



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad De Electrotecnia Y Computación

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

DISEÑO DE RED FTTH PARA LA MEJORA DEL SERVICIO DE
INTERNET, DIRIÁ, GRANADA

Autores:

Br. Eduardo Ramón Masís Suárez (2017-0427U)

Br. Gerald Bismarck Aburto Sánchez (2017-0198U)

Tutor:

MSc. Fernando Flores

Managua, Nicaragua

Junio de 2023

DEDICATORIA

- Primeramente, dedico este trabajo monográfico a DIOS, el padre de todo, creador de la vida, maestro de todos nosotros, ser supremo con toda la sabiduría, sin él, nada de esto hubiera sido posible para mí, él ha estado conmigo y mi compañero en todo el proceso para concluir esta ardua tarea.
- A mis padres, las personas más amadas por mí, las más respetadas y a quienes le debo TODO lo que hoy en día soy y tengo, sin ellos, esta monografía no hubiera sido posible, son los mejores, los amo.
- A mis mejores amigos y profesores, ellos son una parte importante en todo el proceso para llegar a este punto, apoyándome siempre que lo necesité.

Eduardo Masís Suárez

- Primeramente, quiero agradecerle a Dios por regalarme la sabiduría necesaria para culminar mis estudios de ingeniería, por darme las bendiciones a mí a mi familia.
- A mis padres, que han sido el pilar de mi vida enseñándome lo necesario para ser un hombre con los valores correctos, gracias a ellos soy una persona de bien.
- A mis mejores amigos y profesores, que han sido parte de la evolución de mi persona, como estudiante, persona y profesional.

Gerald Aburto Sánchez

AGRADECIMIENTO

Al ver el resultado logrado con este ambicioso proyecto, solamente se me ocurre una palabra: ¡Gracias!

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de mis padres, mi novia Fernanda a quien amo mucho, mis amigos que estuvieron a mi lado en los momentos difíciles, y a mis profesores cuya paciencia fue puesta a prueba en incontables ocasiones.

Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes. Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con el amor.

Gracias infinitas a ustedes y, por supuesto, a Dios, por ponerlos en mi camino.

Eduardo Masís Suárez

Al ver todo este trabajo culminado solo siento ganas de expresar mis más profundos agradecimientos.

Primeramente, quiero darles las gracias a Dios, mi madre Carolina y mi padre Trinidad, que han sido los pilares más fuertes de mi vida, en especial a mi mamá que ha sido muy paciente con su orientación, su entusiasta aliento y sus útiles consejos para que sea un hombre de bien.

Quiero agradecer a mi compañero de tesis Eduardo y a nuestro tutor Fernando, ya que gracias a ellos se pudo culminar con este interesante proyecto.

Cabe destacar que sin el apoyo de estas personas no sería posible la entrega de este documento, no solo por el aspecto académico sino en lo emocional, ya que el apoyo me ha dado, me ha generado muchas ganas de finalizarlo, para que ellos puedan verme cumpliendo uno de mis sueños.

Gerald Aburto Sánchez

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar la viabilidad de implementar la tecnología FTTH (Fiber To The Home) en Granada, Nicaragua y su impacto en la conectividad y el desarrollo económico del país. La sociedad nicaragüense se encuentra en un momento en el que la necesidad de conexiones a internet estables, con poca latencia y con anchos de banda más grandes es cada vez mayor, para poder llevar a cabo actividades como conferencias de negocios, clases virtuales, video llamadas, servicios de streaming, servicios en la nube, entre otros.

Para abordar esta problemática, se propone el diseño de una red de FTTH que mejore el servicio de internet en Diría, Granada, donde el sistema actual no da abasto y necesita ser reemplazado por uno más actual, con mejores anchos de banda, mejores latencias y más estabilidad. Sin embargo, su implementación en Nicaragua enfrenta desafíos como la falta de infraestructura de fibra óptica en el país, la falta de regulaciones adecuadas y políticas claras sobre las telecomunicaciones y la falta de educación y conciencia sobre los beneficios de FTTH entre la población.

Por otro lado, la implementación de FTTH en Nicaragua tiene un gran potencial para mejorar la conectividad y el desarrollo económico del país. FTTH puede proporcionar una base para el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de la población, especialmente en áreas rurales. Además, FTTH puede ayudar a reducir la brecha digital entre Nicaragua y otros países, lo que puede mejorar la competitividad del país en la economía global.

Para determinar la viabilidad y sostenibilidad de la implementación de FTTH en Nicaragua, se llevará a cabo una revisión de la literatura existente sobre FTTH, sus beneficios y desafíos, así como un estudio de factibilidad técnica y económica. A partir de estos análisis, se presentarán recomendaciones para mejorar la implementación de FTTH en Nicaragua y aprovechar al máximo sus beneficios para la población y el desarrollo económico del país.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I	4
1.1 Introducción a las conexiones FTTH	5
1.2 Arquitectura y elementos de una red FTTH	6
1.3 Ventajas de las redes PON	8
1.4 Estándares XPON	9
1.4.1 Estándar APON:	10
1.4.2 Estándar GPON:	10
1.4.3 Estándar EPON:	10
1.4.4 Estándar GEPON	11
1.5 Ancho de banda requerido	12
1.6 Cálculos de atenuación de la fibra óptica	15
1.7 Transmisión en fibra óptica	16
CAPÍTULO II	19
2.1 Datos estadísticos del uso de internet en Nicaragua	20
2.2 ¿Qué es Hybrid Fiber Coaxial (HFC)?	21
2.3 Tecnología HFC, infraestructura y funcionamiento	22
2.3.1 Cabecera de una red de HFC	22
2.3.2 Conexión a internet	22
2.3.3 Señal de televisión	23
2.3.4 Transmisión hacia el nodo óptico	24
2.3.5 Despliegue de de red HFC	24
2.3.5.1 Fuentes	24
2.3.5.2 Nodo óptico	25
2.3.5.3 Amplificador	26
2.3.5.4 Dispositivos pasivos	27
2.3.5.5 Acometidas	28
2.4 Ventajas y desventajas de las redes HFC.	29
2.4.1 Ventajas	29

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

2.4.2	Desventajas-----	29
2.4.2.1	Energía Eléctrica -----	29
2.4.2.2	Mantenimiento-----	29
2.4.2.3	Ruido-----	30
2.4.2.4	Anchos de Banda en redes HFC -----	30
2.5	Implementación de redes FTTH.-----	31
2.5.1	Anchos de banda-----	31
2.5.2	Consumo energético -----	32
2.5.3	Mantenimiento-----	32
CAPÍTULO III-----		33
3.1	Implementación de red FTTH (Planta interna)-----	34
3.1.1	Equipos de Planta Interna-----	34
3.1.1.1	Switch-----	34
3.1.1.2	Router OS marca MikroTik -----	34
3.1.1.3	OLT (Terminal de línea óptica):-----	35
3.1.1.4	Transmisor 1550 nanómetros para señales CATV -----	37
3.1.1.5	EYDFA (Amplificador de fibra dopada con erbio)-----	38
3.2	Implementación de red FTTH (Planta externa)-----	38
3.2.1	Diseño del plano de la red FTTH en AutoCAD-----	40
3.2.2	Supervisión de la ejecución del plano en la zona del proyecto -----	42
3.2.2.1	Enrutamiento -----	42
3.2.2.2	Tendido de las fibras ópticas-----	43
3.2.2.3	Construcción de Domo y Naps -----	46
3.3	Pruebas finales en las NAP -----	48
3.3.1	ONU: -----	49
3.4	Topología del proyecto FTTH -----	50
3.5	Desarrollo de actividades.-----	51
3.5.1	Enrutamiento OLT -----	51
3.5.2	Asignación de IP a puertos de la OLT-----	52
3.5.3	Asignación de IP a Laptops y Pc -----	54
3.5.4	Configuración del Access Point en la red FTTH -----	55
3.5.5	Pruebas de conectividad de transmisión y recepción de datos -----	56
3.6	Normativas de Uso (IEEE y TELCOR) -----	59

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.7	Permisos que se deben de solicitar: -----	61
3.7.1	Implementación en el área -----	61
3.7.2	Requisitos para atender el servicio solicitado.-----	62
3.7.3	Estándar IEEE 802.3 -----	62
CAPÍTULO IV-----		64
4.1	Referencia de precios-----	65
4.2	Costos de la inversión del capital-----	66
4.3	Costos de operaciones -----	68
4.4	Costos Fijos-----	69
4.5	Proyección de ingresos de la red -----	70
4.6	Flujo de ingresos, egresos, payback descontado, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR). -----	71
4.7	Análisis financiero del proyecto (VAN y TIR)-----	72
CONCLUSIONES -----		73
RECOMENDACIONES-----		74
BIBLIOGRAFÍA-----		75
ANEXOS -----		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arquitectura FTTx.....	5
Figura 2: Elementos de una Red PON.....	6
Figura 3: Red de Acceso GPON	11
Figura 4: Esquema Arquitectura de Red FTTH	13
Figura 5: Estructura de la Fibra Óptica.....	16
Figura 6: Espectro Electromagnetico.	17
Figura 7: Atenuación en función de la longitud de la onda.....	18
Figura 8: Estadística del acceso a internet en Nicaragua 1990-2020	20
Figura 9: Número de familias con acceso a banda ancha fija	21
Figura 10: CMTS C10G Casa Systems	23
Fuente: (Optiwell, 2016)	23
Figura 11: Antenas parabólicas para recepción de señal de TV	23
Figura 12: RF Manager ATX.....	24
Figura 13: HFC AIMA3000	24
Figura 14: Fuente de poder para red HFC.....	25
Figura 15: Nodo óptico	25
Figura 16: Amplificador.....	26
Figura 17: Splitter.....	27
Figura 18: Taps (Test access point).....	27
Figura 19: Diagrama de conexión de cliente con HFC	28
Figura 20: DPC3845 Cable modem Router Wi-Fi DOCSIS 3.0	28
Figura 21: Switch de despliegue	34
Figura 22: Router MikroTik	35
Figura 23: OLT ZXA10 C300.....	36
Figura 24: Transmisor 1550 nm	37
Figura 25: Diagrama de Conexión de un EYDFA	38
Figura 26: Ubicación en Maps de la zona de interés	39
Figura 27: Diagrama de Naps para domo	40
Figura 28: Caminata con odómetro	41
Figura 29 y 30: Segmentos del plano en AutoCAD	42
Figura 31: Ejemplo de trabajo en poste.....	43

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Figura 32: Instrucción del diseñador.....	44
Figura 33 y 34: Fibra óptica.....	44
Figura 35: Técnico tensando fibra óptica.....	46
Figura 36 y 37: Domo construida	47
Figura 38: Nap construida.....	48
Figura 39: ONU Huawei HG8245H GPON	49
Figura 40: Diseño de Topología de Red FTTH en Diría, Granada	50
Figura 41: Selección del cable serial entre routers.....	51
Figura 42: Enlace OLT.....	51
proveedor – OLT FTTH	51
Figura 43: Asignación de IP al Router proveedor y Router OLT.....	51
Figura 44: Asignación de IP a ordenador	54
Figura 45: Ordenadores conectados al Nodo 1	54
Figura 46: Configuración de SSDI y Autenticación de Access Point.....	55
Figura 47: Dispositivos conectados a una red WLAN por medio de DHCP	55
Figura 48: Prueba de comando Ping entre ordenador y Nodo 1.....	56
Figura 49: Trafico de envío y recepción de datos	57
Figura 50: Mensaje de estado del paquete	57
Figura 51: Prueba de envío y recepción de datos vía DHCP por medio de la red WLAN	58
Figura 52: Mensaje de recibido con éxito por parte del Nodo.....	58
Figura Anexo 1: Referencia de precio de Transmisor	77
Figura Anexo 2: Referencia de precio de OLT.....	77
Figura Anexo 3: Referencia de precio de Mikrotik	78
Figura Anexo 4: Referencia de precio de Switch	78
Figura Anexo 5: Referencia de precio de Fibra óptica tester.....	79
Figura Anexo 6: Referencia de precio de Patchcords	79
Figura Anexo 7: Referencia de precio de Aires Acondicionados	80
Figura Anexo 8: Referencia de precio de Fiber Cleaner.....	80
Figura Anexo 9: Referencia de precio de Kit FTTH.....	81

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de comparativa de los diferentes tipos de redes	8
Tabla 2: Velocidades Upstream y Downstream en GPON	12
Tabla 3: Atenuación Splitter	14
Tabla 4: Especificaciones técnicas de la fibra óptica.	15
Tabla 5: Especificaciones técnicas de la tarjeta OLT y ONU.	15
Tabla 6: Regulación de sectores	21
Tabla 7: Características de MikroTik	35
Tabla 8: Características de la OLT ZXA10 C300	36
Tabla 9: Características del Transmisor 1550 nm	37
Tabla 10: Características de la ONU	49
Tabla 11: Direccionamiento de router	51
Tabla 12: Comandos de configuración del router	52
Tabla 13: Direccionamiento de IP del Router	52
Tabla 14: Comandos para configurar el Switch	53
Tabla 15: Direccionamiento de IP Switch	53
Tabla 16: Ruta de los comandos Ping	56
Tabla 17: Versiones de 802.3	63
Tabla 18: Referencia de precios de equipos de fibra óptica	65
Tabla 19: Análisis de CAPEX en el HUB	67
Tabla 20: Costos de capital para cada proyecto	68
Tabla 21: Costos Operativos del proyecto	69
Tabla 22: Costos de Capital en el HUB	70
Tabla 23: Proyección de ingresos por proyecto	70
Tabla 24: Flujo de Ingresos, flujo de egresos y flujo efectivo neto	71
Tabla 25: Flujo de caja y análisis financiero del proyecto	72

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido un gran desarrollo en el mercado de las telecomunicaciones debido a dos factores principales: el aumento de la competencia entre empresas de telecomunicaciones y la aparición de nuevos servicios de banda ancha. Estos han llevado a la necesidad de mejores redes de telecomunicaciones con mayor ancho de banda y menor costo. La creciente demanda de los usuarios por altas tasas de transferencia ha obligado a los operadores de telecomunicaciones a replantear sus estrategias, lo que ha llevado a una carrera por el aumento de la velocidad. Una de las soluciones a este problema ha sido reemplazar el cobre por fibra óptica en la última milla, implementando arquitecturas FTTx.

Dentro de las arquitecturas FTTx, encontramos FTTH o fibra hasta el hogar (del inglés Fiber To The Home). La comunicación a través de fibra óptica es una técnica de transmisión que emplea una luz invisible (infrarrojo cercano o lejano) como portadora de información. Esta luz puede ser analizada en su trayecto a través de dos métodos: campos electromagnéticos mediante las ecuaciones de Maxwell y óptica geométrica o radial.

En el sector de Diría, la tecnología existente es HFC, lo que ha llevado a la saturación de los anchos de banda, pérdida de señal y poca escalabilidad hacia otras residencias en la ciudad. Es por esta razón que se plantea la mejora y el diseño de una red FTTH para eliminar estos problemas de la red actual. Entre las arquitecturas FTTH, cabe resaltar las redes de fibra óptica pasivas PON, una arquitectura que permite emplear elementos que no requieren de una alimentación externa como en el caso de los Splitter ópticos. Además, permite abarcar distancias de entre 10 y 20 kilómetros desde la central hasta el abonado, incrementando el ancho de banda debido al empleo de la fibra óptica y mejorando la calidad del servicio al ser inmune a las interferencias electromagnéticas.

JUSTIFICACIÓN

Nuestra propuesta de proyecto surge con el objetivo de investigar y experimentar el despliegue de una red de fibra óptica hasta la casa (FTTH) en la ciudad de Diría, Granada, Nicaragua. El objetivo es mejorar la comunicación en la zona y aumentar el ancho de banda de internet para satisfacer las necesidades de los habitantes, que actualmente cuentan con una red HFC poco eficiente y susceptible a ruido con altas latencias.

Además, el proyecto busca capacitar a estudiantes universitarios activos en estas tecnologías, para que puedan adquirir experiencia y mejorar su desarrollo en este ámbito laboral.

Es importante destacar que la conexión a internet es vital en la era digital actual, ya que se utilizan plataformas virtuales para clases, compras, trabajos y otros aspectos de la vida cotidiana. Por eso, la fibra óptica es una excelente opción para proporcionar una conexión de ultra banda ancha con latencias muy bajas e interferencias inexistentes.

La tecnología de fibra óptica es altamente escalable y puede satisfacer las necesidades de un gran número de usuarios a través de una sola red. Además, se espera que la capacidad y la velocidad de la fibra óptica sigan mejorando a medida que la tecnología evoluciona.

La implementación de la tecnología FTTx también puede ser beneficiosa para las empresas de telecomunicaciones, ya que reduce los costos de mantenimiento y mejora la eficiencia al eliminar la necesidad de mantener el cobre y lidiar con el ruido en el sector.

En conclusión, la implementación de la tecnología FTTx es altamente beneficiosa tanto para los usuarios finales como para las empresas de telecomunicaciones, ya que ofrece una mayor velocidad y capacidad de transferencia de datos, mejora la calidad del servicio y reduce los costos de mantenimiento y reparación.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar una red FTTH para mejorar el servicio de internet en Diría, Granada.

Objetivo Específico:

- Especificar los elementos y componentes que se utilizan en el despliegue de una red de FTTH, describiendo las funciones de cada uno de ellos.
- Analizar la red actual para determinar los parámetros que deben mejorarse con la implementación de redes FTTH.
- Describir el proceso de despliegue de una red FTTH, tanto a nivel de planta interna, como a nivel de construcción física de la red en campo.
- Realizar un estudio económico/financiero para la implementación de una red FTTH en Diría, Granada.
- Determinar las principales características, limitantes y normas acerca del diseño de una red FTTH, mediante el estándar IEEE 802.3 y la empresa TELCOR.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA FTTX POR MEDIO DE LAS REDES PON

1.1 Introducción a las conexiones FTTH

¿Qué es FTTH?

Las siglas FTTH corresponden a las palabras Fiber To The Home, que en español viene a ser “fibra hasta la casa”. Estas siglas son ampliamente extendidas hoy en día en lo referido al mundo de las comunicaciones, especialmente a internet. FTTH hace referencia al tipo de línea de internet que llega hasta tu casa, es decir, desde la central de tu ISP (proveedor de internet) más cercana hasta dentro de tu casa.

¿Para qué sirve FTTH?

FTTH sirve para proveer de velocidades de internet muy superiores, y simétricas a los abonados a este servicio. La capacidad de la fibra óptica sobrepasa por mucho la de los cables de cobre utilizados en ADSL, por lo que no es raro encontrar velocidades de internet de 1 Gbps simétricas (1 Gbps tanto de descarga como de subida), lo que se traduce en velocidades de unos 128 MBps en la práctica.

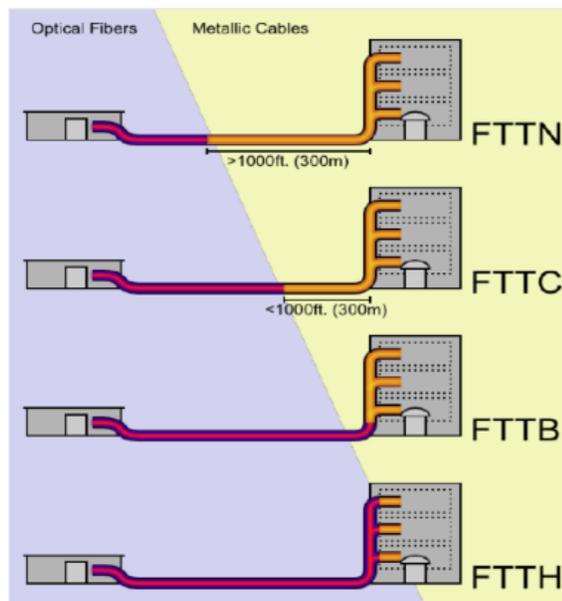


Figura 1: Arquitectura FTTx

Fuente: (Furukawa, 2012)

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

En la figura No 1 hace referencia a las diferentes arquitecturas tales como:

- FTTH – Fiber-to-the-home: La fibra llega y entra en casa (a la que aquí nos referimos)
- FTTB – Fiber-to-the-building: La fibra llega al edificio y se distribuye a través de cobre o cable de red hasta llegar a casa
- FTTN – Fiber-to-the-node: La fibra llega hasta un nodo y de ahí enlaza con la casa con otro tipo de cable como cobre o coaxial (HFC)
- FTTC – Fiber-to-the-cabinet: La fibra llega más cerca del edificio, a un máximo de 300 metros. (Rocío, 2023)

1.2 Arquitectura y elementos de una red FTTH

Dos tipos de sistemas permiten que los cables de fibra óptica transmitan datos utilizando luz, haciendo posible FTTH. Son redes ópticas activas (AON) y redes ópticas pasivas (PON).

