UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniero de Sistemas

TEMA:
DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON PARA EL SECTOR DEL CENTRO HISTÓRICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

AUTOR:
JUAN FERNANDO COBA PAZ

TUTOR:
JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO

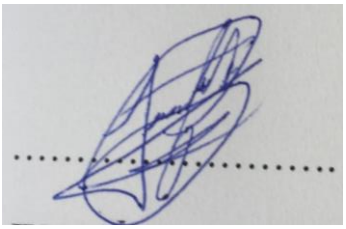
Quito, agosto del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Juan Fernando Coba Paz, con documento de identificación No. 172320494-5 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación con el tema "DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON PARA EL SECTOR DEL CENTRO HISTÓRICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO'', mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO DE SISTEMAS en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia, suscribo este documento en el momento que se hace la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidades Politécnica Salesiana.



JUAN FERNANDO

COBA PAZ

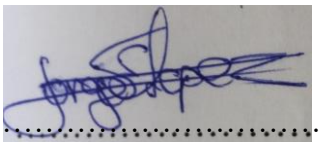
CI: 172320494-5

Quito, agosto del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, con el tema: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO GPON PARA EL SECTOR DEL CENTRO HISTÓRICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO realizado por Juan Fernando Coba Paz, obtenido un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2017



……

JORGE ENRIQUE
LOPEZ LOGACHO
CI: 171208248-4

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mis padres que fueron la principal fuente de apoyo, ayuda y sacrificio para alcanzar la meta. Pero en especial le dedico este trabajo a mi amado Abuelito Jorge Paz que estuvo siempre apoyándome cuando más lo necesitaba, él fue las fuerzas que yo no encontraba en mi camino y desde niño supo guiarme a ser una persona dedicada, feliz y autentica.

Gracias a Dios por darme la fortaleza de ser cada día para lograr mis metas y darme la fidelidad de ser y estar siempre presente para mis seres queridos, amigos y conocidos.

Juan Fernando Coba Paz

Agradecimientos

Para la elaboración de este proyecto final para culminar mi carrera, no hubiera sido posible sin el apoyo de mis padres y sin la guía de Dios en el camino. Aun que me costó mucho y tuve más de un tropiezo en el camino llegué a la meta, por lo que estoy muy agradecido con la vida por mostrarme el camino correcto.

Agradezco a mi tutor de Tesis George López por el apoyo brindado para la elaboración de mi proyecto de titulación, los consejos, las oportunidades de mejoras y sobre todo por las enseñanzas dadas en el trascurso de mi carrera.

Juan Fernando Coba Paz

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
Antecedentes 1
Problema 1
Justificación 4
Objetivos 5
Marco Metodológico 6
Capítulo I 7
Marco Teórico 7
1.1 PON: Red Óptica Pasiva 7
1.2 Características PON 8
1.3 Tipo de Redes PON 9
1.3.1 APON. 9
1.3.2 BPON. 10
1.3.3 EPON. 11
1.3.4 GEPON. 12
1.4 Componentes de Red 13
1.5 GPON 14
1.6 Arquitectura de red GPON 14
1.7 Estándares de GPON 16
1.8 Introducción a FTTx (Fiber to the X) 17
1.9 Modelos de red FTTX 18
1.9.1 FTTB (Fiber to the Building). 18
1.9.2 FTTC (Fiber to the Curb). 18
1.9.3 FTTH (Fiber to the Home). 18
1.9.4 FTTN (Fiber to the Node). 19
1.10 Última Milla 19
1.11 MPLS (Multi Protocol Label Switching) 19
1.12 Funcionamiento de tráfico MPLS. 20
Marco Conceptual 22
1.13 Introducción a Fibra Óptica. 22
1.14 Características Fibra Óptica. 22
1.15 Tipos de Fibra Óptica 23
1.15.1 Modo de Propagación. 23
1.15.2 Modo de Composición. 26
1.16 Parámetros de Fibra 26
1.17 Parámetros de Diseño 27
1.18 Beneficios de Fibra Óptica 28
1.19 Interferencia Intersimbólica 28
1.20 Introducción de servicios ofertados en redes GPON 29
1.20.1 Servicios de Datos. 29
1.20.2 Servicios de Video. 30
1.20.3 Servicios de Voz. 30
1.21 Servicios Triple Play 30
Capítulo II 32

Análisis del sector 32
2.1 Situación Tecnológica Actual del Sector Centro Histórico de Quito 32
2.2 Tecnología del Sector 35
2.3 Estado de la Red 41
2.3.1 Longitud de Onda 42
2.3.2 Intervalo de Atenuación 42
2.3.3 Sensibilidad Mínima 42
2.3.4 Sobrecarga Máxima 43
2.3.5 Máximo Alcance Lógico 43
2.3.6 Pérdida de Trayectoria 43
Capítulo III 44
Diseño de la Red GPON 44
3.1 Diseño 44
3.2 Diseño lógico 44
3.3 Diseño Físico 45
3.3.1 Sector Escogido 46
3.3.2 Ubicación de elementos activos 47
3.3.3 Tipo de Fibra Óptica 48
3.4 Análisis de rutas de cableado del Sector 51
3.5 Características del Equipamiento 54
3.6 Colocación de equipos Pasivos 56
3.6.1 Distribución de Red para usuarios finales. 57
3.6.2 Redundancia 57
3.6.3 Perdidas 58
3.7 Simulación de la Red GPON 63
3.7.1 Introducción 63
3.7.2 Observaciones de la Simulación 65
3.7.3 Resultados Obtenidos 65
Capítulo IV 81
Análisis de presupuesto 81
4.1 Análisis de Servicios en Ecuador 81
4.1.1 Servicios de Internet Fijo 81
4.2 Servicios de Internet Móvil 82
4.3 Crecimiento de Internet 83
4.4 Análisis de Equipos considerados 84
4.5 Características específicas de los equipos considerados 85
4.6 Análisis de Costos 87
4.6.1 Análisis de Costos de Equipos 87
4.6.2 Análisis de Costo de Fibra Óptica 87
4.6.3 Análisis de Costos de Instalación 88
4.7 Valor total del Proyecto 89
4.8 Análisis de Rentabilidad del Proyecto 89
4.8.1 Valor Actual Neto (VAN) 90
4.8.2 Calculo del TIR 91
CONCLUSIONES 92
RECOMENDACIONES 94
GLOSARIO 95
LISTA DE REFERENCIAS 97

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones de PON 8
Tabla 2: Especificaciones de serie G984-X (Garcia, 2014) 16
Tabla 3: Especificaciones Técnicas 25
Tabla 4: Parámetros de la fibra Óptica. 26
Tabla 5: Barrios del Centro Histórico de Quito 32
Tabla 6: Número de cuentas y usuarios contratados a ISP 40
Tabla 7: Intervalo de Atenuación GPON 42
Tabla 8: Características de los equipos OLT elaborado por el Autor 54
Tabla 9: Características de los equipos ONU elaborado por el autor. 55
Tabla 10: Características del equipamiento que se necesita. 55
Tabla 11: Atenuación en la fibra Óptica (Pabon, 2009) 58
Tabla 12: Cálculos de Atenuación del abonado lejano y cercano 59
Tabla 13: Desempeño de los diferentes niveles de Splitter 60
Tabla 14: Formula de pérdida total 61
Tabla 15: Calculo de pérdida total 61
Tabla 16: Análisis de Potencia con el margen establecido 62
Tabla 17: Crecimiento de Internet Fijo entre cada 100 Habitantes 81
Tabla 18: Servicio de Internet Movil 82
Tabla 19: Analisis de Equipos 84
Tabla 20: Tabla de Costos de Equipamiento 87
Tabla 21: Costos de Fibra Optica y Splitters 87
Tabla 22: Costos de Instalación 88
Tabla 23: Costos Totales del Proyecto 89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de Cobertura NETLIFE. 2
Figura 2: Área de Cobertura TELCONET. 3
Figura 3: Área de Cobertura CNT....3
Figura 4: Cobertura de red GPON usando FTTH 5
Figura 5: Red Óptica Pasiva ATM....9
Figura 6: Red Óptica Pasiva Broadband-PON....10
Figura 7: Red Óptica Pasiva Ethernet 11
Figura 8: Red Óptica Pasiva Gigabit Ethernet 12
Figura 9: Arquitectura Gpon 15
Figura 10: Arquitectura FTTx....17
Figura 11: Diagrama básico MPLS....21
Figura 12: Fibra Óptica Monomodo 24
Figura 13: Fibra Óptica Multimodo 25
Figura 14: Ejemplo de interferencia intersimbólica....29
Figura 15: Servicios Triple Play 31
Figura 16: Mapa Geográfico del Centro Histórico de Quito....34
Figura 17: Cobertura de CNT con GPON....35
Figura 18: Cobertura Netlife con Fibra Óptica 36
Figura 19: Cobertura Telconet por Fibra Óptica.....37
Figura 20: Cobertura de Puntonet con Radio....38
Figura 21: Sectores con Cobertura por claro....39
Figura 22: Datos 2016 por la Agencia de regulación y control 40
Figura 23: Red Lógica con GPON....45
Figura 24: Sector para realizar el análisis en el Centro Histórico de Quito....46
Figura 25: Nodo Cercano al sector....47
Figura 26: Mapa Geográfico de Empresa Eléctrica Quito 52
Figura 27: Sector de ingreso de la red escogido. 53
Figura 28: Esquema de Red GPON con FTTH....54
Figura 30: Splitters 1x8 (FS Fibber Optic, 2017) 55
Figura 31: Cable Fibra Óptica Monomodo FIG 8 (FS Fibber Optic, 2017) 56
Figura 33: Access Point TP-LINK....56
Figura 34: Redundancia en una Red. 58
Figura 35: Red Simulada en Optisystem....64
Figura 36: Esquema General de datos y voz....67
Figura 37: Resultados de potencia de salida de datos y voz 68
Figura 38: Diagrama de Ojo de datos y voz....69
Figura 39: Simulación de Video 71
Figura 40: Resultados de Diagrama de Video....72
Figura 41: Diagrama de Ojo de Video 73
Figura 42: Espectro de Datos y Voz 75
Figura 43: Espectro de Video....76
Figura 44: Espectro del WDM 77
Figura 45: Espectro de la Fibra Optica 78
Figura 46: Espectro de Splitter....79

Figura 47: Diagrama de Ojo Final 80
Figura 48: Cuentas de Internet Fijo y móvil 83

Resumen

En el presente proyecto se realizó el análisis para el diseño de una red GPON con FTTH para el sector del centro histórico de Quito, ya que existe la carencia de internet equitativo en el sector sin el uso de esta tecnología en el lugar, la cual consta con grandes tasas de trasmisión sin tanta perdida de paquetes en toda la trasmisión.

Se selecciono el sector por la alta demanda de usuarios potenciales que habitan o tienen pequeños negocios, y tiene la finalidad de encontrar una solución técnica con el diseño de la red. Se expondrán diferentes puntos para la consideración de la red para el sector, a su vez se realizará una simulación con la herramienta de modelamiento y simulación de redes con fibra óptica llamada OPTISYSTEM.

Abstract

The use of an Internet access network with GPON technology using FTTH will be of great help in providing faster internet in the Historic Center sector, since they have been created to give a quick solution answer to the different types of services that Requests the user in general.

The purpose of this study is to find a technical solution to provide an internet service with high transfer rates, providing the design of a last mile network with GPON technology using FTTH for the Quito Historical Center sector to have improvements In the Quality of Triple Play Internet service provision that an ISP could offer SMEs, Museums, Hotels, corporate centers and users in general.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En la actualidad, los sistemas de transmisión de con fibra óptica se han convertido en el medio en las telecomunicaciones con mejor rendimiento que otros, por los beneficios en la trasmisión de videos, datos y audio; opacando a otros tipos de tecnologías como son los basados en cobre, cable par trenzados o cable coaxial. El principal beneficio en los sistemas de transmisión basados en fibra óptica es la alta velocidad que puede alcanzar teniendo pocos periodos de retardo o pérdidas de señal en la trasmisión de cualquier tipo de información.

El centro histórico de Quito es considerado como uno de los grandes encantos del país por la arquitectura antigua que la conforma, sus bellas plazas, museos e iglesias. Según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), al Ecuador ingresan anualmente 1´061.516 extranjeros que tienden a visitar las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay según el último registro del año 2014 y además el lugar cuenta con 40,587 habitantes (Censos Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010).

Problema

El problema actualmente en el Distrito Metropolitano de Quito es la mala distribución de internet equitativo para la comunidad que habita en el sector, sin brindar la facilidad de conexión a internet en algunos sectores, en relación a esta necesidad esta investigación se dirige a la adecuación de una red con fibra óptica con GPON usando

FTTH para el sector del Centro Histórico con lo cual se pretende diseñar una red con mayor cobertura, escalabilidad, calidad y disponibilidad de los servicios de internet.

Según lo consultado a los diferentes ISP más importantes que utilizan fibra óptica del país (Netlife, 2016) (CNT, 2016) (Teconet, 2013), se pudo obtener los siguientes resultados en los cuales se especifica el área de cobertura que ofrecen en el sector del centro histórico con tecnología de fibra óptica. Por vía telefónica se entrevistó a Netlife, Telconet y CNT, también visitando sus páginas web, se pudo obtener los resultados donde Netlife no tiene cobertura en el sector como se muestra en la figura No. 1, Telconet no tienen cobertura con fibra óptica sino utiliza radio enlaces como se muestra en la figura No. 2. La corporación nacional de telecomunicaciones es el único ISP que tiene cobertura en el centro histórica con fibra óptica figura No.3 lo cual está apegado solo a edificios gubernamentales del sector por planes corporativos (CNT, 2016).

Área de Cobertura Netlife

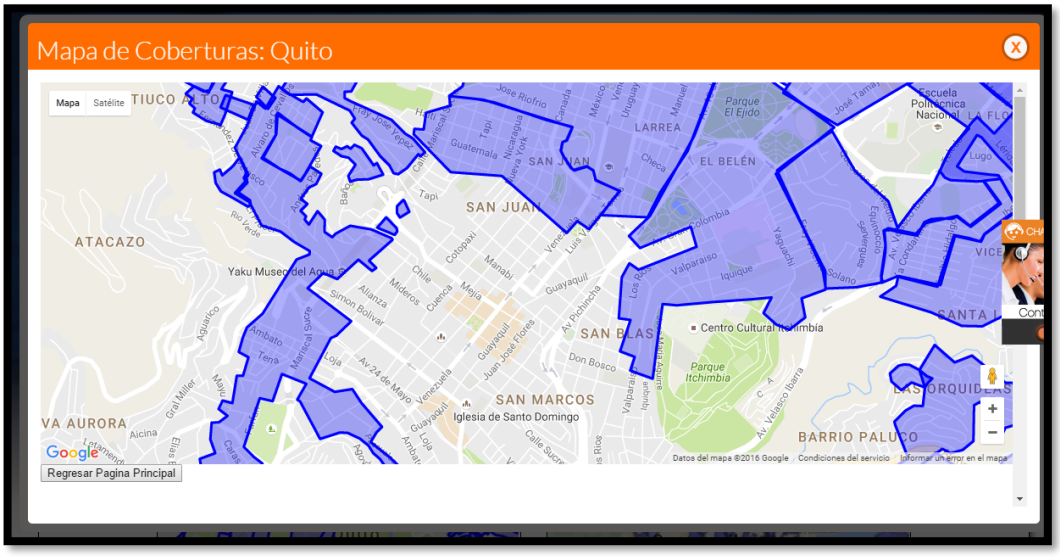


Figura 1: Área de Cobertura NETLIFE.
Elaborado por o Fuente: Proporcionado por Pagina Web Netlife

Área de Cobertura Telconet

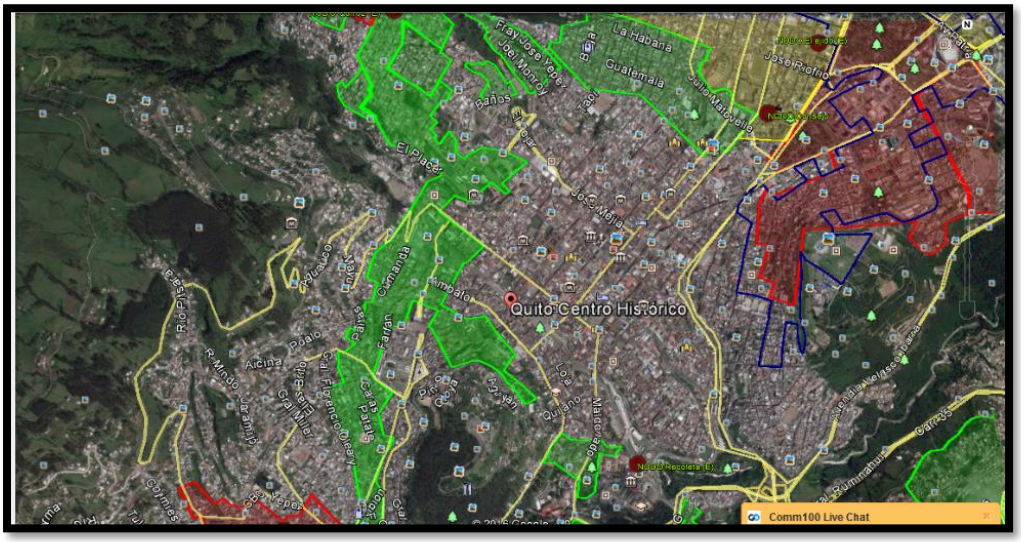


Figura 2: Área de Cobertura TELCONET.
Elaborado por o Fuente: Proporcionado por Pagina Web Telconet

Área de Cobertura CNT

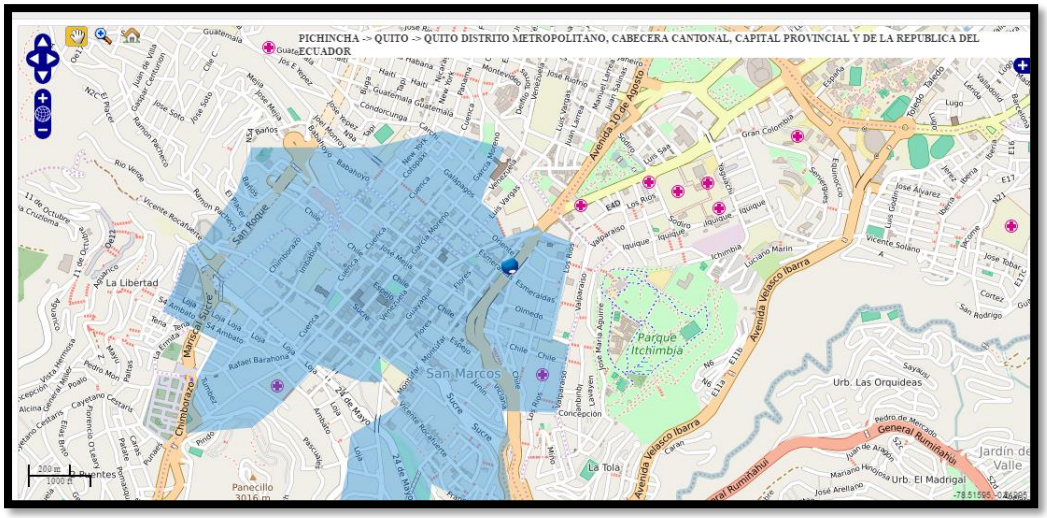


Figura 3: Área de Cobertura CNT
Elaborado por o Fuente: Proporcionado por Pagina Web CNT

Justificación

El uso de una red a Internet con tecnología GPON usando FTTH será de gran ayuda para proporcionar internet más veloz en el sector del Centro Histórico, ya que han sido creadas para dar una respuesta de solución rápida a los diferentes tipos de servicios que solicita el usuario en general.

Esta tecnología está en incremento siendo implementada a nivel mundial por la alta velocidad de datos dejando atrás a la tecnología común de acceso a internet ADSL (Serbal, 2014). El diseño de una red GPON con la tecnología fibber to the home brindaría mejores tasas de trasferencia con servicios Triple Play (Yagüe, 2014)

El sector fue escogido por la alta demanda de usuarios que día a día visitan sus alrededores, de igual manera por el alto índice de clientes potenciales que pueden ser: Pymes, Museos, Hoteles y centros corporativos, los cuales podrían brindar un mejor servicio, infraestructura y ofertas turísticas; actualmente el lugar cuenta con 40,587 habitantes (Censos, s.f.), con esto se podrá realizar un estudio más detallado para la creación de la red y el diseño.

El área de cobertura en el cual se realizará la investigación va desde la calle Vicente Rocafuerte hasta la calle Carchi de sur a norte; y desde la calle Imbabura hasta la calle Montufar como se muestran en la figura No. 4. Se escogió el sector indicado porque el internet no cubre todo el rango de cobertura en Centro Histórico de Quito.

Cobertura de red GPON en Centro Histórico de Quito

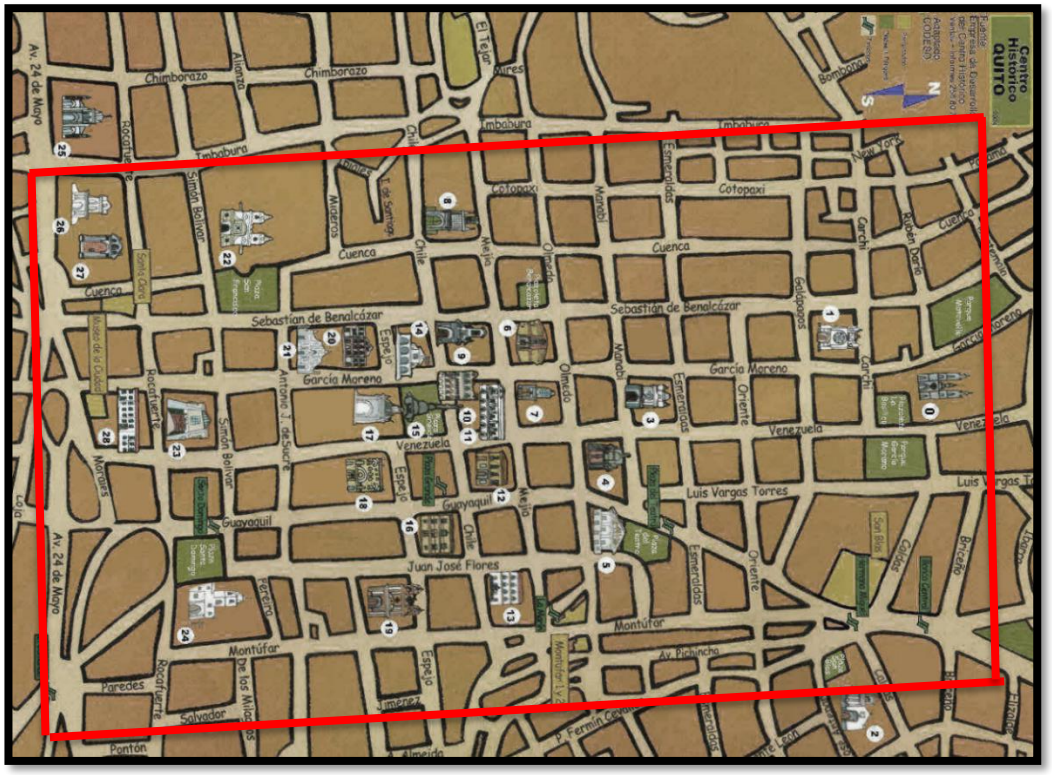


Figura 4: Cobertura de red GPON usando FTTH
Elaborado por o Fuente: Pagina web de Turismo (Turismo en el Ecuador, 2014)

Objetivos

Objetivo general

Diseñar la red de datos basados en tecnología GPON con acceso FTTH para el sector del Centro Histórico del Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos específicos

Determinar las opciones de proveedores y requerimientos de los usuarios para el servicio de internet en el sector del Centro Histórico del Distrito Metropolitano de Quito.

Conocer y analizar los requerimientos técnicos necesarios para el diseño de una red con tecnología GPON para brindar un mejor servicio de transmisión de internet.

Diseñar y simular una red FTTH GPON con la herramienta OptiSystem que permita ir al hogar del abonado con mejores estándares de calidad.

Realizar un análisis técnico y económico de los resultados obtenidos.

Marco Metodológico

El propósito planteado en este estudio es encontrar una solución técnica para dar un servicio de internet con altas tasas de transferencia, brindando el diseño de una red de acceso con GPON usando FTTH para que el sector del Centro Histórico de Quito tenga mejoras en la calidad de prestación de servicios de internet Triple Play que un ISP podría ofrecer a Pymes, Museos, Hoteles, centros corporativos y usuarios en general.

Los servicios a ofrecer con esta tecnología al sector son:

Trasporte muti-servicios TriplePlay (voz, datos y video).

Mayor alcance de cobertura con QoS.

Uso de Protocolos cifrados para mejor seguridad.

Mejores enlaces de datos e internet con Alto ancho de banda.

