



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
SEDE AZOGUES**

Carrera de Ingeniería Electrónica

**Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple
play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL
S.A., en el cantón Biblián, provincia del Cañar.**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

Autor:

Santiago Prieto Reinoso

Tutor:

Ing. Juan Carlos Ortega

Azogues - Ecuador

2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de grado, presentado por el Sr. Edwin Santiago Prieto Reinoso para optar por el título de INGENIERO ELECTRÓNICO, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Azogues, agosto de 2018.

Firma:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg
C.I. 030138819-5

CERTIFICADO DE AUTORÍA

El presente trabajo investigativo de proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, cuyo tema es “Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL S.A., en el cantón Biblián, provincia del Cañar.”, corresponden al trabajo de investigación del autor, además certifico que he cumplido con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.

Estudiante:

Edwin Santiago Prieto Reinoso

C.I. 0301590675

AGRADECIMIENTO

Primero y, antes que nada, debo dar gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de bendiciones, enseñanzas y experiencias.

Le doy gracias a mis padres Raquel y Cornelio. por su amor incondicional, por apoyarme en cada paso que he decidido dar, por los valores que me han inculcado y por darme ese gran aliento de seguir adelante y que nada me detenga, guiándome siempre por el camino del éxito y la superación. Agradezco especialmente a mi guerrera incondicional, mi madre, que ha salido adelante junto a mis hermanos sin importar los inconvenientes que la vida nos depare, siendo siempre ese ejemplo de lucha y dedicación que admirare toda mi vida.

A mis queridos hermanos Francisco, Diego y María José, por su apoyo y cariño, a toda mi familia, en especial a mi querida tía Edelina, gracias por apoyarme y por estar en los momentos más importantes de mi vida, este logro también va dedicado para ustedes.

Debo agradecer a una persona en especial que ha sido mi compañera, quien siempre creyó en mi y en lo que podía alcanzar en esta vida, Mónica, gracias por tu cariño, por tu compañía, por tu amor y por motivarme a ser cada día una mejor persona.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Electrónica, mis formadores, personas de gran sabiduría y experiencia, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al

punto en el que me encuentro. Agradezco en especial a mi tutor, el Ingeniero Juan Carlos Ortega, que con su tiempo, paciencia y motivación ha hecho posible la culminación de mi tesis.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, Cornelio y Raquel, ya que son los pilares fundamentales de mi vida, han sido mi orgullo constantemente, pese a todas las adversidades de la vida han sido mi ejemplo de superación y lucha, muchos de mis logros a lo largo de mi vida se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

Gracias madre y padre.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se pretende realizar un diseño de red de fibra óptica de la empresa SERPORMUL de la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, en un caso de uso aplicado al cantón Biblián de la misma provincia, considerando la tecnología GPON para comunicación óptica y procesos de CWDM para multiplexación de longitudes de onda. De esta manera se busca tener clara la forma de cómo se va a llegar hasta los usuarios finales para poder brindarles un “bundle” de servicios “TriplePlay” (televisión por cable, telefonía y acceso a internet).

El objetivo principal es diseñar una red de fibra óptica hasta el hogar, con el uso de tecnología GPON, para mejorar la calidad y velocidad de la información en los servicios de televisión, internet y telefonía IP, en el centro del cantón Biblián. En el Capítulo I se tratarán todos los fundamentos teóricos necesarios para entender el mundo de la fibra y redes ópticas, así como su historia y evolución.

En el Capítulo II se realiza un análisis de la situación actual de la empresa, se definen los esquemas de trabajo y se determinan los equipos principales de la propuesta de red.

El Capítulo III es el corazón de este trabajo, en el cual se define el diseño y los cálculos, así como todo el equipamiento complementario GPON. Ya en el capítulo IV se realiza un análisis de factibilidad y costos del proyecto, definiendo en números, la posibilidad de aplicación.

Palabras clave: FTTH, GPON, CWDM, televisión por cable, internet, telefonía, red de fibra, fibra óptica, triple play, diseño.

ABSTRACT

This thesis pretends to perform a network design of optical fiber in SERPORMUL in Azogues city, Cañar Province, in a use case applied in Biblián, considering GPON technology for optical communication and CWDM processes for wavelength multiplexing. In this way look for how to reach to the final consumers in order to provide a “bundle” of services “Triple Play” (cable television, telephony and internet access.)

The main goal is to design an optical fiber network which gets home using GPON to improve the quality and speed data in TV, internet and IP telephony services in Biblián downtown. In Chapter I the theoretical foundations will be presented to understand the optical networks and fiber world, its history and evolution as well.

In chapter II an analysis about the Enterprise actual situation is done, the work schemes are defined and the main equipment of the network proposal are determined.

Chapter III is the most important part of this work, here the design and calculations are defined, also the GPON complementary equipment. In chapter IV a feasibility analysis and projects costs are carried out, defining in numbers the application possibility.

Keywords: FTTH, GPON, CWDM, cable television, internet, telephony, fiber network, optical fiber, triple play, design.

ÍNDICE

Introducción	i
Situación problemática	ii
Problema científico	iii
Línea de investigación	iv
Objeto de estudio	v
Objetivo general	vi
Objetivos específicos	vii
Hipótesis	viii
Justificación	ix
Aporte práctico	x
Capítulo I	1
1. Fundamentos Teóricos	1
1.1 La Fibra óptica	1
1.1.1 Historia y evolución.....	1
1.2 Tipos de fibra óptica.....	3
1.2.2 Fibra monomodo.....	5
1.3 Arquitecturas en Fibra Óptica	6
1.3.1 Tipos de Arquitecturas	6
1.4 Fibra hasta el hogar	7
1.5 Redes xPON.....	8
1.6 GPON	10

1.6.1 Características de GPON	10
1.6.2 Arquitectura GPON	11
1.6.3 Elementos de las redes GPON	13
1.7 Servicios Triple Play	13
1.7.1 Voz.....	15
1.7.2 Datos	18
1.7.3 Video.....	20
1.8 Diagnóstico de contexto.....	22
Capítulo II	25
2. Situación actual de la empresa y propuesta de proyecto	25
2.1 Análisis de la situación actual	25
2.1.1 Situación actual del cantón Biblián	27
2.1.2 Situación actual de la empresa SERPORMUL	29
2.1.3 Situación de la empresa en el sector de análisis	31
2.2 Esquema general de la red propuesta	33
2.2.1 Definición de equipamiento principal	34
2.2.2 Equipo óptico terminal	36
2.2.3 Equipo óptico de red.....	38
2.2.4 Servidor de voz sobre IP (VoIP).....	39
2.3 Metodología de trabajo	41
Capítulo III	42
3. Diseño y cálculos y equipamiento complementario GPON	42
3.1 Propuesta de red de fibra óptica en el cantón Biblián	42

3.1.1	Diseño de la red de fibra óptica.....	42
3.1.2	Parámetros de diseño de la red FTTH	45
3.1.3	Cálculos necesarios de la nueva red.....	47
3.1.3.1	Cálculos de atenuación en el enlace de fibra óptica.....	47
3.1.3.2	Cálculo de capacidad de acceso a Internet y VoIP	49
3.1.3.3	Cálculo de la capacidad del enlace de interconexión	52
3.2	Equipamiento adicional	53
3.2.1	Fibra óptica.....	54
3.2.1.1	Fibra óptica de distribución.....	54
3.2.1.2	Fibra óptica de acceso	54
3.2.2	Equipamiento de fusionado y distribución	55
3.2.3	Conectores y PatchCords de fibra.....	58
3.2.4	Equipamiento de distribución óptica	59
3.2.4.1	CWDM.....	59
3.2.4.2	Divisores ópticos	60
3.2.5	Equipamiento adicional existente	61
3.3	Resultados y análisis.....	62
Capítulo IV.....		63
4. Análisis de factibilidad.....		63
4.1	Análisis de costos del proyecto	63
4.1.1	Costos del proyecto.....	63
4.1.2	Definición de planes comerciales e ingresos.....	65
4.1.3	Análisis económico del proyecto	67
4.2	Análisis de aceptación mediante encuesta.....	69

4.2.1 Encuesta:	69
4.2.2 Tabulación de datos	70
4.3 Situación actual de la empresa en el plano regulatorio	77
Conclusiones	81
Recomendaciones	83
Bibliografía	84
Anexos	848

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .Estructura de la fibra multimodo.....	4
Figura 2. Propagación en la fibra multimodo.....	5
Figura 3. Estructura de la fibra monomodo.	5
Figura 4. Propagación en la fibra multimodo.....	6
Figura 5. Arquitecturas de fibra óptica.....	7
Figura 6. Arquitecturas de fibra óptica.....	8
Figura 7. Cuadro comparativo de tecnologías PON.	10
Figura 8. Cuadro comparativo de tecnologías PON.	12
Figura 9. Arquitecturas de fibra óptica.....	14
Figura 10. Evolución del aparato telefónico.	16
Figura 11. Transformación de la red telefónica.....	18
Figura 12. Límites de medios de transmisión.....	20
Figura 13. Headend Analógico.	21
Figura 14. Headend Digital.....	22
Figura 15. Porcentaje de personas que han usado internet en 2016.	26
Figura 16. Ubicación del cantón Biblián en la provincia del Cañar.....	27
Figura 17. Esquema de funcionamiento de la red actual de CATV.....	30
Figura 18. Esquema de funcionamiento de la red actual de ISP.	31
Figura 19. Área de aplicación de diseño.	32
Figura 20. Etiquetado de cuadras.	32
Figura 21. Diseño general de la red FTTH propuesta.	34
Figura 22. Equipo OLT Huawei MA5600T.	37
Figura 23. Configuración de subracks de MA5600T.....	37
Figura 24. Equipo ONT HG8247H.....	39
Figura 25. Equipo U1960 Unified Gateway.....	40
Figura 26. Referencia de diseño de red.	43
Figura 27. Fibra óptica monomodo para exterior figura 8 GYTC8S/A.....	54

Figura 28. Fibra óptica monomodo para exterior figura 8 GJXFCH-2	55
Figura 29. Caja de fusión FOCSC4.....	56
Figura 30. Caja terminal PFOCT8	57
Figura 31. Caja fusión en domicilio RM-86.....	57
Figura 32. Conectores de fibra óptica SC/UPC	58
Figura 33. Patchcords de fibra óptica SC/UPC	59
Figura 34. CWDM GPON ABS Box.....	60
Figura 35. 1x16 SC UPC ABS PLC.....	61
Figura 36. Flujo de fondos mensual.	68
Figura 37. Resultados pregunta 1 (a).....	70
Figura 38. Resultados pregunta 1 (b).....	71
Figura 39. Resultados pregunta 4 (a).....	71
Figura 40. Resultados pregunta 2 (a).....	72
Figura 41. Resultados pregunta 2 (b).....	72
Figura 42. Resultados pregunta 4 (b).....	73
Figura 43. Resultados pregunta 3 (a).....	73
Figura 44. Resultados pregunta 3 (b).....	74
Figura 45. Resultados pregunta 4 (c).....	74
Figura 46. Resultados pregunta 5.	75
Figura 47. Resultados pregunta 6.	75
Figura 48. Resultados pregunta 7.	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de tecnologías PON.	9
Tabla 2. Cuadro comparativo de tecnologías PON.	12
Tabla 3. Empresas de servicios en Biblián.....	28
Tabla 4. Análisis de viviendas pasadas y número de posibles clientes.....	33
Tabla 5. Comparativa de equipos OLT.....	35
Tabla 6. Características OLT 5600T.	36
Tabla 7. Especificaciones U1960.	40
Tabla 8. Metodología de trabajo.....	41
Tabla 9. Distribución de Distritos por ramal.....	44
Tabla 10. Tabla de costos del equipamiento.....	63
Tabla 11. Propuesta de precios de servicios triple play.	65
Tabla 12. Propuesta de precios de servicios corporativos.	66
Tabla 13. Cobros mensuales por servicios en el sector analizado.....	66
Tabla 14. Análisis de costos.....	67
Tabla 15. Requerimientos para concesión de telefonía fija.....	78
Tabla 16. Requerimientos para el establecimiento de la interconexión.....	79

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende ser un modelo de diseño de red FTTH (*fiber to the home*) basado en tecnología GPON para dotar de servicios triple play (*video, voz y datos*) al cantón Biblián, de la provincia del Cañar, en Ecuador. Para esto se tendrá en cuenta la red actual de la empresa SERPORMUL, la misma que consta con un tendido de fibra óptica hasta el mencionado cantón, desde su central de operaciones en la capital de la provincia, Azogues.

La empresa posee los permisos necesarios para brindar los servicios mencionados, es por esto que se pretende realizar el diseño de la red considerando la mayor cantidad de cobertura y hogares, pasados con un sistema de fibra óptica completo que permita la utilización del máximo ancho de banda posible para asegurar la calidad en el servicio.

Luego de desarrollar el diseño de la red de fibra, se tendrá en cuenta los cálculos necesarios para la correcta cobertura y el dimensionamiento del equipamiento completo, que incluirá: planta interna, planta externa, integración con sistemas actuales y provisión de equipamiento a los nuevos clientes.

Una vez que se tengan la solución técnica completa se procederá a la cotización de los materiales y equipos; para realizar un análisis de factibilidad económica que sirva para determinar la validez del proyecto, inversión inicial y su posterior tiempo de recuperación.

Finalmente se analizarán todos los datos: teóricos, prácticos, de diseño,

económicos y legales, para poder concluir y recomendar, conforme al criterio de costo/beneficio, y, basados en datos reales de niveles de aceptación de esta nueva propuesta tecnológica.

Situación problemática

El hombre desde siempre ha tenido la imprescindible necesidad de comunicarse y conocer el mundo donde vive. La tecnología de las telecomunicaciones avanza constantemente, a lo largo de su historia y hasta la actualidad, para brindar servicios de televisión, telefonía e internet. Es por eso, que se arriba al presente siglo con una creciente demanda de este servicio. (Prieto Zapardiel, 2014, p.5)

En la actualidad existen diferentes tipos de tecnologías que ayudan a realizar diversas actividades o tareas en el menor tiempo, pero la ubicación y precios de los equipos necesarios en lugares distantes es un problema o una limitante para las personas que quieren inmiscuirse dentro de los avances tecnológicos referentes a equipos y medios de comunicación. (Alcivar Mendoza, 2015, p.1)

Las tecnologías hoy en día ofrecen velocidades con un ancho de banda de 2Mbps, 4Mbps y 8Mbps; aunque el ancho de banda sigue siendo una limitante para los usuarios de internet, y, al incrementar la distancia dependiendo del medio de comunicación empleado, estas velocidades disminuyen. Los usuarios tienen la necesidad de un servicio más rápido y eficaz, con una buena capacidad de transmisión y a un precio accesible. (López Polo, 2016, p.17)

Los nuevos sistemas para transmisión de datos por medio de fibra óptica, muestran características y beneficios únicos, como: la velocidad de transmisión, capacidad, nitidez y versatilidad de la información, que lo diferencian en comparación con otros medios de transmisión ya sean alámbricos o inalámbricos. La fibra óptica es un medio muy eficaz para la transmisión de datos, debido a las siguientes características: alta seguridad y larga duración, inmunidad a interferencias electromagnéticas, baja atenuación de la señal, gran ancho de banda e integridad. (Universidad del Azuay, n.d. , p.1)

La tecnología GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*), se convierte en una gran opción para la búsqueda de nuevas velocidades de transmisión de la información. GPON es una convergencia total de los servicios de telecomunicaciones triple play (voz, datos y video), mediante un mismo medio. En el Ecuador se han presentado distintos trabajos relacionados al diseño de redes de fibra óptica utilizando la tecnología GPON, y han demostrado la objetividad de los mismos. (Alcivar Mendoza, 2015, p.1)

En el país, actualmente “las redes de fibra óptica llegan hasta el nodo de comunicaciones, aún no se han implementado redes de acceso que permitan llegar con fibra óptica hasta el usuario final y así poder brindar telefonía, internet y televisión a través de un solo medio, independientemente de la infraestructura civil existente” (AÑAZCO AGUILAR, 2013, p.16). Las empresas de televisión por cable en Ecuador, poseen redes, ya sean completamente coaxial o híbridas entre coaxial y fibra óptica, lo que genera inconvenientes tecnológicos para brindar “triple play” desde el punto de vista de ancho de banda para una calidad en voz, datos y video.

Las ciudades de Quito y Guayaquil tienen un mayor desarrollo tecnológico en las telecomunicaciones con respecto a otras ciudades del país, en la provincia del Guayas, en el cantón Durán, se encuentra una planta de producción de fibra óptica,

que es la más grande de Latinoamérica, la cual tratará de cubrir la demanda nacional en su totalidad y también servirá para exportar fibra a toda esta región, por lo cual las empresas de telecomunicaciones de América Latina podrán brindar tecnología FTTH (*Fiber To The Home*) a los usuarios que lo soliciten. (Alcivar Mendoza, 2015, p.3)

En la provincia del Cañar, específicamente en el cantón Biblián, existe una empresa que brinda los servicios de televisión por cable e internet, con redes híbridas o con cable coaxial. Dicha empresa funciona bajo el nombre comercial de TELECABLE.

SERPORMUL posee una red de fibra óptica, llegando hasta dicho cantón, con esto y los permisos obtenidos por parte de ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) se podría brindar un servicio doble o triple play. De esta manera se pretende mejorar la calidad de los servicios actualmente brindados (TV por medio de redes HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) e internet mediante acceso inalámbrico), con una red de fibra óptica hasta el hogar, pero implementando un sistema con tecnología GPON, que permitirá tener una gran reducción de costos para la empresa operadora, porque este sistema permite la transmisión de muchos servicios a la vez, por un mismo medio de transmisión, que en este caso sería de fibra óptica. Gracias a la multiplexación se puede enviar simultáneamente el servicio de televisión digital en alta definición (IPTV) y el servicio de internet con un ancho de banda muy grande que permiten alcanzar hasta los 2,4 Gbps de bajada y 1,2 Gbps de subida.

La mejora de estos servicios en la empresa SERPORMUL significaría gastos tanto para la empresa como para el usuario, pero traería como beneficio para los clientes el poder disfrutar de un servicio de mejor calidad; referente al servicio de la televisión por cable, pasaría de ser de un servicio análogo a uno digital, en relación al internet

se tendría un servicio de banda ancha y junto a este un servicio de telefonía IP; a partir de este mejor servicio se incrementaría la cantidad de clientes y redundaría en mejores ingresos para SERPORMUL.

El problema radica en la carencia de calidad y versatilidad del servicio para los abonados de la empresa, ya que con redes híbridas se pierde tanto nitidez de la señal como también velocidad de transmisión de la información.

Problema científico

- ¿Cómo mejorar la calidad y velocidad de la información en los servicios de televisión, internet y telefonía IP, que llegue a satisfacer a los nuevos usuarios de la empresa SERPORMUL S.A. en el cantón Biblián?

Línea de investigación

- Ciencias exactas, naturales y tecnológicas.

Ámbito

- Telecomunicaciones.

Objeto de estudio

- Sistemas de telecomunicaciones.

Campo de acción

- Redes alámbricas e inalámbricas con tecnología GPON.

Definición de los objetivos

Objetivo general

- Diseñar una red de fibra óptica hasta el hogar, con el uso de tecnología GPON, para mejorar la calidad y velocidad de la información en los servicios de televisión, internet y telefonía IP, en el centro del cantón Biblián.

Objetivos específicos

- Realizar el estudio del estado del arte respecto al tema de redes de fibra óptica hasta el hogar, con servicios triple play.
- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa SERPORMUL S.A. en el cantón en mención.
- Diseñar y dimensionar los equipos necesarios para una red de fibra óptica hasta el hogar con servicio triple play, mediante el uso de la tecnología GPON.
- Determinar la factibilidad económica del proyecto y la aceptación que tendría el usuario.

- Obtener los resultados del diseño de la red y exponerlos mediante conclusiones y recomendaciones.

Hipótesis

El diseño de una red de fibra óptica hasta el hogar implementando tecnología GPON, permitirá que SERPORMUL pueda llegar hasta el usuario final por un solo medio de comunicación, brindando un servicio triple play de alta calidad, para el cantón Biblián.

Justificación

Este tema permitirá la aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de las diferentes cátedras cursadas en la facultad, ya que implica la convergencia de varias ramas de la electrónica y las telecomunicaciones. (Lalangui, 2015, p.6)

Para desarrollar de manera completa la temática elegida, será necesario que se realicen diseños, cálculos y actividades prácticas que permitan entender de mejor manera el funcionamiento actual de la red, y las mejoras que se pretenden plantear para una posible implementación. (Lalangui, 2015, p.6)

El mundo de las telecomunicaciones se viene desarrollando de manera acelerada, es imperativo estar a la vanguardia en la tecnología, ya que el mercado laboral actual así lo exige, cada vez “estar conectado” se van convirtiendo en una necesidad básica, por lo que se vuelve importante obtener conocimientos profesionales, que permitan trabajar sobre redes para este fin. (López Polo, 2016, p.20)

Dado el hecho de que dentro de la ingeniería siempre se busca estar a la vanguardia en la tecnología, que mejor manera de hacerlo que con la implementación de un sistema GPON, que hoy por hoy es lo mejor en red de datos y servicios.

Contribuciones de la investigación

Aporte teórico-metodológico

El presente trabajo permite entender de mejor manera el funcionamiento actual de las redes basadas en fibra óptica, mediante la descripción detallada de su funcionamiento tanto físico como en el campo de aplicación, cuáles son las ventajas y desventajas de estos sistemas, y, sobre todo un detalle fundamental en lo que hace referencia a los parámetros de uso y buenas prácticas.