La configuración punto a multipunto en cuanto a fibra óptica se refiere, es en el que se basan las redes FTTH. Comúnmente, a esta configuración se la denomina PON o Red Óptica Pasiva. A lo largo del proyecto, las referencias a la configuración punto a multipunto, se harán a través de la denominación PON.

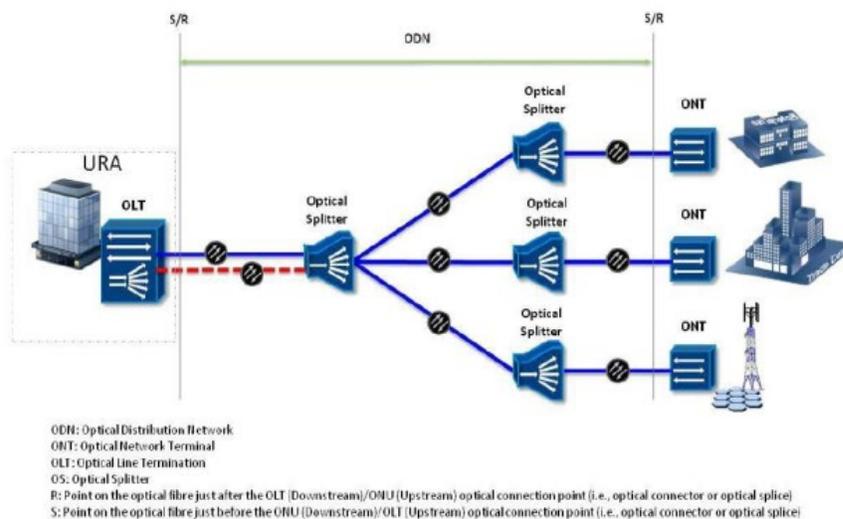


Figura 2: Elementos de una Red PON.

Fuente: (Furukawa, 2012).

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Como lo muestra la figura No 2, la arquitectura basada en redes PON o redes ópticas pasivas, se define como un sistema global carente de elementos electrónicos activos en el bucle de abonado. Toda red PON consta de los siguientes elementos pasivos:

- **ODN (Optical Distribution Network):** Red de distribución óptica (Optical distribution network). Consiste en la red en sí misma que distribuye la señal desde la centralita hasta los hogares. Está constituida por cables de fibra óptica, los divisores pasivos o Splitter y los armarios y paneles distribuidores de fibra óptica.
- **OLT (Optical Line Terminal):** Terminación óptica de línea (Optical line termination). Consiste en un elemento pasivo ubicado en la cabecera de la red o centralita, y generalmente se instala uno por cada fibra óptica.
- **ONT (Optical Network Termination):** terminación óptica de red (Optical network termination). Consiste en elementos pasivos que se ubican en las dependencias de los usuarios finales. Típicamente suelen ser un máximo de 32.
- **Splitter (divisor óptico pasivo):** Se considera el elemento principal de la red, ya que es el encargado de direccionar las señales desde el equipo activo de la red, hasta cada usuario en particular.
- **ODF (Optical Distribution Frame):** Elemento pasivo que permite la conexión y terminación de un segmento de fibra mediante el uso de conectores con el fin de mejorar la manipulación, organización, mantenimiento y protección de dicho segmento. En su interior se dispone del espacio físico adecuado para el almacenamiento de reservas de fibra. La principal ventaja que brinda a la red, es la posibilidad de lograr la escalabilidad de los elementos a éste conectado, en un crecimiento adecuado y en orden. (Gallinas, 2022)

1.3 Ventajas de las redes PON

Para comprender por qué la arquitectura FTTH se basa una red PON, es necesario realizar una comparativa directa entre las redes punto a punto pasiva, punto a multipunto pasiva y punto a multipunto activas.

A continuación, la Tabla No 1 que se muestra es una comparativa con las ventajas e inconvenientes de cada uno de los tres tipos de configuración de red citados anteriormente, y que claramente justifican la utilización de redes PON sobre FTTH frente al resto de configuraciones:

Tabla 1: Tabla de comparativa de los diferentes tipos de redes

Fuente: Proyecto de fin de carrera, Diseño e instalación de una red FTTH – Jesús Galeano Corchero – diciembre 2009

Tipo de Red	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Punto a Punto	<ul style="list-style-type: none">Alta Capacidad	<ul style="list-style-type: none">Alto Coste de Despliegue.
Estrella Activa	<ul style="list-style-type: none">Alta Capacidad	<ul style="list-style-type: none">Alto Coste de Despliegue.Alto Coste de Operación y Mantenimiento.
Punto a Multipunto (PON)	<ul style="list-style-type: none">Alta Capacidad.Utilización de elementos pasivos (reducción de la inversión).Bajo Coste de Operación y Mantenimiento.Flexibilidad y EscaladoTodos los servicios en una fibra.Estandarización ITU G.983.3.	<ul style="list-style-type: none">Requerimiento de métodos de protección contra sabotajes.Alto impacto en averías de central OLT.

Tal y como se puede observar en la Tabla No 1 las redes PON son las más adecuadas a la hora de diseñar una arquitectura física de red para los despliegues FTTH. El hecho de no tener líneas expresamente dedicadas por usuario hasta la centralita del operador (donde se encuentra el OLT), reducen de forma considerable el coste de despliegue inicial de la red. Este es el caso de las redes punto a punto, que, a pesar de otorgar un elevado ancho de banda por usuario, no compensa dado su elevado coste de despliegue. En cuanto a las redes activas, la inclusión de elementos activos incrementa no sólo el coste de despliegue de la propia red, sino también el de operación y

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

mantenimiento de la misma, obligando a gestionarla y centralizarla a nivel software y hardware. (Furukawa, 2012).

Las redes PON, reducen estos costes innecesarios. Sin embargo, estas ventajas no son las únicas, y entre las más relevantes se encuentran las que se enumeran a continuación:

- ✓ El propio hecho de utilizar fibra óptica en la red, permite la reutilización de fibra existente en muchos emplazamientos, así como realizar tendidos aéreos, que reducen el coste de despliegue en torno a un 50%. En aquellas zonas no cubiertas por fibra con anterioridad, el ahorro de fibra es menos importante, aunque supone un ahorro de cara al futuro.
- ✓ La propia estructura PON, permite un ahorro en la instalación de nodos y puertos ópticos en la central (OLT), dada la posibilidad de escalar información (señales) en función de la demanda solicitada por los usuarios.
- ✓ A esto, debemos sumarle la reducción del coste de despliegue de la red en planta externa. El uso de elementos pasivos en la red, supone intrínsecamente una reducción del coste de implantación. Por un lado, reducimos el coste que supone la instalación de elementos activos; y por otro, el coste del propio elemento pasivo, que es mucho menor. La instalación de redes PON a partir de estos elementos es mucho más económica, y evita costes de operación y mantenimiento, tales como la inexistencia de caídas o mantenimiento de alimentaciones de la red.

1.4 Estándares XPON

Los estándares XPON son las distintas maneras de implementar una red PON dependiendo de las tecnologías utilizadas; es así que para abarcar los nombres de las distintas tecnologías PON se utiliza el denominador común XPON.

Los estándares XPON se dividen en: APON, BPON, GPON, EPON y GEPON. Además, existe un esquema de trabajo que se utilizó, previo a la convergencia de servicios, en el transporte de video en 'downstream' para la televisión analógica al que se le denominó VPON.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

1.4.1 Estándar APON:

Las características de esta tecnología están descritas por un canal 'downlink', cuyas tramas están formadas por ráfagas de celdas ATM estándar de 53 bytes a las que se le añaden un identificador de tres bytes que identifican el equipo ONU generador de la ráfaga; y un canal 'uplink', cuyas tramas se construye a partir de 54 celdas ATM donde se intercalan dos celdas PLOAM (del inglés Physical Layer Operation, Administration and Management), y en las que se introduce información de los destinatarios de cada celda e información de operación y mantenimiento de la red. La máxima tasa soportada en canal 'uplink' y 'downlink', suponiendo una única unidad ONU, es de 155Mbps simétricos. Este ancho de banda se reparte en función del número de usuarios asignado al nodo óptico (número de ONUs). Esta tecnología posee además de las interfaces en ATM nativo, interfaces del tipo TDM y Ethernet, mediante la emulación de ambos tipos de señales.

1.4.2 Estándar GPON:

Frente a las nuevas necesidades por un incremento del ancho de banda y el balanceo del tipo de tráfico exclusivamente hacia tráfico IP, se desarrolló una nueva especificación que se apoyaba en el estándar BPON, el cual era altamente ineficiente para el transporte de tráfico IP. A este protocolo que satisfacía las nuevas demandas se le denominó GPON (Gigabit PON), especificada en la recomendación ITU-T G.984. GPON es un estándar muy potente, pero a la vez muy complejo de implementar que utilizaba un procedimiento de encapsulación denominado GFP (General Framing Procedure) que aumentaba la eficiencia de la arquitectura, permitiendo mezclar tramas ATM de tamaño variable y hacerlas converger con IP.

1.4.3 Estándar EPON:

EPON (Ethernet PON) trabaja bajo el estándar IEEE 802.3ah, el cual define el estudio de EFM (Ethernet in the First Mile) o Acceso a la última milla. La principal característica de esta nueva arquitectura es que transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM, visto en las tecnologías PON anteriores.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

1.4.4 Estándar GEPON

GEPON (Gigabit Ethernet PON) es el próximo estándar que la IEEE se encuentra desarrollando. Este estándar se basó en inicialmente en EPON, bajo el estándar 802.3 ah; y actualmente trabaja bajo el estándar 802.3 ae, Ethernet a 10 Gbit/s, que utiliza la tecnología 10GbE para multiplicar en un factor 10 el ancho de banda EPON. Además, este nuevo estándar tenderá hacia la convergencia con el estándar GPON.

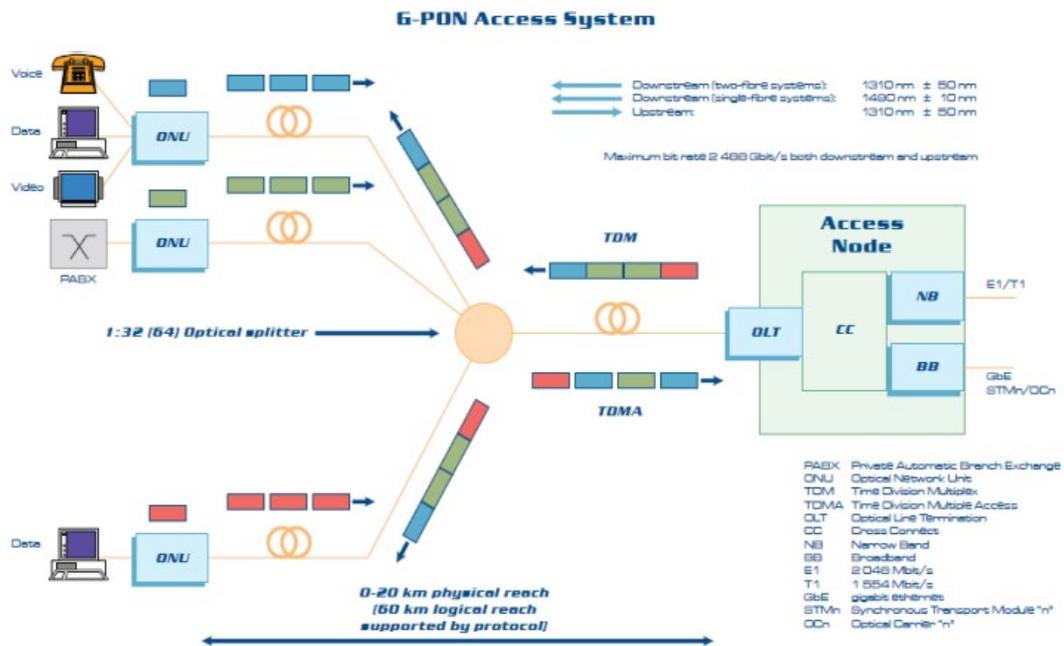


Figura 3: Red de Acceso GPON

Fuente: (UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012)

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos del canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas como se observa en la Figura No 3 WDM (Wavelength Division Multiplexing). Al utilizar longitudes diferentes es necesario, por lo tanto, el uso de filtros ópticos para separarlas después. (Conectónica, 2009).

1.5 Ancho de banda requerido

La velocidad que se puede asignar a cada usuario, siempre y cuando a todos se les entregue un mismo valor, depende del número de suscriptores por OLT con que se vaya a trabajar, es decir, teóricamente y considerando la recomendación UIT-T G.983.1, si un puerto OLT-GPON fuera a servir con la misma velocidad a 32 ONT entonces los clientes tendrían 75 Mbps en downstream y 37.5 Mbps en upstream cada uno.

Tabla 2: Velocidades Upstream y Downstream en GPON

Fuente: Recomendación UIT-T G.983.1

	GPON	POR SUSCRIPCIÓN	
		1:32 SPLIT	1:64 SPLIT
DOWNSTREAM	2.4 Gbps	75 Mbps	37,5 Mbps
UPSTREAM	1.2 Gbps	37,5 Mbps	18,75 Mbps

Teniendo en cuenta lo antes indicado, las consideraciones principales relacionados con esta alternativa son:

- Se tienen 32 clientes por puerto GPON, y dado que cada nodo cuenta con 8 puertos GPON se tendrán 256 clientes por nodo, de los cuales 58 para dar solución a este proyecto para los 64 usuarios se determina la utilización de 2 puertos GPON en la OLT.
- Se dará una solución para los 64 usuarios con un ancho de banda de 62 Mbps, y se hará escalable en el momento de proyectar nuevos clientes, ya que se disponen de puertos GPON en la OLT adicionales.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

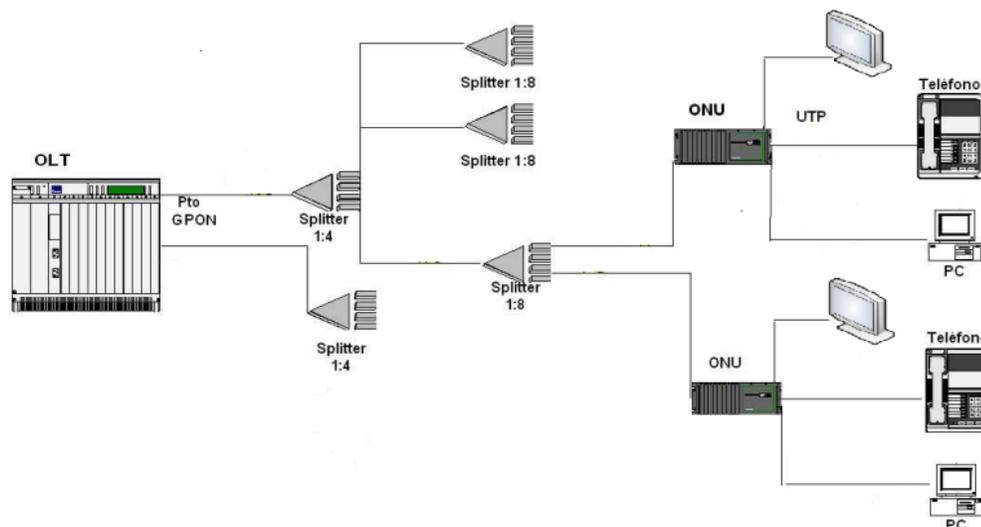


Figura 4: Esquema Arquitectura de Red FTTH

Fuente: Características Generales de una Red (FTTH)

Cabe indicar que la red GPON utiliza 3 longitudes de onda, para la separación de los tipos de señales:

- 1310nm para voz y datos, desde el ONT a la OLT (Upstream, del cliente a la central).
- 1490nm para voz y datos, desde la OLT al ONT (Downstream, de la central al cliente).
- 1550nm para video de RF1, desde la central al ONT (Downstream).

Tabla 3: Atenuación Splitters

Fuente: (UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2012)

<i>Splitter</i>	<i>Atenuación (dB)</i>
1:2	4,3
1:4	7,6
1:8	11,1
1:16	14,1
1:32	17,5
1:64	20,8
2:4	7,9
2:8	11,5
2:16	14,8
2:32	18,5
2:64	21,3

Para el margen de resguardo, se establece un valor de 3 dB, este margen tiene por objeto absorber las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red y que impliquen aumento en la atenuación de las ODN. Pérdidas adicionales por Inserción, estas pérdidas corresponden a valores promedios para cada uno de estos componentes ópticos pasivos:

- Empalmes: 0,15 [dB]. Se considera un promedio de 1 empalme por cada 2 km.
- Conectores: 0,5 [dB].
- ODF: 0,5 [dB]

La distancia máxima entre OLT y ONT no debe superar los 20 Km: La suma de la longitud de FO feeder, más la FO Distribución, más la FO de última milla no debe ser mayor a 20 km, para el feeder se debe considerar la ruta de mayor longitud en el cálculo, ya sea la ruta principal o la de respaldo. Esta restricción obedece a la necesidad que tiene la OLT de absorber las diferencias de retardo que se pueden presentar entre las ONT instaladas a distintas distancias y/o atenuaciones, para una misma puerta PON.

La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB: Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT. Para cumplir con el objetivo planteado, se considera para estos efectos el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

1.6 Cálculos de atenuación de la fibra óptica

Para los cálculos de atenuación se considera el empleo de una fibra óptica monomodo UIT-T G.652, para los servicios planteados en este proyecto, debido a que las longitudes de onda empleadas son 1310, 1490 y 1550, y estas se encuentran ubicadas en la banda O (1260 a 1360nm), S (1460 a 1530nm) y C (1530 a 1565nm), respectivamente.

Las especificaciones técnicas de la fibra óptica monomodo, según los diferentes estándares de la ITU-T

Tabla 4: Especificaciones técnicas de la fibra óptica.

Fuente: Arturo Osvaldo Ojeda Sotomayor - "Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial"

CARACTERISTICAS	FIBRA DE DISPERSION NORMAL(G-652)		FIBRA DE DISPERSION DESPLAZADA(G-653)		FIBRA DE ATENUACION OPTIMIZADA(G-654)	FIBRA DE DISPERSION DESPLAZADA NO NULA(G-655)
	λ 1.31um	λ 1.55um	λ 1.31 um	λ 1.55um	λ 1.55um	λ 1.55um
Coefficiente de atenuación (db/km)	0.4	0.3	0.55	0.35	0.22	0.35

Tabla 5: Especificaciones técnicas de la tarjeta OLT y ONU.

Fuente: Arturo Osvaldo Ojeda Sotomayor - "Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial"

TIPO	OLT	ONU
	CWDM (MONOMODO)	CWDM (MONOMODO)
LONGITUD DE ONDA	Tx: 1490	Tx: 1490
	Rx: 1310	Rx: 1310
NM	2.5	2.5
TIPO DE FIBRA	SMF	SMF
TAMAÑO DEL NUCLEO	9 o 10	9 o 10
DISTANCIA DEL CABLE	20 Km	20 Km
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	Máx: 2	Máx: -8
	Mín: 0	Mín: -28
POTENCIA DE RECEPCIÓN	Máx: 2	Máx: -8
	Mín: 0	Mín: -28

1.7 Transmisión en fibra óptica

Una fibra óptica consiste en un filamento transparente llamado núcleo, cuyo diámetro está entre 8 y 600 micras dependiendo del tipo de fibra óptica, y un revestimiento exterior, ambos de cuarzo o plástico, más una cubierta protectora de material plástico. La luz incidente en un extremo de la fibra se propaga por su interior, sufriendo múltiples reflexiones, y sale por el otro extremo



Figura 5: Estructura de la Fibra Óptica.

