarse con una cuerda amarrada en el extremo superior del poste a una distancia prudente para que pueda ir jalando el poste y de esta manera ayudarles a las personas a levantarlo de manera controlada y así facilitar el anclaje del poste.

Para la instalación de los postes se debe tener en cuenta que la distancia a guardar tiene que ser mínima de 10 centímetros entre el poste y los fundamentos, así como también los muros, los cercados, paredes de edificios, etc. También se debe de tener en cuenta que la perforación del hueco donde se instala el poste debe de ser con ayuda mecánica o con ayuda manual de operarios experimentados en la materia.

Cabe señalar que existen riesgos que se tienen que tener en cuenta al momento de una instalación correcta de los postes. Por lo tanto, es de vital importancia tener en cuenta la criticidad de la maniobra, los riesgos asociados a esta y la prevención de accidentes, que con la práctica de estos procedimientos de seguridad se puede evitar accidentes graves y desviaciones en la operación.

5.3.6.2. Bajante para cables en el poste

Los bajantes de cables para la instalación de redes se hacen con un tubo conduit, o tubo galvanizado, teniendo en cuenta -si este fuera el caso- que cuando se construyen bajadas en postes con redes de uso compartido no se deberán estorbar entre infraestructuras de los otros operadores de servicios de telecomunicaciones. También se debe de tener en cuenta la utilidad del bajante porque los hay para tierra física, como para bajar cables en cajas de concreto subterráneas por dónde para la infraestructura de red del proveedor de servicios. En caso de ser una bajada de tierra física, para el extremo superior se debe de utilizar una vuelta galvanizada de ½ pulgada y deberá estar enterrado 10 centímetros.

5.3.6.3. Colocación del herraje en poste

Para colocar cada uno de los herrajes en el poste se debe de determinar la dirección física que deberá tener el cable y la cantidad de cables que van a ser sujetos en cada poste. Dichos herrajes deben de ser sujetos por dos cinchos de fleje metálicos, y la cantidad de herrajes a instalar será determinada por la cantidad de líneas que pasan por este.

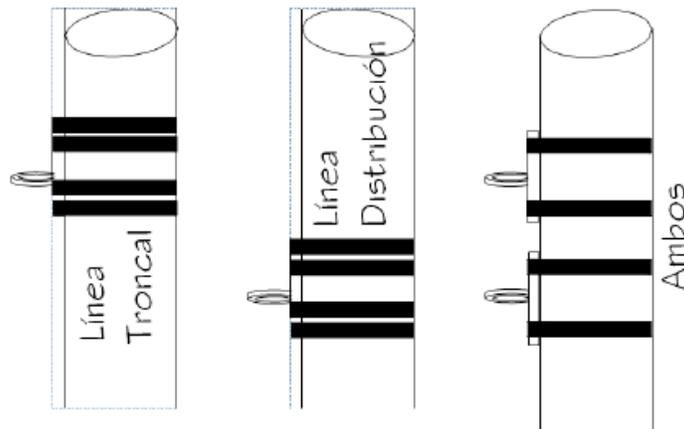


Figura 12. Colocación de herrajes en poste según la disposición de líneas. [18]

Para poder colocar los herrajes en un poste se debe de tomar en consideración a partir de la punta del poste, el siguiente procedimiento:

- Marcar a 21 cm la colocación de chapa para la línea troncal, desde la orilla de la punta del poste hasta el centro de la chapa.
- Marcar a 13 cm, el lugar para fijar la chapa de línea de distribución, desde el centro de la chapa de línea troncal hasta el centro de la chapa de línea de distribución, o a 34 centímetros de la orilla del poste.

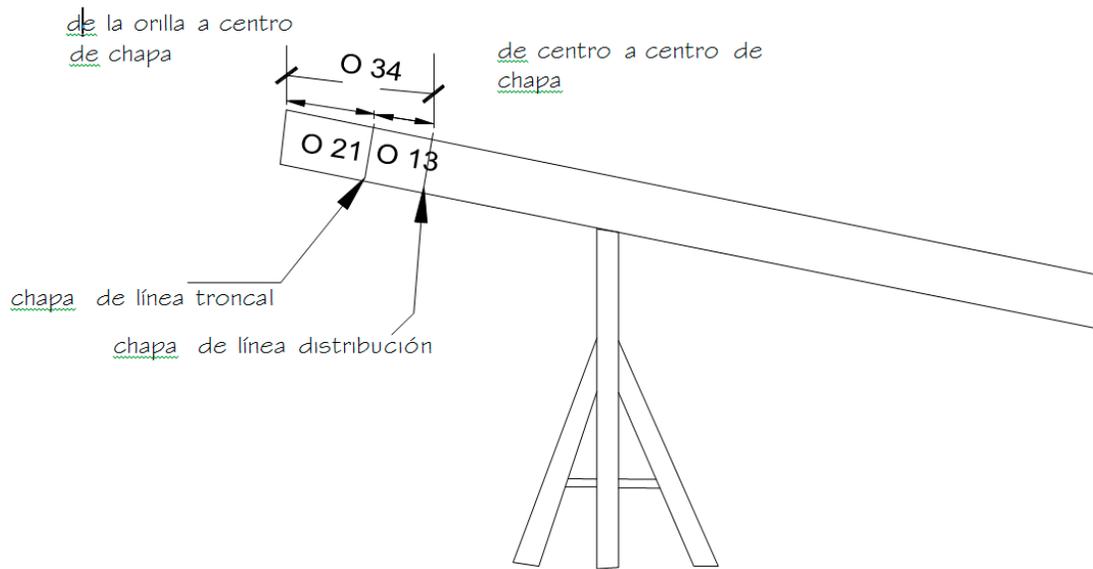


Figura 13. Procedimiento para la colocación de herrajes en los postes. [18]

Para la sujeción del cable mensaje a la chapa de remate se debe de hacer por medio de la utilización de remate automático cónico dejando que el cable mensaje vaya siguiendo su trayectoria para lograr una continuidad física y eléctrica a través de un perno de compresión. Como recomendación principal para esta actividad se debe utilizar los remates automáticos y pernos de continuidad homologados por la normativa de la empresa proveedora de servicios.

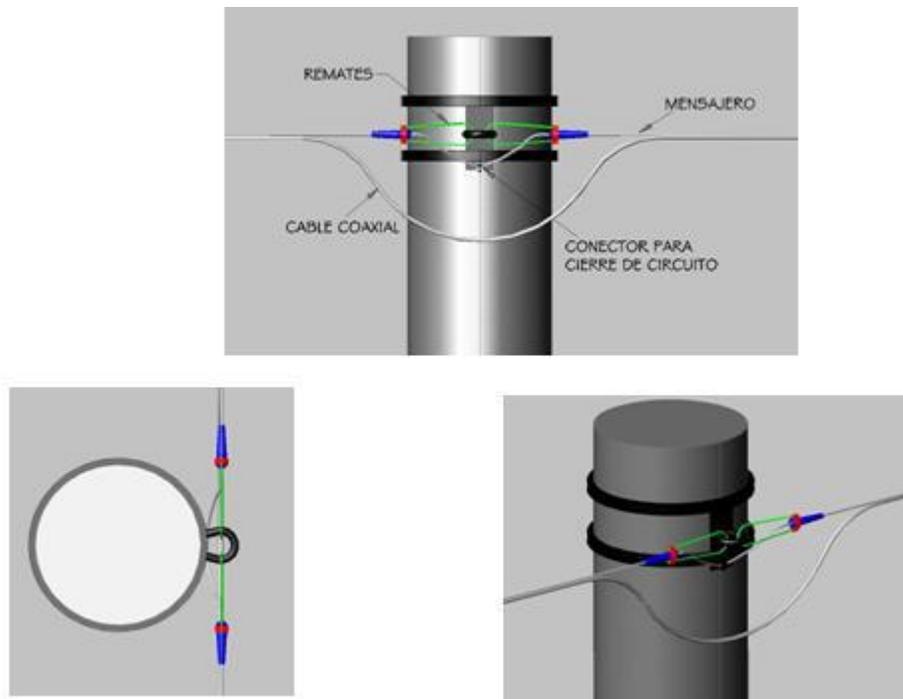


Figura 14. Colocación de herrajes en postes. [18]