Aporte práctico

En lo concerniente a la parte práctica, el aporte fundamental está representado por los diagramas de conexión, la selección y dimensionamiento de los equipos a utilizar, pero, sobre todo en los planos finales de diseño de las nuevas redes, en los que se tomará en cuenta todos los factores de construcción, de tipo de infraestructura de tendido y factores externos como el climático y social.

Novedad científica

Al tratarse de un tema en auge en la actualidad, la novedad científica vendrá de la mano de los cálculos y posibles dimensionamientos que se hagan, para

de esta manera poder aportar algo más a las investigaciones actuales, pero basados en las conclusiones que se podrá obtener tanto de la parte netamente técnica, como también de un análisis técnico-económico.

CAPÍTULO I

1. Fundamentos Teóricos

1.1 La Fibra óptica

Por definición según (Rusano, 2014, p.1) la fibra óptica es “un filamento de vidrio o plástico flexible y con un espesor inferior a un cabello humano empleado para transmitir luz de un extremo a otro independientemente de la geometría que exista durante su recorrido. La fibra óptica es la tecnología resultante de unir el conocimiento de las propiedades de la luz y el vidrio con el objeto de poder enviar y transmitir pulsos de luz a grandes distancias con velocidades cercanas a los 200.000 Km por segundo, siendo utilizadas ampliamente en el sector de las telecomunicaciones.”

1.1.1 Historia y evolución

El estudio de la luz, como medio de transmisión de información data de finales del siglo XVIII hasta los inicios del XIX, enfocados principalmente en sistemas médicos, no es sino hasta 1976 que AT&T realiza la primera prueba de esta tecnología en Atlanta, enfocando su utilidad a la comunicación de datos. (Rodriguez Asis, 2014, p.10)

En el año 1977 se completaron las pruebas y se inició con las aplicaciones

comerciales en Chicago, en donde se transportó voz, datos y vídeo por medio de 2.4 km de cables de fibra óptica subterráneos conectando dos oficinas de conmutación de la entonces Bell Telephone Company.

Estas conexiones lograban transmitir luz por varios kilómetros sin repetidor, pero tenían una atenuación elevada de aproximadamente 2dB/km. Una segunda generación de fibra óptica solucionaba este inconveniente, usando nueva tecnología de láser de InGaAsP (*Indium gallium arsenide phosphide*) que emitieron a 1300nm, reduciendo la atenuación de la fibra a 0,5 dB/km, y la dispersión del pulso reducida a 850 nm. (Rodríguez Asis, 2014, p.10)

Para 1983, MCI (*Microwave Communications, Inc*) de los EEUU, fue la primera empresa en desplegar una red de fibra óptica nacional. A fines de los ochenta, los sistemas operaban con mayores longitudes de onda, apareció la fibra de dispersión desplazada (DSF), con un mínimo de atenuación en la ventana de 1550nm con dispersión cero en la misma longitud de onda, mayores velocidades y mayores distancias. (Rodríguez Asis, 2014, p.12)

Un avance fundamental se produjo en 1970 en Corning Glass Works, donde se fabricó una fibra de cientos de metros de longitud con una claridad cristalina, a esto se le añadió un láser de semiconductores que funcionaba normalmente a temperatura ambiente, esta unión mejoró notablemente la tecnología óptica.

En el año 1978, en el mundo, el total de fibra óptica era apenas de 960 km. Para 1980, AT&T presentó un proyecto para sistema que conectó las ciudades de Boston y Washington. En 1984 se podía proporcionar 80000 canales simultáneos

de voz, solamente para conversaciones telefónicas. La longitud de fibra total, solo en los Estados Unidos, llegaba a 400000 km. (Rodríguez Asis, 2014, p.12)

Cables de fibra óptica atravesaron los océanos del mundo, el primero comenzó a funcionar en 1988, se podía colocar repetidores a distancias de más de 64 km. Para 1991, otro cable transatlántico duplicó la capacidad. Otros cables de fibra que cruzan el Pacífico también han entrado en funcionamiento, ofreciendo un servicio telefónico entre los Estados Unidos y Asia. (Tinoco Alvear, 2011, p.1)

En 1990, los laboratorios Bell realizan pruebas y logran transmitir una señal de 2,5 Gb/s a través de 7500 km sin regeneración de señal, utilizando láser solitón y amplificador EDFA que permite a la onda de luz mantener su densidad y forma.

Bell, en 1998, transmitió 100 señales ópticas de 10Gb/s por una sola fibra de 400km, gracias a las técnicas WDM (Wave Division Multiplexing) que combinan varias longitudes de onda en una sola, esto incrementó la capacidad de una fibra en un terabit por segundo (1012Gb/s). (Tinoco Alvear, 2011, p.1)

1.2 Tipos de fibra óptica

1.2.1 Fibra multimodo

Fibra óptica por la que puede circular más de un haz de luz en más de un modo o camino, generando que no lleguen todos al tiempo, siendo generalmente usada

en aplicaciones de corta distancia, en edificios o comunicaciones menores de un kilómetro. Como se puede observar en la siguiente figura. (Rodríguez Asis, 2014, p.1)

Figura 1 .Estructura de la fibra multimodo.

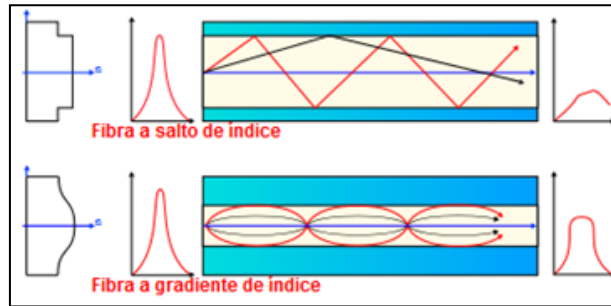


Fuente: (León Urueña, 2015, p.1)

1. Núcleo mayor que el de cable monomodo (50 o 62,5 micrones o mayor).
2. Permite mayor dispersión y, por lo tanto, pérdida de señal.
3. Se usa para aplicaciones de distancias de hasta 1 Km.
4. Usa LED (light-emitting diode) como fuente de luz, a menudo dentro de redes LAN (local area network) o para distancias cortas dentro de redes empresariales.
5. Al tener un diámetro más grande permite el uso de equipos de bajo costo.
6. Dos tipos de propagación: Salto de índice y gradiente de índice.

En la siguiente figura se observa la forma de propagación.

Figura 2. Propagación en la fibra multimodo.



Fuente: (El cactus pinchado, 2012, p.1)

1.2.2 Fibra monomodo.

Una fibra monomodo es aquella en la que solo se propaga un modo de luz con un diámetro igual que en las multimodo pero con un diámetro del núcleo que es mucho menor, esto hace que su transmisión sea paralela al eje de la fibra permitiendo transmitir grandes cantidades de información y alcanzar grandes distancias (Rodríguez Asis, 2014, p.1), como se puede observar en la figura siguiente:

Figura 3. Estructura de la fibra monomodo.



Fuente: (León Urueña, 2015, p.1)

1. Núcleo pequeño, menor dispersión.
2. Apropiado para aplicaciones de largas distancias.
3. Usa láser como medio de iluminación.
4. Varios hilos por cables, diferenciados por colores del revestimiento y los hilos.

En la siguiente figura se observa la forma de propagación.

Figura 4. Propagación en la fibra multimodo.



Fuente: (El cactus pinchudo, 2012, p.1)

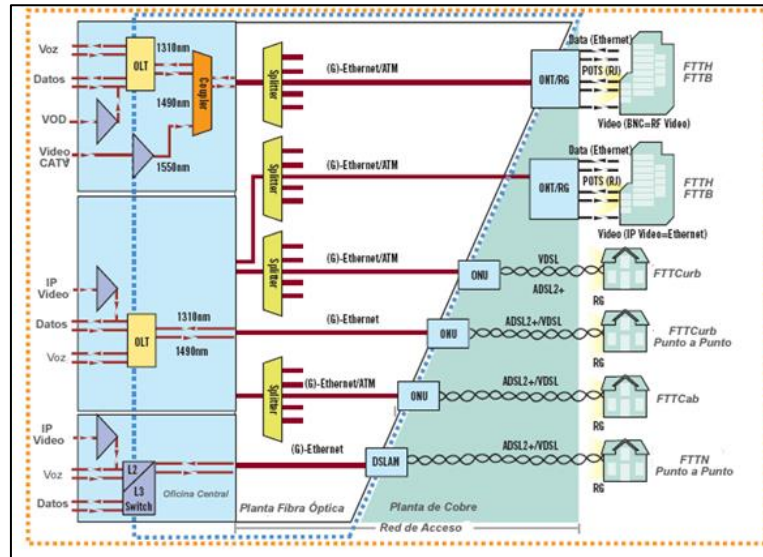
1.3 Arquitecturas en Fibra Óptica

1.3.1 Tipos de Arquitecturas

1. FBB "Fiber Backbone", es el enlace principal de la red basado en fibra óptica.
2. FTTN "Fiber to the Node", fibra hasta el nodo.
3. FTLB "Fiber to the Building", fibra hasta la acometida de un edificio.
4. FTTC "Fiber to the Curb", fibra hasta las cabinas o armarios generalmente en las esquinas.
5. FTTH "Fiber to the Home", fibra hasta el hogar.

En la siguiente figura se observa el detalle de las arquitecturas.

Figura 5. Arquitecturas de fibra óptica.



Fuente: (Telecomunicaciones: Mercados y Tecnologías, 2017, p.1)

Todas estas arquitecturas están referidas a la distancia de recorrido de fibra que se necesita para llegar hasta el cliente, en razón de esta distancia se define el medio o complemento que se necesita en la acometida para definir algún tipo de acceso, ya sea par de cobre, coaxial o inalámbrico.

1.4 Fibra hasta el hogar

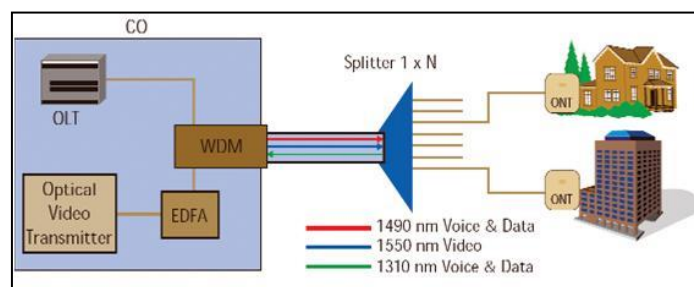
La fibra óptica hasta el hogar FTTH (fiber to the home) consiste en una red de fibra óptica completa, con su ubicación directamente en la casa del abonado, permitiendo tener un acceso de mayor capacidad para los servicios que se pretendan brindar. (Ruiz Lovato, 2015, p.8)

La red de acceso puede ser con una o dos fibras dedicadas a cada usuario, en topología estrella o una red óptica pasiva con una fibra en el lado del operador y varias fibras en el lado del usuario, en topología de árbol. (Ruiz Lovato, 2015, p.7)

Esta última está basada en divisores ópticos pasivos formando un sistema que no tiene elementos electrónicos activos, basado, esencialmente, en un divisor óptico (*splitter*) que divide hacia múltiples fibras o combina todos los haces en una sola.

Esta arquitectura pretende utilizar los mismos caminos de fibra principales (*enlaces troncales*) para de esta manera aprovechar los recursos y generar mayores ganancias a los enlaces existentes, la misma que se describe en la Figura 6.

Figura 6. Arquitecturas de fibra óptica.



Fuente: (Berrío Cataño, 2010, p.1)

1.5 Redes xPON

Por definición, PON (*Passive Optical Network*) “es una red óptica punto a

multipunto que no contiene elementos activos en todo el recorrido de la red entre el equipamiento del operador y el equipamiento final de usuario.” (González, 2009, p.1)

xPON hace referencia a las diferentes posibilidades de aplicación de este tipo de redes:

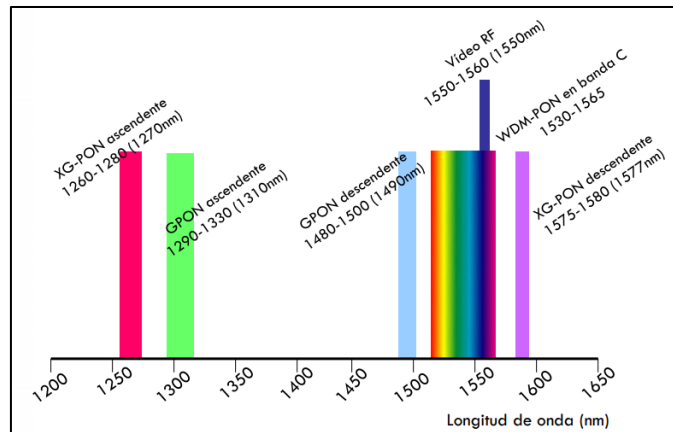
Tabla 1. Cuadro comparativo de tecnologías PON.

	IEEE EPON	ITU-T GPON	ITU-T BPON
Velocidad de línea descendente (Mbps)	1250	1244.16 o 2488.16	155.52 or 622.08 or 1244.16
Velocidad de línea canal ascendente (Mbps)	1250	155.52 o 622.08 o 1244.16 o 2488.32	155.52 o 622.08
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ aleatorización)	NRZ (+ aleatorización)
Direccionamiento por nodo (mín)	16	64	32
Direccionamiento por nodo (max)	256	128	64
Alcance tramo de fibra	10 Km ó 20 Km	20 Km	20 Km
Protocolo nivel 2	Ethernet	Ethernet over ATM (GFP) y/o ATM	ATM
Soporte tráfico TDM (voz, centralitas)	TDMoIP	TDM nativo sobre ATM o TMDolP	TDM over ATM
Flujos diferentes de tráficos por sistema PON	Depende de LLID /ONUs	4096	256
Capacidad ascendente para tráfico IP	< 900Mbps	1160 Mbps	500Mbps
Gestión y Mantenimiento OA&M	Ethernet OAM, SNMP	PL OAM + OMCI	PL OAM + OMCI
Seguridad en descendente	DES	AES	AES

Fuente: (González, 2009, p.1)

Asignación de espectro óptico GPON, WDM-PON, XG-PON y video RF descrito en la figura 7.

Figura 7. Cuadro comparativo de tecnologías PON.



Fuente: (González, 2009, p.1)

1.6 GPON

Conjunto de recomendaciones de la ITU-T G.984.x donde se describe las técnicas y características para compartir un medio común de fibra por varios usuarios (ver tabla 1), encapsulamiento de la información y gestión de los elementos de red, entre otras especificaciones. (González, 2009, p.1)

1.6.1 Características de GPON

1. Ancho de banda y distancia mejorado con relación a tecnologías tradicionales (“legacy”).
2. Costos. Reduce CAPEX (CAPital EXpenditures) en fibra óptica y equipamiento (usuarios comparten el medio físico y OLT).
3. QoS (quality of service). GPON garantiza cierto ancho de banda para cada servicio y usuario.

4. Seguridad. La información cifrada en AES (Advanced Encryption Standard).
5. Operación y mantenimiento. En GPON se cuenta con un modelo de gestión para facilita al operador la administración y configuración remota de equipos de usuario. Reducción de OPEX
6. Escalabilidad. Hoy en día se habla de GPON (2,5Gbps para 64 usuarios) a futuro se podrá evolucionar a XG-PON y seguir usando la misma infraestructura de fibra.

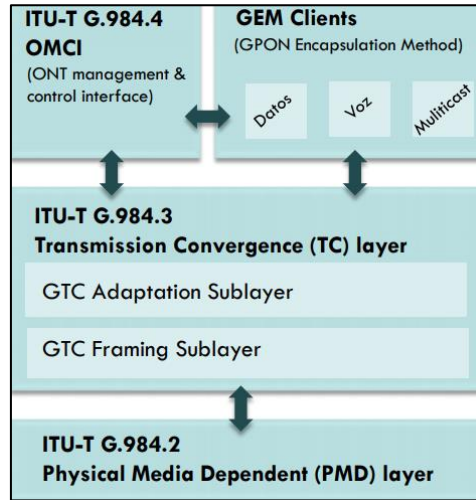
Entre otras mejoras que ofrece GPON está la sincronización de todos los elementos que conforman la red, a una referencia temporal común. Así se establecen los periodos exclusivos y estrictos de acceso al medio: TDMA (*Time Division Multiple Access*) complementado con un modo de ecualización para el acceso al medio de la ONT, respecto de la OLT. (González, 2009, p.1)

Se desarrollaron mecanismos de OAM (operación, administración y mantenimiento) que facilitan al operador la gestión centralizada de los equipos de usuario. Haciendo de esta gestión, configuración y control remotos e independientes.

1.6.2 Arquitectura GPON

Para este análisis se refiere la comparativa de tecnologías en siguiente figura:

Figura 8. Cuadro comparativo de tecnologías PON.



Fuente: (González, 2009, p. 1)

La tabla 2 indica las atenuaciones ópticas y recomendaciones ITU-T para las tecnologías ópticas existentes.

Tabla 2. Cuadro comparativo de tecnologías PON.

Clase	Rango de atenuación óptica	Recomendación ITU-T
GPON Clase A	5-20 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B	10-25 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase C	15-30 dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B+	13-28 dB	G.984.2 Amendment 1 (2006)
GPON Clase C+	17-32 dB	G.984.2 Amendment 2 (2008)
XG-PON N1	14-29 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON N2	16-31 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E1	18-33 dB	G.987.2 (2010)
XG-PON E2	20-35 dB	G.987.2 (2010)

Fuente: (González, 2009, p. 1)

1.6.3 Elementos de las redes GPON

- OLT (Optical Line Terminal), unidad óptica terminal de línea.
- ONT (Optical Network Unit), unidad de red óptica del usuario.
- Equipos WDM (Wavelength Division Multiplexing), equipos de multiplexación de longitud de onda.
- Splitter pasivos, divisores ópticos pasivos con entrada y múltiples salidas o viceversa.
- EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier), amplificador de fibra dopada con erbio. (Ruiz Lovato, 2015, p.8)

Entre otros elementos que, dependiendo de los servicios y velocidades usados, van a intervenir en la red, por ejemplo:

- Empalmes y conectores.
- Cajas de empalme.
- Transmisores ópticos.
- Receptores ópticos.
- Entre otros.

1.7 Servicios Triple Play

Triple play, en servicios de telecomunicaciones, hace referencia al “bundle” o unión de tres servicios en un solo medio de acceso de cualquier naturaleza. Incluye los servicios de datos (*acceso a internet*), video (*televisión paga*) y voz

(telefonía). (Franco, 2017, p.1)

En la actualidad las compañías que brindan servicios de telecomunicaciones buscan unir en uno solo a estos tres servicios, pero para este cometido es necesario un equipamiento especial, especialmente referido al ancho de banda, ya que todo está tendiendo hacia tecnologías IP (Figura 9). (Franco, 2017, p.1)

También se debe considerar las especificaciones técnicas de las redes que utilizan y sobre todo las reglamentaciones que existen en cada país acerca de los servicios de voz, datos y video. Como se identifica en la siguiente figura.

Figura 9. Arquitecturas de fibra óptica.



Fuente: (Álvarez, 2010, p.1)

Empresas como CLARO, son pioneras en redes de este tipo, que pueden ser de cualquier clase, ya sean ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), HFC o inalámbricas, pero que con la llegada de las tecnologías xPON, se han desplegado de manera masiva, debido a las prestaciones de velocidad de datos en estas nuevas tecnologías. (Franco, 2017, p.1)

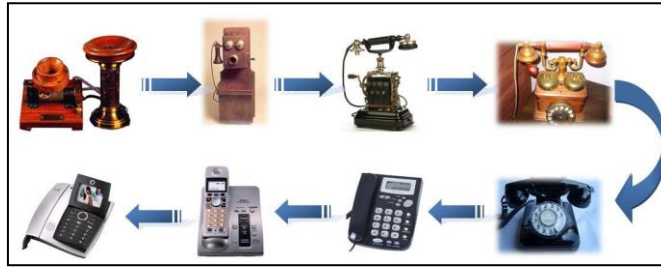
1.7.1 Voz

El primero de los tres servicios que se ofrecen en triple play es el de voz (*comunicaciones telefónicas tradicionales*), siendo este el principal servicio que se ofreció a los usuarios y en el que se basaron, de cierta manera, los demás servicios que se incluyen en este “bundle services” o paquete de servicios. (Espadas Santiuste, 2014, p.23)

La telefonía tuvo una evolución considerable, desde la patente del teléfono por Graham Bell en 1876, aunque su invención data de mucho antes y fue reconocida a Antonio Meucci. A manera de evolución se puede citar ciertos detalles del aparato telefónico que permitirán tener una idea de cómo este servicio ha ido mejorando en tecnología y calidad (Figura 10). (Espadas Santiuste, 2014, p.23)

- La introducción del micrófono de carbón para mayor potencia y alcance.
- El dispositivo antilocal Luink, para evitar la perturbación.
- La marcación por pulsos.
- La marcación por tonos multifrecuencia.
- La introducción del micrófono electret (micrófono de condensador que utiliza un electrodo).

Figura 10. Evolución del aparato telefónico.



Fuente: (Franco, 2017, p.1)

La telefonía convencional (fija) es aquella que hace mención a las líneas y equipamiento, que se encargan de la comunicación telefónica, mediante una central hecha de conductores de cobre.