Fuente. Proyecto fin de carrera, diseño e instalación de Una red FTTH - Jesús Galeano corchero

A las ondas luminosas se las referencia por su longitud de onda, que está relacionada con la frecuencia mediante la expresión $\lambda = c / f$ donde λ es la longitud de onda, c la velocidad de la luz y f es la frecuencia. Debido a que la longitud de onda de las ondas electromagnéticas que se propagan (infrarrojo y visible) es muy pequeña, el estudio de la propagación en el interior de la fibra puede efectuarse con el modelo de rayos luminosos y leyes de la óptica geométrica.

Según estas leyes, al incidir un rayo luminoso sobre una superficie de separación entre dos medios de distinto índice de refracción (núcleo y revestimiento en una fibra óptica), una parte del rayo se refleja y otra se refracta.

Dependiendo de las constantes de refracción de los materiales, existe un ángulo máximo de incidencia de la luz sobre el extremo de la fibra para el cual toda la luz incidente se propaga. Este ángulo se llama ángulo de aceptación y su seno se conoce como apertura numérica (NA). Cualquier onda que entre con un ángulo mayor que el de aceptación escapará a través del revestimiento. (Hintze, 2012).

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

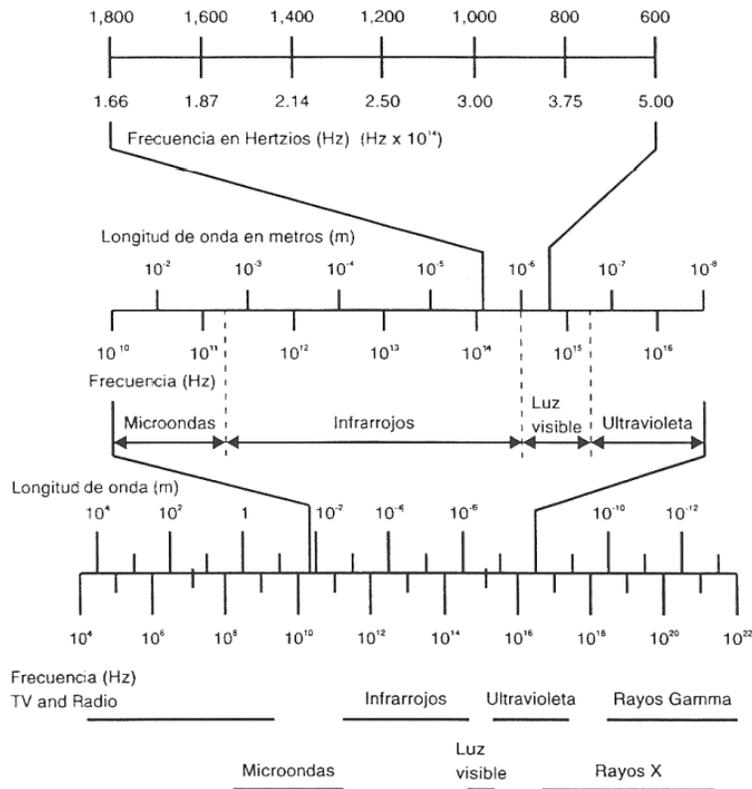


Figura 6: Espectro Electromagnético.

Fuente: Proyecto de fin de carrera, Diseño e instalación de una red FTTH – Jesús Galeano Corchero

Hay que tener en cuenta que no todas las radiaciones utilizadas en los sistemas de transmisión de ondas luminosas se encuentran en el rango visible, solo es visible una parte muy pequeña del espectro electromagnético. Los colores individuales son determinados por la frecuencia de la onda luminosa. Las radiaciones infrarrojas y ultravioletas frecuentemente se refieren como luz, aunque se encuentran fuera del rango de detección del ojo humano.

Los dispositivos empleados en aplicaciones optoelectrónicas funcionan en la banda óptica del espectro electromagnético. La banda del espectro óptico se divide en:

- Ultravioleta, con longitudes de onda entre 0,6 y 380 nm (nanómetros).
- Espectro visible, Es la banda estrecha del espectro electromagnético formada por las longitudes de onda a las que es sensible el ojo humano. Corresponde al margen de longitudes de onda entre 350 y 750 nm.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Los sistemas de comunicación óptica utilizan la parte de la banda infrarroja más cercana al espectro visible. La selección de la longitud de onda se realiza teniendo en cuenta la disponibilidad de dispositivos adecuados (emisores, receptores, etc.) y fibras ópticas con bajas pérdidas.

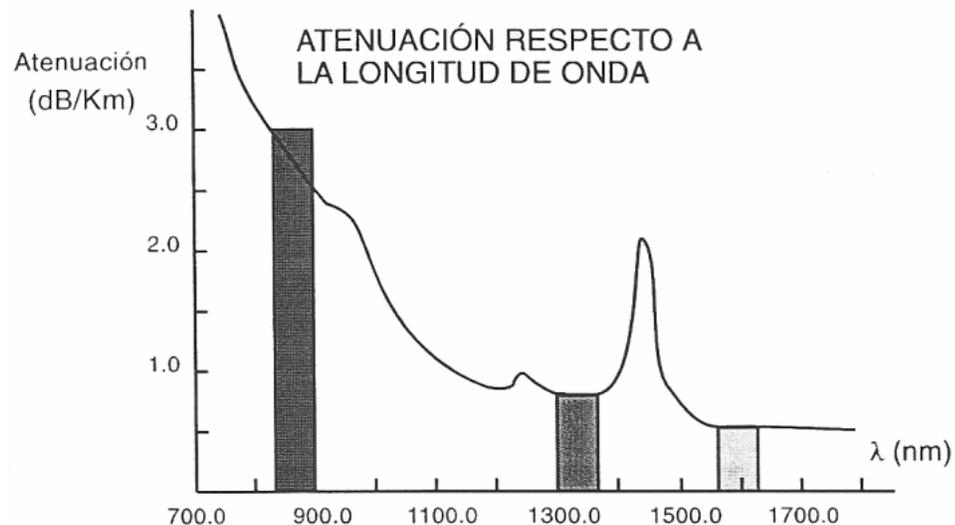


Figura 7: Atenuación en función de la longitud de la onda.

Fuente: Proyecto de fin de carrera, Diseño e instalación de una red FTTH

Actualmente se trabaja en las tres bandas de frecuencia marcadas en la figura, y que se conocen con el nombre de ventanas:

- 1ª ventana: 850 nm
- 2ª ventana 1300 nm
- 3ª ventana 1550 nm

La primera ventana corresponde a la primera generación, esta fue a 850 nm. Posteriormente se utilizó una segunda ventana, a 1300 nm, donde se obtenían atenuaciones más bajas (pero con otra tecnología y más cara). Después se evoluciona hacia la tercera ventana, 1550 nm, con atenuaciones más bajas y 24 anchos de banda mayores. (Tejedor, 2010)

CAPÍTULO II

Descripción de la Red actual (HFC) ventajas,
desventajas y como impacta el cambio a FTTH

2.1 Datos estadísticos del uso de internet en Nicaragua

Para poder comprender la magnitud de la importancia que ha tenido el despliegue de esta tecnología en el país, se evidenciará información de carácter público que existe en internet sobre el progreso de las telecomunicaciones en territorio nicaragüense. En la figura número 9, se observa una gráfica que contiene la evolución del acceso a internet en Nicaragua, la cual toma datos de los años 1990 hasta 2020, donde en este último se alcanzó el 45% de la población total del país.

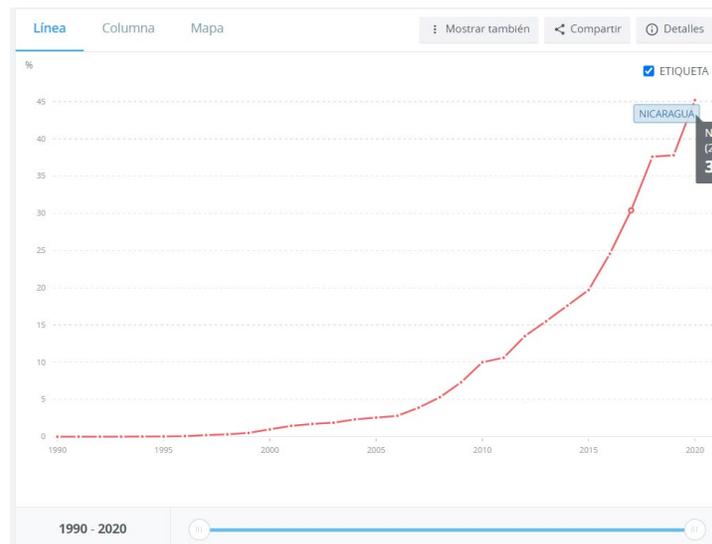


Figura 8: Estadística del acceso a internet en Nicaragua 1990-2020

Fuente: (Datos mundial, 2020)

Según información recuperada de la página de estadísticas Telesemana se estima que, a partir de datos sustraídos de un censo elaborado por Telcor en el año 2020, “el 92 por ciento de los municipios cuentan con banda ancha fija” (Telesemana, 2021), demostrando así el impacto que posee esta tecnología dentro del país.

Por otro lado, en la Tabla No 6 se observa que la red HFC es la tecnología que más predomina en los hogares nicaragüenses.

Tabla 6: Regulación de sectores

Fuente: (Telesemana, 2021)

Operador	Propietario	Tecnología
Claro	América Móvil	HFC/xDSL
Cable Com	IBW	HFC

A continuación, en la gráfica de la Figura No 9, se detalla el número aproximado de familias con acceso a la conexión de banda ancha fija instalada a través de redes de HFC en los hogares nicaragüense. En el 2020 ya se enumeran 29,352 hogares con una conexión de internet banda ancha fija.

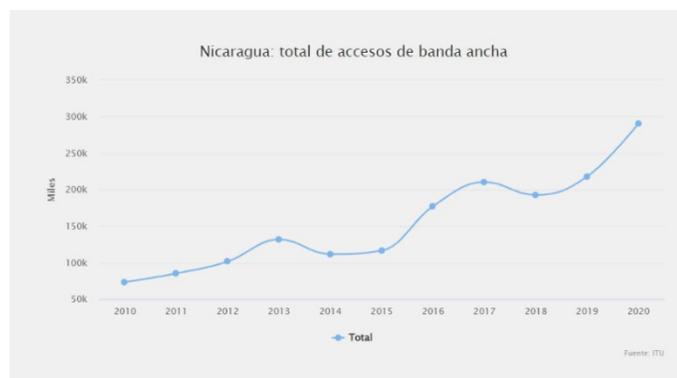


Figura 9: Número de familias con acceso a banda ancha fija

Fuente: (Telesemana, 2021)

Considerando estos números podemos valorar que tan significativa fue la implementación de esta tecnología para nuestro país. Esta logra satisfacer una necesidad colectiva desde el año 2010, cabe destacar que esta necesidad no solo está vigente, sino que, evoluciona con el tiempo y provoca que la demanda de datos incremente.

2.2 ¿Qué es Hybrid Fiber Coaxial (HFC)?

En el apartado anterior se comentó sobre la red HFC e incluso se demostró que en la época en la que vivimos el uso del internet es indispensable para muchas labores cotidianas. “En el pasado las redes de internet solían transportar pequeñas cantidades de datos, ahora las redes tienen la tarea de transferir flujos de datos de banda ancha como lo hace la red HFC” (Sensoricx, 2017).

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Ahondando en el concepto de “HFC”, estas son las siglas para “Hybrid Fiber Coaxial”, que se traduce a un tipo de transmisión que se realiza a través de cables coaxiales y de fibra óptica. Los cables para HFC se fabrican para manejar un tráfico bidireccional, pues precisa entregar servicio al cliente y también, un servicio completo de conexión a Internet, “requiere que el proveedor de contenido valide los inicios de sesión de los clientes” (Spiegato, 2018). Siendo así una comunicación bidireccional ideal para entregar servicio. Por un lado, se tiene la comunicación con el cliente, y por otro, la del cliente con la central de datos.

En Nicaragua el HFC se encuentra en forma de red, las empresas utilizan esta tecnología como una combinación de tipos de líneas de transmisión. La red de HFC consta de brindar el servicio al cliente de una forma integral y parecida a la dinámica entre la central de datos con cada sucursal. “Esto se conoce como un sistema de troncales y sucursales” (Spiegato, 2018), ello significa que la compañía de cable es como el troncal y los clientes como las sucursales. A través de estas redes se transmiten servicios de video, audio e Internet. Cabe destacar que este tipo de redes suelen utilizar módems de cable que se construyen según los estándares DOCSIS.

2.3 Tecnología HFC, infraestructura y funcionamiento

2.3.1 Cabecera de una red de HFC

La cabecera es el centro de todo el sistema y es el encargado de monitorear la red y controlar su correcto funcionamiento. Dentro de la cabecera coexisten dos partes fundamentales: el apartado del internet y la televisión.

2.3.2 Conexión a internet

Para la estructura del internet hay un equipo llamado CMTS “Cable modem Termination systems”, el cual es un componente que intercambia señales digitales con cablemodems en una red HFC. Este mismo permite a los MSO administrar las conexiones entre sus suscriptores e Internet. Recibe señales de la red HFC de los cablemodems de los suscriptores, que se agrupan en grupos en el equipo en cuestión. “El CMTS luego convierte esas señales en paquetes IP” (Precisionot, 2019)



Figura 10: CMTS C10G Casa Systems

Fuente: (Optiwella, 2016)

2.3.3 Señal de televisión

Para la estructura de video o de televisión generalmente la señal se obtiene a partir de una planta digital con una infraestructura apropiada para el uso de antenas parabólicas, es en este lugar donde se trabaja con la señal de televisión digital.



Figura 11: Antenas parabólicas para recepción de señal de TV

Fuente: (Tenco Facil, 2018)

Estructuras parecidas a la de la imagen anteriormente expuesta son las que se encuentran en las plantas digitales de video, en las cuales se orientan las antenas parabólicas para la captura la señal que se adquirió con los proveedores. Estas se orientan para tener la mejor calidad posible, luego son enviadas a un cuarto de datos

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

donde se manipulan y se realizan los cambios que sean necesarios según los estándares que se usen en la empresa. Posteriormente, la señal es enviada desde el cuarto de datos a través de cables de fibra óptica hacia las sucursales, donde más tarde se harán los cambios que sean necesarios.

2.3.4 Transmisión hacia el nodo óptico

Una vez que la señal se encuentre en las sucursales se procede a introducirla en una estructura llamada RF manager, que contiene múltiples Splitters y Combiners de RF. Acá es donde se hacen las combinaciones necesarias entre las señales de televisión con las portadoras digitales de internet emitidas por el CMTS, esto con la intención de inyectar las señales combinadas en un transmisor óptico capaz de llevar la señal hasta el lugar donde se desea implementar la red de HFC.



Figura 12: RF Manager ATX

Fuente: (ATX, 2017)



Figura 13: HFC AIMA3000

Fuente: (PBN, 2022)

En la figura No 14 se observan transmisores ópticos de 1310 nm usados en las redes HFC. Es en estos equipos donde se inyecta la señal RF que contienen las portadoras digitales de internet y la señal de TV para ser enviadas a través de un hilo de fibra óptica, a esta combinación en el mundo del HFC se le denomina señal de Forward.

2.3.5 Despliegue de de red HFC

2.3.5.1 Fuentes

Esta es una parte esencial en la implementación de la red puesto que estas alimentan el receptor óptico y los amplificadores con tensiones de 60 a 90 voltios AC. Se utiliza del tipo UPS, que trabaja con baterías durante cortes de energía con autonomía

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

que puede llegar a durar dos horas mientras se reestablece el servicio comercial de energía.



Figura 14: Fuente de poder para red HFC

Fuente: (García, 2013)

2.3.5.2 Nodo óptico

Para el despliegue de la red se toma en cuenta que la señal viaja en hilos de fibra óptica desde la sucursal hasta el proyecto donde se desea implementar la red. La señal en cuestión llega a un nodo optoelectrónico el cual “recibe la luz que proviene de un pigtail hacia el puerto Rx el cual convierte de luz a RF (radio frecuencia)” (Ramos, 2017), este tipo de equipos trabajan en un sistema AGC (Automatic gain control) dentro de los parámetros de -2 dbm a 2 dbm.



Figura 15: Nodo óptico

Fuente: (Mercado libre, n.d.)

Es preciso mencionar que algunos nodos ópticos cuentan con un sistema de monitoreo remoto mediante una asignación de IP pública, mediante este método se puede capturar datos de interés como los parámetros del nodo. Con respecto a la calibración, esta se realiza de forma manual dependiendo de los valores de las portadoras (C/N) que se usen, los canales van desde CH 2 al CH 134.

2.3.5.3 Amplificador

Una vez que la señal es transformada por el nodo óptico es enviada hasta a un amplificador, estos amplificadores son usados para mantener la señal en buen estado en la red de distribución. Estos se encargan de “compensar las pérdidas de señal en la red ocasionadas por la atenuación provocadas por el viaje de la señal en el cable coaxial” (Entre redes y servidores, 2009). Los amplificadores regeneran la señal y simultáneamente le ingresan ruido, es decir que, a medida que pasa la señal por cada amplificador el ruido incrementa de manera proporcional, por lo que es aconsejable no tener muchos amplificadores en cascada.



Figura 16: Amplificador

Fuente: (Entre redes y servidores, 2009)

2.3.5.4 Dispositivos pasivos

- Splitter

Este dispositivo es de vital importancia para el despliegue de la señal hacia los clientes, toma la señal del amplificador y la divide en tantas partes como lo indique sus especificaciones, y de esta forma es posible llegar a diferentes derivadores en la red.



Figura 17: Splitter

Fuente: (García, 2013)

- Tap:

Este dispositivo en realidad es un derivador, mejor conocido como Tap “test Access point”, es la etapa final de la red de HFC. Acá es donde se inyecta la señal proveniente de los Splitter, y a partir de este es donde se obtiene la señal que se enviará a los clientes y luego se conectarán las acometidas hacia los hogares.



Figura 18: Taps (Test access point)

Fuente: (García, 2013)

2.4 Ventajas y desventajas de las redes HFC.

2.4.1 Ventajas

Si nos detenemos a comparar las tecnologías se diferencian en ciertos apartados, pero acá vamos a mencionar el más contundente la cuál es el apartado económico. Hoy en día la principal razón por la que aún se utiliza las redes HFC es por la solvencia económica que significa para las empresas una tecnología que lleva funcionando muchos años. Dos elementos diferenciadores en las inversiones económicas en las redes HFC son en primera instancia el ahorro que significa desplegar la última milla con cobre y no con fibra óptica, en segunda parte la instalación de cablemódems a los clientes ya que estos son significativamente más económicos que los utilizados en FTTH.

2.4.2 Desventajas

2.4.2.1 Energía Eléctrica

Algo que se mostró en el despliegue de redes de HFC es que en el lugar donde se desea implementar la red HFC, se debe contar con fuentes energéticas que puedan alimentar tanto al nodo como a los amplificadores de la red, esto implica un gasto de energía eléctrica que dependiendo de la cantidad de amplificadores asciende a los \$250 mensuales con un promedio de 1 nodo y 20 amplificadores haciendo de uso de 3 o 4 fuentes de poder. Con esto queda en evidencia que la red debe tener una cantidad mínima de clientes para poder solventar el gasto energético del proyecto, y su vez tener más clientes arriba del mínimo para poder obtener ganancias, esto implica una desventaja en las ganancias frente a otras tecnologías como FTTH que sus elementos son completamente pasivos, esta desventaja es una de las desean mejorar para obtener más rentabilidad.

2.4.2.2 Mantenimiento

Las redes HFC al ser una red basada en una transmisión radioeléctrica su funcionamiento se basa en dispositivos electrónicos, los cuales se desgastan con el uso provocando el deterioro en la red, generando ruido e interferencias en la señal que se le brinda al cliente. Otro detalle importante es que dichos elementos al estar al aire libre necesitan estar aislados y protegidos de la lluvia, por tanto, en dado caso de que algún elemento sea dañado debido al agua es que los técnicos necesitan estar realizando censos en la red para poder brindar un mejor servicio de la red en cuestión, este

manteniendo constante hace que se gaste mucho dinero en salarios y pago de horas extras y su vez en materiales y piezas que intercambian en la red.