5.3.6.3. Recomendaciones generales para instalar de manera segura los postes.

Para la instalación segura de los postes que sostendrán el cable de fibra óptica, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para levantar el poste, el personal en el piso deberá de jalar el extremo de la manila del aparejo (cuerda alrededor del poste) que queda libre para realizar un levantamiento inicial de la carga (poste) y ubicarla o moverla, en dependencia de que si el poste se mueve o desliza cuando lo están maniobrando con la grúa.
- Es importante verificar el emparejamiento y estabilidad de la carga cuando esta está siendo levantada por la grúa. Esto se hace levantando el poste entre 20 cm a 30 cm del suelo.
- Para realizar el levantamiento total del poste, se tiene que jalar de manera coordinada la cuerda, de modo que la carga suba de manera controlada y de forma vertical.

- El personal en el piso debe de tener contacto visual permanente con el personal que está en la estructura jalando la cuerda, en caso de que aplique y este debe de tener buena comunicación con el otro personal que está jalando la cuerda para evitar lesiones por sobreesfuerzo en la actividad de subir el poste.
- Si la técnica utilizada es de manera manual, el personal a cargo del levantamiento deberá tener en todo momento su equipo de protección personal al momento de la instalación.

La elección del trayecto deberá hacerse de forma tal, que se desarrolle lo más cerca posible a la calle o carreteras, respetando la distancia según normativas municipales. El método que se utilizará para la instalación de los postes quedará determinado por la empresa proveedora del servicio y esta actividad estará regida por las diferentes normas que estas empresas tengan establecidas para esto.

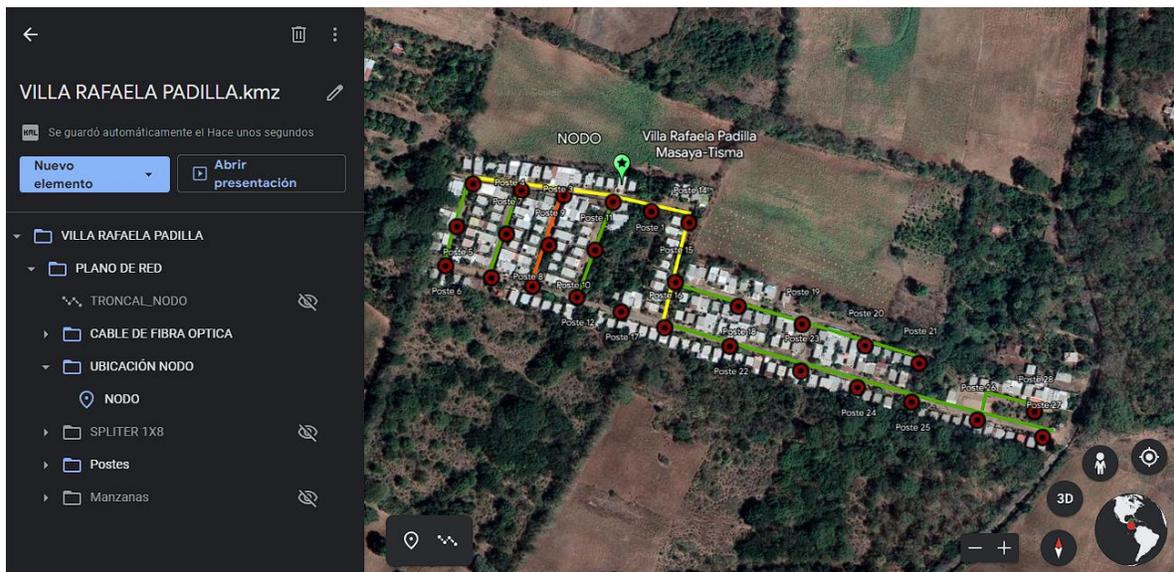


Figura 15. Distribución de postería en Villa Rafaela Padilla, Google Earth Pro.

5.3.7. Componentes a utilizar para el diseño de la red

5.3.7.1 Componentes internos y equipos.

- La OLT es el elemento activo principal de la red de acceso y tiene como función principal a través de los puertos GPON de transmitir y recibir la información a cada usuario final de la red, en forma descendente y ascendente. Se considera como OLT al de la marca ZTE con código GPON **ZXA10 C320** (ver figura 11), que cuenta con 2 slots, donde cada slot posee 8 ranuras de puertos GPON en cada slot dando un total de 16 puertos GPON y donde cada puerto GPON tiene una capacidad máxima de 128 usuarios.

Características principales del OLT ZTE ZXA10 C320:

Tamaño pequeño y diseño compacto, red flexible y despliegue rápido.

Mayor garantía de seguridad: autenticación ONT, identificación de ID de usuario, aislamiento de puerto, dirección de vinculación, filtrado de paquetes y transmisión de paquetes supresión.

Compatible con relación de división óptica 1:128 para xPON.

Alcance lógico máximo: 60 km.

Voltaje de Alimentación DC: -48V+/-20%, -60V+/-20%; AC: 100V~240V



Figura 16. OLT marca ZTE modelo ZXA10 C320, equipo a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- SFP o Small Form-factor Pluggable, son conectores de medios compactos e intercambiables en caliente que proporcionan conectividad de fibra

instantánea a su equipo de red desde conmutadores Ethernet a routers, firewall y tarjetas de red. Para este proyecto se seleccionó el ZTE GPON-OLT-CLASE-C ++, que es un módulo óptico SFP aplicado a GPON OLT. Utiliza una interfaz óptica LC. Este ZTE C ++ módulo óptico, que emite sobre + 7.5base de datos, puede transmitir datos a largas distancias. Está más lejos que C + y tiene una calidad de transmisión mejor.



Figura 17. ZTE GPON-OLT-CLASE-C ++ compatible con ZXA10 C320, componente a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- ODF, un distribuidor de fibra óptica (ODF) es un distribuidor que se utiliza para proporcionar interconexiones de cables entre las instalaciones de comunicación, que pueden integrar empalmes de fibra, terminación de fibra, adaptadores y conectores de fibra óptica y conexiones de cables en una sola unidad. También puede funcionar como un dispositivo de protección para proteger las conexiones de fibra óptica de daños. Las funciones básicas de las ODF proporcionadas por los proveedores actuales son casi las mismas. Sin embargo, tienen diferentes formas y especificaciones. Elegir el ODF correcto no es fácil.

Para este diseño se escogió un ODF montable en Rack y de tipo bandeja ya que facilita la manipulación de la Fibra Óptica en espacios reducidos y situaciones delicadas, al igual que el manejo de los hilos para la realización

de las fusiones, en este ODF tendremos las conexiones de nuestra Troncal de 600 Mbps que alimentará nuestro nodo y de igual manera las conexiones hacia los splitter principales (1x16) de nuestra red de distribución, en caso de ampliaciones futuras no será necesario reemplazar dicho ODF debido a la disponibilidad de hasta 48 puertos en el mismo.



