



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A

**ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ACCESO
MEDIANTE FIBRA ÓPTICA EN GPON PARA EL MUNICIPIO DE SOATÁ CASCO
CENTRAL**

Andrés Felipe Medina Lozano

1002725524

Yeslie Guisel Mestizo Montaña

1032494104

DIRECTOR

Jennifer Eliana Correa Ussa

Tunja

Septiembre 13 de 2021

RESUMEN

La presente investigación está enfocada en el estudio, diseño e implementación de una red FTTH usando tecnología GPON, que logre garantizar mejoras en la velocidad y ancho de banda de la población de Soatá Casco Central. Se apoya en una investigación experimental de campo, ya que se opta por un escenario real con redes heredadas a fin de hacer la actualización, instalación y migración de la infraestructura pre existente. Para esto fueron analizadas diferentes despliegues que permitan la inclusión de estándares y tecnología de última generación de la familia FTTx y XPON. La recolección de información fue realizada por medio de investigación bibliográfica, permitiendo recabar los datos primarios que permitieron describir el escenario en el que se debía desarrollar el despliegue de la red, a fin de particularizar el mismo y definir topología, equipos necesarios, recursos humanos y tecnológicos aptos y adecuados para la zona específica de Soatá Casco Central. Se determinó la topología FTTH y la tecnología GPON como los escogidos de acuerdo a los estándares y recomendaciones internacionales, su viabilidad tecnológica, económica y su prestación de vida útil futura se hizo a través de criterios de evaluación de proyectos, que permiten evaluar escalabilidad, equipos, sincronización, ancho de banda, latencia y otros aspectos técnicos. Por último, se genera una propuesta de implementación que técnicamente presenta mayor rapidez para enviar y recibir información que es la demanda esencial del usuario final, abriendo un nuevo escenario de cultura de consumo digital y prestación de servicio de alta gama ajustado a los requerimientos actuales del mercado tecnológico a nivel mundial.

Palabras Claves: XPON, FTTH, redes de acceso, Fibra Óptica, GPON.

ABSTRACT:

This research is focused on the study, design and implementation of a FTTH network using GPON technology, which can guarantee improvements in the speed and bandwidth of the population of Soatá Casco Central. It is supported by an experimental field research, since a real scenario with legacy networks is chosen in order to update, install and migrate the pre-existing infrastructure. For this, different deployments were analyzed that allow the inclusion of the latest generation standards and technology from the FTTx and XPON family. The information collection was carried out by means of bibliographic research, allowing to collect the primary data that allowed describing the scenario in which the network deployment should be developed, in order to particularize it and define topology, necessary equipment, human resources and suitable and adequate technology for the specific area of Soatá Casco Central. The FTTH topology and GPON technology were determined as those chosen according to international standards and recommendations, their technological and economic viability and their future useful life provision were made through project evaluation criteria, which allow evaluating scalability, equipment, synchronization, bandwidth, latency and other technical aspects. Finally, an implementation proposal is generated that technically presents greater speed to send and receive information that is the essential demand of the end user, opening a new scenario of culture of digital consumption and provision of high-end service adjusted to current market requirements. technological and global.

Keywords: XPON, FTTH, Access Network, Optical Fiber, GPON.

CONTENIDO

1. FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO.....	8
2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. ALCANCE DEL PROYECTO.....	18
6. OBJETIVOS.....	19
6.1. OBJETIVO GENERAL	19
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
7. ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	20
8. METODOLOGÍA.....	21
9. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
9.1. FIBRA ÓPTICA (FO)	24
9.1.1. TIPOS DE FIBRA	24
9.2. RED PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK/ RED ÓPTICA PASIVA).....	26
9.2.1. TIPO DE REDES PON	27
9.3. TECNOLOGÍA FTTX.....	28
9.3.1. FIBER TO THE HOME (FTTH)	29
9.4. ELEMENTOS DE UNA RED GPON	30
10. MARCO LEGAL.....	32
10.1. DESCRIPCIÓN DE GPON	32
10.1.1. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.1	33
10.1.2. RECOMENDACIÓN UIT G.984.2.....	33
10.1.3. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.3	34
10.1.4. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.4	34

10.1.5. RECOMENDACIÓN UIT-T G.984.5	34
10.2. CÓDIGO DE COLORES FIBRA ÓPTICA.	35
10.3. NORMATIVA IP PARA CAJAS NAP.....	36
<u>11. DESARROLLO DEL PROYECTO</u>	<u>39</u>
11.1. PRESUPUESTO.....	39
11.2. CRONOGRAMA.....	39
11.3. DISEÑO DE RED FTTH SOBRE GPON.....	42
11.3.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	42
11.2.1.1 PLANTA INTERNA (CABECERA ÓPTICA).....	42
TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA (OLT, OPTICAL LINE TERMINATION).....	43
11.2.1.2 PLANTA EXTERNA.....	44
11.4. FASES DEL PROYECTO.....	52
11.3.1 FASE 1: INICIACIÓN.....	53
11.3.2 FASE 2: VERIFICACIÓN EN CAMPO.....	53
11.3.2.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE RED FTTH.....	54
11.3.3 FASE 3: INSTALACIÓN	59
11.3.4 FASE 4: MEDICIÓN	60
11.3.4.1 PRESUPUESTO ÓPTICO.....	60
11.3.4.2 MEDICIONES CON REFLECTÓMETRO ÓPTICO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OTDR).....	67
11.3.5 FASE 5: OPERACIÓN	72
<u>12. CONCLUSIONES</u>	<u>73</u>
<u>13. RECOMENDACIONES</u>	<u>76</u>
<u>14. REFERENCIAS</u>	<u>78</u>
<u>15. ANEXOS.....</u>	<u>82</u>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ficha Técnica del Proyecto	8
Tabla 2. Objetivos Específicos.....	19
Tabla 3. Características de las FO.....	25
Tabla 4. Características Esenciales de una GPON.....	28
Tabla 5. Grado de Protección Norma IEC 60529.....	37
Tabla 6. Grado de Protección Norma IEC 60529.....	37
Tabla 7. Presupuesto total.....	39
Tabla 8. Cronograma de actividades	39
Tabla 9. Características ópticas, Geométricas y Mecánicas cable ADSS 200.	45
Tabla 10. Pérdidas en Splitter Conectorizado	51
Tabla 11. Atenuación de Elementos Pasivos.	56
Tabla 12. Valores de Referencia de los Medios Físicos Dependientes.....	57
Tabla 13. Características de las clases en redes GPON.....	58
Tabla 14. Elementos Pasivos en la Red Soata-Boyacá.	60
Tabla 15. Presupuesto Óptico GPON. Enlace Soata. Boyacá.....	62
Tabla 16. Elementos Pasivos Línea 1. Soatá-Boyacá.....	63
Tabla 17. Presupuesto de Potencia. Línea 1. Soatá – Boyacá.....	64
Tabla 18. Elementos Pasivos Línea 2. Soatá-Boyacá.....	65
Tabla 19. Presupuesto de Potencia. Línea 2. Soatá – Boyacá.....	65
Tabla 20. Elementos Pasivos Línea 3. Soatá-Boyacá.....	66
Tabla 21. Presupuesto de Potencia. Línea 3. Soatá – Boyacá.....	66

LISTA DE IMÁGENES

Figura 1. Tipos de Fibra Óptica.....	25
Figura 2. Tecnologías FTTx.....	30
Figura 3. Arquitectura Básica Red PON – FTTH.....	31
Figura 4. orden de los colores en la fibra óptica.....	36
Figura 5. Esquema de Red FTTH.	42
Figura 6. OLT Huawei MA5683T Instalado.	43
Figura 7. Armario OLT en Funcionamiento.	44
Figura 8. Estándar TIA-598-C. Código de Colores FO.....	47
Figura 9. Cable ADSS. 24 Hilos.....	48
Figura 10. Mufa de Empalme.....	48
Figura 11. Caja NAP.....	50
Figura 12. Splitter 1x8.....	51
Figura 13. Huella de Trabajo. Municipio Soata.	55
Figura 14. Plano Unifilar Splitter de Primer Nivel.	56
Figura 15. Norma Técnica de Diseño de ODN.....	59
Figura 16. Pantalla OTDR para hilo 6 (Línea 1: L1).	68
Figura 17. Pantalla OTDR para hilo 7 (Línea 2: L2).	70
Figura 18. Pantalla OTDR para hilo 10 (Línea 3: L3).	71

1. FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

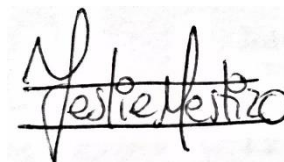
Tabla 1. Ficha Técnica del Proyecto

Título	Estudio, diseño e implementación de una red de acceso mediante fibra óptica en GPON para el municipio de Soatá, casco central
Nombres Estudiantes	Andrés Felipe Medina Lozano Yeslie Guisel Mestizo Montaña
Documentos estudiantes	1002725524 1032494104
Correos electrónicos	andres.medina@usantoto.edu.co yeslie.mestizo@usantoto.edu.co
Director	Jennifer Eliana Correa Ussa
Lugar de ejecución del proyecto	Soatá – Boyacá
Duración	6 meses
Costo	\$ 127.303.350
Palabras claves	Fibra óptica, FTTH, GPON.

Los abajo firmantes confirman que todos los datos incluidos en la presente propuesta son correctos y verídicos, que no incumplen ninguna ley o norma vigente (incluir nombres y firmas de estudiantes y director).



Andrés Felipe Medina Lozano
Autor



Yeslie Guisel Mestizo Montaña
Autor



Jennifer Eliana Correa Ussa
Director del proyecto

2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Pipe Comunicaciones es una empresa constituida como SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA creada en el año 2013, se dedica a actividades de telecomunicaciones inalámbricas.

Misión

Ofrecer servicios de telecomunicaciones, Internet y datos a personas y empresas para que estén más y mejor conectados con excelencia y calidad de servicio, proporcionando las mejores opciones tecnológicas para la región, con responsabilidad y cumplimiento de acuerdo a las necesidades y exigencias del cliente.

Visión

Ser los mejores en la región y ofrecer soluciones a través de nuestros productos en el mundo tecnológico y de la información; de acuerdo a las necesidades de los clientes, convirtiéndonos en una importante opción en el mercado por la calidad y el cumplimiento de nuestro trabajo.

Principios

- Mejoramiento continuo.
- El cliente es lo más importante.
- Calidad del servicio.
- Disponibilidad para atender a los clientes.
- Acceso y conectividad al alcance de todos.

Zonas de Cobertura (Municipios)

Soatá - Boavita - La Uvita - San Mateo - Guacamayas - El Espino - Chiscas
- Panqueba - Güicán - El Cocuy - Tipacoque – Susacon.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas son inconvenientes o fallas que surgen en distintos contextos y que requieren de una solución. Puede entenderse que un problema es una barrera que debe ser sorteada para alcanzar un objetivo. Para Balestrini (2016) un problema de investigación por tanto “es aquello que se desea explicar a partir de la tarea del investigador”. Su acepción como problema se vincula a que, por lo general, la finalidad de una investigación es brindar una solución: lo que se investiga, de este modo, supone un problema a resolver.

Con la aparición de Internet como servicio de libre acceso al público a finales del siglo XX, hubo un impulso de gran relevancia en la conceptualización del mercado de servicios tecnológicos. La capacidad de poder digitalizar cualquier contenido o información a transmitir hizo que los servicios orientados a conexiones de Internet se convirtieran, en poco tiempo, en la piedra angular en la infraestructura tecnológica necesaria para proveer todo un abanico de servicios multimedia.

Es por ello que este nuevo esquema en las redes de telecomunicaciones, combinado con el rápido crecimiento de la telefonía móvil y su conectividad asociada, ha puesto literalmente en la palma de la mano del usuario una oportunidad de disfrute a estas redes con una disponibilidad casi inmediata, es decir, se ha abierto una cultura de consumo digital donde el anonado prácticamente es un devorador de ancho de banda con una avidez escalable en el tiempo.

En los últimos años el acceso a Internet en Colombia, según se desprende de la Estadística de la Situación en Colombia en el año 2019 y 2020 dada por, Hootsuite (2021) en su artículo Digital 2020 Global Overview Report, es de cerca de 35 millones de personas, es decir 68% de la población colombiana tiene acceso a este servicio, y con un promedio de conexión en tiempo de 9 horas 10 minutos, y un crecimiento sostenido cercano al 3% lo que representa cerca de un

millón de personas nuevas que se conectan anualmente. De esta estadística se infiere que el Internet ha pasado de ser un lujo a una necesidad básica, servicios de red como: mensajería, video streaming, redes sociales y juegos, hacen necesario cada día más elevadas tasas de transmisión, obligando a los proveedores de acceso a Internet migrar hacia nuevas tecnologías que permitan cubrir esta demanda.

En Colombia pareciera que la conectividad está reservada para los centros urbanos y los municipios cercanos a las grandes ciudades, según lo indica Quintero y Solano (2020) en su artículo para el diario El Tiempo titulado “Estudiar en Línea en Colombia es un Privilegio”, sostienen igualmente que de los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2018 del DANE en el renglón específico: unidades de vivienda (es decir, las construcciones, las casas) que fueron reportadas con acceso a Internet, ya sea móvil o fijo, se encontró que, de los 10 municipios con mejor conectividad en el país (sin incluir las ciudades capitales), nueve son vecinos de Bogotá y de Medellín. Y uno, Floridablanca, está en las fronteras de Bucaramanga. Sabaneta y Envigado (Antioquia) son los dos municipios con mayor conectividad en toda Colombia, pues el 87 por ciento de las viviendas tienen acceso a Internet móvil o fijo.

En este orden de ideas, se puede inferir que las operadoras de Internet centran sus servicios en las ciudades y municipios más poblados, debido a la relación precio valor de un servicio cableado o satelital, y sumado a la baja demanda de servicios en las poblaciones alejadas.

El 17 de mayo de 2011 por iniciativa del gobierno nacional, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) presentó públicamente su Proyecto Nacional de Fibra Óptica, de acuerdo al portal web del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación, este proyecto tiene como objetivo elevar a más 700 la cantidad de municipios alcanzados por Internet de banda ancha.

Actualmente unos 300 municipios colombianos cuentan con infraestructura de fibra óptica que les permiten contar con acceso a Internet a velocidades de banda ancha.

Reseña en el artículo digital para TeleSemana:

En estas localidades se encuentra el 27% de la población de Colombia, según datos del MinTIC. Por lo que el objetivo del Proyecto Nacional de Fibra Óptica es extender la infraestructura a 700 municipios, es decir, más del doble de la cifra actual, donde reside el 90 por ciento de los habitantes del país. (Ledzma, 2011, p. 1)

Esta iniciativa será el instrumento que permitirá cumplir un objetivo fundamental de Vive Digital: conectar al 50 por ciento de los hogares y de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) a través de Internet.