2.4.2.3 Ruido

Algo muy común en las redes HFC es la existencia del ruido, es un fenómeno al que los ingenieros encargados de la red deben estar capacitados para tratarlo, para poder explicar mejor este fenómeno se debe tener muy en cuenta los parámetros eléctricos entre los cuales se destacan: la relación señal a ruido (SNR), las potencias de subida y de bajada power up y power low. Estas señales se miden en decibelios y dependen de los rangos que el cliente establezca como aptos para instalación de un servicio de telefonía, televisión e internet. Si la red presenta estos valores alterados significa que la red debe ser sometida a mantenimiento para poder garantizar la mejor calidad de servicio, este tipo de cosas ocurren a menudo por equipos en mal estado, equipos con agua, clientes ilegales.

2.4.2.4 Anchos de Banda en redes HFC

En la actualidad la cantidad de datos que se consumen en un hogar se mantiene en constante evolución de una forma sorprendente, esta situación ha obligado a las empresas de telecomunicaciones a buscar técnicas para poder solventar la demanda de anchos de banda sin necesidad de buscar otras soluciones más costosas. Por esta razón es que se ha llevado a límite de la escalabilidad la tecnología HFC topando los nodos con sus capacidades máximas o generando segmentaciones y dividiendo la zona usando más nodos para los amplificadores de una zona en específica.

En general podemos argumentar que las velocidades asimétricas de “cada bus HFC tiene capacidades hasta 100Mbps en sentido red-usuario y 10Mbps en sentido usuario-red” (Library, 2015), este dato evoluciona según la cantidad de frecuencias portadoras que posea el nodo en cuestión. Esto genera un problema para el nodo porque para poder entregar un ancho de banda mayor el CMTS genera más frecuencias portadoras desde la central de datos, haciendo que el mantenimiento del nodo sea de mayor dificultad debido a inmensa cantidad de frecuencias que el nodo debe decodificar esto produce mayor latencia y menor maniobrabilidad en algunos valores en el nodo haciendo que su calibración manual sea más compleja con esto se genera que la probabilidad de inestabilidad de señal sea mayor.

2.5 Implementación de redes FTTH.

Después de conocer un algunos de los elementos que hacen que la tecnología HFC sea deficiente en sectores de alto consumo, es más sencillo ejemplificar que se desea lograr con la implementación de un diseño de FTTH, la idea principal es mitigar las desventajas que presenta una red HFC en las zonas vulnerables o de muy alto consumo, la propuesta no es eliminar la tecnología además de que la tecnología en cuestión está desplegada en todo el país y está en uso continuo, a su vez es demasiado costoso y complicado eliminar una estructura de HFC y poner una FTTH inmediatamente, entonces la propuesta de la implementación es analizar las zonas que presenten demasiados inconvenientes y con una implementación de una nueva tecnología como lo es FTTH ofrecer un servicio de internet y televisión no solo que satisfaga la necesidad inmediata sino que sea completamente escalable.

2.5.1 Anchos de banda

Como se mencionó anteriormente en las desventajas de las redes HFC, vamos a suponer una situación donde la desventaja de los anchos de banda de las redes HFC sea incontenible a su vez asumiendo que el nodo óptico está a su máxima escalabilidad y tras haber agotado todas las técnicas para generar más anchos de banda, se llega a la conclusión que se debe recurrir a otra tecnología para satisfacer esta necesidad colectiva de una zona en específico. Para esto vamos a analizar ciertos datos de la tecnología FTTH que serán de mucha ayuda para poder cuantificar la magnitud de los alcances de dicha tecnología en el aspecto de los anchos de banda.

“La capacidad de la infraestructura es finita, tanto por la velocidad de transferencia de datos por factores físicos, en cuanto a las limitaciones de la tecnología óptica” (García R. , 2017). para poder explicar de mejor manera a que nos referimos analizaremos el siguiente dato sobre la transferencia de información utilizando el soporte de fibra óptica que básicamente tiene que ver con la luz y su reacción con el silicio, que es el material con que está fabricada la fibra óptica actual. “Aunque la luz alcanza los 300.000 km/s en el vacío, sobre la fibra óptica se alcanzan tan solo 200.000 km/s” (García R. , 2017). Con este dato y lo antes mencionado anteriormente es fácil asociar la idea que la limitación de esta tecnología solamente dependerá de los equipos que se pretendan usar dentro de la implementación de FTTH.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Para la implementación de FTTH se hace uso de las OLT GPON (Ethernet Passive Optical Network) este tipo de dispositivos se usan para telecomunicaciones, redes ópticas y algunos Proveedores de Servicios de Internet. Este tipo de equipos usan valores estándares para los anchos de banda que se ofertan este tipo de redes, en la mayoría de los casos se usan para implementarse en servicios de Internet Asimétricos, es decir que manejan diferente velocidad de transmisión y recepción (Tx: 2.50 Gbps y Rx: 1.25 Gbps). Cabe destacar, “la distancia máxima del enlace óptico es de 20 Km. Soporta el uso de VLAN y Switch Capa 2” (El blog de fibra óptica de hoy, 2017).

2.5.2 Consumo energético

El apartado de la energía eléctrica es muy importante ya que, si mantener la red activa genera un gasto fijo de costo de energía significa que el proyecto necesita una cantidad mínima de clientes solo para solventar ese gasto en la tarifa de energía eléctrica. En las redes FTTH esto es una ventaja muy significativa debido a que en toda la red los elementos son pasivos, dentro de la estructura de la red no se presenta ningún equipo o elemento que genere un consumo energético, por lo que este gasto no existe y permite generar mayores ganancias que en la red HFC. Cabe destacar que solo estamos refiriéndonos a los elementos de planta externa ya que en planta interna todos los elementos que están presentes poseen un consumo fijo de energía eléctrica.

2.5.3 Mantenimiento

La red no ocupa de un mantenimiento tan exhaustivo como la redes HFC, ya que la única forma que el proyecto presente problemas sea debido a un corte de fibra o una atenuación grande que dificulte la comunicación entre las ONU y la OLT.

CAPÍTULO III

Proceso de despliegue de red FTTH en Diría, Granada

3.1 Implementación de red FTTH (Planta interna)

3.1.1 Equipos de Planta Interna

3.1.1.1 Switch

Para el acceso a internet tenemos el switch, acá tomamos el hilo de fibra de nuestro proveedor de internet con el cual hacemos uso de un SFP como adaptador para el equipo en cuestión, el cual transforma la señal lumínica a señales eléctricas para que sean reconocidas por el switch. Una transformada la señal acá es donde se configuran todas las salidas de internet a través de los puertos de este equipo, se configura de tal forma que este equipo será el encargado de garantizar salida de internet a todos los equipos en el servidor central.



Figura 21: Switch de despliegue

Fuente: Ms. González (2013)

3.1.1.2 Router OS marca MikroTik

Este equipo es de vital importancia debido a que trabaja en conjunto con la OLT para implementar la red FTTH. El switch es responsable de proporcionar la salida a Internet, pero su función principal es entregar direcciones IP dinámicas a cada uno de los clientes de la red. Para esto, el dispositivo tiene un servidor DHCP incorporado. Otra tarea importante es proporcionar servicio de Internet a la OLT y controlar su consumo para tener un mejor control de cada uno de los puertos del equipo y poder manejar de manera más efectiva la distribución de los anchos de banda suministrados por nuestro proveedor.



Figura 22: Router MikroTik

Fuente: Armando Arango (2012)

Tabla 7: Características de MikroTik

Fuente: Elaboración Propia

Modelo del CPU	TLR4-01680
Numero de núcleos del CPU	16
Frecuencia del CPU	1.2 GHz
Memoria RAM	2 GB
Almacenamiento	512 MB
Puertos ethernet	12
Puerto serial	RJ45
Puertos USB	1

3.1.1.3 OLT (Terminal de línea óptica):

Se necesita un dispositivo terminal para conectar a los clientes de la red con el servidor DHCP creado en el Mikrotik. El dispositivo OLT es donde se registran los clientes de cada uno de los proyectos de FTTH. Cada puerto GPON está destinado a un domo donde puede haber un máximo de 64 clientes. Aunque la capacidad máxima es de 128 clientes por puerto, se utiliza esta configuración para evitar sobrecargas en cada uno de los puertos. Además de la función mencionada, la OLT convierte las señales eléctricas a señales lumínicas que se envían a través de sus puertos GPON.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada



Figura 23: OLT ZXA10 C300

Fuente: Adaptado de aprendiendo los conceptos de OLT, ONU y ONT Huawei (2019)

Tabla 8: Características de la OLT ZXA10 C300

Fuente: Elaboración propia

Puertos	14 slots for universal line cards 2 slots for switch& control cards 2 slots for power cards 2 slots for uplink and cascading interfaces 1 slot for environment detecting card
Clientes	128 clientes por puerto GPON
Alcance	20 km
Velocidad	2.5 Gbps DS and 1.25 Gbps US
Longitud de Onda	1490 nm DS and 1310 nm US
Módulo de Energía	AC/DC

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.1.1.4 Transmisor 1550 nanómetros para señales CATV

Este transmisor es el encargado de transformar las señales RF de televisión dicha señal es extraída de los RF manager presentes en la central de datos donde se manipulan las señales de los canales de TV, luego procede a ser inyectada dentro del transmisor en cuestión, la labor es transformar las señales RF a señales lumínicas a través de la modulación para luego que esta señal sea inyectada a través de un patchcore al EYDFA para su posterior inserción a los ODF para ser enviada a los diferentes proyectos de FTTH:



Figura 24: Transmisor 1550 nm

Fuente: Tuolima (2020).

Tabla 9: Características del Transmisor 1550 nm

Fuente: Elaboración Propia

Entrada	1x Conector coaxial de 75 Ohm
Longitud de onda	1550 nm
Conector óptico	SC/APC - Ángulo de Pulido
Perdida de retorno	11 a 29 de dBmV AGC Administrado
CNR	>50 dB @ 10 km la longitud de la fibra

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.1.1.5 EYDFA (Amplificador de fibra dopada con erbio)

EYDFA se basa en la estructura EDFA, con un módulo amplificador de fibra dopada con iterbio (es un elemento químico metálico plateado blando), que se utiliza para impulsar la señal de fibra a una red óptica más intensiva. “EYDFA se utiliza principalmente en amplificadores ópticos de alta potencia de hasta 42dBm” (premlink.net, 2019)

Para las redes de FTTH este tipo de dispositivos tienen una aplicación muy importante, debido a que está posee un combinador Wavelength Division Multiplexing (WDM) PON en su interior, esta característica nos permite que la señal CATV en 1550 nm que nos entrega el transmisor ya antes mencionado, pueda ser combinada con la señal PON en 1310 nm /1490 nm que provienen de la OLT.

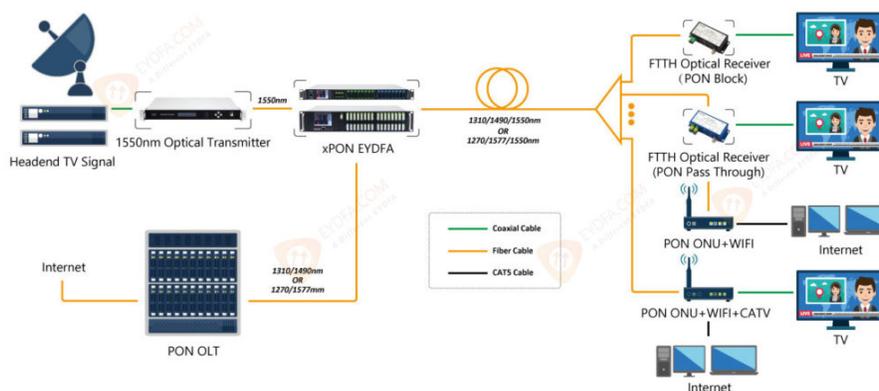


Figura 25: Diagrama de Conexión de un EYDFA

Fuente: Premierlink.net (2019)

3.2 Implementación de red FTTH (Planta externa)

Cuando se desea iniciar con algún proyecto de FTTH primero se procede a realizar un estudio de la zona en cuestión, donde el objetivo principal es analizar el entorno para evaluar varios elementos como: la competencia, el número de casas pasadas en la zona, la existencia de una infraestructura adecuada para el tendido de la fibra óptica con esto nos referimos a la existencia de postes en el lugar. Existen otros elementos que se toman en cuenta a la hora de tomar la decisión de si ejecutar un proyecto de este tipo, pero estos elementos tienen que ver la decisión del gerente ya que son por menores que afectarán la velocidad de respuesta de las cuadrillas de mantenimiento como lo son: la accesibilidad del lugar o la distancia desde servidor, el estado de las calles, el alumbrado público en caso de reparaciones nocturnas, peligrosidad del lugar. Estos elementos no intervienen

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

con la calidad de la implementación de la red, pero son aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para brindar un mejor servicio y atención al cliente.

Para el estudio de la implementación en cuestión nos ubicaremos en ciudad de Granada, en los municipios Diría y Diriomo, debido a que estos municipios limitan entre sí y la red está desplegada entre ambos territorios, para la implementación se tomó en cuenta un proyecto en una zona denominada por los pobladores como “entrada de la virgen Candelaria”, la cual podemos apreciar en la figura 23, dicha zona está ubicada en Diriomo cerca de la gasolinera de Diría, exactamente a 1 km hacia al oeste.

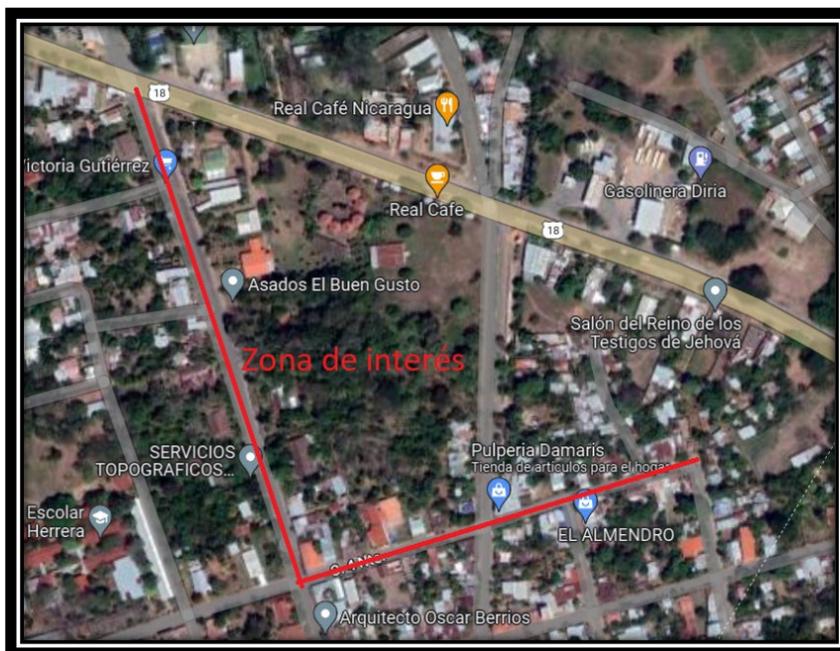


Figura 26: Ubicación en Maps de la zona de interés

Fuente: Elaboración propia

La construcción de la red en esta zona dependerá de ciertas etapas las cuales deben ser supervisadas debido a que de ellas no solo depende de la calidad del servicio sino las posibles eventualidades que pueda tener la red, como cortes del cableado, fracturas en el cableado por alguna mala instalación, la correcta instalación de los elementos pasivos, entre otros. La idea general de estas etapas es tener en cuenta los pasos en la forma adecuada de ejecutarlos para garantizar la mayor eficiencia posible.

3.2.1 Diseño del plano de la red FTTH en AutoCAD

Para el diseño del plano se debe tomar en cuenta primero la cantidad de casas a las que les desea brindar servicio, ya que de esto dependerá la cantidad de domos y naps que habrá en dicho proyecto. Una vez que se conoce este dato o al menos hay un conocimiento previo de todo el lugar y todas las calles posibles dentro de la zona en cuestión, se determina el alcance del proyecto y consecuentemente se desarrolla un diagrama mediante el cual se estima la cantidad y el tipo de naps que se tendrán que instalar, con este diagrama también se estima la cantidad hilos de fibra óptica necesarios para poder alimentar dicho diagrama. Como podemos observar en la figura 24, la imagen nos expresa la idea general de las conexiones donde los domos la cual posee la señal y debe hacerlas llegar a cada una de las naps las cuales darán el servicio a los usuarios posteriormente. Como se observa pueden ser de 16 o 8 salidas esto depende de lo estipulado en el plano, cabe destacar que dicho diagrama se debe construir para cada una de los domos en cuestión, esto es debido a que todos los domos no serán iguales en cuanto estructura.

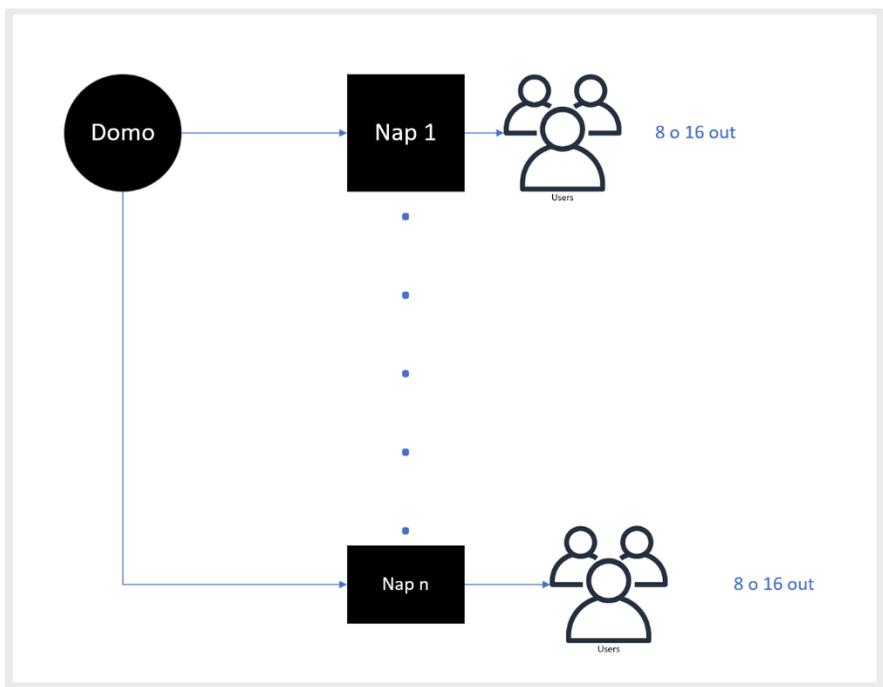


Figura 27: Diagrama de Naps para domo

Fuente: Elaboración propia

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Una vez que se posee la idea de cómo se desea diseñar el plano de la red, se toma en cuenta todas las zonas a las que se desean llegar, también se toma en cuenta si estas calles cuentan con la infraestructura para el tendido de la fibra o si se deberá incluir postes para luego instalarlos. Luego se procede a realizar las mediciones de campo como se puede observar en la figura 25, el objetivo es extraer datos sobre distancias exactas entre postes con el uso de un odómetro, para saber con exactitud la longitud de fibra óptica que va a utilizarse y a su vez guardar las ubicaciones de los postes en un GPS para su posterior uso en el diseño del plano, una vez que dichos datos se han extraído y ya se posee todo lo necesario se procede con la elaboración del plano el cual constará de una segmentación equitativa de las domos y naps para poder entregar servicio a todas las casas disponibles en esa zona.