Figura 18. ODF tipo rack de 48 puertos, componente a utilizar en Villa Rafaela Padilla.[19]

- Switch Cisco Catalyst 3750, es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3). Este modelo en específico es un switch capa 3 (Modelo OSI), la se encarga de permitir la conexión entre dispositivos que están ubicados en redes diferentes. Así, en la capa de red conseguimos que haya comunicación cuando no hay una conexión directa, consiguiendo así la aparición de comunicaciones de alcance mundial.

Este Switch capa 3 de la marca CISCO será necesario para manejar los segmentos de red IPv4 públicos con los cuales daremos salida a internet a los equipos terminales, a su vez tendrá una conexión con el equipo OLT a través de una red Privada (172.16.0.0/24) el cual se encargará de brindar DHCP hacia los equipos terminales (ONT).



Figura 19. Switch Capa 3 Catalyst 3750 de 24 puertos, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

Características principales de Switch Catalyst 3750/ 24 puertos:

Redundancia superior para respaldo de fallas.

Enrutamiento IP de alto rendimiento.

Características integradas del software Cisco IOS para la optimización del ancho de banda.

Características de seguridad de toda la red.

24 Puertos 1 Gbps + 2 Puertos 10 Gbps.

Voltaje de entrada 100-240VAC, 1.5-2.3A, 50-60 Hz / -36 to -72VDC, 3.0 - 1.5A.

- Inversor Xantrex RV2012GS, Los convertidores DC-AC o también conocidos como inversores, tienen como función principal cambiar una tensión de entrada en DC a una tensión de salida en AC, donde la tensión y frecuencia de salida pueden ser fija o variable. La capacidad de este inversor utilizado es de 2,000 Watts con capacidad de hasta 50 Amp, de igual manera posee 3 slot de carga de batería lo cual servirá para almacenar energía de respaldo en nuestro banco de baterías y de esta manera dar autonomía al servicio incluso en caso de fallas de la energía eléctrica comercial.



Figura 20. Inversor Xantrex RV2012GS, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- Baterías VRLA PGFT 12V160, las baterías de plomo-ácido selladas de larga duración (a menudo denominadas VRLA) han sido diseñadas específicamente para aplicaciones críticas de energía de reserva que requieren una vida útil de diseño más larga. La batería del terminal frontal de 12V 158.80Ah ofrece un rendimiento fiable y cuenta con una conexión de terminal frontal fácil de usar que garantiza una fácil instalación y mantenimiento cuando se instala en un armario de baterías. El PGFT-12V160 es ideal para aplicaciones de Telecom.



Figura 21. Baterías VRLA PGFT-12V160, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- Rack gabinete de 46U modelo CRE6046B, es una base, estructura metálica o soporte cuya misión es alojar sistemas informáticos y redes de telecomunicaciones. Todas sus dimensiones se encuentran normalizadas a fin de que sean compatibles con cualquier equipamiento independientemente del fabricante, este modelo cuenta con una frontal de 19" ideal para el montaje de todos nuestros equipos de red y de alimentación.



Figura 22. Rack gabinete modelo CRE6046B, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

Para el montaje y distribución de estos equipos dentro de nuestro Rack se tendrá a disposición un cuarto de 3.5x4 mts el cual se encuentra ya debidamente climatizado, cabe destacar que dicho cuarto donde estará ubicado este nodo será rentado por lo que hay que considerar el costo de renta, pago de energía y mantenimiento.

Esta instalación es de tipo Medio, lo que quiere decir que los equipos de telecomunicaciones se deben instalar en este tipo de armarios especiales que tienen sus dimensiones estandarizadas lo que los hace de fácil manipulación y manejo de cableado con mayor comodidad. Dentro de estos armarios o Rack se deben instalar organizadores de cables o Patch Panels para la conexión de jacks u otro tipo de conectores a utilizar (en este caso, dentro del ODF), de igual manera estos racks poseen canales por los cuales se tienden los cables para que queden

recogidos y protegidos convenientemente, por lo que en la parte izquierda de nuestro rack se trabajarán las conexiones de los equipos de red y en la parte derecha se deberá manejar las conexión de los equipos de alimentación eléctrica.

A continuación se muestra la propuesta de ubicación y distribución de cada equipo de red y alimentación dentro del rack gabinete de 46U”:

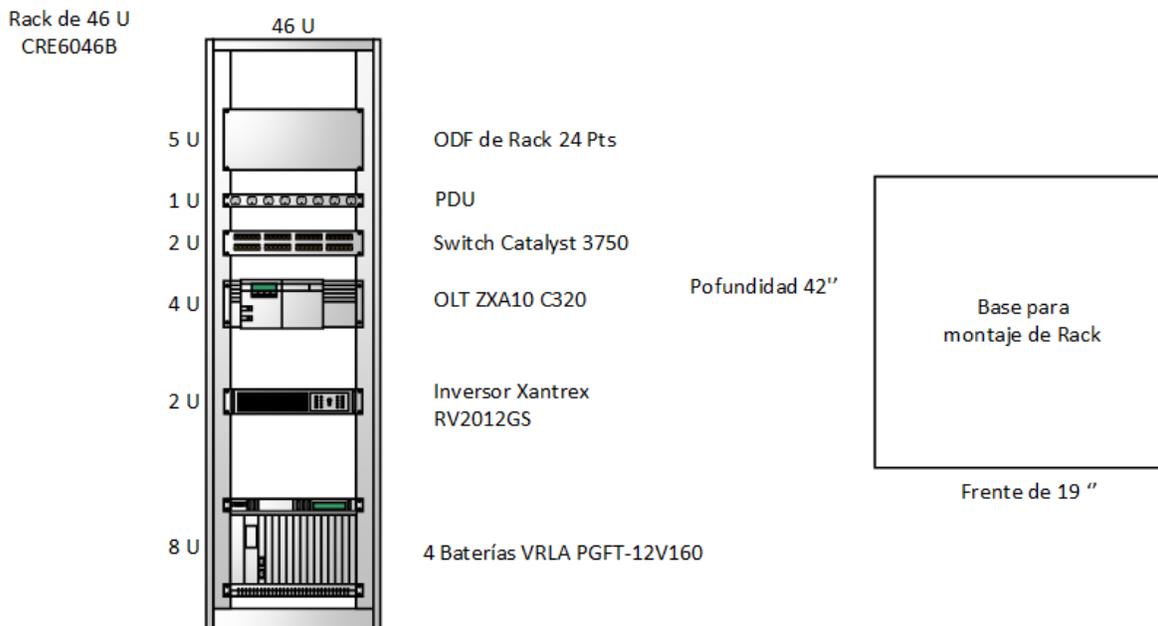


Figura 23. Montaje y distribución de equipos en Rack, elaboración propia, Villa Rafaela Padilla.

Es muy importante que la instalación eléctrica esté muy bien hecha, de no ser así, se corren riesgos importantes , incluso de electrocución. Los problemas eléctricos suelen generar problemas de intermitencia los cuales en ocasiones son muy difíciles de diagnosticar y provocan deterioros importantes en los equipos de red y en muchas ocasiones daño total.

Todos los dispositivos de red se estarán conectando a enchufes con tierra, las carcasas, el rack y canaletas mecánicas también estarán conectadas a tierra.