El alcance no contempla el análisis legal concerniente a este proyecto.

Capítulo I

Marco Teórico

En este capítulo se analizará los fundamentos teóricos de las redes con tecnología GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) y sus diferentes técnicas de trasmisión.

1.1 PON: Red Óptica Pasiva

La creación de redes ópticas pasivas fue realizada por las organizaciones mundiales de telecomunicaciones como la IEEE e ITU-T, entre otros entes que se enfocan en prestación de servicios, ya que están en continuo creación e innovación de mejores formas para el diseño de redes. Actualmente la fibra óptica tiene varios beneficios con los cuales la tecnología con cobre no dispone como mayor ancho de banda, menor interferencia por ruido, mayores tasas de trasferencia en la información, es por esto que las organizaciones mundiales crearon las redes PON, ya que una red PON permite a los usuarios tener mayor ancho de banda y mejores servicios con el uso de fibra óptica. Una de las cualidades de las redes PON es el reemplazo de elementos activos por elementos pasivos permitiendo disminuir costos en la red en toda su vida útil. (Alvicar, 2015, págs. 35,36).

La tecnología con la que cuentan las redes PON es el uso de distintos de protocolos y estándares, pero en la actualidad en el mercado tecnológico lo que tiene más demanda son las EPON la cual está desplegada principalmente en Asia y GPON en su gran mayoría en Estados Unidos y Europa. (Henao, 2010, pág. 1)

Las redes PON son usadas principalmente por redes FTTH (fibber to the Home) la arquitectura PON, usada es topología de tipo punto a multipunto llamada más comúnmente como Topología tipo Árbol.

Las redes PON en su arquitectura están compuestas por un OLT (Optical Line Terminal) ubicado en la CO, Splitters que son los elementos pasivos de ramificación óptica y ONT (Optical Network Terminal) u ONU (Optical Network Unit), los que se encuentran en el hogar del abonado final. (Henao, 2010, pág. 2)

A continuación, se expondrá en la siguiente tabla los estándares que utiliza:

Tabla 1: Especificaciones de PON

Estándar	Descripción
FSAN	Full Service Access Network.
ITU-T G983 (APON, BPON)	Coste elevado y limitaciones técnicas (ATM, 155Mbps).
ITU-T G984 (EFM, GPON)	Ethernet in the first Mile.
IEEE 802.3ah (EPON)	Extensión de IEEE 802.3
P2P	Sobre cables de cobre fibra
P2MP	Sobre cables de fibra (EPON).

Nota: Las especificaciones con cada uno de sus estándares en GPON. (Abreu, 2009, pág. 45)

1.2 Características PON

Soporta distancias de hasta 60 KM desde la central hasta el usuario.

Utiliza topología Árbol la cual minimiza el despliegue de fibra en el bucle local.

Mejor calidad de servicio.

Necesita de poco mantenimiento en la red.

Es inmune a interferencias electromagnéticas. (Henao, 2010, págs. 2,3)

1.3 Tipo de Redes PON

1.3.1 APON.

Es definida por la ITU-T G.983 utiliza el estándar ATM como protocolo de capa 2 de señalización y como portador. Una característica de APON es que se adapta a distintas arquitecturas de redes de acceso. Se trasmiten los datos a una velocidad de 53 bytes en downstream en las diferentes ráfagas de celdas con una tasa de bits de 155.52 Mbps divida entre el número de abonados finales que se encuentran conectados, es decir, en cada 3 byte para identificación del ONU. En upstrean la trama está compuesta por 54 celdas ATM destinadas para tener información de los destinos de cada celda. LA desventaja de APON es la falta de manejo de videos. (PON: Passive Optic Network Technologies , 2016)

Red Óptica Pasiva ATM

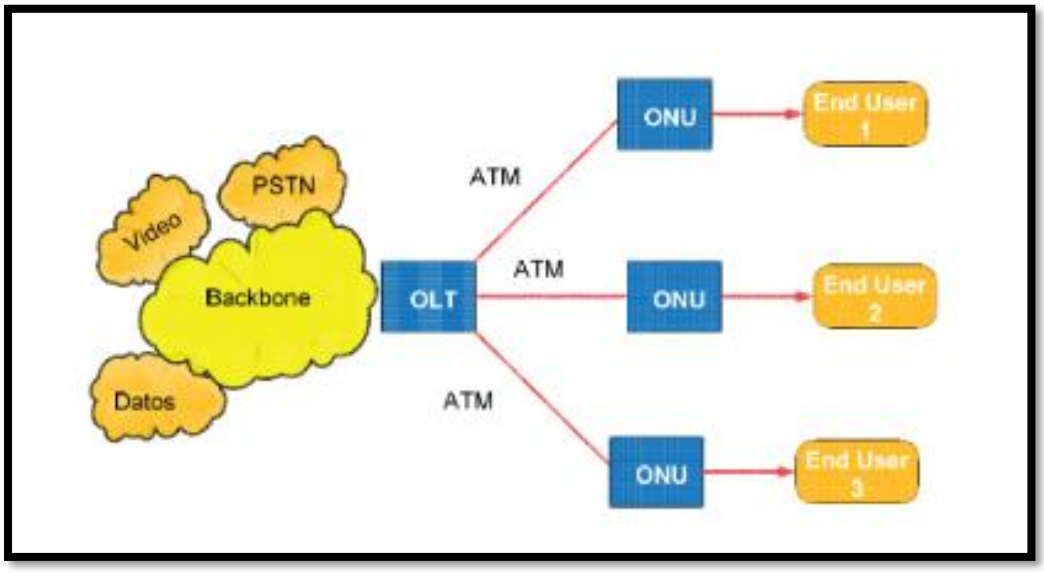


Figura 5: Red Óptica Pasiva ATM
Elaborado por o Fuente: (Henao, 2010)

1.3.2 BPON.

Surgió como mejora de las redes APON pero con la misma arquitectura, ofrece los servicios que APON no poseía como puede ser Ethernet, video, VPL y WDM con mayores tasas de transmisión. La tecnología Broadband-PON se define por la ITU-T G983 desde la G983.1 hasta G983.8, es simétrica con velocidad de 155Mbps de upstream y de downstream. También se maneja de manera asimétrica con 155 Mbps de upstream y 622 Mbps de downstream. (PON: Passive Optic Network Technologies , 2016).

A continuación, el diagrama de una red BPON:

Red Óptica Pasiva Broadband-PON

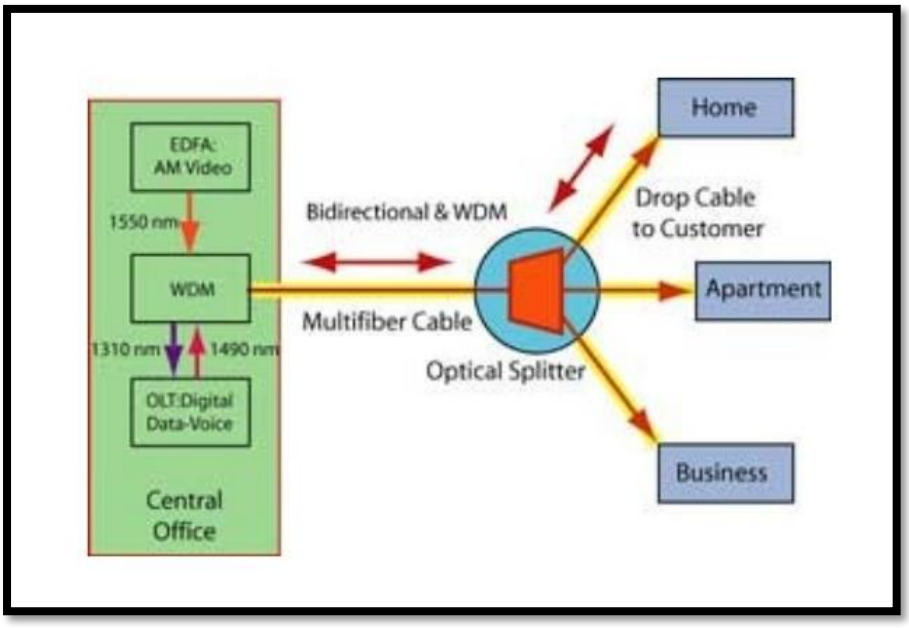


Figura 6: Red Óptica Pasiva Broadband-PON
Elaborado por o Fuente: (Serbal, 2014)

1.3.3 EPON.

Es definida por la norma IEEE 802.3 desarrollado para el estudio del estándar IEEE EFM (Ethernet en última milla). Basado para el trasporte de tráfico Ethernet, esta tecnología usa fibra óptica en el trasporte vía Ethernet entregando de esta manera los beneficios de fibra con velocidad de Gigabit, la velocidad depende del número de ONU que pueden ser hasta 64 abonados que se conectan a cada OLT. Utiliza SNMP para reducir la complejidad de los sistemas de gestión. (PON: Passive Optic Network Technologies , 2016)

Red Óptica Pasiva Ethernet

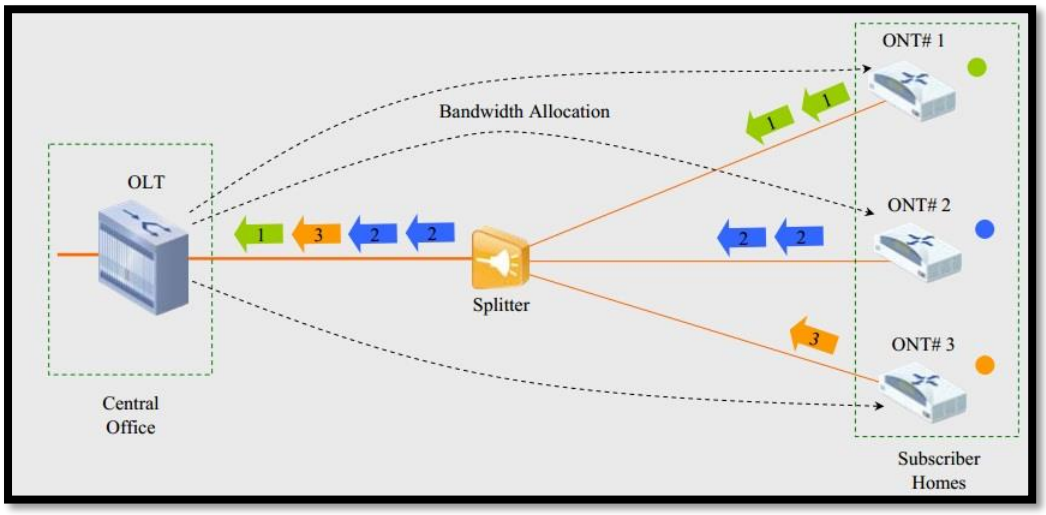


Figura 7: Red Óptica Pasiva Ethernet
Elaborado por o Fuente: (Serbal, 2014)

1.3.4 GEPON.

Diseñado para telecomunicaciones combinando tecnologías Gigabit Ethernet y PON. Por el uso de equipos económicos facilita la llegada de la fibra al abonado usando interfaces Ethernet. Tiene un número de trayectoria de fibra máximo de 32 usando un ancho de banda seguro, aguanta la distancia máxima de 20 km entre equipos activos, da servicios Triple Play y usa bajas tasa de administración y mantenimiento en la red al usar componentes no activos o pasivos. (PON: Passive Optic Network Technologies , 2016)

Red Óptica Pasiva Gigabit Ethernet

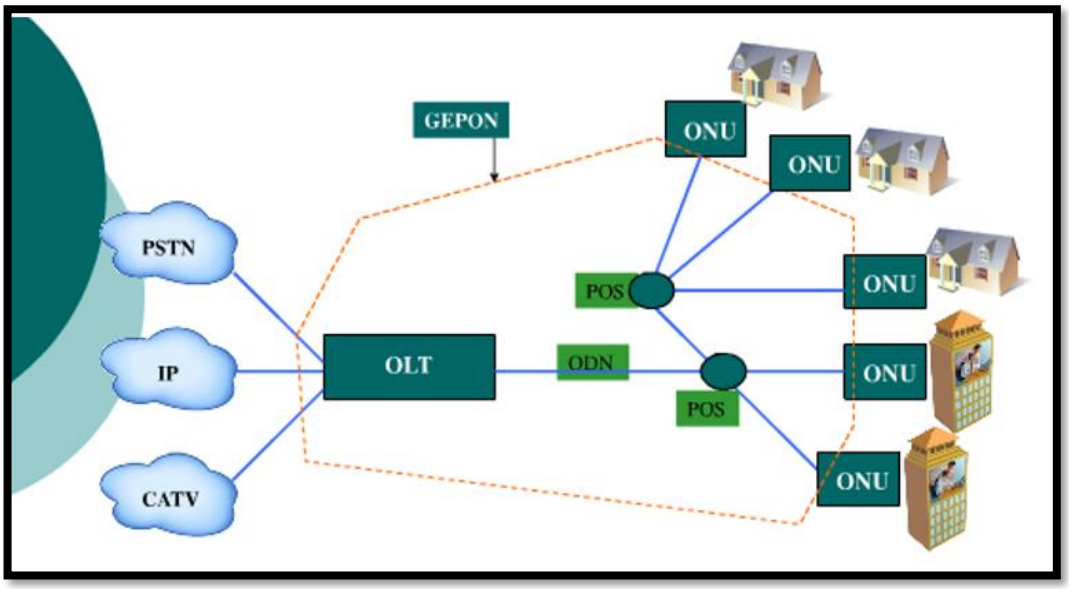


Figura 8: Red Óptica Pasiva Gigabit Ethernet
Elaborado por o Fuente: (Henao, 2010)

1.4 Componentes de Red

Optical Line Terminal (OLT) Equipo colocado en la oficina central

Optical Network Terminal (ONT) Equipo colocado en el abonado o punto de terminación

Optical Distribution Network (ODN) Es la estructura física pasiva de fibra Óptica que conecta ambos elementos activos. Está conformado por:

Optical Distribution Frame (ODF) se interconectan todos los cables de fibra óptica primarios que se interconecta al OLT.

Cable Alimentación Conectado a la oficina central desde el ODF hasta las cajas de empalmes o gabinetes troncales.

Cierre de Empalme Pueden estar expuestos a la intemperie son herméticos y poseen una cantidad de bocas y cassettes de empalmes suficiente que permite realizar empalmes rectos sobre el cable troncal, derivaciones a cables de menor cantidad de fibras ópticas.

Fiber Distribution Hub (FDH) Es el concentrador de distribución de fibra óptica.

Splitter Óptico Son el corazón de la red y por ende deben ser de alta calidad, homologados, estables térmicamente, bajas pérdidas de inserción, explicar paridad en la potencia a la salida, la conexión de cables de ser precisa ya que una falla en importante en la red.

Cable Distribución se utiliza para unir el cierre del empalme o gabinete troncal con la caja de NAP, donde se coloca el segundo nivel de Splitter.

Network Access Point (NAP) Punto terminal de la planta externa y el ligar donde se empezará la acometida al abonado o Drop. También se puede instalar Splitters de segundo nivel y terminales.

Cable Drop se necesita de distintos puntos de la red, se divide en 3 partes:

La conexión al NAP

Instalación del Cable de Drop

Conexión de ONT. (Abreu, 2009, págs. 39, 45)

1.5 GPON

GPON es una tecnología de acceso de telecomunicaciones estandarizada por la ITU-T y es un estándar de las redes PON la cual utiliza Fibra óptica para llegar hasta el suscriptor. Alcanzando velocidades superiores a 1000 MBPS soportando distintos tipos de velocidad en mismo protocolo. Las velocidades simétricas que maneja GPON son: 622 MBPS y 1.25 GBPS, de igual manera asimétricas de 2.5 GPBS en *downs-tream* y 1.25 en *upstream*. En cada una de las fibras soporta 64 usuarios, pero en algunos casos alcanza hasta 128 usuarios. (Lam, 2007, págs. 243, 261)

GPON dispone de dos longitudes de onda para evitar interferencia entre los contenidos del canal *downs-stream* y *upstream* las cuales viajan por la misma fibra utilizando tecnología WDM (*Wave-Length Division Multiplexing*). El método de encapsulación para el paso de tramas que utiliza GPON es la GEM el cual soporta cualquier tipo de transferencia en un protocolo de trasporte basado en tramas periódicas de 125ms. (Millan, 2008, pág. 3).

1.6 Arquitectura de red GPON

Los elementos de una red GPON son un OLT que es el componente activo situado en la parte central CO, el ONT que es el dispositivo colocado en el hogar u oficina del

abonado en la red FTTH y la fibra óptica que es el método de trasmisión entre los dos componentes. Utiliza una arquitectura punto-multipunto ya que el tráfico generado por el OLT puede distribuir la señal hasta alcanzar el número de abonados requeridos 1xn (donde n = 2, 4, 8, 16, 32 o 64) puede ser definida como una topología en Árbol.

El tráfico de *downstream* se realiza con broadcast óptico, aunque cada ONT procesa su propio tráfico al que tiene acceso por medio del operador gracias al protocolo AES, mientras que el tráfico de *upstream* ONT emplea TDMA ya que es distribuido por una longitud de onda diferente para evitar colisiones en la información. Además, mediante TDMA el cual permite la transmisión de señales digitales y se trasmite la trasmisión cuando es necesario. (Millan, 2008, págs. 2,5).

Arquitectura GPON

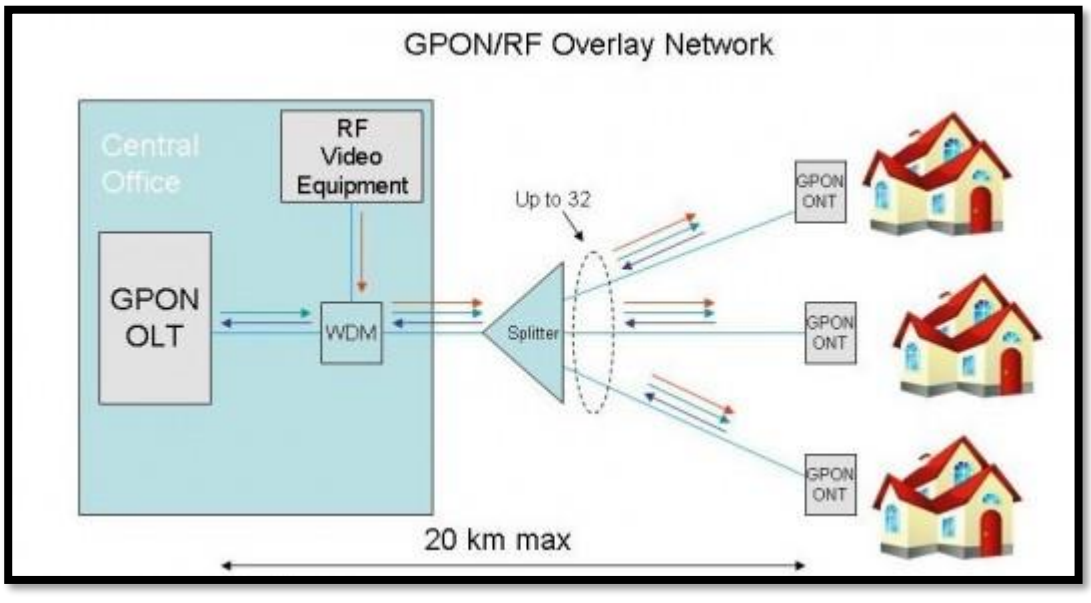


Figura 9: Arquitectura Gpon
Elaborado por o Fuente: (Millan, 2008)

1.7 Estándares de GPON

Fue diseñado el estándar GPON subdividiendo una parte de la trama para que este dedicado al tráfico multicast, para que los usuarios finales tengan accesibilidad y no exista cuellos de botella en la red. De tal manera se logra enviar una sola copia de cada canal independiente de los usuarios finales. La ITU-T defino la serie G984.X para GPON que son los estándares aprobados en el 2004 con diferentes recomendaciones. (Garcia, 2014, págs. 10,11)

A continuación, en la siguiente tabla se especifican recomendaciones de la serie G984.X aprobadas por la ITU-T:

Tabla 2: Especificaciones de serie G984-X (Garcia, 2014)

Recomendaciones	Detalle
G.984.1	Contiene las características generales
G.984.2	Especificaciones de los medios físico
G.984.3	Especificaciones en la transmisión
G.984.4	Provee la gestión de terminales de red óptica e interfaces de control para sistemas de red con GPON.
G.984.5	Banda de Ampliación
G.984.6 y G.984.7	Para redes GPON de largo alcance.

Nota: Especificaciones de los estándares usados en GPON

1.8 Introducción a FTTx (Fiber to the X)

En la actualidad, las redes LAN y WAN se prefiere el uso de fibra óptica monomodo por el ancho de banda ilimitado, reducción de costos de equipos y mantenimiento, mejorar el QoS (Calidad de Servicio), servicios de acceso P2P, etc… Los cables de fibra óptica llegan al abonado desde la oficina central (CO) esto quiere decir que ahora son cables última milla con esto se superan las limitaciones que tienen los cables de cobre. Además, la capacidad de trasmisión de la fibra óptica despliega diferentes tipos de redes ópticas point to point con la implementación de FTTx ya que se conecta a diferentes abonados o puntos finales al mismo tiempo sin disminuir las señales ni la utilización de elementos activos adicionales para regenerar la señal. (EXPO, 2013)

Arquitectura FTTx

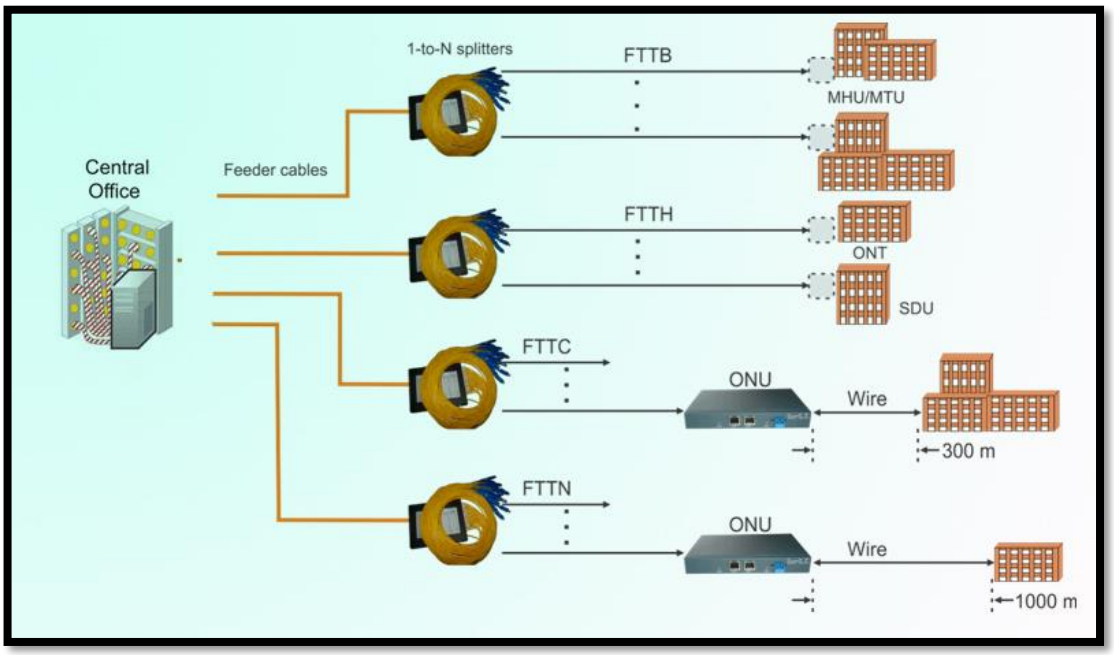


Figura 10: Arquitectura FTTx
Elaborado por o Fuente: (EXPO, 2013)

1.9 Modelos de red FTTX

En las Redes FTTX (*Fiber to the X*), existe distintos tipos de topologías las cuales son totalmente pasivas. La arquitectura de red depende de la distancia desde el proveedor hasta los usuarios finales, de las cuales se pueden considerar las siguientes:

1.9.1 FTTB (Fiber to the Building).

La red de *Downstream* entra al edificio generalmente en el sótano, el acceso a los abonados interno es distribuida a través de una red metálica de cableado estructurado horizontal y vertical que recorre todo el edificio. (Furukawa, 2013)

1.9.2 FTTC (Fiber to the Curb).

La trasmisión de datos es por medio de ethernet gigabit, la red de *Downstream* llega directamente a los gabinetes o armarios de telecomunicaciones ubicados cerca de las residencias de los abonados o a cualquier ambiente de negocio. (Fibre to the Home Council Europe, 2016)

1.9.3 FTTH (Fiber to the Home).

La red de *Downstream* ingresa en la residencia de los usuarios con una fibra óptica exclusivo, utiliza normalmente un bloqueo óptico para realizar la transición de la señal al interior del hogar y uso de divisores Ópticos como los Splitters. (Furukawa, 2013)

1.9.4 FTTN (Fiber to the Node).

La red de *Dowsntream* termina en la CO de telecomunicaciones que distribuye el servicio, a consideración de FTTH y FTTB se encuentra de manera lejana al abonado con una distancia 1,5 a 3 km. (Fibre to the Home Council Europe, 2016)

1.10 Última Milla

La última milla es la conexión entre el usuario final y la estación CO es decir el tramo final de comunicación. La cual puede ser alámbrica o inalámbrica. Existen tres problemas con la Última Milla detallados a continuación:

La infraestructura es demasiado costosa por los elementos de red que utiliza, la instalación y si es por ductoria es muy elevado.