En este orden de ideas, el municipio de Soatá fue incluido en el proyecto nacional de fibra óptica concesionada inicialmente a través de la empresa Azteca Comunicaciones Colombia, este municipio se encuentra a aproximadamente 295 Km de Bogotá, y por motivos de acceso no es viable la explotación de redes y servicios en esta zona.

La empresa Azteca Comunicaciones Colombia implementó en el año 2016, el acceso a Internet a través de servicios inalámbricos. Debido a la alta demanda y diversas plataformas utilizadas a través de las redes, realizó un estudio técnico para buscar la solución en bajas latencias, disminuir la fluctuación y ofrecer anchos de banda de acuerdo a las nuevas necesidades planteadas por los usuarios. Debido a las dificultades topológicas del municipio y a pesar de la amplia infraestructura con la que la empresa cuenta, no fue posible tener una cobertura amplia de la zona urbana del municipio de Soatá.

El municipio de Soatá según el último censo del DANE (2018), tiene una población de 8.538 habitantes, cuenta con dos instituciones educativas de educación básica, media y formación complementaria, las cuales albergan cerca

de 2.500 estudiantes según el Informe de Educación Oficial Básica y Media en Boyacá (Gutiérrez, 2019). También cuenta con una sede del SENA que oferta cursos de formación para el trabajo y técnicos laborales, así como es sede de varios centros de formación técnica universitaria con estudios semipresenciales, en números redondos se estaría hablando de cerca de 3500 estudiantes en los distintos niveles con una necesidad primaria de conexión móvil o fija a través de un punto de acceso, lo que representa un 40% de la población del municipio, sin contar con los comercios, pequeña, mediana empresa, y usuarios cotidianos que hacen uso del Internet como medio de consulta, trabajo o entretenimiento, que podría disparar ese porcentaje a un valor cercano a la media nacional (69%).

Desde el punto de vista de la tecnología, el principal problema en la utilización de par de cobre como soporte físico con tecnología Asymmetric Digital Subscriber Line – Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL), que limita la capacidad de transmisión de datos. Aunque se transmite por el canal voz y datos, el tope de 100 Mbps de los servicios ADSL caseros ya se hace escaso este ancho de banda para las prestaciones de aplicaciones modernas, video streaming y televisión digital.

Otro problema es la degradación de la señal por distancia recorrida, al depender directamente de la red conmutada, el despliegue sobre ADSL se encuentra en función de la adaptación de la central local para ofrecer servicios de banda ancha, unido a estos problemas de oxidación del metal, pequeñas roturas, aumentan la atenuación y las interferencias, por lo que normalmente se usa este servicio en áreas urbanas.

El servicio sobre ADSL al tener caudales de transmisión asimétricos, no se puede garantizar todo el ancho de banda contratado para aquellas personas y empresas, entonces, si el requerimiento es trabajar sobre aplicaciones avanzadas de telecomunicaciones, establecer videoconferencias o tan solo disfrutar de servicio de televisión streaming, este servicio no es el adecuado.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se pretende dar respuesta a un problema de prestación de servicio multimedia, con un ancho de banda mayor, menor latencia en la conexión y un ancho de banda mayor, sobre una red FTTH apoyada en protocolo GPON, que permita establecer criterios de factibilidad en el presente y a futuras implementaciones, desde el punto de vista comercial y económico este proyecto ofrece un panorama excelente para la inversión de nuevas tecnologías como servicios, en un entorno aun explotable y un mercado sumamente rentable.

4. JUSTIFICACIÓN

La transición de las redes de banda ancha tradicionales (ADSL) basadas en transmisión por hilo de cobre, hacia las redes de acceso de última generación basadas en fibra óptica, se ha situado en los últimos años como una de las principales prioridades estratégicas de la mayor parte de las regiones desarrolladas del mundo. El impacto primeramente de la crisis económica mundial y posteriormente de la pandemia por Covid 19, como lo expresa Palao (2020) en su artículo: *La Importancia de las Telecomunicaciones en Tiempo de Coronavirus*, ha puesto de manifiesto la necesidad de impulsar mejoras en la competitividad y la capacidad de innovación en la industria dedicada al despliegue y disponibilidad de acceso a redes de alta velocidad al ecosistema de Internet.

El despliegue de las redes de acceso de nueva generación impacta en tres líneas diferentes:

- Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios, ofreciendo mayor capacidad de ancho de banda y calidad de servicio.
- Impacto en la productividad e innovación, agregando mejoras en las aplicaciones orientadas a los procesos industriales y aplicaciones de gran cobertura en espacios de acceso remoto.
- Cambio en la estructura del sector telecomunicaciones permitiendo el fortalecimiento y robustez de sus redes, haciéndolas escalables de acuerdo a las necesidades de los abonados con una mayor penetración en el mercado (Pérez, 2019, p. 29).

Conociendo el escenario geográfico y la propuesta nacional, la apertura de licitaciones abre una libre competencia entre las operadoras para ofrecer un mayor ancho de banda debido a la demanda existente. Dentro de este marco, ya no solo es necesario para el acceso a Internet elementos de hardware y software convencional, sino también una gran dosis de paciencia por los tiempos de latencia en los enlaces de subida y bajada de la información. Las velocidades

actuales disponibles tanto para datos, voz y video, en la gran mayoría de los centros poblados pequeños son relativamente bajas. Esto se debe principalmente a que las líneas telefónicas, el medio utilizado por la mayoría de usuarios para conectarse, no fueron creadas para el transporte de servicios multimedia y otras aplicaciones que coexisten con la red.

Los principales proveedores de Internet y Telefonía Fija, proporcionan normalmente sus servicios mediante tecnología ADSL, sobre par de cobre, la cual representa desventajas como las bajas tasas de transmisión (entre 30 a 100 Mbps) y dificulta brindar un servicio de calidad a los usuarios que están muy alejados del nodo de telecomunicaciones, debido a la atenuación del cobre.

Es por ello la importancia de desplegar redes de banda ancha que interconecten al usuario final para cubrir las demandas del servicio. Para el despliegue de estas redes se opta por usar redes FTTH con el estándar GPON. Esta tecnología permite abaratar los costos, cubriendo la demanda existente, con un sistema robusto con base en la fibra óptica la cual según señala Leiva y Zamora (2018) tiene una vida útil de entre 20 años a 25 años.

El principal beneficio de FTTH es un mayor rendimiento de la red, específicamente velocidades más altas en una larga distancia, que el método más antiguo de usar cables coaxiales, conductores de par trenzado y ADSL no puede alcanzar. Debido a su ancho de banda significativamente mayor, se considera que FTTH en el presente y futuro cercano será la única solución a la demanda de servicios que hay. (Tinoco, 2011). Igualmente, el autor señala algunos beneficios que vienen con esto incluyen:

- Rendimiento mejorado para transmisión de video de alta definición en aplicaciones de alta demanda como YouTube.
- Permite múltiples actualizaciones sin tener que reemplazar la fibra, lo que lleva a algunos a llamar FTTH "a prueba de futuro". La infraestructura que rodea a la fibra se puede actualizar sin tener que actualizar la fibra en sí.

- Velocidades más altas en distancias más largas que las tecnologías anteriores.
- Mejor que otras configuraciones de fibra porque la fibra se conecta directamente a las residencias y puede completar los segmentos de red restantes con Ethernet o cable coaxial.

Desde el punto de vista económico, el mercado de las telecomunicaciones se hace competitivo en cuanto a sus ofertas de servicios y redes, ya que la infraestructura de soporte evoluciona permitiendo mayor cantidad de equipos que manejan video, datos y voz, lo que hace necesario integrar estos servicios con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios.

De acuerdo al punto de vista tecnológico, se tendrá una red que opera de manera más flexible, de bajo costo y una vida útil escalable y persistente debido a su naturaleza de fibra óptica. Por todas estas razones, este proyecto pretende implementar una red FTTH sobre protocolo GPON para el municipio de Soatá, permitiendo a sus habitantes acceder a servicios de telecomunicaciones eficientes, con un costo relativamente bajo y de última tecnología con lo cual se garantiza un alto flujo de información para un mayor número de usuarios.

5. ALCANCE DEL PROYECTO

El siguiente proyecto pretende brindar una solución tecnológica y de acceso al medio virtual para el municipio de Soatá casco Central, tanto para clientes residenciales como empresariales. Con la instalación y puesta en funcionamiento de una red conmutada sobre FTTH y bajo tecnología GPON se consigue multiplicar por 4 la distancia máxima de enlace respecto a las conexiones ADSL y de acceso inalámbrico existentes, pudiendo crear un enlace de hasta 20 Km entre el Optical Line Terminal: Terminal de Línea Óptico (OLT) y el Optical Network Termination: Terminal de Red Óptico (ONT) sin apenas pérdidas. Además, el ancho de banda que nos ofrece es mucho mayor, pudiendo conseguir enlaces de hasta 2.4 Gbps.

Este estándar es capaz de funcionar con voz, datos y vídeo sin necesidad de desplegar nada más, lo que beneficia en el aspecto de requerimientos y usabilidad a los clientes finales. Con la implementación de la red troncal hasta el abonado final se pretende beneficiar a cerca de 200 clientes en una primera etapa y con posterior adecuación e inversión crecer hasta un número cercano a 1000 clientes, con velocidades de tráfico constantes y bajas latencias.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Implementar una red de Acceso a Internet con protocolo FTTH sobre tecnología de acceso GPON para los usuarios de la empresa PIPE Comunicaciones en el Municipio de Soatá Casco Central.

6.2. Objetivos específicos

Tabla 2. Objetivos Específicos

Nro.	Objetivo específico
1	Diagnosticar la situación actual de conectividad y acceso al medio sobre las tecnologías existentes y prestadoras de servicio en el municipio Soatá Casco Central.
2	Diseñar la red de acceso sobre protocolo FTTH y bajo tecnología GPON en función a un estudio de georreferenciación.
3	Implementar la red de acceso sobre protocolo FTTH y bajo tecnología GPON en el municipio Soatá Casco Central. (Anexo 2 , Anexo 3)

Fuente: Autores (2021)

7. ABREVIATURAS UTILIZADAS

- ISP: Proveedor de Servicios de Internet.
- GPON: Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.
- Gbps: Gigabit por segundo.
- Mbps: Megabit por segundo.
- ADSL: Línea de Abonado Digital Asimétrica.
- OLT: Terminal de Línea Óptica.
- ONT: Terminal de Fibra Óptica.
- FO: Fibra Óptica.
- FTTH: Fibra hasta el Hogar.
- FTTN: Fibra hasta el Nodo.
- FTTC: Fibra hasta el Armario.
- FTTB: Fibra hasta la Acometida.
- CO: Oficina Central.
- ODN: Red de Distribución Óptica.
- FDH: Armario de Fibra Óptica (Concentrador).
- WDM: Multiplexación por División de Longitud de Onda.
- TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo.
- UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

8. METODOLOGÍA

Cuando el investigador se encuentra en la etapa inicial de la formulación de un proyecto de investigación es indispensable el conocer y posicionarse en un determinado paradigma que guíe el proceso investigativo, ya que, “no se puede entrar al terreno de la investigación sin tener una clara percepción y conocimiento de qué paradigma direcciona la aproximación que tiene el investigador hacia el fenómeno de estudio” (Guba y Lincoln, 1994, p. 113).

El paradigma bajo el cual se enmarca esta investigación es el positivismo, el cual:

...acepta como único conocimiento válido al conocimiento verificable y mensurable, visible, lo que importa para el positivista es la cuantificación y medir una serie de repeticiones que llegan a constituirse en tendencias, a plantear nuevas hipótesis y a construir teorías, todo fundamentado en el conocimiento cuantitativo. (Ballina, 2017, p.3)

La estadística permite cuantificar todo a través de muestras, esta ciencia ha permitido la metodología más idónea y coherente para el paradigma positivista, para poder explicar, controlar y predecir.

En este orden de ideas, la presente investigación utiliza el método analítico que consiste en la aplicación de la experiencia directa (lo propuesto por el empirismo) a la obtención de pruebas para verificar o validar un razonamiento, a través de mecanismos verificables como estadísticas y la observación de fenómenos.

El método analítico es sumamente útil en campos de estudio novedosos e inexplorados o en estudios de tipo descriptivo, dado que emplea herramientas que revelan relaciones esenciales y características fundamentales de su objeto de estudio. Además, permite aprender tanto de los aciertos experimentales como de los errores.

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, donde el saber científico se caracteriza por ser racional, objetivo, se basa en lo observable, en lo manipulable y verificable (Cuenya & Ruetti, 2010). Mediante el principio de verificación y mensura de las proposiciones sólo tienen validez los conocimientos que existen ante la experiencia y observación; todo debe ser comprobado para ser válido para la ciencia.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no existe ningún tipo de incidencia, por parte de quien investiga, sobre las variables independientes; por tanto, contrario a la experimentación, se realizan análisis causa-efecto sin mediación alguna sobre las causas (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). En cuanto a la clasificación de los diseños no experimentales, se retoma el criterio de autores, quienes diferencian “por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 151). A partir de dicho criterio, se plantea esta investigación con un diseño transversal o transeccional.

Una vez expuesto el paradigma de investigación y todo lo que metodológicamente conlleva la realización del proyecto de investigación, se plantean para verificar la implementación cinco fases las cuales tienen una importancia para el desarrollo del mismo, a saber:

Fase 1 INICIACIÓN: esta fase contempla las consideraciones, investigaciones y compras a realizar antes de la ejecución del proyecto.

Fase 2 VERIFICACIÓN EN CAMPO: es la información inicial recopilada, visitas en sitio para determinar actividades y cronograma de las mismas y adecuación previa de los elementos de red.

Fase 3 INSTALACIÓN: en esta fase se da inicio al trabajo de colocación de medios físicos, adecuación de infraestructura lógica, tendido de líneas y verificación de las mismas.

Fase 4 MEDICIÓN: esta fase se caracteriza por el levantamiento de un proceso de medición y comprobación de la red instalada por medio de OTDR, a fin de ajustar la red a los parámetros de GPON bajo estructura FTTH.

Fase 5 OPERACIÓN: en esta última etapa se lleva a cabo la migración tecnológica al cliente, para dar así respuesta a la alta demanda del servicio.

Es importante destacar, que los objetivos específicos del proyecto abarcan hasta la implementación, se hizo necesario e importante incorporar en la fase 4, la verificación de la implementación el cual abarcó la fase de testeos con OTDR, a fin de asegurar el buen desarrollo del proyecto.

9. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este apartado del trabajo se presentarán los principales conceptos asociados al desarrollo del proyecto, a fin de dar un mejor entendimiento al momento de tecnicismos propios del medio de las telecomunicaciones. Con el desarrollo de todas estas conceptualizaciones se podrá abordar el tema concerniente a la instalación de una Red FTTH sobre tecnología GPON para el municipio Soatá.