La temperatura y humedad es algo que de igual forma debe controlarse continuamente y de modo automático, en este caso el personal que está rentando el lugar nos está asegurando la climatización, es por esto que nos desligamos completamente del funcionamiento de estos equipos de climatización, los únicos requisitos de nuestra parte son:

- Temperaturas no mayores de 28 °
- Sistema de climatización respaldado en caso de fallo de energía eléctrica.
- Sistema de climatización respaldado en caso de fallo de uno de los aires. (Aire acondicionado secundario).
- Mantenimiento preventivo cada 3 meses.

La instalación del gabinete Rack, equipos y cableado estructurado será realizado por empresa contratista la cual deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Equipo de trabajo con certificación de cableado estructurado.
- Poseer las herramientas certificadas y adecuadas para la instalación de los equipos y cableado estructurado.
- Disponibilidad de fusionadora y certificadora de Fibra Óptica que permitan brindarnos datos exactos de los niveles en dBm para el cálculo de pérdidas de potencia.
- Cable Jumper de Fibra óptica (también conocido pigtail), son cables relativamente cortos (1 metro hasta 40 metros) con conectores en ambos extremos, y estos dependen del tipo de equipos en los que se van a instalar. Son fabricados con estándares internacionales, y su presentación viene dada por dos cables unidos (duplex) o por un cable (simplex), aunque en algunos casos puede ser multi-fibra, todo depende de las necesidades del cliente. Estos están clasificados en monomodo o multimodo. [13]

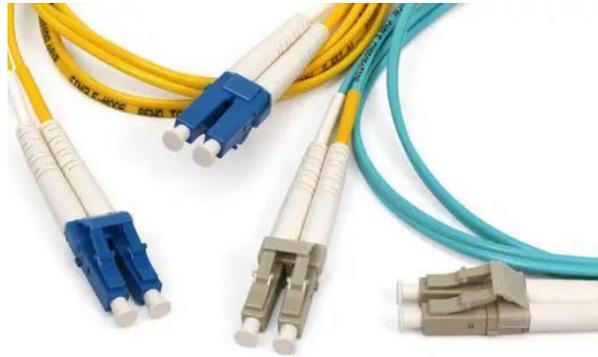


Figura 24. Cable jumper de fibra óptica. [17]

Se utilizan para interconectar equipos en centrales como los OLT's, los ODF's y los equipos de acceso en este caso los switches, pero también tienen la función de interconectar los equipos terminales como los routers y los ODF's instalados donde el cliente.

Otra de las funciones es que son utilizados para terminar los cables de fibra óptica mediante funciones o empalmes mecánicos en la instalación de los ODF's ya que ofrecen el mejor rendimiento posible para las terminaciones de los cables.

Dentro de las características principales de este tipo de cable tenemos las siguientes:

- Son elaborados con cuatro tipos de conectores: LC/ST/SC/FC.+

- El tipo de recubrimiento con el que está elaborado es retardante de llama en caso de presentarse un incendio.

- Pueden operar en un rango de temperatura desde los -20°C hasta +70°C

- Pueden ser almacenado en un rango de temperatura de -40°C hasta +70°C

- Tienen una atenuación de 0,4dB a 1dB por cada 1 kilómetro para las fibras con diámetros de 1300nm; y para las fibras con diámetros de 1550nm la atenuación oscila entre los 0,25dB a 0,5dB por cada 1 kilómetro.

5.3.7.2 Componentes externos.

- Cable de Fibra óptica ADSS G652D, El cable de fibra óptica ADSS (All Dielectric Self Supported, completamente dieléctrico y autosoportado) está diseñado para la instalación aérea entre postes, evitando la necesidad de cables guía, a diferencia de otros tipos de Fibra Óptica como OPGW () y OPAC () esta es de menor costo y de mejor manejabilidad para este tipo de proyectos. La Fibra Óptica ADSS ofrece la resistencia a la tracción necesaria en este tipo de instalaciones gracias a la aramida, un material que aporta excelentes propiedades mecánicas de tracción, manteniendo un peso muy ligero.

A la hora de elegir un cable ADSS, los parámetros más importantes que debemos tener en cuenta son los siguientes:

1. Vano: Distancia entre postes
2. Flecha: Desviación máxima permitida del cable respecto a la horizontal; debida al peso del cable y condiciones climáticas
3. Condiciones climáticas: El viento y la nieve causan tracción adicional en el cable, por lo que es importante conocer las condiciones climáticas de la zona donde va a ser instalado.

Por esta razón se ha escogido el tipo de Fibra ADSS G652D ya que cumple con las características necesarias para nuestro desarrollo del proyecto, las cuales son: longitud de onda de dispersión cero a los 1310 nm, menos sensible a las torsiones. Esto significa que produce niveles más bajos de atenuación debido a las torceduras, y por último esta es especialmente diseñada para LAN, MAN, redes de acceso y transmisión CWDM.



Figura 25. Cable de F.O. tipo ADSS G652D, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- Caja de empalme de 48 hilos tipo FOOSC

Para las cajas de empalme se ha escogido la serie FOOSC-220J de FIBERHOME la cuál es la nueva versión de cierres de empalme de tipo domo con sellado mecánico, que está diseñado para instalaciones aéreas en cables, registros, muros y enterrado directo. Esta caja de empalme cuenta con bandejas de empalme de 12 hilos hasta 48 hilos. En nuestro diseño se han contemplado 1 caja de empalme en cada ubicación de los splitter, de esta manera se puede hacer una distribución correcta de los hilos de Fibra y las conexiones de los NAP hacia la acometida de los clientes finales.

A continuación se presentan algunas de las características de esta caja de empalme serie FOOSC:

- Estructura de diseño base de domo con sellado mecánico.
- Orientación vertical.
- Material de polipropileno modificado de alta resistencia.
- Grommets flexibles para cables universales estandarizados.
- Se puede instalar un splitter sin conectores en su interior.
- Fácil para abrir y cerrar.
- Diseño ideal de gestión de fibra.
- Nivel de protección: IP68.
- Compatible con fibra ADSS, Mini ADSS y Mini.



Figura 26. Caja de empalme serie FOSC-220J, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

- NAP splitter optico

El splitter fibra óptica, conocido como divisor de fibra o divisor de haz, es un dispositivo de distribución de energía óptica y de guía de onda integrado que puede que contiene múltiples extremos de entrada y salida. La función de splitter fibra óptica es dividir un haz luminoso incidente en dos o más haces luminosos y viceversa. El splitter fibra óptica ha desempeñado un papel importante en las redes ópticas pasivas (como GPON FTTH) al permitir que una sola interfaz PON sea compartida por muchos abonados.

El splitter de fibra óptica pasivo puede dividir o separar un haz luminoso incidente en varios haces luminosos en una cierta proporción. Splitter fibra 1 x 4 que presentamos en la figura 16, es la estructura básica: separar un haz luminoso incidente de un solo cable de entrada en cuatro haces de luz y transmitirlos a través

de cuatro cables de salida, por ejemplo: si el cable óptico de entrada es de un ancho de banda de 1000 Mbp, cada usuario de los cables de fibra de salida puede utilizar la red con un ancho de banda de 250 Mbp.