Esta central telefónica comenzó con una conmutación manual para la interconexión realizada por un operador, formando el primer modelo de red con teléfonos alimentados por pilas o baterías y luego las mismas centrales alimentaban a los teléfonos.

Posterior a esto se utilizaron centrales telefónicas de conmutación automática, con dispositivos electromecánicos, que a su vez evolucionaron en sistemas electromecánicos, pero controladas por computadora.

Conforme evolucionaba la tecnología, las centrales digitales de conmutaciones automáticas totalmente electrónicas y controladas por un computador introdujeron el concepto de Red Digital de Servicios Integrados y técnicas DSL o de banda ancha (*ADSL, HDSL, etc.*), que permiten integrar el servicio de transmisión de datos. (Espadas Santiuste, 2014, p.24)

Siguió la telefonía móvil o celular, que permitía comunicaciones inalámbricas de voz y datos a alta velocidad permitiendo la movilidad de los clientes y la posibilidad de mejorar las velocidades con el avance de las generaciones (3G, 4G LTE (*long term evolution*), etc.).

Finalmente, lo que se tiene, hoy por hoy, es el avance tecnológico que permite conceptos de VoIP (*voz sobre IP*) o VoLTE (*voz sobre LTE*) que convirtieron a la voz tradicional en datos para que estos se envíen mediante redes de nueva generación o IP, con sistemas 4G y las primeras pruebas de sistemas 5G. (Figura 11). (Espadas Santiuste, 2014, p.25)

- La telefonía IP convierte la voz en paquetes.
- Existen varios softwares que emulan un teléfono, instalados en una computadora.
- La tecnología de voz IP facilita la comunicación entre los empleados y altos directivos, dentro de las empresas.
- La telefonía IP permite integrar en una misma red las comunicaciones de voz y datos.
- La telefonía IP beneficia a la mejora y estandarización de los sistemas de control de la calidad de la voz (QoS) y a la universalización del servicio Internet.

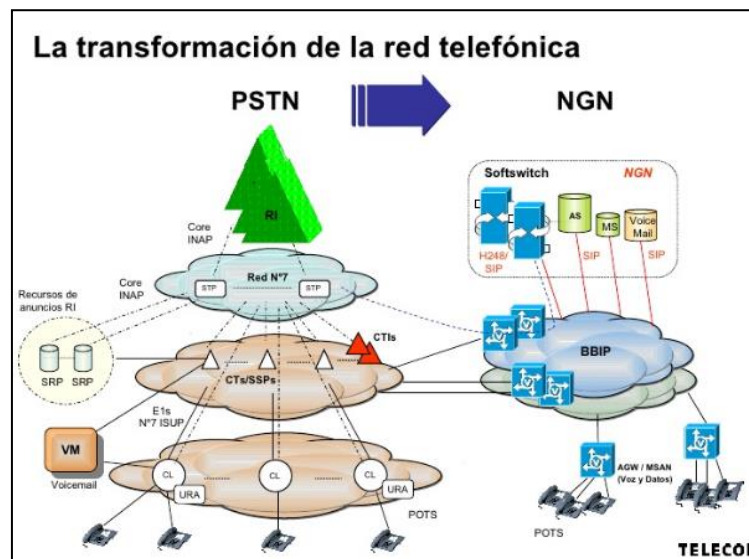
Los elementos básicos que forman un sistema de telefonía IP son: la central IP, el Gateway IP y los diferentes teléfonos IP.

La telefonía IP permite el acceso a funcionalidades avanzadas (*buzones de voz*,

IVR (Interactive Voice Response), CTI (Computer Telephony Integration), ACD (Automatic Call Distributor), etc), utiliza comunicaciones SIP como protocolo estandarizado.

En la siguiente figura se observa la transformación de las redes telefónicas, desde las tradicionales PSTN (Public Switching Telephone Network) hasta redes de nueva generación (NGN).

Figura 11. Transformación de la red telefónica.



Fuente: (Lutzky, 2010, p.12)

1.7.2 Datos

Este servicio hace referencia al acceso de internet (*Interconnected Networks*), para clientes por lo general domiciliarios, que por definición es un conjunto de

redes interconectadas a través de un protocolo TCP/IP conformando una estructura heterogénea con alcance mundial. (Kawamura Alexandre, 2016, p.32) Sus inicios se remontan a la década de 1960 dentro del ARPA (*hoy DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency*) a través de una red conocida como ARPANet, que fue la primera interconectada en el año 1969 con un protocolo conocido como NCP el mismo que fue reemplazado por TCP/IP hasta el año 1983. (Kawamura Alexandre, 2016, p.32)

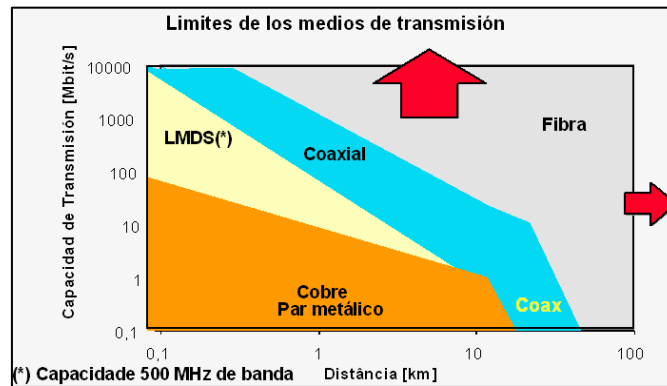
En 1989 se introduce el modelo OSI a internet permitiendo la interconexión de diferentes protocolos, en 1990 nace el primer y más conocido cliente Web el WWW (*World Wide Web*) y para 1993 se definió a este cliente web como público para acceso libre. Desde entonces el crecimiento de internet se hizo exponencial teniendo cantidades exuberantes de usuarios a nivel mundial y brindando toda clase de servicios adicionales (*correo, comunicaciones de voz, audio y video, redes sociales, juegos en línea, etc*). (Kawamura Alexandre, 2016, p.35)

En lo que tiene que ver a la forma de acceder a este servicio se pueden definir ciertas etapas claves, que marcaron el crecimiento en usuarios y en capacidad de acceso, como:

- Acceso DIAL-UP, acceso telefónico mediante par de cobre.
- xDSL, convirtiendo al par de cobre en una línea digital con capacidades de hasta 20 Mbps.
- DOCSIS, acceso a través de redes de cable coaxial que tienen como servicio nativo la televisión por cable.
- Acceso mediante redes inalámbricas WIFI, WiMAX, 3G, LTE.
- Acceso mediante redes de Fibra óptica, que permiten establecer redes basadas en los datos y con velocidades muy altas.

Esto se puede confirmar con la siguiente figura explicativa:

Figura 12. Límites de medios de transmisión.



Fuente: (Traverso, 2010, p.1)

En la actualidad, el uso de internet es muy alto, convirtiéndose en el servicio de mayor demanda por parte de los usuarios de las diferentes tecnologías de acceso, y es la red en la que convergen, de manera progresiva y de calidad notable, los demás servicios ofrecidos en triple play y muchas otras aplicaciones que solo una red de alcance mundial puede ofrecer. (Kawamura Alexandre, 2016, p.36)

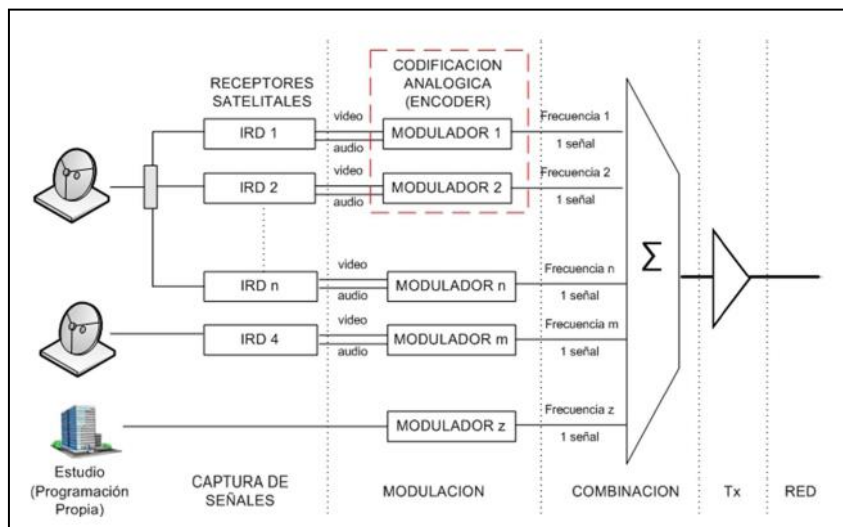
1.7.3 Video

Referido específicamente al servicio de televisión tradicional, a través de algún medio físico, hasta el usuario final. Este servicio nació a finales de 1940, cuando un vendedor de televisores de Pennsylvania colocó una antena en lo alto de una montaña para mejorar la calidad de la imagen, al ver esto los vecinos le pidieron de aquella señal, convirtiéndose en la primera red de CATV. (Kawamura Alexandre, 2016, p.32)

Posterior a esto, el primer sistema de televisión paga se dio en 1972 con la empresa Home Box Office (HBO) que al inicio tenía unos cientos de clientes, pero este servicio obtuvo mayor demanda y en poco tiempo la empresa HBO obtuvo decenas de millones de usuarios a nivel de Estados Unidos. (Kawamura Alexandre, 2016, p.32)

Las primeras redes de televisión por cable fueron puramente coaxiales con cables de 75 ohm, con señales analógicas y equipamientos activos (*amplificadores de red*) y pasivos (*splitter, taps*). Posterior a esto, las redes fueron evolucionando con la llegada de la fibra óptica para formar redes HFC (híbridas entre fibra y coaxial) que dependiendo de la extensión de la parte óptica se pueden definir como redes de fibra hasta un nodo (FTTN), hasta la esquina (FTTC), hasta el edificio (FTTB) o hasta el hogar (FTTH). (Espadas Santiuste, 2014, p.23)

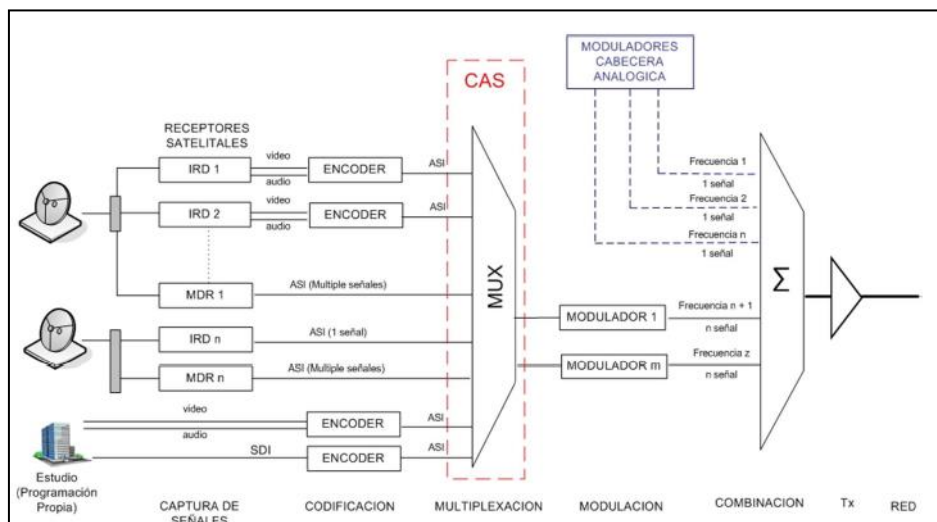
Figura 13. Headend Analógico.



Fuente: (Rodríguez, 2016, p.1)

Luego las redes de televisión por cable (Figura 13) avanzaron en la tecnología con sistemas digitales y la inclusión de servicios de valor agregado a través de un equipamiento adicional en la parte del cliente como lo es el STB (*Set Top Box*) (Figura 14). (Espadas Santiuste, 2014, p.23)

Figura 14. Headend digital.



Fuente: (Rodríguez, 2016, p.1)

Actualmente existen sistemas de televisión tradicional más avanzados como IPTV que consiste en transformar en datos las señales de audio y video y enviarlas mediante redes de alta capacidad y velocidad para unirla a los servicios como voz y datos en una misma tecnología.

1.8 Diagnóstico de contexto

Existen algunos estudios similares, en los cuales se consideran varios puntos

importantes para tener en cuenta el momento de realizar este estudio y sobre toda, las conclusiones que se obtienen ayudarán al seguimiento de líneas de investigación abiertas.

En la Pontificia Universidad Católica del Perú (Arias de la Cruz, 2015), se desarrolló una tesis de “DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR”, en la que se logró diseñar una red FTTH usando GPON para el acceso a banda ancha con velocidades de carga (19Mbps) y descarga (31 Mbps). Se logró abaratar costos, y disminuir así el precio del servicio Triple Play propuesto. Se planteó una red con redundancia, en arquitectura de anillo. Para este caso se recomienda que el módulo GPON tenga una separación de 20Km con la ONT como máximo.

Los datos de recupero de inversión arrojaron que en caso de brindar el servicio a 128 personas el dinero se recuperaría en algo más 3 años con una VAN (*Valor actual neto*) de 637,096.39 soles y un TIR (Tasa interna de retorno) del 33%.

En el ITBA (*Instituto Tecnológico de Buenos Aires*) se planteó una tesis con el siguiente título: “Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina” (Osorio G., 2016). De este trabajo se puede destacar las conclusiones obtenidas, sobre todo en el hecho de que, si bien es cierto el nivel de penetración de la fibra óptica es alto, también se debe considerar el hecho de que existen redes metálicas que no tienen un recambio inmediato debido a que aún no han cumplido su vida útil o no se han recuperado las inversiones realizadas.

El tema legal es muy importante, debido a que las leyes en cada país son diferentes y esto se convierte en un problema o en una ventaja dependiendo de la óptica desde que se la mire, ya que es necesario implementar nuevas redes, nuevos equipos y nuevos criterios para brindar los diferentes servicios que se pueden prestar a través de la fibra.

La demanda de ancho de banda en la red de acceso crece y no se puede detener su evolución. Para esto, las empresas dedicadas a proveer servicios a sus usuarios deben proyectarse a la convergencia de los nuevos sistemas y que no los tomen por sorpresa.

Otros trabajos similares se encuentran en la Universidad Politécnica Salesiana (Tinoco Alvear, 2011), sede Cuenca y en la Universidad Austral de Chile (Asenjo Bertín, 2014), en los que se plantean diseños de redes FTTH GPON, llegando a conclusiones similares, en lo que tiene que ver a la relación costo/beneficio, en la mejor tecnológica, en la problemática de cambio de paradigma, en los temas legales y en las notables ventajas que conlleva el adelanto tecnológico.

Como se puede notar, existen muchos trabajos relacionados al tema, lo que permite entender que el tema es muy interesante, sobre todo, por el hecho de que en el cantón Biblián está lejos de ser una realidad o una masificación este tipo de sistemas y que la tecnología no se puede ver retrasada manteniendo redes actuales que terminan siendo un inconveniente para las velocidades de acceso requeridas hoy en día.

CAPÍTULO II

2. Situación actual de la empresa y propuesta de proyecto

2.1 Análisis de la situación actual

En los últimos tiempos, la fibra óptica ha tenido un notable desarrollo, a nivel mundial, las redes de fibra óptica han alcanzado e incluso superado en porcentaje a las tradicionales redes ADSL y sistemas híbridos de cable coaxial.

Sistemas FTTx (*Fiber to the X*) son muy comunes en redes de empresa prestadoras de servicios de telecomunicaciones, ya sea telefonía fija y/o móvil, acceso a internet, redes WAN, audio y video (televisión tradicional) o la unión de uno o más de los servicios citados (*doble, triple o cuádruple play*).

Según los datos estadísticos obtenidos de (Arcotel, 2017, p.1) “En Ecuador, el servicio de Internet fijo a través de conexiones alámbricas ha crecido, siendo así que para el primer trimestre del año 2017 el 59% de cuentas se proporcionan a través de cobre, el 18% a través de cable coaxial y el 14% a través de fibra óptica y apenas un 9% se proporciona por medios inalámbricos. ”

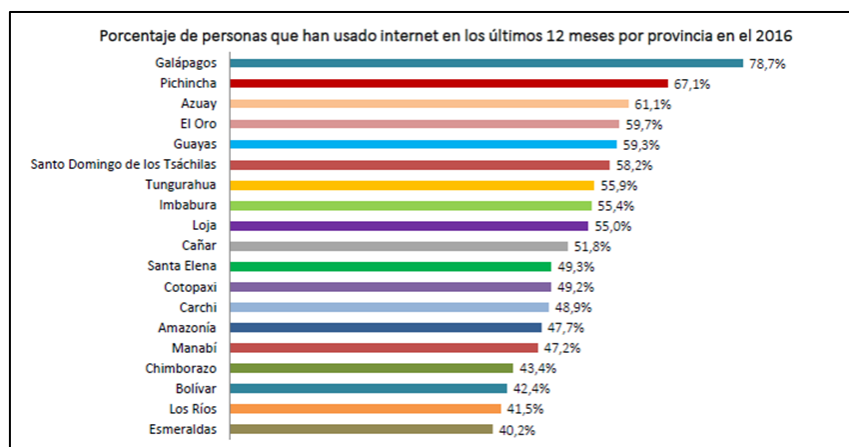
Es tal el impacto que, según fuentes oficiales del gobierno nacional, la cantidad de fibra óptica se multiplicó en 25 veces en los últimos 6 años en el Ecuador. “En el 2006, el país contaba con 3.500 kilómetros de fibra óptica y para el 2012 esta

cantidad aumentó a 30.898,68 kilómetros, lo que representa un beneficio directo para todos los ecuatorianos, que constantemente interactuamos con las nuevas tecnologías de la información y comunicación.” (Ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información, 2017, p.1)

El motivo por el cual la fibra óptica tiene este nivel de penetración es el hecho de que el acceso a internet y la migración de los servicios y bases de datos a “la nube” aumento de manera exponencial, siendo necesario más ancho de banda, no solo para las conexiones principales de las operadoras, sino también para el acceso domiciliario.

Hogares que antes tenían conexiones Dial-up de hasta 1Mbps hoy por hoy pueden contar con accesos simétricos de hasta 100Mbps con tecnologías puramente ópticas, con sistemas FTTH (*Fiber to the Home*). En la siguiente figura se observa los porcentajes referenciales.

Figura 15. Porcentaje de la población que han usado internet en 2016.



Fuente: (INEC, 2016, p.1)

Solamente en 2016, el 78,7% de la población de Galápagos usó internet, siendo la provincia con más uso, mientras que la provincia de Esmeraldas con el 40,2% tiene el menor uso. Una media de aproximadamente el 60% nacional. Cañar, que es la provincia en donde se realizará el estudio, tiene un porcentaje de 51,8% de acceso a Internet, a eso se le añade un 40% de acceso a TV por cable y 35% de uso de telefonía fija demuestra, que las telecomunicaciones son muy importantes y, sobre todo, que el ancho de banda necesitado sobrepasa las tecnologías “legacy” que actualmente se utilizan. (INEC, 2016, p.1)

2.1.1 Situación actual del cantón Biblián

El cantón Biblián, ubicado en la provincia del Cañar, en Ecuador, cuya cabecera cantonal y única parroquia urbana llamada Biblián tiene una extensión de 66.7 Km, con una población de 43700 habitantes (INEC). Como se observa en la figura 16.

Figura 16. Ubicación del cantón Biblián en la provincia del Cañar.



Fuente: (Wikipedia, Cantón Biblián 2018, p1)

Se detallan estos datos debido a que el estudio se enfocará en esta zona, como etapa inicial, teniendo en cuenta una proyección a futuro de todo el cantón, haciendo, a posterior, escalable el análisis general.

Actualmente, en el casco urbano, existen prestadores de servicios de acceso a televisión por cable, acceso a internet y telefonía los mismos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Empresas de servicios en Biblián.

Empresa	Televisión por Cable	Televisión Satelital	Acceso a Internet	Telefonía fija
TELECABLE	SI	NO	SI	NO
DIRECTV	NO	SI	NO	NO
CNT EP	NO	SI	SI	SI
CESACEL	NO	NO	SI	NO
PUNTONET	NO	NO	SI	NO

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Como se puede observar, ninguna de las empresas ofrece un paquete completo de triple play como concepto (es decir, todos los servicios sobre la misma acometida física), algunos brindan dos y hasta tres servicios, pero por medios diferentes (cable coaxial, enlaces inalámbricos a 2,4Ghz o 5Ghz y señales satelitales codificadas). Así mismo el grado de penetración de estos servicios es de un 51% (según el dato general de la provincia proporcionado por el INEC) lo que dejaría un margen considerable de penetración de servicios.