El desarrollo conceptual partirá desde la esencia o núcleo del trabajo, la fibra óptica, e irá sobre este concepto construyendo el entramado de acepciones propias del medio y propias de la tecnología en cuestión.

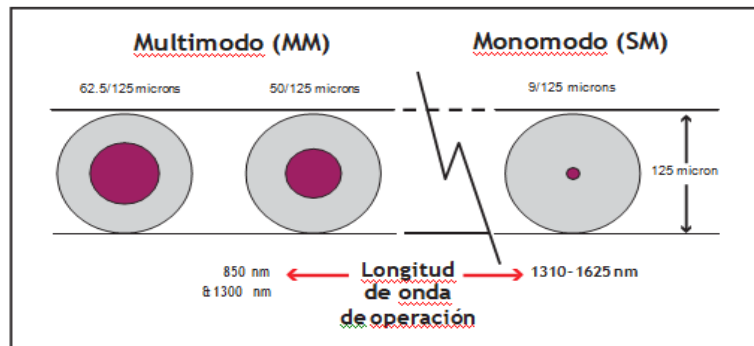
9.1. Fibra Óptica (FO)

Es un medio físico de transmisión de información, usado en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en los cuales se contienen los datos a transmitir. Además de brindar velocidades y distancias superiores en comparación a cualquier otro medio de transmisión (cobre o inalámbrico) (Mandujano, 2019, p. 25).

9.1.1. Tipos de Fibra

Existen dos tipos esenciales de fibra óptica, la primera se conoce como monomodo y la segunda multimodo. Las diferencias más notables son el modo de propagación del haz de luz, el diámetro del núcleo y del revestimiento.

Figura 1. Tipos de Fibra Óptica



Fuente: SolutionFTTX(2018)

Las principales características de cada tipo se presentan en la tabla 3 y son las siguientes:

Tabla 3. Características de las FO

FO Monomodo	FO Multimodo Índice Escalonado	FO Multimodo Índice Gradual
<ul style="list-style-type: none"> Núcleo pequeño, por el orden de los 9 microns. Permite altas tasas de transmisión. Se usa para distancias grandes (20Km). 	<ul style="list-style-type: none"> Núcleo grande por el orden de los 62,5 microns. Tasas de transmisión baja. Se usa para distancias cortas (2Km). Alta latencia por efecto de las distintas señales de luz que transmite. 	<ul style="list-style-type: none"> Núcleo mediano en comparativa, por el orden de los 50 microns. Tasa de transmisión alta. Se usa para distancias cortas (2Km). Baja latencia en el centro del núcleo y alta en los extremos.

Fuente: Autores (2021)

Las ventajas del uso de la fibra óptica para sistemas de comunicaciones modernos radican en lo siguiente:

Un enorme ancho de banda disponible asociado a bajas pérdidas lo que posibilita el espaciado entre elementos pasivos y activos de la red, la resistencia al fuego de la fibra, ya que al ser silicio se funde cercano a los 1900°C. En comparación con el cobre, la fibra está libre de oxidación y su peso es entre 10 al 30% menor que el metal, por no ser metal también ofrece posibilidades de

instalación en sitios con alta carga o tráfico de electricidad, ya que la inducción eléctrica, arcos y demás riesgos están descartados (Ibañez, 2017, p.19).

Entre las principales desventajas están:

Los sistemas de fibra requieren de conexiones y acoplamientos extremadamente exactos para no perder las prestaciones de la fibra, al igual que reparaciones posteriores a su instalación, que implica un equipo poco convencional, obra civil y preparación técnica adecuada de quien procese la falla o corte.

Con el uso del Internet en la vida cotidiana para acceso a la información, transferencia de correo y archivos multimedia, acceso a redes sociales, uso masivo de televisión con tecnología IPTV (Internet Protocol Television), entre otros, ha contribuido a que los abonados residenciales tengan una demanda de mayor velocidad de transmisión.

En este orden de ideas, para cubrir la demanda del cliente en cuanto a sistemas de banda ancha, una solución atractiva es el empleo de redes de fibra óptica, en concreto FTTH, ya que permite conectar a distancias considerables del nodo, ofreciendo mayores velocidades de transmisión y con estabilidad en función al incremento de distancia (Agila, 2019, p. 5).

Las redes FTTH están conformadas por elementos de fibra óptica pasivos PON (Passive Optical Network), que comprende el tramo entre la central y el cliente, sin ser parte de ello los equipos activos de transmisión y recepción. Una de las ventajas que se tienen en este tipo de sistemas es que se puede compartir un hilo de fibra óptica entre varios clientes.

9.2. Red PON (Passive Optical Network/ Red Óptica Pasiva)

Se define como una red que permite eliminar todos los componentes activos que existan entre el punto de red de origen y su punto final, incorpora en su lugar componentes ópticos pasivos como uno de sus elementos principales,

reduciendo así considerablemente los costes. Esta tipología de red se utiliza en su gran mayoría en redes para FTTx (Gaona y Santillan, 2013, p. 29).

9.2.1. Tipo de Redes PON

APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).

La Red Óptica Pasiva ATM está definida en la revisión del estándar de la UIT-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Ésta basa su transmisión en canal descendente con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de las ONU que estén conectadas. Su principal desventaja constituye en la incapacidad de manejo de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto (Marchukov, 2011, p. 25).

9.2.1.1 *BPON (Broadband Passive Optical Network)*

La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha constituye una mejora de la tecnología APON, para obtener más acceso a servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplexación de longitud de onda (WDM), logrando así un mejor ancho de banda (Marchukov, 2011, p. 26). Caracterizan esta tecnología el tráfico asimétrico en los canales, y el alcance de 20 Km.

9.2.1.2 *EPON (Ethernet Passive Optical Network)*

En el año 2001, la IEEE configuró un grupo de estudio llamado Ethernet en la Última Milla y se generó una nueva especificación de redes ópticas pasivas, denominada Ethernet PON (EPON). Esta nueva arquitectura transporta directamente tráfico nativo Ethernet. Usa el estándar 8b/10b (codificación de línea) y siempre que es posible, mantiene fielmente el espíritu de la recomendación 802.3, incluyendo el uso full dúplex de acceso al medio (Vallejos, 2013, p. 22).

9.2.1.3 *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*

Tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El

principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus predecesoras, y lograr una mayor eficiencia en el transporte de servicios basados en IP (Vallejos, 2013, p. 8).

Las velocidades manejadas por esta tecnología, según menciona Millan (2007), son mucho más rápidas, ofreciendo 2.488 Gbps para el canal de bajada y de 1.244 Gbps para el canal de subida. Esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario, un gran avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Características Esenciales de una GPON

Características	GPON
Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Descen: 2488, 1244 • Ascen: 2488, 1244, 622, 155
Codificación de línea	<ul style="list-style-type: none"> • NRZ (+aleatorización)
División mínima (en capa TC)	<ul style="list-style-type: none"> • 64
División máxima (en capa TC)	<ul style="list-style-type: none"> • 128
Alcance lógico máximo soportado por capa TC	<ul style="list-style-type: none"> • 60 km (con 20 Km diferencial entre ONTs)
Protocolos de capa 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet, TDM sobre GEM (GPON Encapsulation Model), ATM
Documentos estándar	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-T G.984 Series
Soporte TDM	<ul style="list-style-type: none"> • TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquete
Típica capacidad descendente (para caudal de datos IP)	<ul style="list-style-type: none"> • 1170 Mbit/s (para v, línea 1,244 Gbits/s)
Típica capacidad descendente (para caudal de datos IP)	<ul style="list-style-type: none"> • 1160 Mbits/s (para v, línea 1,244 Gbit/s)
OAM	<ul style="list-style-type: none"> • PLOAM + OMCI
Seguridad Descendente	<ul style="list-style-type: none"> • AES (modo contador)

Fuente: Mandujano, 2019

9.3. Tecnología FTTx

Bajo las siglas FTTx se agrupa toda una familia de tipos de conexión, que según establece SitNet (2021), es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cobre del bucle de acceso. Dentro de esta familia se pueden mencionar:

9.3.1. Fiber to the Home (FTTH)

Conocida como fibra hasta el hogar.

Se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados: Internet de banda ancha, telefonía y televisión, a los hogares y negocios de los abonados (Calderon, 2018, p.11).

9.3.1.1 *Fiber to the Building (FTTB)*

Fibra hasta el edificio.

Es una forma de prestación de comunicación de fibra óptica que necesariamente se aplica solo a aquellas propiedades que contienen múltiples espacios de trabajo. La fibra óptica termina antes de que realmente llegue a los suscriptores que viven o trabajan el espacio en sí. De esta manera, la señal se transmite a la instancia final utilizando todos los medios no ópticos, incluyendo par trenzado, cable coaxial, conexión inalámbrica, entre otras (Lanchi, 2015, p. 54).

9.3.1.2 *Fiber to the Curb/Cabinet (FTTC, o FTTCab)*

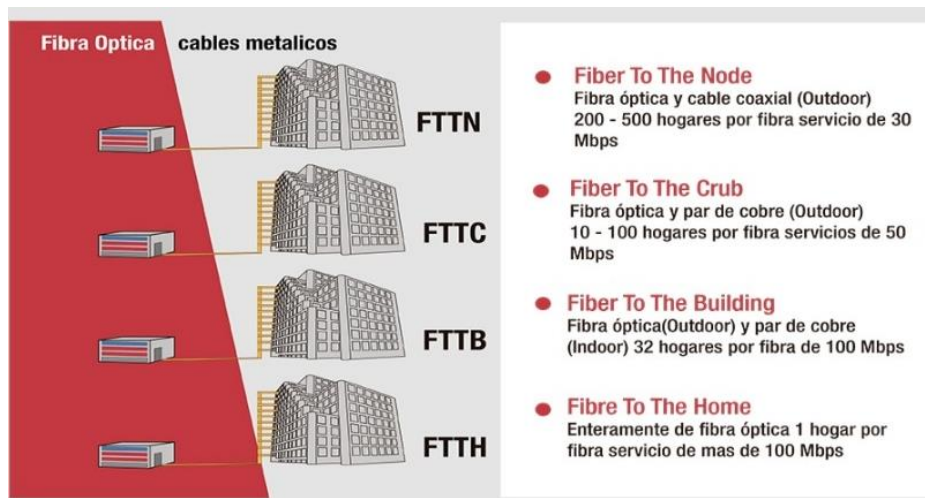
FTTC llega hasta un armario en la acera. El último tramo es mediante cobre, habitualmente con un nuevo tendido de cable coaxial, que, si bien es mejor que el par trenzado de cobre, también tiene limitaciones enormes respecto al ancho de banda de la fibra óptica (Miralles, 2015, pág. 58).

9.3.1.3 *Fiber to the Node (FTTN)*

Fibra hasta el Nodo, también llamada fibra hasta el barrio, es definida como:

Una arquitectura de telecomunicaciones basada en cables de fibra óptica para ejecutar un armario que sirve un barrio. Normalmente, los clientes se conectan a este aparato con cable coaxial tradicional o el cableado de par trenzado. El armario por lo general sirve a un radio de 1500 m y puede contener varios cientos de clientes (Mandunjaro, 2019, p. 32).

Figura 2. Tecnologías FTTx



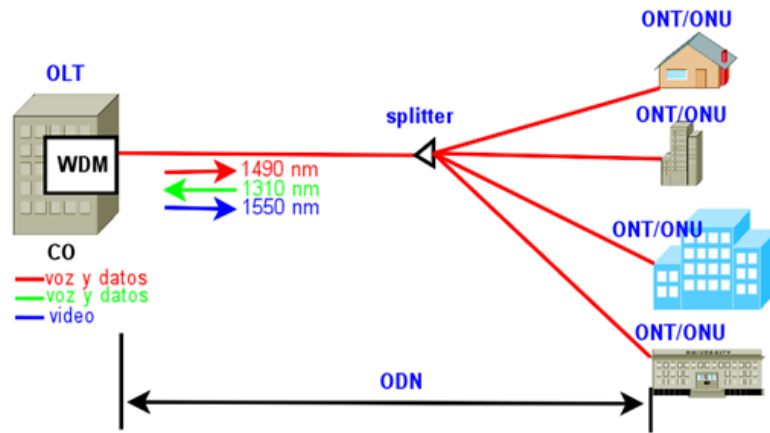
Fuente: Servihelp.net (2021)

9.4. Elementos de una Red GPON

El esquema de una red GPON en su concepción macro:

Está compuesto por tres partes fundamentales: la OLT - (Optical Line Terminal), ODN (Optical Distribution Network) y ONT (Optical Node Terminal). La OLT está ubicada en el nodo del proveedor de servicios y contiene todos los equipos activos. La ODN es la red óptica pasiva de distribución que abarca a la red feeder, a la red distribución y a la red de dispersión, en donde su elemento más importante es el splitter encargado de dividir las señales a las respectivas ONTs de los usuarios. La NAP (Network Access Point), comúnmente llamada caja óptica de distribución es el equipo terminal que conecta la red de distribución con la red de dispersión. Finalmente, en el domicilio del cliente está ubicada la ONT que es el equipo terminal de la red GPON, la cual recibe las señales ópticas y las transforma a señales eléctricas (Mandujano, 2019, p. 33), tal como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Arquitectura Básica Red PON – FTTH.



Fuente: www.Huawei.Com (2019)

10. MARCO LEGAL

EPON (Ethernet PON), también conocido como GEPON, fue definido en la IEEE 802.3ah en 2004, unos meses después de GPON, por el grupo EFMA (Ethernet First Mille Alliance) del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Como se puede observar, ambas tecnologías han sido estandarizadas por grupos distintos, EPON es del IEEE y GPON de la ITU-T (Millán, 2014, p. 65).

Sobre el estándar ITU-T (GPON), pese a que los cables de fibra óptica superan muchas limitaciones, uno de los obstáculos en la provisión de servicios de fibra óptica directamente a los hogares y a las pequeñas empresas fue en su momento el elevado coste de conectar a cada abonado a la central. Para superar los problemas de costes, actores importantes de la industria crearon la organización de normalización Red de Acceso de Servicio Completo (Full-Service Access Network, FSAN), la cual se fundó para facilitar el desarrollo de especificaciones adecuadas de sistemas de equipos de redes de acceso. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) convirtió las especificaciones FSAN en recomendaciones. La especificación FSAN para redes ópticas pasivas (PONs) basadas en ATM se convirtió en una norma internacional en 1998 y fue adoptada por la ITU como recomendación G.983.1 (Millán, 2014, p. 66).

10.1. Descripción de GPON

GPON es la tercera generación de protocolo PON y la segunda generación desarrollado por el consorcio FSAN. GPON y sus protocolos están especificadas en el ITU-T G984 serie. GPON se desarrolló para soportar mayores velocidades de datos que fueron cambiando a través de los avances tecnológicos (Santillan, 2013, pág. 15).