Figura 28: Caminata con odómetro

Fuente: Elaboración propia

En las Figuras No 26 y 27, podemos observar partes del plano en AutoCAD ya finalizado donde puede apreciarse a detalle la Domo 2A y algunas naps de otro domo, acá es de vital importancia tener en cuenta el código de colores que se mencionó antes así poder entender que color representa cada tipo de clasificación del cableado. Existen otros

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

elementos en el plano como signos que nos ayudan a identificar postes de madera, postes con transformador, letra y numeración del domo y nap, así como el tipo de herraje en casa poste. El diseño del plano en cuestión representa la construcción que se desea implementar otro detalle es que se llegó a la conclusión que para esta zona en específico se necesitan 5 Domos replegados en toda la zona de interés la cantidad de naps que posee cada domo depende de las cantidad de casas que estén cerca de la domo en cuestión después del diseño de plano tenemos que estas serán las domos y las cantidades de naps por domo los cuales son: 2A: 8, 2B: 14, 2D: 7, 2E: 4 y 2F: 6

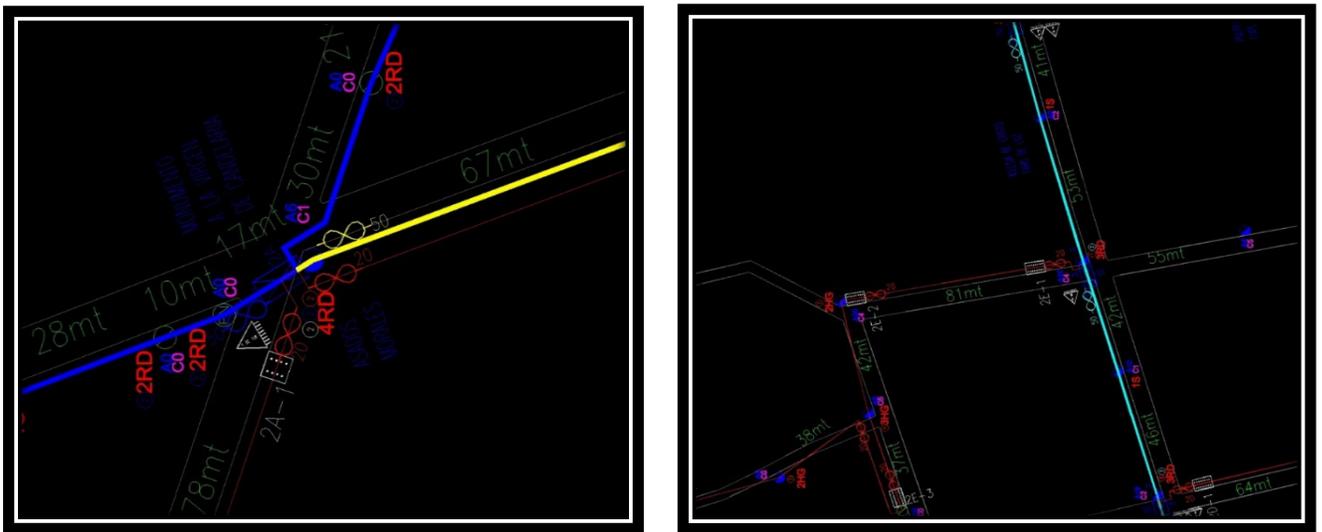


Figura 29 y 30: Segmentos del plano en AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Supervisión de la ejecución del plano en la zona del proyecto

El diseño del plano es una parte fundamental para el despliegue de la red como se mostró, dicho plano muestra la forma en la que se construirá la red en cuestión, una vez se ha finalizado, se procede con la construcción de la red la cual se divide en etapas que serán descritas para tener claro de que trata cada una de ellas.

3.2.2.1 Enrutamiento

La primera etapa es el proceso de enrutamiento este es el mediante el cual los técnicos encargados del proyecto direccionan los hilos de fibra óptica de mufa en mufa

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

ya que, generalmente hay demasiadas mufas sea debido por cortes del cableado o segmentaciones de ruta. Como se mencionó el objetivo es direccionar los hilos de fibra, pero este direccionamiento se realiza hasta la distancia más cercana al proyecto, esto debido a que no en todos los casos la fibra existente llega hasta la zona donde se desea implementar dicho proyecto, cabe destacar que posteriormente a la finalización del diseño del plano es necesario la evaluación de una extensión del cableado para llegar hasta la zona deseada en caso de que la fibra existente lo amerite, en la mayoría de los casos es necesario las extensiones de la red existente de la red existente y esto es un plano aparte al del proyecto.

3.2.2.2 Tendido de las fibras ópticas

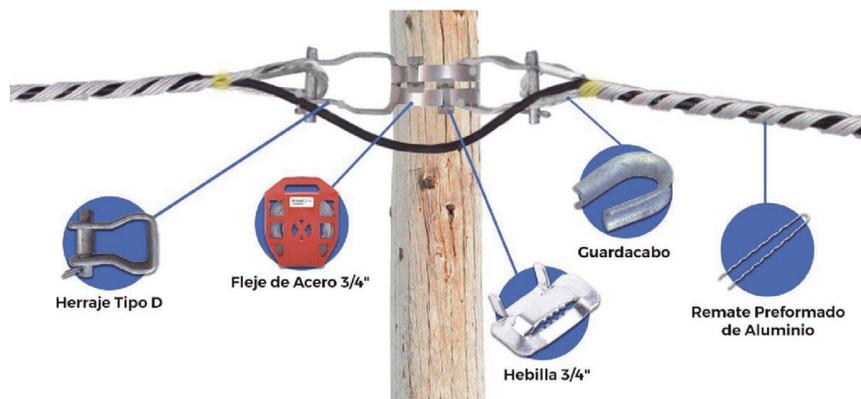


Figura 31: Ejemplo de trabajo en poste

Fuente: (syscomblog, 2022)

Cuando el diseño del plano, el proceso de enrutamiento están finalizados, se procede con el tendido de la fibra óptica, la primer tarea es la colocación los herrajes en los postes, como se observa en la figura 29, se tiene el fleje de acero el cual tiene por objetivo mantener en posición al herraje contra el poste de forma que no importe la fuerza de tensión que se ejerza sobre el cableado el herraje no pueda moverse de su posición, estos elementos deben ser instalados en cada poste, cabe destacar esto se hace con la ayuda del plano ya que, el diseñador en el plano coloca símbolos sobre los postes para indicar que tipo de herraje y la cantidad que se debe colocar en ese poste, podemos ver un ejemplo en la imagen 30, donde se ve claramente la indicación del número y el tipo de herraje.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

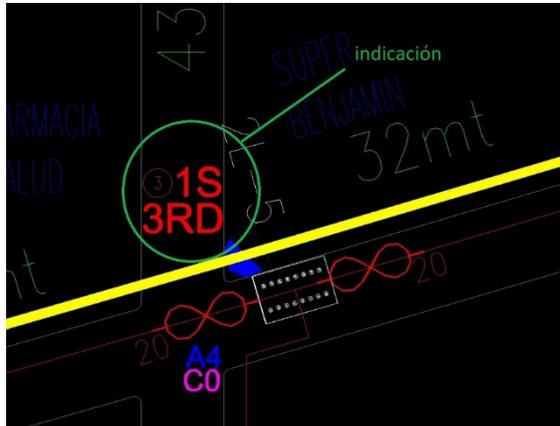


Figura 32: Instrucción del diseñador

Fuente: Elaboración propia

En el momento que todos los herrajes están en posición se procede con el tendido de la fibra, esto se realiza mediante una técnica denominada por algunos técnicos como “sondeo”, la cual trata de ir lanzando la fibra para direccionarla y que esta misma quede por encima del cableado ya existente, también para evitar que el cableado quede enredado ya que, esto podría provocar alguna eventualidad.



Figura 33 y 34: Fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Para entender mejor la interpretación de esta etapa con el plano, existen 3 denominaciones para el cableado de fibra óptica, primero tenemos la fibra troncal la cual es la fibra que trae el servicio desde el servidor y es representada con color azul en el plano, luego tenemos la fibra sub-troncal este cableado suele ser del mismo tipo de la fibra troncal pero su denominación cambia debido a que nace de una mufa de derivación con la fibra principal. Se puede observar en la figura 31, un carrete de fibra que puede ser usado para ambos segmentos. la fibra sub-troncal esta es representada con color amarillo en el plano, otro tipo de clasificación que aparece en algunos casos es el de la derivación de una fibra sub-troncal, la aparición de este dependerá que tan grande sea el proyecto, este tipo de cableado es representado con un color celeste, y por último tenemos la fibra plana que es otro tipo de fibra pero esta es exclusivamente para la conexión entre domos y naps, el color rojo es la que utiliza para representarla, dicho esto podemos observar este tipo de cableado en la figura 32.

En la etapa de tendido del cableado se debe comenzar con la fibra troncal pero como mencionamos antes estos proyectos nacen la red ya existente ósea que la fibra troncal ya existe, por lo que se trabaja con la sub-troncal, esto empieza desde de la mufa donde previamente se finalizó el proceso de enrutamiento, dicha mufa contiene los hilos de fibra destinados para el proyecto, todo nace desde esta mufa, desde ella se empieza con el tendido de la fibra sub-troncal, esta fibra llega hasta el proyecto para posteriormente ser desplegada a través del mismo pasando por cada una de las domos, una vez que pasa por cada de ellas se hace un proceso denominado “sangrado”, donde la fibra es manipulada pero no cortada por completo, sino que solo se corta el hilo destinado a ser usado para dar servicio a la domo en cuestión, de forma que los demás hilos de fibra sigue teniendo continuidad para llegar a las siguientes domos.



Figura 35: Técnico tensando fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

En las imágenes podemos observar a los técnicos realizando la tarea de tensado del cableado, descrito anteriormente.

3.2.2.3 Construcción de Domo y Naps

4.2.2.3.1 Domo

La construcción de domos es un paso crucial en el montaje de elementos pasivos de una red FTTH. La domo es el primer nivel de splitters que posee la red, y es donde se recibe la fibra sub-troncal. En caso de ser una domo de segmentación, se le aplica el proceso de sangrado, mientras que si es una domo terminal, se realiza el ingreso de punta.

A continuación, se procede al ingreso de las fibras planas que llevarán la señal a las Naps. Una vez que las fibras están ingresadas, se acomodan los buffer detrás de las bandejas, como se observa en la figura. Luego, se toman los buffer que contienen los hilos que se van a utilizar y se colocan en las bandejas.

La última tarea consiste en fusionar el hilo de potencia con el splitters y, posteriormente, fusionar las salidas con cada uno de los hilos de la fibra plana para enviar señal a cada una de las Naps.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Es importante seguir cada uno de estos pasos cuidadosamente para asegurar que la construcción de la domo se realice correctamente y la red FTTH funcione adecuadamente.

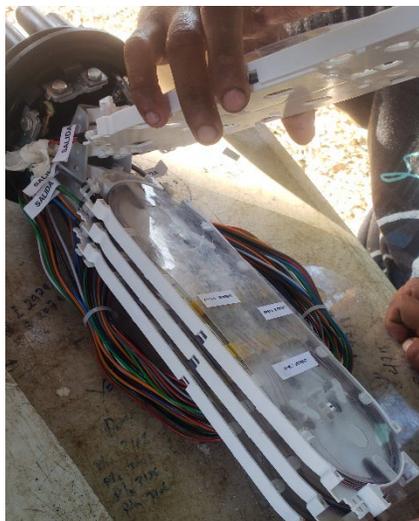


Figura 36 y 37: Domo construida

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3.2 NAP (Network access point)

En la construcción de las naps es simple debido a que ya no hay fibra sub-troncal solamente fibra plana, este es el segundo nivel de splitters y último, en este proceso se ingresa la fibra plana y se arregla dentro de la caja, luego se realiza la fusión del hilo de potencia con el splitters también se conecta las salidas a las terminaciones cooper en la caja, para la posterior instalación a los clientes finales.



Figura 38: Nap construida
Fuente: Elaboración propia

3.3 Pruebas finales en las NAP

El proceso de pruebas es una parte fundamental para culminar el proceso de instalación, ya que implica revisar varios segmentos de la red. En primer lugar, se realiza una prueba de traza OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), que consiste en enviar un pulso de luz a través del cable de fibra óptica y luego medir la longitud total y todos los eventos en el hilo de fibra. Esta prueba se realiza para verificar la pérdida total y asegurarse de que no haya atenuaciones, lo que permitirá obtener los valores adecuados en cada domo. La pérdida de señal se mide en dBm y varía según la distancia.

La segunda prueba consiste en revisar los niveles de entrada de cada domo para verificar la cantidad de señal que se está inyectando en cada segmento de la red. Por último, se realiza una prueba final para verificar las entradas y salidas en las NAPs (Network Access Points) y asegurarse de que se estén obteniendo los valores adecuados.

Una vez finalizadas todas las pruebas previas, se procede a realizar la prueba de las señales de televisión. Esta prueba consiste en colocar una ONT para simular la instalación del servicio en un cliente y medir la salida de RF. El equipo de medición debe capturar valores como el nivel de cada una de las frecuencias y la nitidez de la señal, la

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

cual debe estar por encima de 47 dB/mV. Después de esta prueba, se procede a verificar el funcionamiento en una TV para confirmar que todo esté perfecto tanto en niveles como en pruebas físicas.

Las pruebas de internet son sencillas. Se coloca la ONT y se navega con normalidad, realizando pruebas de velocidad para verificar que no haya ninguna incongruencia en la navegación ni inestabilidad.

3.3.1 ONU:



Figura 39: ONU Huawei HG8245H GPON

Tabla 10: Características de la ONU

GPON	Potencia de Tx: 2 dBm Sensibilidad de Rx: -27 dBm Longitudes de onda: US 1310 nm, DS 1490 nm Upstream/downstream FEC Velocidad descendente 2.5Gbps, Tasa de subida 1,25 Gbps
ETHERNET	4 10/100 BASE-T (RJ45) Fast Ethernet ports VLAN filtering Transparent VLAN transmission
WIFI	IEEE802.11b/g/n Banda de 2.4 GHz & 5 GHz 2*Antena externa
USB	1x USB 2.0 Possibility to create a network drive based on FTP
Tipo de conexión	1x SC/UPC

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.4 Topología del proyecto FTTH

Se escoge una topología en árbol simulando 6 nodos (1 familia por nodo) con Router proveedor (ISP) y el Router OLT U Fiber, con el objetivo que cada equipo conectado a cada uno de los Nodos pueda comunicarse con su respectivo Switch, en este caso el Access Point de cada casa.

En la figura 41. Se aprecia los diferentes diagramas utilizados para el enlace, empezando por un serial punto a punto partiendo hacia un diagrama de árbol donde se conecta los diferentes switches simbolizando cada nodo conectando en diagrama de árbol hacia los equipos de última milla, además por medio de esta herramienta de cisco **Packet Tracer** lo que se realiza es una simbolización de los equipos en físicos ante lo lógico.

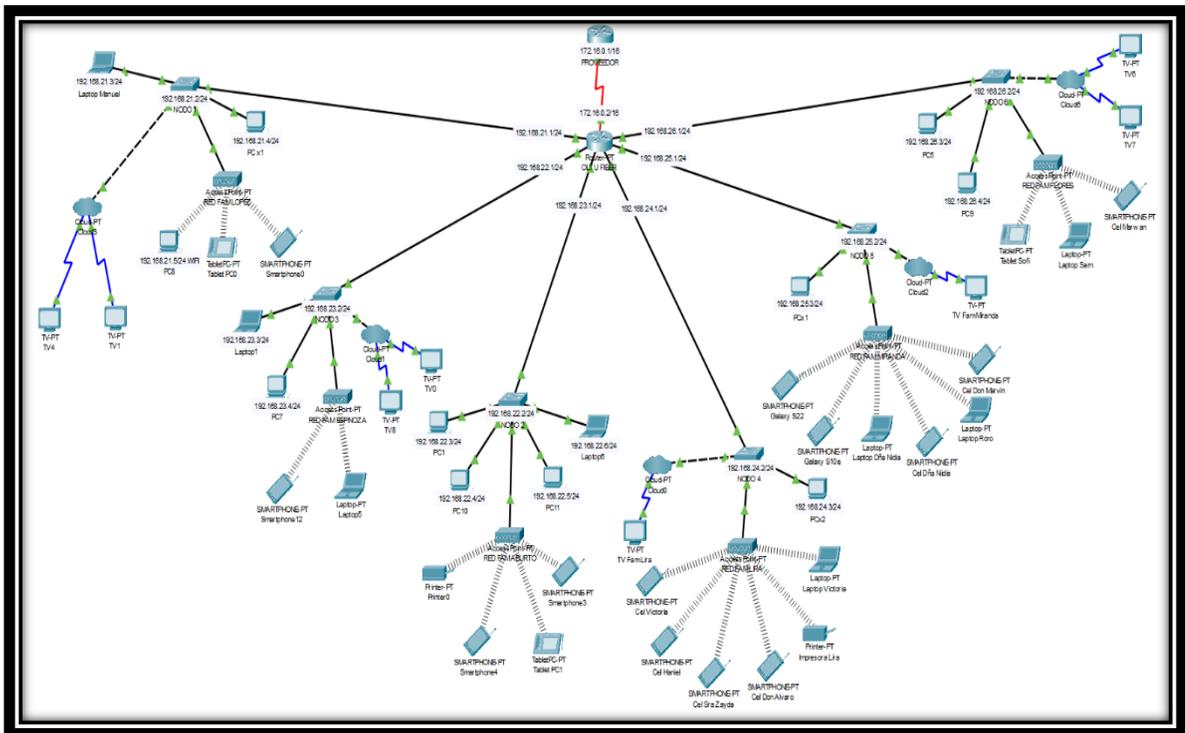


Figura 40: Diseño de Topología de Red FTTH en Diría, Granada

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.5 Desarrollo de actividades.