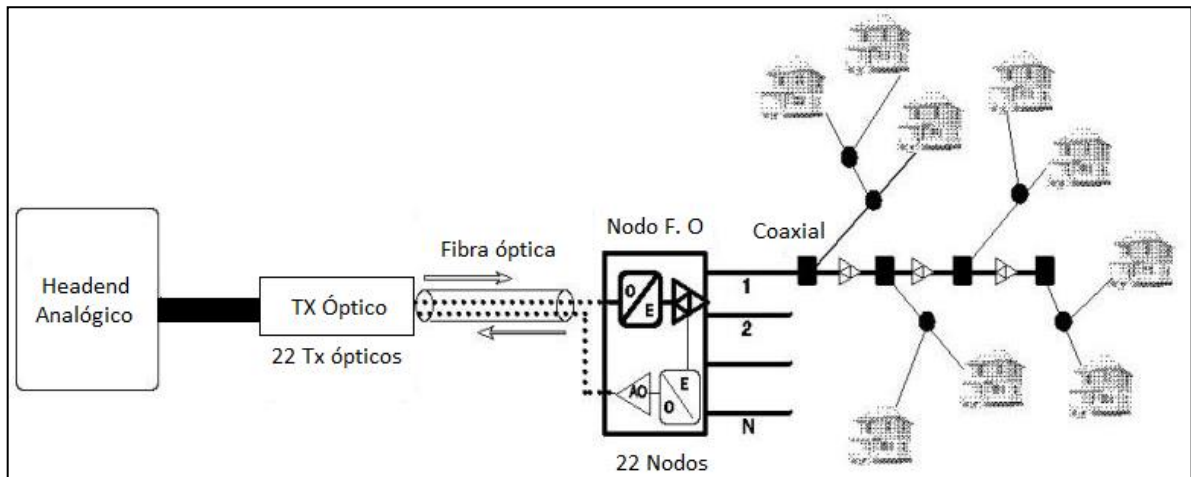
Las empresas que brindan acceso a servicios (en este caso acceso a internet) mediante fibra óptica son CNT EP y Punto Net, y la única que brinda telefonía fija es CNT EP. La distribución de las redes de servicios se las realiza de manera aérea, mediante postes, de propiedad de la empresa regional Centro Sur, colocados a lo largo de la ciudad, cuya función principal es la distribución de energía eléctrica, pero que a su vez se arriendan para las empresas que soliciten su utilización.

2.1.2 Situación actual de la empresa SERPORMUL

Cabletel y Cablenet son los nombres comerciales con los cuales la empresa SERPORMUL S.A brinda los servicios de audio y video por suscripción y acceso a internet. El permiso para distribuir el servicio de audio y video por suscripción se encuentra vigente, con todas las condiciones contractuales en perfecto estado. Para la red de televisión por cable su infraestructura actual se basa en tecnología HFC, con un sistema FTTN (fibra óptica hasta el nodo) y un “headend” o cabecera analógica, con una cobertura determinada por el ente regulador en diferentes cantones tanto de la provincia del Cañar como en la provincia del Azuay.

Se ofrece una grilla de 70 canales de televisión en formato analógico, en la parte de ISP provee paquetes domiciliarios de 2 Mbps, 3 Mbps, 4 Mbps, todos con compartición 6:1 y paquetes corporativos de 1 Mbps, 2 Mbps, 3 Mbps o lo que el cliente requiera con compartición 1:1. La siguiente figura muestra un esquema de funcionamiento de CATV:

Figura 17. Esquema de funcionamiento de la red actual de CATV.

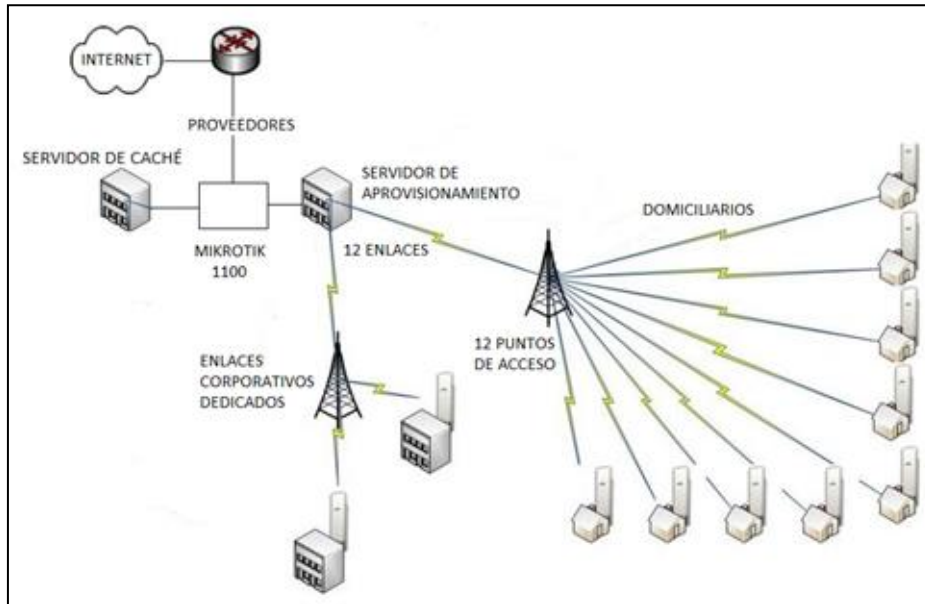


Fuente: (Prieto, Investigación propia)

En lo que corresponde al servicio de Internet en primera instancia se lo brindaba mediante un sistema DOCSIS 2.0 pero para una mayor cobertura, especialmente en áreas rurales, se desplegó una red inalámbrica mediante tecnología UBIQUITI. Todo esto provisionado por un servidor HP Proliant ML350 dotado de un software WISPRO y un sistema de cacheo con un servidor de similares características con software ThunderCache, conectados a un Mikrotik 1100 para características de ruteo.

El permiso para la distribución de acceso a internet se encuentra vigente, con todas las condiciones contractuales en perfecto estado. La red inalámbrica posee varios puntos de acceso en diferentes lugares de la provincia del Cañar y el Azuay, teniendo la licencia acreditada para brindar el servicio de internet en cualquier lugar del país. A continuación, se mostrará la red actual de ISP.

Figura 18. Esquema de funcionamiento de la red actual de ISP.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Los proveedores de acceso a Internet que brindan su servicio son CENTROSUR con 100Mbps, TELCONET con 50Mbps y NEDETEL con 50Mbps. En lo que corresponde a telefonía, la empresa no posee ninguna infraestructura ni tecnología para este cometido y por ende tampoco acreditación de los organismos correspondientes.

2.1.3 Situación de la empresa en el sector de análisis

Se define el sector de análisis (Figura 19) como piloto para la aplicación de la tecnología planteada, la misma que corresponde a la parroquia Biblián del cantón Biblián de la provincia del Cañar en Ecuador.

Figura 19. Área de aplicación de diseño.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

En el sector en mención, se tienen diez cuadras para la cobertura de los nuevos servicios a ofrecer. Se etiquetarán por números como se muestra en la siguiente figura:

Figura 20. Etiquetado de cuadras.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Según el análisis realizado, se define a la zona elegida como una zona mixta entre residencial y comercial, por lo que se definirá la cantidad de usuarios según su naturaleza y el número según la cantidad de viviendas por cuadra. Esto se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de viviendas pasadas y número de posibles clientes.

	Casa unifamiliar	Comercio	Edificio	Total predios	Total posibles clientes		Total posibles clientes
					Residenciales	Comerciales	
Cuadra 1	22	5	0	27	22	5	27
Cuadra 2	10	20	0	30	10	20	30
Cuadra 3	4	9	0	13	4	9	13
Cuadra 4	4	14	0	18	4	14	18
Cuadra 5	7	5	0	12	7	5	12
Cuadra 6	29	4	0	33	29	4	33
Cuadra 7	21	4	3	28	39	4	43
Cuadra 8	21	4	3	28	39	4	43
Cuadra 9	3	4	0	7	3	4	7
Cuadra 10	27	1	0	28	27	1	28
Totales	148	70	6	224	184	70	254

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

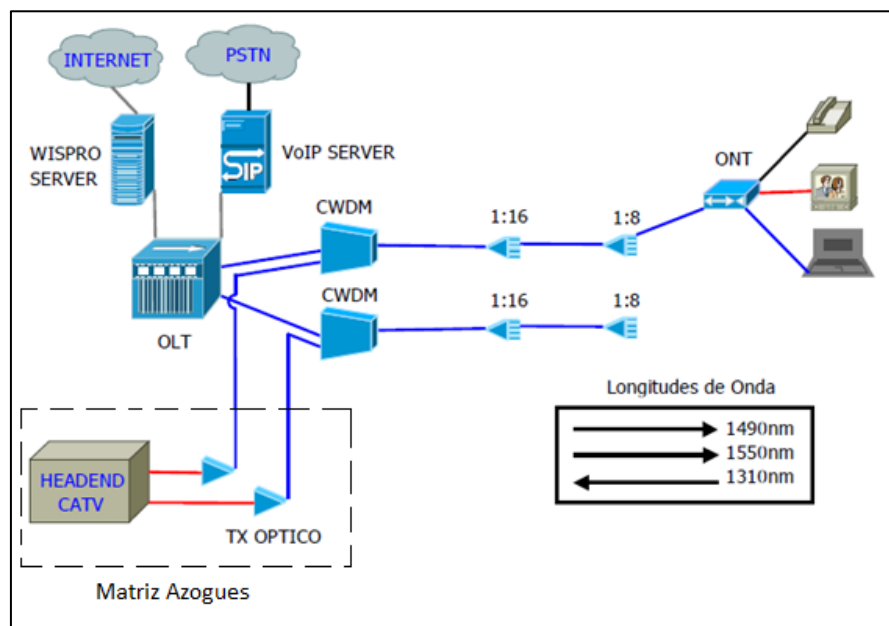
Para este análisis se considera un cliente por cada casa unifamiliar, un cliente por comercio y seis clientes de promedio por los edificios existentes.

2.2 Esquema general de la red propuesta

Para la red propuesta se asignará una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, etc.) en bajada o “downstream” de 1.490nm y para el tráfico de subida o “upstream” 1.310nm.

Mediante el uso de CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) se asignará una tercera longitud de onda de 1.550nm para el broadcast de vídeo para la televisión analógica existente. De esta manera, la televisión puede brindarse por medio de dos métodos distintos, como lo son: RF (radio frecuencia) e IPTV. Se puede seguir con el uso de RF mientras se piensa en una migración gradual hacia IPTV. Todo lo dicho se muestra mediante el siguiente diseño:

Figura 21. Diseño general de la red FTTH propuesta.






Fuente: (Prieto, Investigación propia)

2.2.1 Definición de equipamiento principal

El proyecto se basa en una red de fibra óptica GPON, en la cual el equipamiento principal y base de las operaciones de los tres servicios a prestar es el OLT

(Optical Line Terminal) que se ubicará en la oficina central, existen muchas marcas y modelos en el mercado, por lo que se hará un análisis de los tres más recomendados y usados en la actualidad, volcando estos datos en la tabla 5.

Tabla 5. Comparativa de equipos OLT.

Marca	Cisco	Huawei	ZTE
Modelo	ME4620 OLT	MA5600T	ZXA10 C300
Dimensiones (Rack Units)	14 RU	10 RU	21 RU
Cantidad de tarjetas	18	16	14
Capacidad por tarjeta	12 x 1 Gbps	14 x 1 Gbps	16 x 1 Gbps
Puertos GPON	216	224	224
Referencia de precio en el mercado	ALTA	MEDIA	BAJA
Referencia de precio de servicios	ALTA	BAJA	BAJA
Facilidad de reposición*	BAJA	ALTA	MEDIA
Penetración en el mercado TriplePlay	MEDIA	ALTA	MEDIA
			
* Conseguir repuestos o recambio			

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Según las características comparadas en la tabla 5, se puede determinar al equipo Huawei como la mejor opción en relación costo beneficio, además de que la marca como tal posee un buen posicionamiento en el mercado y al ser un equipo robusto y escalable permitirá que a futuro este chasis pueda satisfacer la demanda de todo el cantón Biblián y sus alrededores más cercanos.

Dicho esto, los equipos principales, como: ONTs y servidor de VoIP serán de la marca Huawei, evitando futuras complicaciones en la configuración de los

mismos. Con esto se descartan problemas de funcionamiento y el uso de licencias o hardware adicional para que se integren de manera correcta.

2.2.2 Equipo óptico terminal

Para el sistema de OLT ubicado en la oficina central se contará con un equipo MA 5600T Multi-service Access Module marca Huawei. El equipo OLT elegido permite integrar varias tecnologías mediante placas con puertos como POTS, xDSL y GPON, esta última característica es la que interesa debido a la aplicabilidad a las redes FTTH. Se añaden algunos detalles adicionales en la Tabla 6.

Tabla 6. Características OLT 5600T.

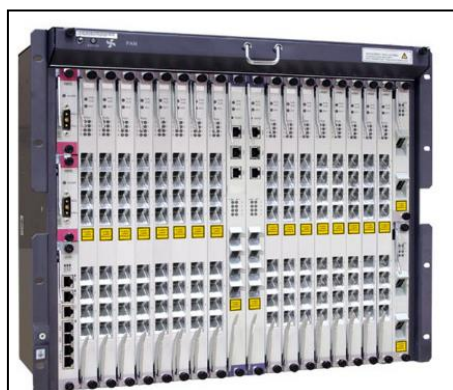
Características 5600T	
Velocidad de TX	2,5 Gbps
Velocidad de RX	1,5 Gbps
Long. de onda TX	1490 nm
Long. de onda RX	1310 nm
Pot. Óptica	1,5-5 dBm

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Posee la capacidad de 16 placas con 14 puertos cada una, en cada puerto se puede tener una relación de 1:128, es decir que se pueden tener 128 clientes como máximo por puerto, con una distancia no mayor de 8 Km entre el cliente y

la central. El nivel de división o “splitteo”, con dicha distancia, no puede ser mayor a dos. Una imagen de este equipo se observa a continuación:

Figura 22. Equipo OLT Huawei MA5600T.



Fuente: (Huawei, OLT Portfolio, p. 2)

En la siguiente figura se tiene un diagrama de cómo se instalan los módulos respectivos en el chasis del OLT:

Figura 23. Configuración de subracks de MA5600T.

Bandeja de Ventiladores	
21	GIU
Power	Tarjeta de Servicio
2	Tarjeta de Servicio
3	Tarjeta de Servicio
4	Tarjeta de Servicio
5	Tarjeta de Servicio
6	Tarjeta de Servicio
7	Tarjeta de Servicio
8	Tarjeta de Servicio
9	Tarjeta de Control
10	Tarjeta de Control
11	Tarjeta de Servicio
12	Tarjeta de Servicio
13	Tarjeta de Servicio
14	Tarjeta de Servicio
15	Tarjeta de Servicio
16	Tarjeta de Servicio
17	Tarjeta de Servicio
18	Tarjeta de Servicio
19	GIU
22	Power
23	GPIO

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Con la base del OLT el equipamiento auxiliar se basará en dispositivos de la misma marca o de marcas que sean cien por ciento compatibles con el mismo, de esta manera se asegura que la red funcione sin ningún inconveniente.

2.2.3 Equipo óptico de red

La cantidad de posibilidades de ONT es muy amplia, las principales diferencias radican en la cantidad de servicios que disponen, características técnicas, funcionalidades, y, sobre todo, calidad y precio de los equipos. Al elegir el OLT de Huawei como base del sistema GPON lo mejor es trabajar bajo esta misma línea, con lo cual, para equipar a los posibles abonados se utilizará el HG8247H de la serie de ONTs EchoLife (Figura 24).

Este equipo fue diseñado pensando en su utilización en redes GPON, posee un puerto para fibra óptica monomodo, trabaja en las mismas longitudes de onda que el OLT elegido, asegurando la compatibilidad de funcionamiento. Posee 4 puertos de red RJ45, 2 POTS RJ11 para conexión de teléfonos tradicionales, 1 puerto USB para funcionalidades específicas de administración, antena WiFi en 2,4GHz y 5GHz.

Lo interesante de este equipo es la presencia de un puerto de CATV con conector para cable coaxial de 75 ohms de impedancia, permitiendo la coexistencia de las redes tradicionales de televisión por cable en el mismo dispositivo.

Figura 24. Equipo ONT HG8247H.



Fuente: (HUAWEI, HG8247H datasheet, p. 2)

2.2.4 Servidor de voz sobre IP (VoIP)

Para incluir la telefonía a los servicios a brindar se considerará el equipamiento necesario para esta finalidad. Por ello, Huawei (marca elegida por relación precio/beneficio) ofrece una amplia gama de productos, de los cuales se decantará por el U1960 Unified Gateway (Figura 25).

Este dispositivo brinda soluciones de telefonía IP basada en SIP, para servicios IP y analógicos tanto para banda ancha como para banda estrecha ofrece soluciones VoIP y EC (Enterprise Communications) para hasta 1,000 usuarios. Más especificaciones en la siguiente tabla:

Tabla 7. Especificaciones U1960.

Especificaciones	U1960
Número de usuarios	1
Numero de puertos FXS	192
Número de puerto FXO	72
Número de puertos E1/T1	28
Número de puertos BRI	24
Número de Conferencias de Voz Concurrente	360

Fuente: (HUAWEI, U1960 Unified Gateway, p. 1)

Con esto se asegura la cantidad de posibles usuarios en esta primera etapa, así como la proyección para posibles crecimientos.

Figura 25. Equipo U1960 Unified Gateway



Fuente: (HUAWEI, U1960 Unified Gateway, p. 1)

2.3 Metodología de trabajo

Como se definió en el protocolo de trabajo, las etapas que se vienen desarrollando están de acuerdo a lo planificado, manteniendo las diferentes actividades de recolección de datos, análisis, definición de productos y posterior diseño de la red.

Para confirmar esto se definirá el esquema metodológico concreto a partir de este punto, para tener la certeza de las actividades a realizar y la forma en la que se van a encarar. Esto debido a algunos cambios del cronograma, no en las actividades sino en el orden que se realizaron o realizarán.

Tabla 8. Metodología de trabajo.

Relevamiento de la información	<ul style="list-style-type: none">•Se obtuvo la información necesaria para la definición del protocolo.•Realización de marco teórico y situación actual.
Selección de equipos y realización del esquema de diseño	<ul style="list-style-type: none">•Se determinaron marcas y modelos de equipamiento principal.•Se planteó el diseño principal y las funcionalidades requeridas.
Diseño de la red de fibra óptica	<ul style="list-style-type: none">•Se diseñará la red en base a los requerimientos de cobertura en la zona elegida.
Análisis de Costos	<ul style="list-style-type: none">•Se realizará el análisis de costos de la solución completa, incluyendo todos los detalles necesarios.

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

CAPÍTULO III

3. Diseño, cálculos y equipamiento complementario GPON

3.1 Propuesta de red de fibra óptica en el cantón Biblián

3.1.1 Diseño de la red de fibra óptica.

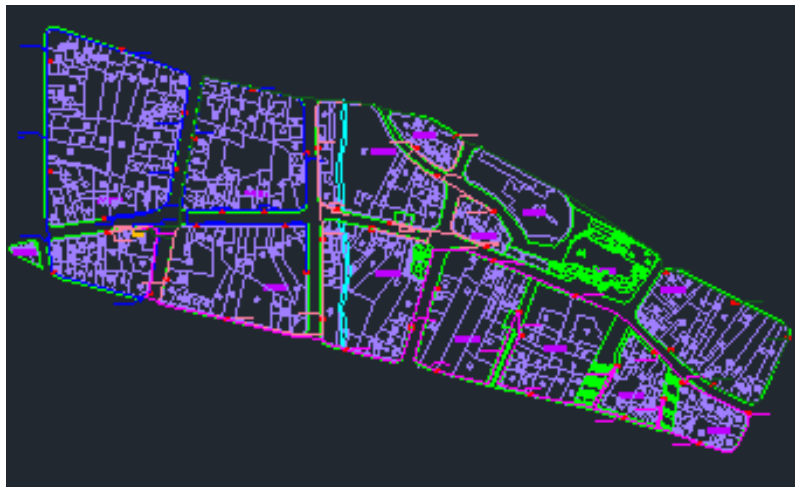
Para el diseño de la red de fibra, se tendrán en cuenta conceptos fundamentales de fibra óptica, redes GPON y, de la mano de los cálculos necesarios, se determinarán las distancias, recorrido y ubicación de divisores ópticos, equipos de distribución y accesos correctos.

La empresa SERPORMUL no posee una red de fibra óptica en la zona de aplicación. El diseño consiste en una red que parte de un primer nivel de “splitteo” 1:16 en cada ramal, hasta el segundo nivel de división o “splitteo” 1:8, el mismo que servirá de punto de conexión para los abonados (última milla).

A partir de este nivel se despliegan las acometidas finales hacia los abonados, con fibra óptica monomodo de uno o dos hilos, y, la colocación de los ONTs, para brindar los servicios propuestos.

El diseño se basa en la cantidad y ubicación de los posibles clientes y en la proyección hacia las demás unidades habitacionales o casas que no dispongan del servicio o que tengan contratos con empresas de la competencia, como se muestra en la siguiente figura con una referencia de diseño:

Figura 26. Referencia de diseño de red.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Este diseño permite la ubicación y nomenclatura de los equipos a utilizar. Se determinará un nodo principal nombrado como N101, con cuatro ramales de fibra óptica de 16 hilos, los mismos que servirán para la comunicación de cada uno de los abonados (conexión OLT con ONTs).

Estos cuatro ramales permitirán determinar los diferentes distritos nombrados en grupos de cinco (ej. A1, A2, A3, A4, A5) desde A1 hasta K3, en un total de cincuenta y tres.

En cada uno de los distritos se tendrán ocho puertos de conexión para acometidas de clientes, con lo que la identificación final del mismo será NODO-DISTRITO-PUERTO. Por ejemplo: cliente: Juan Pérez, Nodo: N101, Distrito H3, Puerto 3/8. En la siguiente tabla se determina, en detalle, la cantidad de nodos, distritos y su respectiva referencia en uso de pelos de fibra.

Tabla 9. Distribución de Distritos por ramal.