La norma ITU-T G.984.x ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) (ITU-T, 2011), menciona Santillan (2013), es una recomendación extensa y muy compleja que no solo ayuda a tomar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, sino también proporciona un criterio amplio que busca optimizar los recursos como

elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción.

10.1.1. Recomendación UIT-T G.984.1

Esta recomendación de acuerdo a la ITU-T (2008), en el ítem de las definiciones:

Trata de la introducción hacia el estándar GPON, mostrando las características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada.

Las características generales incluyen ejemplos de servicios, de interfaces usuario-red (UNI, user network interface) e interfaces de nodo de servicio (SNI, service node interface) que son necesarios para los operadores de red. Además, se ilustran las principales configuraciones de instalación.

Se mantienen las características de la UIT-T G.982 y de UIT-T de la serie G.983.x. La finalidad es asegurar la compatibilidad con las redes de distribución óptica existentes (ODN, optical distribution network) que son conformes con esas recomendaciones. Los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination) y una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) pasiva que los interconecta (p. 8)

10.1.2. Recomendación UIT G.984.2

Este es el conjunto de especificaciones técnicas para el correcto manejo de la capa dependiente de los medios físicos PMD, esta capa cubre sistemas con tasas nominales de velocidad de 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección descendente (downlink), así como 155.52Mbps, 622.08Mbps, 1244.160Mbps y

2488.320Mbps en dirección ascendente (uplink), además explica el manejo simétrico y asimétrico de las señales con referencia a las velocidades descritas anteriormente. Además, abarca servicios de voz, distributivos y de datos con velocidades en Gigabits (Rodríguez, 2015, p. 29).

10.1.3. Recomendación UIT-T G.984.3

Conocida también como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (Transmission Convergence), indica los formatos de la trama utilizada, el método de control de acceso al medio, el método ranging, la función OAM y la seguridad en redes GPON. Puede decirse que esta recomendación está directamente relacionada a los aspectos de la fibra óptica, explicando algunas de las redes con métodos de acceso flexible que utilizan este medio, describiendo las características de las redes PON. Además, involucra los pasos que se deben considerar en el diseño de la red GPON, en base a las distancias, funcionalidad y seguridad (Rodríguez, 2015, p. 29).

10.1.4. Recomendación UIT-T G.984.4

Son las especificaciones de la interfaz de control y gestión OMCI, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información entre la OLT y ONT. Además, permite conocer a fondo como se administran los diferentes servicios y sus respectivas tramas según las relaciones y atributos dentro del sistema de encriptación (Rodríguez, 2015, p. 29).

10.1.5. Recomendación UIT-T G.984.5

Esta recomendación sugiere un rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para una futura implementación de nuevos servicios a través de la técnica de multiplexación WDM, esto para aprovechar de mejor manera las cada vez más capaces redes ópticas (Rodríguez, 2015, p. 30).

Refiriéndose al nivel nacional, el soporte legal de esta investigación se encuentra la ley TIC, que define en sus principios generales, Art. 1, lo concerniente a las tecnologías de la información y las comunicaciones, el uso del

espectro radioeléctrico, la protección de los derechos de los usuarios, reorganiza un fondo para la implementación y el desarrollo de proyectos relacionados con tecnologías y su relación con la educación, entre otros aspectos que hacen posible una Colombia con gran visión tecnológica (Ley 1341, 2009, p. 1).

Esta Ley en su artículo 4, parágrafo 6, menciona: “Garantizar el despliegue y el uso eficiente de la infraestructura y la igualdad de oportunidades en el acceso a los recursos escasos, se buscará la expansión, y cobertura para zonas de difícil acceso, en especial beneficiando a poblaciones vulnerables” (p. 4).

Amparado en esta Ley como marco jurídico, se formulan los planes Vive Digital 2010-2014, y 2014-2018, que no es más que documentos donde se especifican todas las acciones, actividades, proyectos, retos y/o cambios que afrontaría el país en términos de acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones para los colombianos durante un periodo de 8 años divididos en dos fases de 4, teniendo en cuenta que con ello se podían lograr varios cambios significativos, señala también el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (2015), en cuanto al aumento de la competitividad, (reducción del desempleo y desigualdad, entre otros, como es mencionado en el mismo documento digital: La Necesidad de Masificar Internet en Colombia (2015), “el propósito de este plan es aumentar la penetración de Internet y otras variables asociadas para mover al país a un mejor nivel de competitividad”.

10.2. Código de colores fibra óptica.

La Asociación de la Industria de Telecomunicaciones, señala Anchondo (2021), creó una norma la cual es TIA-598-C. Esta norma define la codificación por colores de cables de fibra óptica de una manera uniforme. Este estándar permite identificar las unidades de fibra mediante una leyenda impresa. Este método puede usarse para la identificación de cintas de fibra. La leyenda contendrá un número y / o color de posición numérico impreso correspondiente para su uso en la identificación.

A continuación, se muestra en la figura 4, el orden de los colores en la fibra óptica:

Figura 4. orden de los colores en la fibra óptica

Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)			
Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con línea negra
2	Naranja	14	Naranja con línea negra
3	Verde	15	Verde con línea negra
4	Marrón	16	Marrón con línea negra
5	Gris	17	Gris con línea negra
6	Blanco	18	Blanco con línea negra
7	Rojo	19	Rojo con línea negra
8	Negro	20	Negro con línea amarilla
9	Amarillo	21	Amarillo con línea negra
10	Violeta	22	Violeta con línea negra
11	Rosa	23	Rosa con línea negra
12	Turquesa	24	Turquesa con línea negra

Fuente: Syscom (2021)

10.3. Normativa IP para cajas NAP

Menciona SolutionsFTTx (2021) que las letras IP identifican al estándar, y hacen referencia al estándar internacional IEC 60529 Degrees of Protection. El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua). El sistema es reconocido en la mayoría de los países. Primera cifra – Nivel de protección contra objetos sólidos, Segunda cifra – Nivel de protección contra el agua.

Con el fin de mostrar el grado de protección Norma IEC 60529 referente al primer y segundo dígito, se presentan las tablas 5 y 6 respectivamente.

Tabla 5. Grado de Protección Norma IEC 60529

Primer dígito (IP*X)

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	--	Sin protección
1	<50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
2	<12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12.5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
3	<2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2.5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
4	<1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia.

Fuente: Qontinuum-plus (2020)

Tabla 6. Grado de Protección Norma IEC 60529

Nivel	Protección frente a	Método de Prueba	Resultados
0	Sin protección	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto).
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en	No debe entrar el agua arrojada

		su lugar de trabajo habitual.	desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m^2 durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m^2 durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m^2 durante no menos de 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua	El objeto debe soportar, sin fricción alguna, la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continua en agua	El equipamiento eléctrico/electrónico debe soportar (sin fricción alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua.
9K	Potentes chorros de agua a alta temperatura	Protegido en contra de chorros de corto alcance a alta presión y de alta temperatura.	Duración del Test: Volumen de agua: 14-16 litros por minuto. Presión: [8000-10000 kPa/ 80-100 Bar] distancia de 0.1-0.15 m. Temperatura del agua: 80° C.

Fuente: Continuum-plus (2020)

11.3. Diseño de Red FTTH sobre GPON

En este apartado del trabajo se presentarán los requerimientos técnicos en función a la red FTTH con tecnología GPON junto con la descripción y puesta en marcha de cada uno de sus elementos.

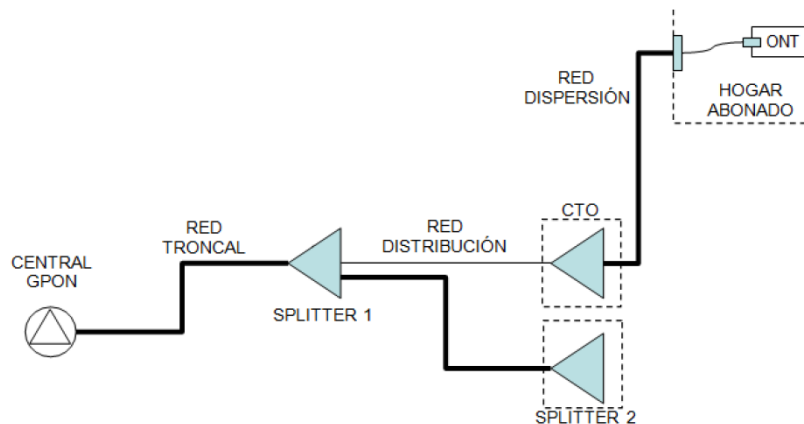
11.3.1. Requerimientos técnicos

En función a la arquitectura de una red FTTH bajo tecnología GPON, y basado en los equipos disponibles en el mercado, se consideran los siguientes equipos para el establecimiento e instalación de la red requerida (Figura 5).

Una red FTTH, señala Ibañez (2017, p. 35) consta de cuatro partes:

1. Equipos en central (cabecera óptica).
2. Red de alimentación (red troncal).
3. Red de distribución.
4. Red de dispersión.

Figura 5. Esquema de Red FTTH.



Fuente: Ibañez (2017, p. 35)

11.2.1.1 Planta interna (Cabecera Óptica)

A continuación, se describen las características de la OLT utilizada para el desarrollo del proyecto (Ver [Anexo 2](#), evidencia 7).

Terminal de Línea Óptica (OLT, Optical Line Termination)

Este elemento es el responsable de la transmisión y control del tráfico bidireccional a través de la red de distribución óptica. Están ubicadas en las centrales y son gestionadas mediante un EMS (Element Management System) (Ibañez, 2017, p. 23).

En el canal descendente, la OLT inyecta la voz, el vídeo y los datos procedentes de los proveedores de servicio y los distribuye a todas las ONT a través de la red en la longitud de onda 1490nm. En la dirección ascendente, la OLT recibe el tráfico que proviene de todas las ONT en la longitud de onda de 1310nm. Las OLTs soportan múltiples PONs (Passive Optical Network), cada PON se corresponde con un splitter de primer nivel. Se presenta la figura 6, OLT Huawei MA5683T instalado.

Figura 6. OLT Huawei MA5683T Instalado.



Fuente: Autores (2021)

En cuanto al apartado físico, y el armario que soporta la OLT, Agila (2019, p. 28) menciona lo siguiente, en cuanto a seguridades del armario:

- ✓ Resistente al agua y al polvo, cumpliendo con los requerimientos de protección IP55 (Protección contra depósitos de polvo, agua a presión en cualquier dirección).

- ✓ Presenta tornillos de fijación bajo el armario dándole excelentes características anti – robo.

En cuanto al mantenimiento del armario, Agila (2019, p. 29), indica:

- ✓ Facilidad de mantenimiento debido a que los componentes dentro del armario son de acceso frontal.
- ✓ Está compuesto por un compartimento MDF en la parte frontal; y un compartimento ODF, teniendo en la parte interna empalmes de fibra óptica de fábrica, de tal manera que las fusiones necesarias para habilitar la red feeder se los ejecute en los cables exteriores del armario.

Figura 7. Armario OLT en Funcionamiento.



Fuente: Autores (2021)

11.2.1.2 Planta externa

Aquí se presentarán las propiedades que debe tener la fibra óptica para ser empleada en la Red Feeder.

Red Feeder (Troncal)

La red Feeder inicia en la OLT para exteriores que será soportada por el armario Huawei MA5680T que se ubicará en la esquina de la carrera 4 con calle 10.

Cable óptico: el cable óptico para la red feeder debe cumplir las características ópticas, mecánicas y geométricas para que pueda ser empleado en redes GPON. El cable debe ser del tipo monomodo SM (Single mode) que cumple con las recomendaciones de la ITU –T G652.D, siendo su núcleo de silicio dopado con germanio, el revestimiento de silicio puro y la cubierta plástica con protección UV, siguiendo estas recomendaciones la fibra debe tener una excelente transmisión óptica y rendimiento físico, y vida útil de mínimo 25 años.

Las características geométricas, ópticas y mecánicas de la fibra se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Características ópticas, Geométricas y Mecánicas cable ADSS 200.

Especificaciones Ópticas		
Atenuación	<u>.@1310nm</u>	≤0,35 dB/km
	<u>.@1550nm</u>	≤0,21 dB/km
	<u>.@1625nm</u>	≤0,24 dB/km
Pendiente de Dispersión Cero		≤0,092 ps/(nm ² .km)
Dispersión	<u>.@1550nm</u>	≤18,0 ps/(nm.km)
	<u>.@1625nm</u>	≤22,0 ps/(nm.km)
Longitud de Onda de Dispersión Zero		1300nm a 1324nm
Diámetro del Campo Modal a 1310nm		9,2±0,6µm
Diámetro del Campo Modal a 1550nm		10,5±1,0µm
Dispersión en Modo de Polarización	PMD (Valor Sencillo)	≤0,20 ps/km ^{1/2}
	Q	0,01%
	PMDq (Link Valor)	≤0,10 ps/km ^{1/2}
Longitud de Onda de Corte del Cable λ_c (nm)		1180nm ≤ λ _c ≤ 1330nm
Características Geométricas		
Diámetro del Revestimiento		125±1,0µm
Error en Concentricidad del Núcleo		≤0,6µm
Diámetro de Fibra con revestimiento		345±15µm
Rizo		≥4m

Características Mecánicas	
Tensión de Prueba	≥0,69GPa (100Kpsi)
Fuerza de tensado de Corte	1,4N
Parámetro susceptible de Tensión Dinámica	≥20

Fuente: FiberHome (S/f) https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2020/06/12/fa26c/Aerial_cable_ADSS_6-96_G.652D_span_200m_specification.pdf

En las características ópticas del cable, se aprecia la variación de atenuación en sus diferentes longitudes de onda, donde se indica lo siguiente:

- ✓ Longitud de onda 1310nm, atenuación 0.35dB/km, empleada por el canal de subida, desde la ONT hacia la OLT.
- ✓ Longitud de onda 1550nm, atenuación 0.21dB/km, se utiliza para canal de descarga, desde la OLT hacia la ONT.
- ✓ Longitud de onda de 1625nm, atenuación 0.24dB/km, se emplea para ejecutar pruebas de estado de la red, sin necesidad de interrumpir la comunicación entre ONT y OLT.

Por lo tanto, para el tendido del cable óptico de la red feeder se elige el tipo dieléctrico auto-soportado anti-tracking G.652.D de 24 fibras. Con cuatro buffers que contengan 6 fibras cada uno, de tal forma que facilite y disminuya el riesgo de cortes al momento de hacer sangrados de cable.

El cable debe estar identificado conforme al sistema internacional de código de colores (TIA/EIA-598-B), como se presenta en la figura 8.

Figura 8. Estándar TIA-598-C. Código de Colores FO.

Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)			
Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con línea negra
2	Naranja	14	Naranja con línea negra
3	Verde	15	Verde con línea negra
4	Marrón	16	Marrón con línea negra
5	Gris	17	Gris con línea negra
6	Blanco	18	Blanco con línea negra
7	Rojo	19	Rojo con línea negra
8	Negro	20	Negro con línea amarilla
9	Amarillo	21	Amarillo con línea negra
10	Violeta	22	Violeta con línea negra
11	Rosa	23	Rosa con línea negra
12	Turquesa	24	Turquesa con línea negra

Fuente: ITU-T (2020)

Fibra ADSS SPAN 200 – 24 HILOS. El Cable Fibra Óptica Dieléctrico ADSS 200 (All Dielectric Self Supported), según lo reseña (Silexfiber (2021), en su portal web:

Son cables de fibra óptica de tipo monomodo, auto soportados diseñados para tendidos entre postes, únicamente con anclajes entre puntos. Los cables ADSS son de gran resistencia a la tracción, igualmente ligeros para mantener la eficacia de tendido entre vano. De estructura holgada con recubrimiento en 250µm, elementos de tracción Kevlar y doble cubierta PE (Polietileno). Son de aplicación exterior, FTTx, Instalaciones fijas entre postes, así como cualquier montaje a la intemperie de tendidos entre edificios u otros. Es, en fin, cable de buena resistencia mecánica y tensión que se adapta numerosas aplicaciones de montajes aéreos.

Figura 9. Cable ADSS. 24 Hilos.



Fuente: SilexFiber (2021)

Mufa, Sanguinaria O Cierre De Empalme. Es un producto según lo define Dismatel (2020), en su portal web:

Destinado a proteger los puntos de fusión de fibra óptica, en Redes de Planta externa, su diseño de cierre central mediante sello, evita el ingreso de humedad y aire al interior de la cavidad contenedora de las fibras. Poseen una mecánica re-entrable, hermética y de gran resistencia a los esfuerzos mecánicos y a condiciones climáticas hostiles, así como también es de fácil acceso para efectos de ampliación e inspección.

Figura 10. Mufa de Empalme.



Fuente: Dismatel (2020)

Red de distribución

La red de distribución explica Agila (2019, p. 31): es la parte intermedia de la ODN, estando ubicada a continuación de cada splitter de manga troncal de la red feeder y finaliza su extensión en cada splitter de las cajas ópticas. La red de distribución se diseña para dar servicio de telecomunicaciones y es la red más extensa, debido a que recorre y cubre toda el área a interés, la finalidad última es centrar cada caja óptica entre ocho abonados.

La diferencia en cuanto al cable óptico con respecto a la red feeder, es que la red de distribución se le ha diseñado con cable óptico de 12 hilos, que deben ser instaladas siguiendo la ruta que se señala en los planos correspondientes a red de distribución.

Fibra ADSS SPAN 200 – 12 hilos. Características y especificaciones idénticas a las expuestas en el apartado Fibra ADSS Spam 200 – 24 hilos.

Cajas ópticas de dispersión (NAP: Network Access Point). Al ser la red de tipo aéreo, señala Agila (2019, p. 33), la instalación de las cajas ópticas de dispersión, que son los puntos de acceso a la red, se debe hacer en la parte alta de los postes. Estos elementos pasivos van a tener las siguientes funciones:

- ✓ Permitir el sangrado y dar continuidad a los cables ópticos de la red de distribución para habilitar otras cajas ópticas.
- ✓ Permitir la ejecución de empalmes para derivar cables a otros sectores de la urbanización.
- ✓ Alojar splitters conectorizados con relación 1:8.

Concluye Agila (2019, p. 33) con que la NAP debe tener la clasificación IP68, lo cual garantiza una protección completa contra contacto y la penetración de polvo y también impide el ingreso de agua, para facilidad en su operación la NAP debe estar construida con cierres herméticos sin tornillos y que posea adaptadores para la inserción de conectores SC/APC.

El portal fibropticaahoy (2018), señala que:

Estas cajas son bastante útiles en el campo del FTTH, ya tienen como principal función derivar los hilos principales a diferentes tramos de Interconexiones o también a los usuarios finales. Entonces estas cajas se diferencian de las Mufas, porque contienen Splitter internamente, la cantidad de Splitter puede variar, pero lo más habitual son de 1x4, 1x8 o 1x16. (p. 1).

Para una mejor representación visual, se presenta la figura 11.

Figura 11. Caja NAP



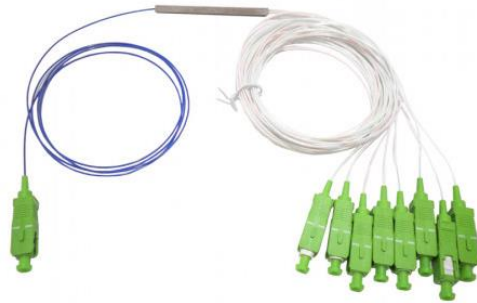
Fuente: FibraOpticaHoy (2018)

Splitter, de acuerdo FibraOpticaHoy (2015):

Esta se encarga de dividir la potencia óptica de un puerto común a dos o más puertos. Existen diferentes modelos como: 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32. Es un elemento pasivo por lo cual no necesita ninguna electrónica integrada ni suministro de energía para su funcionamiento. La atenuación de la luz a través del Splitter es Simétrica y además es idéntica en ambas direcciones (p. 1).

El splitter, es el elemento intermedio entre la red de distribución y la red de dispersión, dividiendo una fibra de entrada en ocho fibras para ocho abonados por NAP (Agila, 2019, p. 34).

Figura 12. Splitter 1x8.



Fuente: FibraOpticaHoy (2019)

El splitter que normalmente se requiere es de tipo PLC conectorizado con un puerto de entrada y ocho puertos de salidas, siendo su relación de divisor 1 / 8, y con terminación SC/APC para poder realizar una conexión directa. En la Tabla 10, se presenta las pérdidas aproximadas que se espera tener en el splitter conectorizado.

Tabla 10. Pérdidas en Splitter Conectorizado

Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT: 1260~1360nm e 1480~1650nm					
Pérdida de Inserción Máxima (dB)	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5
Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7
Sensibilidad a la Polarización Máxima – PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
Directividad (dB)	>55					
Pérdida de Retorno (dB)	>55					

Fuente: Furukawalatan (2018)

Diferenciación en los Splitter. El splitter de primer nivel es el elemento frontero entre la red de alimentación y la red de distribución.

Aunque se haga diferencia entre el splitter de primer y segundo nivel, esta diferenciación es solo a nivel topológico, ya que a nivel funcional o de características técnicas los splitters empleados para primer o

segundo nivel son iguales. Sí hay una diferencia general entre ambos splitters: la relación de distribución o división (también llamado nivel de splitting). En los splitters de primer nivel suelen usarse elementos con una relación de división de potencia grande, normalmente 1:16 y 1:32 (Ibañez, 2017, p. 100).

El uso de splitters, concluye Ibañez (2017), implica la existencia de dispositivos contenedores óptimos que permitan su instalación, cajas de empalme con bandejas específicas para este elemento, o cajas de terminación que igualmente permitan alojar de manera adecuada los divisores, según su capacidad y operativa.

Red de dispersión

ODF (Distribuidor de Fibra Óptica). El ODF es un elemento pasivo que permite la conexión y terminación de un segmento de fibra óptica 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. (Tinoco, 2011, pág. 100)

ONU/ONT (Unidad Óptica de Red). Este equipo es el encargado de realizar la conexión de la red de distribución con la red de acceso, es decir, recibe la señal óptica y la convierte en señal eléctrica. Posee puertos para televisión, telefonía e Internet, el mismo podrá estar ubicado en cualquier tipo de infraestructura, ya sea en postería, cámaras, armarios, espacio de terceros, interiores de los edificios, entre otros (Mandujano, 2019, p. 40).

11.4. Fases del Proyecto

En esta sección se presentan las cinco fases llevadas a cabo en la ejecución del proyecto.

11.3.1 Fase 1: Iniciación

Esta etapa reúne todas las consideraciones, investigaciones y compras a realizar antes de la ejecución del proyecto (Ver [Anexo 2](#), Evidencia 1):

- Recopilación de información y realización de convenios por parte de la empresa Pipe Comunicaciones S.A.S. con la entidad arrendataria de la Postería o infraestructura eléctrica, en este caso la EBSA.
- Compra de materiales e importaciones pertinentes.
- Contacto de la empresa de logística para proceso de legalización y desplazamiento nacional entre el puerto y el destino.
- Realización de contratación de personal de campo para el tendido y el despliegue en su totalidad de la red.

11.3.2 Fase 2: Verificación en campo

A partir de la información inicial recopilada, se realizaron visitas en sitio para determinar actividades y cronograma de las mismas, además de la adecuación previa de los elementos de la red (Ver [Anexo 2](#), Evidencias 2 y 3).

- Curso de acceso a la infraestructura eléctrica para la implementación de la red de acuerdo al diseño inicial.
- Marcado de cajas mufas en campo.
- Recorridos iniciales en el despliegue de troncales y sub troncales.
- Acompañamiento a la cuadrilla.
- Realización de ATS diarias.
- Bitácoras de campo.
- Inventario de hilos con potencias e hilos disponibles.
- Solución de inconvenientes en campo.
- Verificación de estado de la Postería.

11.3.2.1 Procedimiento de diseño de red FTTH

En este apartado se abordará el proceso a seguir para la construcción de una red FTTH, desde la recolección de datos y estudio previo hasta la implantación final de la red.

En la fase inicial del proyecto se define una huella o zona de interés donde desplegar, que va a ser la zona de actuación definitiva. En esta zona de actuación, se pretende maximizar el uso de canalización alquilada, finalmente en esta fase se pretende tener los siguientes datos básicos iniciales.

Datos Geográficos:

- Cartografía.
- Datos catastrales (Nº de viviendas, edificios, locales comerciales, entre otros).
- Identificación de las zonas de crecimiento de la ciudad, que permitirá dimensionar correctamente los recursos y no construir una red obsoleta desde el inicio.

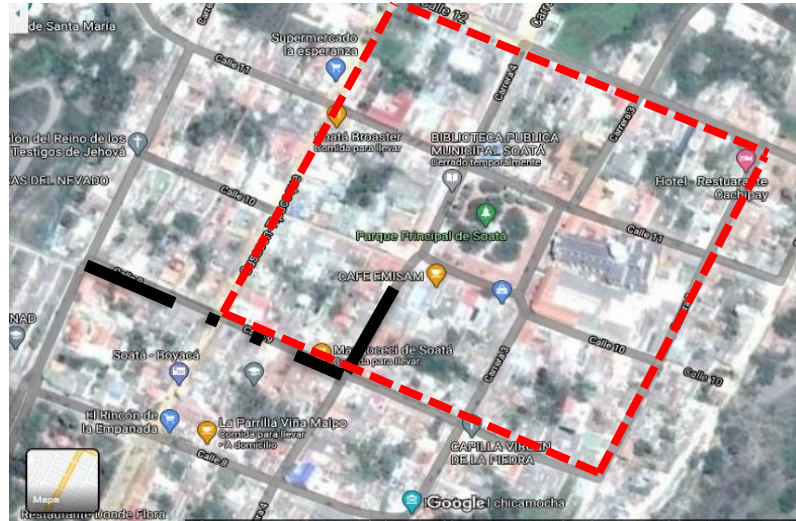
Con el fin de facilitar el proceso de diseño y despliegue, puesto que el área que se puede cubrir con la red GPON desde una OLT es muy extensa, es frecuente dividir dicha área en entidades jerárquicas más pequeñas.

Área de cobertura de la Central G-PON: engloba distintas zonas de una misma ciudad o incluso la ciudad completa dependiendo del tamaño de la red. El número de hogares cubiertos en dicha área puede variar dependiendo del proyecto. Para definir los límites de la misma se tendrán en cuenta los límites naturales (accidentes geográficos, carreteras, avenidas, etc.) además de la ubicación de la propia Central y la distancia y accesibilidad de los hogares a los que se pretende dar servicio.

Al realizar la división del área se tendrá en cuenta, en la medida de lo posible, la homogeneidad en cuanto al número de hogares. Con ello se pretende conseguir dar servicio a los mismos con una combinación de divisores fija. Para

optimizar el despliegue, además se debe maximizar el uso del canalizado existente, tal como lo demuestra la Figura 13.

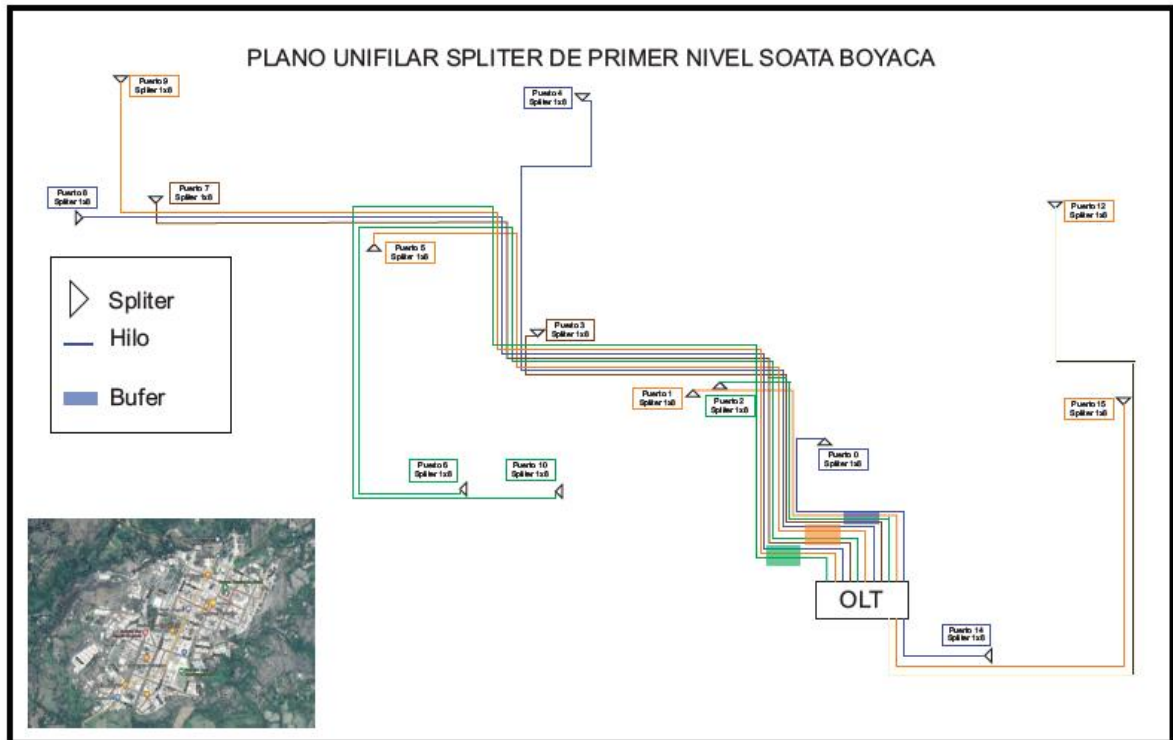
Figura 13. Huella de Trabajo. Municipio Soata.