No se comparte eficientemente la milla intermedia porque existen pocos abonados finales.

Los precios a los clientes son muy altos. (Lam, 2007, pág. 247)

1.11 MPLS (Multi Protocol Label Switching)

Surgió para trasportar paquetes IP en redes WAN, es un mecanismo eficiente de encapsulamiento, tecnología creada para el reenvió de paquetes que utilizan las escrituras de la etiqueta para toma decisiones. Con el protocolo MPLS se realiza el análisis de encabezado 3 solo una vez cuando el paquete ingresa al dominio MPLS.

Tiene los siguientes beneficiosos:

Virtual Private Networking (VPN)

Ingeniería de tráfico (TE)

Calidad del servicio (QoS)

Cualquier transporte sobre MPLS (átomo) (Alcivar, 2015, págs. 60,61)

1.12 Funcionamiento de tráfico MPLS.

El trafico MPLS permite manejo a la conveniencia ya que integra tecnología de capa 2 a capa 3, es decir, con esta manera el flujo de paquetes viaja a través de un túnel de datos en el eje troncal creado por RSVP (Protocolo de reserva de recursos), este túnel está definido por los requisitos de recursos del túnel y de la red. Mientras que el IGP (Protocolo de Enrutamiento interno, rutea el tráfico en los túneles. Gracias a esto maximiza la capacidad de la red y minimizan los costos. (Morales, 2012, págs. 24,31)

Se define el funcionamiento de MPLS y los pasos que sigue:

Se debe definir un camino entre los routers que van a trasmitir FEC con LSP (conmutación de etiquetas), el cual sirve como túnel de trasporte a lo largo de la red MPLS, además incluye los parámetros QoS específico del flujo.

Se usando dos protocolos para el intercambio de información entre routers, primero se asigna etiqueta única a los flujos FEC. Para la asignación de nombre y la ruta a seguir se usa el protocolo LDP (Protocolo de distribución de etiquetas).

Después el paquete mediante un LSR frontera entra al dominio MPLS y determina los servicios de red que necesita. al terminar esta asignación el LSR asigna a un LSP particular a cada uno de los FEC.

Cuando ya los paquetes ingresan al MPLS sigue el siguiente proceso: Se deshecha la etiqueta de entrada y se le añade la nueva etiqueta de salida, y se envía el paquete al siguiente LSR dentro del LPS

El LSR abre la etiqueta y lee el encabezado IP para enviarlo al destino final.

A continuación, se muestra un diagrama básico de MPLS:

Arquitectura FTTx

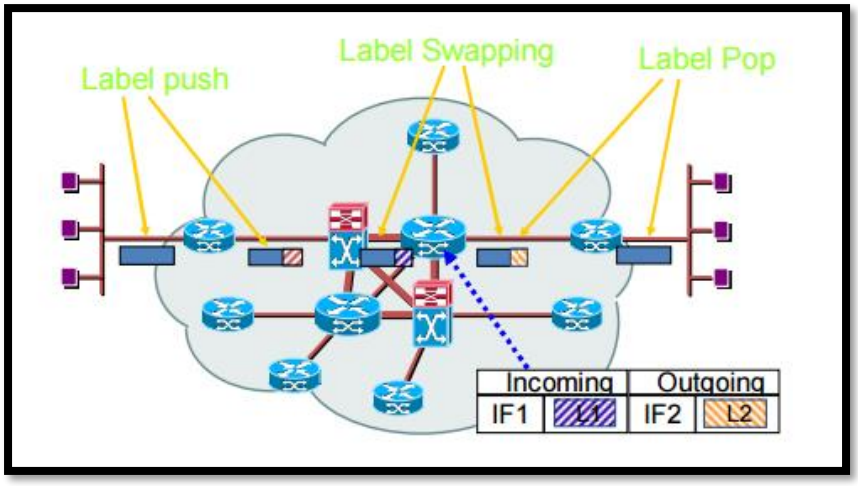


Figura 11: Diagrama básico MPLS
Elaborado por o Fuente: (Introducción a MPLS, 2011)

Marco Conceptual

1.13 Introducción a Fibra Óptica.

El primer sistema de prueba utilizando fibra óptica se realizado en el año 1977 en Inglaterra tras un largo estudio y luego en 1979 se produjo la primera producción de material. (Canello, 2009)

En la actualidad la necesidad de tener más velocidad, QoS y mejor ancho de banda ha impulsado a las entidades a desarrollar nueva tecnología como la fibra óptica convirtiéndose en uno de los medios de trasmisión más utilizado a nivel global por las ventajas que ofrece como la multiplicación de la capacidad de trasmisión entre algunas más definidas en el siguiente punto.

La fibra óptica está compuesta por vidrio flexible, plástico, un haz de luz y otros materiales dieléctrico con la capacidad de guiar, acumular y transmitir el haz de luz con pocas perdidas. También se puede decir que está formando por dos cilindros concéntricos, uno al interior que es el núcleo y el externo el cual cubre al núcleo y cada uno tienen diferente índice de refracción. (UCACUE, 2014, págs. 1,2)

La forma de trasmitir usando luz como portador de información se debe a las ondas electromagnéticas con la misma naturaleza que las ondas de radio solo que con la diferencia que las ondas esta media en micrómetros en lugar que en metros o centímetros. (Canello, 2009)

1.14 Características Fibra Óptica.

Menor ruido e interferencias electromagnéticas

Mejor ancho de banda disponible en frecuencias ópticas

Capacidad para alcanzar altas tasas de transmisión.

No radia la señal que trasmite al exterior como con el cable coaxial.

Tiene mayor flexibilidad, mejor peso y tamaño.

Utiliza un material llamado SIO2 el cual existe de manera abundante

Son resistentes a ambiente extremos sin menos afectadas pro loquitos, gases y variaciones en la temperatura. (UCACUE, 2014, págs. 7,9)

1.15 Tipos de Fibra Óptica

La fibra óptica se clasifica por distintos criterios por lo cual se divide en modo de propagación y por su composición.

1.15.1 Modo de Propagación.

La fibra monomodo es la que brinda una mayor capacidad de trasporte de datos con una banda de paso de 100GHz por kilómetro usada para largas distancias. Este tipo de fibra se trasmite los rayos de luz en una sola trayectoria. El núcleo es de 8 a 10/125 µm teniendo una propagación mayor de datos con atenuación muy baja, ya que el diámetro del núcleo es pequeño utiliza conectores de alta precisión y fuentes laser aumentando así la precisión del equipamiento que es más caro que el equipamiento multimodo, sin embargo, un cable monomodo es más baratos que un multimodo. (UCACUE, 2014, págs. 2,4)

Fibra óptica Monomodo

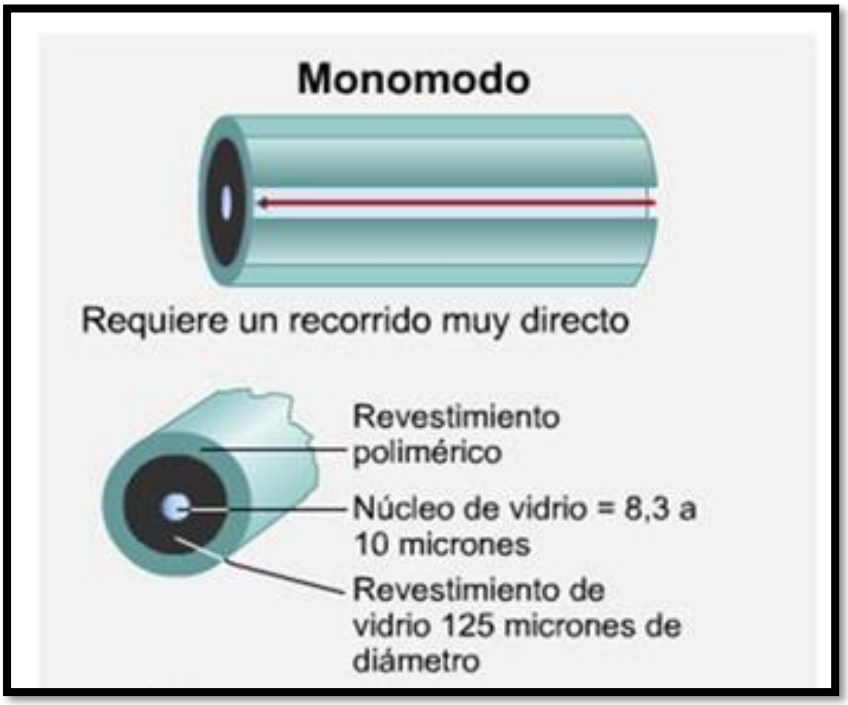


Figura 12: Fibra Óptica Monomodo
Elaborado por o Fuente: (UCACUE, 2014)

La fibra mutimodo propaga varios haces de luz por la misma simultáneamente a comparación de monomodo que trasporta solo un haz, los rayos de luz ingresar al núcleo una vez que los rayos han ingresado al núcleo de la fibra, existen muy pocos recorridos ópticos que sigue un rayo de luz que va a través de la fibra Óptica. El diámetro del núcleo es de 50 µm, 62.5 µm, 85/125 µm y 100/140 µm teniendo así un mayor ancho de banda. (UCACUE, 2014, págs. 2,4)

Fibra óptica Multimodo

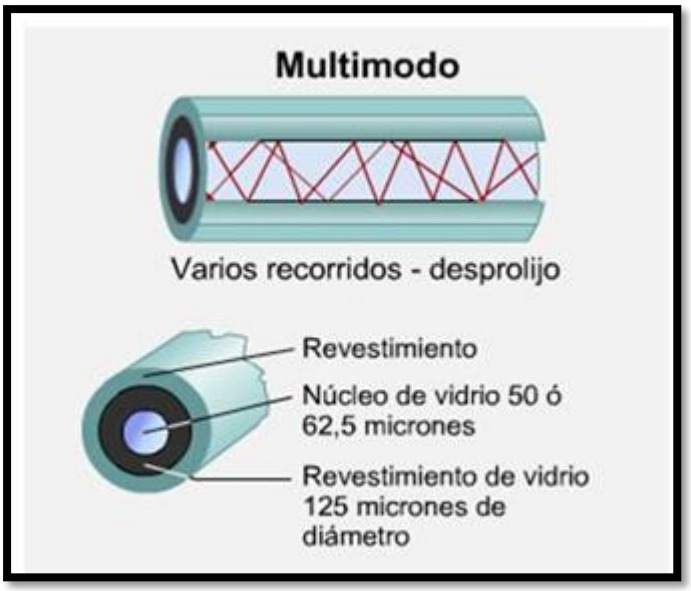


Figura 13: Fibra Óptica Multimodo
Elaborado por o Fuente: (UCACUE, 2014)

Las características de las fibras ópticas según su propagación están definidas en la siguiente tabla:

Tabla 3: Especificaciones Técnicas

No.	Núcleo	Perdidas	Ancho de Banda	Longitud (um)
1	8 a 10	Las más Bajas	El mayor	1.350 o 1.550
2	50	Más bajas	Más grande	850 o 1.310
3	62.5	Bajas	Medio	850 o 1.310
4	85	Altas	Más pequeño	850 o 1.310
5	100	Más altas	El más pequeño	850 o 1.310

Nota: algunas de las especificaciones técnicas que tiene la fibra óptica en los diferentes núcleos existentes.

1.15.2 Modo de Composición.

Se divide en tres tipos de composiciones:

Núcleo de plástico y cobertura plástico

Núcleo de vidrio y cobertura de plástico

Núcleo de vidrio y cobertura de vidrio

Donde la fibra que utiliza plástico es mucho más fuerte y flexible que la fibra con vidrio, resisten mejor la presión, tienen un peso y costo menor. La desventaja es la limitación en distancias relativamente cortas ya que entre más distancias más atenuación y la propagación no es tan eficiente como en vidrio. (UCACUE, 2014, págs. 13,14)

1.16 Parámetros de Fibra

Los parámetros de fibra se dividen en dos en estructurales y trasmisión definidos en la siguiente tabla:

Tabla 4: Parámetros de la fibra Óptica.

Parámetros Estructurales	
PERFIL ÍNDICE DE REFRACCIÓN.	Es la ley de variación que va en sentido radial, y va a la velocidad de la luz en cada punto función del índice, dando velocidad en diferentes puntos.
EL DIÁMETRO DEL NÚCLEO.	El diámetro del núcleo va desde 50 hasta 62.5µm en multimodo y 9 µm en monomodo la fibra normalmente tiene un diámetro de 125µm.
LA APERTURA NUMÉRICA.	Es determinante en la calidad de luz y consistencia que hay en una fibra con la energía que puede trasportar.

LONGITUD DE ONDA.	Es aquella en la cual el flanco del máximo de mayor amplitud desciende por debajo de 0.1 DB en la atenuación. Esto ocurre más en el tipo de fibra Monomodo.
Parámetros de Transmisión	
ATENUACIÓN.	La longitud de onda de haz de luz portadora del cable de fibra, se utiliza una fuente de energía óptica colocada en un extremo del enlace y un medidor de potencia en el otro extremo los cuales realizan una medición de la potencia y la atenuación.
DISPERSIÓN TEMPORAL	Se causa es por la dispersión en la fibra sobre de la señal en el trascurso del tiempo, los impulsos se ensanchan a medias que avanza el recorrido con lo que se produce errores o deformaciones en la señal. Por lo cual se limita la velocidad con la que puede trasportar la fibra.
INMUNIDAD A LAS INTERFERENCIAS	"Es inmune a todo tipo de interferencias electromagnéticas a su alrededor por lo que es un medio de comunicación confiable y seguro." (Fibra Optica , 2016)

Nota: Parámetros de trasmisión y de estructura de la fibra Óptica (UCACUE, 2014)

1.17 Parámetros de Diseño

El diseño de un cable de fibra óptica presenta tres tipos de características fundamentales que deben cumplir los cables.

Sensibilidad a las curvaturas y microcuvaturas.

Resistencia mecánica

Fatiga estática y envejecimiento. (FS Fibber Optic, 2017)

1.18 Beneficios de Fibra Óptica

Las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz sin causar interferencias con otros hilos de fibra.

Soportan altas velocidades de transmisión de datos.

Anti-inflamables tienen protección contra la humedad y contra hongos.

Tienen un reducido ruido y cruce de datos comparados con los cables de cobre convencionales.

Poseen gran flexibilidad, son tamaño pequeño y ligero, fácil forma de instalación.

Resistencia a extremos ambientales. Y son inmunes a transmisiones cruzadas entre cables.

Información proporcionada por: (Fibra Optica , 2016)

1.19 Interferencia Intersimbólica

La interferencia intersimbólica es una señal analógica convertida en digital gracias al proceso de muestreo, codificación y cuantificación. Cuando se trasmite información es primordial que se mantenga integro, pero debido a ciertas limitantes de los sistemas se dan las colisiones en el que la trasmisión sufre distorsión. En la figura No. 14 se observa que los pulsos de salida se solapan en el tiempo, interfiriendo con los pulsos siguientes en su lóbulo principal es lo conocido como interferencia intersimbólica (ISI) los pulsos no se mantendrán en forma siempre que el ancho de banda sea finito en su canal de trasmisión. Esto quiere decir que entre más pequeño es el ancho de banda los pulsos se dispersaran, interfiriendo con el siguiente pulso. (Mezoa, 2011, págs. 1,12)

Interferencia Intersimbólica

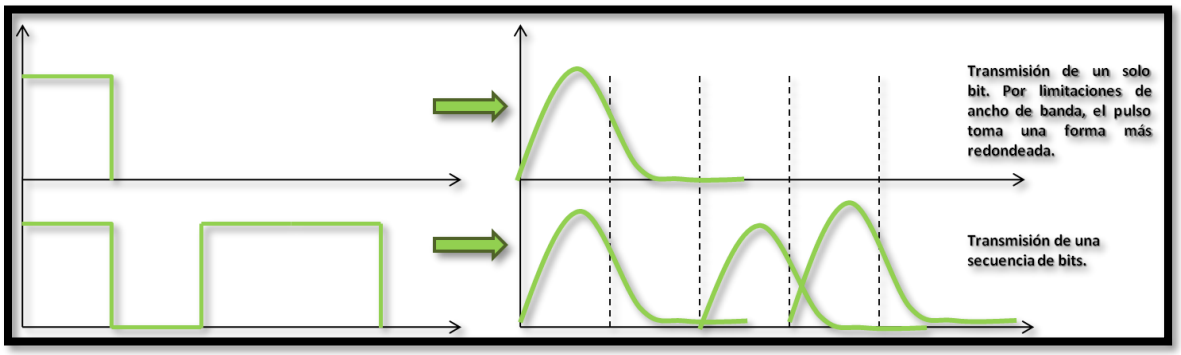


Figura 14: Ejemplo de interferencia intersimbólica
Elaborado por o Fuente: (Mezoa, 2011)

Las causas principales son:

Problema de sincronización

Distorsión de amplitud o fase

Limitación del ancho de banda del canal.

1.20 Introducción de servicios ofertados en redes GPON

Se definirá los diferentes servicios que ofrecen las redes GPON con sus ventajas, como se especifica en los siguientes puntos:

1.20.1 Servicios de Datos.

El servicio de datos sirve para la repartición de los archivos de datos que contienen información que se colocan a disposición de los abonados finales de internet. La

transmisión de datos, como pueden ser: por un servidor, páginas web, HTTP/HTTPS, SNMP, correo electrónico. es un tráfico poco exigente, por lo que el servicio de datos necesita tener la mayor velocidad en la transmisión con poca perdida de los datos. (Simal, 2011)

1.20.2 Servicios de Video.

El tráfico de video es completamente diferente al de datos ya que es más exigente porque el tráfico aumenta componentes extras. “El hecho de que los datos lleguen más despacio, en una página web influye en que tarde menos o más en bajar, pero los fotogramas del video se han de mostrar cuando corresponden, o el video no será visionado de forma correcta, apreciándose artefactos, sonido deficiente, aceleraciones del vídeo, pausas, etc.” (Simal, 2011)

1.20.3 Servicios de Voz.

El tráfico de voz sobre IP es análogo, ya que se basan un servicio que no permite perdida de información y tiene una temporización muy precisa. (Simal, 2011)

1.21 Servicios Triple Play

Fue creado en los años 90 en Estados Unidos de América por la necesidad de mejorar el uso del ancho de banda de las redes HFC. Las redes digitales aprueban el uso más eficaz de las redes con un costo menor y con el impulso de desarrollar nuevos servicios, plataformas y aplicaciones por lo cual se vio la necesidad de que los usuarios puedan realizar diferentes tareas por el mismo servicio de comunicación.

El servicio Triple Play unifica todos los servicios en uno (texto, audio, imágenes, videos, etc.) con mejoras en la calidad y aprovechando los recursos de red para combinarlos inteligentemente. En la siguiente imagen se pude visualizar los servicios

de manera general que tiene Triple Play. (Ministerio de Industrias,Turismo y comercio de Espana, 2012, pág. 58)

Servicios Triple Play

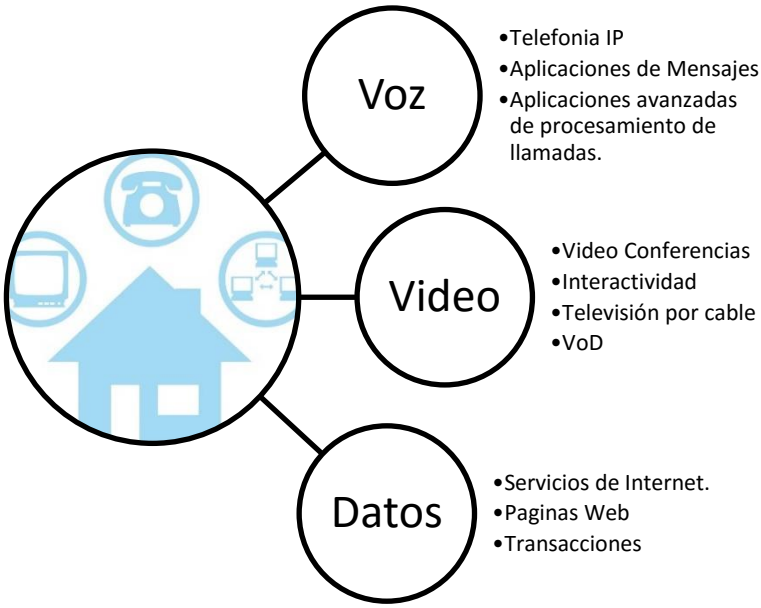


Figura 15: Servicios Triple Play
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Capítulo II

Análisis del sector

2.1 Situación Tecnológica Actual del Sector Centro Histórico de Quito

La parroquia rural del Centro Histórico se encuentra situada en el centro de Quito la capital del Ecuador como se muestra en la figura No. 16 abarcando catorce barrios como se muestra en el Cuadro 1. Según el último censo realizado en 2010 el total de habitantes es de 40.587 con 375,2 hectáreas de terreno total (Censos Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010), el territorio está en a una altura de 3.75 KM del nivel del mar con topografía ondulada, por sus extensas áreas irregulares que la conforman. (Censos Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)

El Centro Histórico es considerado uno de los sitios donde se realiza mucho turismo en el Ecuador desde el punto de vista histórico y cultural por su edificación antigua en plazas, iglesias y calles ya que tiene la magia de trasportar a sus visitantes a épocas pasadas. En Actualidad en el sector el turismo es la mayor fuente de ingresos lo cual influye de manera positiva lo cual ayuda a que se mantenga como patrimonio cultural. (Agencia pública de noticias del Ecuador y Suramérica, 2012)

LISTADO DE LOS BARRIOS EN EL CENTRO HISTORICO

Tabla 5: Barrios del Centro Histórico de Quito

	Barrios
1	Gonzáles Suárez
2	San Roque
3	La Loma
4	La Merced
5	La Recoleta

6	Sena
7	La Victoria
8	La Tola
9	Panecillo
10	San Blas
11	San Diego
12	San Marcos
13	San Sebastian
14	La Alameda

Nota: Barrios principales y secundarios en el sector del Centro Histórico

A continuación, se muestra el mapa geográfico del centro histórico de Quito entregado por la Empresa Eléctrica de Quito el cual, será puesto como anexo ya que es muy grande.

Mapa Geográfico del Centro Histórico de Quito

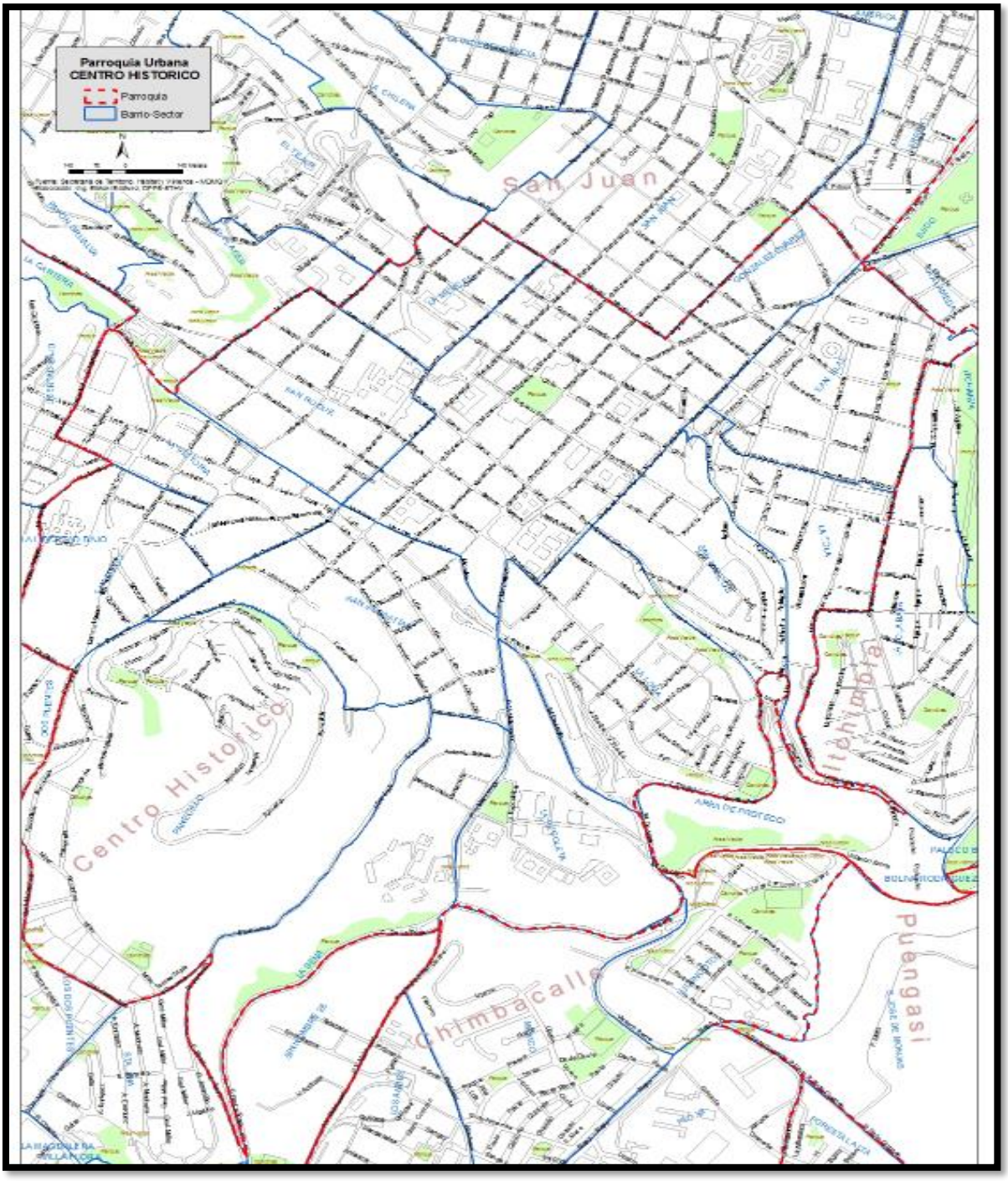


Figura 16: Mapa Geográfico del Centro Histórico de Quito
Elaborado por o Fuente: Empresa Eléctrica Quito

2.2 Tecnología del Sector

Basándonos en la información brindada por la Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones, se obtuvieron los datos en relación a los Proveedores de Servicios de Internet (IPS).