	Nodo	Ramal de fibra	Chaqueta	Hilo	Distrito
1	N101	Ramal 1	Azul	Azul	A1
2	N101	Ramal 1	Azul	Naranja	A2
3	N101	Ramal 1	Azul	Verde	A3
4	N101	Ramal 1	Azul	Café	A4
5	N101	Ramal 1	Azul	Gris	A5
6	N101	Ramal 1	Azul	Blanco	B1
7	N101	Ramal 1	Azul	Rojo	B2
8	N101	Ramal 1	Azul	Negro	B3
9	N101	Ramal 1	Naranja	Azul	B4
10	N101	Ramal 1	Naranja	Naranja	B5
11	N101	Ramal 1	Naranja	Verde	C1
12	N101	Ramal 1	Naranja	Café	C2
13	N101	Ramal 1	Naranja	Gris	C3
14	N101	Ramal 1	Naranja	Blanco	C4
15	N101	Ramal 1	Naranja	Rojo	C5
16	N101	Ramal 1	Naranja	Negro	D1
17	N101	Ramal 2	Azul	Azul	D2
18	N101	Ramal 2	Azul	Naranja	D3
19	N101	Ramal 2	Azul	Verde	D4
20	N101	Ramal 2	Azul	Café	D5
21	N101	Ramal 2	Azul	Gris	E1
22	N101	Ramal 2	Azul	Blanco	E2
23	N101	Ramal 2	Azul	Rojo	E3
24	N101	Ramal 2	Azul	Negro	E4
25	N101	Ramal 2	Naranja	Azul	E5
26	N101	Ramal 2	Naranja	Naranja	F1

27	N101	Ramal 2	Naranja	Verde	F2
28	N101	Ramal 2	Naranja	Café	F3
29	N101	Ramal 2	Naranja	Gris	F4
30	N101	Ramal 2	Naranja	Blanco	F5
31	N101	Ramal 2	Naranja	Rojo	G1
32	N101	Ramal 2	Naranja	Negro	G2
33	N101	Ramal 3	Azul	Azul	G3
34	N101	Ramal 3	Azul	Naranja	G4
35	N101	Ramal 3	Azul	Verde	G5
36	N101	Ramal 3	Azul	Café	H1
37	N101	Ramal 3	Azul	Gris	H2
38	N101	Ramal 3	Azul	Blanco	H3
39	N101	Ramal 3	Azul	Rojo	H4
40	N101	Ramal 3	Azul	Negro	H5
41	N101	Ramal 3	Naranja	Azul	I1
42	N101	Ramal 3	Naranja	Naranja	I2
43	N101	Ramal 3	Naranja	Verde	I3
44	N101	Ramal 3	Naranja	Café	I4
45	N101	Ramal 3	Naranja	Gris	I5
46	N101	Ramal 3	Naranja	Blanco	J1
47	N101	Ramal 3	Naranja	Rojo	J2
48	N101	Ramal 3	Naranja	Negro	J3
49	N101	Ramal 4	Azul	Azul	J4
50	N101	Ramal 4	Azul	Naranja	J5
51	N101	Ramal 4	Azul	Verde	K1
52	N101	Ramal 4	Azul	Café	K2
53	N101	Ramal 4	Azul	Gris	K3

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

3.1.2 Parámetros de diseño de la red FTTH

La idea sería partir de una señal existente de CATV, desde el “headend” principal en Azogues, de la que se dispondrá en la nueva red, así como también del

servidor de aprovisionamiento. El servicio de telefonía IP se añadirá en la nueva oficina central de Biblián y así conformar el “bundle” de servicios que se requiere mediante una red GPON con terminación en el hogar del abonado.

Como datos importantes se tienen:

- Distancia del nodo de Biblián al cliente más lejano: 3,94 Km.
- En la oficina central se pretende montar el primer nivel de división 1:16.
- La red contemplará la ubicación del segundo nivel de división 1:8.
- En la oficina central se ubicará un equipo OLT con las características necesarias para satisfacer la demanda planteada.
- La señal de CATV viajará a través de una longitud de onda diferente mediante un CWDM que permitirá su integración por el mismo pelo de fibra.
- La mano de obra y los equipos (fusionadora, materiales para fusión, herramientas adecuadas), no serán contemplados en el análisis económico debido a la existencia de los mismos, actualmente en la empresa SERPORMUL.

Cabe recalcar que la tecnología utilizada cumple con el estándar ITU-T y estándares IEEE, lo que le permite usar una única fibra mediante CWDM con enlace descendente de 1490nm y ascendente de 1310nm de longitud de onda, para transmitir datos; mientras para la señal de CATV la longitud de onda que puede recibir está en el orden de los 1100-1600nm, valores que coinciden con el diseño planteado y los demás equipos de red a utilizar.

3.1.3 Cálculos necesarios de la nueva red

3.1.3.1 Cálculos de atenuación en el enlace de fibra óptica

$$A_{fibra}(dB) = \alpha L + \alpha_s X + \alpha_c Y$$

Donde:

α = *Coeficiente de atenuación en fibra óptica.*

α_s = *Atenuación por empalme*

α_c = *Atenuación en conectores*

X = *Número de empalmes*

Y = *Número de conectores*

L = *Longitud de la fibra*

Para el peor de los casos se tiene:

$$\alpha = 0,4 \text{ dB/Km}$$

$$\alpha_s = 0,1 \text{ dB}$$

$$\alpha_c = 0,1 \text{ dB}$$

$$X = 16$$

$$Y = 32$$

$$L = 3,94 \text{ Km}$$

Entonces:

$$A_{fibra}(dB) = 0,4 \frac{db}{Km} * 3,94 \text{ Km} + 0,1dB * 16 + 0,1 \text{ dB} * 32 \quad (1)$$

$$A_{fibra}(dB) = 6,38 \text{ dB}$$

A esto se debe añadir la atenuación en cada nivel de “splitteo”, que por características se tiene que, en 1:16 se pierde 13,7 dB y en 1:8 un total de 10,4 dB. Con esta premisa el cálculo de atenuación total sería:

$$A_{total} = A_{fibra} + A_{1:8} + A_{1:16} \quad (2)$$

$$A_{total} = 6,38 \text{ dB} + 10,4 \text{ dB} + 13,7 \text{ dB}$$

$$A_{total} = 30,48 \text{ dB}$$

Con este valor de atenuación se puede trabajar de manera correcta debido a las características de transmisión y recepción, tanto del equipo OLT y de los ONTs elegidos, es decir, que con la pérdida que se tiene en los enlaces se puede

establecer las comunicaciones de manera correcta tanto en conexión directa como en retorno.

Estos valores calculados son correctos referidos a las características del equipo principal, ya que por hoja de datos (la misma que se adjuntará en los anexos correspondientes), el equipo OLT soporta límites de atenuación y potencia, que se deben cumplir para un correcto funcionamiento.

3.1.3.2 Cálculo de capacidad de acceso a Internet y VoIP

En el caso de Internet se puede definir los siguientes aspectos:

Capacidad de 2Mbps compartición 6:1 asimétrico. 2048/512kbps

Capacidad de 3Mbps compartición 6:1 asimétrico. 3072/1024kbps

Capacidad de 2Mbps sin compartición simétrico. 2024/2024kbps

Cantidad de posibles clientes: 424

Clientes 2Mbps compartidos= 300

Clientes 3Mbps compartidos= 120

Clientes 2Mbps sin compartición= 4

Capacidad de bajada:

$$Capacidad_{2Mbps\ comp.} = \frac{2024}{6} * 300 \quad (3)$$

$$Capacidad_{2Mbps\ comp.} = 101,2Mbps$$

$$Capacidad_{3Mbps\ comp.} = \frac{3072}{6} * 120 \quad (4)$$

$$Capacidad_{3Mbps\ comp.} = 61,4Mbps$$

$$Capacidad_{2Mbps} = 2024 * 4 \quad (5)$$

$$Capacidad_{2Mbps} = 8,09 Mbps$$

Capacidad_{total}

$$= Capacidad_{2Mbps\ comp.} + Capacidad_{3Mbps\ comp.} + Capacidad_{2Mbps}$$

$$Capacidad_{total\ bajada} = 170,69Mbps \quad (6)$$

Capacidad de subida:

$$Capacidad_{2Mbps\ comp.} = \frac{512}{6} * 300 \quad (7)$$

$$Capacidad_{2Mbps\ comp.} = 25,6Mbps$$

$$Capacidad_{3Mbps\ comp.} = \frac{1024}{6} * 120 \quad (8)$$

$$Capacidad_{3Mbps\ comp.} = 20,48Mbps$$

$$Capacidad_{2Mbps} = 2024 * 4 \quad (9)$$

$$Capacidad_{2Mbps} = 8,09 Mbps$$

$$\begin{aligned} &Capacidad_{total} \\ &= Capacidad_{2Mbps comp.} + Capacidad_{3Mbps comp.} + Capacidad_{2Mbps} \\ &Capacidad_{total subida} = 54,17Mbps \end{aligned} \quad (10)$$

Para el cálculo de la capacidad de VoIP se utilizará el CODEC G.711 (64kbps) con tamaño de 80 bytes, un intervalo de 10ms, una carga útil de 160 bytes de voz y un ancho de banda de 87,2 Kbps en ethernet. Este códec es el mejor en prestaciones para comunicaciones exclusivas de voz, además, no implica ningún costo adicional ya que es de uso libre.

Capacidad de voz en la red:

$$Capacidad_{VoIP} = AB_{voz} * \text{Número de clientes} \quad (11)$$

$$Capacidad_{VoIP} = 87,2Kbps * 424$$

$$Capacidad_{VoIP} = 36,97 Mbps$$

Esta capacidad se podría considerar tanto para subida como para bajada en la red.

Con estos datos se puede calcular el total de capacidad entre OLT y ONTs necesario.

$$Capacidad_{total\ bajada} = 170,69Mbps + 36,97 Mbps \quad (12)$$

$$Capacidad_{total\ bajada} = 207,66Mbps$$

$$Capacidad_{total\ subida} = 54,17Mbps + 36,97 Mbps \quad (13)$$

$$Capacidad_{total\ subida} = 91,14Mbps$$

La capacidad de cada puerto en el OLT elegido permite un total de 2,5Gbps en bajada y 1,5Gbps en subida, todo el equipamiento permite velocidades de hasta 1Gbps, con lo que se tiene suficiente ancho de banda como para pensar en un aumento de velocidad en los paquetes actuales.

3.1.3.3 Cálculo de la capacidad del enlace de interconexión

Para este cálculo se hará énfasis en la capacidad de E1s (formato de transmisión digital; portadora que transporta datos en un margen de 2,048 millones de bits por segundo y permite llevar 32 canales de 64 Kbps por canal, uno de señalización y control, y 31 son canales activos simultáneos para datos o voz), que permite relacionar los circuitos necesarios para establecer comunicaciones entre la red IP y la PSTN (Public Switching Telephone Network).

Para cada E1 se tiene un total de 31 circuitos para el CODEC utilizado, para los 424 circuitos (en el peor caso) se necesitaría 9 E1s de capacidad en el enlace de interconexión con la empresa CNT, que es la principal prestadora de servicios de telefonía en el país.

Si se considera el 20% de ocupación de los circuitos la cantidad necesaria se reduce a 3 E1s.

Esto se determina de manera precisa mediante la ayuda de la operadora telefónica, incluyendo las condiciones técnicas y comerciales necesarias para la interconexión.

3.2 Equipamiento adicional

Además de los equipos principales que se utilizarán en este proyecto, se debe considerar y definir el equipamiento adicional, para esto se analizará el universo de posibles marcas que permitirán el correcto funcionamiento.

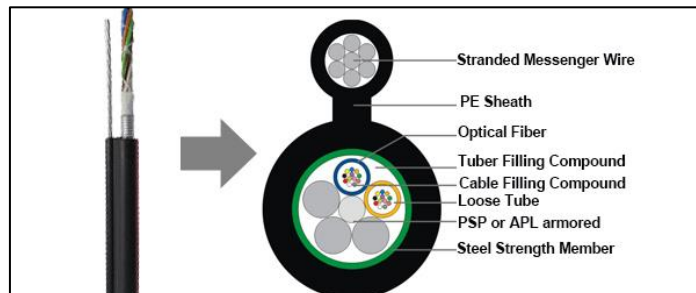
El análisis consta principalmente en la compatibilidad de los mismos con el equipamiento de “core” o principal, además de la relación costo/calidad que cada uno ofrezca.

3.2.1 Fibra óptica

3.2.1.1 Fibra óptica de distribución

En este caso es necesaria una fibra óptica monomodo figura ocho, con tensionado, para colocación en postería (aérea), para esto se utilizará la fibra marca KSD modelo GYTC8S/A 2 de dos chaquetas con ocho hilos cada una, recomendación ITU-T G.652, con dimensiones de 9.5 x 19.1mm y un peso de 160.0 Kg/Km, que cumple con las características de longitud de onda y atenuación que se requieren y en base a las cuales se realizaron los cálculos previos. En la siguiente figura se detallan las partes fundamentales:

Figura 27. Fibra óptica monomodo para exterior figura 8 GYTC8S/A



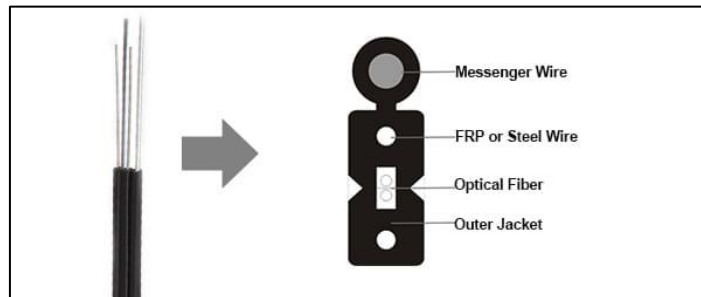
Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 1)

3.2.1.2 Fibra óptica de acceso

Siguiendo con el criterio de selección de fibra, se utilizará, para las acometidas de los clientes (última milla) la marca KSD, modelo GJXFCH-2 con dos hilos de fibra con un diámetro de 2.0 x 5.0mm y un peso de 18.2 Kg/Km.

Se definió de dos hilos pensando en la posibilidad de falla de uno de ellos, así no sería necesario el recableado hasta el domicilio del cliente. En esta figura se puede ver las características de la fibra seleccionada.

Figura 28. Fibra óptica monomodo para exterior figura 8 GJXFCH-2



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 2)

Cabe recalcar que, para los dos casos de fibra seleccionados, las características de atenuación, ancho de banda, apertura numérica y longitudes de onda, cumplen con los estándares de las recomendaciones internacionales de funcionamiento para sistemas FTTH. (ITU-T, IEEE, ISO).

3.2.2 Equipamiento de fusionado y distribución

Para esto es necesario un sistema de cajas que permitan alojar las fusiones de fibra en cada punto y los divisores 1:8 para cajas terminales, en el primer caso, las fusiones se pueden realizar en cada punto cercano a la caja terminal, para de

esta manera asegurar que los hilos de fibra se utilicen de acuerdo a la tabla propuesta, para de esta manera mejorar el control en caso de inconvenientes.

Los puntos de fusión se los realizarán en cajas de cierre de empalme, de plástico acrilonitrilo butadieno estireno, con tornillos de acero para asegurar el cierre, también un sistema de sellado con cinta auto adhesiva no vulcanizada. Para temperaturas de -5 a 40°C y dimensiones de 460x180x110 mm.

La marca sigue siendo KSD, y el modelo es FOCSC4, cómo se muestra en la siguiente figura:

Figura 29. Caja de fusión FOCSC4



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 3)

Mientras que la caja terminal, de la misma marca, será el modelo PFOCT8, para ocho conexiones con la posibilidad de adaptadores para conectores FC, SC, LC, SC-FC. En la figura se muestra esta caja:

Figura 30. Caja terminal PFOCT8



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 5)

Como adicional, se debe colocar una caja de fusión final dentro de la vivienda del cliente, la misma que servirá para organizar y conectar de manera correcta los equipos ONT. La caja se muestra en la siguiente figura:

Figura 31. Caja fusión en domicilio RM-86



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 6)

3.2.3 Conectores y PatchCords de fibra

Los conectores ideales para sistemas FTTH son los SC (diámetro de 2,5 mm) con seguro de bloqueo / UPC (ultra pulido plano) para mayor contacto en la unión mecánica, tanto en la distribución desde el ODF (organizador de fibra) en oficina central, como en las conexiones de exteriores en cajas terminales.

Poseen un sistema de aislamiento para evitar ingreso de partículas de polvo o agua que molesten a las uniones físicas, de esta manera aseguran las uniones no permanentes de la red.

Cumplen con las normas de pérdida de inserción tanto en directa como en retorno, además de una temperatura de trabajo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto determina su funcionamiento en los climas de la zona y en condiciones especiales. Como se observa en la siguiente figura:

Figura 32. Conectores de fibra óptica SC/UPC



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 7)

En base al criterio de conectores, se determinan los patchcords adecuados, los mismos que están armados de fábrica y permiten la conexión de los diferentes equipos, tanto en la oficina central como en el domicilio del cliente.

Estos cables por lo general vienen en pares y de diferentes longitudes, dependiendo de las necesidades, figura 33.

Figura 33. Patchcords de fibra óptica SC/UPC



Fuente: (KSD, Fiber portfolio, pág. 8)

3.2.4 Equipamiento de distribución óptica

3.2.4.1 CWDM

Para este diseño se utilizará una “multiplexación por división en longitudes de onda ligeras” conocido como CWDM, la misma que es una técnica de transmisión para fibra monomodo, estandarizado por la ITU-T, en la recomendación G.694.2, con separación entre longitudes de onda de 20nm (o 2.500 GHz) en el rango de 1.270 a 1.610nm.

El equipo a usar es el CWDM GPON ABS Box, marca TAKFLY, indicado en la siguiente figura, que posee longitudes de onda de 1310, 1490, 1550 y 1650nm, que son las que se utilizarán para brindar los servicios.

Figura 34. CWDM GPON ABS Box



Fuente: (TAKFLY, WDM portfolio, pág. 1)

3.2.4.2 Divisores ópticos

Para los divisores ópticos se mantendrá la marca seleccionada de equipamiento CWDM, es decir TAKFLY, y los modelos son 1x16 SC UPC ABS PLC y 1x8 SC PC ABS PLC.

Estos dos modelos cumplen con los niveles de pérdida utilizados en los cálculos de atenuaciones de este capítulo. El modelo 1x16 se muestra en la siguiente figura:

Figura 35. 1x16 SC UPC ABS PLC



Fuente: (TAKFLY, Splitter portfolio, pág. 1)

3.2.5 Equipamiento adicional existente

La empresa SERPORMUL posee equipamiento actual, necesario para el montaje de la red propuesta, el mismo que puede ser utilizado en este proyecto, a continuación, se detallan los equipos y materiales que no se consideran debido a su existencia en “stock”:

- Material de herrajería para tendido de red y colocación de puntos de fusión y cajas terminales.
- ODFs (Organizadores de fibra)
- Racks, bandejas y estructuras para soporte y montaje de equipos en oficina central.
- Espacio físico para instalación de equipamiento (símil a un “datacenter”) con todas las características de construcción civil, climatización, entre otras.
- Equipos para fusionado de fibra.

- Equipos para medición de atenuaciones y demás características relacionadas con las buenas prácticas de redes ópticas, OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).

Cabe indicar que las características puntuales de cada uno de los equipos citados en este capítulo estarán detalladas en los anexos correspondientes con sus hojas de datos e información necesaria.

3.3 Resultados y análisis

En esta etapa, el análisis se basará en los resultados de los cálculos realizados, los mismos que arrojaron resultados positivos, cumpliendo a cabalidad con los requerimientos técnicos de los equipos principales de este proyecto, como: OLT, servidores y ONTs, así como de las normas establecidas por entidades de estandarización a nivel mundial.

El diseño de la red también satisface la cobertura total de la zona elegida para este estudio, con lo que se asegura que el concepto de casa pasada (o cubierta) se cumpla correctamente, dejando abierta la posibilidad de brindar el servicio a todos los habitantes de la zona. También se pensó en la escalabilidad de la red, dejando abierta la posibilidad de crecimiento a futuro.

Los análisis finos, tanto económicos como de factibilidad técnica, se realizarán en los siguientes capítulos.

CAPÍTULO IV

4. Análisis de factibilidad

4.1 Análisis de costos del proyecto

En este punto se desarrollará el análisis de los costos implicados en el desarrollo del proyecto, basando dicho análisis en los equipos necesarios, la cantidad de fibra óptica a utilizar, los materiales adicionales y consideraciones específicas, como pago de interconexión para telefonía.

4.1.1 Costos del proyecto

En la siguiente tabla se indican: las cantidades, marcas, modelos y costos del equipamiento a utilizar en el diseño de la red:

Tabla 10. Tabla de costos del equipamiento.

	Modelo	Marca	Cantidad	Costo U (USD)	Costo T (USD)	Observación
1	MA 5600T	Huawei	1	3200,00	3200,00	Módulo con una sola placa (8puertos)
2	HG8247H.	Huawei	300	58,00	17400,00	Incluye configuración personalizada
3	U1960	Huawei	2	1600,00	3200,00	VoIP server
4	SC/UPC	KSD	2000	0,32	640,00	Conectores de fibra
5	GPON ABS Box	TAKFLY	4	375,00	1500,00	CWDM

6	UPC ABS PLC	TAKFLY	4	240,00	960,00	Divisores ópticos 1:16
7	RM-86	KSD	300	31,00	9300,00	Caja de fusión en domicilio
8	PFOCT8	KSD	53	45,00	2385,00	Caja terminal 8 clientes
9	FOCSC4	KSD	53	51,00	2703,00	Caja de empalme
10	GJXFCH-2	KSD	7000	0,40	2800,00	F.O de acceso. Precio por metro
11	GYTC8S/A	KSD	10000	0,55	5500,00	F.O de distribución. Precio por metro
Total					49588,00	

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Se puede considerar a esta tabla como el costo de inversión inicial necesario para desarrollar el proyecto.