Fuente: Autores (2021)

La sectorización se realiza teniendo en cuenta la disponibilidad de suscriptores actuales y a futuro, que llenen los requerimientos del sistema a utilizar, bajos las prestaciones de servicios y ancho de banda adecuado a la norma. El primer nivel de la fibra (ADSS 24 hilos) tendrá un splitter con relación 1:8, lo que da 192 conexiones posibles en el primer nivel. Hasta los momentos, y de acuerdo al plano unifilar del primer nivel, se habilitarán desde la OLT los puertos del 0 al 10, y el puerto 12, 14 y 15: 14 puertos en total para unas posibilidades de 112 conexiones en el primer nivel, tal como se presenta en la Figura 14.

Figura 14. Plano Unifilar Splitter de Primer Nivel.



Fuente: Autores (2021)

Presupuesto de Potencia

El Presupuesto de potencia óptica determina el correcto funcionamiento de la red, debido a que representa el total de pérdidas por los elementos pasivos que se encuentran desde la OLT hasta el usuario final. En la tabla 11 se representan los valores normados de acuerdo a norma ITU-T G984.X, y usados para determinar este presupuesto.

Tabla 11. Atenuación de Elementos Pasivos.

ELEMENTO	UNIDAD	ATENUACIÓN
Conector	dB	0,35
Empalme de Fusión	dB	0,1
Empalme Mecánico	dB	0,2
Fibra Óptica 24 Hilos G652.D	dB/Km	0,35
Fibra Óptica 12 Hilos	dB/Km	0,4
Splitter 1/8	dB	10,5
Splitter 1/16	dB	13,7

Fuente: Autores (2021).

Basado en la tabla 11, y ampliando con los valores certificados por la norma ITU-T G984.X, el presupuesto óptico trae consigo indirectamente la certificación de la ODN (Red de Distribución Óptica), ya que a través de la determinación de potencia óptica se verifica la continuidad y los niveles de atenuación en los diferentes elementos de la red. La Tabla 12 indica los valores de referencia de los elementos de la ODN a certificar según norma ITU-T G.984.2 (2003, p. 15) referido a los parámetros de la capa dependiente del medio físico y de las interfaces ópticas en sentido ascendente y descendente.

Tabla 12. Valores de Referencia de los Medios Físicos Dependientes.

MEDIOS FÍSICOS DEPENDIENTES	
Máxima Velocidad Downstream	2488 Gbit/s
Máxima Velocidad Upstream	1244 Gbit/s
Máximo Alcance Físico	20 Km
Máximo Alcance Lógico	60 Km
Atenuación en Puntos de Fusión	$\leq 0,30$ dB
Atenuación en Conectores Mecánicos	$\leq 0,50$ dB
Atenuación en Conectores	$\leq 0,75$ dB
Atenuación en Mangas	$\leq 0,15$ dB
Margen de Seguridad	3 dB
Atenuación $\lambda = 1310$ nm	0,35 dB/km
Atenuación $\lambda = 1550/1490$ nm	0,22 dB/km
Divisor Óptico (Splitter)	
1:64	$\leq 20,5$ dB
1:32	$\leq 17,5$ dB
1:16	$\leq 13,8$ dB
1:8	$\leq 10,6$ dB
1:4	$\leq 7,5$ dB
1:2	$\leq 3,8$ dB

Fuente: ITU-T G.984.2 (2003).

Luego se tiene que tener en cuenta el tipo de transceptor óptico a usar, un transceptor SFP, (Small Form-factor Pluggable Transceptor: transceptor enchufable de pequeño factor de forma) que no son más que módulos de fibra óptica que permiten la interfaz entre las fibras y los switches, con su sistema de instalación Plug and Play. Estos módulos tienen la función de extender la distancia

de transferencia, a los equipos inteligentes. Los transceivers GPON se utilizan en los puertos PON de las OLT (FibraOpticaHoy, 2015, pág. 1).

De acuerdo a este parámetro se determina la clase, basada en la norma ITU-T G.984.2 (2005). El estándar GPON se define por su clase (A, B, C), se diferencian entre sí en la potencia de transmisión y en la sensibilidad de recepción, así como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Características de las clases en redes GPON.

POTENCIA DE LANZAMIENTO CON UNA FIBRA A 2,4 Gb/s (Rec. ITU-T G.984.2)

TRANSMISOR OLT	UNIDAD	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Potencia Media Lanzada MIN	dBm	0	5	3
Potencia Media Lanzada MAX	dBm	4	9	7

SENSIBILIDAD MINIMA DEL RECEPTOR CON UNA FIBRA A 2,4 Gb/s (Rec. ITU-T G.984.2)

RECEPTOR ONU	UNIDAD	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Sensibilidad Mínima	dBm	-21	-21	-28
Sobrecarga Mínima	dBm	-1	-1	-8

POTENCIA DE RETORNO CON UNA FIBRA A 1,2 Gb/s (Rec. ITU-T G.984.2)

TRANSMISOR ONU	UNIDAD	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Potencia Media Lanzada MIN	dBm	-3	-2	2
Potencia Media Lanzada MAX	dBm	2	3	7

SENSIBILIDAD MINIMA DE SUBIDA DEL RECEPTOR CON UNA FIBRA A 1,2 Gb/s (Rec. ITU-T G.984.2)

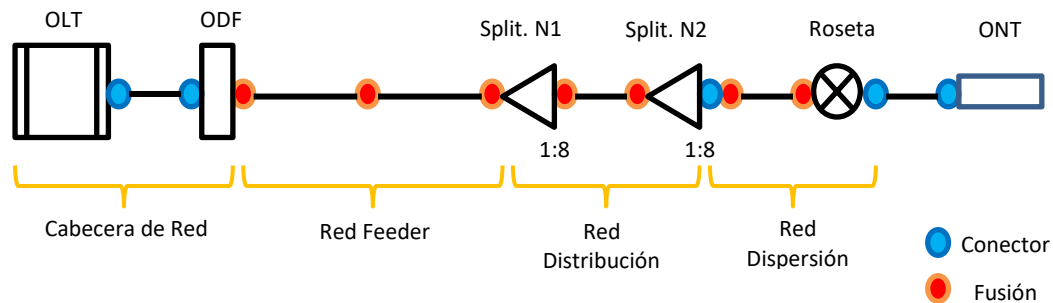
RECEPTOR OLT	UNIDAD	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Sensibilidad Mínima	dBm	-24	-28	-29
Sobrecarga Mínima	dBm	-3	-7	-8

Fuente: ITU-T. Norma G.984.2 (2015).

Hay que hacer notar que por norma definida en protocolo G.984.2 de la ITU-T se acordó en 2005 utilizar 2,5 Gbps en canal de bajada (al usuario) y 1.2 Gbps en canal de subida (a la OLT) para redes GPON, por lo que se considera dicha red de tipo asimétrica.

A continuación, se presenta un diagrama unifilar de una ODN con los elementos constructivos de la red de acceso, a fin de determinar la atenuación teórica de extremo a extremo utilizando los parámetros teóricos definidos.

Figura 15. Norma Técnica de Diseño de ODN.



Fuente: Quinancela (2016).

Esta figura sirve de base para determinar la información de la tabla 10, correspondiente a la cantidad de elementos pasivos presentes en la red.

11.3.3 Fase 3: Instalación

En esta etapa se da inicio al trabajo de colocación de medios físicos, adecuación de infraestructura lógica, tendido de líneas y verificación de las mismas (Ver [Anexo 2](#), Evidencias 4 - 9; [Anexo 3](#); [Anexo 4](#); [Anexo 5](#); [Anexo 6](#)).

- Acondicionamiento de central o nodo principal.
- Instalación de rack, rejiband, bancos de baterías, servidores de distribución de Internet y puesta a tierra inversor eléctrico AD/DC.
- Ruteo de mikrotik con VLAN y uplink de OLT.
- Configuración de rutas y VLAN de administración de la OLT.
- Realizar empalmado de ODF y configuración de OLT en Capa 3 administrable desde nube.
- Envío de potencias, verificación de cajas y configuraciones parciales de ONT para verificar salida a Internet desde el cliente hacia Internet.

11.3.4 Fase 4: Medición

En esta etapa se hacen los cálculos necesarios para conocer el presupuesto óptico, aunque no hay como tal un proceso de certificación bajo norma, pero si un proceso de medición y comprobación de la red instalada por medio de OTDR, a fin de ajustar la red a los parámetros de GPON bajo estructura FTTH (Ver [Anexo 2](#), Evidencias 10 y 11).

- Certificación de troncal por medio de una OTDR la cual muestra la calidad del tendido de la fibra y los cierres de empalme instalados además de la precisión de las fusiones.
- Ajuste de fusiones y verificación final de la troncal.
- Medición caja a caja de potencias ópticas y ajuste de estas, se verifica que el rango este entre -18 y -22 , si no se encuentran dentro de estos parámetros ajuste o verificación de incidente o cambio de splitter de distribución.

11.3.4.1 Presupuesto óptico

El presupuesto óptico se realiza para estimar el buen funcionamiento de la red, calculando las potencias para así conocer el posible umbral de señal óptica en el que se encuentra y verificar el cumplimiento de la tecnología GPON en la red.

Las tablas 14 y 15 se presentan como una plantilla a diligenciar más adelante en el documento con los datos de los elementos pasivos para tres líneas de la red, seguidos de su presupuesto de potencia en cada una de las líneas.

Tabla 14. Elementos Pasivos en la Red Soata-Boyacá.

	Empalmes por Fusión	Conectores	Splitter (1:8)
Cabecera			
Red Feeder			
Red de Distribución			
Red de Dispersión			

Línea de Cliente			
-------------------------	--	--	--

Fuente: Autores (2021)

Con esta información y basado en la recomendación ITU-T G.652 (2015) para un enlace de fibra óptica, en el caso de tratarse de tipo monomodo, la ecuación para el cálculo de la atenuación se expresa (p. 10):

$$A (dB) = \alpha \cdot L + \alpha_s \cdot x + \alpha_c y \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

α = es el coeficiente de atenuación típico de la fibra óptica

L = Longitud del enlace.

α_s = Atenuación media por empalme.

x = Número de empalme por enlace.

α_c = Atenuación media de conectores de línea.

y = Número de conectores por enlace.

Esta fórmula se termina de complementar con los valores de atenuación de los splitter, ya que este valor no está normado en la recomendación G.652.

α_p = Atenuación media de splitter.

z = Número de splitter por enlace.

$$A (dB) = \alpha \cdot L + \alpha_s \cdot x + \alpha_c y + \alpha_p z \quad (\text{Ec. 2})$$

En esta ecuación no se consideran varios parámetros que dan lugar a atenuaciones de agentes externos a la fibra, como son empalmes suplementarios, envejecimiento de la fibra, etc. Las pérdidas debido a la absorción de los rayos ultravioletas e infrarrojos se desprecian.

Con el diagrama de los elementos constructivos de la red de acceso (Fig. 15), los datos aportados de las Tablas (7) y (11), y con uso de la ecuación (2) se pasa a determinar la atenuación de extremo a extremo, la cual determinará si en enlace es posible o no y con qué margen. El esquema de trabajo debe mostrar las distancias correspondientes al cliente más lejano, a fin de establecer un peor caso. Toda esa información se reflejará en el cuadro de Presupuesto Óptico.

Tabla 15. Presupuesto Óptico GPON. Enlace Soata. Boyacá.

PRESUPUESTO ÓPTICO		Sensibilidad Mínima OLT Tx		
		Sensibilidad Mínima ONT Rx		
		Umbral Disponible		

PARÁMETRO	VALOR DE CÁLCULO	ATENUACIÓN MEDIA	UNIDAD	ATENUACIÓN CALCULADA
Longitud de la Línea				
Conectores Mecánicos				
Fusiones				
Splitter	1:2			
	1:4			
	1:8			
	1:16			
	1:32			
Potencia Consumida en la ODN				

UMBRAL DISPONIBLE	POTENCIA CONSUMIDA	EXCESO/DEFICIT DE POTENCIA

Fuente: Autores (2021)

Para determinar la prestación real del servicio amparado en la norma, se eligieron tres (03) líneas de trabajo, las cuales se nombrarán para efecto de estudio Línea 1 (L1), Línea 2 (L2), Línea 3 (L3), este trío de líneas representa en la red las más lejanas al cliente. Por lógica razonable, y asumiendo una instalación acorde y adecuada de la infraestructura de fibra óptica, de cumplirse el margen o

umbral de potencia adecuado en estas tres líneas, implicará que las demás líneas de la infraestructura instalada también cumplen con requisitos mínimos exigidos por norma.

Descripción de las Líneas

Línea 1 (L1): Salida de la OLT con patchcord híbrido a la ODF, donde se tiene un enfrentado SC/APC que une el patchcord al pigtail de la ODF y fusiona el pigtail a la troncal. Desde aquí sale la línea con bobina de lanzamiento y recorre mil cuatrocientos metros (1400 m), en este punto hay una fusión donde se une la troncal con la subtroncal, se recorre trescientos metros (300m) hasta fusionar con el splitter de primer nivel y se empalman los hilos del 1 al 8 para alimentar los splitters de 1*16 que se encuentra en la caja NAP. En este punto se conecta una línea de cable drop con conector mecánico y fusión de patchcord al hilo del cable drop en la roseta del cliente y de allí llegamos a la ONT, tal descripción se resume en la tabla 16.

Tabla 16. Elementos Pasivos Línea 1. Soatá-Boyacá.

	Empalmes por Fusión	Conectores	Splitter (1:8)	Splitter (1:16)
Cabecera	1	3		
Red Feeder	2			
Red de Distribución	2		1	1
Red de Dispersión	1	1		

Fuente: Autores (2021)

Con estos elementos se recurre al cuadro de Presupuesto de Potencia a fin de determinar el umbral disponible. Como el propio nombre indica, se trata de saber la cantidad de potencia óptica que se tiene disponible para que funcione un enlace. Esto irá marcado por la potencia que emita el transmisor y la sensibilidad del receptor. Por supuesto, tenemos que tener en cuenta las pérdidas que habrá en el camino entre ese emisor y ese receptor (la ODN).

Tabla 17. Presupuesto de Potencia. Línea 1. Soatá – Boyacá.

PRESUPUESTO ÓPTICO

Sensibilidad Mínima OLT Tx	3
Sensibilidad Mínima ONT Rx	-29
Umbral Disponible	32

PARÁMETRO	VALOR DE CÁLCULO	ATENUACIÓN MEDIA	UNIDAD	ATENUACIÓN CALCULADA	
Longitud de la Línea	1400	0,35	dB	0,49	
Longitud de la Línea	350	0,4	dB	0,14	
Conectores Mecánicos	4	0,35	dB	1,4	
Fusiones	6	0,1	dB	0,6	
Splitter	1:2				
	1:4				
	1:8	1	10,5	dB	10,5
	1:16	1	13,7	dB	13,7
	1:32				
Potencia Consumida en la ODN				-26,83	

UMBRAL DISPONIBLE	POTENCIA CONSUMIDA	EXCESO/DEFICIT DE POTENCIA
32	-26,83	5,17

Fuente: Autores (2021)

Este valor sobre la línea 1 (L1) indican que las prestaciones de servicios sobre la el peor escenario posible da un exceso de potencia en ONT de aprox. 5 dBm, esto se traduce en una adecuada tasa de transferencia de datos a los clientes.