3.5.1 Enrutamiento OLT

En la tabla No 11. Se designan dos router modelo Router-PT en el programa Cisco Packet Tracer, que simbolizan el OLT servidor del proveedor y el OLT para la distribución del enlace de fibra óptica. Se asigna una IP a cada puerto serial de ambos router, a través de un cable serial DTE

Tabla 11: Direccinamiento de router

Router	IP Acceso	Mascara de Red	Puerto Serial
Proveedor	172.16.0.1	255.255.255.0	Serial 2/0
OLT U Fiber	172.16.0.2	255.255.255.0	Serial 2/0

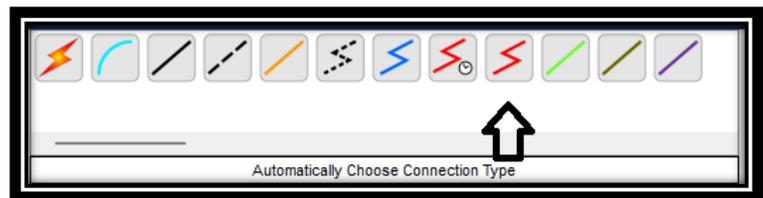
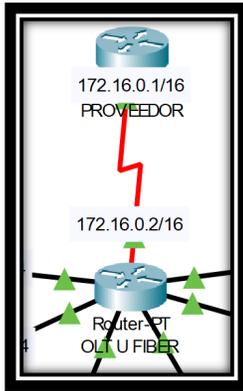


Figura 41: Selección del cable serial entre routers

Figura 42: Enlace OLT proveedor – OLT FTTH

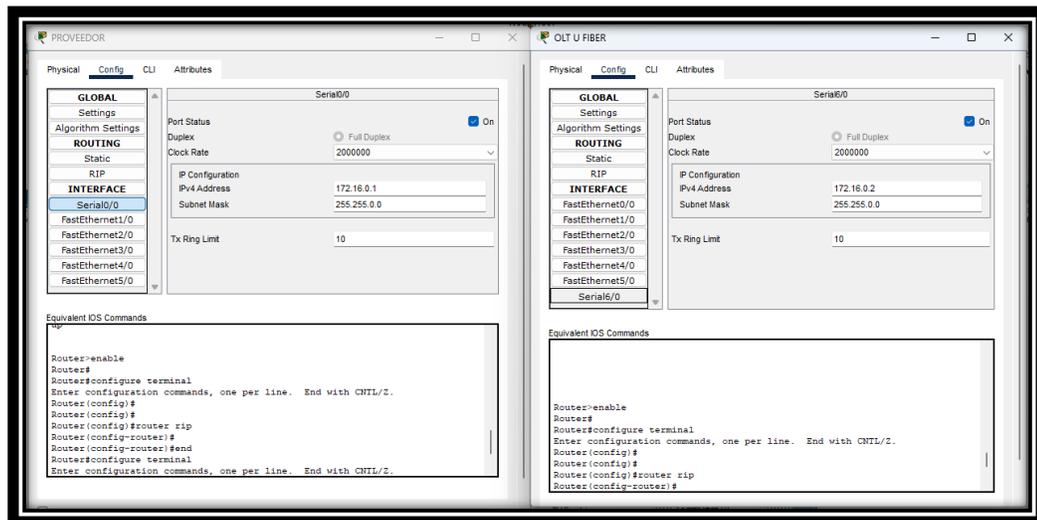


Figura 43: Asignación de IP al Router proveedor y Router OLT

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.5.2 Asignación de IP a puertos de la OLT

Se asigna IP de acceso a cada una de las salidas FastEthernet del router, en este caso a las que van hacia los Nodos (Switch) y su respectivo Gateway. En este caso se usa el cable Copper Strike porque es el ideal para conectar entre routers y switches. Cada Switch representa 1 puerto de nuestra OLT, en este caso se trabajará con 6 Nodos

A continuación, se muestra en la tabla No 12 los comandos que se usan para asignar las IP y el Gateway

Comandos utilizados para configurar Router

Tabla 12: Comandos de configuración del router

Router>enable	Permiso para configurar
Router#configure terminal	Configuración de terminal
Router(config)#interface FastEthernet 0/0	Configuración de Interfaz
Router(config-if)#ip address 192.168.21.1 255.255.255.255.0	Asignación de la IP
Router(config-if)#no shutdown	Encender Interfaz

En la tabla No 13 se muestra lo que es el direccionamiento y se repite la configuración para cada interfaz

Tabla 13: Direccionamiento de IP del Router

Switch	Puerto	IP Asignada	Mascara de Red
Nodo 1	0/0	192.168.21.1	255.255.255.0
Nodo 2	1/0	192.168.22.1	255.255.255.0
Nodo 3	2/0	192.168.23.1	255.255.255.0
Nodo 4	3/0	192.168.24.1	255.255.255.0
Nodo 5	4/0	192.168.25.1	255.255.255.0
Nodo 6	5/0	192.168.26.1	255.255.255.0

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Comandos utilizados para configurar Switch

En la siguiente tabla No 14. Comandos para configurar el Switch. Se muestra como configurar el Switch que representa uno de los puertos de la OLT, asignar la IP y su Gateway

Tabla 14: Comandos para configurar el Switch

Switch>enable	Permiso para configurar
Switch#configure terminal	Configuración de terminal
Switch(config)#hostname NODO1	Cambio de nombre
NODO1 (config)#interface vlan1	Configuración de Interfaz
NODO1(config-if)#ip address 192.168.21.2 255.255.255.0	Asignación de IP
NODO1(config-if)#no shutdown	Encender Interfaz
NODO1(config-if)#ip default-gateway 192.168.21.1	Definir el Gateway
NODO1(config-if)#do write	Guardar cambios

En la tabla No 15 se muestra el direccionamiento IP del Switch

Tabla 15: Direccionamiento de IP Switch

Switch	IP Asignada	Mascara de Red	Gateway
Nodo 1	192.168.21.2	255.255.255.0	192.168.21.1
Nodo 2	192.168.22.2	255.255.255.0	192.168.22.1
Nodo 3	192.168.23.2	255.255.255.0	192.168.23.1
Nodo 4	192.168.24.2	255.255.255.0	192.168.24.1
Nodo 5	192.168.25.2	255.255.255.0	192.168.25.1
Nodo 6	192.168.26.2	255.255.255.0	192.168.26.1

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

3.5.3 Asignación de IP a Laptops y Pc

Existen 2 formas para que los ordenaros se puedan conectar a los router, por medio de una IP estática y por medio de un servidor DHCP. En la Figura No 44 se muestra por medio de una dirección IP estática

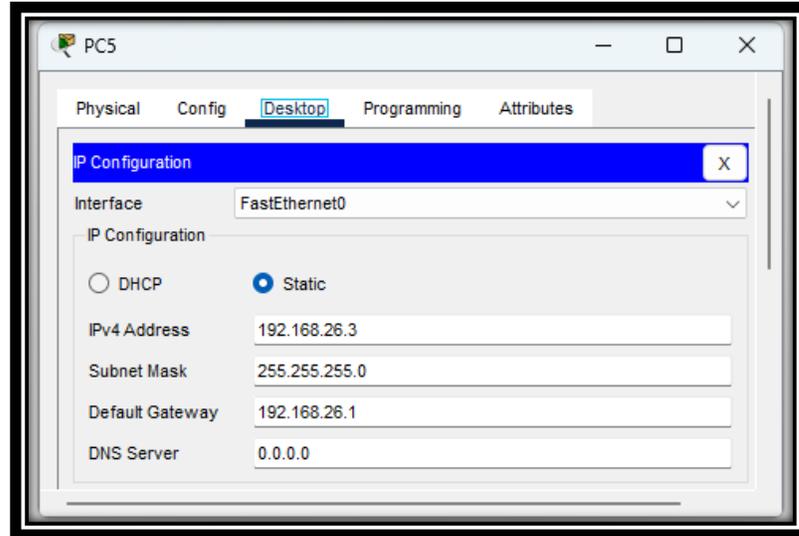


Figura 44: Asignación de IP a ordenador

En la siguiente figura No 45 se muestran los ordenadores conectados a un Nodo de la red FTTH

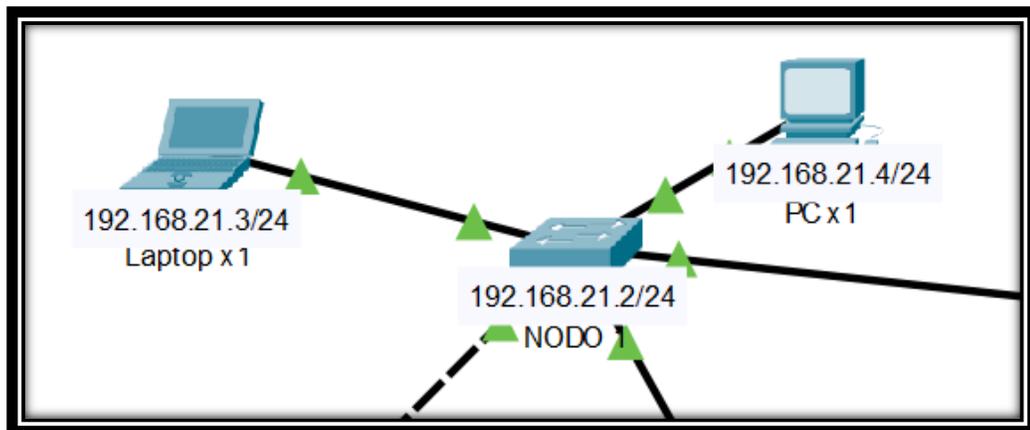


Figura 45: Ordenadores conectados al Nodo 1

3.5.4 Configuración del Access Point en la red FTTH

En la figura No 46 Se accede al Access point para configurar el SSDI y la autenticación en Port 1

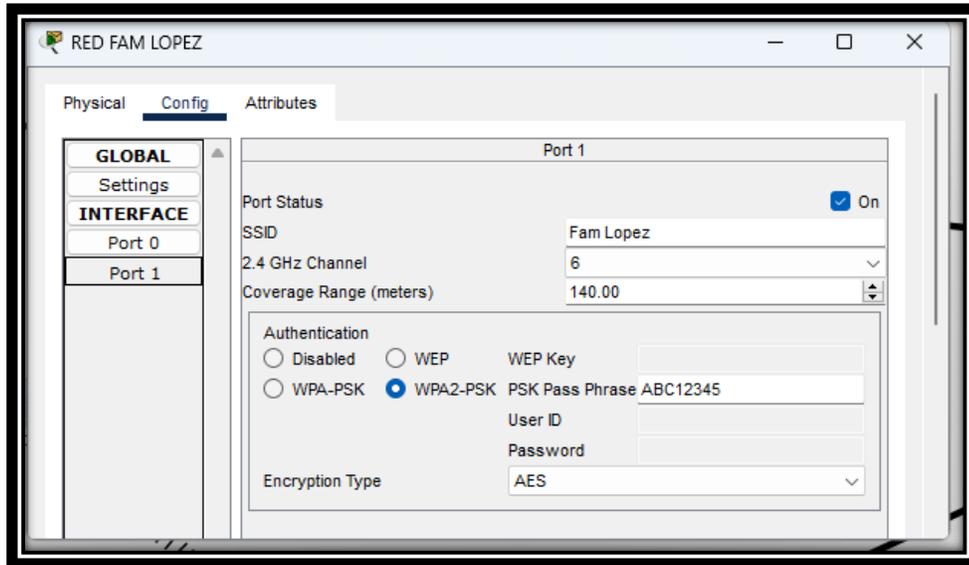


Figura 46: Configuración de SSDI y Autenticación de Access Point

A continuación, en la figura No 47 se muestra la conexión de equipos por medio de WIFI y se demuestra como brindar acceso por medio de DHCP

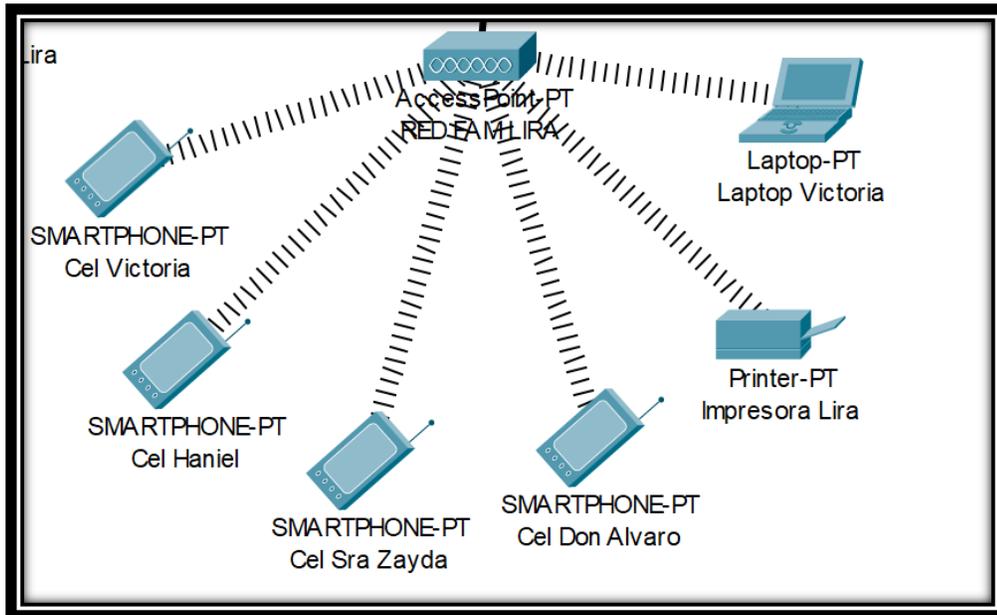


Figura 47: Dispositivos conectados a una red WLAN por medio de DHCP

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

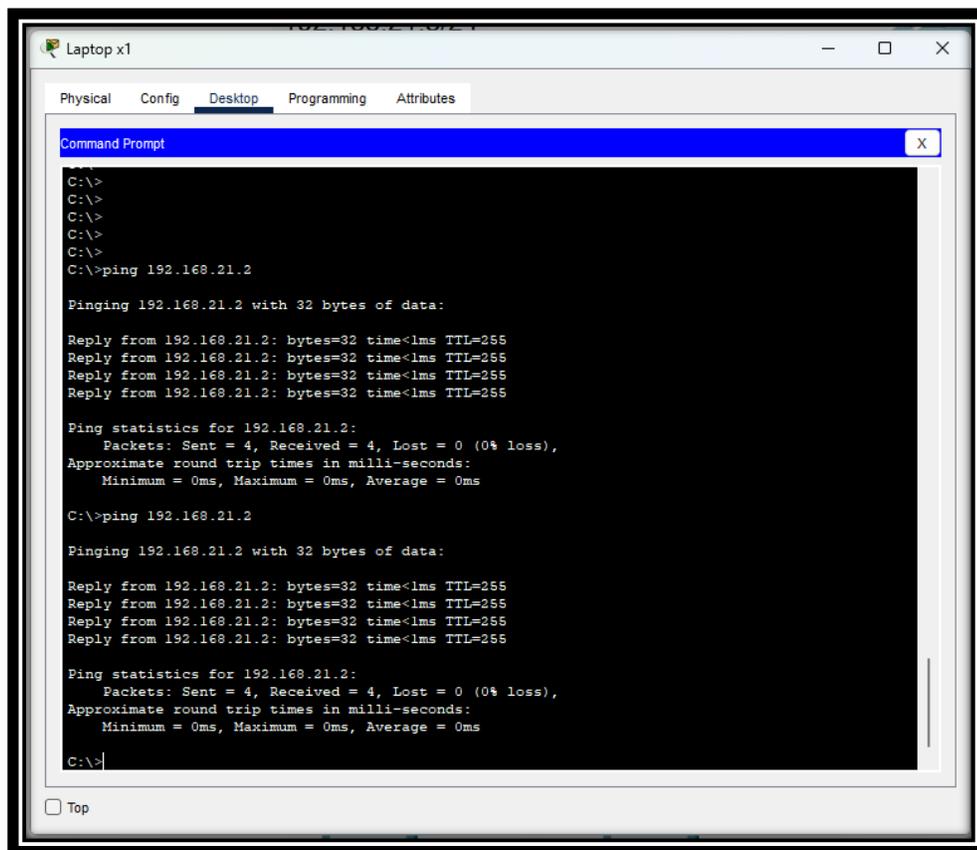
3.5.5 Pruebas de conectividad de transmisión y recepción de datos

Primera prueba: Se hará un ping desde un ordenador a un Nodo, demostrando el acceso a los nodos

Tabla 16: Ruta de los comandos Ping

Ordenador	IP asignada	Destino	Gateway
Laptop X1	192.168.21.3/24	NODO 1	192.168.21.1
PC X1	192.168.21.4/24	NODO 1	192.168.21.1
Laptop Y1	192.168.21.5/24	NODO 2	192.168.22.1

En la figura No 48 se accede al ordenador y luego al modo consola y se procede a hacer el comando Ping



```
Laptop x1
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>
C:\>ping 192.168.21.2

Pinging 192.168.21.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.21.2: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.21.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>ping 192.168.21.2

Pinging 192.168.21.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.21.2: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.21.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>|
```

Figura 48: Prueba de comando Ping entre ordenador y Nodo 1

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Segunda prueba: Envío de mensajes entre ordenadores a su respectivo nodo y diferentes nodos de la red FTTH

Se utiliza la acción envío de mensajes del propio Packet Tracer para hacer prueba de que existe conexión

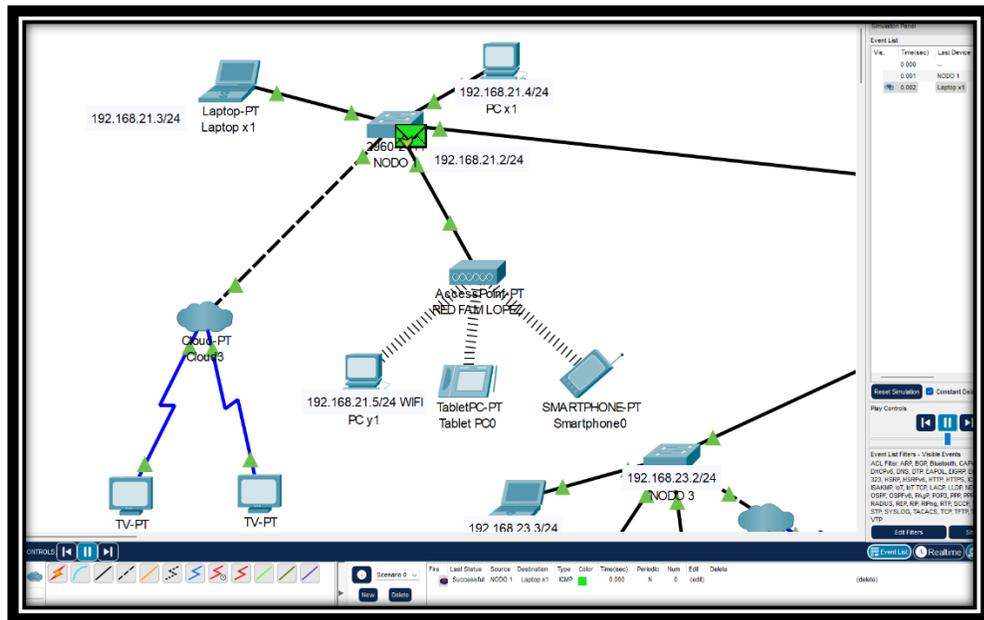


Figura 49: Trafico de envío y recepción de datos

En la siguiente Figura No 50 se puede observar como el paquete llegó a su destino satisfactoriamente

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	Lapto...	NODO 1	ICMP		0.000	N	0	(edit)	

Figura 50: Mensaje de estado del paquete

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Tercera prueba: Envío de paquetes de datos vía DHCP por medio de conexión WLAN entre ordenadores y de ordenador a los nodos

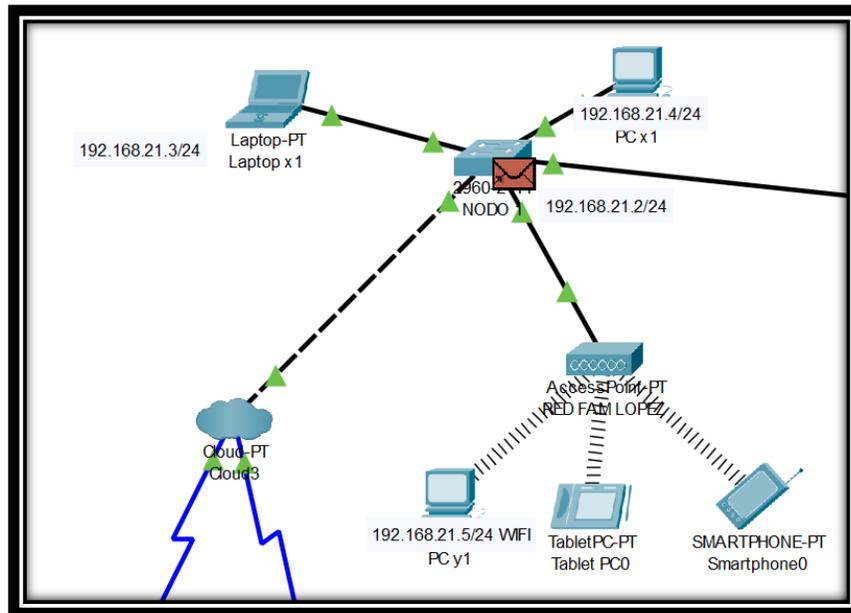


Figura 51: Prueba de envío y recepción de datos vía DHCP por medio de la red WLAN

A continuación, se mostrará en la Figura No 52 el mensaje de recibido por parte del Nodo

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	NODO 1	PC y1	ICMP		0.000	N	0	(edit)	

Figura 52: Mensaje de recibido con éxito por parte del Nodo.

3.6 Normativas de Uso (IEEE y TELCOR)

La fibra óptica al igual que otros medios de transmisiones de datos esta normalizado por varios organismos de control de las normas físicas, características y estándares de instalaciones.

Normas y leyes estipuladas por TELCOR como ente regulador de las comunicaciones en el país

CONSIDERANDO

I

Que el artículo 105 de la Constitución Política de Nicaragua, establece que “es obligación del Estado promover, facilitar y regular la prestación de los servicios públicos básicos de energía, comunicación, agua, transporte, infraestructura vial, puertos y aeropuertos a la población y es derecho inalienable de la misma el acceso a ellos. Las inversiones privadas y sus modalidades y las concesiones de explotación a sujetos privados en estas áreas, serán reguladas por la ley en cada caso...”