CNT es el IPS con más cobertura en la provincia de Pichincha proporcionando servicios de internet y de telefonía fija, mediante las tecnologías GPON, LTE 4G, móvil HSPA+, MPLS, 3.5G, 2 G y ADSL. Las velocidades entregadas para los abonados son desde 4 Mbps hasta 15 Mbps en donde el costo varía según el plan y la tecnología escogida. Existe cobertura en el Centro Histórico como se muestra en la figura No. 17

Cobertura de CNT

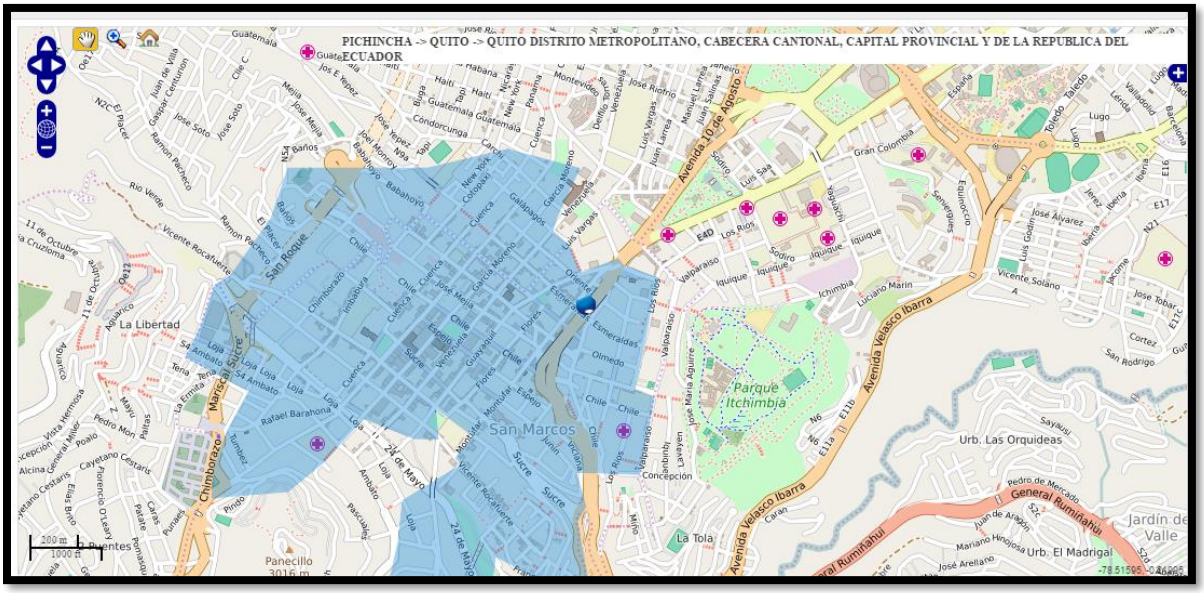


Figura 17: Cobertura de CNT con GPON
Elaborado por o Fuente: (CNT, 2016)

Netlife utiliza fibra óptica en el por anillo de telecomunicaciones existente por lo cual llega a los diferentes abonados por FTTH, pero no cubre todo el territorio del Centro Histórico de Quito sino solo sectores específicos, el ancho de banda entregado va desde 10 Mbps hasta 100 Mbps. En el sector del centro Histórico no existe cobertura como se muestra en la figura No.18.

Cobertura Netlife con Fibra Optica

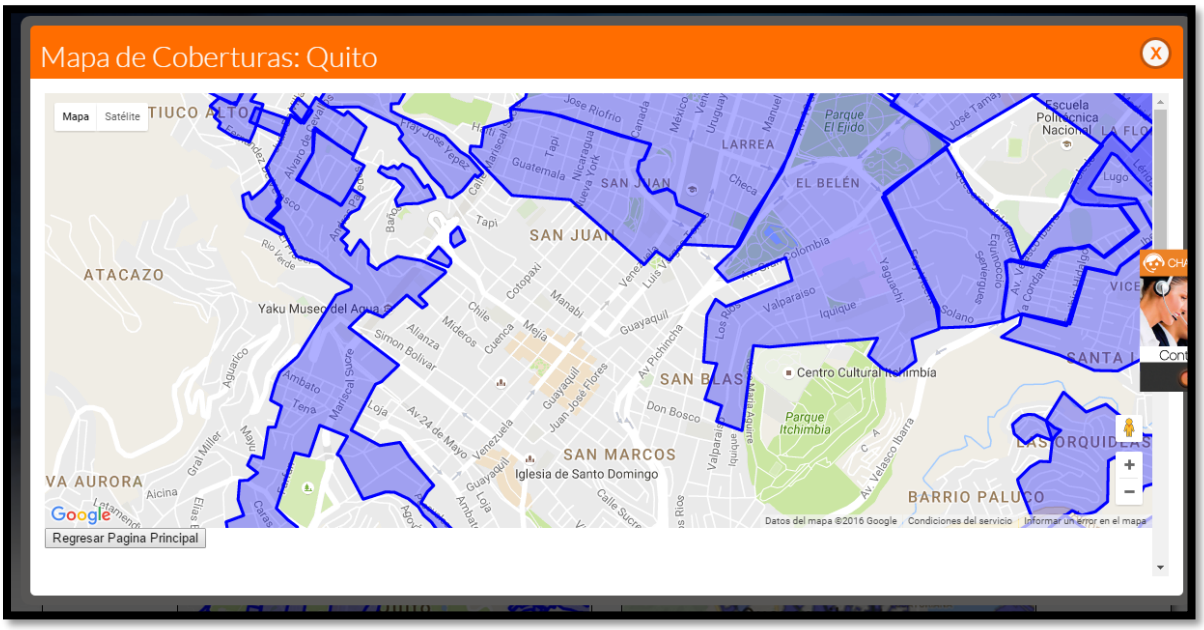


Figura 18: Cobertura Netlife con Fibra Óptica
Elaborado por o Fuente: Pagina Web Netlife

Telconet utiliza fibra óptica, cobre con tecnología PDP, ASON, TDM, SDH, MPLS y NGN contiene cobertura en Quito con fibra óptica sin GPON en el sector del Centro histórico mediante cable UTP. Para los abonados el ancho de banda entregado va desde 1 Mbps hasta 10 Mbps variando el precio según el plan escogido. A continuación, se muestra en la figura No. 19 el recorrido de la fibra por la ciudad.

Cobertura Telconet por Fibra Óptica

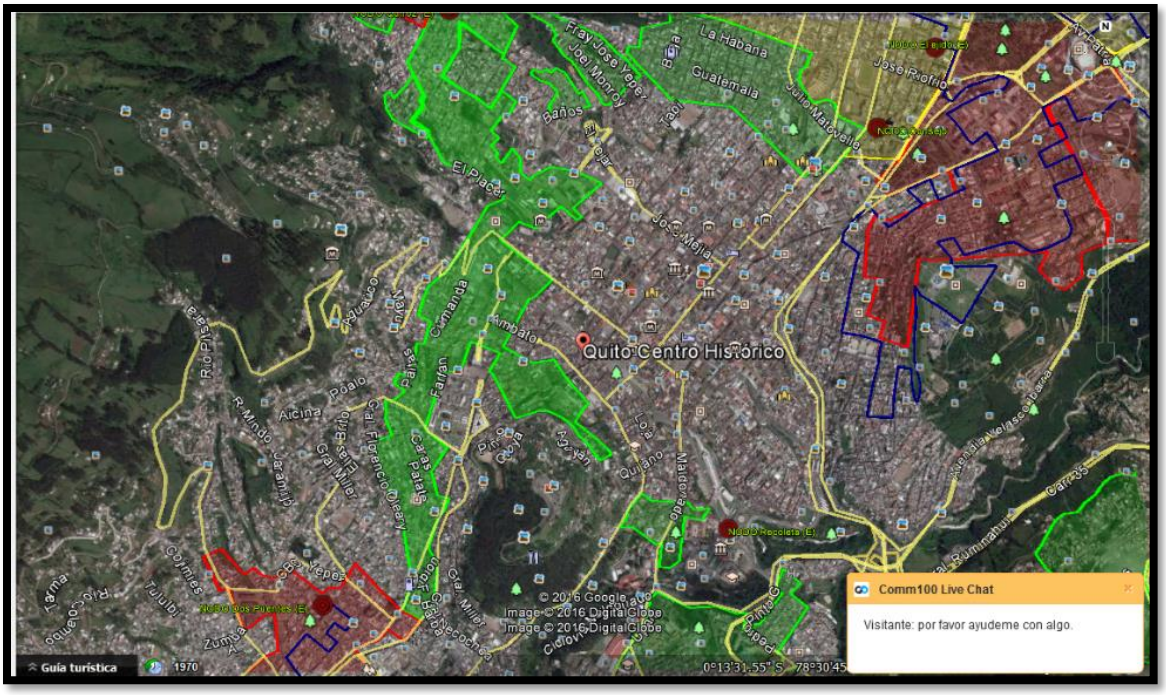


Figura 19: Cobertura Telconet por Fibra Óptica.
Elaborado por o Fuente: Página web Telconet

Puntonet utiliza fibra óptica, radio y satelital en el Sector del centro histórico solo por radio ya que no tuvieron las autorizaciones del Gobierno Municipal de Pichincha según lo informado por un técnico vía telefónica. Para los Abonados ubicados en el sector existen planes con diferentes valores por el ancho de banda de va desde 2.2 Mbps hasta 100 Mbps con el tipo de conexión Fibra Óptica y Banda ancha inalámbrica. En la figura No. 17 se muestra la cobertura que existe en el país por parte de puntonet.

Cobertura de Puntonet con Radio

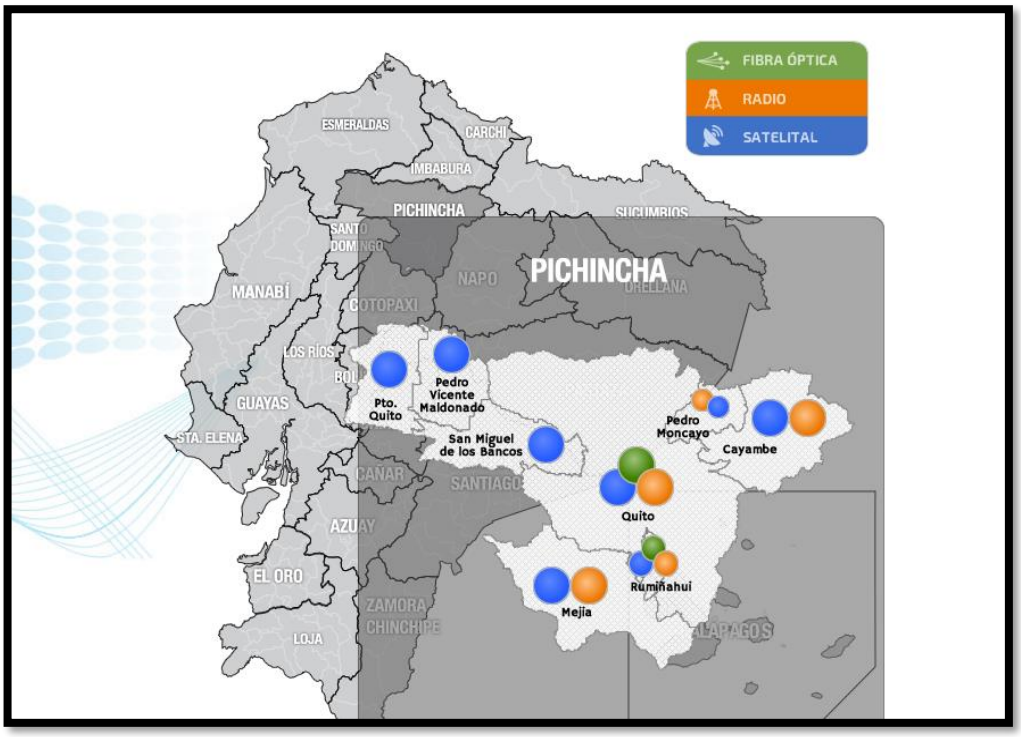


Figura 20: Cobertura de Puntonet con Radio
Elaborado por o Fuente: Página Web Puntonet

Claro entrega servicios Triple Play desde 10 Mbps hasta 20 Mbps en sectores estratégicos de Quito el cual no abarca el sector del Centro histórico con tecnológicas HSPA+, UMTS y GSM. El internet fijo va a los siguientes sectores como se muestra la figura No.21

Sectores Con cobertura Claro

www.claro.com.ec/portal/ec/sc/corporaciones/movil/cobertura/

Pastaza	Pastaza	Puyo
Pichincha	Cayambe	Cayambe
Pichincha	Mejia	Aloag
Pichincha	Mejia	Cutuglahua
Pichincha	Mejia	Machachi
Pichincha	Pedro Moncayo	Tabacundo
Pichincha	Pedro Vicente Maldonado	Pedro Vicente Maldonado
Pichincha	Quito	Amaguana
Pichincha	Quito	Calacali
Pichincha	Quito	Calderon (Carapungo)
Pichincha	Quito	Conocoto
Pichincha	Quito	Cumbaya
Pichincha	Quito	El Quinche
Pichincha	Quito	Guayllabamba
Pichincha	Quito	Llano Chico
Pichincha	Quito	Nayon
Pichincha	Quito	Pifo
Pichincha	Quito	Pomasqui
Pichincha	Quito	Puembo
Pichincha	Quito	Quito
Pichincha	Quito	San Antonio
Pichincha	Quito	Tababela
Pichincha	Quito	Tumbaco
Pichincha	Quito	Yaruqui
Pichincha	Quito	Zambiza
Pichincha	Ruminahui	Sangolqui
Pichincha	San Miguel De Los Bancos	San Miguel De Los Bancos
Santa Elena	La Libertad	La Libertad

Figura 21: Sectores con Cobertura por claro
Elaborado por o Fuente: Página Web Claro

Según la información entregada por la Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones los IPS que tienen mayor participación en Ecuador en el mes de noviembre del 2016 son:

Datos 2016 por la Agencia de Regulación y Control

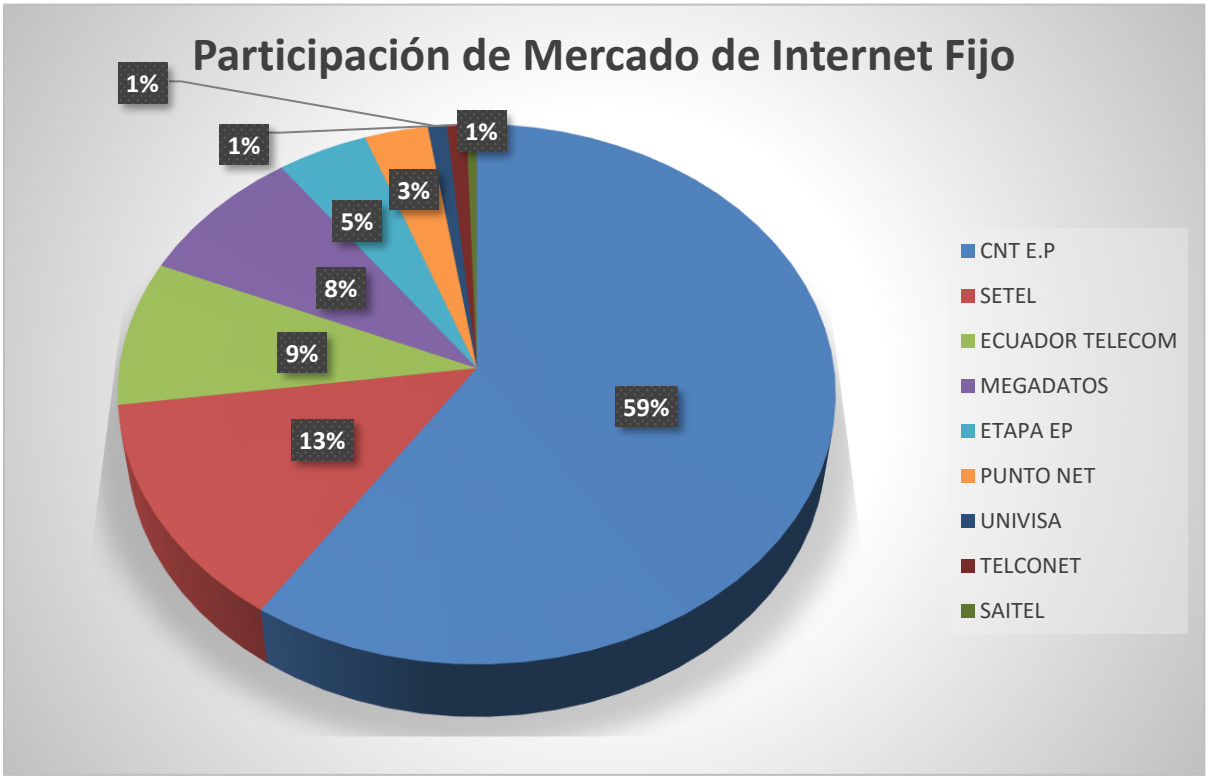


Figura 22: Datos 2016 por la Agencia de regulación y control
Elaborado por o Fuente: Agencia Nacional de Regulación y Control

A continuación, se detalla el número de cuentas totales que existen en Pichincha y el número de usuarios que existen en Quito con servicio de internet

Tabla 6: Número de cuentas y usuarios contratados a ISP

Provincia	Cuentas Totales	Componente Cuentas Totales (%)	Estimado de usuarios totales	Componente Estimado Usuarios totales (%)
Pichincha	506423	32%	4042666	31,94%

Nota: Cuentas y usuarios en el último periodo del año 2016

2.3 Estado de la Red

El crecimiento constante del mercado en las telecomunicaciones y el crecimiento poblacional han requerido que proveedores de internet tengan nuevas ampliaciones de servicios, entregando distintos servicios resumidos en los siguientes:

Servicios de Voz

Servicios de Internet

Servicio de Trasmisión de Datos.

En el sector del Centro Histórico de Quito el principal proveedor es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones entregando GPON al sector teniendo un gran porcentaje participación, pero no con el uso de GPON sino de servicios de internet básicos contratados en paquetes. Por lo tanto, el servicio TRIPLE PLAY es el que debería tener mucha más participación actualmente ya que entrega los tres servicios en uno. En el diseño de la red GPON que se creara nos brindara una visión de la importancia del uso de FTTH como un punto de vista para dar motivación a algún proveedor de internet lo tome en cuenta para un futuro, con la finalidad de ampliar el alcance de la red.

1. Requerimientos de la Arquitectura GPON

El proyecto antes del diseño se debe tener conocimiento de los parámetros que GPON debe cumplir. A continuación, se definirán los parámetros:

2.3.1 Longitud de Onda

La longitud de onda en sentido ascendente debe ser de 1260-1330 nm, mientras que en sentido descendente en el sistema de una sola fibra es de 1480-1550nm y en el sentido de dos fibras es de 1260-1360nm. (Alcivar, 2015, pág. 83)

2.3.2 Intervalo de Atenuación

Los intervalos de atenuación en GPON se definen como Clases como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 7: Intervalo de Atenuación GPON

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 (2003)
GPON Clase C+	17-32 dB	G.984.2 (2003)

Nota: Tipos de clases en Gpon con sus respectivas características (Alcivar, 2015, pág. 83)

2.3.3 Sensibilidad Mínima

La medición de potencia se lo conoce como el valor mínimo aceptable de la potencia media recibida en los equipos de medición para obtener una BER de 10-10. (Alcivar, 2015, pág. 84)

2.3.4 Sobrecarga Máxima

En la sobrecarga máxima el valor tolerable para la potencia media recibida para una BER de 10^{10}. “El receptor debe tener una cierta robustez contra el aumento del nivel de potencia óptica debido al arranque o a posibles colisiones durante la determinación de distancia, fase en la que no puede garantizarse una BER de 10^{10}.” (López, 2008, pág. 234)

2.3.5 Máximo Alcance Lógico

El alcance máximo es el alcance que tiene el sistema de transmisión, el cual esta medido en KM y se limita por capa TC y el modo de implementación, exististe el máximo alcance lógico diferencial el cual se mide entre todas las ONU. (Alcivar, 2015, pág. 85)

2.3.6 Pérdida de Trayectoria

Se mide tomando en cuenta la trayectoria óptica entre los ODN, entre la perdida más alta y la más baja, la cual debe ser 15 dB que es la máxima perdida de trayectoria óptica diferencial. (Alcivar, 2015, pág. 85)

Capítulo III

Diseño de la Red GPON

3.1 Diseño

Después del estudio realizado en el capítulo anterior en donde se realizó el análisis del sector del centro histórico, y de los diferentes proveedores con sus diferentes rangos de cobertura se pudo llegar a definir dos tipos de diseños.

3.2 Diseño lógico

Como se pudo observar en el punto 2 del capítulo anterior que hablaba sobre la tecnología que existe en el sector se pudo analizar que existen enlaces de datos e internet por fibra óptica, cable UTP y radio, entonces, para el diseño de la red GPON con FTTH se consideró el uso de una red pasiva en la cual se toma en cuenta solo equipos activos que estarán ubicados en los distintos extremos de la red diseñada de manera soterrada ya que en el lugar no existe ya mucho cableado vía aérea.

Red lógica con GPON

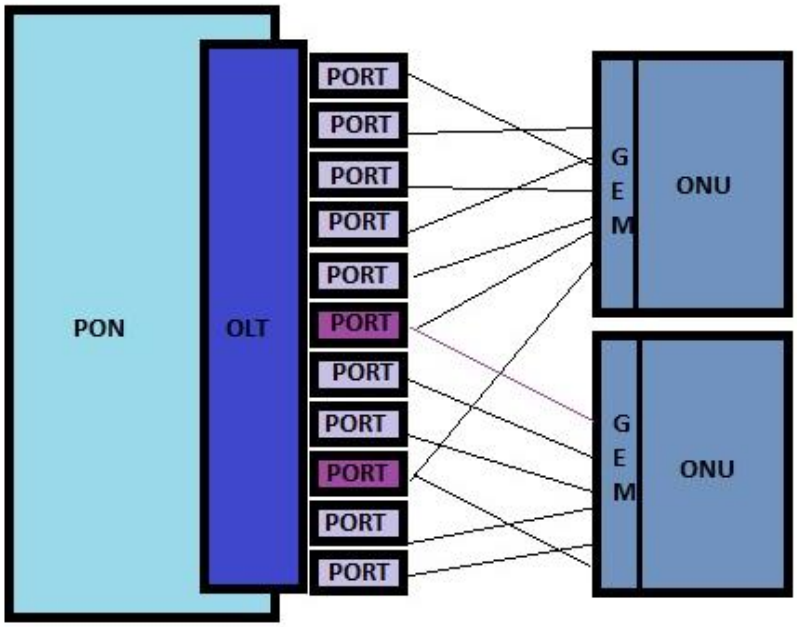


Figura 23: Red Lógica con GPON
Elaborado por o Fuente: Autor de la tesis

3.3 Diseño Físico

En el diseño físico se describirá los parámetros para que la red con FTTH funcione de la mejor forma definiendo el sector del centro histórico escogido, la ubicación de los elementos activos, tipo de fibra a utilizarse, ubicación de splitters y los diferentes cálculos para el diseño de la red GPON. (Tinoco, 2011, pág. 37)

3.3.1 Sector Escogido

Se escogió el sector mostrado en la figura No. 22, ya que en este sector se carece de red GPON según el análisis realizado con los diferentes ISP en Quito para el diseño de la red de acceso FTTH, además en la zona seleccionada existe bastantes zonas residenciales, comerciales y lugares turísticos que serán el punto clave para el diseño.