Este mismo procedimiento se repetirá ahora para las dos líneas siguientes de estudio. Primeramente, la descripción de las mismas y luego los cuadros anexos con la información requerida y por último los presupuestos ópticos de ambas líneas.

Línea 2: Salida de la OLT con patchcord hibrido a la ODF, donde se tiene un enfrentado SC/APC que une el patchcord al pigtail de la ODF y fusiona el pigtail a la troncal. Desde aquí sale la línea con bobina de lanzamiento y recorre

seiscientos cincuenta metros (650 m), en este punto hay una fusión donde se une la troncal con la subtroncal, se recorre cuatrocientos cuarenta metros (440m) hasta fusionar con el splitter de primer nivel y se empalman los hilos del 1 al 8 para alimentar los splitters de 1*16 que se encuentra en la caja NAP. En este punto se conecta una línea de cable drop con conector mecánico y fusión de patchcord al hilo del cable drop en la roseta del cliente y de allí llegamos a la ONT, tal descripción se presenta en la tabla 18.

Tabla 18. Elementos Pasivos Línea 2. Soatá-Boyacá.

	Empalmes por Fusión	Conectores	Splitter (1:8)	Splitter (1:16)
Cabecera	1	3		
Red Feeder	2			
Red de Distribución	2		1	1
Red de Dispersión	1	1		

Fuente: Autores (2021)

Tabla 19. Presupuesto de Potencia. Línea 2. Soatá – Boyacá.

PRESUPUESTO ÓPTICO

Sensibilidad Mínima OLT Tx	3
Sensibilidad Mínima ONT Rx	-29
Umbral Disponible	32

PARÁMETRO	VALOR DE CÁLCULO	ATENUACIÓN MEDIA	UNIDAD	ATENUACIÓN CALCULADA	
Longitud de la Línea	650	0,35	dB	0,2275	
Longitud de la Línea	440	0,4	dB	0,176	
Conectores Mecánicos	4	0,35	dB	1,4	
Fusiones	6	0,1	dB	0,6	
Splitter	1:2				
	1:4				
	1:8	1	10,5	dB	10,5
	1:16	1	13,7	dB	13,7
	1:32				
Potencia Consumida en la ODN				-26,6035	

UMBRAL	POTENCIA	EXCESO/DEFICIT
---------------	-----------------	-----------------------

DISPONIBLE	CONSUMIDA	DE POTENCIA
32	-26,6035	5,3965

Fuente: Autores (2021)

Línea 3: Salida de la OLT con patchcord híbrido a la ODF, donde se tiene un enfrentado SC/APC que une el patchcord al pigtail de la ODF y fusiona el pigtail a la troncal. Desde aquí sale la línea con bobina de lanzamiento y recorre cuatrocientos setenta metros (470 m), en este punto hay una fusión donde se une la troncal con la subtroncal, se recorre doscientos sesenta metros (260m) hasta fusionar con el splitter de primer nivel y se empalman los hilos del 1 al 8 para alimentar los splitters de 1*16 que se encuentra en la caja NAP. En este punto se conecta una línea de cable drop con conector mecánico y fusión de patchcord al hilo del cable drop en la roseta del cliente y de allí llegamos a la ONT, dicha descripción se presenta en la tabla 20.

Tabla 20. Elementos Pasivos Línea 3. Soatá-Boyacá.

	Empalmes por Fusión	Conectores	Splitter (1:8)	Splitter (1:16)
Cabecera	1	3		
Red Feeder	3			
Red de Distribución	2		1	1
Red de Dispersión	1	1		

Fuente: Autores (2021)

Tabla 21. Presupuesto de Potencia. Línea 3. Soatá – Boyacá.

PRESUPUESTO ÓPTICO

Sensibilidad Mínima OLT Tx	3
Sensibilidad Mínima ONT Rx	-29
Umbral Disponible	32

PARÁMETRO	VALOR DE CÁLCULO	ATENUACIÓN MEDIA	UNIDAD	ATENUACIÓN CALCULADA
Longitud de la Línea	470	0,35	dB	0,1645
Longitud de la Línea	260	0,4	dB	0,104
Conectores Mecánicos	4	0,35	dB	1,4
Fusiones	6	0,1	dB	0,6
Splitter	1:2			

1:4				
1:8	1	10,5	dB	10,5
1:16	1	13,7	dB	13,7
1:32				
Potencia Consumida en la ODN				-26,4685

UMBRAL DISPONIBLE	POTENCIA CONSUMIDA	EXCESO/DEFICIT DE POTENCIA
32	-26,4685	5,5315

Fuente: Autores (2021)

Una vez realizado el cálculo teórico, los cuales se ven reflejados en las tablas (17), (19) y (21) se comprobó que el valor de atenuación total medido para los peores casos, es menor a la sensibilidad de la ONT, determinando así que la red diseñada e implementada cumple con la normativa ITU-T G 984.2 (ITU-T, 2012), garantizando el correcto funcionamiento de los servicios.

11.3.4.2 Mediciones con Reflectómetro Óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

El OTDR es el instrumento más adecuado para la caracterización de fibras ópticas en el dominio del tiempo. Es un aparato que puede evaluar las propiedades de una fibra o de un enlace completo. En particular, puede detectar de forma muy rápida pérdidas, fallas y la distancia entre sucesos. Un pulso de luz de duración muy corta es lanzado a través de la fibra y una porción de ese pulso que viaja en dirección a la salida de la fibra se dispersa y es capturado por la fibra en la dirección inversa.

Sobre la línea o trazado de fibra se realizaron pruebas de reflectometría en cada uno de los hilos a fin de determinar: nivel de potencia en el hilo, posibles eventos derivados de manejo inadecuado del personal técnico en la instalación, o eventos derivados de colocación no acorde de la fibra. Algunas características del equipo de medición importantes de señalar son: Tipo Monomodo, con una ventana de operación de 1310/ 1550 nm, tipo de Conector FC / UPC, Zona Muerta de 0.75

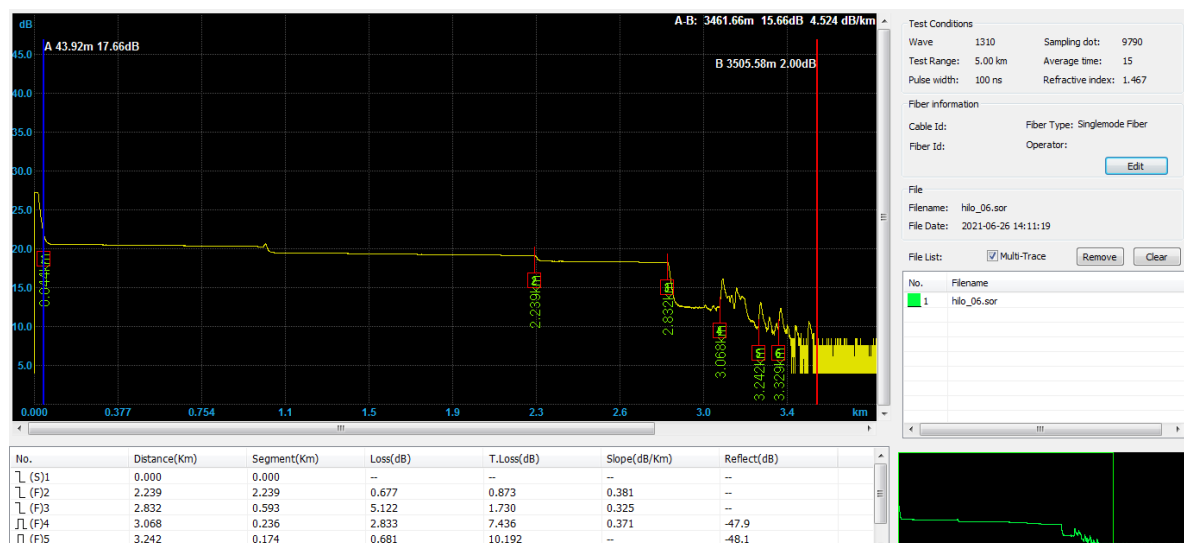
m, Ancho de Pulso de 3 a 500 ns, Rango de distancia de 500 m a 200 Km, Empalmes desde 0.01 a 9.9 dB. Perdidas de retorno de 20 hasta 70 dB, Fin de la fibra: 3 a 65 dB.

Aplicaciones para FTTH. Todas las pruebas se realizaron bajos los siguientes parámetros:

- Sobre una ventana de transmisión de 1310 nm ya que a esta longitud hay mejor resolución de las atenuaciones presentes en el trazado.
- Rango a testear de 5 Km, ya que ofrece posibilidades de tener mejor relación de evento y atenuación.
- Ancho de pulso de 100ns, esta longitud es recomendada para distancia cortas hasta los 10 Km, ya que ofrece un barrido de señal sobre la fibra equivalente a 10m, esto da mejores resoluciones en los eventos presentes.
- Tiempo de prueba 15s, al ser una medición sobre una distancia relativamente corta, con un pulso de prueba si se quiere por encima del promedio para la distancia, el tiempo escogido está de acuerdo a las necesidades requeridas para la mejor resolución posible.

Con los parámetros de trabajo determinados, de las pruebas con el reflectómetro, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 16. Pantalla OTDR para hilo 6 (Línea 1: L1).



Fuente: Autores (2021).

De esta figura (16), se obtienen las siguientes apreciaciones:

- Presencia de un evento reflexivo al inicio de la línea, que se prolonga por aproximadamente 50m (según medición), este evento es normal y es el resultado de la inserción de la fibra y su correspondiente pulso de salida, la distancia que asume el equipo para el evento reflexivo es producto de no contar con una bobina de lanzamiento que sopesa la medición.

- Presencia de un evento reflexivo a los 1040m, consecuente con un empalme mecánico o cambio de ODF a ODF, pero, por otro lado, en el menú de eventos del dispositivo no se refleja el mismo por lo que se podría hablar de un sobreajuste de la línea o una torsión excesiva de la línea.

- Presencia de un evento no reflexivo a los 2239m, por el tipo de señal que arroja el instrumento aunado a la pérdida registrada de 0,6dB, a todas luces indica que se trata de un punto de fusión o empalme no mecánico de fibra.

- Presencia de un evento no reflexivo a los 2832 m, con una atenuación alta para el mismo de 5,1dB, esto corresponde a la llegada de la fibra a la NAP, la alta atenuación reflejada corresponde con la fusión derivada del splitteo de la fibra.

- Evento reflexivo a los 3068m, correspondiente con el inicio de fusiones mecánicas en terminación de la línea, hasta llegar a la ONT, desde esta distancia y por los próximos 200m aproximadamente hay presencia de múltiples eventos reflexivos hasta llegar al final de la fibra a los 3329m, todos estos eventos derivados de las múltiples conexiones mecánicas presentes, las mismas pueden ser minimizadas, pero no son de afectación en el usuario final, más allá de mejorar el nivel de sensibilidad del receptor óptico.

Con respecto a la segunda línea se presenta la figura 17.

Figura 17. Pantalla OTDR para hilo 7 (Línea 2: L2).



Fuente: Autores (2021).

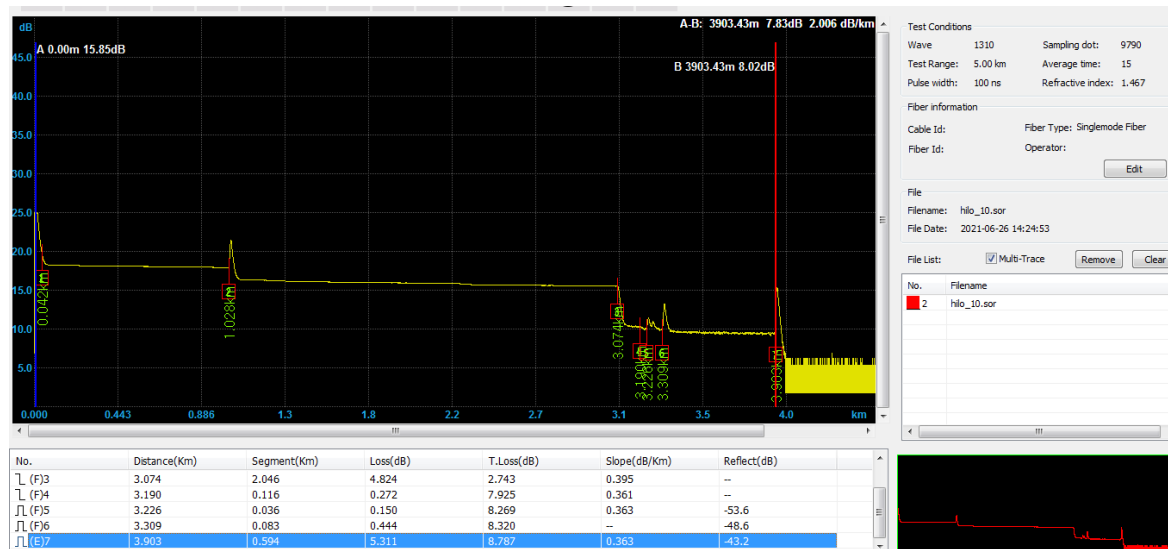
De esta figura se obtienen las siguientes apreciaciones:

- Evento reflexivo al inicio de la línea, que se prolonga por aproximadamente 43m (según medición), este evento es normal y es el resultado de la inserción de la fibra y su correspondiente pulso de salida, la distancia que asume el equipo para el evento reflexivo es producto de no contar con una bobina de lanzamiento que sopesa la medición.
- Presencia de un evento reflexivo a los 1028m, consecuente con un empalme mecánico o cambio de ODF a ODF, para esta línea el OTDR si detecta en el menú de eventos el mismo, por lo que claramente es una conexión mecánica.
- Presencia de un evento no reflexivo a los 2441 m, con una atenuación alta para el mismo de 5,6dB, esto corresponde a la llegada de la fibra a la NAP, la alta atenuación reflejada corresponde con la fusión derivada del splitteo de la fibra.
- Evento reflexivo a los 3581m, correspondiente con el inicio de fusiones mecánicas en terminación de la línea, hasta llega a la ONT, desde esta distancia y por los próximos 300m aproximadamente hay presencia de múltiples eventos reflexivos hasta llegar al final de la fibra a los 2905m, todos estos eventos derivados de las múltiples conexiones mecánicas presentes, las mismas pueden

ser minimizadas, pero no son de afectación en el usuario final, más allá de mejorar el nivel de sensibilidad del receptor óptico.