II

Que las Redes de Banda Ancha son un medio ideal para promover, facilitar y garantizar el acceso a conexiones de alta velocidad de servicios de Telecomunicaciones y TIC, a fin de contribuir al desarrollo económico y social del país, por lo que resulta vital para el Estado promover su expansión a través de la infraestructura que de soporte transversal a toda la nación, desarrollando las comunicaciones y las modernas tecnologías de la información para que la población Nicaragüense tenga acceso a ellos en todas sus modalidades, con eficiencia, calidad y asequibilidad.

III

Que, para adaptarse a las tendencias mundiales de integración, el Estado es responsable en promover el desarrollo integral del país y como gestor del bien común, deberá garantizar los intereses y las necesidades particulares, sociales, sectoriales y regionales. Por lo que es imperativo que éste cuente con comunicaciones de alta capacidad, lo cual sólo será posible con los servicios de Banda Ancha.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

- **Disposiciones generales**

Artículo 1.- Objeto de la Ley.

La presente Ley tiene por objeto establecer el régimen legal, técnico y económico para la Promoción y Desarrollo de la Banda Ancha y las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) en Nicaragua, a fin de asegurar las condiciones para el despliegue de la Infraestructura de Red de Banda Ancha, Transporte, transmisión, distribución, comercialización e interconexión; garantizando eficiencia, calidad, asequibilidad, accesibilidad para la sociedad nicaragüense.

La presente Ley es de orden público e interés social del Estado de la Republica de Nicaragua. Declárese el servicio de Banda Ancha como servicio público básico.

La Infraestructura de Red de Banda Ancha, por ser elemento indispensable para desarrollo técnico, económico y social de la Nación, es de interés nacional. Dentro del desarrollo de la infraestructura de la Red de Banda Ancha, la Transmisión y Distribución de contenidos, constituyen servicios públicos de carácter esencial por estar destinadas a satisfacer necesidades primordiales en forma permanente.

Artículo 2. Autoridad de aplicación.

Corresponde al Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos TELCOR, la aplicación de la presente Ley en su calidad de Ente Regulador de las Comunicaciones y TICs.

La regulación de la Red Nacional de Banda Ancha y los servicios que facilitará tendrán como objetivo básico propiciar la adecuada y eficiente prestación de los servicios, procurando su continuidad, calidad y cobertura, evitando prácticas que constituyan competencia desleal o abuso de posiciones dominantes en el mercado.

Artículo 3.- Son fines de esta Ley:

1. Crear las condiciones para la inversión, promoción, desarrollo y expansión de la infraestructura de la Banda Ancha de última generación.
2. Implementar políticas de efectiva competencia y atracción del capital privado, con el fin de incentivar su participación en la comercialización de la Banda Ancha.
3. Garantizar la seguridad, continuidad, calidad, asequibilidad y accesibilidad de las comunicaciones en Banda Ancha.
4. Promover la asignación de los recursos de la Banda Ancha tales como: Datos, Voz, Video, Texto y otras formas de servicios de comunicaciones.

3.7 Permisos que se deben de solicitar:

3.7.1 Implementación en el área

Una vez aprobada la construcción de la red de fibra óptica, se debe solicitar el permiso de alcaldía para iniciar con las labores, se realiza un recorrido con personal de la alcaldía (si ellos lo estiman conveniente), para verificar todos los alcances de la construcción.

Se realiza visita al cliente que solicita el servicio y se verifican las condiciones técnicas internas para determinar el lugar y el tipo de equipo que será instalado.

- ✓ Supervisor de la contrata diseñador de los planos
- ✓ Jefe de cuadrilla de la contrata
- ✓ Supervisor de Enitel

Para la realización del levantamiento y replanteo se necesitaron los siguientes equipos:

- ✓ Vehículo
- ✓ GPS
- ✓ Odómetro
- ✓ Spray amarillo
- ✓ Tabla de apuntes
- ✓ Coordenadas georreferenciadas del enlace suministrada por el área de ingeniería de Enitel.

3.7.2 Requisitos para atender el servicio solicitado.

El cliente deberá presentar:

- Comunicación escrita formal, o vía correo electrónico solicitando el servicio.
- Acta de constitución de la Empresa o Sociedad
- Cédula Ruc.
- Acreditación del representante legal de la empresa.
- Cédula de identificación del Representante Legal.
- Si es un operador de telecomunicaciones debe presentar las autorizaciones correspondientes del Ente regulador que lo acredita.

Costo:

La tarifa varía, de acuerdo con las capacidades, tecnologías usadas y cobertura del Servicio.

(ENATREL, 2017)

3.7.3 Estándar IEEE 802.3

Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3

Publicado en el 2002, este estándar especifica 10 Gigabit Ethernet a través del uso de la Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) IEEE 802.3, por medio de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD), conectada a través de una Interfaz Independiente del Medio Físico de 10 Gbps (XGMII)

10GBASE-R es la implementación más común de 10GBE y utiliza el método de codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66 bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps. 10GBASE-W es una opción que, mediante el encapsulamiento de las tramas

La red FTTH hace como referencia al estándar IEEE 802.3 dado a que este fue el primer intento para estandarizar redes basadas en Ethernet, incluyendo las evoluciones que de esta se obtuvieron, entre ellas ampliaciones de velocidades, conmutadores y distintos tipos de medios para distribuir de manera más efectiva por el medio de fibra óptica, entre ellas las versiones:

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Tabla 17: Versiones de 802.3

Estándar	Fecha	Descripción
802.3ah	2004	Ethernet en la última milla.
802.3av	2009	Red óptica pasiva Ethernet a 10 Gbit/s (EPON).
802.3bm	2015	100G/40G Ethernet para fibra óptica.
802.3bs	2017	Ethernet a 400 Gbit/s sobre fibra óptica utilizando múltiples líneas a 25G/50G.
802.3ca	2019	100G-EPON – 25 Gb/s, 50 Gb/s, y 100 Gb/s sobre redes ópticas pasivas.

CAPÍTULO IV

Estudio económico-financiero para implementación red FTTH en Diría, Granada

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

4.1 Referencia de precios

En la siguiente tabla No 18 se muestra una referencia de precio de los equipos, algunos de estos productos están en el país, pero otros se deben exportar y pagar un impuesto en aduana. En la sección de ANEXOS se tiene un soporte de dichos precios.

Tabla 18: Referencia de precios de equipos de fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIA DE PRECIOS			
Equipos y materiales	Costo	Envío	Costo Total
Aire acondicionado	\$1,160.00	Nicaragua	\$1,160.00
Armario para fibra de la calle	\$25.00	Nicaragua	\$25.00
EDFA	\$4,000.00	\$600.00	\$4,600.00
Fibra para acometida (Nap a la casa)	\$107.00	Nicaragua	\$107.00
Fibra plana (Domo a Nap)	\$1,200.00	Nicaragua	\$1,200.00
Fibra sub troncal 12F	\$900.00	Nicaragua	\$900.00
Fibra troncal ADSS 24F	\$1,250.00	Nicaragua	\$1,250.00
FTTx kit tools	\$300.00	\$45.00	\$345.00
Herrajes de pase	\$5.00	Nicaragua	\$5.00
Herrajes tipo J	\$12.00	Nicaragua	\$12.00
Lápiz infrarrojo	\$27.00	\$4.05	\$31.05
Lápiz limpiador	\$25.00	\$3.75	\$28.75
Modulo SPF	\$80.00	\$12.00	\$92.00
Mufa/Domo	\$130.00	\$19.50	\$149.50
NAP	\$40.00	\$6.00	\$46.00
ODF Rack de 12 puertos	\$110.00	\$16.50	\$126.50
OLT 16 tarjetas	\$5,000.00	\$750.00	\$5,750.00
ONU	\$50.00	\$7.50	\$57.50
Patchord LC	\$15.00	\$2.25	\$17.25
Poste galvanizado	\$243.00	Nicaragua	\$243.00
Preformadas	\$3.00	Nicaragua	\$3.00
Receptor Óptico	\$550.00	\$82.50	\$632.50
Router Mikrotik	\$473.00	\$70.95	\$543.95
Splitters	\$16.00	\$2.40	\$18.40
Switch	\$67.00	\$10.05	\$77.05
Transmisor Óptico	\$1,200.00	\$180.00	\$1,380.00

4.2 Costos de la inversión del capital

La inversión del capital o capital Expenses (CAPEX), por las siglas en ingles se pone en práctica cuando un negocio invierte en una compra de un activo fijo o para ingresar el valor a uno existente alargando la vida útil para prolongar a más allá del año imponible.

Se identifican las inversiones que sean necesarias en toda la estructura de la red desde el nodo de distribución, los puertos del OLT, los Splitters, cajas de distribución, etc., y la de los clientes. Tanto en la obra civil, los equipos activos y pasivos, materiales e instalaciones.

A continuación, en la siguiente tabla. Mostramos la cantidad de materiales y servicios a contratar para poder construir la infraestructura de la red para brindar por puerto del OLT hasta 1000 usuarios finales.

Se tiene de referencia los costos cuyos soportes se encuentran en la sección de anexo, se adquirieron proformas a los principales proveedores sobre equipos de telecomunicaciones, pero no se logra obtener un buen resultado ya que una de las principales limitantes es la falta de stocks y altos precios de importación ya que también al realizar cotizaciones solicitan nombre de la empresa y entre otros requisitos.

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

En la Tabla No 19 Análisis de CAPEX en el HUB nos muestra el detalle de los equipos a utilizar y sus cantidades, con esto podemos calcular el valor total de los materiales.

Tabla 19: Análisis de CAPEX en el HUB

Fuente: Elaboración propia

Análisis CAPEX en el HUB				
Equipos y materiales	Cantidad	U de M	Precio Uni	Precio Total
Aire acondicionado	3	Und	\$1,160.00	\$3,480.00
Armario para fibra de calle	1	Und	\$25.00	\$25.00
EDFA	1	Und	\$4,000.00	\$4,000.00
FTTx kit tools	12	Und	\$300.00	\$3,600.00
Lápiz infrarrojo	2	Und	\$31.05	\$62.10
Lápiz limpiador	12	Und	\$28.75	\$345.00
Modulo SPF	12	Und	\$17.25	\$207.00
ODF 96F o 144F	1	Und	\$62.10	\$62.10
ODF Rack de 12 puertos	1	Und	\$126.50	\$126.50
Tarjetas de OLT	6	Und	\$1,800.00	\$10,800.00
OLT (Incluye 2 tarjetas)	1	Und	\$5,750.00	\$5,750.00
Patchord UPC, APC	40	Und	\$17.25	\$690.00
Patchord LC	4	Und	\$13.00	\$52.00
SFP (40gb)	4	Und	\$80.00	\$320.00
Receptor Óptico	1	Und	\$632.00	\$632.00
Router Mikrotik	1	Und	\$543.95	\$543.95
Soporte del cableado	1	Und	\$200.00	\$200.00
Switch	1	Und	\$1,380.00	\$1,380.00
Transmisor Óptico	1	Und	\$600.00	\$600.00
GASTOS EN EL HUB				\$32,875.65

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Tabla 20: Costos de capital para cada proyecto

Fuente: Elaboración propia

Análisis de CAPEX para el proyecto				
Equipos y materiales	Cantidad	U de M	Precio Uni	Precio total
Fibra para acometida	8	Km	\$ 107.00	\$ 856.00
Fibra plana	2	Km	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
Fibra sub troncal 12F	1	Km	\$ 900.00	\$ 900.00
Fibra troncal ADSS 24F	2	Km	\$ 1,250.00	\$ 2,500.00
Herrajes de pase	24	Und	\$ 5.00	\$ 120.00
Herrajes tipo J	24	Und	\$ 12.00	\$ 288.00
Mufa/Domo	8	Und	\$ 149.50	\$ 1,196.00
NAP	8	Und	\$ 46.00	\$ 368.00
Router	358	Und	\$ 70.00	\$ 25,060.00
Preformadas	24	Und	\$ 17.00	\$ 408.00
Splitters	8	Und	\$ 30.00	\$ 240.00
GASTOS EN EL PROYECTO				\$ 34,336.00
TOTAL DE GASTO EN PROYECTO DE 512 CASAS				\$ 67,211.65

4.3 Costos de operaciones

Los costos de operación u Operation Expenses (OPEX) por sus siglas en ingles se deben de evaluar con distintos escenarios para conocer algún imprevisto y tener los márgenes de operatividad, en nuestros datos tomaremos en cuenta los principales costos y gastos más usuales que implica tener una optimización en la operatividad y gestión de la red.

Se tomará en cuenta el precio promedio de una instalación casual para elaborar 3 escenarios con diferentes porcentajes de inclinación, Se tomará como referencia el precio promedio de una intervención típica para elaborar 3 escenarios con diferentes porcentajes de afecciones, aquí se considera el costo de desplazamiento de los equipos de trabajos e intervenciones en la red.

En la tabla No 21 se muestra los costos operativos, lo cual estos escenarios fueron con apoyo de una empresa de telecomunicaciones, podemos optar con 3 diferentes momentos optimista, realista y pesimista. En las columnas de % de afectaciones

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

mensuales nos brinda el porcentaje de afectación que ocurren en el mes, en la siguiente columna de número de afectaciones mensuales es la cantidad de averías al mes, en la columna de costo promedio por incidencias es el valor de que cuesta la atención de cada avería y en la última columna es el total de averías por el costo de cada una de ellas dando como resultado el costo total anual de las mismas.

Tabla 21: Costos Operativos del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos				
Escenario	% de afectaciones mensuales	# de afectaciones mensuales	Costo por afectación	Costo operativo anual
Optimista	15%	21	\$40.00	\$10,080.00
Realista	20%	28	\$40.00	\$13,440.00
Pesimista	25%	35	\$40.00	\$16,800.00

4.4 Costos Fijos

En esta sección evaluaremos aquellos pagos que se realizan una única vez, para la ejecución de la construcción de la red, se deben de realizar los siguientes pagos para ofrecer la mayor comodidad para los clientes.

- Impuestos municipales: \$100 mensuales.
- Alquiler del servicio de internet: \$1500 mensuales
- Pago de electricidad: \$500 mensuales
- Personal para el mantenimiento: \$2000 mensuales
- Personal del HUB: \$2000 mensuales
- Publicidad: \$150 mensuales aproximadamente en valla publicitaria en el camino hacia Diría y en Granada
- Alquiler de postes de la alcaldía: \$180 mensuales
- Alquiler de casa: \$350 mensuales

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Tabla 22: Costos de Capital en el HUB

Fuente: Elaboración propia

Costos Fijos			
Descripción	Periodicidad	Monto	Costo Fijo Anual
Impuestos municipales	Mensual	\$100	\$1,200.00
Publicidad	Mensual	\$150.00	\$1,800.00
Alquiler de fibra óptica	Mensual	\$1,500.00	\$18,000.00
Pago de electricidad	Mensual	\$500.00	\$6,000.00
Personal mantenimiento	Mensual	\$2,000.00	\$24,000.00
Personal del HUB	Mensual	\$2,000.00	\$24,000.00
Alquiler de postes	Mensual	\$180.00	\$2,160.00
Alquiler de casa	Mensual	\$350.00	\$4,200.00
Total costos fijos			\$81,360.00

4.5 Proyección de ingresos de la red

A continuación, la proyección de ingresos según la capacidad instalada, para 512 clientes por proyecto, se realiza 3 diferentes casos, calculamos el ingreso total anual para poder calcular de manera más rápida los flujos de cajas. Se toma de referencia el monto de la renta promedio por cliente para el servicio de Internet, con una velocidad estándar de 80 Mbps de bajada y 40 Mbps de subida

Tabla 23: Proyección de ingresos por proyecto

Fuente: Elaboración propia

Proyección de ingresos red FTTH por proyecto					
Escenario	% de penetración	Casas por proyecto	Casas pasadas	Mensualidad por casa	Ingreso total anual
Optimista	85%	512	435	\$40.00	\$208,896.00
Realista	75%	512	384	\$40.00	\$184,320.00
Pesimista	60%	512	307	\$40.00	\$147,456.00

4.6 Flujo de ingresos, egresos, Payback descontado, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).

Una vez que se ha calculado el flujo de ingresos y egresos, se tendrá que evaluar qué tan atractiva es la inversión en el tiempo, lo cual se podrá ver su rendimiento con respecto al tiempo, se recuperará la inversión inicial, para este caso se utiliza una tasa de rendimiento de inversión de 10%.

Se utilizan formulas predeterminadas en hojas de cálculo como Excel para calcular estos parámetros financieros, la inversión inicial es de un total de \$ 67,211.65 haciendo referencia al proyecto, en telecomunicaciones usamos un margen de respaldo por cualquier excedente en la inversión de un 15 % calculando este porcentaje por el costo inicial más la suma del mismo, obtenemos un valor presente de \$ 77,293.39.

Tabla 24: Flujo de Ingresos, flujo de egresos y flujo efectivo neto

Flujo de Ingresos	
	A
Año	Valor
1	\$147,456.00
2	\$184,320.00
3	\$184,320.00
4	\$208,896.00
5	\$208,896.00
Total	\$933,888.00

Flujo de Egresos	
	B
Año	Valor
1	\$162,011.65
2	\$94,800.00
3	\$94,800.00
4	\$94,800.00
5	\$94,800.00

Flujo de efectivo neto	
	A-B
Año	Valor
0	-\$67,211.65
1	-\$14,555.65
2	\$89,520.00
3	\$89,520.00
4	\$114,096.00
5	\$114,096.00
VAN	\$276,782.51
TIR	66%

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

4.7 Análisis financiero del proyecto (VAN y TIR)

En la siguiente tabla No 25 Podemos observar el flujo financiero conforme al VAN y el TIR dando positivo y mayor a 30% respectivamente, esto deja ver que el proyecto es muy rentable, sabiendo que es un proyecto altamente escalable, el Payback descontado arroja 1.5 años, eso quiere decir que en 1.5 años el proyecto empieza a generar ganancias.

Tabla 25: Flujo de caja y análisis financiero del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero del proyecto							Tasa de descuento del 10%
Años	0	1	2	3	4	5	
Inversión	-\$67,211.65						
Costos	\$0.00	-\$162,012	-\$94,800	-\$94,800	-\$94,800	-\$94,800	
Ingreso	\$0.00	\$147,456	\$184,320	\$184,320	\$208,896	\$208,896	
Ganancia	\$0.00	-\$14,556	\$89,520	\$89,520	\$114,096	\$114,096	
Margen	94.43%						
VAN	\$276,782.51						
TIR	66%						
Payback	1.5						

CONCLUSIONES

Se concluye que para desplegar una red FTTH se necesitan diversos elementos y componentes, tales como cables de fibra óptica, splitters, ONTs, OLTs y otros. Cada uno de estos componentes tiene una función específica en la transmisión de datos a través de la red.

El análisis previo de la implementación de redes FTTH es muy importante para mejorar diversos parámetros de la red actual, como la velocidad de transmisión de datos, la calidad del servicio y la capacidad de ancho de banda, entre otros. Este análisis ayuda a identificar las áreas que deben mejorarse y garantiza una implementación exitosa de la red FTTH.

Es esencial cumplir con diversas normas y estándares en el diseño de una red FTTH para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta las limitaciones y características específicas de la red para lograr un diseño eficiente y rentable.

Además, es fundamental realizar un estudio económico y financiero detallado para garantizar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Se deben considerar los costos de los componentes, la mano de obra, los permisos y licencias, entre otros aspectos, para asegurar la sostenibilidad económica del proyecto.

Por último, el proceso de despliegue de una red FTTH requiere de diversas etapas, como la planificación, la instalación de componentes, la conexión de equipos, la configuración de la red, entre otras. Es necesario tener en cuenta todos estos aspectos para garantizar un despliegue exitoso de la red FTTH.