Sector escogido para el Análisis

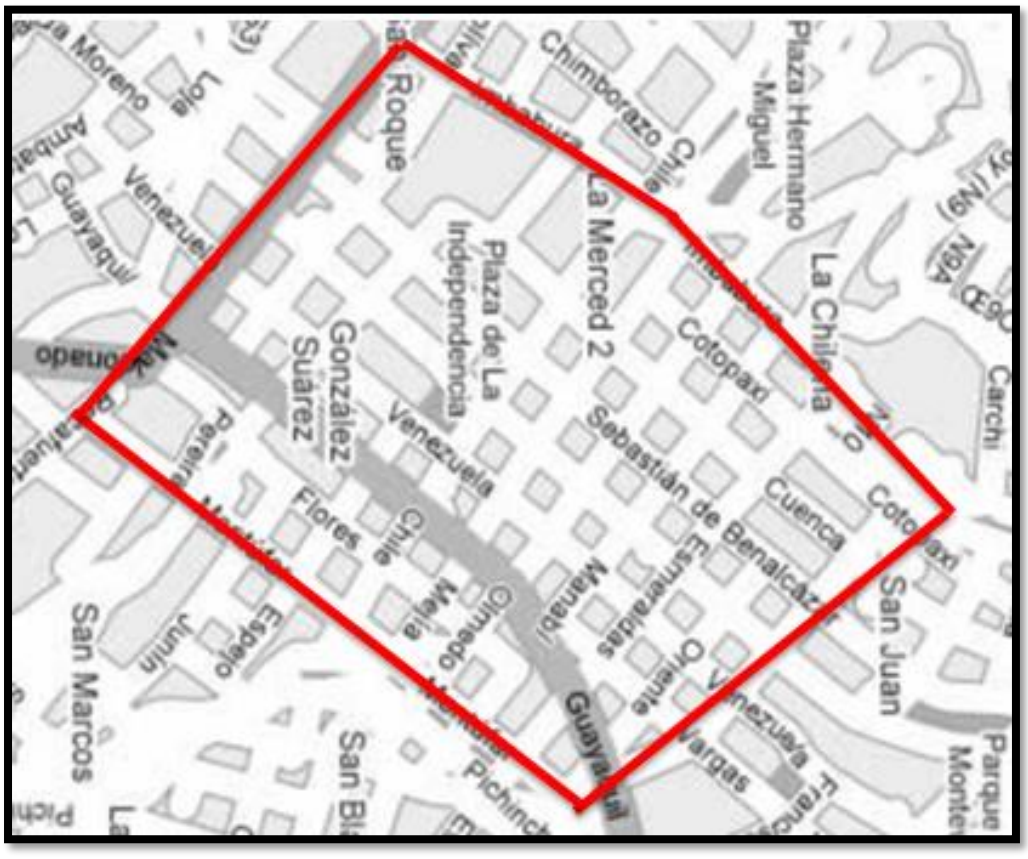


Figura 24: Sector para realizar el análisis en el Centro Histórico de Quito
Elaborado por o Fuente: Página web de Turismo Centro Histórico

3.3.2 Ubicación de elementos activos

El OLT se encontrará ubicado en el sector donde existe un Nodo de internet, en este caso el que esté más cerca para que se facilite la instalación y no haya mucho gasto en la instalación, mantenimiento y reparación o en un caso muy extremo el cambio de ubicación geográfica. Como se realizó un estudio con diferentes proveedores se tomó la decisión de escoger a Netlife para que se ubique cerca del nodo que alimenta al ISP seleccionado, por el uso de fibra óptica en toda su arquitectura, el enlace de datos contratado tiene un valor de $59,99 (Netlife, 2016). El nodo más cercano se encuentra ubicado en la Av. Mariscal Sucre y Loja, según lo enseñado por el técnico de la empresa Cristian Yánez en la figura No. 25.

Nodo Cercano al Centro

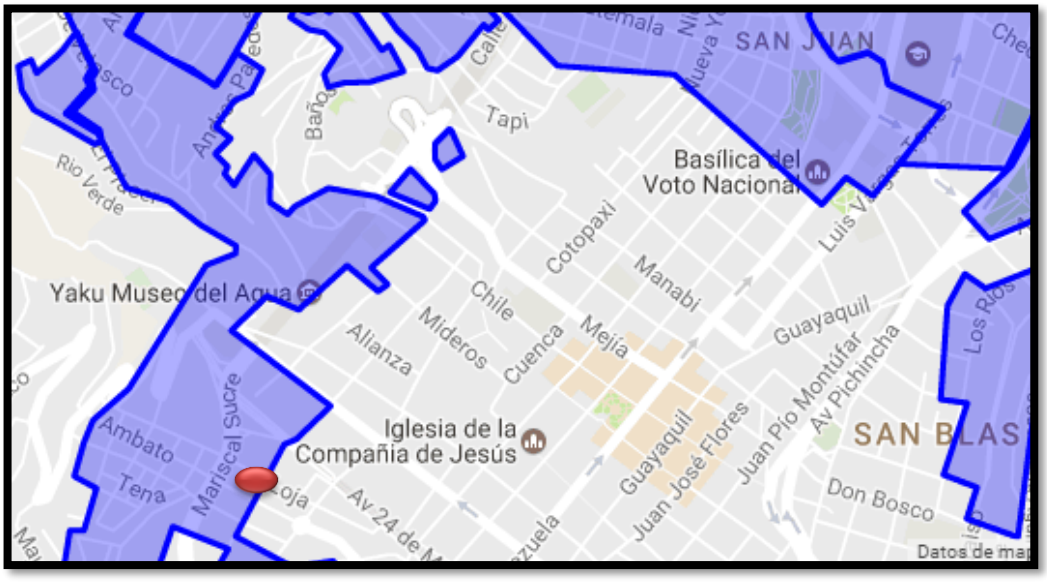


Figura 25: Nodo Cercano al sector
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Las siguientes características se tomarán en cuenta en el diseño de la red GPON:

Se necesitará un puerto en el equipo con Gigabit Ethernet.

Contará con una tarjeta para la administración para realizar la configuración y encaminar al abonado.

Longitud de onda de 1550 nm de bajada en el OLT y para los ONU 1330 nm de subida para el uso de paquetes triple play.

Cada uno de los OLT contaran con tarjetas de 8 GPON que soporten hasta 64 ONU´s. Si existe crecimiento se consideraron 8 tarjetas GPON por si existe crecimiento en el sector. (Gaona, 2013, págs. 54,62)

3.3.3 Tipo de Fibra Óptica

Se utilizará para el diseño de la red GPON el cable de fibra óptica monomodo ya que tiene la capacidad de llevar la información en largas distancias, tiene un material fuerte el cual no se dañará si se encuentra en la intemperie y si va por vías soterradas en el sector, esto es muy importante ya que en el sector escogido no se permite realizar el cableado por ductos, entonces la resistencia que tiene el cable permite tenderlo en postes a lo largo del recorrido del sector.

Existen varios tipos de fibra monomodo de acuerdo por la norma G.652 definido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) los cuales se detallan a continuación:

G652.A: Soporta sistemas STM-16 de 10 Gigabit Ethernet y STM-256.

G652.B: Soporta aplicaciones de mayor velocidad hasta de STM-64 y de 256.

G652.C: Son similares al G652.A pero maneja trasmisiones de 1360nm a 1530nm en longitud de onda ampliada.

G652.D: Son similares al G652.B pero maneja trasmisiones de 1360nm a 1530nm en longitud de onda ampliada. (Gaona, 2013, pág. 57)

a) Ubicación de splitters

Para el modelamiento de la red se usarán los divisores ópticos 1X8 ya que se los consideraron por su tamaño, alta densidad de canales y las prestaciones ópticas. Serán ubicados en cabinas externas y en castada porque de esta manera se pueden usar los puertos eficientemente y menores costos para el abonado que contrate el servicio.

Se usará el nivel de división de 1:4 principal y 1:8 secundario de esta forma se logrará cubrir toda el área y a más usuarios ubicados en distancias mayores así cumplir con la característica de los OLT que soportan hasta 64 ONU´s. Esto quiere decir que el splitter principal de 1:4 se subdividirá en 8 sectores estratégicos que están en el área de cobertura. De los 8 accesos que conforman los sectores finales se usarán solo 6 de los cuales tres estarán conectados a la ONU con capacidad de 64 abonados y los tres serán ofrecidos para locales comerciales, empresas o museos que existen en el sector. (Gaona, 2013, pág. 58)

b) Calculo para la red de acceso

En el todo el sector del centro histórico existen alrededor de 40,587 habitantes y Para el sector donde se va a realizar el diseño que se considera como estimado a 650 Usuarios de los cuales 325 son residenciales para la red propuesta según el último registro del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos realizado en el 2014 (Censos Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010). A cada uno de los se les entregara un mínimo de 10 MBPS de ancho de banda para el servicio triple play, ya que según la investigación realizada con los diferentes ISP de Quito que tienen servicio triple play el paquete mínimo que entregan es de 10 MBPS.

La capacidad de canal es la cantidad de información que puede ser relativamente transmitida sobre canales de comunicación con el número de usuarios que existirán basadas en los teoremas Shannon Hartley y de Nyquist.

A continuación, se muestra el cálculo para la capacidad que necesita la red, para el cálculo se asumirá del 100% de usuarios se conectan a internet simultáneamente el 70% dándonos los siguientes resultados:

$$\text{Capacidad} = \frac{(\text{Numero de usuarios}) * (\text{Ancho de banda})}{2}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{325\ \text{USERS} * 10\ \text{MBPS}}{2}$$

Capacidad = 1625 MBPS//

Capacidad Total = Capacidad * % usuarios conectados + Estabilidad

Capacidad Total= (1625 MBPS * 70%) +30%

Capacidad Total = 1137.50 MBPS + 30%

Capacidad = 1167.50 MBPS//

Según los cálculos realizados se necesita como capacidad total para cubrir con la cantidad de usuarios 1168 MPBS por lo que se realizaría el contrato de 2000 MBPS con el proveedor escogido en el análisis del sitio Netlife, el cual se conectara directamente al OLT.

3.4 Análisis de rutas de cableado del Sector

Para el análisis de las rutas por donde pasa el cableado eléctrico, de telefonía y de red; se realizó una llamada al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito en donde se recomendó hablar con la Empresa Eléctrica de Quito. Entonces, se realizó una visita a las instalaciones en donde se formalizo una reunión con un Ingeniero Eléctrico José Luis Peña, el cual fue proporcionó vía correo electrónico (Anexo) la información solicitada sobre el soterramiento existente en el sector de Centro Historio con las ubicaciones exactas de la red eléctrica, telefónica y de red que lo conforma.

Se proporcionó un mapa geográfico del mapa del Centro Histórico con los ductos que por donde pasan los cables, como se muestra en la figura No. 26. De igual manera como se hace referencia a un sector específico en la figura No. 27 se muestra las rutas por donde pasará el diseño de la red GPON con FTTH, El área de cobertura en el cual se realizará la investigación va desde la calle Vicente Rocafuerte hasta la calle Carchi de sur a norte; y desde la calle Imbabura hasta la calle Montufar.

Mapa Geográfico de Empresa Eléctrica Quito que representa por donde existe soterramiento en el sector.

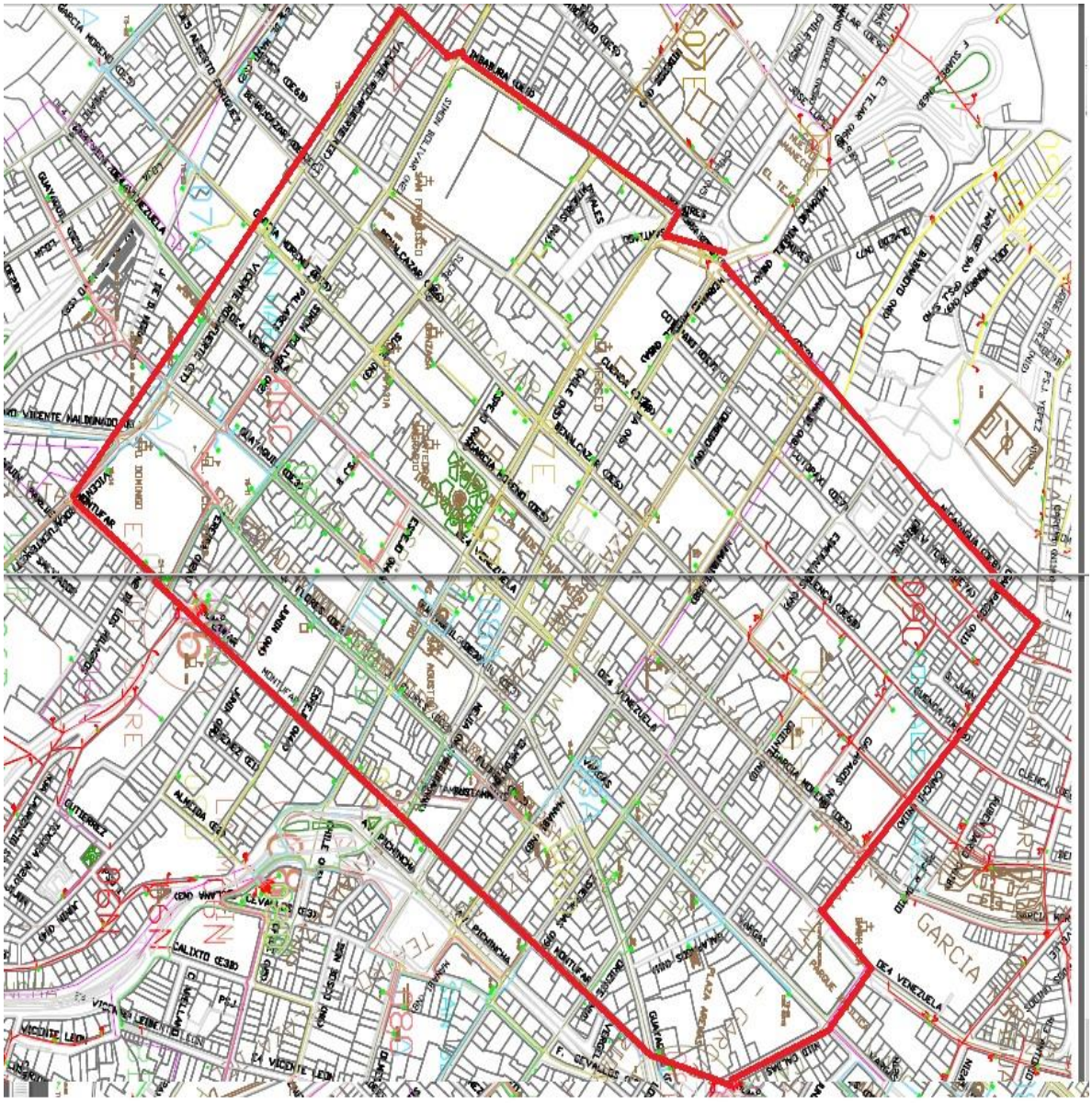


Figura 26: Mapa Geográfico de Empresa Eléctrica Quito
Elaborado por o Fuente: Proporcionado por Ing. José Luis Peña.

A continuación, la ruta del cableado específica del cableado en el sector seleccionado. Las líneas de color amarillo son los ductos por donde pasan los cables esta información fue proporcionada por el Ing. José Luis Peña el día de la reunión. Como se puede observar en la figura No. 27 por la calle Imbabura y Vicente Rocafuerte existe un área

soterrada que el lugar por donde ingresara los cables en nuestro diseño de red. El cuadrado rojo en la figura señala el lugar de referencia.

Sector por donde ingresara la fibra Óptica

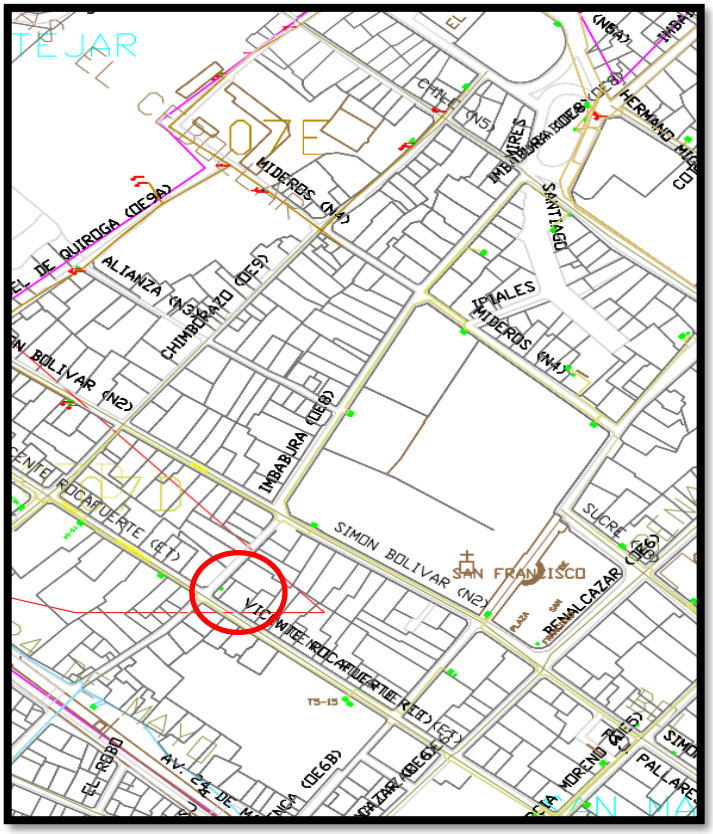


Figura 27: Sector de ingreso de la red escogido.
Elaborado por o Fuente: Proporcionado por Ing. José Luis Peña.

Se llamó a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones a Rolando Ortiz el cual tiene el cargo de Ejecutivo de ventas corporativas proyectos y a Carlos Chiriboga Analista Corporativo para solicitar información referente al soterramiento, pero ya que es información privada por la CNT no se obtuvo ningún dato.

3.5 Características del Equipamiento

Los equipos que se utilizarán en la red GPON con FTTH en base a la investigación realizada en el capítulo 1 y 2. Se muestran en el siguiente esquema el cual se podrá llegar al diseño deseado con los servicios necesarios

Esquema de Red GPON con FTTH

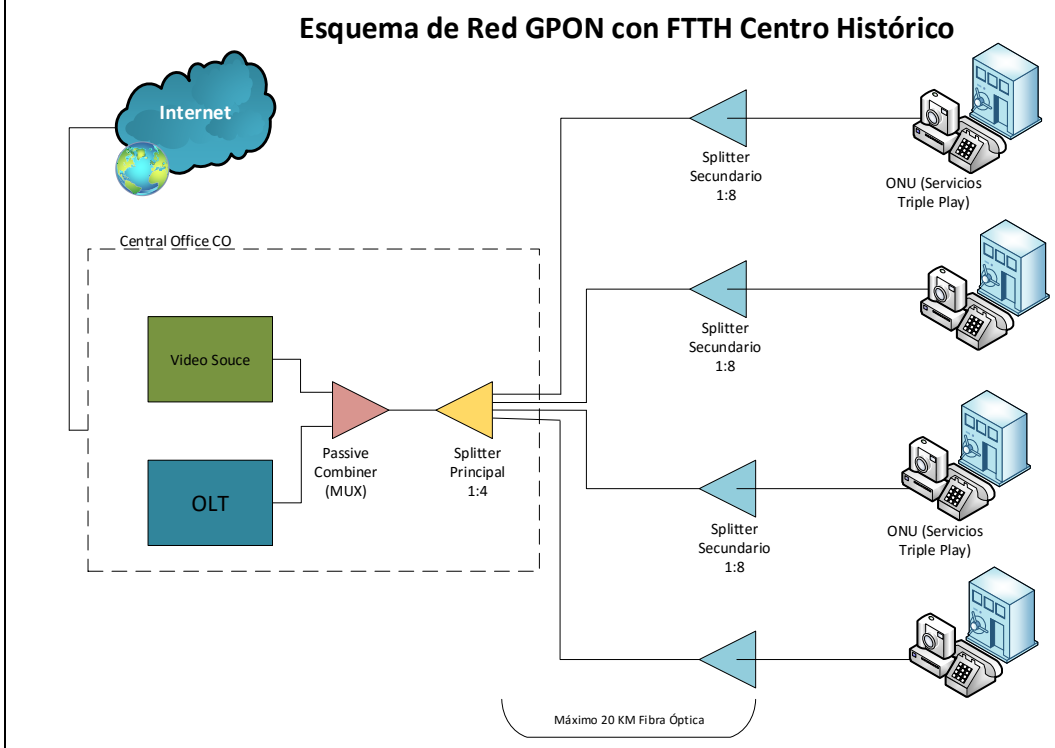


Figura 28: Esquema de Red GPON con FTTH
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Tabla 8: Características de los equipos OLT elaborado por el Autor

Requerimientos de equipos olt	
ESTÁNDAR	ITU-T G.984
NO. DE PUERTOS	8 Puertos GPON
CAPACIDAD	Gigabit Ethernet
CALIDAD	QoS
VELOCIDAD	UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps.
BANDA	Servicios de Video 1550nm.
	Servicios de datos y voz 1330nm /1490 nm

DISTANCIA	20 KM
SERVICIO	ADSL
	VDSL
	GPON

Nota: Requerimientos de Equipos OLT

Tabla 9: Características de los equipos ONU elaborado por el autor.

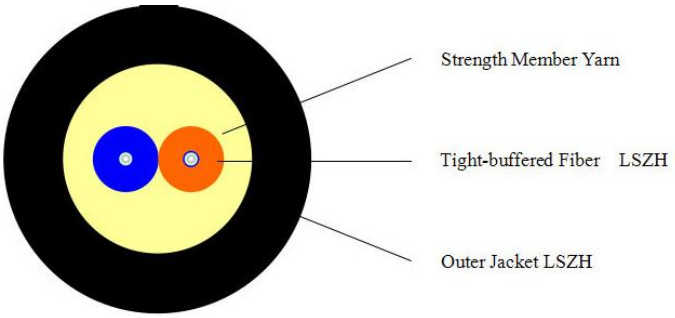
Requerimientos de Equipo ONU	
ESTÁNDAR	ITU-T G.984
NO. DE PUERTOS	1 puertos GPON
	1 puerto 10/100 Base T RJ-45
	1 puerto RJ-11
CAPACIDAD	VoIP, Internet y servicios de video HD
BANDAS	1330, 1490 y 1550 nm.
VELOCIDAD	UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps.

Nota: Requerimientos de Equipos ONU

A continuación, en la siguiente tabla se mostrarán los equipos que se utilizarán:

Tabla 10: Características del equipamiento que se necesita.

EQUIPO	**ILUSTRACIÓN**
SPLITTERS	
Son dispositivos pasivos dependientes de la fibra óptica t de haz de luz a donde este direccionado. Está conformado por un haz de luz entrante que se divide en múltiples fibras o realiza el proceso inverso en a la dirección del haz de luz en la misma fibra. Es de fácil	Figura 29: Splitters 1x8 (FS Fibber Optic, 2017)

instalación por lo que el costo no es muy elevado.	
FIBRA OPTICA La fibra seleccionada para el diseño es monomodo. La cobertura del cable debe ser grueso para resistir por lo que se necesita cable con estructura FIG 8 ftth drop cable.	 Figura 30: Cable Fibra Óptica Monomodo FIG 8 (FS Fibber Optic, 2017)
ACCESS POINT (CLIENTE) Son equipos que con puertos Ethernet con la capacidad de brindar alta velocidad inalámbrica 802.11n. este equipo estará ubicado en el domicilio del abonado**.**	 Figura 31: Access Point TP-LINK

Nota: Requisitos y equipos para la red GPON con FTTH

3.6 Colocación de equipos Pasivos

En el diseño se usará nodos que se los definen como los espacios físicos en donde se alojarán los distintos equipos que confirma una red GPON como los terminales OLT, fuentes de alimentación, tarjetas de enlace backbone de fibra, ODF que sirve para subdividir la señal en los OLT que se conecta hacia cada uno de los cables de fibra

óptica. Los terminales OLT se conectan a distintos ONU para trasmitir los paquetes Ethernet en modo broadcast desde el OLT hacia los ONUs, esto sucede a través de una red de distribución óptica y los splitters que se encuentran en cascada.