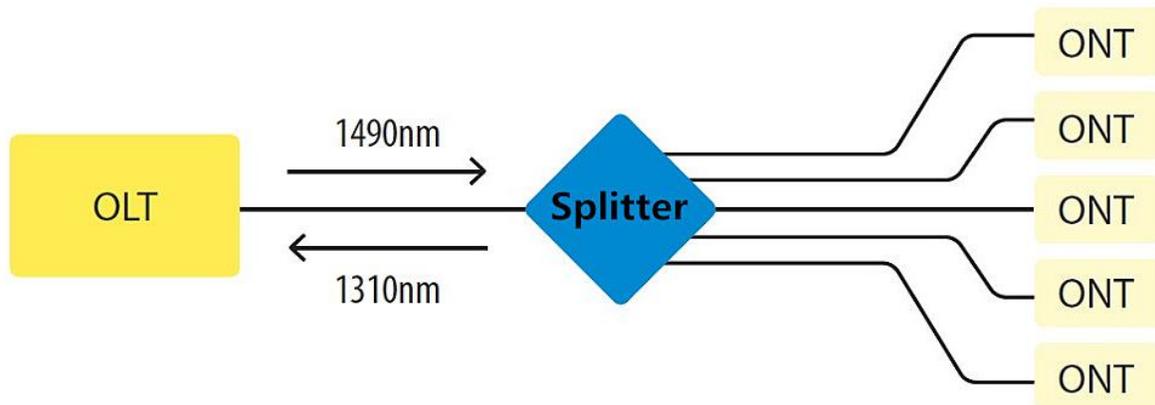


Figura 27. Ejemplo de funcionamiento de Splitter 1 x 4, distribución de señal y ancho de banda. [20]

Para la elaboración de este diseño se tomó en cuenta el tipo de splitter incorporado en caja NAP(Network Access Point) lo cual permite una fácil manejabilidad y fácil conexión a la hora de realizar las instalaciones a los clientes finales, debido a que es de tipo conectorizado se puede ahorrar la realización de una fusión cada vez que se requiera realizar una conexión.

Algunas de las características que posee este tipo de Caja NAP con splitter son:

- Resistente a la radiación UV y a los ataques químicos.
- Diseño con cierre seguro y protección a prueba de agua IP66.
- Fácil acceso y manipulación para la organización de cables con radios adecuados y alojamiento de las fusiones.
- Dos entradas / salidas para cable de distribución con posibilidad de hacer sangría.
- 16 salidas independientes para el cable Drop con conectorización.

- Admite montaje en poste, (se provee accesorios), y montaje en pared.

Estas características hacen que este tipo de splitter NAP sea el adecuado para nuestro diseño, por lo que se ha escogido el de la marca UNICOR, modelo FAT-16B, Este modelo permite alojar hasta dos Splitters formato Cassette-LGX de 1x8 o uno de 1x16.



Figura 28. Caja de usuarios NAP modelo FAT-16B de UNICOR, a utilizar en Villa Rafaela Padilla. [19]

5.3.8. Cálculo de pérdidas de señal.

En el diseño de una red FTTH, uno de los pilares más importantes es el presupuesto óptico. No sobrepasar este presupuesto te garantizará el correcto funcionamiento de tu red, a pesar de las adversidades y el envejecimiento de la misma a lo largo de los años.

Para calcular el presupuesto óptico lo primero que debemos hacer es observar las especificaciones técnicas de nuestros componentes de la red, tal como nuestro transmisor OLT que en nuestro caso el OLT ZXA10 C320 tiene una potencia de salida de +3dBm, en el caso de la Fibra ADSS G652 D tiene una pérdida de 0.4dB x Km, las atenuaciones de los splitters 1x16 y 1x8 son 13.8dB y 10.5dB respectivamente.

Para la realización del cálculo de pérdida de señal se utiliza la siguiente fórmula:

Atenuación Total = (Atenuación Splitter 1 + Atenuación Splitter 2) + (Atenuación de Fibra /Km Distancia) + (Atenuación Empalme * N) + (Atenuación Conectores * N). **Ecuación 1.***

A continuación, realizaremos un ejemplo de cálculo de pérdida de señal tomando como referencia al cliente más alejado en la troncal 1 el cual está a una distancia de 220 mts (0.220 Km):



Figura 29. Traza de distancia entre cliente ubicado en SP_1x8_05 y Nodo.

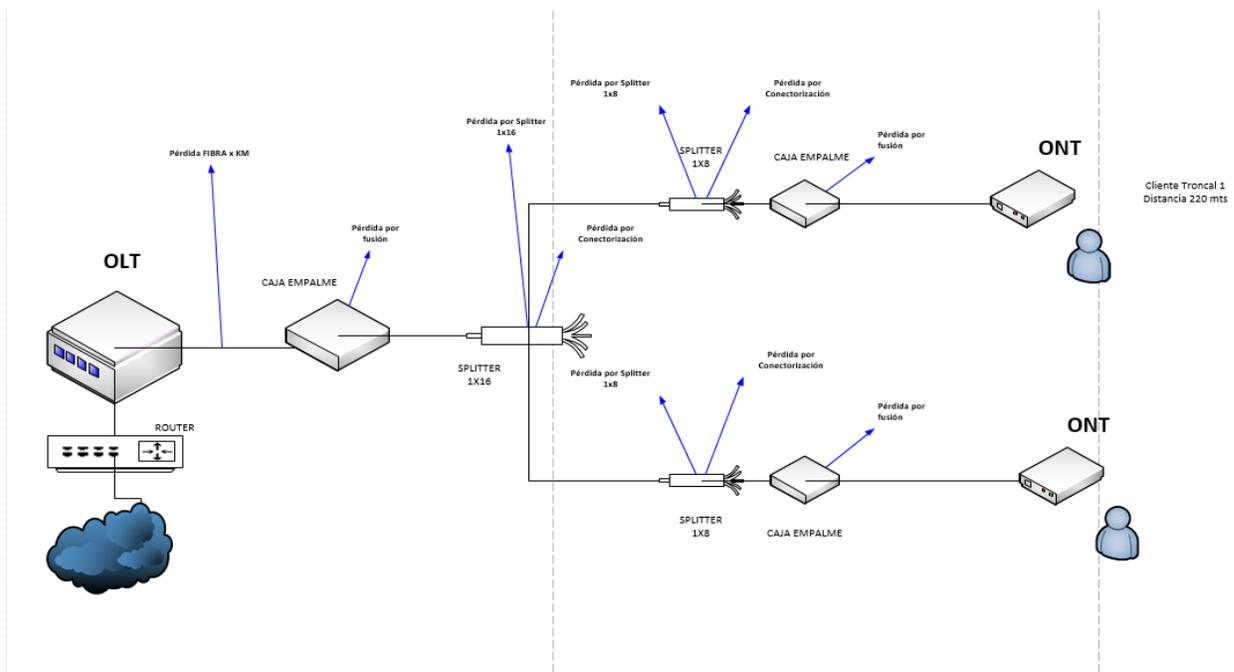


Figura 30. Esquema de pérdida de señal hasta ONT del cliente final.

Para la realización de este cálculo vamos a utilizar la **Ecuación 1**. Antes mencionada en la cual tenemos los siguientes valores:

Splitter1x16: 13.8 dBm

Splitter1x8: 10.5 dBm

Atenuación de Fibra/km: 0.4 dBm

Pérdida por fusión: 0.2 dBm

Pérdida por conectorización: 0.4 dBm

$$\text{Atenuación Total} = (13.8 \text{ dBm} + 10.5 \text{ dBm}) + (0.4 \text{ dBm} * 0.220 \text{ Km}) + (0.2 \text{ dBm} * 2) + (0.4 \text{ dBm} * 1)$$

$$\text{Atenuación Total} = 24.3 \text{ dBm} + 0.088 \text{ dBm} + 0.4 \text{ dBm} + 0.4 \text{ dBm}$$

$$\text{Atenuación Total} = 25.188 \text{ dBm}$$

De esta manera es posible calcular los niveles de recepción de señal en el ONT del cliente:

$$\text{Pot. Rx} = 3 \text{ dBm} - 25.188 \text{ dBm}$$

$$\text{Pot. Rx} = -22.188 \text{ dBm}$$

La potencia de señal de Rx en el ONT del cliente será de -22.188 dBm lo cual se encuentra dentro del rango permitido de los niveles de señales óptimos, el máximo permitido es -28 dBm.