En el caso de la tercera línea se presenta la figura 18.

Figura 18. Pantalla OTDR para hilo 10 (Línea 3: L3).



Fuente: Autores (2021).

De esta figura se obtienen las siguientes apreciaciones:

- Presencia de un evento reflexivo al inicio de la línea, que se prolonga por aproximadamente 42,39m (según medición), este evento es normal y es el resultado de la inserción de la fibra y su correspondiente pulso de salida, la distancia que asume el equipo para el evento reflexivo es producto de no contar con una bobina de lanzamiento que sopesa la medición.

- Presencia de un evento reflexivo a los 1027m, consecuente con un empalme mecánico o cambio de ODF a ODF, la atenuación de 1,62dB es consecuente con una llegada a ODF con salida de una siguiente línea.

- Presencia de un evento no reflexivo a los 3074m, por el tipo de señal que arroja el instrumento aunado a la pérdida registrada de 4,82dB, indica la llegada a una caja NAP con posterior splitteo de la línea.

- Presencia de un evento no reflexivo a los 3309 m, con una atenuación de 0,4dB. Lo cual indica una conexión mecánica en terminal de línea, esto

corresponde a la roseta de distribución, desde aquí y por los próximos 600m de recorrido se observa cierto ruido en la línea, con una señal estable aún, esto denota que el pulso de prueba es muy alto, pudiendo reducirse para futuras pruebas a los 50ns.

- Evento reflexivo a los 3906m, correspondiente con la llegada a final de línea o ONT. La terminación de línea es tal cual como se espera siempre, con un pico reflexivo seguido de ruido blanco. Esto indica adecuada terminación en el empalme mecánico final.

11.3.5 Fase 5: Operación

Esta última etapa corresponde a la zonificación final, migración de líneas de abonado final, captura de clientes nuevos y suministro de planes de datos acorde a la exigencia del mercado (Ver [Anexo 2](#), Evidencia 12; [Anexo 7](#)).

- Descargar un reporte de clientes en la base de datos de la empresa para realización de cronograma.
- Planeación de migración y verificación de clientes críticos hogares y empresariales.
- Priorización y organización de labores.

Estas fases de trabajo van en conjunto con una organización tiempo espacio, reflejada en el cronograma que a continuación se presenta, donde los propuestos de las fases pasan a ser actividades de trabajo.

12. CONCLUSIONES

Luego de concluido el trabajo de investigación, y luego de un proceso de análisis de las condiciones previas y posteriores a la implementación de la red FTTH, igualmente apegado al cumplimiento de los objetivos propuestos, se pueden señalar las siguientes conclusiones:

- En cuanto al diagnóstico de la situación actual de conectividad y acceso al medio sobre las tecnologías existentes y prestadoras de servicio en el municipio de Soatá casco central, se comprueba la factibilidad técnica y de diseño de red FTTH basada en tecnología GPON, por el caso de estudio se puede aseverar que este tipo de red es de las mejores opciones para redes de acceso. Esta red de alto tráfico da solución a la constante congestión de las redes actuales y ofrece una solución a futuro basado sobre la misma topología debido a la prestación en ancho de banda de las fibras ópticas, esto permite la posibilidad de ofrecer nuevos servicios a los clientes sobre una plataforma streaming gracias al gran ancho de banda, permitiendo brindar un servicio con escalabilidad, disponibilidad y estándares de calidad.
- El diseño de la red de acceso sobre protocolo FTTH y bajo tecnología GPON en función a un estudio de georreferenciación, permitió abrir nuevos horizontes en lo referente al conocimiento en el área de telecomunicaciones, y más específicamente el área de fibra óptica, desde el diseño de una red, el manejo de terminología, el manejo de equipos y la adecuación en función a los parámetros estandarizados de las normas internacionales. El concepto de FTTH no solo se reduce a llevar fibra hasta una casa, es conocer los equipos, las conexiones, las fibras ópticas, las normas de instalación, y los modos de prueba para comprobar la correcta operatividad de la red.
- La implementación de la red de acceso sobre protocolo FTTH y bajo tecnología GPON en el municipio Soatá Casco Central, a partir de la fases del proyecto, donde a través de pruebas de reflectometría óptica se logró verificar el correcto

funcionamiento de la red FTTH sobre GPON, permitió comprobar el postulado del peor escenario para potencia sobre el cliente más lejano, y con tres pruebas realizadas se logró constatar sobre parámetros observables y medibles el correcto funcionamiento sobre la ONT del usuario final, por lo que se destaca la importancia de la metodología empleada.

- Para la empresa PIPE comunicaciones el diseño de la red de acceso es pertinente desde el punto de vista económico, ya que para el común de los usuarios es indiferente la infraestructura, esto debido a que la preocupación del cliente final es la disponibilidad de un servicio de alta prestancia a un precio adecuado, al brindar FTTH con tecnología GPON se le da al usuario la posibilidad inmediata de recibir varios servicios sobre una misma plataforma sin necesidad de instalar varios equipos, lo que se traduce en ahorro, pero observando también el lado del ofertante de servicio, y al tener una infraestructura prácticamente de elementos pasivos, no eléctricos, libres de inductancia eléctrica o magnética, y por lo tanto de bajo mantenimiento, se traduce esto en menor inversión y mayor ingreso económico.
- Se resalta el trabajo hecho de la mano de la empresa PIPE Comunicaciones desde el punto de vista social; una red FTTH puede proporcionar una capacidad de ancho de banda prácticamente ilimitada, es decir, puede admitir grandes cantidades de datos y mantenerse al día con las demandas de los consumidores y la tecnología, esto permite que un grueso grupo social que anteriormente no tenía acceso al medio digital ahora pueda acceder a productos de comunicación más avanzados como transmisión de video, TV por Internet, videoconferencia de calidad, tecnología de hogar inteligente, video IP en casa monitoreo, juegos, etc., esto disminuye drásticamente la brecha de acceso tecnológico entre las grandes ciudades y los municipios y poblados, permitiendo a las personas acceder a bienes y servicios online, aprendizaje a distancia, formación remota y hasta el e-business, esto trae ganancias al hogar y a la comunidad, con este acceso cada vez se estaría más cerca de la

definición de "aldea global". Incluso en las zonas ultra rurales, las personas ya podrían competir a escala mundial en su trabajo o negocio.

- Finalmente, se concluye que la ejecución de este proyecto resultó productiva, tanto en el aspecto académico y profesional de los estudiantes de ingeniería, como para la empresa PIPE Comunicaciones, la cual quedó satisfecha con los resultados entregados y el cumplimiento de los objetivos propuestos (Ver [Anexo 8](#)).

13. RECOMENDACIONES

Producto de todo el trabajo investigativo y práctica, se emiten las siguientes recomendaciones:

- Al momento de diseñar e implementar es prudente siempre que la red se trace sobre un lugar donde haya existido o aún exista el cableado actual de fibra / cobre. Es más fácil atender un área determinada siguiendo los conductos y bucles actuales y manteniendo la topología aproximada de la instalación anterior. Este método permite usar la red troncal existente lo cual permitirá al proyecto ahorrar dinero en comparación con reiniciar el cableado de su red desde cero.
- En las redes FTTH GPON, se recomienda realizar las pruebas reflectométricas desde la ONT hasta la OLT. Las distancias del cable en la red son importantes para detectar puntos de fusión, eventos de curvatura, conectores y splitters instalados en la red de distribución óptica; la información de la distancia tiene que ser precisa para determinar la atenuación de la fibra. Las reflectancias tienen un gran impacto en la calidad del enlace, si la pérdida es muy alta y sobrepasa el presupuesto óptico teórico el receptor no podría recibir la potencia suficiente para recuperar la señal.
- Se recomienda para futuras investigaciones la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a la infraestructura instalada, con realización de revisiones periódicas del tendido, pruebas para determinar degradación de la fibra, revisión de herrajes de sujeción, mantenimiento de cajas NAP, verificación de splitter y conectorización de la red, etc. Con este plan

elaborado y activo sobre esta red funcional se puede prolongar aún más la vida útil del sistema, beneficiando a muchas más comunidades y personas.

- A pesar que la red instalada está operativa y en funcionamiento, es recomendable elevar a la empresa de servicio propietaria, la propuesta de certificación de la red, bajo parámetros controlados y normados, ya que ese proceso brinda a la empresa y a los usuarios, la certeza de un servicio de buena calidad, sobre estándares comprobados y certificados nacional e internacionalmente.

14. REFERENCIAS

R. Agila, *Diseño de una red GPON para el barrio "El Paraíso de Jipiro" del cantón Loja, provincia de Loja, usando un Armario FOLS300*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2019. Ecuador.

F. Ballina, *Paradigmas de Producción del Conocimiento*. Universidad Nacional Autónoma de México. 2017.

L. Gaona y L. Santillan, *Análisis de factibilidad del area técnica y diseño de una red FTTH GPON en el Sector de Cumbayá*. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2013

E., Guba, & Y.Lincoln, *Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa*. 2002. La Sonora: El Colegio Sonora. pp. 113-145.

S., Hernández; C., Fernández, y P., Baptista. *Metodología de la Investigación*. 5ª Edición. 2010. México D.F, México: McGraw-Hill.

R., Ibañez, *Estudio, diseño y ejecución de una red FTTH en el municipio de Basauri*. Universidad de Sevilla. 2017. España.

R. Mandujano, R. *Diseño de una Red FTTH basada en el Estándar GPON para a conexión de video cámaras para el distrito San Martín de Porres*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2019. Perú.

Y. Marchukov. *Desarrollo de una aplicación Gráfica para el diseño de Infraestructuras FTTH*. Universidad Politécnica de Valencia. 2011. España.

R. Millan, *GPON ¿Qué es?* Publicado en BIT N° 166. 2007.

E., Pérez. *Factibilidad de Convergencia de Redes de Acceso de Próxima Generación en Redes FTTH usando tecnología de la familia XPON sobre redes heredadas.* Universidad Católica Andrés Bello. 2019. Caracas.

F. Rodríguez. *Diseño de una Red de Distribución Óptica (ODN) Multiservicio con Tecnología GPON en el Sector Occidental de la Ciudad de Loja para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P.* Universidad Nacional de Loja. 2015. Ecuador.

J. Tinoco. *Estudio y Diseño de una Red de Fibra Óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanización los Olivos, sector Toctesol.* Universidad Politécnica Salesiana. Sede Cuenca. 2011. Ecuador.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. *Recomendación G-984-1. Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales.* ITU-T. Sector de Normalización. 2013

R. Vallejo. *Diseño de una red de última milla con tecnología GPON, Para la parroquia Cumbaya, Quito.* Universidad Internacional SEK. 2013. Quito. Ecuador.

BIBLIOGRAFIA FUENTES ELECTRONICAS:

Calderon, E. (2018). Protocolos de Alta Velocidad. Link: <https://prezi.com/gikyheskkbh8/untitled-prezi/>. Consultado: Mayo 2021.

Dismatel (2020). Mufa o Cierre de Empalme de Fibra Óptica. Link: <https://dismatel.net/es/producto/mufa-o-cierre-de-empalme-de-fibra-optica/>.

Consultado: Mayo 2021.

Fibraopticahoy (2015). Derivaciones (Splitter). Link: <https://www.fibraopticahoy.com/blog/2015/07/page/2/>. Consultado: Mayo 2021.

FibraOpticaHoy (2018). Cajas NAP para FTTH. Link: <https://www.fibraopticahoy.com/blog/cajas-nap-para-ftth/>. Consultado: Mayo 2021.

Lanchi, C. (2015). Definición de FTTB. Link. <https://docplayer.es/96140478-Universidad-nacional-de-loja.html>. Consultado: Mayo 2021.

Ledesma (2011). MinTIC Anunció Proyecto Nacional de Fibra Óptica para llevar Internet a 90% de los colombianos”. Link: <https://www.telesemana.com/blog/2011/05/20/mintic-anuncio-proyecto-nacional-de-fibra-optica-para-llevar-Internet-al-90-de-los-colombianos/>. Consulta: Mayo 2021.

Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicación (2015). Plan Vive Digital: La Necesidad de Masificar Internet en Colombia. Link: <https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-1513.html>. Consultado: Mayo 2021.

Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (2021), “Proyecto Nacional de Fibra Optica”. Link: <https://www.colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36367.html>. Fecha de Consulta: Mayo 2021.

MinTIC (2021). Objetivos y Aspiraciones del Plan Vive Digital. Link: <https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-1511.html#:~:text=El%20objetivo%20principal%20del%20plan,salto%20hacia%20a%20Prosperidad%20Democr%C3%A1tica>. Consulta: Mayo 2021.

Miralles, E. (2015). Definición de FTTC. Link: <https://docplayer.es/10735364-Universidad-de-san-carlos-de-guatemala-facultad-de-ingenieria-escuela-de-ingenieria-mecanica-electrica.html>. Consultado: Mayo 2021.

Qontinuum-plus (2020). Grados de Protección IP. Link: http://www.qontinuum-plus.es/esp/soptec/consejos/cons_iec60529.php. Consultado: Mayo 2021.

Quintero y Solano (2020); "Estudiar en Línea en Colombia es un Privilegio". Diario El Tiempo. Link: <https://www.eltiempo.com/datos/asi-es-la-conexion-a-Internet-en-colombia-510592>. Fecha de Consulta: Mayo 2021.

Servihelp (2021). Fibra Óptica FTTx. Link: <https://servihelp.net/fibra-optica-fttx-velocidad-red-tecnologias-telecomunicaciones/>. Consultado: Mayo 2021.

SilexFiber (2021). Cable de Fibra Óptica Dieléctrico ADSS 200. Link: <https://silexfiber.com/producto/cable-fibra-optica-dielectrico-adss-200/>. Consultado: Mayo 2021.

SitNet (2021). Tecnología FTTx. Link: <https://www.ftth.com.mx/capacitacion/tecnologia-fttx/>. Mexico. Consulta: Mayo 2021.

Syscom/epcom (2021). Código de Colores para Fibra Óptica. Link: <https://soporte.syscom.mx/es/articles/3453579-codigo-de-colores-para-fibra-optica-segun-la-norma-tia-598-c>. Consultado: Mayo: 2021.

15. ANEXOS

[Anexo 1. Marco de referencia.](#)

[Anexo 2. Informe evidencias de la implementación de red de acceso en el municipio de Soatá.](#)

[Anexo 3. Manual de configuración Huawei con mikrotik para la distribución de servicios GPON.](#)

[Anexo 4. Plano unifilar splitter de primer nivel Soatá casco central.](#)

[Anexo 5. Plano unifilar splitter de primer y segundo nivel Soatá casco central.](#)

[Anexo 6. Bitácora de obra.](#)

[Anexo 7. Notificación clientes PIPE Comunicaciones.](#)

[Anexo 8. Informe de evaluación empresa PIPE Comunicaciones.](#)