Para el diseño existen distintos puntos para calcular cómo será la distribución de los equipos detallados a continuación como parte del análisis realizado:

3.6.1 Distribución de Red para usuarios finales.

Ya que en las redes LAN se utiliza como un medio UTP, entonces se manejará desde la ONU hasta el cliente. La distancia pertinente para llegar al usuario final es de 300m en base a las normas ANSI/TIA/EIA-568-B / ANSI/TIA/EIA-570-A (Alvicar, 2015), utilizando un Modem compatible y que cuente con puertos RJ-45, RJ-11 y conector Tipo F para la distribución de los diferentes servicios que ofrece Tripleplay.

3.6.2 Redundancia

El concepto de redundancia se implementa con la finalidad de brindar servicios disponibles, es decir si, si la parte principal de la red falla la secundaria entra a tomar su lugar sin tener interrupciones como se muestra en la figura No. 34

Redundancia en una Red Normal

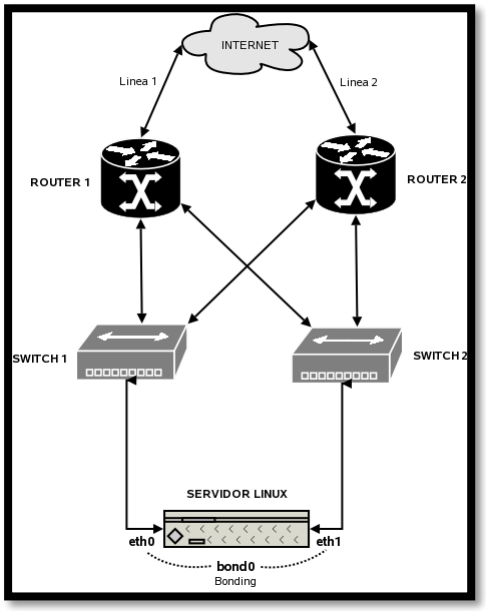


Figura 32: Redundancia en una Red.
Elaborado por o Fuente: (Martinez, 1998)

Para el caso de la red GPON plantea la solución de redundancia entre el Nodo principal y el primer nivel de splitters, es decir, es necesario adquirir el doble de equipos por si existen fallos en los equipos principales. Para la ONU's no se va a proponer redundancia ya que los equipos que se adquieren tendrán la solución de escalabilidad, así si algún puerto falla entrarán en funcionamiento los demás puertos disponibles.

3.6.3 Perdidas

Existen diferentes tipos de parámetros relacionados con las pérdidas que se detallarán a continuación:

a) Atenuación en la Fibra

En la norma G.652D se presentan los siguientes valores de atenuación:

Tabla 11: Atenuación en la fibra Óptica (Pabon, 2009)

G.652D, 1330nm: 0.37 dB/Km **G.652D, 1550nm: 0,24 dB/Km.**

Para el cálculo de la atenuación del usuario más lejano y más cercano del OLT se tomó como referencia la distancia de 2.5 Km el más lejano y 0.050 Km. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12: Cálculos de Atenuación del abonado lejano y cercano

Abonado lejano	*Abonado Cercano*
Para 1330 nm = 2.5 KM * 0.37 dB/KM = 0.925 dB Para 1550 nm = 2.5 KM * 0.24 dB/KM = 0.600 dB	Para 1330 nm = 0.050 KM * 0.37 dB/KM = 0.0185 dB Para 1550 nm = 0.050 KM * 0.24 dB/KM = 0.012 dB

Nota: Calculo de Atenuación para la red GPON

b) Atenuación de Conectores

La atenuación máxima en los conectores es de 0.3 dB en base a las normas TIA 568 B y 568 B.3 por lo tanto, en nuestro diseño se utilizará 6 conectores que da un total de 1.8 dB (The Fiber Optic Association - Tech Topics, 2004)

c) Perdida en los Splitters

La pérdida en los splitters depende de los niveles de división que existen, los que se muestran en la siguiente tabla con los parámetros de desempeño de los diferentes Splitters que existen actualmente en el mercado.

Tabla 13: Desempeño de los diferentes niveles de Splitter

ESPECIFICACION	**MODELO**				
	1x2	**1x4**	**1x8**	**1x16**	**1x32**
Bando Óptica Pasante	1260 - 1360 nm e 1480 - 1580 nm				
Pérdida De Inserción Máxima	3,7 dB	7,1 dB	10,5 dB	13,7 dB	17,1 dB
Uniformidad	0,5 dB	0,6 dB	1,0 dB	1,3 dB	1,5 dB
Sensibilidad A La Polarización Máxima	0,2 dB	0,2 dB	0,25 dB	0,3 dB	0,4 dB
Directividad	55dB				
Pérdida De Retorno	55 dB				

Nota: Splitters con sus diferentes especificaciones técnicas s (Furukawa Industrial S.A, 2016, pág. 11)

La atenuación de los Splitters para el diseño es:

- Splitters Primario 1X4 es 7.1 dB
- Splitters Secundario 1x8 es de 10.5 dB

Dando un total de 17.6 dB de atenuación en los Splitters

d) Atenuación en el cable

No existe atenuación en distancias de 300m existe en distancias mayores, por lo cual se considera en margen de seguridad de 3 dB ante posibles fallas en la red.

Para el cálculo de pérdida total se utilizará la fórmula:

Tabla 14: Formula de pérdida total

PT = Atenuación de Fibra + Atenuación de Conectores + Atenuación de Splitters + Margen de seguridad.

Nota: Calculo de Perdida Total (Pabon, 2009, págs. 150,155)

El resultado se muestra en la siguiente tabla

Tabla 15: Calculo de pérdida total

Abonado lejano	*Abonado Cercano*
Para 1330 nm la pérdida total es PT = 0.925dB+1.8dB+17.6dB+3dB PT = 23.325 dB	Para 1330 nm la pérdida total es PT = 0.0185dB+1.8dB+17.6dB+3dB PT = 22.418 dB
Para 1550 nm la pérdida total es PT = 0.600dB+1.8dB+17.6dB+3dB PT = 23.000 dB	Para 1550 nm la pérdida total es PT = 0.012dB+1.8dB+17.6dB+3dB PT = 22.412 dB

Nota: Cálculos realizados para la red GPON.

El láser que utilizan los OLT y los ONU son del tipo *Distributed feedback laser* (DFB2) que son tipo de diodo laser, maneja potencia de 28 dBm y utilizados en la fibra óptica donde la región activa del dispositivo se estructura periódicamente como una rejilla de difracción la cual proporciona realimentación óptica para el láser. (Especificaciones laser DFB2, 2017)

El valor de potencia se manejará para el cálculo de nivel de señal que trasmitirá la ONU y para ver si trabaja en los márgenes establecidos. Los rangos de 1550 nm que

es de -1 a 6 dBm y 1330nm de -8 a 9 dBm, dando como resultado los datos de la siguiente tabla:

Tabla 16: Análisis de Potencia con el margen establecido

Abonado lejano	*Abonado Cercano*
Rango 1330 nm 28dBm -23.325 dB 4.675 dBm	Para 1330 nm 28dBm -22.418 dB 5.582 dBm
Rango 1550 nm 28dBm -23.000 dB 5 dBm	Para 1550 nm 28dBm -22.412 dB 5.588 dBm

Dando como resultado que se garantiza el correcto funcionamiento con los valores obtenidos.

3.7 Simulación de la Red GPON

3.7.1 Introducción

Para la simulación se utilizó la herramienta Optisystem versión 7 el cual sirve para el diseño de software integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de un diseño de fibras ópticas modernas que te admite perpetrar pruebas en tiempo real. El sistema consta de tres partes importantes como se muestra en la siguiente Figura No. 38.

OLT: el que consta de dos TX uno de datos/voz y el otro de video. Estos están dentro de un subsistema en el sistema general.

Además del MUX de para el empaquetado de datos a la red.

OLD: esquema de distribución en el que están la fibra óptica y los splitters necesarios para la distribución.

ONU: el abonado final, cada uno de las ONU, tiene la capacidad de separar los datos/voz del video. Por ello se muestran al final dos receptores de BER.

Red Simulada en Optisystem

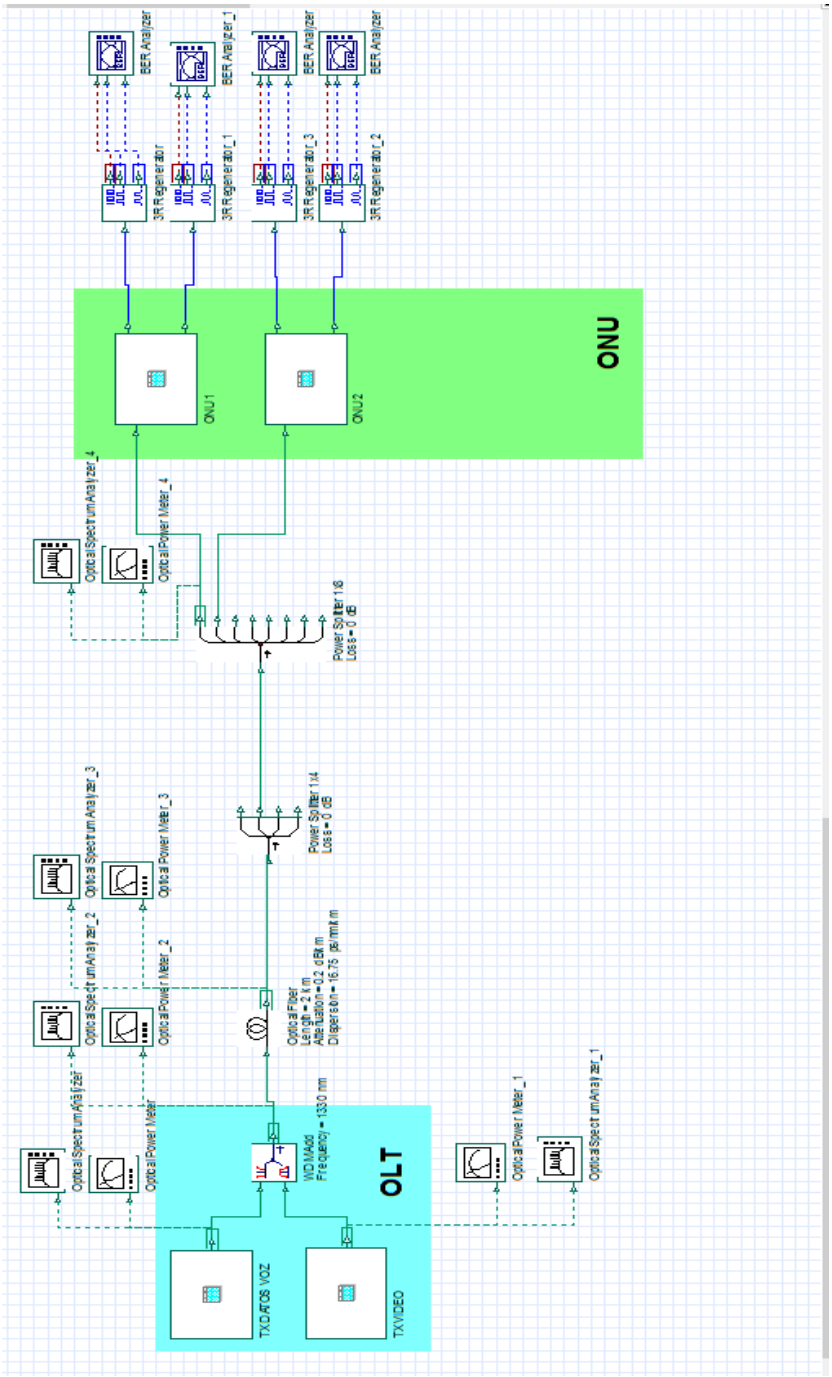


Figura 33: Red Simulada en Optisystem
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

3.7.2 Observaciones de la Simulación

Se tuvo que cambiar de versión de Optisystem, inicialmente se estuvo usando la versión 14. Pero esta versión tiene algunos inconvenientes cuando se efectúa la simulación, por lo tanto, se logró simular la red por medio de la versión 7.

Para la simulación de la red se tuvo que hacer cambios en la red inicial, pues se tuvo que cambiar por la red bidireccional por dos redes unidireccionales, para lograr el tráfico en dos sentidos.

Se tuvo que realizar una verificación de los cálculos ingresados para obtener los diagramas de ojo y velocidad de trasmisión especifica.

Se realizó la simulación de los servicios Triple Play de datos, voz y video.

3.7.3 Resultados Obtenidos

Simulación de los servicios Triple Play

El sistema es triple play, por cuanto por la red circulan datos, voz y video, pero es conocido que las frecuencias a las que se transmiten son distintas. Entonces en transmisor OLT se hacen paquetes de que incluyen los tres tipos de datos. Pero al final en el ONU, se realiza una demodulación la que separa tanto los datos como el video.

Se debe resaltar que la frecuencia de datos y de voz son similares por lo que el transmisor de datos y voz son iguales o es el mismo. Mientras que el transmisor de video trabaja en una distinta frecuencia y su estructura es diferente. Así es que se para realizar una óptima simulación se procede a realizar dos redes independientes tanto en datos /voz como en video.

Esquema general de datos /voz

El transmisor TX consta de un generador de datos binarios, que trabaja a la frecuencia desde 183 a 193 GHZ para la red óptica, o lo que es en nanómetros un periodo de 1550 a 1770 nm. La red de distribución tiene una fibra óptica que trabaja a la misma frecuencia o periodo.

Después de la fibra se encuentra un splitter de referencia por en que la señal se deriva a cada ONU, las mismas que se proceden a decodificarla y obtener la señal de inicio.

A continuación, se procede a presentar la señal de salida en forma de espectro de frecuencias.

Esquema General de datos y voz

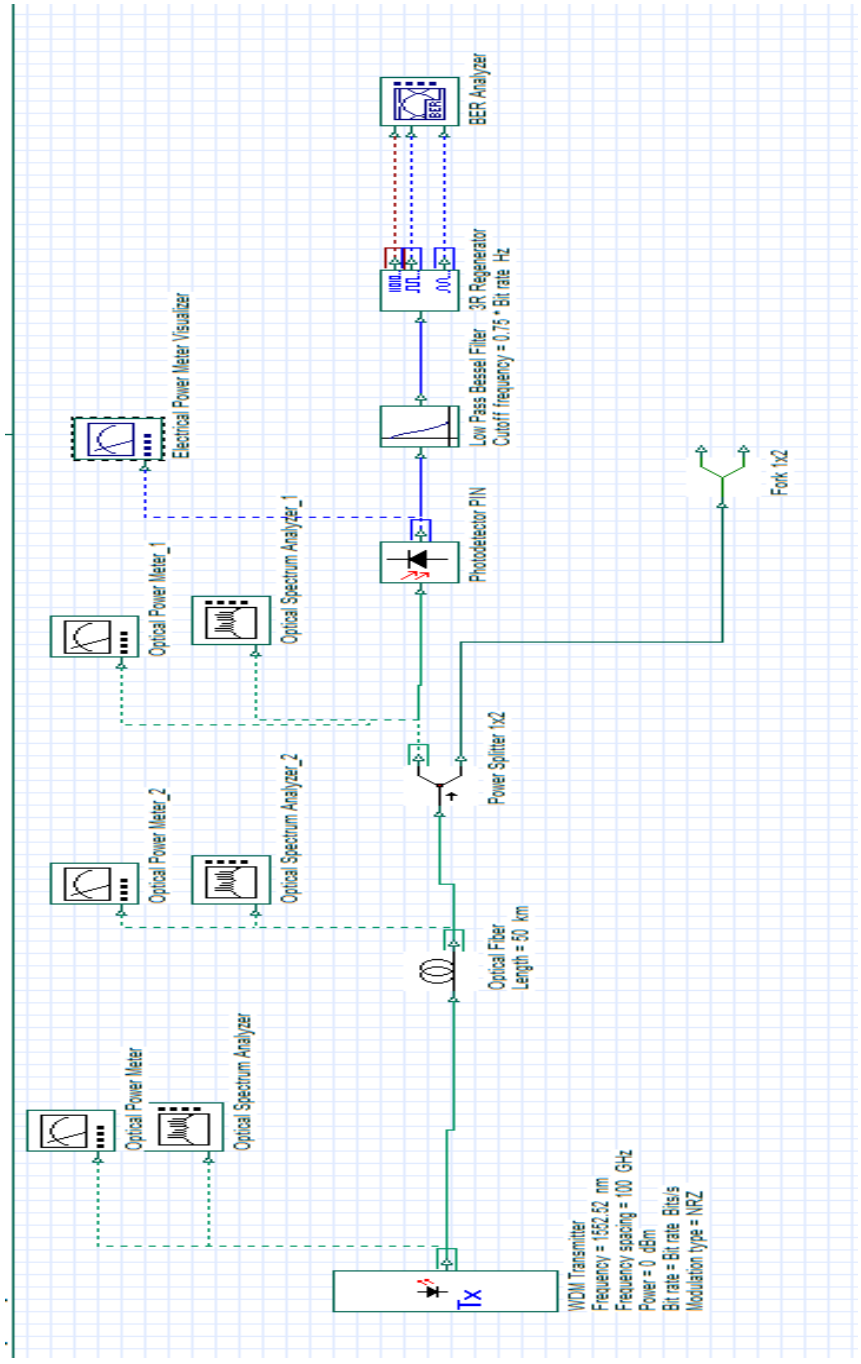


Figura 34: Esquema General de datos y voz
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Espectro de potencia de salida.

Como cada una de las redes es independiente, se procede a simular la red de datos /voz. Para verificar la salida de datos del transmisor se procede a analizar los datos con un analizador de espectro óptico. El analizador de espectro es un medidor de potencia óptica selectiva de longitud de onda que mide la potencia de la señal en función de la longitud de onda. En la figura No. 37 de a continuación se puede observar los resultados de 1.55µ en el pico más alto del espectro con un máximo -13.13 dBm y mínimo -104.14dBm.

Resultados de canal de Voz

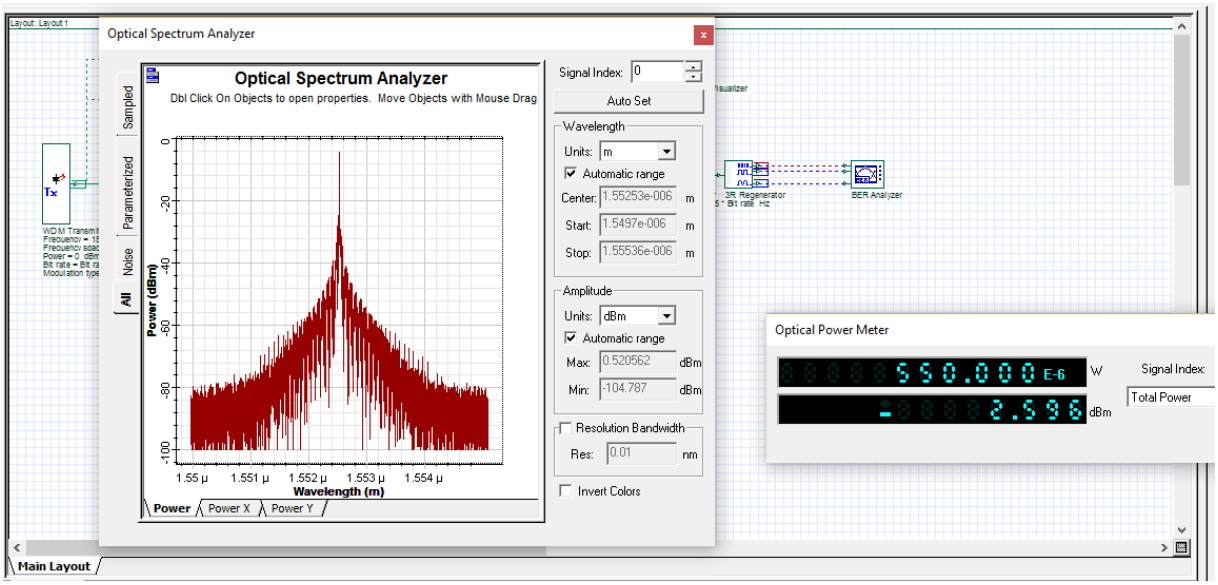


Figura 35: Resultados de potencia de salida de datos y voz
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Resultado final en el diagrama del Ojo

Se puede notar que la onda de la señal de entrada está ubicada justo en medio del diagrama del ojo, el diagrama de ojo se basa en dos tipos de análisis. El primero se refiere al análisis de las distintas características de la forma de onda del pulso, y consiste en la comparación de la máscara medida directamente en el patrón de ojo con una máscara preestablecida.

En el resultado se deduce que existe distorsión de 11.04 en la señal de entrada en la salida.

Diagrama de Ojo de datos y voz

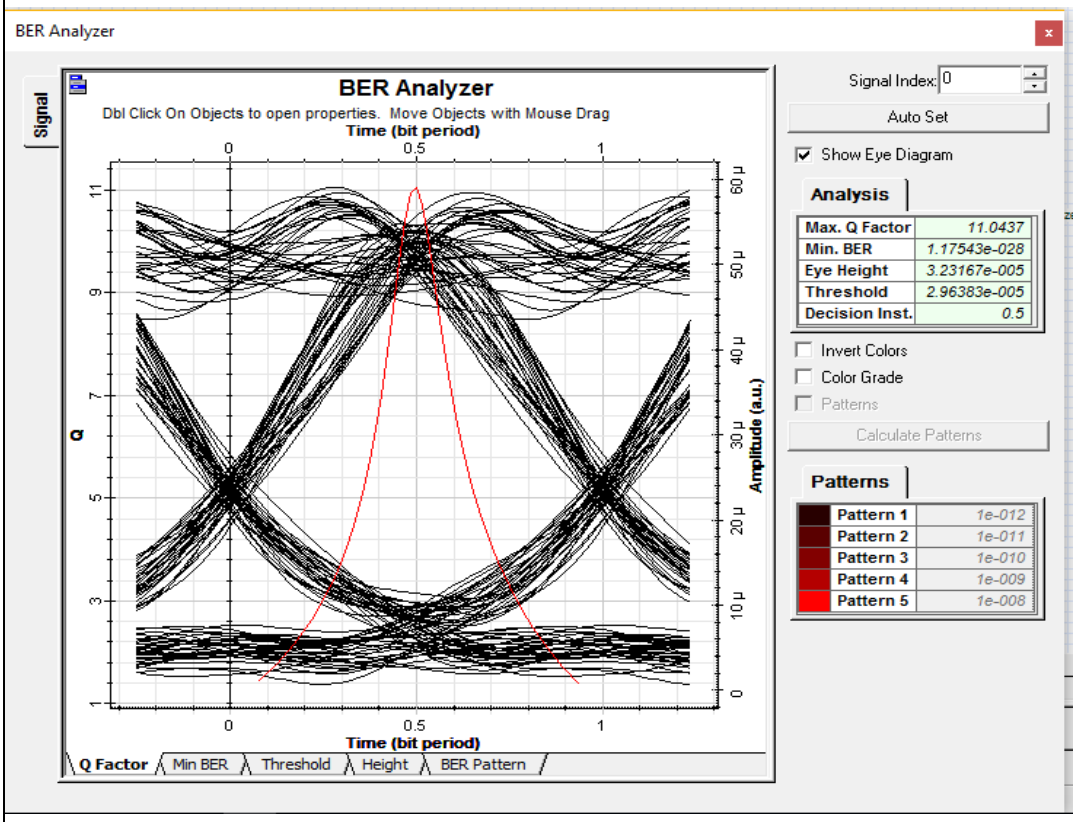


Figura 36: Diagrama de Ojo de datos y voz
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Trasmisión de Video

En el caso de la red de video se procede a realizar el mismo caso para simulación. Primeramente, la red consta de un sistema de mapeo 16QAM, para la modulación de video. También permite revisar el caso de mapeo mencionado y la frecuencia del generador de datos en el caso del transmisor de video. Como se muestra en la siguiente figura No. 39

Diagrama de Video

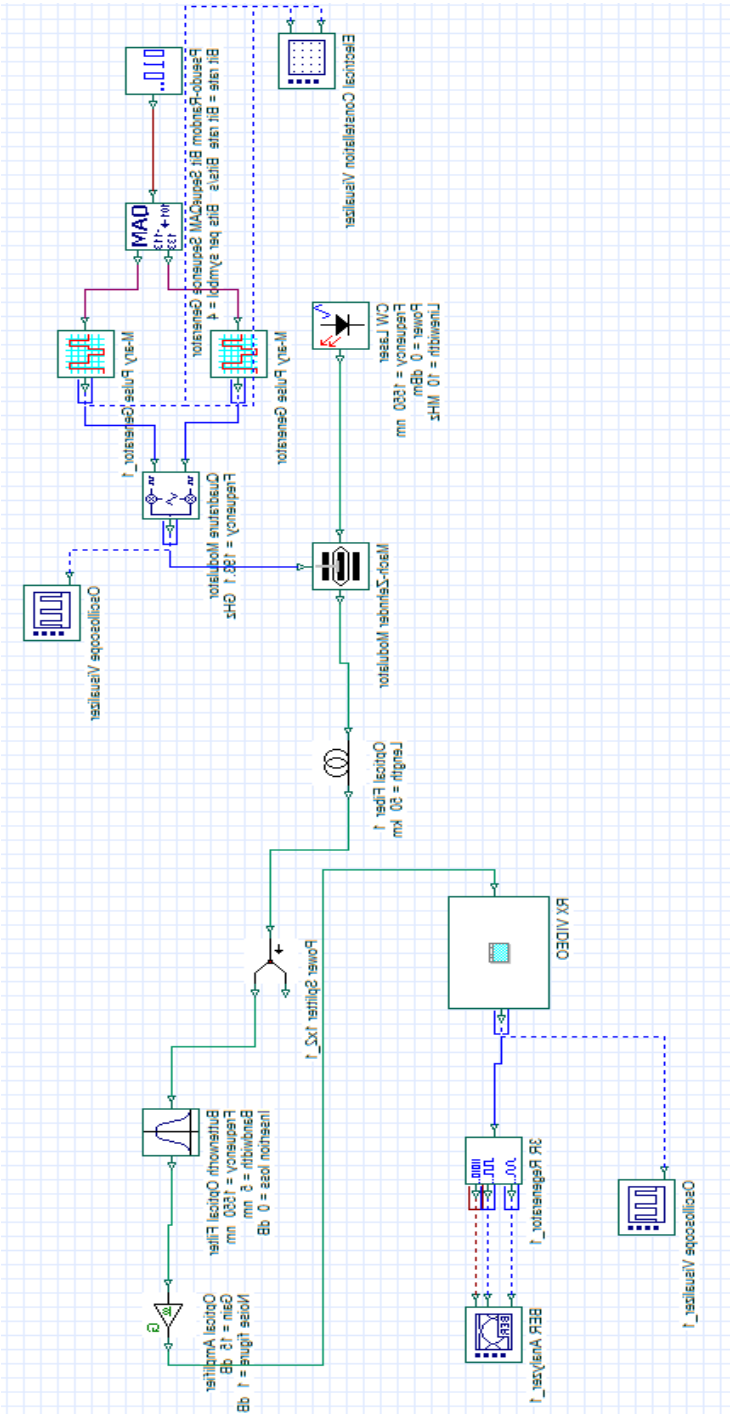


Figura 37: Simulación de Video
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Resultados de Salida de Video

En la salida se puede verificar los puntos de distribución del mapeo de la frecuencia de video y la distribución de bits en el osciloscopio con un tiempo de 6.399 bits en el comienzo y al final de 134.384 bits y de igual manera con un rango de amplitud de 6.39 aμ y mínimo de 0.25 aμ. Como se muestran en la siguiente figura No. 40.