5.4. Análisis de equipos terminales ONT.

En este apartado se encuentra una comparación de la eficiencia según las especificaciones técnicas de ciertos equipos ONT disponibles en el mercado del país distribuidos por las compañías proveedoras de servicios, esto con el fin de determinar el mejor equipo que supla las necesidades del usuario final. El análisis se hace específicamente con las marcas ZTE y Huawei, más específicos con los modelos F660 ZTE y EG8245W5-6T respectivamente.

Para el equipo F660 de ZTE se puede decir que es un equipo que funciona bajo la tecnología de GPON bajo las redes FTTH, diseñado para ser un dispositivo terminal en los hogares. Este tiene funciones de capa tres lo cuál quiere decir que funcionan como enrutadores para crear una red de área local así como también proporcionar una conexión a internet de manera inalámbrica. La característica principal es que brinda al suscriptor de manera eficiente servicios llamados “triple-play” porque integran servicios de voz, vídeo (IPTV) y acceso a Internet de alta velocidad. [14]

De acuerdo a sus especificaciones técnicas podemos decir que:

- Cuenta con un puerto terminal óptico para interfaz GPON (tipo de conector SC/APC).
- Tiene 4 terminales con interfaces físicas para red de usuario (puertos ethernet).
- Cuenta con 2 interfaces para conexión de VoIP.
- Una interfaz WiFi con el estándar IEEE 802.11b/g/n.
- Un puerto USB.
- Opera en la banda de frecuencia de los 1.2Gbps - 2.4Gbps.
- Cuenta con velocidades de negociación en los puertos de red de usuario de 10/100/1000Mbps de manera automática.
- Tiene una distancia de transmisión de 0 ~ 20km hasta el equipo.
- Cuenta con una sensibilidad de recepción de hasta -28dBm.
- La potencia óptica de transmisión oscila entre 0.5~5dBm.

- El consumo energético es de 11W.
- Cuenta con dimensiones físicas de 35mm de alto, 199mm de ancho y 150mm de profundidad.
- Puede trabajar en temperaturas desde los -5°C hasta los 45°C.
- Su peso es de 0.7kg.
- Cuenta con una alimentación de 12VDC.
- Se puede instalar en un escritorio, un gabinete, en una repisa o fijarlo en la pared.
- Los servicios que puede entregar desde este equipo son: VoIP, Internet, IPTV, WiFi.
- Cuenta con la función de guardar la configuración por medio de una USB.



Figura 31. ONT F660 de la marca ZTE. [14]

Para el equipo EG8245W5-6T se puede decir que es un equipo ONT inteligente porque la interconexión es de acceso completamente óptico en la tecnología GPON y se utilizan específicamente para implementar servicios de banda ultra ancha para

los usuarios. Tiene un alto rendimiento en la entrega de servicios de voz, datos y videos HD debido a que el acceso es totalmente óptico. También es un equipo de capa tres proporcionando funcionalidades de crear una red por medio de los cuatro puertos de red que tiene. [15]

Según sus especificaciones técnicas podemos mencionar:

- Las dimensiones son 32mm de alto, con 200mm de ancho y 127mm de profundidad (sin antenas externas).
- Tiene un consumo máximo de potencia de 18W.
- El peso de este equipo es aproximadamente de 400g
- Cuenta con una frecuencia de operación de 0°C hasta 40°C.
- Cuenta con 2 puertos para VoIP (POTS).
- Tiene 4 puertos de red (puertos ethernet) para que el usuario haga otra red interna.
- Opera en las bandas de frecuencia de 2.4G - 5G.
- Cuenta con una interfaz WiFi.
- Tiene 1 puerto USB.
- La terminal óptica es de tecnología GPON (puerto tipo SC/APC).
- Su fuente de alimentación es de 12VDC.
- Cuenta con una sensibilidad de recepción de -27dB.
- La interfaz WLAN viene determinada por estándares como IEEE 802.11 b/g/n para la red 2.4G y IEEE 802.11 a/n/ac para la red 5G.
- Tiene una ganancia en las antenas de 5dBi.
- Cuenta con una tasa de transmisión en su interfaz inalámbrica de 300Mbps para la red 2.4G y de 1733Mbps para la red 5G.
- Se puede entregar en los puertos físicos de red servicios en específicos por medio de VLAN's (Virtual Local Area Networks).
- Cuenta con una autonegociación en los puertos físicos de red de 10Mbps/100Mbps/1000Mbps.
- Aprendizaje de direccionamiento por medio de las direcciones MAC.

Las características mencionadas anteriormente son algunas de las más importantes que se consideraron a destacar ya que este equipo cuenta con muchas más funciones y especificaciones a las cuales sacarles provecho.



Figura 32. ONT EG8245W5-6T de la marca Huawei. [15]

Según con la información encontrada en las fichas técnicas de cada equipo, podemos determinar que el equipo que ofrece mejores especificaciones y que se le puede sacar mayor provecho de acuerdo al uso que la empresa proveedora de servicio puede sacarle así como también el usuario final es el de la marca Huawei. Existen otras marcas en el mercado pero debido a la factibilidad del proyecto y la poca demanda que estos tienen por parte de las empresas proveedoras de servicios no se tomaron en cuenta.

5.5. Análisis Económico y financiero

5.5.1. Presupuesto del proyecto

Para el cálculo de presupuesto de este proyecto se ha dividido la lista de los materiales y mano de obra en base a las partes del proyecto, cabe destacar que cada una de estas partes se pueden realizar en paralelo para disminuir los tiempos de entrega del proyecto.

Para la primera parte se realizó la lista de materiales que corresponden al montaje del Nodo:

Tabla 3. Presupuesto equipos de Nodo en Villa Rafaela Padilla, elaboración Propia.

EQUIPOS DE NODO					
ITEM	DESCRIPCION	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	ODF DE RACK 48 HILOS	unidad	1	\$ 200,00	\$ 200,00
2	INVERSOR XANTREX	unidad	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
	MATERIALES ELÉCTRICOS	unidad	1	\$ 450,00	\$ 450,00
3	OLT C320	unidad	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
4	PIGTAIL SC	unidad	53	\$ 1,00	\$ 53,00
5	BATERIAS VLA	unidad	4	\$ 250,00	\$ 1.000,00
6	RACK GABINETE	unidad	1	\$ 450,00	\$ 450,00
7	PATCHCORD	unidad	2	\$ 3,00	\$ 6,00
					\$ 6.659,00

Seguido se realizó la tabla de costos correspondientes a la mano de obra del montaje de los equipos que corresponden al nodo que incluye, instalación de equipos eléctricos, montaje de Rack y equipos, fusión de hilos en ODF de 48:

Tabla 4. Presupuesto mano de obra de montaje de Nodo en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

MANO DE OBRA DE NODO					
ITEM	ACTIVIDAD	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	FUSIONES DE PIGTAIL EN ODF	unidad	48	\$ 8,00	\$ 384,00
2	PAGO PARA MONTAJE DE PARTES ELECTRICAS	unidad	1	\$ 500,00	\$ 500,00
					\$ 884,00