RECOMENDACIONES

Existen varias recomendaciones que se deben tomar en cuenta para impulsar la implementación de FTTH en Nicaragua y superar los desafíos que enfrenta esta tecnología en el país:

- **Inversión en infraestructura:** Es necesario invertir en la infraestructura de fibra óptica necesaria para desplegar FTTH en todo el país, especialmente en áreas rurales y menos desarrolladas. Esto puede requerir la colaboración entre el sector público y privado.
- **Regulaciones:** Es importante establecer regulaciones que fomenten la competencia entre proveedores de servicios de internet y promuevan un ambiente favorable para la implementación de FTTH en Nicaragua.
- **Educación y conciencia:** Es necesario promover la educación y conciencia sobre la importancia de la conectividad de alta velocidad y la implementación de tecnologías de fibra óptica para mejorar la calidad de vida de las personas y estimular el crecimiento económico.
- **Acceso equitativo:** Se debe asegurar que el acceso a FTTH sea equitativo y que todas las personas tengan la oportunidad de beneficiarse de la tecnología de fibra óptica, independientemente de su ubicación o nivel socioeconómico.
- **Colaboración entre sectores:** Es necesario fomentar la colaboración entre diferentes sectores, como el público y el privado, para impulsar la implementación de FTTH en Nicaragua de manera más efectiva.

Tomando en cuenta estas recomendaciones, se puede crear un ambiente favorable para la implementación de FTTH en Nicaragua, lo que permitirá mejorar la conectividad y la calidad de vida de las personas y estimular el crecimiento económico en el país.

BIBLIOGRAFÍA

ASETA. (2012). Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina. Recuperado el 2012, de <http://www.aseta.org/>

Cervantes, M., Pesantez, D., Rosales, G., & Aranda, A. I. (2011). Diseño de seguridad en una Red GEPON orientada a servicios X-Play. Recuperado el 2012, de <http://www.dspace.espol.edu.ec>

Conectronica. (2009). Tecnología y Elementos de Conexión y Conectividad. Recuperado el 2011, de <http://www.conectronica.com>

EXFO. (2012). Telecom Test and Service Assurance. Recuperado el 2012, de <http://www.exfo.com/en/index.aspx>

Furukawa. (2012). Recuperado el 2012, de http://www.furukawa.com.br/portal/page?_pageid=813,1&_dad=portal&_schema=PORTAL

de León, O. (2009). Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe. Recuperado el 2012, de <http://www.eclac.org>

Gutiérrez Vargas, E. (2007). Análisis de la tecnología IPTV, articulación de propuesta para la implementación de un plan piloto. Recuperado el 2012, de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb07_II/pb0720t.pdf

Millán Tejedor, R. J. (2010). Tecnologías de banda ancha por fibra óptica. Recuperado el 2012, de Ramón Millán: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>

Wikipedia (2018,02). Conceptos básicos de enlaces de fibra óptica. [en línea].

Disponible en:

https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica#P%C3%A9rdida_en_los_cables_de_fibra_%C3%B3ptica. [2018, 20 de Abril]

Jesús, G.C (2009, diciembre). Diseño e instalación de una red FTTh. [En línea].

Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8702> [2018, 13 de mayo]

Carlos Hazin.(2016, 04) Introducción a núcleos de red. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/CarlosHazin/introduccion-al-nucleo-de-las-redes-detelecomunicaciones-core-networks> [2019, 09 de Septiembre]

[Perle.(2019). Conceptos de transceptores ópticos. [En línea]. Disponible en: <https://www.perlesystems.es/products/sfp-optical-transceiver.shtml> [2019, 18 de Septiembre]. Pedro Ruesca. (2016, 09) Conceptos de radio enlace. [En línea]. Disponible en: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/> [2019, 25 de septiembre].

(2019) Estudio de enlace. [En línea]. Disponible en: <https://link.ui.com/#> [2019, 15 de octubre].

Comunicaciones reunidas. (2019).[En línea]. Disponible en: <https://www.crsi.es/es/ufiber/5247-ubiquiti-uf-olt-ufiberolt.html> [2019, 31 de octubre]

Pedro Ruesca. (2016, 09) Conceptos básicos de radio enlace.[En línea]. Disponible en: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-unradioenlace/> [2019, 07 de Noviembre].

Meltec. (2019). Diferentes productos de radios.[En línea]. Disponible en: <http://www.meltec.com.co/pdf/banda-ancha/pmp/radwin5000.pdf> [1] [2019, 17 de Noviembre].

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

ANEXOS

En el presente apartado se muestra algunos de las cotizaciones que se realizó en internet, también se muestra la encuesta que se realizó para poder determinar los limitantes en el sector de la laguna de apoyo granada y poder dar inicio al proyecto cumpliendo los objetivos planificados para dicha operación.

The screenshot shows an Amazon product listing for a 10-pack of 10GBase-SR SFP+ Transceivers. The product is a Multi-mode LC Module, 10G 850nm MMF up to 300 Meters, compatible with various brands like Cisco, Meraki, Ubiquiti, MikroTik, and Netgear. The price is \$147.41. The page includes a product image, a zoomable view, and a list of specifications and features. The right sidebar shows delivery options, a price of \$147.41, and buttons for 'Add to Cart' and 'Buy Now'.

10Pack 10GBase-SR SFP+ Transceiver, SFP Multi-mode LC Module, 10G 850nm MMF up to 300 Meters, Compatible with Cisco SFP-10G-SR, Meraki MA-SFP-10GB-SR, Ubiquiti UF-MM-10G, MikroTik, Netgear, D-Link and More

Visit the VFLTOOL Store

★★★★★ 26 ratings | 6 answered questions

\$147.41

FREE Returns

Save up to 26% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

Size: 10PCS 10G SFP to LC MultiMode

- 10PCS 10GBase-SR SFP to LC Multi Mode Data Rate:10G; Wavelength: 850-nm Multi-Mode module; Port Type: LC/UPC; Reach: up to 300m using 50/125um Multi-Mode Fiber, Supports full-duplex Fiber Type: Dual LC OM3/OM4 multi-mode fiber.
- Compatible with MSA compliant equipment from Cisco SFP-10G-SR, Meraki MA-SFP-10GB-SR, Ubiquiti UF-MM-10G, MikroTik, D-Link, Huawei, Netgear, Supermicro and More; CONNECTIVITY: 10G BASE-SX SFP transceiver for multimode fiber, 850 nm wavelength, supports up to 300m.
- Widely Used: Work with multi-mode fiber connection Connects a network switch, server, or NIC with SFP to a Gigabit fiber channel network with multimode LC for Network Attached Storage (NAS), Storage Area Network

Delivery Pickup

\$147.41

FREE Returns

FREE delivery Monday, January 23

Or fastest delivery Thursday, January 19. Order within 9 hrs 34 mins

Deliver to Eduardo - Miami 33166

In Stock.

Qty: 1

Add to Cart

Buy Now

Secure transaction

Ships from Amazon Sold by VFLTOOL

Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt

Support: Free Amazon tech support included

Add a Protection Plan: 3-Year Protection for \$21.99

Figura Anexo 1: Referencia de precio de Transmisor

The screenshot shows an Amazon product listing for a Ubiquiti Networks Ufiber OLT GPON Optical Line Terminal. The product is a black, rectangular device with multiple ports on the front. The price is \$1,925.68. The page includes a product image, a zoomable view, and a list of specifications and features. The right sidebar shows delivery options, a price of \$1,925.68, and buttons for 'Add to Cart' and 'Buy Now'.

Ubiquiti Networks Ufiber OLT GPON Optical Line Terminal (UF-OLT)

Brand: Ubiquiti Networks

★★★★★ 1 rating

\$1,925.68

Get \$60 off instantly: Pay \$1,865.68 upon approval for the Amazon Store Card.

Enhance your purchase

Protect your purchase

Coverage for drops, spills and breakdowns (plans vary)

Payment plans

\$69.30/mo (48 mo) at example APR of 30% (rates from 10-30% APR)

Brand: Ubiquiti Networks

Frequency Band: Dual-Band

Class

Compatible Devices: Personal Computer

Frequency: 880 MHz

Connectivity: Ethernet

Delivery

\$1,925.68

FREE delivery January 20 - 23. Details

Or fastest delivery Friday, January 20. Order within 2 hrs 42 mins. Details

Deliver to Eduardo - Miami 33166

Only 8 left in stock - order soon.

Qty: 1

Add to Cart

Buy Now

Secure transaction

Ships from UNIQUEPOS LLC Sold by UNIQUEPOS LLC

Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt

Add to List

New (11) from

Figura Anexo 2: Referencia de precio de OLT

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

TRENDnet 24-Port Cat6 Unshielded Patch Panel, Wallmount or Rackmount, Compatible with Cat3,4,5,5e,6 Cabling, For Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Applications, Black, TC-P24CB ★★★★☆ 509 \$37⁹⁹ prime Sponsored

Back to results

Roll over image to zoom in

Mikrotik CCR2004-16G-2S+PC Ethernet Router 16x Gigabit Ethernet Ports, 2x10G SFP+ Cages.
 Brand: Mikrotik
 ★★★★★ 5 ratings

~~Was: \$499.99~~
-7% \$472.50

Save up to 1% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

Get a \$50 Gift Card: Pay \$422.50 \$472.50 upon approval for the Amazon Rewards Visa Card. No annual fee.

Brand: Mikrotik
 Compatible Devices: Personal Computer
 Frequency: 1200 MHz
 Recommended Uses For Product: Office, Home
 Connectivity Technology: Ethernet

About this item

- The new router has 18 wired ports, including 16x Gigabit Ethernet ports and two 10G SFP+ cages. It also has a RJ-45 console port on the front panel.
- Each switch chip has a 10 GBPS full-duplex line connected to the CPU.
- This CCR also features the Amazon Annapurna Labs Alpine v2 CPU with 4x 64-bit ARMv8-A Cortex-A57 cores.
- Boards come with 4GB of DDR4 RAM and 128MB of NAND storage.
- The perfect all-in-one solution for small and medium-sized businesses. Easy and efficient.

\$472.50
 FREE delivery January 20 - 24.
 Or fastest delivery January 19 - 23.
 Deliver to Eduardo - Miami 33166
 In Stock.
 Qty: 1
 Add to Cart
 Buy Now

Secure transaction
 Ships from: Secure Hardware
 Sold by: Secure Hardware
 Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt.
 Add a Protection Plan:
 3-Year Protection for \$57.99
 4-Year Protection for \$76.99
 Add to List

Minor (7) items

Figura Anexo 3: Referencia de precio de Mikrotik

Cisco Business CB5550-48P Managed Switch | 48 Port GE |... 1,176.22 prime Sponsored

Back to results

Roll over image to zoom in

TP-Link 16 Port Gigabit Ethernet Network Switch, Desktop/Wall-Mount, Fanless, Sturdy Metal w/ Shielded Ports, Traffic Optimization, Unmanaged, Limited Lifetime Protection (TL-SG116) Black
 Visit the TP-Link Store
 ★★★★★ 5,244 ratings | 94 answered questions

\$66.99
 FREE Returns
 Save up to 8% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account
 Available at a lower price from other sellers that may not offer free Prime shipping.

Size: 16 Port

16 Port	5 Port	8 Port
\$66.99	\$19.99	\$29.69

Brand: TP-Link
 Number of Ports: 16
 Included Components: Power Supply
 Color: Black
 Compatible Devices: Desktop

About this item

- One Switch Made to Expand Network-16x 10/100/1000Mbps RJ45 Ports supporting Auto Negotiation and Auto MDI/MDIX.
- Gigabit that Saves Energy-Latest innovative energy-efficient technology greatly expands your network capacity with much less power consumption and helps save money.

Buy new \$66.99
 FREE Returns
 FREE delivery Monday, January 23
 Or fastest Same-Day delivery Today 2 PM - 6 PM. Order within 2 hrs 24 mins
 Deliver to Eduardo - Miami 33166
 In Stock.
 Qty: 1
 Add to Cart
 Buy Now

Secure transaction
 Ships from: Amazon.com
 Sold by: Amazon.com
 Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt.
 Support: Free Amazon tech support included.
 Add your 30-day FREE trial of Prime and get

Figura Anexo 4: Referencia de precio de Switch

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Fiber Visual Fault Locator 30mW 30KM, VFL Fiber Optic Cable Tester Meter, Red Light Pen Tester Adapt LC/FC/SC/ST Interface, Fiber Network Cable Test Kit Fiber Light Source Testers(Aluminum)

Visit the VFLTOOL Store
★★★★★ - 262 ratings
Amazon's Choice in Network & Cable Testers by VFLTOOL

\$26⁴¹

FREE Returns -
Save up to 40% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

Brand VFLTOOL
Power Source Battery Powered
Style Modern
Color Red

About this item

- [Accurate Identification] This visual fault locator can easily and accurately detect and locate fiber optic breaks, poor connections, bending or cracking. It can operate either in CW or Pulsed mode. VFL will emit a 650nm red light for fiber tracing and locating, breaks or faults will refract the light in the fiber.
- [Excellent Functions] The fiber tester multiple functions include constant output power, lower battery warning, long battery life, and long-distance detection. Fiber routing and continuity checking efficiently, creating a bright glow around the faulty area.
- [Wide Application] Universal 2.5mm connector designed for LC, ST, SC, FC interfaces both in the circle and square shape of different fiber optic cables, test for both single-mode and multi-mode cables. Apply To:

Delivery Pickup
\$26⁴¹
FREE Returns -
FREE delivery **Wednesday, January 25**
Or fastest delivery **Thursday, January 19**. Order within 13 hrs 6 mins
Deliver to Eduardo - Miami 33166
In Stock.
Qty: 1
Add to Cart
Buy Now

Secure transaction
Ships from Amazon
Sold by VFLTOOL
Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt -
Support: Free Amazon product support included -

Figura Anexo 5: Referencia de precio de Fibra óptica tester

(5m - 5Pack) SC/APC to SC/APC Fiber Optic Internet Cable, Single Mode Fiber Patch Cable, Fiber Optic Jumper Cable, Optical Patch Cord for Internet - SIMPLEX - 9/125um - OS1/OS2 Compatible, LSZH Yellow

Visit the Bangun Store
★★★★★ - 134 ratings

\$39⁹⁹

FREE Returns -
Save up to 30% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

Size: 5m (15ft)-5pk
Color: Yellow

Brand Bangun
Connector Type Optical
Cable Type Fiber Optic, Ethernet
Compatible Devices Router, Modem
Color Yellow

About this item

- Replacement fiber optic cable for ATT Fiber modem/router, Verizon Fios. This SC Optical Fiber cable suitable for all networks, CATV, FTTH, FTTB and FTTP systems, it is commonly used for Verizon Fios, Google Fiber and more FTTH in-home Fiber optic network optimizations and extensions. Most customers use our SC/APC to SC/APC cables for in house ONT (Optical network Terminal) relocation. They use this fiber patch cable to re-route their Fiber Optic Networks or extend their fiber internet cable
- Our sc internet cable body is made of protective LSZH outer jacket to strengthen the structure of cable. Pressure resist, Wear resist and Heat Resist.

Delivery Pickup
\$39⁹⁹
FREE Returns -
FREE delivery **Monday, January 23**
Or fastest delivery **Tomorrow, January 18**. Order within 1 hr 41 mins
Deliver to Eduardo - Miami 33166
In Stock.
Qty: 1
Add to Cart
Buy Now

Secure transaction
Ships from Amazon
Sold by Bangun
Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt -
 Add your 30-day FREE trial of Prime and get fast, free delivery
 Add a gift receipt for easy returns

Figura Anexo 6: Referencia de precio de Patchcords

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Inicio > TCL Aire acondicionado Inverter TAC24ICSAXA5 24000 BTU



TCL
TCL Aire acondicionado Inverter
TAC24ICSAXA5 24000 BTU
EN STOCK UPC 459401000018

~~C\$51,000.00~~
C\$41,999.00 FacilíOferta

AGREGAR A MI BOLSA

SOLICITAR CRÉDITO

Favoritos

Métodos de Pago: VISA, MasterCard, American Express, PayPal

Figura Anexo 7: Referencia de precio de Aires Acondicionados

amazon Deliver to Eduardo Miami 33166 All - fibershock+lc+fiber+cleaner

Industrial & Scientific Janitorial & Facilities Safety Supplies Medical Supplies Food Service Diagnostic Equipment Material Handling Educational Supplies Sealants and Lubricants Additive Manufacturing Laboratory Supplies FSA Eligible Items Deals

Electronics > Television & Video > Accessories > Cables

FiberShack - LC Fiber Cleaner - 1.25mm One Click Fiber Optic Cleaning Pen & Protection Case - 800+ Cleans (LC/MU)
Visit the FiberShack Store
★★★★★ - 147 ratings
Amazon's Choice for "fibershock+lc+fiber+cleaner"

\$24.49
FREE Returns - Save up to 18% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

Size: LC/MU	LC/MU	LC/MU - 5 PACK	SC/ST/FC/AP C - 5 PACK	SC / ST / FC / SC/APC
	\$24.49	\$110.00	\$110.00	\$24.49

Brand: FiberShack
Connector Type: Lc / Mu
Cable Type: LC / MU
Compatible Devices: Television
Color: Purple and Blue

About this item
• RAPIDLY IMPROVES SIGNAL: Our LC Cleaner is an essential part of your Fiber Optic cleaning kit, resolving

Delivery: \$24.49
FREE Returns -
FREE delivery Monday, January 23 if you spend \$25 on items shipped by Amazon
Or fastest delivery **Overnight 7 AM - 11 AM**. Order within 5 hrs 47 mins
Deliver to Eduardo - Miami 33166
In Stock.
Qty: 1
Add to Cart
Buy Now
Secure transaction
Ships from Amazon
Sold by PacSatSales
Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt

Figura Anexo 8: Referencia de precio de Fiber Cleaner

Diseño de red FTTH para la mejora del servicio de Internet, Diría, Granada

Industrial & Scientific > Lab & Scientific Products



Roll over image to zoom in

funchic Fiber Optic FTTH Tool Kit, Fiber Optic Termination Tool Kit with FC-6S Fiber Cleaver & Optical Power Meter 5km & Visual Fault Locator 1mw

Visit the funchic Store
★★★★★ 2 ratings

\$68⁹⁹

FREE Returns

Save up to 2% with business pricing. Sign up for free Amazon Business account

- **[FTTH EQUIPMENT KIT]** - Our assembly FTTH tool kit Includes Optical Power Meter which works with LC, FC, ST, SCAPC, 30km Visual Fault Locator tester, FC-6S Fiber Cleaver, CFS-2 Fiber Optic Stripper, FTTH Drop Cable Stripper, Black Carry Bag, Alcohol Bottle, Fixed Length Rail.
- **[OPERATION DETAILS & TIPS]** - This FC-6S optical fiber cleaver is available with a single fiber adapter for 250 to 900 micron coated single fibers. It will terminate 50 micron core and cladding is 125 µm and Soft Peel is 250 µm. This can be used for SC, SM, MM, ST, FC connectors, if it is an LC connector, maybe an adapter is required. This can terminate LC fiber ends for universal types. Please notice that it can only cut one fiber one time.
- **[EASY TO OPERATE]** - Our FC-6S optical fiber cleaver is available with a single fiber adapter. It is not a fusion splicer and it is Fth rapid connection in the construction of rubber insulated wire stripping, fiber cutting, cleaning and testing process. You can use these tools to terminate the thin wires in the fiber, or to strip the fiber, complete fiber optic assembly or test work, etc.
- **[PORTABLE & TRAVEL]** - Light weight small size easy to operate Can be used for indoor cable stripping coating layer and positioning length It can be used to locate the indoor cable into the optical fiber cutting knife. It's designed for 1mm jacket. If you use unjacketed, then you must hold the fiber in with a drop of cyanoacrylate.
- **[WIDELY APPLICATION]** - Telecom Maintenance, CCTV Maintenance, Comprehensive cable construction system, Optical instruments research and development, Optical communication education and lab testing, Other optical project.

Specifications for this item

Brand Name	funchic
Item Weight	2.65 pounds

Delivery **Pickup**

\$68⁹⁹

FREE Returns

FREE delivery **Wednesday, January 25**

Or fastest delivery **Thursday, January 19**. Order within 11 hrs 33 mins

Deliver to Eduardo - Miami 33166

In Stock.

Qty: 1

Add to Cart

Buy Now

Secure transaction

Ships from Amazon
Sold by superiorish

Return policy: Eligible for Return, Refund or Replacement within 30 days of receipt - Support: Free Amazon product support included

Add your 30-day FREE trial of Prime and get fast, free delivery

Add a gift receipt for easy

Figura Anexo 9: Referencia de precio de Kit FTTH