En la definición de costos no se contemplan los costos operativos debido a que la empresa posee un departamento técnico que se encargaría de los trabajos necesarios bajo el mismo modelo de cobro de sueldos normales, en calidad de empleados.

Otros costos que no se toman en cuenta son los de herrajería y fusiones, ya que en la bodega de la empresa existe, actualmente, stock necesario como para desarrollar este diseño.

Otro gasto que se debe considerar es el de interconexión, el mismo que tiene un costo inicial de \$11.000 y mensualmente una cantidad referida al número de llamadas generadas y recibidas en la nueva red la misma que se proyecta a razón de \$1.000 por mes. Con estos gastos la cantidad total para iniciar el proyecto sería de \$61.588. Este número se obtiene de la suma de los costos de materiales, temas de interconexión y tarifas de telefonía.

4.1.2 Definición de planes comerciales e ingresos

A continuación, se detallan los planes y precios de los mismos, tanto para el plano residencial, como para los corporativos:

Tabla 11. Propuesta de precios de servicios triple play.

Paquete Básico	USD 40
	Internet Básico 3Mbps
	2 bocas de CATV
	Telefonía
Paquete Familiar	USD 50
	Internet Básico 4Mbps
	3 bocas de CATV
	Telefonía
Paquete Premium	USD 65
	Internet Básico 6Mbps
	5 bocas de CATV
	Telefonía

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Tabla 12. Propuesta de precios de servicios corporativos.

Servicio	Precio USD
Internet corporativo 2MB sin compartición	140

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Con este nuevo esquema de tarifas para los clientes se pretende recaudar, de manera mensual, una remuneración específica, la misma que se considerará como ingresos específicos para este proyecto.

En la siguiente tabla se indica el posible arranque, considerando una aceptación del 30% por parte de los nuevos clientes:

Tabla 13. Cobros mensuales por servicios en el sector analizado.

Servicio	Cantidad	Precio USD	Total
Paquete Básico	54	40	2160
Paquete Familiar	12	50	600
Paquete Premium	9	65	585
Internet corporativo	1	140	140
			3485

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

4.1.3 Análisis económico del proyecto

En la tabla 14, se va a visualizar el recupero de la inversión en términos de meses:

Tabla 14. Análisis de costos.

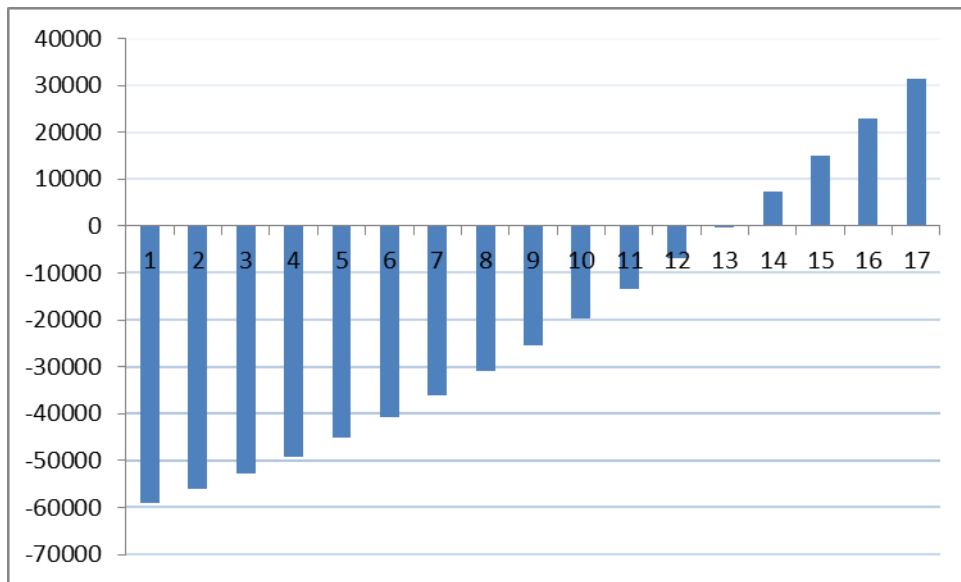
	Inversión Inicial	Ingresos mensuales pretendidos	Ingresos después de impuestos	Flujo de fondos acumulado
Mes 1	-61588	3485	2544	-59044
Mes 2		3985	2909	-56135
Mes 3		4485	3274	-52861
Mes 4		4985	3639	-49222
Mes 5		5485	4004	-45218
Mes 6		5985	4369	-40849
Mes 7		6485	4734	-36115
Mes 8		6985	5099	-31016
Mes 9		7485	5464	-25552
Mes 10		7985	5829	-19723
Mes 11		8485	6194	-13528
Mes 12		8985	6559	-6969
Mes 13		9485	6924	-45
Mes 14		9985	7289	7244
Mes 15		10485	7654	14898
Mes 16		10985	8019	22917
Mes 17		11485	8384	31301

Fuente: (Prieto, Investigación propia)

En la tabla anterior se observa que el proyecto se puede repagar por sí mismo, contemplando un aumento en las ventas mensuales, con planes agresivos de ventas que permitan llegar a cubrir el total de la zona con los tres servicios, se considera un 70% de clientes en paquete básico, 18% en paquete familiar, un 10% en premium y un 2% en planes corporativos.

En el siguiente gráfico se observan los datos de la tabla anterior en una gráfica de barras correspondiente.

Figura 36. Flujo de fondos mensual.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Como indica la gráfica anterior, entre los meses 13 y 14 se da el cambio de signo de las cantidades que representan dinero, esto quiere decir que la inversión inicial fue saldada y que a partir de ese momento el proyecto comienza a generar réditos económicos.

4.2 Análisis de aceptación mediante encuesta

4.2.1 Encuesta:

Con el fin de conocer la situación real de los servicios en el área elegida, se plantea la posibilidad de realizar una encuesta que colabore con este cometido, así como también a obtener respuestas que indiquen la viabilidad del proyecto.

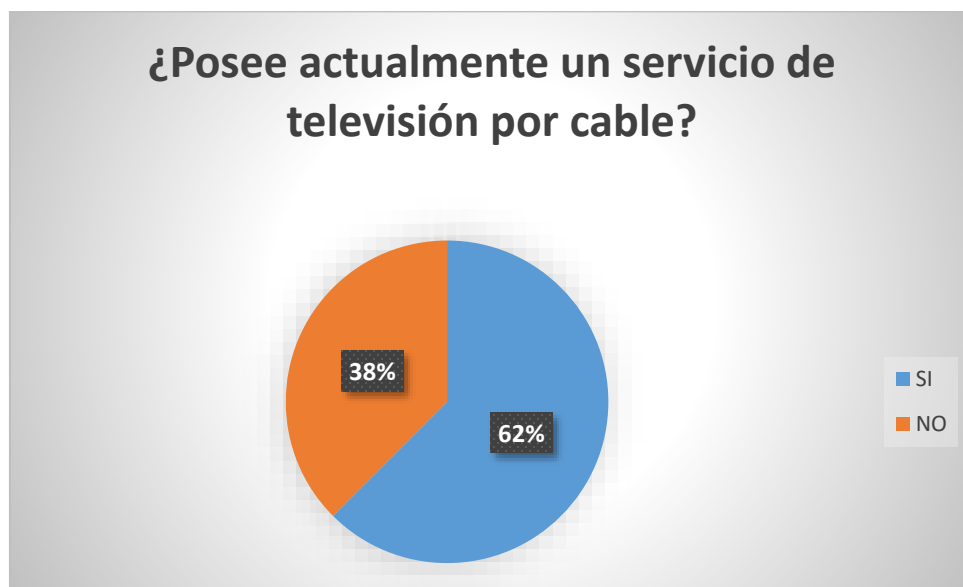
Encuesta realizada:

1. ¿Posee actualmente un servicio de televisión por cable?
Si___ (Telecable___ DirecTV___ CNT TV___) NO___
2. ¿Posee actualmente un servicio de telefonía fija?
Si___ (CNT___ Otro_____) NO___
3. ¿Posee actualmente un servicio de acceso a internet?
Si___ (Telecable___ Cesacel___ CNT___ PuntoNet___) NO___
4. ¿Cómo calificaría sus servicios?
TV por Cable: Bueno___ Regular___ Malo___
Telefonía: Bueno___ Regular___ Malo___
Acceso a internet: Bueno___ Regular___ Malo___
5. ¿Le gustaría aumentar la cantidad de canales de TV por cable?
Si___ NO___
6. ¿Le gustaría aumentar su velocidad de acceso a internet?
Si___ NO___
7. ¿Le gustaría que una sola empresa le brinde y facture los tres servicios?
Si___ NO___

4.2.2 Tabulación de datos

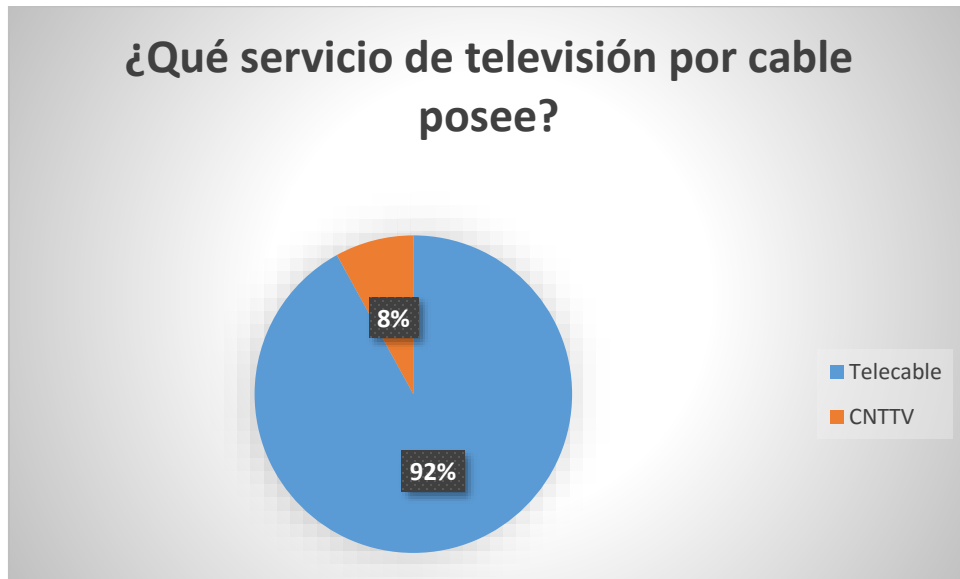
A continuación, se observan los resultados de las encuestas realizadas, mediante gráficas, de un universo de 40 posibles usuarios, representando un diez por ciento del total planificado.

Figura 37. Resultados pregunta 1 (a).



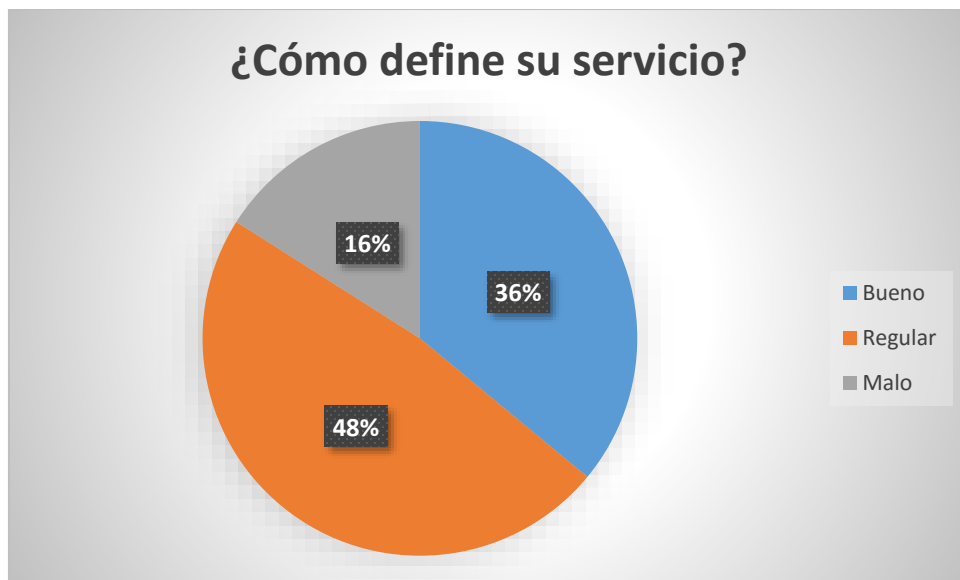
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 38. Resultados pregunta 1 (b).



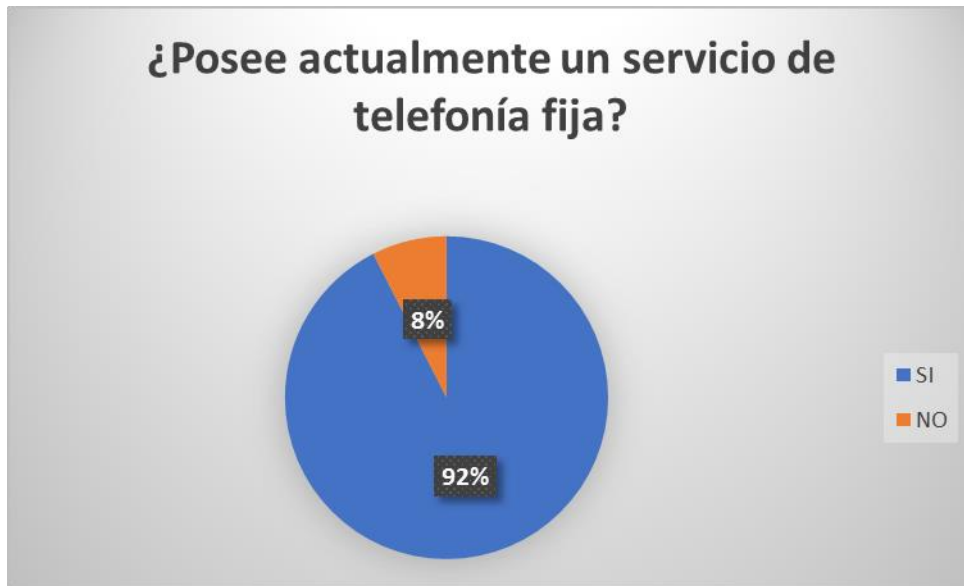
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 39. Resultados pregunta 4 (a).



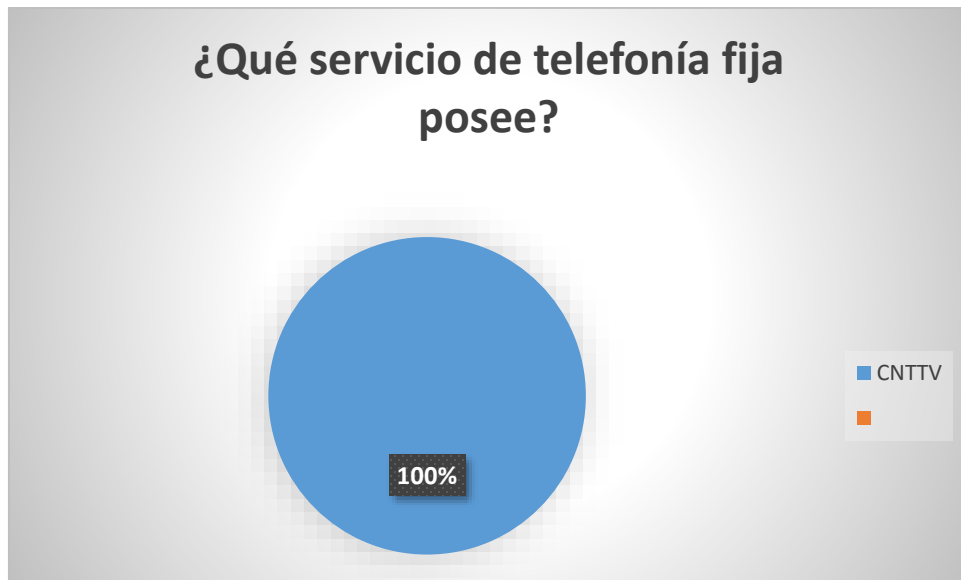
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 40. Resultados pregunta 2 (a).



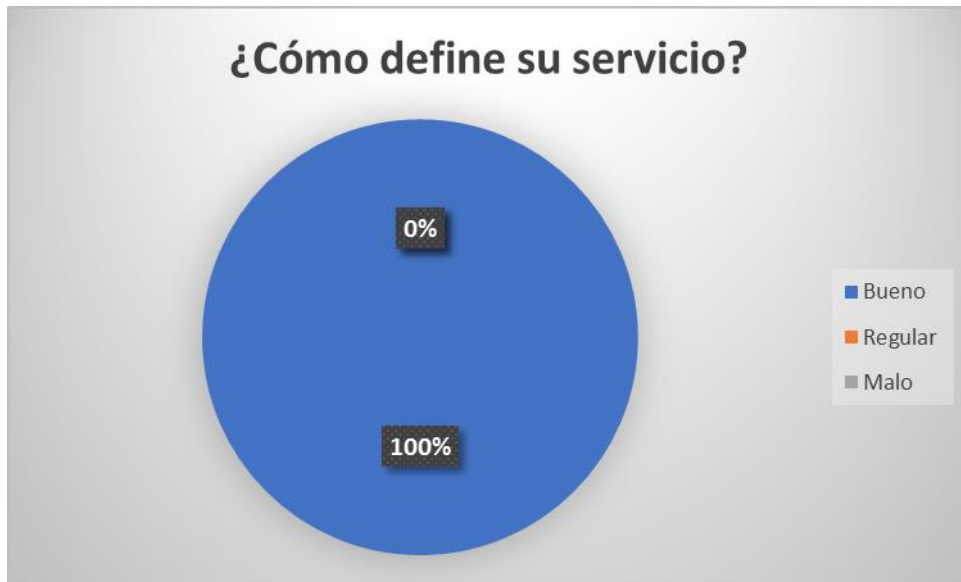
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 41. Resultados pregunta 2 (b).



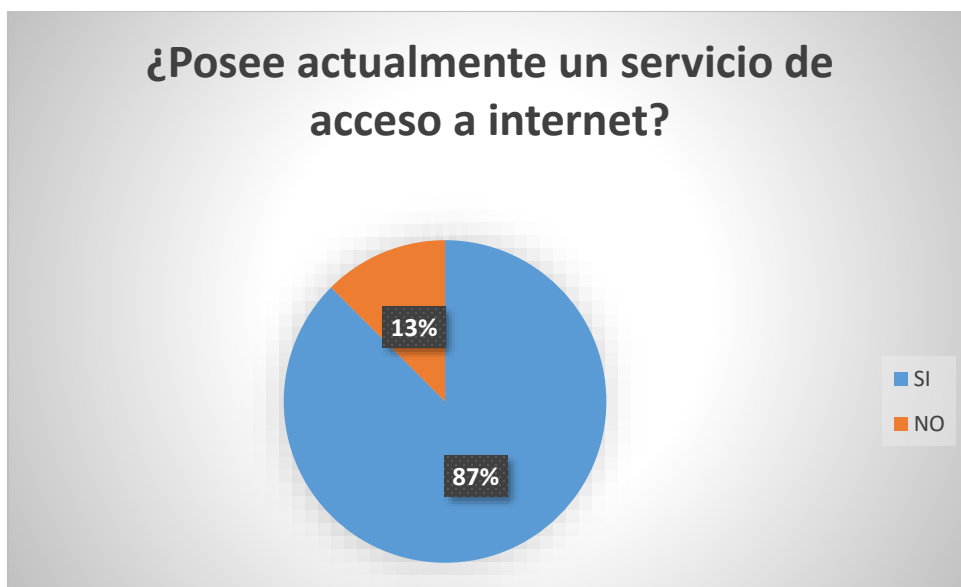
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 42. Resultados pregunta 4 (b).



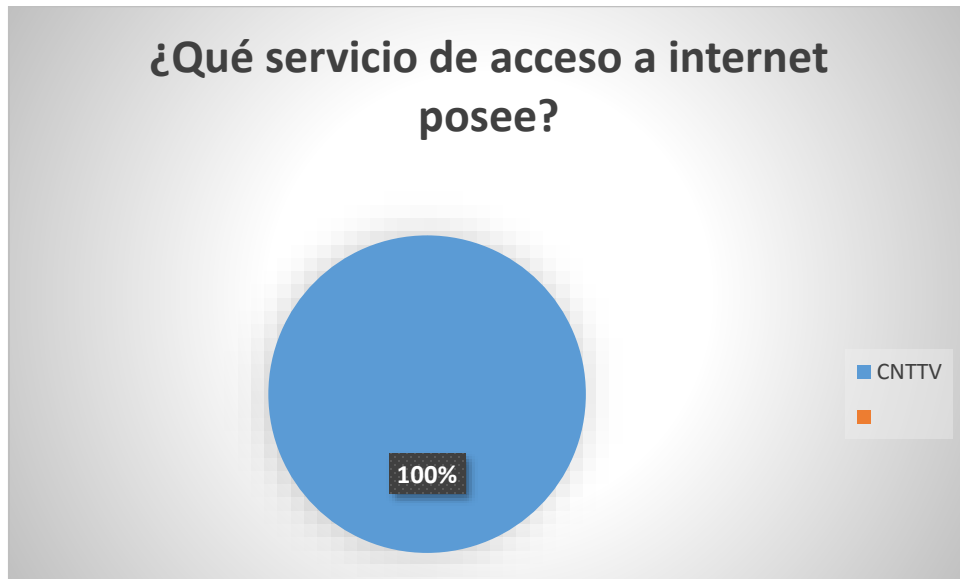
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 43. Resultados pregunta 3 (a).