El total de presupuesto para el montaje del nodo incluyendo materiales y mano de obra es de:

Tabla 5. Presupuesto total de Nodo en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCION	COSTO
1	EQUIPOS DE NODO	\$ 6,689.00
2	MANO DE OBRA DE NODO	\$ 884.00
	TOTAL	\$ 7,543.00

Para la segunda parte de la elaboración del presupuesto para este proyecto se toma en cuenta los materiales e implementación de la planta externa:

Tabla 6. Presupuesto materiales planta externa en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

MATERIALES PARA PLANTA EXTERNA					
ITEM	DESCRIPCION	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	TAPE ELECTRICO	unidad	2	\$ 6,00	\$ 12,00
2	POSTE TUBULAR DE 8 MTS	unidad	28	\$ 73,00	\$ 2.044,00
3	FIBRA ÓPTICA PLANA DE 24 HILOS	mt	2800	\$ 0,90	\$ 2.520,00
4	RETENIDAS	unidad	6	\$ 55,00	\$ 330,00
5	HERRAJES DE TENSION	unidad	28	\$ 3,00	\$ 84,00
6	FAJAS PLASTICAS	unidad	280	\$ 0,09	\$ 25,20
7	CRUCETA DE RESERVA	unidad	13	\$ 18,00	\$ 234,00

8	PREFORMADAS PUNTO VERDE	unidad	70	\$ 7,50	\$ 525,00
9	CINTA BAND IT 3/4"	mt	54	\$ 1,00	\$ 54,00
10	HEBILLAS PARA CINTA BAND IT 3/4"	unidad	54	\$ 0,40	\$ 21,60
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 5.849,80

Seguido se realizó la tabla de costos correspondientes a la mano de obra de la implementación de la planta externa, la cual conlleva a la instalación de los postes, tiraje de F.O. instalación de cierres de empalmes y retenidas:

Tabla 7. Presupuesto mano de obra planta externa en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

MANO DE OBRA PARA PLANTA EXTERNA					
ITEM	ACTIVIDAD	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	INSTALACION DE POSTE TUBULAR DE 8 MTS	unidad	28	\$ 13,00	\$ 364,00
2	RESANADO DE ANDENES	unidad	28	\$ 5,00	\$ 140,00
3	INSTALACION DE FIBRA OPTICA AEREA DE 24 HILOS	mt	2800	\$ 0,32	\$ 896,00
4	INSTALACION DE RETENIDAS	unidad	6	\$ 13,00	\$ 78,00
5	INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RESERVA	unidad	13	\$ 3,00	\$ 39,00
6	LOGISTICA	unidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
	SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				\$ 1.917,00

El total de presupuesto para la elaboración de la planta externa incluyendo materiales y mano de obra es de:

Tabla 8. Presupuesto total de Planta externa en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCION	COSTO
1	MATERIALES PLANTA EXTERNA	\$ 5,849.80
2	MANO DE OBRA PLANTA EXTERNA	\$ 1,917.00
	TOTAL	\$ 7,766.80

Como tercera parte de elaboración de este presupuesto se realizó el cálculo de materiales y mano de obra para la instalación y fusión de Splitter ópticos:

Tabla 9. Presupuestos materiales Splitters en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

MATERIALES PARA INSTALACIÓN DE SPLITTER					
ITEM	DESCRIPCION	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	CABLE FIBRA OPTICA DE 8 HILOS	unidad	150	\$ 0,65	\$ 97,50
2	PIGTAIL SC APC	unidad	16	\$ 1,00	\$ 16,00
3	NAP SPLITER 1X16	unidad	1	\$ 18,00	\$ 18,00
4	SPLITER 1X16	unidad	1	\$ 40,00	\$ 40,00
5	CIERRE DE EMPALME DE 48 FOSC	unidad	14	\$ 50,00	\$ 700,00
6	NAP SPLITER 1X8	unidad	13	\$ 12,00	\$ 156,00
7	SPLITER PLANAR 1X8	unidad	13	\$ 20,00	\$ 260,00
8	CRUCETA DE 8 AGUJEROS	unidad	30	\$ 25,00	\$ 750,00
9	PREFORMADA PUNTO ROJO	unidad	30	\$ 4,00	\$ 120,00
				TOTAL	\$ 2.157,50

Seguido se realizó la tabla de costos correspondientes a la mano de obra de la instalación de los splitters, que incluye la fusión e instalación de cajas NAP, splitter y cierres de empalme:

Tabla 10. Presupuesto mano de obra Splitters en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

MANO DE OBRA PARA INSTALACION DE SPLITER					
ITEM	ACTIVIDAD	Unidad de Medida	Cantid ad	Precio Unitario en US\$	Costo Total en US\$
1	INSTALACION DE CIERRE DE EMPALME	unidad	14	\$ 20,00	\$ 280,00
2	INSTALACION DE CAJA CON SPLITER 1X8 Y FUSION DE SPLITER	unidad	13	\$ 17,00	\$ 221,00
3	FUSION A FIBRA OPTICA	unidad	30	\$ 5,00	\$ 150,00
4	INSTALACION DE FIBRA ÓPTICA DE 24 HILOS	MT	150	\$ 0,40	\$ 60,00
					\$ 711,00

El total de presupuesto para la instalación de Splitters y cierres de empalme incluyendo materiales y mano de obra es de:

Tabla 11. Presupuesto total de Splitters en Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCION	COSTO
1	MATERIALES PLANTA EXTERNA	\$ 2,157.50
2	MANO DE OBRA PLANTA EXTERNA	\$ 711.00
	TOTAL	\$ 2,868.50

Basándonos en los datos recopilados de las tablas anteriores podemos calcular el total definitivo de este proyecto:

Tabla 12. Tabla resumen de proyecto Villa Rafaela Padilla, elaboración propia.

TABLA RESUMEN DE GASTOS DE PROYECTO		
ITEM	DESCRIPCION	COSTO
1	CONSTRUCCION DE FIBRA ÓPTICA	\$ 7.766,80
2	INSTALACION DE SPLITER FTTH	\$ 2.868,50
3	EQUIPOS NODO	\$ 7.543,00
	TOTAL	\$ 18.178,30

5.5.2. Recuperación de inversión en base a ingresos.

Para realizar una estimación de lo que sería la recuperación de la inversión una vez la red esté activa, el cálculo se realiza basándose a la cantidad de casas que se pretende instalar y el costo total del proyecto, por lo que:

Tabla 13. Tabla resumen recuperación de inversión en base a cantidad de casas

CASAS PASADAS		200,00
COSTO DEL PROYECTO		\$ 18.178,30
COSTO POR CASA PASADA		\$ 90,89

El costo por casa pasada es de 90.89 dólares, basándonos en las tarifas de los servicios que se pretenden vender se puede realizar un cálculo para saber en cuantos meses se recuperará la inversión por casa, es decir si tenemos la siguiente tabla de tarifas de servicio por Megas:

Tabla 14. Tabla resumen de tarifas de servicios de internet

Servicio	Capacidad	Costo
TV+Internet	10 Mbps	\$ 33,00
TV+Internet	15 Mbps	\$ 38,00
TV+Internet	20 Mbps	\$44,00
TV+Internet	30 Mbps	\$50,00

Para poder realizar una estimación de la recuperación de la inversión se pretende o se espera que el proyecto tenga un avance en cuanto a la instalación de los servicios de la siguiente manera:

- A) 30% de la totalidad de las casas en los primeros 6 meses
- B) 60% de la totalidad de las casas en 12 meses
- C) 90% de la totalidad de las casas en 18 meses.