Resultados de Diagrama de Video

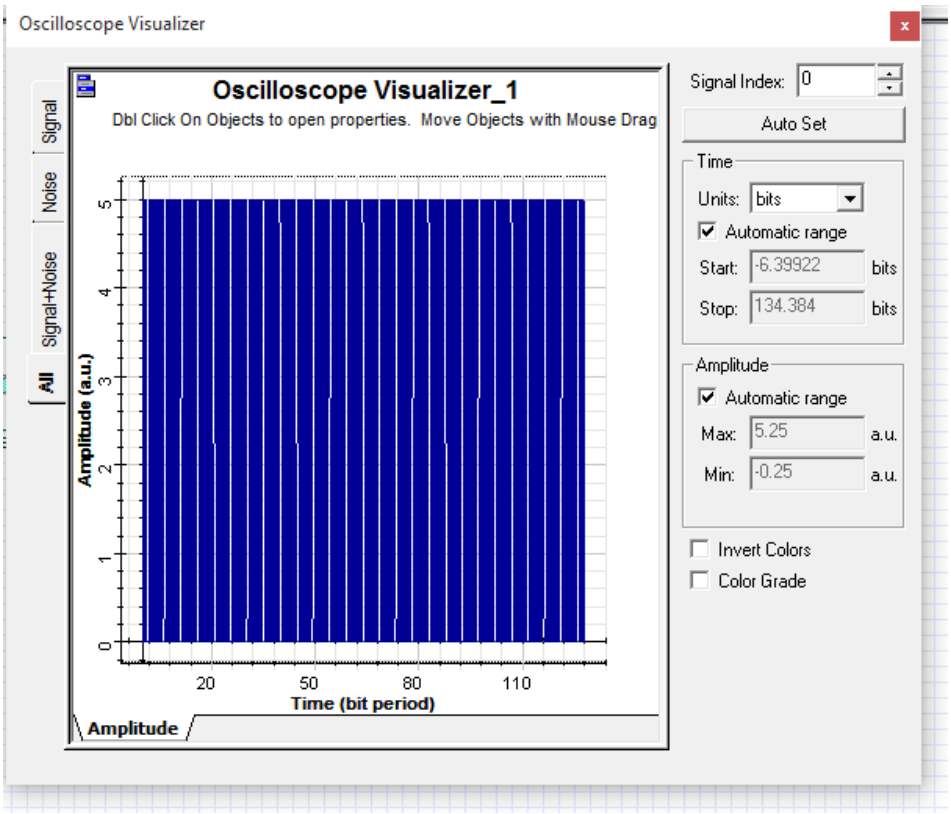


Figura 38: Resultados de Diagrama de Video
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Diagrama del ojo

Después de la simulación se procede a revisar el diagrama del ojo y se puede observar que la frecuencia de entrada está definida en la mitad del diagrama con un periodo de 0.5 bits que muestra que no existirá distorsión al momento de la trasmisión.

Diagrama de Ojo de Video

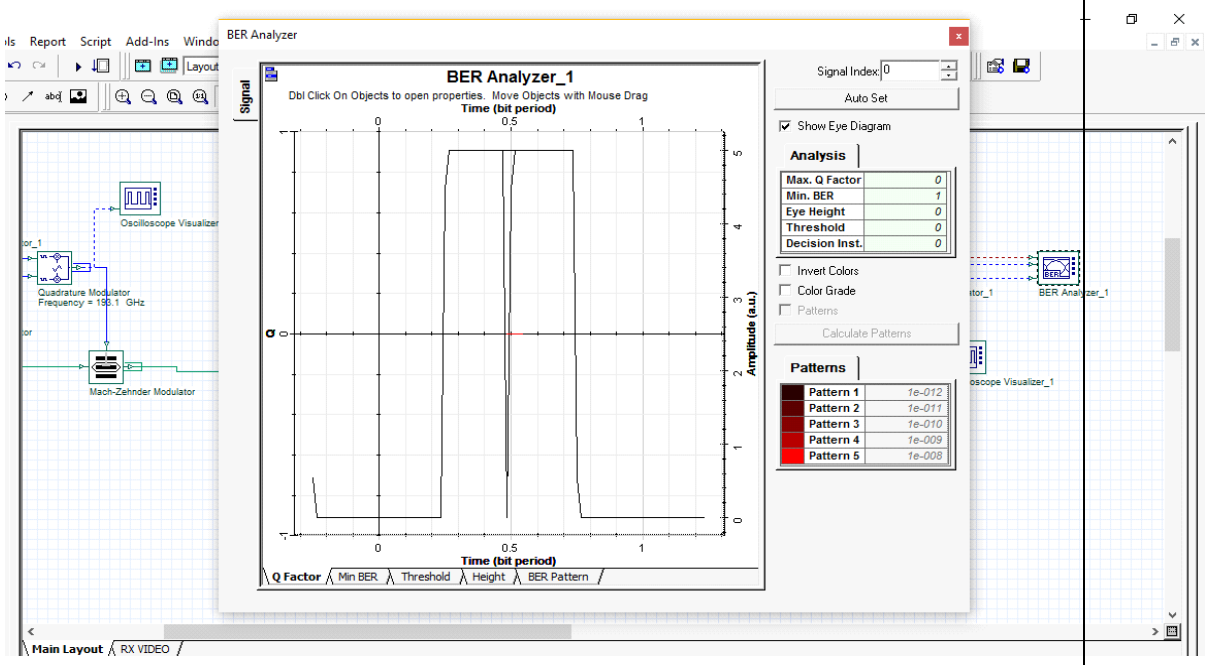


Figura 39: Diagrama de Ojo de Video
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

De estos datos se determina de que si se puede realizar la mezcla de señales para poder realizar un servicio triple play que llegara al abonado final. Entonces, se muestra de forma general el esquema tiene la misma forma de trabajo que otras redes, pero existe una variación de 0.39 segundos en la salida en el diagrama de ojo, por el uso de una sola red.

Diseñó de Red GPON con FTTH

Con los antecedentes revisados se procede a unir las redes de datos/ voz y video, para realizar la transmisión de los datos de forma triple play. Para ellos se usa el muxer para el empaquetado de las señales de audio y video, y ahora se procede a realizar el mismo proceso de simulación de la red general así se toma las muestras de los transmisores antes mencionados

Espectro de datos/voz:

El transmisor de datos /voz trabaja de forma que el espectro se observa en la siguiente figura No.42.

La frecuencia de trabajo está bien distribuida por cuanto se observa en la gráfica que el pico más alto está en el centro con un tiempo de 0.5 bits y longitud de onda 1.55m el cual, fue el requerido cuando se realizó los cálculos en la distribución de red para los usuarios finales.

Espectro de Datos y Voz

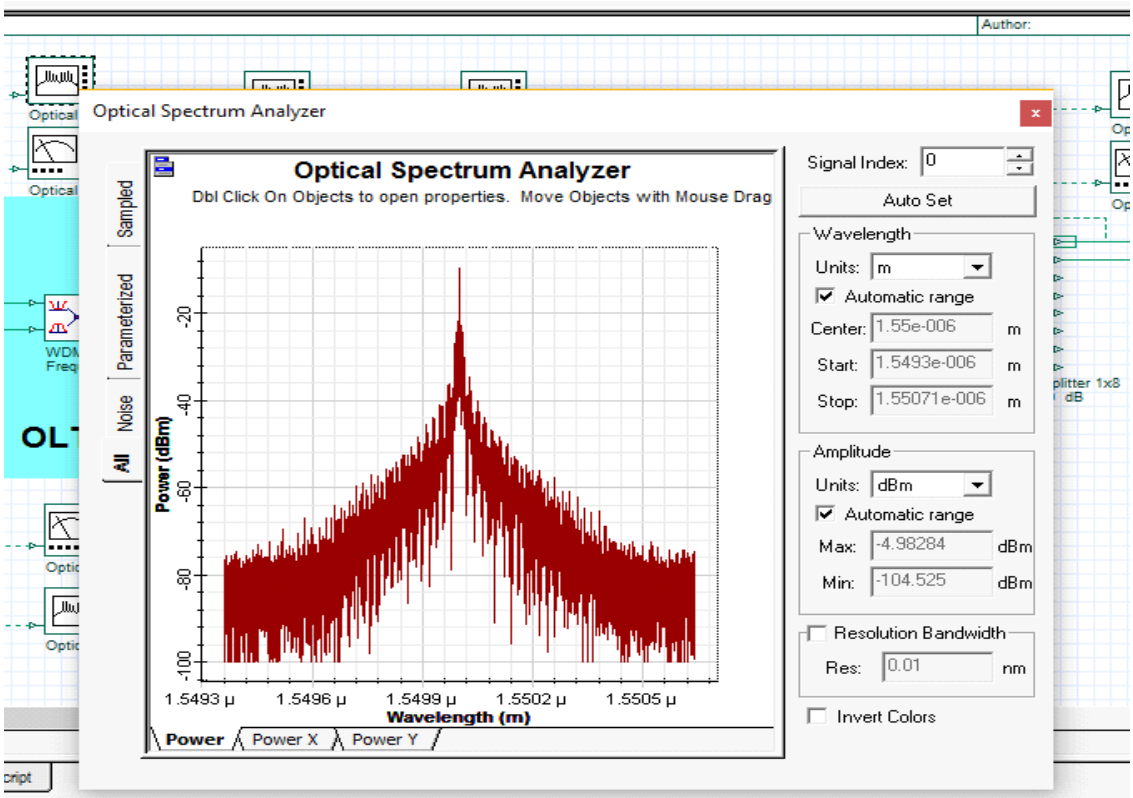


Figura 40: Espectro de Datos y Voz
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Espectro de video:

En la figura No. 43 se demuestra los picos de salida de la frecuencia 16QAM, pero se observa en la distribución de frecuencias que el pico máximo esta justamente en el centro con una amplitud máxima de 0.13 dBm y mínima de 104.7 dBm con una longitud de onda de 1.55m.

Espectro de Video

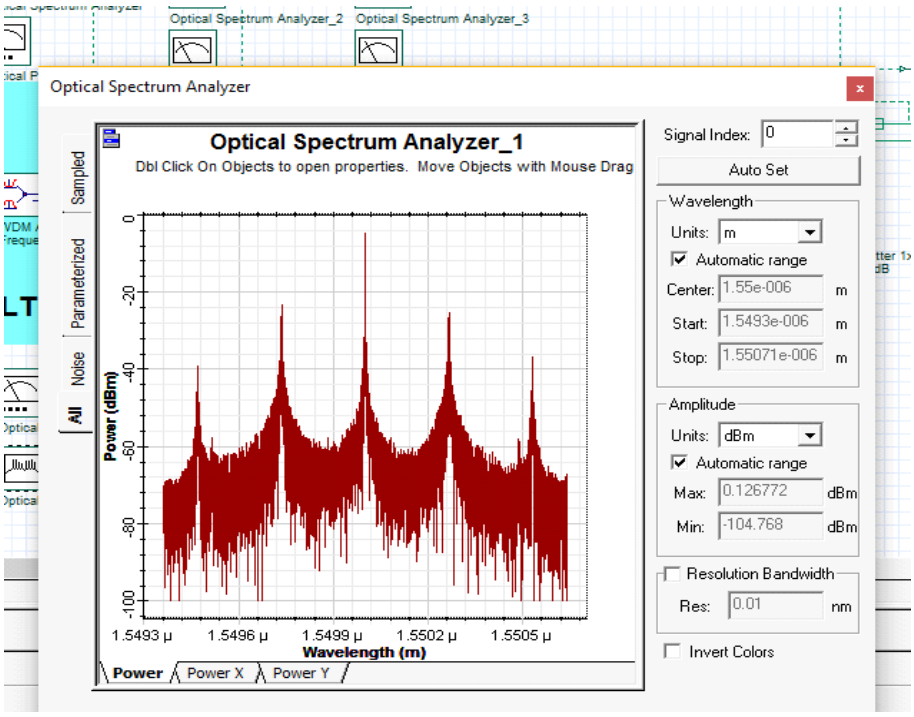


Figura 41: Espectro de Video
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Espectro del WDM:

En el encapsulado el espectro se constituye en uno solo que de manera uniforme está ubicado en el centro. Por cuanto es correcta la distribución de las frecuencias.

Espectro del WDM

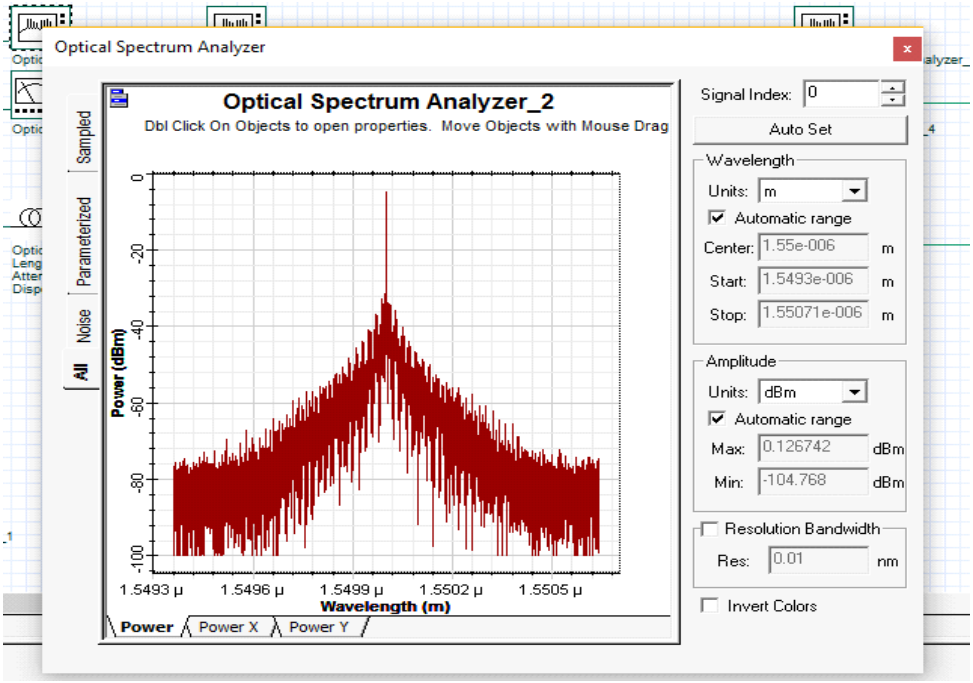


Figura 42: Espectro del WDM
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Espectro en la fibra:

El espectro en la fibra se pude notar atenuación de 0.2 dB pues si se compara con la que sale del MUX y la que entra en el Splitter se ha atenuado. Según el análisis realizado anteriormente el valor de atenuación de 0.2 dB es considerable y no está fuera de rango por cada KM en el diseño de Red para el Centro Histórico.

Espectro de la fibra óptica

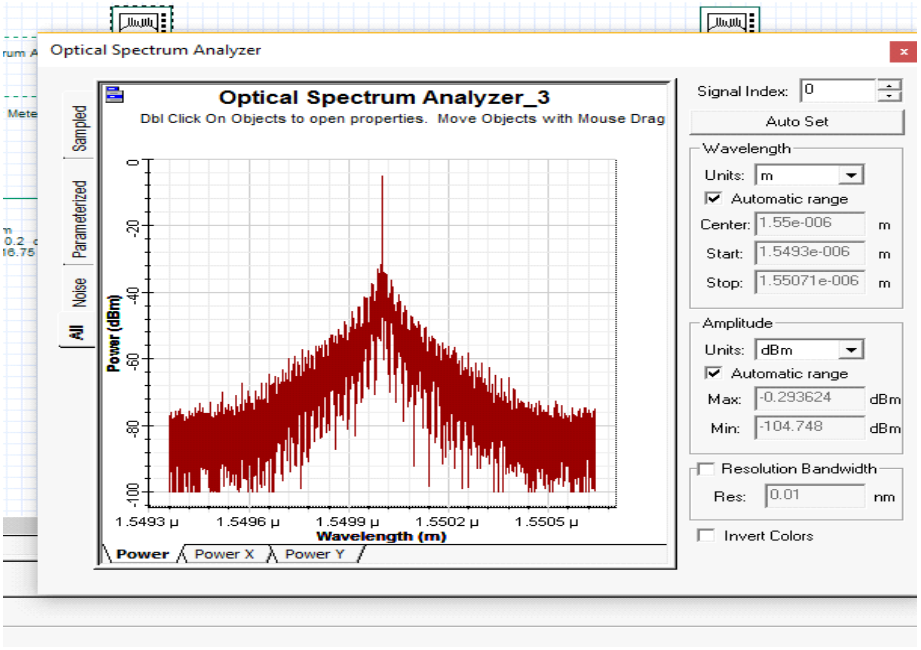


Figura 43: Espectro de la Fibra Optica
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Espectro después del Splitter:

Se toma nuevamente la muestra después del Splitter y se muestra que la atenuación sigue siendo 0.2 dB, Siendo un resultado esperado ya no debería existir cambios en la atenuación cuando existe cambio desde el espectro de la fibra y el Splitter.

Espectro de Splitter

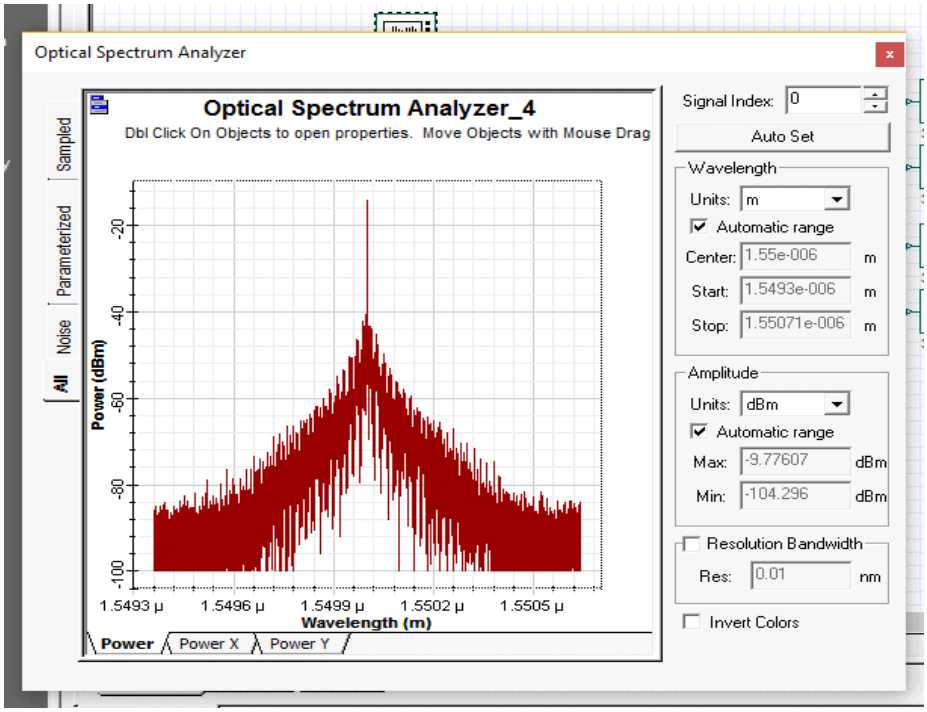


Figura 44: Espectro de Splitter
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Finalmente se puede observar la onda de salida la que se encuentra en el centro del diagrama, pero el diagrama del ojo tiene muy poca definición eso quiere decir que tiene interferencias en la red. El diagrama de Ojo muestra que sigue existiendo atenuación de 0.2 dB con un factor de calidad Q 70.89 los cuales son valores considerables en el análisis.

Espectro de ojo Final

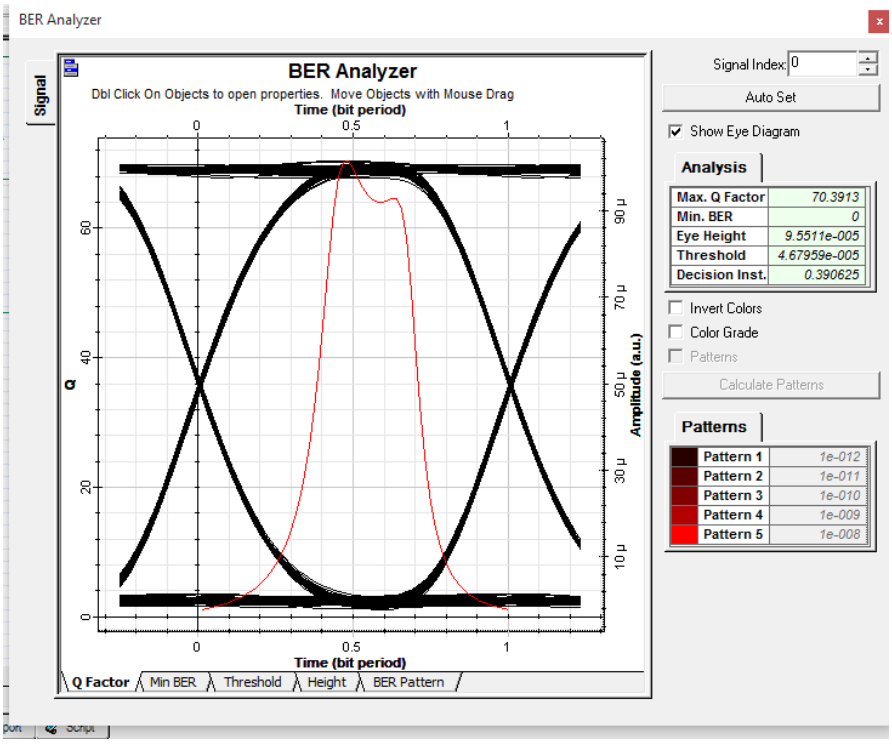


Figura 45: Diagrama de Ojo Final
Elaborado por o Fuente: Autor de la Tesis

Capítulo IV

Análisis de presupuesto

En el siguiente capítulo se expondrá el análisis económico con la finalidad de determinar si el proyecto es viable. Se tomará en cuenta algunos aspectos importantes sobre los fabricantes de los equipos que se utilizaran, costos y antecedentes. También en el presente estudio se realizará el respectivo análisis en el crecimiento de las Telecomunicaciones en el Ecuador.