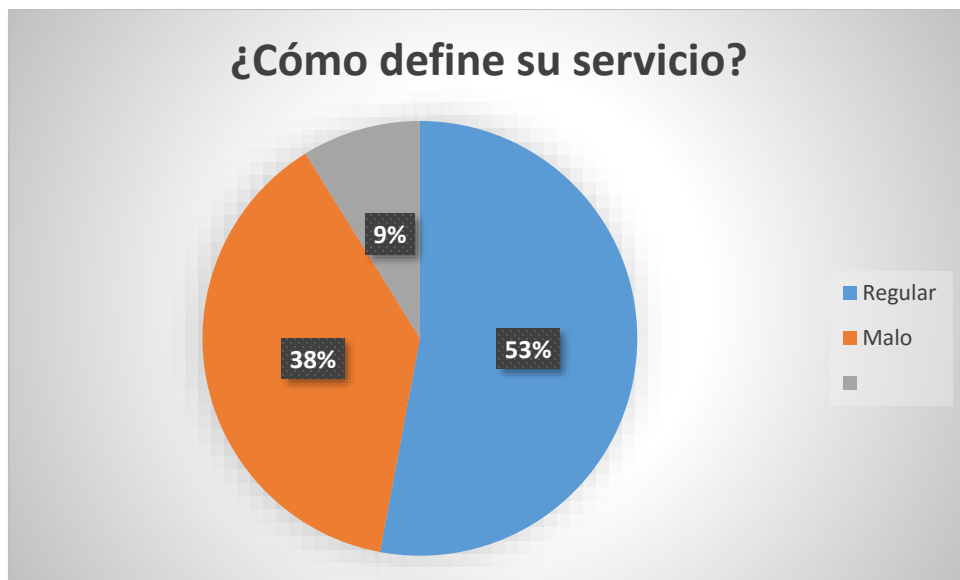
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 44. Resultados pregunta 3 (b).



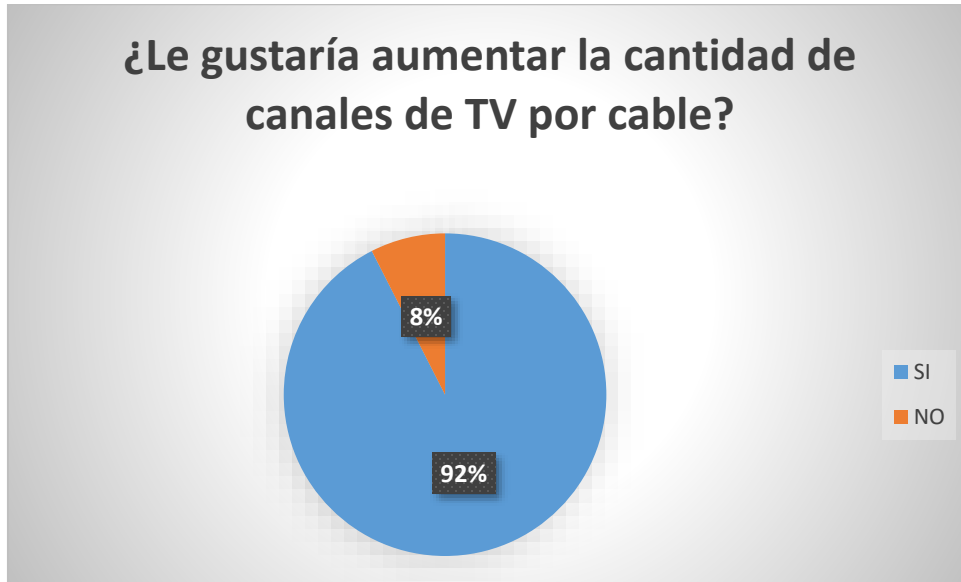
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 45. Resultados pregunta 4 (c).



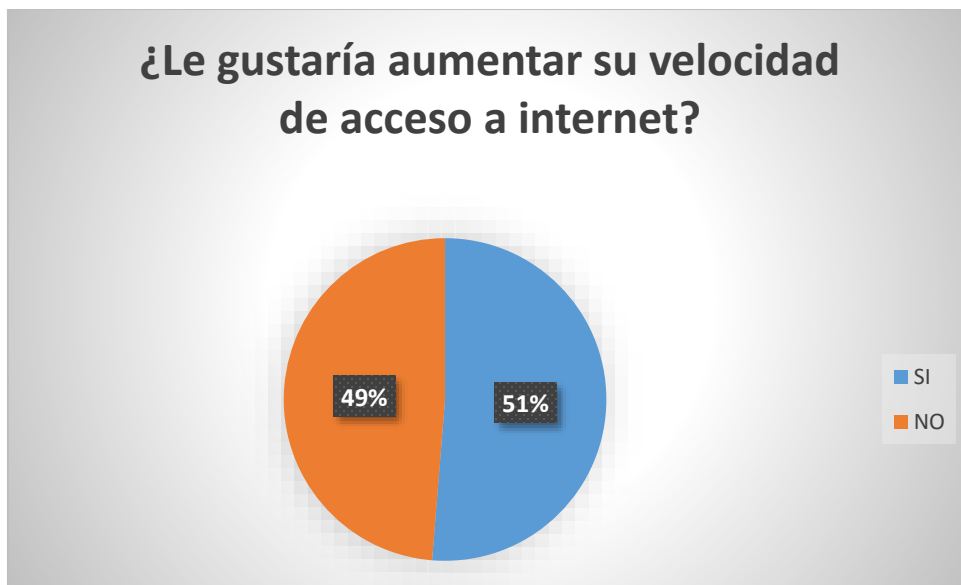
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 46. Resultados pregunta 5.



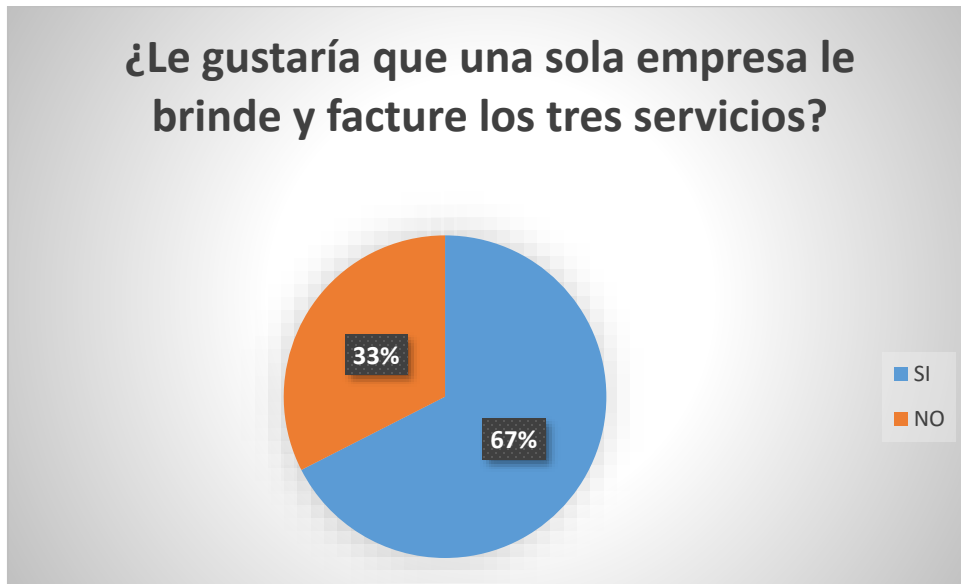
Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 47. Resultados pregunta 6.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Figura 48. Resultados pregunta 7.



Fuente: (Prieto, Investigación propia)

Según estos resultados, se puede ver claramente que la intención de unificar los servicios en un solo paquete está muy latente, además de los requerimientos de mejora de velocidades de servicio de acceso a internet.

El tema de telefonía está bastante cubierto, con lo que ese servicio se convertiría en un adicional a los dos principales (televisión y datos), como para mejorar y fortalecer la idea de un “bundle” de servicios.

El treinta y ocho por ciento que no tiene acceso a televisión por cable, el ocho por ciento que no tiene acceso a internet y telefonía fija, concuerdan con la idea

de proyectar el análisis económico en un diez por ciento de ingreso inicial, con esto se asegura que las proyecciones económicas sean muy cercanas a una posible realidad.

4.3 Situación actual de la empresa en el plano regulatorio

En la actualidad, la empresa posee las licencias para la explotación de los servicios de audio y video por suscripción (sistema de televisión por cable analógica terrestre), y para brindar un servicio de valor agregado SVA (licencia de ISP para acceso a internet), faltando, para el servicio de triple play, la licencia y/o concesión del servicio de telefonía fija terrestre.

Las dos licencias que posee la empresa se encuentran vigentes y sin ningún inconveniente legal, teniendo completa cobertura en toda la red existente, incluyendo, claro está, a la zona en la cual se va a aplicar la propuesta de diseño.

En la siguiente tabla se observan los requerimientos legales para la concesión de telefonía fija terrestre.

Tabla 15. Requerimientos para concesión de telefonía fija.

<u>Requerimientos Legales</u>	
1	Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando: con nombres, apellidos (para personas jurídicas la de su representante legal), dirección y tipo de servicio que solicita.
2	Copia de cédula de identidad o pasaporte (para personas jurídicas la de su representante legal).
3	Copia de certificado de votación de último proceso electoral (para personas jurídicas la de su representante legal).
4	Copia del RUC.
5	Original de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas de antecedentes penales para el otorgar el certificado de idoneidad.
6	Copia certificada de escrituras constitutivas de la empresa y reformas, inscrita debidamente.
7	Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito.
8	Original del certificado de cumplimiento de obligaciones dado por la Superintendencia de Compañías, excepto las instituciones estatales.
9	Copia certificada o protocolizada del (los) contrato(s) de arrendamiento de terrenos o escrituras de inmuebles que acrediten el derecho de propiedad, para la instalación de estaciones repetidoras.
10	Original del AVAL de la autoridad del transporte competente del permiso de operación.
<u>Requerimientos Financieros</u>	
11	Certificado de obligaciones económicas original de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.
12	Certificado original de no deudor a la Superintendencia de Telecomunicaciones.
<u>Requerimientos Técnicos</u>	
13	El estudio técnico, en el formulario disponible en la página web de CONATEL, del sistema, suscrito por un ingeniero electrónico y de telecomunicaciones (adjuntar registro SENESCYT). La información técnica y operativa solicitada, estándares y detalle que SENATEL disponga como necesarios para los servicios a los que aplica el solicitante.
14	Otros documentos que la SENATEL requiera, con la debida justificación.

Fuente: (CONATEL, p.1)

Adicional a estos requerimientos, se debe presentar el registro de interconexión, que para este caso se lo celebrará con la empresa CNT, la misma que brinda el servicio de telefonía fija en la zona en cuestión, para esto necesitamos, a manera de requisitos, lo siguiente:

Tabla 16. Requerimientos para el establecimiento de la interconexión.

<u>Información de requerimientos legal</u>	
1	Solicitud dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones, con detalle de: nombres y apellidos del representante legal, dirección domiciliaria de la empresa.
2	Copia a color de la cédula ciudadana de los representantes legales de las empresas firmantes de los acuerdos.
3	Copia a color de certificado de votación de los representantes legales de las empresas firmantes de los acuerdos.
4	Copia certificada del R.U.C.
5	Copia certificada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito; aplica a los representantes legales de las empresas firmantes de los acuerdos.
6	Copia certificada o protocolizada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente inscrita.
7	Las direcciones legales y postales de la empresa, sus números de teléfono, así como sector, la parroquia y el cantón a los que corresponde, correo electrónico y el fax.
<u>Información financiera</u>	
8	Certificado original para obligaciones económicas de la SENATEL.
9	Certificado original de no deber a la Superintendencia de Telecomunicaciones.
<u>Información técnica</u>	
10	Copia de los convenios de conexión o interconexión, dichos convenios deberán contener lo dispuesto en el Reglamento de Interconexión vigente.

Fuente: (CONATEL, p.1)

En lo que concierne a la parte técnica, el análisis de factibilidad de la interconexión se la revisará en conjunto con la empresa CNT, de esta manera se establecerán los requerimientos necesarios, equipos y costos, celebrando el convenio pertinente y adjuntando a los demás documentos solicitados por el ente regulador.

CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este trabajo se han cumplido, de manera satisfactoria, con los objetivos planteados al inicio, llegando a diseñar en el aspecto técnico, la nueva red y analizando los puntos regulatorios y económicos pertinentes.
- El diseño de una red FTTH es muy viable en la parte técnica, debido a la existencia de fibra óptica como “core” de la red en el esquema actual. Dicha fibra posee buena capacidad de hilos, lo que permite proyectarse a futuro.
- El equipamiento recomendado responde a las necesidades iniciales y se proyecta a un crecimiento sustancial que cubriría de manera holgada el 60% de los posibles abonados en todo el territorio de influencia de la red actual.
- La utilización de CWDM permite transportar de 1 a 18 longitudes de onda en una única fibra óptica monomodo. Con las características propias de esta multiplexación se pueden emplear componentes ópticos más sencillos y, por lo tanto, también más baratos que en los sistemas DWDM.
- El uso de equipos de una única marca es una ventaja, debido a la facilidad e interoperabilidad entre los mismos, así como los equipos de marcas compatibles (un poco más económicos debido a la criticidad de su uso), con esto se obtiene mayor capacidad de ahorro y la posibilidad de desplegar de mejor manera la red pretendida.

- La red GPON asegura las velocidades de acceso y el correcto funcionamiento de los mismos (voz, datos y video), pudiendo incluso brindar servicios de seguridad, monitoreo, alojamiento de datos y otras tantas posibilidades que generarían una utilización del 100% de la capacidad de la red.
- Los inconvenientes que se pueden presentar van de la mano con la disponibilidad de la postería utilizada, la misma que es propiedad de la Empresa Eléctrica, quedando la red de fibra a merced de cualquier problema o incidente en los postes, generando una relación directa entre el trabajo de solución que se realice por parte de la eléctrica y el tiempo de solución de los servicios.
- El permiso de telefonía fija requiere varios aspectos técnicos, los mismos que se alivianan con el hecho de poseer una red diseñada tanto en planta externa como en los equipos de planta interna. El principal problema estaría presente en el tiempo que se demore llenar los formularios y enviar la documentación, adicional al tiempo de espera para que el trámite concluya su ciclo regular.
- El recupero de la inversión en siete meses depende fuertemente de la penetración del servicio la misma, que se espera que sea buena debido a los resultados de las encuestas realizadas, precios planteados y competencias de estos servicios en la zona.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, a las empresas y profesionales en la rama de las telecomunicaciones, que, contar con un servicio “Triple Play” ayuda de buena manera a incrementar la cantidad de clientes, provocando una reacción positiva en cuanto a generación de expectativa y novedad entre los posibles clientes.
- Es importante que los profesionales en áreas relacionadas conozcan que el uso de GPON sobre otras tecnologías (ejemplo: EPON) es recomendado debido a que las velocidades son mayores y permiten un avance significativo en el tema tecnológico, permitiendo alargar el tiempo de vida de los equipos y retardando el posible recambio tecnológico.
- En proyectos de este tipo, es interesante que se consideren los equipos planteados, debido a la escalabilidad que permiten los mismos, esto implica una inversión inicial elevada que se amortiza en el mediano plazo, haciendo que el crecimiento posterior no implique gastos elevados.
- La empresa Serpormul, posee un enlace de fibra óptica entre Azogues y Biblián, esto colabora de manera sustancial en el avance de trabajos y reducción de costos, se recomienda aprovechar esta notable ventaja.
- En el ámbito regulatorio, es un buen inicio tener los permisos para acceso a internet y televisión por cable, lo que agiliza el proceso de consecución del tercer permiso de telefonía fija.
- Por las recomendaciones anteriores se torna, por demás interesante, la aplicación de este proyecto, debido al impacto positivo ya visto en los números y en las encuestas realizadas, augurando para bienes a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcivar Mendoza, D. A. (2015). *Estudio para la implementación de una red GPON de Telconet S.A en la comunidad de Juan Gómez Rendón (Progreso)*. Universidad de Guayaquil. Retrieved from [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6970/1/Estudio para la Implementacion de una red GPON de Telconet e.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6970/1/Estudio%20para%20la%20Implementacion%20de%20una%20red%20GPON%20de%20Telconet%20e.pdf)
- Álvarez, A. (2010). Hogar conectado. Triple play. Retrieved April 17, 2018, from <http://uciencia.uma.es/Banco-de-Imagenes/Tecnologia/Hogar-conectado.-Triple-play>
- Añazco Aguilar, C. O. (2013). *“Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON.”* Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/516/1/T-UCSG-POS-MTEL-10.pdf>
- Arcotel. (2017). *Boletín estadístico unificado junio 2017*. Ecuador. Retrieved from <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADÍSTICO-UNIFICADO-JUNIO-2017v3.pdf>
- Arias dela Cruz, J. W. (2015). *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar,.* Pontifica Universiad Católica del Perú.
- Asenjo Bertín, J. R. (2014). *Diseño y construcción de una red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, vídeo y datos en el sector barrios bajos de la ciudad de Valdivia*. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcia816d/doc/bmfcia816d.pdf>
- Berrio Cataño, A. F. (2010). *Sistemas de Transmisión - FTTx - xPON*. Retrieved from <https://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx+-+xPON>
- El cactus pinchudo. (2012). Fibra óptica: Multimodo .vs. monomodo. Retrieved April 17, 2018, from <http://cactuspinchudo.tumblr.com/post/25958320332/fibra-óptica->

multimodo-vs-monomodo

- Espadas Santiuste, P. (2014). *Situación y tendencias en el mercado de las telecomunicaciones*. Pontificia Universidad Comillensis Madrid. Retrieved from <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/293/TFG000118.pdf?sequence=1>
- Franco, J. (2017). *Tecnologías de la comunicación*. Retrieved April 17, 2018, from <https://josefrancop7.blogspot.com/2017/02/9-tecnologias-de-la-comunicacion.html>
- Gonzalez, A. (2009). *Redes: protocolos y estándares (3/3)*. Retrieved from <http://www.mailxmail.com/curso-redes-estandares-3/pon>
- INEC. (2016). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2016*. Ecuador. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf
- Kawamura Alexandre. (2016). *Redes Ópticas Pasivas*. Retrieved from https://www.bicsi.org/uploadedFiles/BICSI_Website/Global_Community/Presentations/CALA/Kawamura_Redres_Colombia_2016.pdf
- Lalangui Mejía, A. (2015). *“Estudio y Diseño de una Red con Tecnología GPON para servicio Triple Play (Datos, Video y Voz) en La Ciudadela ‘Punta Carnero’ del cantón Salinas, Provincia de Santa Elena.”* Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. Retrieved from <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2558/1/UPSE-TET-2015-0014.pdf>
- León Urueña, E. E. (2015). *Cableado*. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos30/cableado/cableado.shtml>
- López Polo, E. D. (2016). *Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de una banda ancha en Coishco (Ancash)*. Universidad de Ciencias Humanas (Perú). Retrieved from <http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/47/lopez-polo->

elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lutzky, G. (2010). *Internet, Convergencia y la Transformación de las Telcos*.

Retrieved from <https://es.slideshare.net/glutzky/internet-convergencia-y-la-transformacin-de-las-telcos>

Ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información. (2017).

Longitud en fibra óptica se multiplico 25 veces en Ecuador. Retrieved April 4, 2018, from <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/longitud-en-fibra-optica-se-multiplico-25-veces-en-ecuador/>

Osorio G., A. (2016). *Redes GPON-FTTH, Evolución y puntos críticos para su despliegue en Argentina*. Instituto tecnológico de Buenos Aires.

Prieto Zapardiel, J. (2014). *Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica*.

Politécnica de Madrid. Retrieved from http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf

Rodriguez, D. (2016). *Presentación de TV digital*. Retrieved from

<https://acercandonaciones.com/2016/09/09/i-congreso-nacional-de-tv-digital-nuevas-plataformas-y-contenidos-audiovisuales/>

Rodriguez Asis. (2014). Tipos de cables de fibra óptica. Retrieved from

<https://www.fibraopticahoy.com/tipos-de-cables-de-fibra-optica/>

Ruiz Lovato, D. R. (2015). *Estudio comparativo y simulación de la tecnologías tradicionales y emergentes*. Universidad Politécnica Salesiana de Quito.

Retrieved from [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS - ST001841.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS-ST001841.pdf)

Rusano, B. (2014). *Fibra Óptica*. Guatemala. Retrieved from

<https://prezi.com/9kkoide8zle-/fibra-optica/>

Telecomunicaciones: Mercados y Tecnologías. (2017). FTTH en Perú, tarifas de

Movistar. Retrieved April 17, 2018, from <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com.ar/2017/10/ftth-en-peru-tarifas-de-movistar.html>

Tinoco Alvear, J. D. (2011). *Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, vídeo y datos para la urbanización Los Olivos*

ubicada en el sector Toctesol en la parroquia Borrero de la ciudad de Azogues. Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>

Traverso, D. (2010). Tecnologías en las Redes de Acceso. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>

Universidad del Azuay. (n.d.). Estudios de sistemas de teleprocesos. Retrieved December 19, 2017, from https://uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/optica.htm

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta realizada.

Anexo 2: Diseño de la red de fibra óptica en la ciudad de Biblián.

Anexo 3: Especificaciones técnicas del OLT MA5600T.

Anexo 4: Especificaciones técnicas del VoIP server U1960.

Anexo 5: Especificaciones técnicas del ONT HG8247H.

ANEXO 1

ENCUESTA:

1. ¿Posee actualmente un servicio de televisión por cable?

Si___ (Telecable___ DirecTV___ CNT TV___) NO___

2. ¿Posee actualmente un servicio de telefonía fija?

Si___ (CNT___ Otro_____) NO___

3. ¿Posee actualmente un servicio de acceso a internet?

Si___ (Telecable___ Cesacel___ CNT___ PuntoNet___) NO___

4. ¿Cómo calificaría sus servicios?

TV por Cable: Bueno___ Regular___ Malo___

Telefonía: Bueno___ Regular___ Malo___

Acceso a internet: Bueno___ Regular___ Malo___

5. ¿Le gustaría aumentar la cantidad de canales de TV por cable?

Si___ NO___

6. ¿Le gustaría aumentar su velocidad de acceso a internet?

Si___ NO___

7. ¿Le gustaría que una sola empresa le brinde y facture los tres servicios?

Si___ NO___

ANEXO 2



ANEXO 3

innovation through technology



MA5600T - Optical Line Terminal (OLT)

One platform to support high-performance GPON, next generation XG-PON1, and Active Ethernet (A/E) solutions for both residential and commercial Fiber-to-the-Premises applications

Product Features

GPON, A/E, XG-PON1

11 RU, 19" rack mounting, 12" depth

21 slots: 14 slots for service boards, 2 slots for control boards, 2 slots for power interfaces, 2 slots for WAN uplink interfaces, 1 slot for GPIO

Large capacity: 1 Tbps backplane, non-blocking 20Gbps/slot load sharing, 400Gbps / 600MPPS load sharing switching capacity

Switch card: 200Gbps switch card with integrated 4p GbE (SFP) WAN uplinks

Service cards: 8-port GPON 2.5/1.25Gbps (SFP), 4-port XGPON1 10/2.5Gbps, 16-port FE (SFP), 24p/48p GbE (SFP/CSFP)

Uplink cards: 2-port 10GbE (XFP), 2-port GbE (SFP)

Other cards: T1 TDM WAN, MPLS

Comprehensive L2/L3 Functions

- L2 Functions
 - L2 QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
 - Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
 - Flexible QinQ VLAN tagging
 - DHCP Option 82 in L2 mode
 - E-LAN, E-Line
- L3 Functions
 - ARP, ARP Proxy
 - DHCP Relay, DHCP proxy
 - Static routing
 - Dynamic routing: RIP, OSPF, IS-IS, BGP, ECMP, PIM-SSM
 - Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping, 4k multicast group
 - IPv6: Dual Stack

Management: OMCI, SNMP, CLI and XML

High Reliability

- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP
- Fiber redundancy by 50ms switchover: Type B protection
- Five-9s (99.99941%) Availability: Main Control Card, Power Card, PON port redundancy

Any Media & High Precision Clock

- Any Media Clock: T1/BITS/GPS, 1588v2, Sync-E
- 0.01ppm high-precision clock
- Built-in Stratum-3 clock in OLT

MA5600T Optical Line Terminal



The advent of optical triple play Ethernet-based services for both residential and business sectors has provided service providers with new frontiers, allowing them to expand their market penetration and create new high growth opportunities. These segments require high-capacity access and QoS capabilities to support a robust set of standard-based service offerings. Huawei's fiber access architecture provides an industry leading solution to meet these challenging requirements.

For more than a decade, Huawei has been at the forefront of the PON technologies, and has accumulated valuable experience in development and deployment of FTTx technologies.

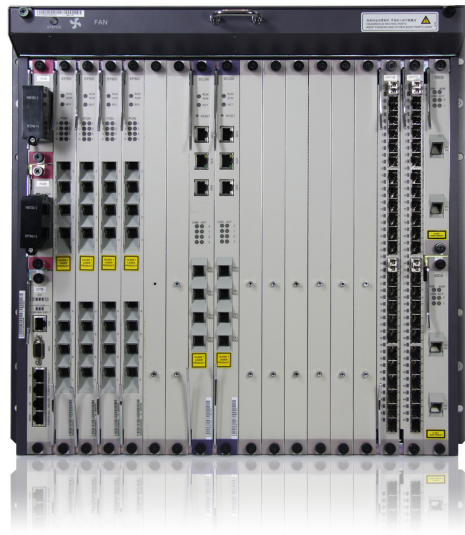
Huawei's MA5600T OLT is the world's first Terabit fiber access system. With the pending support for XG-PON1 (10Gbps downstream and 2.5Gbps upstream data rates) technology, Huawei's MA5600T OLT is designed to provide even higher subscriber bandwidth in shared fiber splitter applications. Huawei's all-in-one fiber access platform is designed not only to support the GPON/XG-PON1 rollouts, but also to support industry-leading ultra high-density Active Ethernet rollouts for dedicated splitter-less high bandwidth deployments. Service Providers can count on Huawei's forward thinking and global market experience for continued innovation and product leadership.

Key capabilities of MA5600T OLT include:

- Support for up to 7,168 GPON subscribers using 1:64 split
- Support for up to 672 GbE subscribers
- Support for 400Gbps total load-sharing switch capacity using dual 200Gbps switch fabrics

Specifications and Performance Parameters

MA5600T - Optical Line Terminal (OLT)



MA5600T
Optical Line Terminal

Working Voltage Range	-38.4 to -72 VDC
Power Consumption (fully loaded)	1850 W / 6300 BTU's
Recommended Power	Dual uninterruptable 40A (maximum)
Dimensions	Height 19.25" (48.90cm) , Width 17" (43.18 cm), Depth 12" (30.48 cm)
Fiber Management Tray / Air baffle	Height 5.25" (13.3 cm), Width 17" (43.2 cm), Depth 7" (17.8 cm), Front 5" (12.7 cm)
Weight	60lbs (27 kg) empty, 120 lbs (54kg) full loaded
Cooling	Front intake through replaceable air filter at bottom; rear exhaust through fan assembly at top
Environmental, Operating Temperature	-40C to 65C (-40F to 149F)
Storage Temperature	-40C to 70C (-40F to 158F)
Operating Humidity	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
Regulatory and Safety	Safety: UL/cUL UL60950-1, CE Mark EN60950-1, CB Scheme IEC950-1, AS/NZS60950, Laser safety: 21CFR1040, CE Mark 60825-1/-2, EMC: FCC Part 15 Class A, CE Mark EN55022 Class A & EN300 386-2, NEBS: GR-63-CORE, Issue 2; GR-1089-CORE, Issue 3; TCG NEBS Checklist

Huawei Technologies (USA)
5700 Tennyson Pkwy., Ste. 500
Plano, TX 75024
Main: 214-919-6000

Huawei Technologies (Canada)
7270 Woodbine Ave., Ste. 300
Markham, ONT L3R 4B9
Main: 905-475-2112

General Information
www.huawei.com/broadband_access.do

Post-Sales Technical Support
877-4HUAWEI
techsupport.usa@huawei.com



Huawei is a leading global provider of commercial telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communication needs of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers. **For more information, please visit www.huawei.com.**

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2010.
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

DS_002_MA5600T_082010

innovation through technology

ANEXO 4



Huawei Unified Gateway U1960 Datasheet

Product Overview

Huawei Unified Gateway U1960 (U1960 for short) is a core voice gateway in the Huawei Unified Communications (UC) solution that supports a maximum of 1,000 users. It works with Huawei IP terminals and UC applications to provide professional IP telephony (IPT) and UC services.



Figure 1 U1960

The lightweight U1960 uses the highly-integrated broadband and narrowband design to allow for hybrid networking of analog phones and IP phones. It can connect to the public switched telephone network (PSTN) or to voice switches in private networks using digital, analog, and broadband SIP trunks.

U1960 is equipped with modular boards to simplify installations and support hot swapping. U1960 can be quickly deployed and easily maintained with the assistance of graphical configuration tools.

Product Highlights

High integration and impressive array of functions

- Extensive IPT services
- Built-in high-fidelity audio conferencing, with multiple conferencing modes available
- One Number Link You (ONLY), allowing users to answer incoming calls from anywhere, at any time, in the way that users prefer
- Built-in voice mailbox, recording messages from unanswered callers so users never miss any important calls
- UC application extension

Effective cost control

- Number analysis and whitelist/blacklist
- 32-level customized call rights
- Password-based call barring
- Intelligent routing, saving communications costs

Quick deployment and easy maintenance

- GUI-based deployment tools for easy and quick installation
- Unified network management system, helping improve management and maintenance efficiency
- Built-in web management system for convenient operations



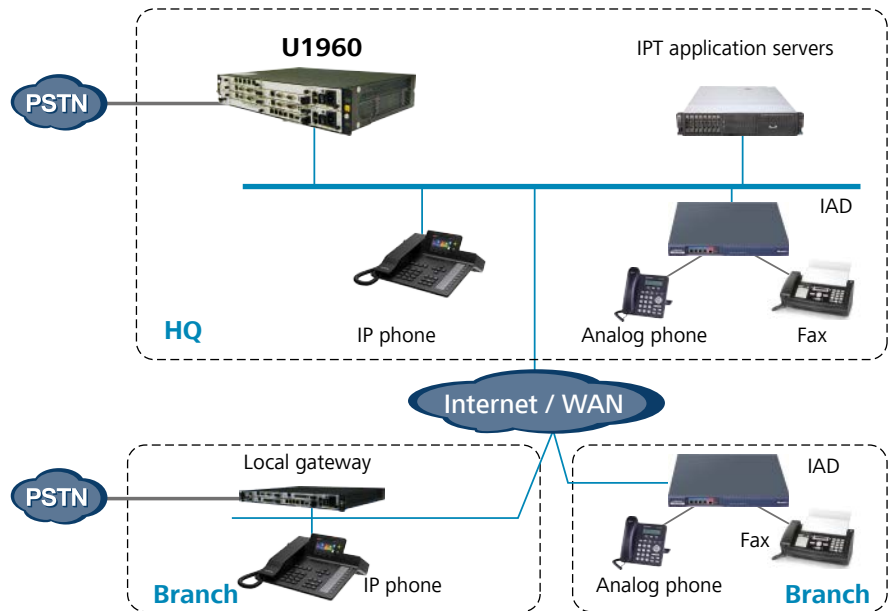
Typical Applications

U1960 is a small/medium-capacity voice gateway and applies to small, medium, and large-sized voice communication scenarios. It provides a wide range of voice services and supports two-node cluster deployment and geographical redundancy.

IPT application scenarios

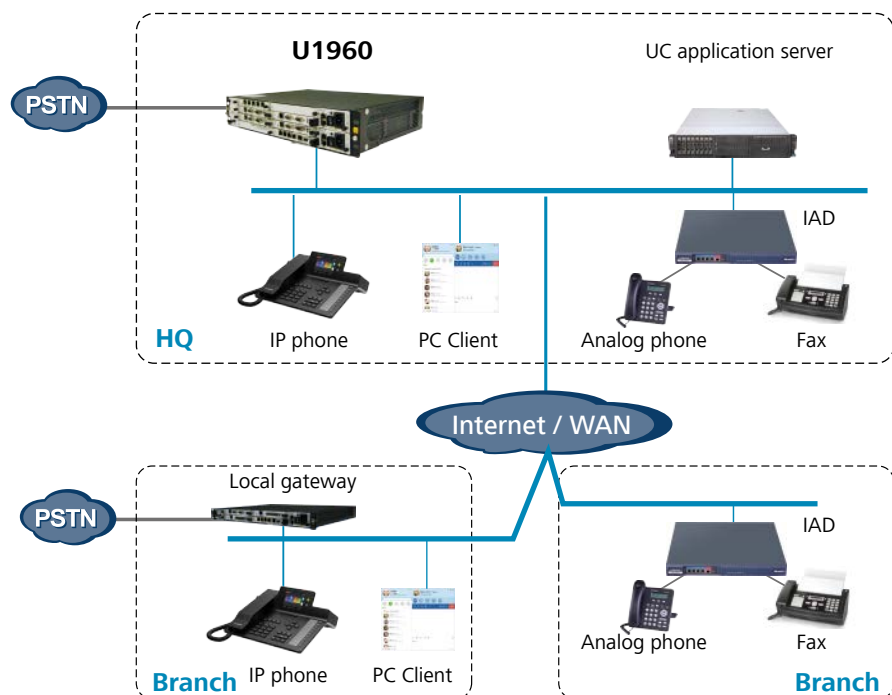
When being deployed at the headquarters, U1960 provides call control services for network-wide users as a core voice gateway. The branches, according to their user capacities, can use different models of Huawei U1900 series gateways as local voice gateways. These local voice gateways support local regeneration to ensure service continuity.

Using narrowband and broadband trunks, local voice gateways can be connected to external networks, such as PSTN, to implement communication between internal and external (mobile and fixed-line) users. In this case, SIP phones can be connected directly. Analog phones and fax machines can be connected through integrated access devices (IADs).



UC application scenarios

Based on IPT application scenarios, UC application servers (enhanced communication suites) can be deployed at the same time to enrich communication channels and improve communication efficiency with a wide range of UC services, including presence, instant messaging, and multimedia conferencing.



Technical Specifications

Item	Specifications	
User capacity per U1960	1,000(a maximum of 192 FXS ports for analog users or 1,000 SIP users)	
Terminals supported	Analog phones, IP phones, video phones and soft clients	
Trunk ports	A maximum of 72 FXO ports, 28 E1/T1 ports or 24 BRI ports	
Trunk protocols	SS7, R2, PRI, QSIG, SIP, BRI	
Codec	G.711a/μ, G.729a/b/ab, iLBC, and G.722/G.722.1/G.722.2、Opus	
Conference capacity	A maximum of 360 conference participants which can be allocated to 120 conference halls (each hall can support up to 60 participants)	
Built-in voice mail	30 channels concurrently Built-in 16G SD storage card	
Power supply	AC: 100 V to 240 V, 50 Hz/60 Hz DC: -38.4 V to -60 V (typical value: -48 V) Redundancy: 1+1 backup	
Power consumption	220 W (full configuration)	
Dimensions (H x W x D)	Standard 19-inch 2 U subrack 86.1 mm x 442 mm x 310 mm	
Weight	10 kg (full configuration)	
Environment	Temperature	Storage temperature: -40°C to +70°C Long-term operating temperature: 0°C to 45°C Short-term operating temperature: -5°C to +55°C
	Relative humidity	5% to 95% (without condensation)
	Dustproof	Less than 180 mg/m ³ dust in the air (Dustproof measures should be taken in the work environment)
System Reliability	≥ 99.995%	
Maintainability	Centralized/remote equipment management, log management, resource management, and alarm management	



Ordering Information

U1960 ordering information overview

Basic configuration
U1960 DC host (including 1 SCU, 1 MTU)
U1960 AC host (including 1 SCU, 1 MTU)
U1960 DC subrack
U1960 AC subrack
Interface boards
Analog user interface board (32 FXS interfaces, including 10-m user cables)
Analog user and analog trunk interface board (12 FXO & 12 FXS interfaces, including 10-m user cables)
BRI trunk interface board (4BRI, including 4 BRI interface cables)
Media trunking unit
SD card-MLC-interface rate 6MB/S or above-32mm*24mm-16GB-Class6 to Class10
U1960 auxiliaries
U1960 switching and main control boards
DC power module (350W, -48V)
Primary power supply--25degC-60degC-90V-290V-12V/25A
User power cable-high-density user subrack-32-channel user board-10m-0.4mm-64 cores-(D68M-V)-(CC32P0.4P430U-I)
User power cable-high-density user subrack-32-channel user board-20m-0.4mm-64 cores-(D68M-V)-(CC32P0.4P430U-I)
User power cable-high-density user subrack-32-channel user board-40m-0.4mm-64 cores-(D68M-V)-(CC32P0.4P430U-I)
User power cable-high-density user subrack-32-channel user board-50m-0.4mm-64 cores-(D68M-V)-(CC32P0.4P430U-I)
Trunk cable-20m-75ohm-1E1-2.2mm-(D9M)-(SYFVZP75-1.2/0.25*4(S))-(2*BNC755M-V)
Trunk cable-20m-100ohm-1*T1-0.52mm-(D9M)-(CC4P0.5GY(S))-MP8-II
Coaxial Connector-SMB-75ohm-Straight/Connector-Female-Matching SYFVZ-75-1-1-Gild Electroplating
Coaxial Connector-SMB-75ohm-Straight/Connector-Male-Matching SYFVZ-75-1-1-Gild Electroplating,For OEM
Single Cable-120ohm-75ohm Converter Box (With BNC Socket 14040083)-2*BNC755F-26UL2464(4C)B+PCB03022938)
2U Static Rail Kit

For more information, visit <http://e.huawei.com> or contact Huawei's local sale office.

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2017. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions



and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base
Bantian Longgang
Shenzhen 518129, P.R. China
Tel: +86-755-28780808

e.huawei.com

ANEXO 5

A Smarter Way for Your Broadband Life

Huawei HG8247H, an intelligent routing-type ONT

Smart
service

Smart
interconnection



Smart O&M

○ Device Parameters

Dimensions (HxWxD)	(220 x 160 x 32)mm (without an external antenna)
Weight	about 1000g
Operating temperature	0°C to +40°C
Operating humidity	5%RH to 95%RH (non-condensing)
Power adapter input	100–240V AC, 50–60Hz
System power supply	11–13V DC, 2 A
Static power consumption	7.5W
Maximum power consumption	18W
Ports	2POTS+4GE+CATV+Wi-Fi+USB
Indicators	POWER/PON/LOS/LAN/TEL/USB /WLAN/WPS/CATV

○ Interface Parameters

GPON Port	<ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27dBm • Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm • WBF • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA
Ethernet Port	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning
CATV Port	<ul style="list-style-type: none"> • Bandwidth 54-870 MHz • Output resistance 75 ohms
POTS Port	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol)
USB Port	<ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • FTP-based network storage
WLAN	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n • 2 x 2 MIMO • Antenna gain: 2 dBi • WMM • Multiple SSIDs • WPS

○ Product Function

Smart interconnection

- Smart Wi-Fi coverage (V300R015C10)
- SIP/H.248 auto-negotiation
- Any port any service
- Parental control (V300R015C00)
- L2/L3(IPv4) forwarding: 1G uplink, 2G downlink

Smart service

- Smart Wi-Fi sharing: Portal/802.1x authentication (V300R015C10)
SoftGRE-based sharing (V300R015C10)
- Association of one account with two POTS ports

Smart O&M

- IPTV video quality diagnosis (V300R015C10)
- Variable-length OMCI messages
- Active/Passive rogue ONT detection and isolation
- Call emulation, and circuit test and loop-line test
- PPPoE/DHCP simulation testing
- WLAN emulation

Layer 3 Features

- PPPoE/Static IP/DHCP
- NAT/NAPT
- Port forwarding
- ALG, UPnP
- DDNS/DNS server/DNS client
- IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite
- Static/Default routes
- Multiple services on one WAN port

Multicast

- IGMP v2/v3 proxy (V300R015C00) /snooping
- MLD v1/v2 snooping
- Multicast services through Wi-Fi

QoS

- Ethernet port rate limitation
- 802.1p priority
- SP/WRR/SP+WRR
- Broadcast packet rate limitation

Security

- SPI firewall
- Filtering based on MAC/IP/URL addresses

Common O&M

- OMCI/Web UI/TR069
- Dual-system software backup and rollback

Power Saving

- Dynamic power saving
- Indicator power saving
- Scheduled Wi-Fi shutdown (V300R015C00)



Azogues, 30 de julio de 2018

Asunto: Informe de calificación del trabajo escrito de titulación.

Señora Economista

Nancy Lucía Peralta Idrovo.

**AUXILIAR DE SECRETARIA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.

Ciudad.

Presente. -

De mi consideración:

Por medio del presente me permito saludarle, a la vez que es menester indicarle que una vez culminada la revisión del trabajo de fin de carrera del alumno Edwin Santiago Prieto Reinoso, con C.I. 030159067-5, es mi deber conferir la nota de **48/50** puntos a la tesis en mención, cumpliendo de esta manera con los parámetros establecidos por parte de nuestra Alma Máter como tutor de la misma.

Dicho proyecto lleva por nombre **“Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL S.A., en el cantón Biblián, provincia del Cañar”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción.

Es menester informar además que el presente trabajo de titulación tiene una coincidencia del 09% de similitud en contenidos con otras fuentes, según reporte del sistema anti plagio (Turnitin) de nuestra Universidad.

Por la atención que dé al presente suscribo de Ud. agradecido.

Atentamente:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. Mg

Universidad Católica de Cuenca

UAIC

Tesis Rev3 Santiago Prieto

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

documents.mx

Fuente de Internet

1%

2

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

3

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

latecnologiaentufuturo.blogspot.com

Fuente de Internet

<1%

5

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.uch.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Catolica San Antonio
de Murcia

Trabajo del estudiante

<1%