Basándonos en el punto A podemos realizar un calculo de recuperación de inversión tomando en cuenta el 30% de la totalidad de las casas (64 casas) lo cual equivaldría a los primeros 6 meses, a su vez tomando en cuenta la tarifa más baja:

*Total Mensual= Cantidad de casas * Tarifa básica*

*Total Mensual= 64 casas*33\$*

Total Mensual= 2,112 \$

*Total en 6 Meses= 6 Meses * Total Mensual*

*Total en 6 Meses= 6 Meses * 2,112\$*

Total en 6 Meses= 12,672\$

De esta manera se puede estimar una recuperación de **12,672\$** en un plazo de 6 meses con el 30% de la totalidad de las casas instaladas, de esta forma cabe destacar que dentro de este cálculo no se están incluyendo costos operativos, mantenimiento de la red, ni de Marketing, por ende, los cálculos mostrados anteriormente son de base para que el ISP realice la estimación de recuperación, pero a su vez se demuestra que es totalmente rentable.

6. CONCLUSIONES

Con la elaboración de este trabajo monográfico se logró abordar una de las tecnologías que han venido teniendo bastante auge en las telecomunicaciones por los beneficios que esta otorga tanto a las empresas de telecomunicaciones como para el usuario final. Se pudo conocer a fondo el funcionamiento de esta red obteniendo conocimientos que pueden servirnos para la implementación de cualquier proyecto con esta magnitud.

Se logra realizar el diseño de red FTTH para brindar servicios de T.V e Internet cubriendo con la demanda en la comunidad de Villa Rafaela Padilla por medio de la tecnología GPON, satisfaciendo las necesidades de los usuarios.

De acuerdo a nuestra investigación, se pudo determinar el lugar más idóneo para poder hacer el montaje del nodo y partiendo de este hacer la instalación de los equipos de enrutamiento que llevarán el servicio a los usuarios por medio del ramal expuesto para dicha distribución en la comunidad de Villa Rafaela Padilla.

Se determina la selección de los equipos terminales de acuerdo a los requerimientos del proyecto, esto gracias a las especificaciones de los equipos encontrados en el mercado y que comúnmente son usados para este tipo de redes con el fin de tener compatibilidad con los requerimientos de las empresas proveedoras de estos servicios existentes en el país.

Se obtiene un análisis detallado de los costos verificando así la viabilidad y factibilidad del proyecto, llegando a la conclusión de que la inversión por casa que se hace se recuperará en los primeros tres meses desde el inicio del contrato.

7. RECOMENDACIONES

Dado que hoy en día es necesario el acceso a Internet, se recomienda hacer uso de las redes FTTH con la tecnología GPON ya que su utilización puede ser muy amplia, es de bajo costo, la recuperación de la inversión en proyectos así es pronta y se puede brindar un excelente servicio de voz, internet y TV a los usuarios.

Este tipo de proyectos es aplicable para cualquier zona del territorio del país teniendo en cuenta que la infraestructura lo pueda permitir y también que el análisis de factibilidad sea eficiente, por tanto se recomienda que se sigan haciendo estudios de este tipo en todas las zonas posibles para permitir que cada vez más usuario tenga acceso a estos servicios básicos, pero también para que a personas que están haciendo investigaciones de este tipo puedan obtener una buena base para poder aplicarlo.

Una vez implementado el diseño por cualquier Proveedor de servicios de internet, se recomienda realizar un estudio de factibilidad para expansión de la red a comunidades aledañas, siendo Villa Rafaela Padilla el punto de acceso principal o Nodo.

Por último, Una vez implementada la red por cualquier proveedor de servicios de internet, en el Análisis Financiero incluir los costos operativos, marketing y publicidad y el tiempo de instalación de la totalidad de las casas para así tener un dato mas exacto de la recuperación de la inversión.

7. BIBLIOGRAFÍA.

[1] ITU. (2018). Estudio de caso: El ecosistema digital y la masificación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Nicaragua. ITU. Disponible en: El ecosistema - Digital y la Masificación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Nicaragua.

[2] Cámara Nicaragüense de Internet y Telecomunicaciones. “Estadísticas Sobre el Sector de Internet y Telecomunicaciones en Nicaragua”. Managua, Nicaragua. 2017.

[3] Juan Diego Tinoco Alvear. “Estudio y Diseño de una Red De Fibra Óptica FTTH Para brindar Servicios de Voz, Videos y Datos para la Urbanización los Olivos ubicada en el sector de Toctesol en la parroquia Borrero de la Ciudad de Azogues.” Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 2011.

[4] Erick Alejandro Otero Cuevas. “Construcción, Integración, fusión y mantenimiento de red de fibra óptica Zona Metro Managua.” Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. 2018.

[5] Erick Danilo Arróliga Grijalba. “Diseño de Red FTTH para la zona de la Laguna de apoyo.” Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. 2021.

[6] Redes y Telecomunicaciones, Componentes y Funciones de un Sistema de Telecomunicaciones, Disponible en: <http://fccea.unicauca.edu.co/old/redes.htm>.

[7] ¿Qué es y cómo funciona la tecnología GPON?: secretos técnicos, Disponible en: <http://Tecnología GPON: qué es y cómo funciona la red de fibra óptica FTTH>

[8] Santiago Renato Arribasplata Terrones. "Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco." Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. Lima, Perú. 2021.

[9] Edison Quisnancela, Nikola Espinoza. "Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x". Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador. Agosto, 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626002/html/>.

[10] GPON Solutions ZTE ZXA10 Specifications, disponible en: <http://gponsolution.com/zte-zxa10-c320-gpon-olt-specification.html>.

[11] Connecting Buyers with Chinese Suppliers, Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_qian-cable/product_Cassette-PLC-Fiber-Optical-Splitter-1-8-1-16-Fiber-Splitter-for-FTTH_ehygunsuy.html.

[12] Q. Ing. René, M. Yadira y O. Mauricio, Empresa Nicaragüense de Electricidad, División de Distribución, "Norma de Construcción de Redes Medias y Bajas Tensión en Poste Redondo de Concreto". Febrero 8, 2018.

[13] C. Jordan. "Especificación técnica. Jumper de Fibra Óptica", Comercial e Industrial Trade Isay Ltda., Ficha Técnica, Informe No. CL 15-107001, Abril, 22 del 2016.

[14] ZTE, "ZXHN F660 Datasheet". (Online), Disponible en: https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/fttx_systems/zte/ZTE%20F660.pdf

[15] Huawei Technologies Co., Ltd., "EG8245W5-6T Datasheet 01", Año 2020.

[16] Conectronica. Tipos de Instalación de Fibra Óptica (Online), Disponible en: <https://www.conectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica>.

[17] Fibra Market. (2023, Marzo 22). Jumper de Fibra Óptica[Online], Disponible en: <https://www.fibramarket.com/jumper-de-fibra-optica/>.

[18] Escobar E. René y Jacinto Rony, Claro Guatemala, Dirección General de Ingeniería y Operaciones, “Normas para la Instalación de Redes HFC”, Gerencia de Ingeniería Planta Externa e Infraestructura, Junio, 2018.

[19] Mritos. (2023, Agosto). Productos[Online]. Disponible en: <https://www.mriton.com/mriton-products.html>.

[20] John. (2021, Julio 07). Definición y Tipos de Spliter de Fibra Óptica[Online]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-a-fiber-optic-splitter-2.html>.