4.1 Análisis de Servicios en Ecuador

4.1.1 Servicios de Internet Fijo

En Ecuador actualmente el incremento de abonados con servicio de internet fijo desde el año 2010 hasta el 2016 ha existido un crecimiento de 6,27% por cada 100 habitantes según los datos recopilados por Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Arcotel, 2017), en la siguiente tabla se muestra el crecimiento en los años:

Tabla 17: Crecimiento de Internet Fijo entre cada 100 Habitantes

Año	No. Cuentas	No. Población	Cuentas Internet Fijo por cada 100 habitantes
Dic-10	472.429	14.111.640	3,35%
Dic-11	645.822	14.443.679	4,47%
Dic-12	890.276	14.899.214	5,98%
Dic-13	1.084.535	15.774.749	6,88%
Dic-14	1.322.802	16.027.466	8,25%
Dic-15	1.491.405	16.278.844	9,16%

Mar-16	1.511.964	16.341.316	9,25%
Jun-16	1.544.558	16.403.786	9,42%
Sept-16	1.583.855	16.466.259	9,62%

Nota: Internet Fijo y Movil (Arcotel, 2017)

4.2 Servicios de Internet Móvil

El incremento del internet móvil ha tenido un desarrollo muy exorbitante ya que en el 2010 existía un porcentaje apenas del 2,35% mientras que para el año 2016 es de un 41,25% por cada 100 habitantes según los datos encontrados por ARCOTEL. En la siguiente tabla se muestra crecimiento por años:

Tabla 18: Servicio de Internet Movil

Año	**Cuentas**	**Población**	**Cuentas Internet Móvil por cada 100 habitantes**
Dic-10	331.662	14.111.640	2,35%
Dic-11	1.513.107	14.443.679	10,48%
Dic-12	3.300.480	14.899.214	22,15%
Dic-13	4.205.577	15.774.749	26,66%
Dic-14	4.934.076	16.027.466	30,79%
Dic-15	5.693.268	16.278.844	34,97%
Mar-16	5.991.107	16.341.316	36,66%
Jun-16	6.246.757	16.403.786	38,08%
Sept-16	6.791.922	16.466.259	41,25%

Nota: Internet Fijo y Movil (Arcotel, 2017)

4.3 Crecimiento de Internet

En la siguiente figura No. 48 se puede ver el crecimiento que ha tenido el internet en nuestro país actualmente, lo cual representa el avance de internet móvil y fijo en el periodo del 2010 hasta septiembre del 2016. (Arcotel, 2017)

Cuentas de internet fijo y movil

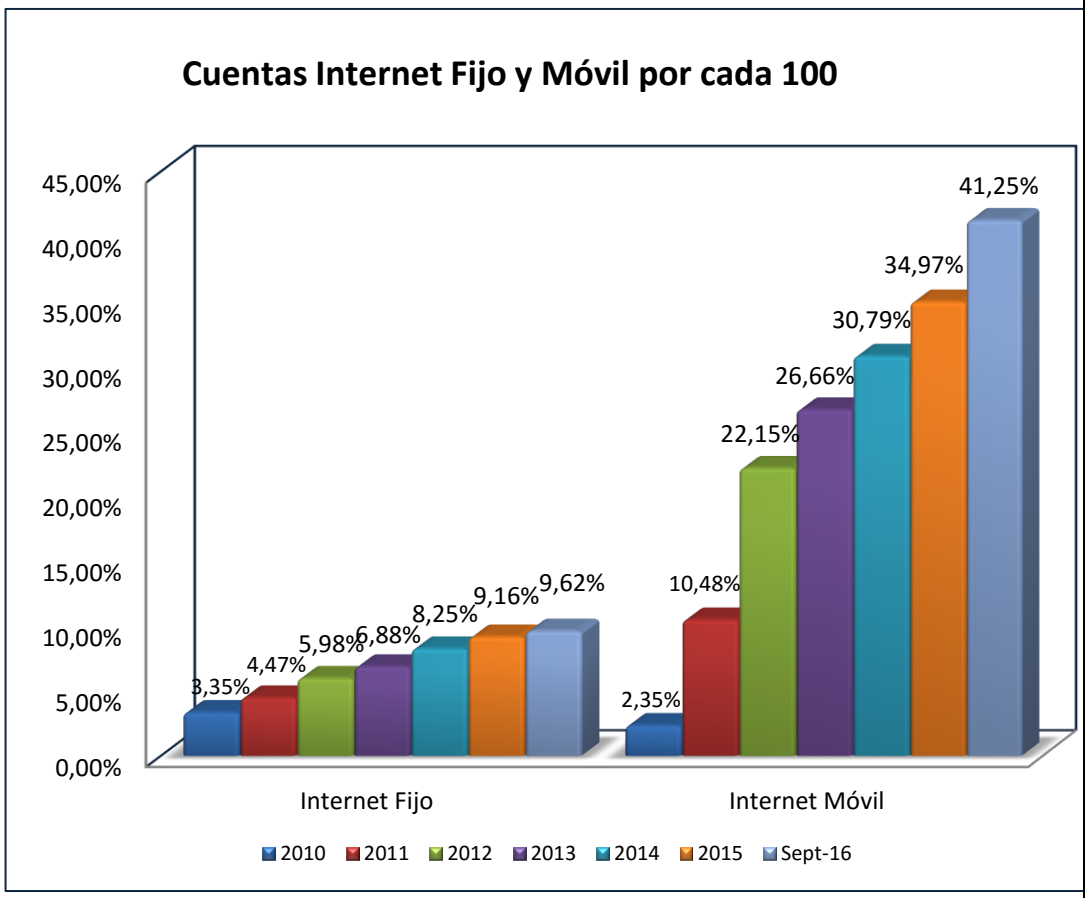


Figura 46: Cuentas de Internet Fijo y móvil
Elaborado por o Fuente: (Arcotel, 2017)

Según las cifras entregadas por la ARCOTEL los proveedores que manejan el mercado en el país son CNT con 60% de cobertura a nivel nacional, Setel S. A. con 16% y Telconet con 7%. Lo que nos da como conclusión que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT es el máximo líder en las telecomunicaciones con un

número de usuario de 7.610.516. La provincia de Pichincha existe 506.423 cuentas conmutadas y dedicadas dando como estimado el 32% de cuentas contratadas a nivel nacional. (Arcotel, 2017)

4.4 Análisis de Equipos considerados

En el siguiente punto se mostrará de cada equipo activo de una red GPON dos alternativas para elección de los equipos que se realizará la cotización en el mercado. Como se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 19: Analisis de Equipos

TIPO	EQUIPOS	CARACTERISTICAS
OLT	**HUAWEI (MA5603T)**	8 puertos por Tarjeta GPON
		QoS, Administración local y remota y seguridad
		ITU-T G.984
		Alcance físico de 20 KM
		Sensibilidad de recepción -282dBm
		Hot swap cambio de tarjetas en caliente
		ADSL2+, VDSL2, POTS, RDSI, GPON y Ethernet de fibra P2P
	ALCATEL LUCENT	4 puertos por tarjeta GPON
		2.4 Gbps en bajada y 1.24 Gbps
		Alcance Físico de 20 KM
		Soporte Estándar ITU-T G.984
		No administrable.
		Potencia consumida 1500W.
ONT	**HUAWEI (HG8247)**	Función plug and play
		Ahorro de energía
		2POTS, 4FE, 1 USB, CATV y WIFI
		VOiP, Internet y Video

		Completa Interoperabilidad
	HUAWEI (HG861)	Función plug and play
		Ahorro de energía
		GE/FE, USB, CATV y WIFI
		VOiP, Internet y Video
		Agiliza el Aprovisionamiento de Servicios
		Trasmisión a Velocidad de Linea GE
		Completa Interoperabilidad

Nota: Análisis de Equipos Pasivos de la red GPON

4.5 Características específicas de los equipos considerados

OLT

Se utilizará el modelo de equipo SmartAX MA5603T marca Huawei ya que es una de las primeras plataformas de mejor acceso la cual proporciona acceso óptico exhaustivo y línea de suscripción digital. Puede proveer acceso de alta consistencia ADSL2+, VDSL2, POTS, RDSI, GPON y Ethernet de fibra P2P, servicio Triple Play y servicios de líneas arrendadas TDM/ATM/Ethernet para clientes empresariales. (ANEXO)

Algunas de sus características son:

“Acceso a VDSL2, ADSL2+, G.SHDSL, POTS, ISDN, GPON y Ethernet P2P.

H-QoS que admite tres niveles de QoS para garantizar OLT a nivel representante.

Acceso al servicio E1 tradicional para empresas y backhaul móviles con NATIVE TDM o CESoP.

Interfaces GE/10GE de alta densidad para conexiones en cascada, hasta 36 interfaces de 10 GE o 140 GE, no se requiere inversiones adicionales en switches de agregación. Menor consumo de energía y costo de mantenimiento.” (Huawei, 2017)

SPLITTERS

“Un splitter óptico es un dispositivo pasivo tributario de fibra óptica que conecta un terminal de línea óptica a una unidad de red óptica. Puede transmitir paquetes mediante la tecnología de multiplexación por división de tiempo (TDM) en el downlink y reunir los paquetes mediante el protocolo de acceso de multiplexación por división de tiempo (TDMA) en el uplink.” (Huawei, 2017)

ONT

El equipo escogido para ser la terminal de red óptica es el Echo Life HG861 marca Huawei ya que frece acceso de banda ultra-ancha para usuarios residenciales y pequeñas empresas, tiene altas capacidades de transmisión para garantizar el servicio de VoIP, internet y de video, además tiene incorporado un puerto Ethernet GE / FE autoadaptable y un puerto de CATV. (ANEXO) (Huawei, 2017)

Modem Wireless

El equipo a utilizar es un TD-W8970 marca TP-LINK ya que utiliza ADSL2, Gigabit Inalámbrico N300 Mbps 802.11N, puerto USB y 4 puertos LAN Gigabit. (TP-link, 2017)

4.6 Análisis de Costos

4.6.1 Análisis de Costos de Equipos

Para los precios de los equipos se solicitó directamente a la empresa Huawei pero no se obtuvo respuesta por lo cual se cotizo por páginas web de ventas de artículos de telecomunicaciones.

Tabla 20: Tabla de Costos de Equipamiento

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OLT Huawei SmartAX MA5603T	1	$43.953,26	$43.953,26
ONT Huawei Echo Life HG861	75	$1.250,95	$93.821,25
Modem Wirelless TD-W8970	150	$114,95	$17.242,50
		SUBTOTAL	$155.017,01
		IVA	$21.702,38
		TOTAL	$176.719,39

Nota: Costos de Equipamientos

4.6.2 Análisis de Costo de Fibra Óptica

NETLIFE Se solicitó cordialmente a la empresa Andean-Trade, una cotización sobre la fibra óptica y splitters con valores unitarios los cuales serán utilizados con las dimensiones necesarias, como se detalla a continuación:

Tabla 21: Costos de Fibra Optica y Splitters

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Splitter 1:4 SC / ACP tipo PLC Conectiorizado	4	$90,70	$362,80

Splitter 1:8 SC / ACP tipo PLC Conectiorizado	8	$179,98	$1.439,84
Cable de fibra optica monomodo ADSS G652D 2 hilos marca Prysmian	2000	$1,99	$3.980,00
Cable de fibra optica monomodo ADSS G652D 4 hilos marca Prysmian	2000	$2,21	$4.420,00
Cable de fibra optica monomodo ADSS G652D 8 hilos marca Prysmian	2000	$2,61	$5.220,00
Cable de fibra optica monomodo ADSS G652D 6 hilos marca Prysmian	2000	$2,37	$4.740,00
		SUBTOTAL	$20.162,64
		IVA	$2.822,78
		TOTAL	$22.985,42

Nota: Costos de Fibra óptica

4.6.3 Análisis de Costos de Instalación

Se solicitó cordialmente a la empresa Andean-Trade, una cotización sobre los costos de instalación por soterramiento como se detalla a continuación:

Tabla 22: Costos de Instalación

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Suministro y tendido de fibra óptica monomodo G652D 12 Hilos	2000	$6,93	$13.260,00
Suministro e instalación de herraje Tipo A Incluye 2 thimbles clevis y 2 preformados	12	$30,06	$360,72
Suministro e instalación de ODF de 12 puertos	2	$856,80	$1.713,60
Suministro e instalación de conversor de fibra óptica 10/100	8	$179,52	$1.436,16
Suministro e instalación de Patch - Cord monomodo duplex	24	$38,07	$913,68
Fusión de hilo de fibra óptica	24	$12,44	$298,56

Prueba reflectométrica de OTDR en un hilo de fibra óptica	12	$15,34	$184,08
Sumnistro e instalación de pigtail monomodo SC 2m	24	$16,32	$391,68
		SUBTOTAL	$18.558,48
		IVA	$2.598,18
		TOTAL	$21.156,67

Nota: Costos de Instalación

4.7 Valor total del Proyecto

Tabla 23: Costos Totales del Proyecto

COSTOS	PRECIO TOTAL
Costo de Equipos	$176.719,39
Costo de Fibra Óptica	$22.985,42
Costo de Instalación	$21.156,67
TOTAL	**$220.861,48**

Nota: Costos totales del proyecto GPON

El proyecto tendría un valor de 220.861,48 $ de costo tanto de equipos, fibra óptica e instalación.

4.8 Análisis de Rentabilidad del Proyecto

A continuación, se procede a efectuar un análisis de la rentabilidad del proyecto, el cual sería de interés para un ISP con el diseño de la red GPON en el Centro Histórico. Se entiende como rentable aquella inversión en la que el valor de los rendimientos que proporciona es superior al de los recursos que utiliza. Para determinar la rentabilidad del diseño de la red GPON, o para decidir entre varias inversiones alternativas en

términos de rentabilidad, se emplean indicadores de rentabilidad tales como el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Rentabilidad o el periodo de retorno.

4.8.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por el del proyecto considerado como una inversión, con la finalidad de mostrar un indicador de cuanto se incrementaría el capital. La tasa de rentabilidad será de 20% y suponiendo la que la inversión inicial sería de $110.430,00.

VALOR	SIGNIFICADO
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)

La fórmula para el cálculo del VAN es:

$$VAN = \sum_{i=1}^{10} \left[\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right] + Io$$

Donde:

FC_t = Flujo de Caja al ano t.

i= Tasa de Rentabilidad de la empresa

t= Tiempo de vida del proyecto igual a 10 años

Io= Inversión Inicial.

El Valor del cálculo es:

$$VAN = \sum_{i=1}^{10}\left[\frac{FC_t}{(1+0.20)^t}\right] - 110430$$

VAN = $104.296,43

4.8.2 Calculo del TIR

La tasa interna de retorno es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para reinvertir.

$$TIR = \sum_{t=1}^{10}\left[\frac{FC_t}{(1+TIR\ )^t}\right] + Io$$

Donde:

FC_t = Flujo de Caja al año t.

t= Tiempo de vida del proyecto igual a 10 años

Io= Inversión Inicial

$$TIR = \sum_{t=1}^{10}\left[\frac{FC_t}{(1+TIR\ )^t}\right] - 110430$$

TIR = 60%

Por lo que se tienen un VAR de $104.296,43 y un TIR de 60% lo cual lo hace un proyecto financiado a largo plazo con un incremento hasta de $1.251.557,16.

CONCLUSIONES

- La factibilidad del proyecto realizado con la solución tecnológica GPON con FTTH para el sector del centro histórico es conveniente por las altas prestaciones de nuevos servicios a los clientes, mayor ancho de banda, eficiencia y por el costo de operaciones; además, tiene la posibilidad de ser una red escalable con el pasar del tiempo.
- La red GPON proyectada con 325 abonados fijos se ha calculado el ancho de banda requerido de 1625 MBPS, la cual puede soportar hasta 1167.50 MBPS con una distancia máxima de 20 Km, con respecto al sector se tiene una distancia de 2 Km cuadrados aproximadamente por lo que la red cubriría toda el área de cobertura supliendo las necesidades y nos da la oportunidad de expansión.
- La simulación de la red GPON se llevó acabo usando el programa de simulación y modelamiento redes basadas en fibra OPTYSISTEM versión 7, gracias a la creación se pudo obtener los resultados esperados con los diagramas de Ojo que muestran la trasmisión de datos tanto de bajada de 1550 nm en el OLT y para los ONU 1330 nm de subida con servicios TriplePlay desde el OLT, los dos niveles de splitters y las ONUs que se encuentra en el hogar de los abonados finales.

- El costo del proyecto sería de $220.861,48, el cual involucra un costo inicial elevado, pero se justificará con el tiempo de operación continua de la red con la ventaja de no tener alteraciones el diseño, ni el ingreso de nuevos elementos activos, con una tasa de retorno de 60% y valor anual neto $104.296,43 recuperando la inversión en aproximadamente 4 años y además brindara servicios tripleplay para el sector del Centro Histórico. Esto significa que la propuesta de red diseñada tendría viabilidad tanto por la parte tecnológica y financiera, la cual podría ser expuesta a los ISP en Ecuador.

RECOMENDACIONES

- Después de la extensa recopilación de información, análisis y resultados se recomienda que la implementación de esta tecnología sería muy viable, ya que la tecnología brinda mayor velocidad de trasmisión y calidad de servicios, lo que sería un paso en el desarrollo de las telecomunicaciones en el mercado ecuatoriano.
- Se encontró que la infraestructura de la red GPON es más robusta, ya que abarca servicios más completos; por lo que es necesario crear y actualizar las normas de diseño para estas redes y a su vez se realicen capacitaciones al personal que operaran las redes dependiendo del proveedor.
- Se recomienda si se va a utilizar la herramienta OPTYSISTEM para la simulación de la red GPON, el uso de la versión full ya que la versión de prueba tiene sus limitantes para la simulación, en mi caso se tuvo que descargar una versión menor completa para realizar la simulación sin que exista problemas en los diagramas que muestran los resultados de la red.

GLOSARIO

GPON: Conjunto de recomendaciones G.984.x del ITU-T donde se describen las técnicas para compartir un medio común de fibra óptica por varios usuarios, encapsular la información y gestionar los elementos de red, entre otros aspectos. (Yagüe, 2014)

FTTH: Red de fibra óptica hasta el hogar la cual está basada en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play. (Yagüe, 2014)

FTTC: Significa Fibra hasta la acera o Fibra hasta la cercanía. En este nivel, el nodo de conexión se encuentra a una distancia inferior a los 300 metros del punto final (la conexión en nuestro domicilio). (Yagüe, 2014)

Medio de Trasmisión: Es el soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse en un sistema de transmisión de datos. (NEO, 2013)

Ancho de Banda: Para señales analógicas, el ancho de banda es la longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de

Fourier. También son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango. (Serbal, 2014)

Fibra Óptica: Medio de transmisión que utiliza haz de luz que puede ser láser o un LED, permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable. (Serbal, 2014)

Frecuencia: es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

ISP: ISP significa literalmente proveedor de servicios de Internet. Éste es un servicio que permite conectarse a Internet. (Benchmark, 2015)

Triple Play: Se define como el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión) (Yagüe, 2014).

ADSL: Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica una velocidad superior a una conexión por módem en la transferencia de datos que utiliza medios de transmisión por cobre. (Serbal, 2014)

LISTA DE REFERENCIAS

(2014). Obtenido de Turismo en el Ecuador: http://www.codeso.com/TurismoEcuador/MapaQuitoHistorico.html

(2016). Obtenido de AliExpress Huawei: https://es.aliexpress.com/store/product/huawei-Ma5608t-gpon-olt/515848_1573818313.html

(17 de 05 de 2016). Obtenido de Furukawa Industrial S.A: www.furukawa.combr/es/productos/na/divisor-optico-bañancrado-756.html

(2017). Obtenido de FS Fibber Optic: http://www.fs.com/fiber-optic-splitter-solution-aid-349.html

Abreu, M. (2009). CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR. *Memoria de trabajos de difusión científica y técnica*, 45.

Agencia pública de noticias del Ecuador y Suramérica. (2012). Obtenido de http://www.andes.info.ec/es/noticias/meta-ecuador-es-hacer-turismo-primera-fuente-ingresos-no-petroleros-dice-ministra.html

Alcivar, A. (2015). *Estudio para la implementacion de una red GPON de Telconet en la Comunidad de Juan Gomez Rendon.* Guayaquil: Tesis.

Alvicar, D. (2015). *ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON DE TELCONET S.A EN LA COMUNIDAD DE JUAN GÓMEZ RENDÓN (PROGRESO).* Guayaquil.

Arcotel. (2017). *Agencia de Regilación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas-2/

Benchmark. (2015). Obtenido de http://es.ccm.net/contents/700-isp-proveedores-de-servicio-de-internet

Canello, P. (05 de 11 de 2009). *Introduccion a la fibra Optica con sus componentes y parametros*. Obtenido de http://www.pablin.com.ar/electron/cursos/fibraopt/

Cebrián, I. P. (2007). Obtenido de WIKITEL: http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados

Censos Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/

CNT. (Enero de 2016). *CNT Corp*. Obtenido de http://corporativo.cnt.gob.ec/cnt-llega-con-tecnologia-gpon-a-varios-sectores-del-territorio-nacional/

Especificaciones laser DFB2. (2017). Obtenido de http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/C/-/1/5/C-15-DFB2.5-PD-SFC-K.shtml

EXPO. (2013). *La Guía FTTH PON 5 Edicion*. Obtenido de http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf

Fibra Optica . (2016). Obtenido de Universidad de Colima: http://docente.ucol.mx/al972052/public_html/FIBRA%20%20OPTICA.htm

Fibre to the Home Council Europe. (2016). Obtenido de http://www.ftthcouncil.eu/documents/MediaUpdate/2016/Mediaupdate_FTTHCouncilEurope_March2016.pdf

Furukawa. (2013). Obtenido de http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF

Gaona, L. (2013). *Analisis de Factibilidad del area tecnica y diseno de una red Ftth para el sector de Cumbaya.*

Garcia, A. (5 de 2014). *Telnet redes inteligentes GPON*. Obtenido de http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf

Henao, J. S. (2010). Consulta Tecnologías de redes PON. 3.

Huawei, O. (2017). *Pagina Oficial de Huawei*. Obtenido de http://www.huawei.com/ec/products/fixed-access/fttx/odn/optical-splitter/index.htm

Introduccion a MPLS . (2011). Obtenido de http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/diapositivas/MPLS-parte1-1C2011.pdf

Lam, C. (2007). Protection Architectures for Passive Optical Networks. En L. Cedric. United Stated: BOOK AID.

López, L. (2008). Integración de las Redes Ópticas Pasivas Ethernet (EPON/GPON).

Martinez, R. (1998). *Sistemas informaticos redundantes*. Obtenido de http://www.linux-es.org/node/211

Mezoa, M. (2011). Interferencia Intersimbólica. pág. 12.

Millan, R. (2008). GPON (Gigabit Passive Opticval NetworK). 6.

Ministerio de Industrias,Turismo y comercio de Espana. (2012). Tecnologias de Banda Ancha y Convergencia de Redes. Berrocal.

Morales, D. (2012). *MPLS conceptos y carateristicas*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/morales_d_l/capitulo2.pdf

NEO. (Abril de 2013). Obtenido de http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html

Netlife. (2016). Obtenido de http://www.netlife.ec/mapa-de-coberturas/

Pabon, D. (2009). *Diseno de una red de acceso GPON para proveer Servicios Tripleplay en el sector de la Carlina atravez de Red de Grupo TV cable.* Quito.

PON: Passive Optic Network Technologies . (2016). Obtenido de Network Dictionary: http://www.networkdictionary.com/telecom/PON.php

Serbal. (2014). Obtenido de http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones

Simal, T. (2011). *Redes Wifi Video, Voz y Datos*. Obtenido de http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/961-monografico-redes-wifi?start=5

Teconet. (2013). Obtenido de http://www.telconet.net/telconet/cobertura

Telecomunicaciones, U. I. (2016). *ITU-T*. Obtenido de https://www.itu.int/net/wsis/outcome/booklet-es.pdf

The Fiber Optic Association - Tech Topics. (2004). Obtenido de http://www.thefoa.org/tech/tia568b3.htm

Tinoco, J. (2011). *En el diseño físico se describirá los parámetros para que la red con FTTH funcione de la mejor forma definiendo el sector del centro histórico escogido, la ubicación de los elementos activos, tipo de fibra a utilizarse, ubicación de splitters y los difere.*

TP-link, O. (2017). *Pagina oficial de la marca Tp-link*. Obtenido de TD-W8970: http://www.tp-link.com/ar/products/details/cat-15_TD-W8970.html

UCACUE, B. (2014). *Capitulo 1 y 3 articulo Fibra Optica*. Obtenido de http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/4248/4/CAP%C3%8DTULO%20I%20Y%20II%203.pdf

Yagüe, A. G. (mayo de 2014). Obtenido de http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf