

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

TRABAJO PREVIO LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:

MASTER EN REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**ANALISIS Y DISEÑO DE LA RED FTTH CON
TECNOLOGIA GPON PARA EL ISP TRONCALNET EN EL
CANTON CAÑAR**

CARLOS MARCELO LEON ARAUJO

Quito, Junio 2015

Dedicatoria

Este sencillo trabajo de investigación y valioso a la vez le dedico al ser más sublime, mi querida madre que desde el cielo ha guiado mi camino para la cristalización de este objetivo.

Agradecimiento

Agradezco a DIOS por permitirme culminar este trabajo investigativo, de la misma manera hago extensivo el agradecimiento a mi padre, hermanas y sobrinos que de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional, finalmente agradezco al tutor de la tesis por su guía y la buena voluntad en la dirección de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Justificación.....	14
1.2 Antecedentes	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General:.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos:	16
1.4 Alcance Y Limitaciones Del Proyecto	16
1.4.1 Alcance	16
1.4.2 Limitaciones.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	18
2.1 INTRODUCCIÓN.....	18
2.2. El Internet Y La Banda Ancha	18
2.3. Redes De Acceso De Banda Ancha Para ISP'S	19
2.3.1. Línea/Bucle de Abonado Digital (xDSL)	20
2.3.1.1. HDSL	20
2.3.1.2. SHDSL.....	21
2.3.1.3. SDSL.....	22

2.3.1.4.	ADSL	22
2.3.2.	Redes de Acceso Inalámbrico	26
2.3.2.1.	WLAN.....	26
2.3.2.2.	Estándares de las Redes WLAN	27
2.3.2.2.1.	Estándar 802.11a.....	27
2.3.2.2.2.	Estándar 802.11b.....	27
2.3.2.2.3.	Estándar 802.11 g.....	27
2.3.2.2.4.	Estándar 802.11 n.....	28
2.3.2.3.	Arquitectura de la Red Wifi	28
2.3.2.4.	Topología De Una Red Wifi De Larga Distancia.....	29
2.3.2.4.1.	Red Ad Hoc.....	29
2.3.2.4.2.	Red Infraestructura.....	31
2.3.3.	Redes HFC	33
2.3.3.1.	DOCSIS	35
2.3.3.2.	Arquitectura De Una Red HFC	36
2.3.3.2.1.	La Cabecera.....	37
2.3.3.2.2.	La Red Troncal.....	38
2.3.3.2.3.	La Red de Distribución	38

2.3.3.2.4. La Red Acometida De Los Abonados.....	38
2.3.4. REDES FTTx	39
2.3.4.1. Clasificación De Las Redes FTTx	40
2.3.4.1.1. Redes Fttb	40
2.3.4.1.2. Redes Fttb	41
2.3.4.1.3. Redes Fttc.....	41
2.3.4.1.4. Redes Fttb	41
CAPÍTULO III.....	42
Tecnologías de Transmisión – Accesos pon.	42
3.1 Introducción.....	42
3.2 Estructura de la Red PON.....	43
3.3 Operación de Tecnología PON.....	43
3.4 Tecnologías de Redes PON.....	45
3.4.1 APON	47
3.4.2 BPON	48
CAPÍTULO 4:.....	52
PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA RED GPON PARA EL ISP TRONCALNET EN EL CANTÓN CAÑAR	52

4.2	Justificación.....	52
4.3	Consideraciones Iniciales Para el Diseño de la Red GPON en el ISP TroncalNet.....	53
4.4	Estructura De La Red GPON	57
4.6	Niveles De Potencia en las Redes GPON	62
4.7	Diseño de la Red Óptica GPON en la Ciudad De Cañar.....	63
4.7.1	Localización Geográfica	63
4.7.2	Análisis De Rutas.....	63
4.7.3	Diagrama Lógico de la Red	66
4.7.4	Diagrama Físico de la Red.....	68
4.8	Cálculos Del Enlace	73
4.9	Selección De Equipos.....	77
4.10	Factibilidad Técnica	83
CAPITULO V		84
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.		84
5.1	INTRODUCCION.....	84
5.2	Estudio de Factibilidad.....	84
5.2.1	Evaluación Financiera.....	85

5.2.1.1	Cálculo de indicadores financieros TIR.....	87
5.2.1.2	Cálculo de indicadores financieros VAN.....	90
5.2.1.3	Relación costo/beneficio.....	91
5.2.1.4	Punto de Equilibrio.....	92
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		96
GLOSARIO.....		97
BILBIOGRAFÍA.....		100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de conexión ADSL.....	24
Figura 2 Utilización del espectro de frecuencias en redes ADSL.....	25
Figura 3 Red Ad Hoc	30
Figura 4 Red Infraestructura	32
Figura 5 Topología de una red Wifi de larga distancia.....	33
Figura 6 Banda de frecuencias de operación de la red HFC	34
Figura 7 Arquitectura de la red HFC.....	37
Figura 8 Esquema de la red FTTx.....	39
Figura 9 Arquitectura de la red PON	43
Figura 10 TDM Multiplexación por división de tiempo.....	44
Figura 11 TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo	45
Figura 12 Arquitectura de la Red PON	46
Figura 13 Longitudes de Onda redes BPON.....	48
Figura 14 Tráfico total del ISP TroncalNet en Cañar	54
Figura 15 Zona Urbana del cantón Cañar	56
Figura 16 Estructura de la red GPON tecnología FTTH.....	57
Figura 17 Topología de la red GPON	61
Figura 18 Primera ruta de la red de acceso	64
Figura 19 Segunda ruta de la red de acceso	65

Figura 20 Diagrama Lógico de la red GPON para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar	67
Figura 21 Esquema del diagrama físico de la Red GPON.....	68
Figura 22 Diagrama Físico de la Red Gpon para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar	70
Figura 23 Cálculo del Enlace de pérdida mejor caso.....	75
Figura 24 Cálculo del Enlace de pérdida mejor caso.....	76
Figura 25 Flujo de Caja proyección de diez años	90
Figura 26 Punto de Equilibrio.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades de Transmisión en redes XADSL.....	25
Tabla 2 Banda de frecuencias de operación de la red HFC	35
Tabla 3 Pérdidas introducidas por splitter's.....	60
Tabla 4 Elementos de la red GPON	60
Tabla 5 Tipos de ODN	62
Tabla 6 Ubicación Georeferenciada de la primera ruta	64
Tabla 7 Ubicación Georeferenciada de la segunda ruta.....	65
Tabla 8 Elementos Necesarios para la Implementación de la red GPON en el ISP TroncalNet en Cañar	71
Tabla 9 Elementos de Herrejería Necesarios para la Implementación de la red GPON en el ISP TroncalNet en Cañar	72
Tabla 10 Distribución de los Splitter's en la ruta.....	72
Tabla 11 Distribución de las mangas de extensión	73
Tabla 12 Pérdida introducida en las ventanas de operación de la fibra óptica	74
Tabla 13 Características técnicas mínimas requeridas para el OLT	78
Tabla 14 Comparación de especificaciones técnicas de los equipos OLT'S	80
Tabla 15 Características técnicas mínimas requeridas para el ONT.....	81
Tabla 16 Indicadores para el estudio de factibilidad.....	85
Tabla 17 Estructura De Costos Y Gastos Del Proyecto	86
Tabla 18 Elementos que conforman el CAPEX de la red GPON de la propuesta.....	88

Tabla 19 Flujo de CAJA89

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Hoy en día la demanda existente de la sociedad sobre los servicios de telecomunicaciones es bien amplia específicamente en el servicio de Internet, esto hace que a su vez los operadores implementen nuevas tecnologías con el propósito de mejorar la calidad de sus servicios ofertados. En el caso puntual del ISP TroncalNet, una Empresa nueva con visión futurista ha determinado la migración de su infraestructura de red inalámbrica por una red cableada de fibra óptica lo cual permitirá ser una Empresa más competitiva con sus servicios ofertados en el Cantón y en la provincia del Cañar. Considerando que la fibra óptica presenta las mejores características y ventajas frente a cualquier otro medio de transmisión, la Empresa TroncalNet en la ciudad de Cañar pretende ampliar su mercado y proveer de sus servicios con calidad y confiabilidad que sus clientes y la sociedad así lo demandan.

En la primera parte del presente proyecto de tesis de maestría en comunicaciones se da a conocer una breve introducción, dando luego paso a describir la justificación y los antecedentes de la realización del proyecto.

1.1 Justificación

Actualmente estamos viviendo la era tecnológica de las telecomunicaciones, y debido a la creciente demanda de la sociedad para el uso de aplicaciones y transmisiones de datos a grandes velocidades desde y hacia el Internet, es lo que incentiva al mercado de las telecomunicaciones y en su parte a los ISP (Proveedores De Servicios de Internet) a cumplan con las expectativas de sus clientes implementando nuevas soluciones tecnológicas para la interconectividad e inclusión de nuevos servicios ofertados que así lo demandan.

El presente proyecto pretende realizar el diseño de la red de acceso de fibra óptica con tecnología GPON por parte de la Empresa TroncalNet en la ciudad de Cañar, lo que permitirá ampliar su cobertura actual y mejorar el acceso hacia las aplicaciones y servicios ofertados a grandes velocidades con la confiabilidad que así lo caracteriza a esta tecnología de red de datos.

1.2 Antecedentes

A mediados de los años 90, un grupo de proveedores internacionales de servicios de red se reúnen para crear documentos de normas que acabarían definiendo la nueva red pasiva de fibra óptica hacia el hogar [1] , y no es hasta que en el año de 1999 que Ethernet PON (EPON) surge en el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) a nivel mundial [2] . La Arquitectura GPON se considera como una red óptica pasiva conocida como (PON) la cual permite que a través de una misma conexión de

red, esta pueda ser compartida entre varios clientes mediante la utilización de splitter's, logrando una compartición de 32 hasta 64 clientes a grandes velocidades [3] .

TroncalNet Empresa joven y visionaria, que dio sus inicios en la ciudad de la Troncal perteneciente a la provincia del Cañar como ISP de la localidad brindando sus servicios de Internet a los pobladores de esa región a través radio enlaces, posteriormente extiende su infraestructura de red de radio enlace para la ciudad de Cañar, la misma que se encuentra operativa brindando el servicio de Internet el cual hasta el momento presenta problemas como constantes interferencias de la señales transmitidas, saturación del espectro radioeléctrico, de esta manera causando la pérdida de datos y de las señales transmitidas.

Es por ello que se ha visto la necesidad de mejorar la conectividad y el acceso a la red del Internet, por lo que se ha propuesto el diseño de una red de fibra óptica lo que permitirá ampliar la cobertura del servicio y el mejoramiento de la calidad del mismo.

1.3Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Diseñar la red de acceso de fibra óptica FTTH con tecnología GPON, para permitir el mejoramiento en la calidad de los servicios de Internet que brinda el ISP TroncalNet en la Ciudad de Cañar.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Analizar el estado actual de la red de acceso de radio enlace que posee TroncalNet en la ciudad de Cañar
2. Determinar la topología y el trazado de la mejor ruta que deberá tener la red de acceso de Fibra óptica para la transmisión de datos
3. Definir los fundamentos técnicos y tecnológicos para el diseño de la red FTTH para TroncalNet en la ciudad de Cañar
4. Presentar la propuesta del diseño de la red FTTH – GPON para la Empresa TroncalNet en la ciudad de Cañar.

1.4 Alcance Y Limitaciones Del Proyecto

1.4.1 Alcance

En el presente proyecto se aplicara encuestas a la ciudadanía del cantón sobre el estado actual del servicio de Internet que poseen, con lo que se explorara la aceptación respecto a su calidad y cobertura, y proponer una nueva tecnología que brinde el servicio de mejor calidad.

Se dimensionará la envergadura de la solución a plantear en el diseño de la red FTTH como solución para el mejoramiento de calidad y cobertura, proponiendo los elementos de red necesarios activos como pasivos para su implementación, de la misma manera se

procederá con el estudio de factibilidad económica y técnica aplicando en su orden el TIR, el VAN y herramientas de software para la simulación y obtención de parámetros que midan la calidad del servicio y se contraste sus resultados con la red de radio enlace que se encuentra operativa.

1.4.2 Limitaciones

Entre las limitaciones a tener presente para la implementación de la propuesta de diseño de la red FTTH se considera la reglamentación sobre la contaminación visual, para el ordenamiento y soterramiento de todo tipo de cableado a esperas de excepciones y acuerdos que puedan generarse por parte de las Entidades Gubernamentales del sector de las Telecomunicaciones, de las de Distribución de Energía Eléctrica y los Gobiernos Seccionales.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

TECNOLOGIAS DE RED DE ACCESO PARA ISP'S

2.1 INTRODUCCIÓN

Conscientes del desarrollo de las telecomunicaciones y en específico del servicio de Internet en el mundo entero, la sociedad ve reflejado como una revolución en las comunicaciones, las que demandan de mayores y mejores prestaciones en el servicio ofertado de parte de las operadoras. Siendo así que los ISP (Proveedores de Servicio de Internet) constantemente se encuentran actualizando sus sistemas y redes con el único propósito de brindar el mejor de sus servicios a sus clientes.

Por lo tanto los ISP'S, actualmente se encuentran en una revolución tecnológica que les permitirá ser competitivos en el mercado tanto en costos como en calidad del servicio, de acorde a cada una de las tecnologías que se utilice en base a parámetros de cobertura, ancho de banda y costos, es por ello e importante determinar la mejor opción que se sujete al ambiente de aplicación.

2.2. El Internet Y La Banda Ancha

Con la popularización de Internet en el mundo globalizado en el cual vivimos, ha hecho que en la actualidad traiga consigo una mayor demanda en el tráfico de la red de redes llamado Internet, tráfico que se deberá suplir en capacidad, calidad de servicio y convergencia de las aplicaciones modernas que están siendo utilizadas.

Pensando en ello que las operadoras de telecomunicaciones y en específico los ISP'S tratan de hacer sus mejores esfuerzos por satisfacer tal requerimientos, proporcionando redes de acceso que admitan grandes volúmenes de tráfico. Las redes de acceso de banda ancha juegan un papel destacado en el desarrollo de los nuevos servicios de Internet, que están ofreciendo nuevas formas de entrega y uso de los contenidos. Así, la Web 2.0, las redes sociales y el aumento de interactividad otorgan al usuario el papel central de protagonista, para convirtiéndose en un elemento clave de la innovación en servicios con las nuevas redes de acceso de banda ancha.

En general, las tecnologías de acceso de banda ancha han experimentado un aumento importante de prestaciones en los últimos años, consiguiendo que se pueda ofrecer todo tipo de servicios, incluso los más exigentes, como son la distribución de televisión, la descarga de contenidos o los juegos de alta interactividad. [4]

2.3. Redes De Acceso De Banda Ancha Para ISP'S

Ante la creciente demanda de ancho de banda (más velocidad) , y la exigencia más fuerte de las aplicaciones orientadas al Web y la intranet, es necesario desarrollar nuevas tecnologías de última milla que permitan entregarle a clientes residenciales y comerciales, conexiones dedicadas a Internet de alta velocidad y a precios razonables, tanto para el proveedor como para el consumidor [5]

2.3.1. Línea/Bucle de Abonado Digital (xDSL)

Las siglas xDSL (x-Línea de Suscripción Digital) agrupa a un conjunto de tecnologías, que permiten transmitir regímenes de datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico.

La banda ancha basada en DSL proporciona velocidades de transmisión que van desde varios cientos de kbps hasta varios Mbps. La disponibilidad y la velocidad del servicio DSL pueden depender de la distancia desde el sitio en donde será usado, a la instalación de la compañía proveedora más cercana. [6]

Las tecnologías DSL que se han presentado con despliegue comercial son:

- HDSL
- SHDSL
- ADSL
- VDSL

2.3.1.1. HDSL

HDSL (Línea de abonado digital de alta velocidad binaria) se desarrolló a finales de la década de 1980 por BellCore con objeto de ofrecer una forma más efectiva, desde el punto de vista del coste, para el envío de datos a la velocidad proporcionada por T1 (1,544 Mbps). Debido a la aparición de estas altas frecuencias, las características de atenuación limitan el uso de T1 para distancias de en torno a 1 km entre repetidores. Por

tanto, para muchos de los bucles de abonado se precisan uno o más repetidores, lo cual encarece la instalación y su mantenimiento.

En HDSL se hace uso del esquema de codificación 2B1Q para poder alcanzar una velocidad de datos de hasta 2 Mbps a través de dos líneas de par trenzado dentro de un ancho de banda que se extiende sólo hasta, aproximadamente, 196 kHz. Para conseguir esto se trabaja con distancias en torno a 3,7 km. [7]

2.3.1.2. SHDSL

El sistema SHDSL (Línea de abonado digital simétrica de alta velocidad), o su variante ANSI: HDSL-2, requiere un solo par y tiene mayor alcance que los sistemas HDSL monopar. Una de sus principales ventajas es su compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL, con los que pueden coexistir en el mismo mazo de pares. Además, existe una normativa sobre su implementación, con lo que los equipos de abonado y central pueden ser de distintos suministradores.

El SHDSL está diseñado para el transporte de datos de forma simétrica, a regímenes que se adaptan a las características del canal y que van desde 192 kbit/s hasta 2,3 Mbit/s (o desde 384 kbit/s hasta 6 Mbit/s sobre dos pares). [8]

Al ser una tecnología de muy reciente introducción (normativa aprobada en 2001), no se dispone de datos de despliegue fidedignos. Está previsto que en su versión TDM reemplace totalmente el mercado HDSL a corto plazo. En su versión ATM, todos los

suministradores de DSLAM incluyen en su oferta esta nueva interfaz para dar servicios simétricos (principalmente dirigido al mercado de PYMES y de teletrabajadores, como extensión de Redes de Área Local, acceso a servidores web, etc.)

2.3.1.3. SDSL

Aunque HDSL resulta atractiva para reemplazar las líneas T1 existentes, ello no es posible para abonados particulares ya que en HDSL se precisan dos pares trenzados y estos abonados disponen generalmente de un solo par. Así, SDSL (Línea de Abonado Digital Simétrica) se desarrolló para proporcionar a través de una única línea de par trenzado el mismo tipo de servicio que HDSL proporciona con dos. Como en el caso de HDSL, en SDSL se usa la técnica de codificación 2B1Q. Se emplea cancelación de eco para conseguir transmisión full-duplex a través de un único par.

2.3.1.4. ADSL

A pesar de ser concebido para una variedad de posibles aplicaciones, el objetivo principal del sistema ADSL (Línea de abonado digital asimétrica) hoy en día es brindar acceso a Internet a usuarios residenciales y a pequeñas empresas. Este tipo de abonados generalmente no requiere de un enlace de alta velocidad en sentido ascendente, ya que el carácter de los servicios a los que acceden habitualmente es tal que la cantidad de información que es necesario transmitir desde los servidores hacia los equipos de los usuarios es significativamente mayor que aquella en dirección contraria [9]

ADSL es la más conocida de una nueva familia de tecnologías módem diseñada para permitir la transmisión de datos digitales a alta velocidad a través de cable telefónico convencional. ADSL está siendo ofrecida por varios proveedores y se encuentra definida en una normalización ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).

El término asimétrico se refiere al hecho de que ADSL proporciona más capacidad de transmisión en el enlace descendente (desde la oficina central del proveedor hacia el usuario) que en el ascendente (desde el usuario hacia el proveedor). ADSL se orientó originalmente hacia las necesidades de recursos previstas en aplicaciones de vídeo bajo demanda y servicios relacionados. A pesar de que este tipo de aplicaciones no se ha materializado, la demanda de acceso de alta velocidad a Internet ha crecido desde la aparición de la tecnología ADSL. En general, el usuario precisa mayor capacidad en el enlace descendente que para la transmisión ascendente. Es por ello que la tecnología ADSL resulta muy apropiada para las necesidades de transmisión en Internet. [7]

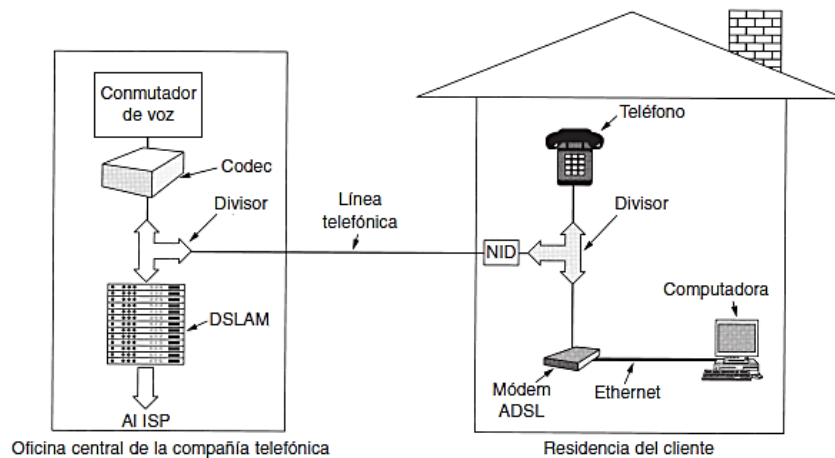


Figura 1 Estructura de conexión ADSL¹

ADSL, es una tecnología asimétrica que permite trabajar con transferencias de datos desde 640 kbps en sentido ascendente y de 8 Mbps en sentido descendente. El rango de frecuencias que utiliza esta tecnología es la del rango superior ocupada por el sistema telefónico convencional, logrando así la coexistencia sin interferencias. El sistema puede operar de dos maneras diferentes, la primera utilizando la cancelación de eco (ECO) y la segunda a través de la Multiplexación por División de Frecuencia (FDM).

En el primer caso, el rango de frecuencias utilizado por el canal descendente, en su parte inferior, se solapa con el del canal ascendente, como se muestra en la figura 2. Esta solución permite alcanzar mayores velocidades de transferencia de datos desde la central al abonado que con FDM (Multiplexación Por División de Frecuencia), pero se caracteriza también por ser altamente sensible a la paradiafonía (NEXT) y por la

¹ Fuente [20]

necesidad de implementar canceladores de eco. La recomendación ITU-T G.992.1 sugiere utilizar el rango de frecuencias entre 25,875 y 138 KHz para el canal de subida y entre 25,875 y 1.104 KHz para el canal de bajada.

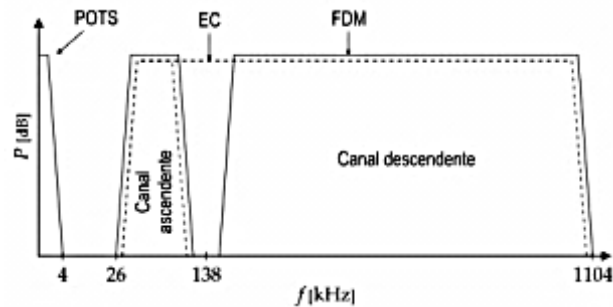


Figura 2 Utilización del espectro de frecuencias en redes ADSL²

TIPO	Velocidad Upstream	Velocidad Downstream	Tipo De Tráfico	Distancia Máxima
ADSL	16 a 640 kbps	1,5 a 8 Mbps	Asimétrico	2 a 3 Km
HDSL	1,544 y 2,048 Mbps	1,544 y 2,048 Mbps	Simétrico	3 a 4 Km
SDSL	1,544y 2048 Mbps	1,544 y 2,048 Mbps	Simétrico	6 a 5 Km
VDSL	1,6 a 19,2 Mbps	12,9 a 55,2 Mbps	Simétrico o Asimétrico	300m a 1 Km

Tabla 1 Velocidades de Transmisión en redes XDSL³

² Fuente [11]

³ Fuente [18]

2.3.2. Redes de Acceso Inalámbrico

Las tecnologías inalámbricas de espectro expandido trabajan en las bandas de uso libre del espectro electromagnético de 2,4 y 5,8 GHz, y permiten obtener velocidades de transmisión en enlaces punto a punto y punto a multipunto de hasta 54 Mbps. Estas redes por su fácil diseño, implementación y bajo costo son las más difundidas.

2.3.2.1. WLAN

Las redes WLAN (Rede Inalámbrica Área Local), consta con el estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b, 802.11g 802.11n), más conocida como WiFi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Científico y Médico) 902-928 MHz, 2.400-2.4835GHz, 5.725-5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con objeto de lograr redes de área local inalámbricas.

WiFi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa física (PHY) utilizando señales radio en lugar cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD, mientras que WiFi usa CSMA/CA. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b, hasta 54Mbps para 802.11a/g y hasta 300Mbps para 802.11n). [10]

2.3.2.2. Estándares de las Redes WLAN

2.3.2.2.1. Estándar 802.11a

El estándar IEEE802.11a trabaja en la banda de frecuencia de los 5GHz utilizando la técnica de transmisión OFDM. Da soporte a velocidades de transmisión de 6Mbps a 54Mbps y ocho canales no interferentes de 20MHz. Esta banda de frecuencia está menos saturada que la de 2.4GHz, lo cual es una ventaja, porque que la banda de 2.4GHz también es utilizada por algunos teléfonos inalámbricos, hornos microondas y equipos bluetooth. [10]

2.3.2.2.2. Estándar 802.11b

El estándar IEEE802.11b trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz utilizando el sistema de transmisión HR/DSSS; el uso de este estándar ahora es muy poco. Mediante el uso de la modulación CCK se da soporte a las velocidades de transmisión de 5.5Mbps y 11Mbps. Se cuenta con catorce canales (que pueden estar limitados a once o trece según el país) de 22MHz, de los cuales se pueden utilizar simultáneamente hasta tres de forma no interferente. [10]

2.3.2.2.3. Estándar 802.11g

El estándar IEEE802.11g fue desarrollado a raíz del importante problema de incompatibilidad entre los equipos de IEEE802.11a y IEEE802.11b. Además, la creación de este estándar atendía al interés en incrementar la capacidad de los equipos y

redes Wi-Fi. IEEE802.11g trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz, manteniendo además los mismos canales y modulaciones de IEEE802.11b, y añade el sistema OFDM (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) mediante el cual se soportan velocidades de transmisión de hasta 54Mbps. [10]

2.3.2.2.4. Estándar 802.11 n

El estándar IEEE 802.11n-2009 es una enmienda del IEEE 802.11-2007 para proveer con velocidades superiores a los estándares previos (802.11a and 802.11g) con un aumento significativo de 54 Mbit/s hasta 600 Mbit/s utilizando 4 flujos espaciales con un ancho de canal de 40MHz. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de 2 flujos espaciales en un canal de 40MHz. Dependiendo del entorno, esto puede transformarse a un desempeño visto por el usuario de 100Mbps. Los flujos se refieren al uso de MIMO (Entrada múltiple salida múltiple), un flujo de 2 se refiere a un MIMO de 2x2; muchas Interfaces 802.11n en el mercado ya permite hacer MIMO 2x2. [10]

2.3.2.3. Arquitectura de la Red Wifi

La arquitectura básica de una red Wifi es bastante sencilla. Eso es debido al hecho de que la arquitectura, a pesar de ser sencilla, es muy fácilmente escalable. La red Wifi está conformada de:

- **Punto de acceso (AP):** Es el dispositivo que gestiona la información transmitida y la hace llegar a destino. Asimismo, proporciona la unión entre la red Wi-Fi y la red fija
 - **Antena:** Las antenas son los elementos que envían al aire señales en forma de ondas electromagnéticas que contienen la información dirigida en el dispositivo de destino; y a la vez, captan del aire las señales de las cuales se extraerá la información que llega de otro dispositivo.
 - **Dispositivo externo Wi-Fi:** La tarjeta Wi-Fi es una tarjeta de red de área local que cumple la certificación Wi-Fi y permite por lo tanto la conexión de un terminal de usuario en una red 802.11.
 - **Antena de usuario y conector pigtail:** La antena de usuario proporciona la cobertura necesaria a un usuario para el acceso a la red Wi-Fi. El conector pigtail es un tipo de cable que conecta y adapta la tarjeta Wi-Fi y la antena del usuario.
- [10]

2.3.2.4. Topología De Una Red Wifi De Larga Distancia

2.3.2.4.1. Red Ad Hoc

Una red ad hoc es una red entre iguales (sin servidor central) establecida temporalmente para satisfacer alguna necesidad inmediata. La red LAN inalámbrica ad hoc y una LAN inalámbrica que proporciona ampliaciones

de LAN y acceso nómada. En el segundo caso, la LAN inalámbrica presenta una infraestructura estacionaria consistente en una o más celdas con un módulo de control para cada una; dentro de cada celda pueden existir varios sistemas finales estacionarios. Las estaciones nómadas se pueden desplazar de una celda a otra. Por el contrario, en una red LAN ad hoc no existe infraestructura; más aún, un conjunto de estaciones localizadas en el mismo dominio se pueden autoconfigurar dinámicamente para formar una red temporalmente. [7]

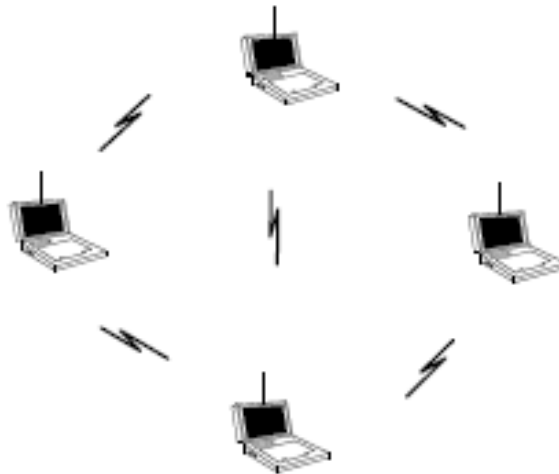


Figura 3 Red Ad Hoc⁴

⁴ Fuente [20]

2.3.2.4.2. Red Infraestructura

La topología de red IEEE802.11 más usada es el modo infraestructura. En ella todas las estaciones que forman parte de la red se comunican entre sí a través de un punto de acceso. De esta forma, las estaciones que se encuentran a demasiada distancia una de la otra pueden comunicarse a través de él. El punto de acceso puede además proporcionar acceso a redes exteriores. Los enlaces de la red troncal forman la red principal para la conexión de todos los clientes, está formado por los nodos repetidores. Los enlaces de la troncal generalmente son de largas distancias que puede ir desde 15km hasta unos 50Km; por lo que son enlaces punto a punto. Los enlaces de distribución son los enlaces para la conexión entre los clientes y la red troncal. Los enlaces de distribución pueden ser enlaces punto a punto; pero generalmente son enlaces punto a multipunto; se recomienda que la estación más alejada de un enlace punto a multipunto debe ser menor a 15Km, sino se tendría que considerar un enlace punto a punto. El rendimiento en los enlaces de distribución puede llegar hasta los 36Mbps; el rendimiento en cada enlace troncal puede llegar hasta los 18Mbps, y de extremo a extremo de la troncal se puede obtener entre 6Mbps y 9Mbps; el rendimiento dependerá de la distancia de los enlaces como de los equipos utilizados. Esto permite establecer una diferenciación funcional de tres tipos de nodos:

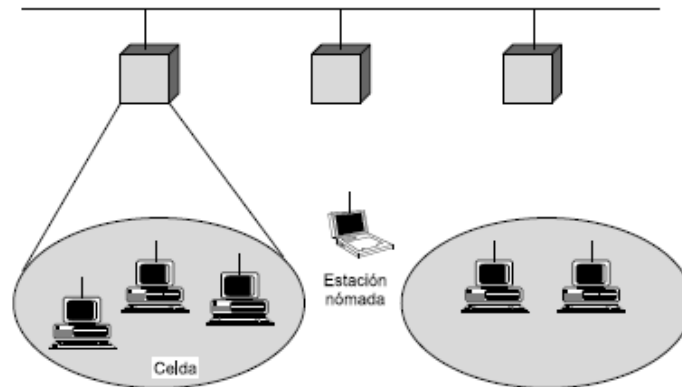


Figura 4 Red Infraestructura⁵

- **Repetidor:** Los distintos repetidores se unen formando la red troncal que se encarga de conmutar las comunicaciones con otras estaciones.
- **Estación Cliente:** Se encuentra en los puntos de servicio a usuarios. Suele tener conectado una computadora y un teléfono IP.
- **Estación Pasarela:** Es una estación dotada de conectividad final a Internet y a la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), permitiendo al resto de estaciones de la red inalámbrica acceder a través de ella a esas redes externas. Puede haber una o varias de estas estaciones en una red inalámbrica. El uso de más de una implica el uso de encaminamiento dinámico. Estas estaciones frecuentemente tendrán que desempeñar funciones como NAT (Traducción De Direcciones De Red) o cortafuegos. [10]

⁵ Fuente [20]

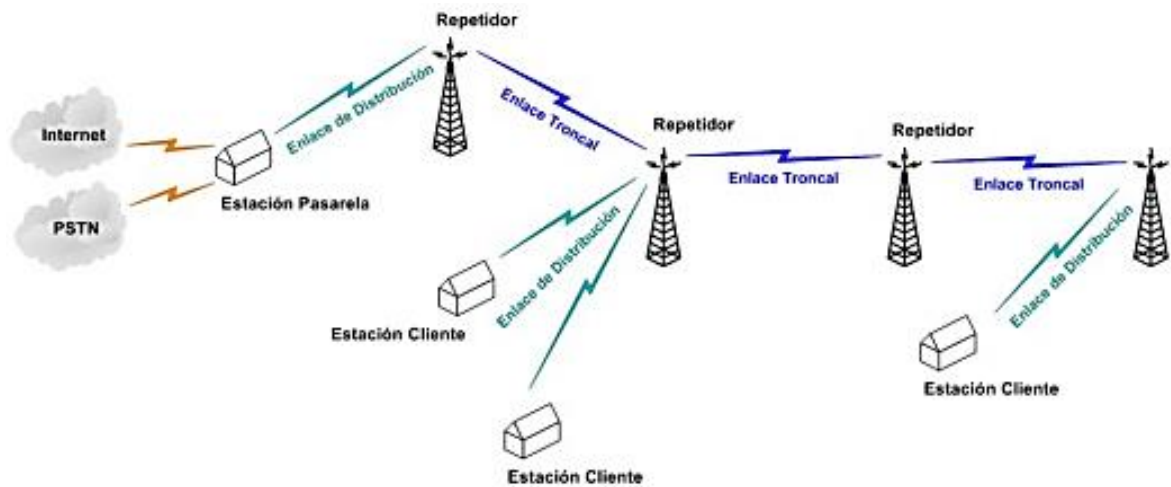


Figura 5 Topología de una red Wifi de larga distancia⁶

2.3.3. Redes HFC

Las redes HFC (Híbrido de Fibra y Coaxial), surgen con su aparición a finales de los años 80 cuando empezaron a funcionar las redes CATV con la arquitectura denominada HFC, como solución de mejora a las redes que solo funcionaban como cable coaxial que son redes de transmisión unidireccional (desde la central hacia el abonado), en HFC la transmisión es bidireccional.

Los sistemas del cable se diseñaron originalmente para entregar las señales de transmisión de televisión a las casas de los subscriptores, los sistemas del cable coaxiales normales operan a alrededor de 330 MHz a 450 MHz, pero las redes híbrido fibra coaxial modernas (HFC) operan cerca de 750 MHz o aún más. Cada canal de televisión ocupa un 6 MHz del espectro de RF (8 MHz considerando la separación entre

⁶ Fuente [10]

canal y canal); así, los sistemas viejos pueden manejar sólo 60 canales. Los nuevos sistemas pueden manejar en descendente desde 86 MHz hasta 862 MHz de ancho de banda y 110 canales o más y desde 5 MHz hasta 65 MHz para el canal ascendente. Los cables también pueden llevar un canal análogo de video, cinco canales digitales, un canal de datos de 30 Mbps compartido por cable módems o 384 conversores de voz digitalizada. [11]

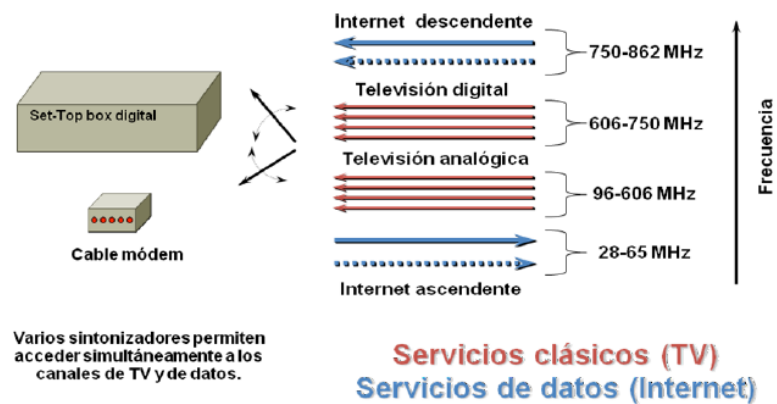


Figura 6 Banda de frecuencias de operación de la red HFC⁷

SERVICIO	BANDA (MHz)	ANCHO DE BANDA (MHz)
Supervisión de la Red (Uso reducido por el ruido)	5-25	20
Reserva	25-28	3
Datos (Internet)	28-40	12

⁷ Fuente [12]

Banda de Guarda	40-42	2
Señalización Interactiva (Pago por Ver)	42-45	3
Datos (Internet)	45-52	7
Banda de Guarda	52-54	2
Datos (Internet)	54-65	11

Tabla 2 Banda de frecuencias de operación de la red HFC⁸

2.3.3.1. DOCSIS

DOCSIS (Especificación de Interfaz de Datos Sobre Servicios de Cable), es el estándar que permite transferencia de datos de alta velocidad en un sistema de televisión por cable (CATV), los operadores de televisión por cable, lo utilizan para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC existente. Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable.

La versión 1.0 fue publicada en marzo del año 1997, permitiendo el acceso a Internet de banda ancha con interoperabilidad logrando tener tasas de transmisión de 4 Mbps y 10 Mbps en los canales ascendente y descendente respectivamente.

La versión 1.1 lanzada en abril del año 1999 permite brindar servicios dinámicos, modificándose los flujos de datos de acuerdo a un conjunto de mensajes que se

⁸ Fuente [8]

intercambian a nivel de capa dos entre el CMTS (Sistema de Terminación de Cablemódems) y CM (Cablemódems). También maneja calidad de servicio (QoS) con la respectiva clasificación de los paquetes de acuerdo al origen como son voz, video o datos. De la misma manera aparece la fragmentación en la capa MAC, lo que permite al CMTS instruir al CM de cómo se debe fragmentar un flujo de datos en unidades más pequeños.

Con la aparición de DOCSIS 2.0 permite la aplicación de ancho de banda del canal de upstream de 6,4 MHz, con tasas de transmisión de 30 Mbps y 40 Mbps en los canales ascendente y descendente respectivamente.

Finalmente DOCSIS 3.0, mediante la técnica de channel bonding el ancho de banda disponible se optimiza, los canales transmitidos (6 o 8 MHz) se unen de manera lógica, estos canales pueden ser utilizados de manera simultánea como downstream como Upstream; respecto a la seguridad tiene una mejora al utilizar 128 bits, del mismo modo admite el poder trabajar con IP V6. [12]

2.3.3.2. Arquitectura De Una Red HFC

La arquitectura de una red HFC, está constituida de cuatro partes bien diferenciadas como se puede apreciar en la figura 7, las cuales son:

- La cabecera
- La red troncal

- La red de distribución
- La red acometida de los abonados

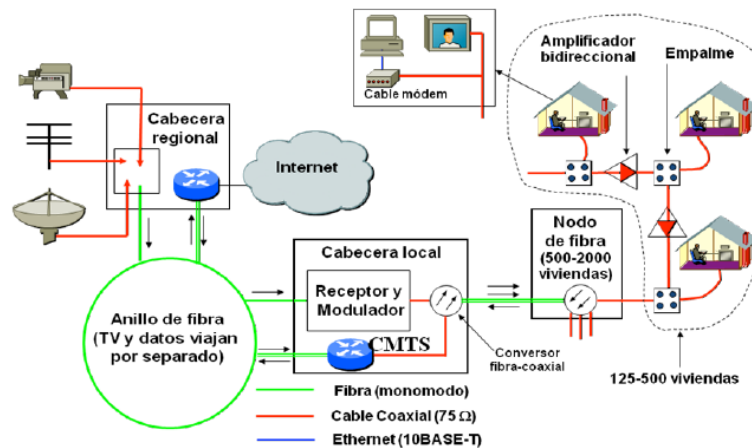


Figura 7 Arquitectura de la red HFC⁹

2.3.3.2.1. La Cabecera

Es el centro de la red que agrupa la combinación de cable y fibra, la cabecera es el gobierno de todo el sistema y es la que se encarga de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. HFC es una tecnología de telecomunicaciones en la cual el cable de fibra óptica y el cable coaxial se utiliza en diversos tramos de la red para transportar el contenido de banda ancha (tales como video, datos y voz) [4]

⁹ Fuente [4]

2.3.3.2.2. La Red Troncal

La red troncal es la encargada de repartir la señal compuesta, generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. [4]

2.3.3.2.3. La Red de Distribución

Se encarga de llevar la señal que viene desde la cabecera a los usuarios, está compuesta dispositivos de distribución hasta llegar al cliente final. La mayoría de los elementos que la componen son activos como el nodo óptico, fuente de poder, amplificadores e inactivos los divisores de señal; por una estructura tipo bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes de la red abonado o usuario al interior del hogar

2.3.3.2.4. La Red Acometida De Los Abonados

Es la instalación interna del edificio, el último tramo antes de la base de conexión. Es una de las tareas más esenciales por estética, buena instalación y de ahí depende que el usuario le llegue una buena señal.

2.3.4. REDES FTTx

La tendencia actual de las redes de datos es a la convergencia en sus servicios lo que demanda la tecnología multimedia que provean conectividad con gran ancho de banda como son los servicios de triple play (voz, video y datos) hacia el hogar, oficinas, negocios, y es a lo que hoy permite la tecnología PON con los que se ha denominado como FTTx que son redes totalmente pasivas y que forman una topología distinta dependiendo del punto de terminación de la red; donde la X simboliza los distintos puntos de terminación de la red, lo que da lugar a los distintos nombres de estas topologías.

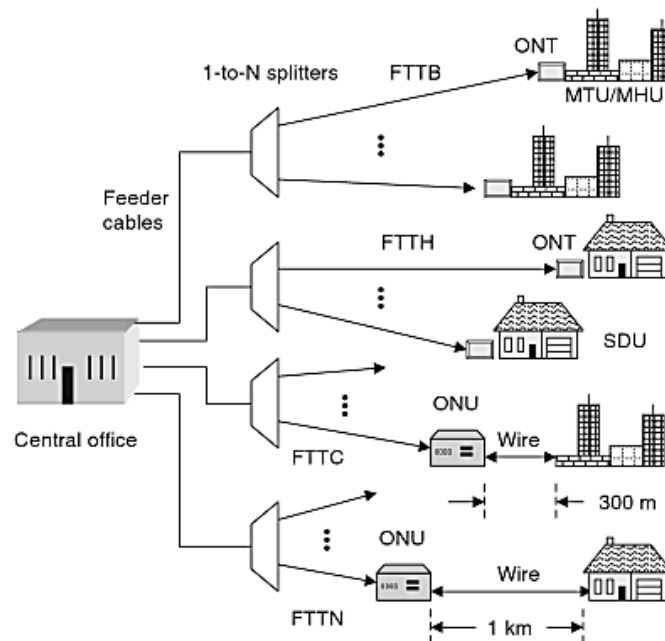


Figura 8 Esquema de la red FTTx¹⁰

¹⁰ Fuente Keiser, G, FTTX , Concepts and Applications Second Edition, 2011

La cobertura de este tipo de redes se encuentra alrededor de los 20 Km, permitiendo manejar combinaciones simétricas y asimétricas de velocidades tanto de bajada como de subida:

- 155 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 155 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 2,4 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).

2.3.4.1. Clasificación De Las Redes FTTx

2.3.4.1.1. Redes Fttb

Este tipo de red trata de llegar con cometidas de fibra óptica hasta el interior del edificio residencial o de negocios, en donde existe una única ONU para todo el edificio, de forma que la parte de cobre restante no supera los 500 metros y el número de usuarios que comparten la misma ONU se encuentran entre 8 a 16. [13]

2.3.4.1.2. Redes Fttth

La red FTTH (Fibra hasta el hogar) se ha presentado como la arquitectura ideal para desplegar el tendido de fibra óptica desde la oficina central hacia el hogar del cliente con alta velocidad de transmisión de datos, voz, y video de alta calidad.

FTTH es una red pasiva, hay ausencia de componentes activos entre la ODN lo que minimiza el mantenimiento de la red

2.3.4.1.3. Redes Fttc

En la red FTTC (Fibra hasta la manzana), se trata de compartir la ONU y el tendido final de fibra por parte de varios abonados de una misma manzana o área residencial de pequeña extensión y la parte restante de cobre no deberá superar los 500 metros, el número de usuarios que comparten la misma ONU que oscila entre 16 a 32 clientes. [13]

2.3.4.1.4. Redes Fttn

La arquitectura FTTN (fibra óptica hasta el nodo) o también fibra óptica hasta el vecindario. Es cuando la fibra óptica termina en una cabina o en un armario de la calle, más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB. El último tramo hasta el usuario es a través de cable coaxial o par trenzado (xDSL). Habitualmente el área que cubre es de menos de 1500 metros de radio, puede dar servicio a unos cuantos miles de clientes. [14]

CAPÍTULO III

TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN – ACCESOS PON.

3.1 Introducción

La red PON (Red Óptica Pasiva), es la red punto multipunto que utiliza elementos pasivos desde la oficina central hasta el usuario, lo cual se presenta como atractivo y prometedor para ser utilizada como red de acceso para los ISP'S en comparación con las diferentes alternativas presentadas en el capítulo dos, sumándole a ello las diferentes posibilidades de las altas capacidades de sus canales tanto ascendentes como descendentes, siendo estos simétricos y asimétricos que sirven para transmitir la información como puede ser voz, datos y video al mismo tiempo cumpliendo la característica de redes convergentes, utilizando el medio de transmisión fibra óptica desde el punto de origen hasta el cliente con cobertura de hasta 20 kilómetros sin la utilización de amplificadores, y de fácil escalabilidad.

El nacimiento de las Arquitecturas de Redes PON da sus inicios en el año 1998 cuando el grupo de estudio 15 ITU empieza a desarrollar la recomendación ITU-T G.983.1, se acuña los términos de BPON y APON, seis años después en el 2004 la IEEE libera el estándar EPON, y en el año 2007 se empieza a trabajar en 10 Gigabit Ethernet PON liberando el estándar ITU-T G.984.5

3.2 Estructura de la Red PON

La arquitectura de las redes PON, consiste en un terminal de línea óptica (OLT), localizado en la oficina central, unidades de red ópticas (ONU'S) situadas en cada uno de los abonados y como infraestructura de la red de acceso que se encuentra entre estas dos la ODN (Red de Distribución Óptica) como se presenta en la figura número 9

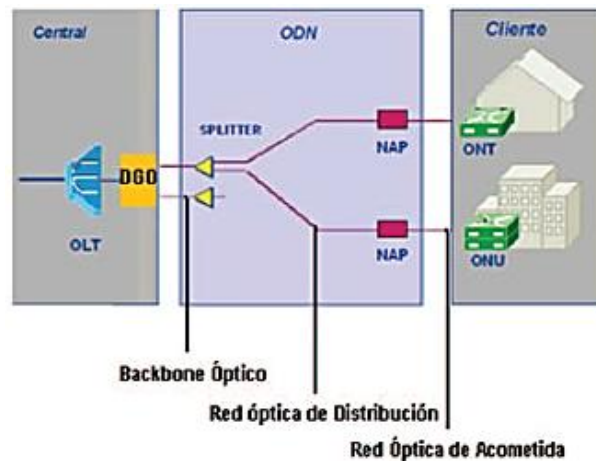


Figura 9 Arquitectura de la red PON¹¹

3.3 Operación de Tecnología PON

El sistema de la red PON necesita interfaces que operen de manera bidireccional tanto para downstream y upstream.

En el canal descendente la red se comporta como topología punto a multipunto por la división realizada mediante los splitter's y esta transmisión es garantizada por TDM,

¹¹ Fuente C. O. A. Aguilar, *Tesis Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON*, Guayaquil, 2013

cada ONU filtra la información que es enviada por la OLT de manera continua, de tal manera que accede a la información que le corresponde.

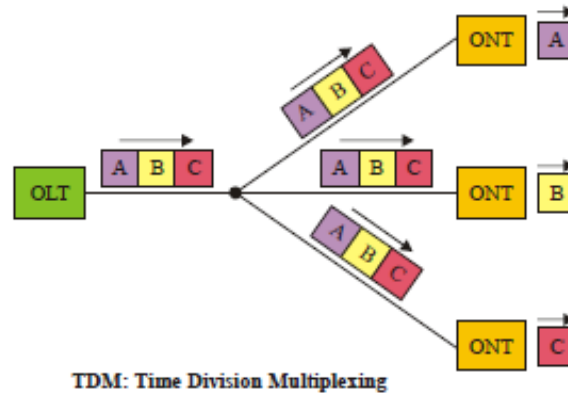


Figura 10 TDM Multiplexación por división de tiempo¹²

El canal ascendente la red GPON es topología punto a punto, cada uno de los abonados a través de su respectivo ONT convergen hacia el mismo OLT utilizando TDMA, en este recorrido los datos son transmitidos por medio de slots de tiempo por la OLT, en el que se requiere un estado de sincronismo muy preciso para evitar colisiones y por medio de DBA se mapea el ancho de banda para cada ONT [15]

¹² Fuente C. O. A. Aguilar, *Tesis Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON*, Guayaquil, 2013

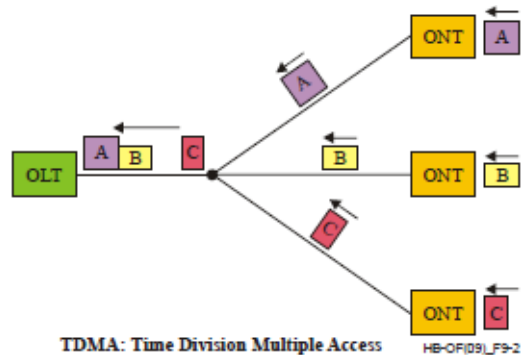


Figura 11 TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo¹³

En el canal descendente los datos son transmitidos en 1490 nm de longitud de onda, en el canal ascendente son transmitidos a 1310 nm de longitud de onda. En lo que corresponde a video es transmitido a 1550nm de longitud de onda.

3.4 Tecnologías de Redes PON

En respuesta a la cada vez mayor demanda de ancho de banda y redes avanzadas servicios de residencial, así como a los clientes empresariales, las redes ópticas pasivas (PON) en la última década se han convertido en una tecnología de acceso madura que oferta flexibilidad, amplia cobertura.

PON emplea un (P2MP) arquitectura física de punto a multipunto, en esta arquitectura,

¹³ Fuente C. O. A. Aguilar, *Tesis Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON*, Guayaquil, 2013

un terminal de línea óptica (OLT) se encuentra conectada y compartida por la red óptica con múltiples unidades (ONU'S) a través de un divisor óptico pasivo. El tráfico en sentido descendente se envía desde OLT'S, utilizando una longitud de onda de 1490 nm, y el tráfico ascendente desde las ONU se realiza en un 1310 nm de longitud de onda. En algunos PONS, la señal de vídeo analógica se sigue realizando en el 1550 nm de longitud de onda, aunque la mayor parte de la señal de vídeo analógica hoy ha sido reemplazada por señal de vídeo Digital. La conexión del OLT y las unidades ONU'S se llama red distribución óptico (ODN). En el lado del usuario, la unidad ONU ofrece uno o más puertos a través de su interfaz de red de usuario (UNI), en el lado del OLT la interfaz de red de servicio (SNI) más común utilizado hoy en día son la interfaz Gigabit Ethernet y el SONET.

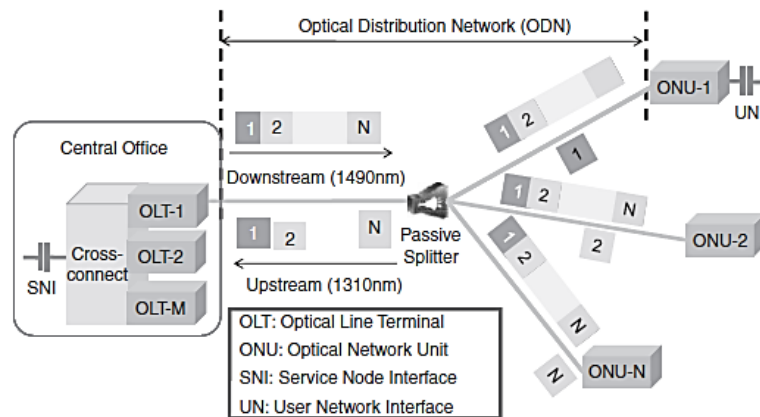


Figura 12 Arquitectura de la Red PON¹⁴

¹⁴ Fuente L. G. Kazovsky, N. Cheng, W.-T. Shaw, D. Gutierrez and S.-W. Wong, Broadband Optical Access Networks, New Jersey: Wiley, 2011, p. 301

3.4.1 APON

A-PON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Servicio completo de acceso de red), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB/C (fibra al edificio/a la acometida) y FTTCab. La transmisión de datos en el canal de bajada se da por una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para la identificación del equipo generador (ONU o unidad óptica del usuario). Estas ráfagas van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de usuarios que estén conectados al nodo óptico, es decir al número de ONU'S existentes. Para el canal de subida, la trama está compuesta por 54 celdas ATM en las cuales hay dos celdas PLOAM (Capa física operación de administración y mantenimiento) que están destinadas para tener información de los destinos de cada celda y también información para efectos de operación y mantenimiento de la red. Entre las

Tecnologías PON existentes, la APON es la que más características en cuanto a OAM (operación y administración) ofrece. [16]

3.4.2 BPON

BPON (PON de Banda Ancha) es un estándar basado en APON. Aumenta soporte para WDM y para distribución de ancho de banda upstream más grande y dinámico con longitudes de 20km. Los niveles de potencia (A, B Y C). Y permitió hasta 32 ONT, con capacidades de downstream: 155,622 y 1244 Mbps y Upstream: 155 y 622 Mbps.

Las longitudes de onda asignadas en los canales ascendentes y descendentes para BPON se fijó en 1260-1360 nm (1.310 ± 50 nm) y 1480-1580 nm (1530 ± 50 nm), respectivamente. Un centenar de nanómetros de ancho de banda de ventana era seleccionada para dar suficiente ancho de banda después de tomar en cuenta el efecto de la dispersión de la fibra. En respuesta a la apremiante demanda de transmisión de video y datos, sin embargo, BPON añade una banda adicional descendente en la banda original G.983.1 DS

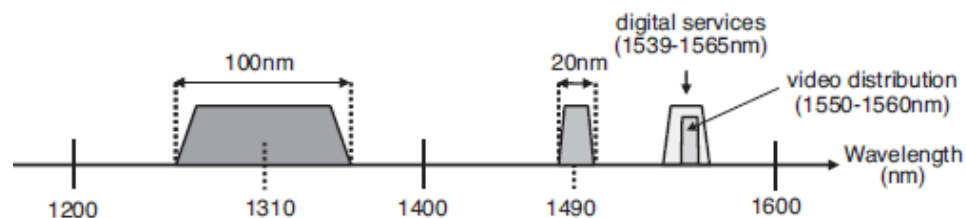


Figura 13 Longitudes de Onda redes BPON¹⁵

Estas longitudes de onda también se utilizan para los sistemas de GPON. Dos opciones de banda mejora proporcionan la capacidad de llevar a superposiciones de TV analógica

¹⁵ Fuente L. G. Kazovsky, N. Cheng, W.-T. Shaw, D. Gutierrez and S.-W. Wong, Broadband Optical Access Networks, New Jersey: Wiley, 2011, p. 301

de 1550 a 1560 nm de longitud de onda, y para servicios digitales adicionales tales como SONET / SDH enlaces para servicios TDM con grandes anchos de banda de 1539 a 1565 nm de longitud de onda.

El protocolo de señalización de BPON se basa en ATM ya que las operadoras de telecomunicaciones de redes han tenido una amplia infraestructura de conmutación ATM cuando se estaba desarrollando el estándar ITU G.983. Además de ser una tecnología antigua, ATM también permite la gestión del tráfico escalable y robusto a través del QoS (Calidad de Servicio), es por ello que BPON está muy estrechamente relacionado con ATM [17].

3.4.3 GPON

El estándar ITU-T G.984 denominado GPON (Gigabit PON), es una evolución del estándar BPON. Soporta tasas altas, seguridad mejorada y elección del protocolo de capa 2 (ATM, GEM, Ethernet). Permite la transmisión de celdas ATM y de paquetes Ethernet sobre el mismo sistema y sobre la misma red física.

GPON no es sólo una mejora de BPON, también incrementa la tasa de transmisión hasta 2.48 Gbps downstream y 1.24 Gbps upstream para ATM y 1Gbps para Ethernet, esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario dependiendo de factores importantes tales como el número de usuarios y de la calidad de

los equipos que se usen, entre otras también incrementó una categoría de potencia (C+), trabaja con hasta para 64 ONT'S y mejora la seguridad con el estándar de cifrado avanzado AES (Estándar de Encriptación Avanzada) [16]

3.4.4 GEAPON

Gigabit Ethernet – PON, Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Red Óptica Pasiva. Este sistema facilita en gran medida la llegada con Fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.

IEEE 802.3ah especifica un protocolo de control multipunto. dos capas físicas dependientes del medio para 10 y 20 km, usando 1310nm, 1490nm y 1550nm con tasas de datos de 10,100 y 1000 Mbps. Tazas de spliteo de 1:16 y 1:32. [16]

3.4.5 EPON

El estándar IEEE 802.3ah, como el resto de los estándares IEEE 802.3, se centran exclusivamente en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI (Interconexión de sistemas abiertos). IEEE 802.3ah especifica la arquitectura EPON en términos de su medio dependientes de la capa física, especificación de protocolo P2MP, la codificación física.

Respecto a los rangos de operación de longitud de onda es el mismo que para BPON (es decir, desde 1260 hasta 1340 nm en el canal ascendente y desde 1480 hasta 1500 nm para el canal descendente [17])

3.4.6 10-GEAPON

IEEE P802.3av 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON) es un grupo de Tarea para 10 Gbps, compatible con los estándares anteriores, con 802.3 ah EPON. 10G-EPON usará longitudes de onda separadas por 10G y 1G para Downstream. 802.3av continuará usando una única longitud de onda para 10G y 1G upstream con separación TDMA. [17]

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL DISEÑO DE LA RED GPON PARA EL ISP TRONCALNET EN EL CANTÓN CAÑAR

4.1 Antecedentes de la Propuesta

La Empresa TroncalNet permisionaria del Servicio de Valor Agregado desde sus inicios de operación en el cantón la Troncal, y actualmente en el cantón Cañar y el Tambo lo viene realizando a través de redes de radio enlace.

En la actualidad surge la demanda de parte del mercado de las telecomunicaciones de mayores capacidades de ancho de banda y calidad en el servicio brindado, conscientes de los inconvenientes que presentan las comunicaciones con radio enlaces respecto a interferencias, saturaciones y pérdidas de señal, existe la buena voluntad de los Administradores de TroncalNet para que se implemente la red GPON en el Cantón Cañar lo que contribuirá para ser más competitivo en el mercado local con en el mejoramiento de sus servicios prestados a través del ISP

4.2 Justificación

En el mercado de las telecomunicaciones y puntualmente en el servicio de Internet en Ecuador ha tenido un amplio avance tecnológico, por lo que TroncalNet como SVA y a través de este proyecto ha visto la necesidad de mejorar su infraestructura de la red

actual de radio enlace hacia el sistema de red cableada de fibra óptica con tecnología GPON, lo que permitirá eliminar el cuello de botella que se presenta en la última milla de la red de acceso, y ser competitivo en el cantón Cañar, cumpliendo con las expectativas de sus clientes respecto al ancho de banda y calidad en servicio prestado, con la posibilidad futurista de tener nuevas aplicaciones y servicios por ofrecer a través del mismo medio de fibra óptica.

4.3 Consideraciones Iniciales Para el Diseño de la Red GPON en el ISP TroncalNet

Los abonados de los sistemas de redes de Internet de banda ancha en el mundo entero y en el caso específico cuestión de nuestro estudio e investigación en el Cantón Cañar día tras día existe la demanda y exigencia de parte de los clientes de tasas más altas de velocidades de transmisión tanto de bajada como de subida para satisfacer sus necesidades; actualmente disponen de hasta 3072 Kbps compartido, éstas tasas de ancho de banda la tecnología GPON ITU-T G.984 GPON soporta hasta 2,4 Gbps de bajada y hasta 1,2 Gbps de subida por cada uno de sus puertos PON .

El tráfico actual de Internet que cursa a través de la red de acceso de radio enlace el mismo que ve reflejado en el tráfico que se encuentra cursando por router principal de marca Mikrotik modelo CCR1036-12G-4S, éste tráfico se encuentra en 80 Mbps el mismo que se visualiza en la siguiente figura.

Interface List											
Interface Ethernet EoIP Tunnel IP Tunnel GRE Tunnel VLAN VRRP Bonding LTE											
Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac...	Rx Pac...	Tx Drops	Rx Drops	Tx Errors	Rx Errors	
R ether1	Ethernet	1590	6.3 Mbps	80.0 Mbps	5 358	8 019	261	0	0	0	
ether2	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
::: CACHE											
R ether3	Ethernet	1590	15.2 Mbps	21.2 Mbps	3 099	3 342	34	0	0	0	
R ether4	Ethernet	1590	40.3 Mbps	2.4 Mbps	3 932	2 489	39	0	0	0	
ether5	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
R ether6	Ethernet	1590	16.2 Mbps	1648.1 k...	2 057	1 624	32	0	0	0	
R ether7	Ethernet	1590	8.1 kbps	32.9 kbps	12	43	0	0	0	0	
R ether8	Ethernet	1590	27.2 Mbps	2.7 Mbps	2 696	2 077	26	0	0	0	
ether9	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
ether10	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
ether11	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
R ether12	Ethernet	1590	0 bps	23.1 kbps	0	26	0	0	0	0	
sfp1	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
sfp2	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
sfp3	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	
sfp4	Ethernet	1590	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0	

Figura 14 Tráfico total del ISP TroncalNet en Cañar¹⁶

La tendencia de los operadores ISP en el mercado de hoy y particularmente de TroncalNet en el cantón Cañar, es el de migrar sus antiguos sistemas de red de acceso de radio enlace por sistemas más robustos y confiables como son los sistemas de red de acceso a través de medio físico de fibra óptica en la zona urbana del cantón Cañar, lo cual permitirá en un futuro suplir los requerimientos de los abonados como es la convergencia de los servicios de telecomunicaciones y ser más competitivos frente a otras ISP'S que en la actualidad operan en el cantón Cañar.

El resultado de las encuestas realizadas refleja las necesidades insatisfechas en el mercado de las telecomunicaciones en el cantón Cañar, las encuestas han aplicadas a los clientes actuales del servicio de Internet de TroncalNet en la zona urbana del cantón

¹⁶ Fuente: Investigador en base al tráfico que cursa en el router principal del ISP TroncalNet en Cañar

Cañar, los resultados indican que conscientes están de los beneficios que presentará la red de acceso de Fibra Óptica y que ello conlleva a tener un servicio de calidad y que permita tener mayores anchos de banda con proyecciones futuras de obtener los servicios de Duo Play y Triple Play. Así mismo del análisis de la base de datos de clientes actuales, y de los potenciales clientes de la zona urbana del cantón Cañar; la propuesta del diseño contemplará las zonas mayor pobladas, como se visualiza en la siguiente figura.



Figura 15 Zona Urbana del cantón Cañar¹⁷

¹⁷ Fuente: Dirección de Planificación de GADICC

4.4 Estructura De La Red GPON

La red GPON es una red totalmente pasiva en todo lo que la conforman, y se encuentra contemplada básicamente por: splitter's ópticos, cable de fibra óptica y elementos de protección de fusión y para derivación de ruta.

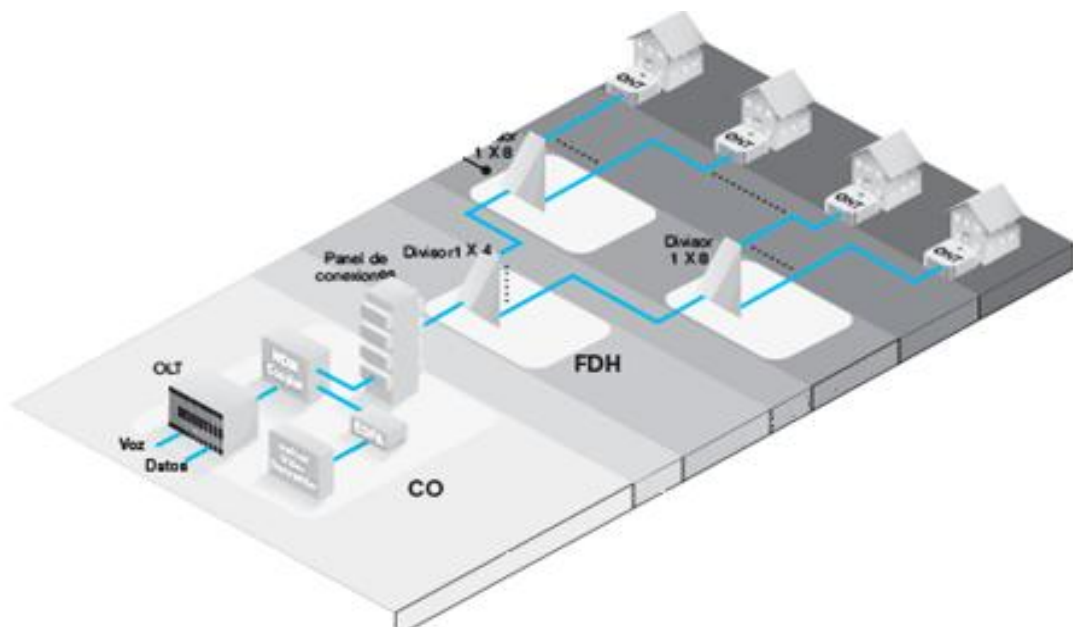


Figura 16 Estructura de la red GPON tecnología FTTH¹⁸

La estructura básica de la red GPON consta de tres elementos:

- OLT (Terminal de Línea Óptico): Ubicada en la central del proveedor de servicio o nodo óptico, es uno de los equipos activos de la red GPON que se encuentra en la oficina central del ISP, una de las principales funciones que tiene es la de permitir la distribución del acceso a la red a cada uno de los abonados del

¹⁸ Fuente: <http://www.instaladoresdetelecomhoy.com/procedimientos-de-pruebas-en-redes-ftth-fase-de-mantenimiento-i/>

proveedor de servicios, el OLT a través de sus puertos de uplink mantiene conexión hacia el tráfico Ethernet de la red, y en este puerto es en donde se realiza la conversión electro – óptico, para que ésta última atraviese la ODN y de esta manera llegue hacia el domicilio del abonado para su conexión hacia el ONT, éstos a su vez transmiten su tráfico como señales ópticas hacia el OLT, cerrándose de esta manera la comunicación existente entre OLT y ONT.

El OLT, está conformado de Interfaces GPON del tipo SFP (Transceptor Modular Óptico), cada uno de éstos admite hasta 64 abonados con un alcance de cobertura de hasta 20 Km, que trabajan con combinaciones simétricas y asimétricas de velocidades tanto de bajada como de subida:

- 155 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
 - 622 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
 - 1,2 Gbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
 - 155 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
 - 622 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
 - 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
 - 2,4 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
-
- ONT/ONU: Terminal/Unidad de Red Óptico, equipos que se encuentran en el cliente, es el elemento activo de las redes FTTX que se encuentra instalado junto a la roseta óptica en el lado del abonado, su función es recibir y filtrar la información procedente desde el OLT hacia un usuario en específico, de la

misma manera encapsula la información del usuario y se la transmite hacia su respectivo OLT.

Entre los servicios que presta la ONT al usuario se pueden incluir voz (POTS o VoIP), datos (típicamente Ethernet p V.35), video y/o telemetría (TTL, ECL, RS530). La ONT se encuentra conformada de interfaz óptica GPON, e interfaces metálicas RJ-45 10/100/100Base-T de acuerdo a su fabricante, con capacidades para transmitir de 1.244Gbps sentido upstream en modo ráfaga y receptor 2.488Gbps sentido downstream con longitudes de transmisión: 1310nm y 1490nm recepción.

- **Splitter's Óptico (Divisor):** que se encuentran en la planta externa, son elementos pasivos de la red FTTX, que se por lo general se encuentran ubicados en la ODN conformando la planta externa de la red de acceso, entre sus funciones principales constan la de multiplexar y demultiplexar las señales recibidas desde los ONT'S y OLT respectivamente. [18]

La desventaja que presentan los divisores ópticos es la introducción de pérdidas de potencia óptica al sistema, ésta se ve reflejada en la siguiente fórmula:

$$Atenuación_{m\acute{a}xima} = 10 \log(1/N)$$

Dónde:

N: Es el número de salidas del divisor óptico.

Taza	Máximo	Mínimo	Promedio
1x64	22.8 dB	15.7 dB	19.2 dB
1x32	18.6 dB	13.1 dB	15.8 dB
1x16	15.0 dB	10.8 dB	13.4 dB
1x8	11,4 dB	8.1 dB	9.7 dB
1x4	7,8 dB	5.4 dB	6.6 dB
1x2	4,2 dB	2.6 dB	3.4 dB

Tabla 3 Pérdidas introducidas por splitter's

La ODN de las redes GPON están conformadas de los siguientes elementos

ELEMENTOS
Fibra Óptica
OLT
ONT
ODF 12 puertos SC, 2 caratulas
Patch cord 3m SC UPC duplex G657
Rack abierto Starndar de 22"
Mangas de derivación para 24 hilos, fusión, 4 entradas
Caja terminal de abonado, 2 conectores SC
Cajas Externas
Splitter's 1:4
Splitter's 1:16
Conectores SC
Fibra Óptica Tipo Droop de 2 hilos G657
Fusionadora
Herrajería
Tendido
OTDR

Tabla 4 Elementos de la red GPON

4.5 Topologías de las Redes GPON

Las redes ópticas pasivas y principalmente la tecnología GPON son redes con topología punto – multipunto, como se aprecia en la siguiente esquema.

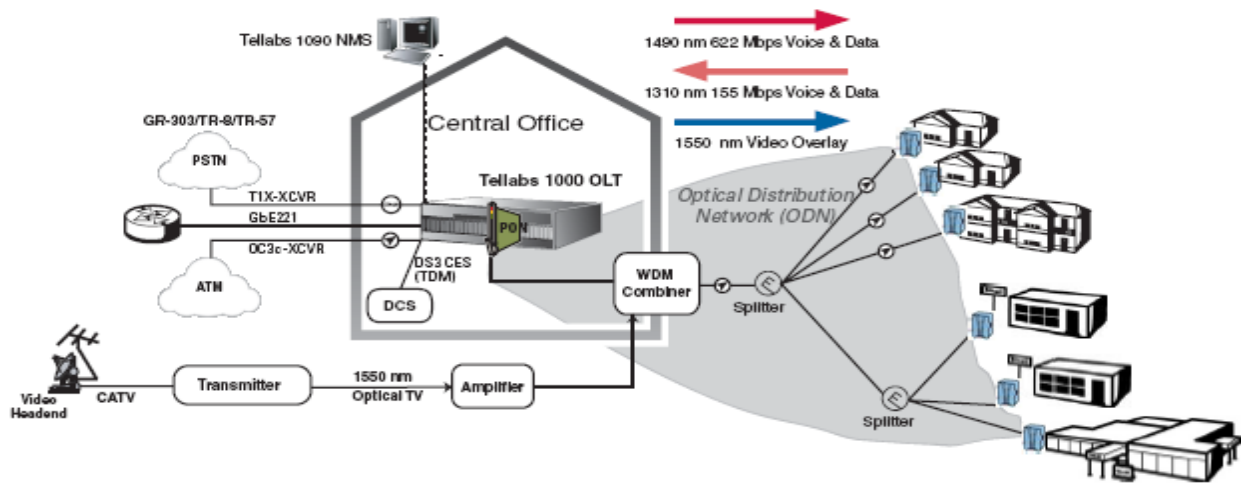


Figura 17 Topología de la red GPON¹⁹

Dónde los niveles y splitteo se pueden clasificar en:

- Splitteo centralizado (1:32 , 1:64)
- Splitteo distribuido (1:4, 1:8, 1,16)
- Splitteo de oficina central

¹⁹ Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Juan Pablo Beltrán.- 2015

4.6 Niveles De Potencia en las Redes GPON

La red de acceso PON soportará una atenuación máxima en base a la potencia máxima garantizada por el OLT menos la potencia mínima aceptada por la ONT

$$A_{max} = P_{OLT} - P_{ONT}$$

Para determinar los niveles de potencia para la ODN de las redes GPON se debe de tener presente que el alcance máximo de este tipo de red es de 20 Km, con un máximo de 64 usuarios por puerto PON de la OLT, sumándose a esto el coeficiente de atenuación típico de los cables de fibra óptica, atenuación por empalmes y atenuación por conectorización.

Los equipos activos se los clasifican en base a sus niveles de potencia admitidos y se los categoriza para las ODN'S.

Clasificación	Pérdida permitida para ODN
Clase A	5- 20 dB
Clase B	10-25 dB
Clase B +	13-28 dB
Clase C	15-30 dB
Clase C+	17-32 dB

Tabla 5 Tipos de ODN

4.7 Diseño de la Red Óptica GPON en la Ciudad De Cañar

4.7.1 Localización Geográfica

El cantón Cañar está situado al noroeste de la Provincia de Cañar. Está limitado al NORTE por la provincia de Chimborazo; al SUR por la provincia del Azuay y los cantones de Biblián y Azogues; al ESTE, por el cantón Azogues; y, al OESTE, por la provincia del Guayas. Cuenta una extensión de 1.751.20 Km². Siendo este el cantón con mayor extensión en la provincia, ocupando el 56.07 % del territorio provincial y una población de 59.323 habitantes. [19]

4.7.2 Análisis De Rutas

Para el tendido de la red de acceso de la red GPON se ha considerado para la selección dos rutas aéreas que circunden del cantón Cañar, con el afán de que se pueda cubrir la mayor área posible, éstas rutas van a estar en dependencia directa de la disponibilidad de los postes a alquilar por parte de la Empresa Centro Sur C.A.

- La primera ruta que está comprometida y que consta con disponibilidad de portería parte de desde la oficina central en donde se encontrará ubicado el OLT y más elementos activos de la red.



Figura 18 Primera ruta de la red de acceso²⁰

Los postes necesarios para esta ruta se encuentran en un número de 226 con una distancia aproximada de 4,35 kilómetros de distancia, la ubicación georeferenciada se tiene definida en la siguiente tabla.

UBICACIÓN										
LOCALIZACIÓN			LATITUD				LONGITUD			
Cantón / Ciudad	Parroquia	Dirección Oficina Central	g	m	s	N/S	g	m	s	E/O
Cañar	Cañar	Avenida 24 de Mayo y Javiera Nieto S/N (Referencia: 40m Iglesia San Clemente)	2	33	21.70	S	78	56	19.80	O
Cantón / Ciudad	Parroquia	Dirección Final Ruta	LATITUD				LONGITUD			
Cañar	Cañar	Avenida Ingapirca y Av. 24 de Mayo	2	33	16.45	S	78	56	19.81	O

Tabla 6 Ubicación Georeferenciada de la primera ruta

²⁰ Fuente: Investigador, basado en Google Earth 2014

- La segunda ruta cuya portería se encuentra disponible y comprometida para el alquiler consta de 247 postes con una longitud de 5. 58 kilómetros de distancia, que parte desde la oficina central y finaliza en la misma cerrando el anillo.



Figura 19 Segunda ruta de la red de acceso²¹

UBICACIÓN										
LOCALIZACIÓN DEL NODO			LATITUD				LONGITUD			
Cantón / Ciudad	Parroquia	Dirección	g	m	s	N/S	g	m	s	E/O
Cañar	Cañar	Avenida 24 de Mayo y Javiera Nieto S/N (Referencia: 40m Iglesia San Clemente)	2	33	21.70	S	78	56	19.80	O

Tabla 7 Ubicación Georeferenciada de la segunda ruta

²¹ Fuente: Investigador, basado en Google Earth 2014

De las dos rutas que se han analizado, la segunda es la más idónea para la implementación por la mayor cobertura en la zona urbana poblada del cantón Cañar, adicionalmente la confiabilidad que ésta brindará al sistema, así mismo por lo necesario que es el de cerrar el anillo de fibra en la misma oficina central con fines de aprovechar al máximo los hilos de fibra.

4.7.3 Diagrama Lógico de la Red

Aquí describiremos los tres elementos principales a utilizarse en la red GPON, proyectado al nuevo servicio que prestara el ISP TroncalNet en el cantón Cañar a sus clientes en la zona urbana.

En la oficina central se tiene la interconexión internacional de Internet la que se establece con CNT, luego dando paso al router principal de distribución del ISP TroncalNet que se conectara al equipo OLT, por medio del cual se podrá salir la conectividad del backbone principal de fibra formando un anillo en la zona urbana de Cañar, y se realizará la división para los usuarios mediante splitter's, finalmente de éstos saldrán los hilos de fibras para cada usuario final donde se conectarán las ONT'S en los diferentes domicilios de los abonados.

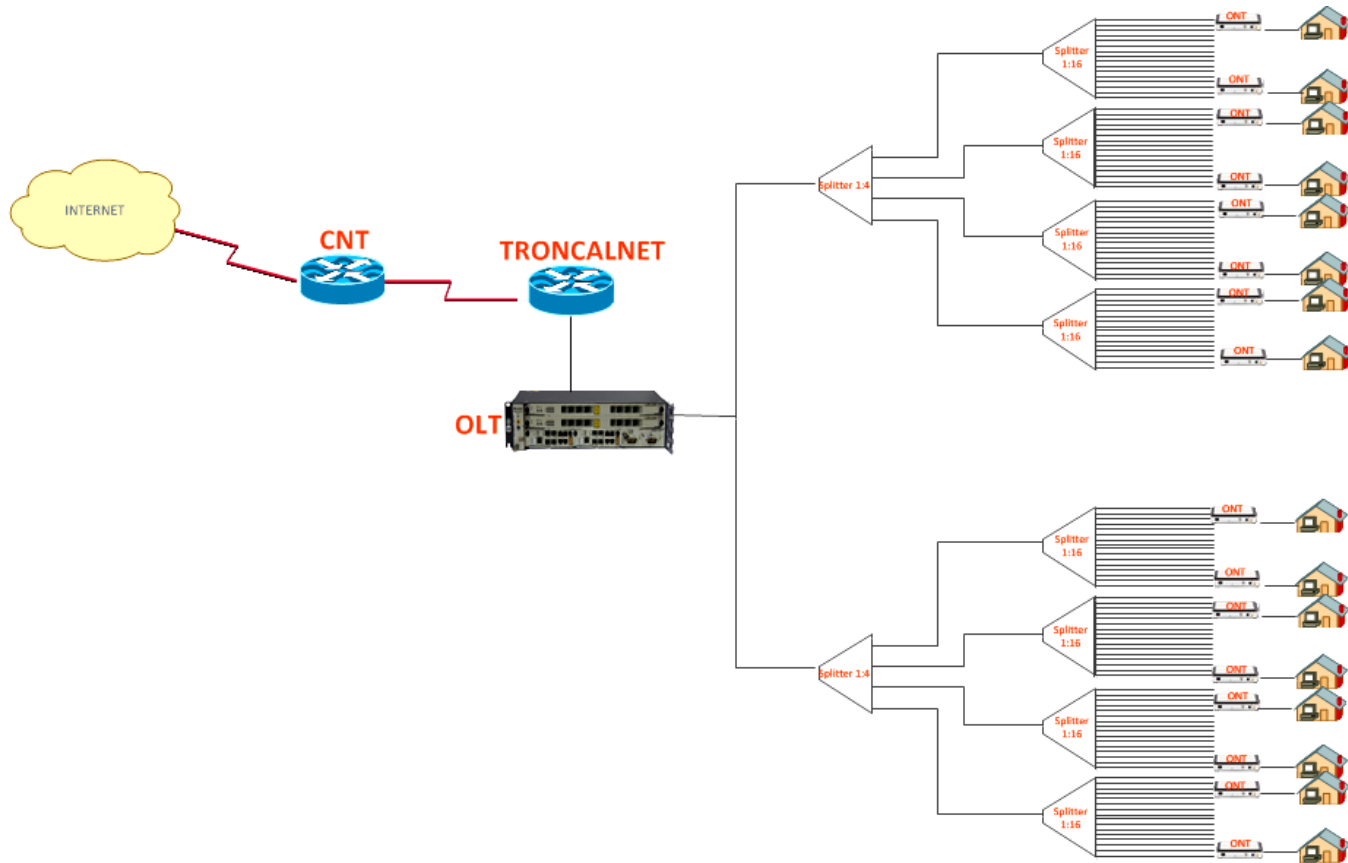


Figura 20 Diagrama Lógico de la red GPON para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar²²

²² Fuente: Investigador-2015, basado en Microsoft Visio 2010

4.7.4 Diagrama Físico de la Red

Luego del análisis, selección de la ruta, y de las consideraciones iniciales que se han planteado como requerimientos para el diseño de la red GPON para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar, se ha determinado que la topología más apropiada a utilizarse en el diseño es la de punto a multipunto entre el OLT y los ONT'S con splitteo distribuido como se aprecia en la figura 37

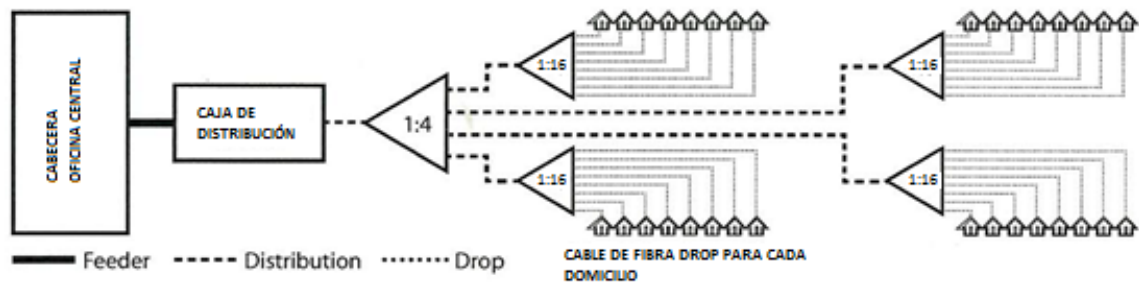


Figura 21 Esquema del diagrama físico de la Red GPON.²³

Los splitter's se encontrarán ubicados en la planta externa de la red, con una distribución de éstos en capacidades de 1 – 4 para los de primer nivel los que se encontraran conectados al backbone principal y éste último estará conectado a un puerto PON del OLT con una capacidad de tráfico de 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).

Los splitter's de 1 – 16 para el splitteo de segundo nivel se interconectaran a los de primer nivel, los mismos que serán colocados en los postes según la densidad poblacional de los clientes actuales y a la tasa de crecimiento futura de la población.

²³ Fuente: Diseño de Redes de Fibra Óptica, Juan Pablo Beltrán.- 2015

Para el cableado hacia el abonado se ha determinado utilizar una fibra óptica tipo droop de 2 hilos G657 el que posee la característica de insensibilidad a dobles que por lo general se suele presentar en el momento de la instalación, finalmente se tendrá conexión con el equipo activo ONU en el domicilio del abonado.

La distribución de los tres elementos principales de la red GPON para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar se visualiza en la figura 21



Figura 22 Diagrama Físico de la Red Gpon para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar²⁴

²⁴ Fuente: Investigador, basado en Google Earth 2014

Definido la topología física de la red en base a las consideraciones y requerimientos iniciales del apartado 4.3, se considera que son necesarios los elementos que presentan en las tablas 7 y 8 para la implementación de la red GPON para el ISP TroncalNet en el cantón Cañar.

Descripción	cantidad	Unidad
Fibra Óptica G.652 ADSS	8000	Metro
OLT	3680	Unidad
ONT	120	Unidad
ODF 12 puertos SC, 2 caratulas	1	Unidad
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	120	Unidad
Rack abierto Estándar de 22"	1	Unidad
Mangas de derivación para 24 hilos, fusión, 4 entradas	8	Unidad
Caja terminal de abonado, 2 conectores SC	120	Unidad
Cajas Externas	50	Unidad
Splitter's 1:4	8	Unidad
Splitter's 1:16	32	Unidad
Conectores SC	240	Unidad
Fibra Óptica Tipo Droop de 2 hilos G657	4000	Metro
Fusionadora	5500	Unidad
Herrajería		
Tendido	6000	Metro
OTDR	3000	Unidad

Tabla 8 Elementos Necesarios para la Implementación de la red GPON en el ISP TroncalNet en Cañar

HERRAJERIA	CANTIDAD	UNIDAD
Hebilla Ban-dit de ¾”	100	Unidad
Base Tipo (Pasantes Cónico) Para Cable F.O 24 Hilos ADS	100	Unidad
Preformado Curvo 3 Cero Para Fibra De 24 Hilos ADSS	160	Unidad
Maquina Para Cinta Ban-Dit	1	Unidad
Brazos de construcción de 1mt c/u	6	Unidad
Brazos de construcción de 1.50 m c/u	3	Unidad
Amarras plásticas negras DEXSON de 15”	800	Unidad

Tabla 9 Elementos de Herrejeria Necesarios para la Implementación de la red GPON en el ISP TroncalNet en Cañar

La distribución de splitteo de primer nivel se ha establecido en ocho puntos estratégicos para obtener una mayor cobertura que va acorde densidad poblacional de los abonados actuales.

UBICACIÓN										
LOCALIZACIÓN DE LAS MANGAS			LATITUD				LONGITUD			
N° CAJA	SPLITTER	Dirección	g	m	s	N/S	g	m	s	E/O
1	1:4	Calles Javiera Nieto y Guayaquil	2	33	22.80	S	78	56	22.36	O
2	1:4	García Moreno y Abdón Calderón	2	33	36.97	S	78	56	22.46	O
3	1:4	Tarqui y Chimborazo	2	33	44.10	S	78	56	23.61	O
4	1:4	Panamericana Sur Sector Terminal Terrestre Cañar	2	34	3.72	S	78	56	13.81	O
5	1:4	Carrera Cuenca y Calle S/N Sector Policía Nacional	2	33	59.77	S	78	55	59.82	O
6	1:4	Justiniano Crespo y Santa Rosa	2	33	42.01	S	78	56	0.74	O
7	1:4	Pinos y Orquídeas Cdla. El Vergel	2	33	20.54	S	78	56	11.25	O
8	1:4	Panamericana Central Y Avenida Ingapirca	2	33	15.12	S	78	56	22.19	O

Tabla 10 Distribución de los Splitter's en la ruta

N° CAJA	Dirección	LATITUD				LONGITUD			
		g	m	s	N/S	g	m	s	E/O
A	3 de Noviembre Y Chimborazo	2	33	44.09	S	78	56	23.64	O
B	Panamericana Sur y Calle S/N	2	33	58.23	S	78	56	18.41	O
C	Panamericana Sur Sector Terminal Terrestre Cañar	2	34	3.72	S	78	56	13.81	O
D	Carrera Cuenca y Calle S/N Sector Policía Nacional	2	34	59.72	S	78	55	59.96	O
E	Justiniano Crespo Cdla. Santa Rosa	2	33	46.05	S	78	55	59.87	O
F	Justiniano Crespo Y Puente Zaruma	2	33	25.78	S	78	56	3.22	O
G	Gonzalo Martínez Y Tiopamba	2	33	7.38	S	78	56	8.50	O
H	Panamericana Norte Y Avenida 24 de Mayo	2	33	9.18	S	78	56	18.08	O

Tabla 11 Distribución de las mangas de extensión

Desde cada una de las cajas de derivación detalladas en la tabla diez se aplicara el splitteo de segundo y tercer nivel con capacidades de 1 -8 o de 1 -16 lo que permitan llegar hasta las cercanías del domicilio del abonado para completar las 64 líneas de capacidad que el OLT admite en cada uno de sus puertos PON, también se ha proyectado dejar hilos de fibra óptica libres que cumplan la función de backup para mayor demanda de clientes y construcción mangas de extensión para nuevos conjuntos habitacionales, parroquias urbanas del cantón, los cuales se describen.

4.8 Cálculos Del Enlace

En la tabla número cinco se detalló las clases de ODN, en donde se especifican las pérdidas mínimas requeridas y máximas admitidas de las que dependen directamente

como parámetro principal en la selección de los equipos activos OLT y ONT para a red FTTH.

Para los cálculos del presupuesto óptico de la red tendremos que considerar los siguientes parámetros:

- Pérdida introducida por el cable de fibra óptica acorde a las ventanas de operación.

VENTANA	ATENUACIÓN (dB/km)
1310 nm	0.35
1490 nm	0.30
1550 nm	0.25

Tabla 12 Pérdida introducida en las ventanas de operación de la fibra óptica

- Pérdida introducida en los splitter's , detallado en la tabla número seis
- Pérdida por conectorización es de 0.5 dB por cada unidad
- Pérdidas por empalmes mecánicos y por fusión que corresponden a 0.5 dB y 0.1 dB respectivamente.

La pérdida total del enlace se obtendrá al aplicar la fórmula:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

Dónde:

A: Atenuación medida en dB

α : Coeficiente de atenuación de la fibra óptica medida en dB/Km

α_s : Atenuación por empalmes medida en dB

α_c : Atenuación por conectores medida en dB

X: Número de empalmes por enlace

Y: Número de conectores por enlace [20]

Con los cálculos del enlace para el mejor caso de abonados más cercanos y el peor caso de abonados que se encuentran a mayor distancia de la oficina central en donde residirá el OLT tendremos el tipo de ODN que admite la red.

Para el mejor caso se tiene:

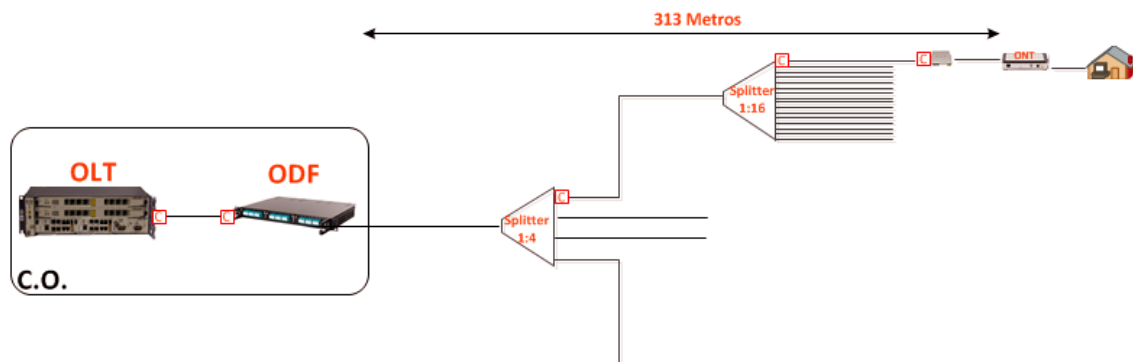


Figura 23 Cálculo del Enlace de pérdida mejor caso²⁵

²⁵ Fuente: Investigador-2015, basado en Microsoft Visio 2010

Distancia: 313 metros

Número de empalmes necesarios: tres

Número de conectores necesarios: cinco

Splitter 1-4: uno

Splitter 1-16: uno

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

$$A = (0.35 * 0.313 \text{ km}) + (0.1 * 3) + (0.5 * 5)$$

$$A = 2.99 \text{ dB}$$

Al valor de atenuación calculada se considerará la pérdida promedio introducida por los splitter's de 1-4 y de 1 -16 los que constan en la tabla número seis obteniendo una pérdida total de 25.79 dB.

Para el peor caso se tiene:

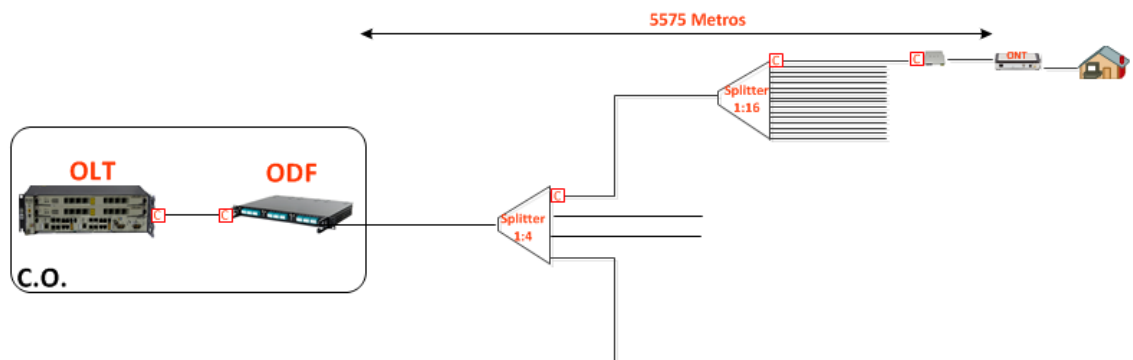


Figura 24 Cálculo del Enlace de pérdida mejor caso²⁶

²⁶ Fuente: Investigador-2015, basado en Microsoft Visio 2010

Para el caso de abonados más lejanos desde la oficina central en donde residirá el OLT hacia los abonados se tiene.

Distancia: 5575 metros

Número de empalmes necesarios: tres

Número de conectores necesarios: cinco

Splitter 1-4: uno

Splitter 1-16: uno

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$
$$A = (0.35 * 5.05km) + (0.1 * 3) + (0.5 * 5)$$

$$A = 4.75dB$$

Al valor de atenuación calculada se considerará la pérdida introducida por los splitter's de 1-4 y de 1 -16 se obteniendo una pérdida total de 27.55 dB.

4.9 Selección De Equipos

Para el diseño actual de la red GPON, se ha considerado procedente realizar una comparación entre las especificaciones técnicas de dos fabricantes tanto de ONT y OLT que serán tomadas de sus datasheet's respectivos.

Como requerimientos técnicos mínimos a cumplir el equipo OLT se tiene:

CARÁCTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
Puertos PON	8 Puertos PON
Splitteo	Tasa máxima de Splitteo 1:128
Ventanas de Operación	Ventanas 1310 nm y 1490 nm
Soporte de Triple Play	NO
Alimentación Eléctrica	AC: 100 ~ 240V, 47 ~ 63Hz
Compatibilidad	Si, Compatibilidad con equipos ONT de diferente marca
Velocidad de Transmisión	Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps
Administración Remota	SI, con SNMP, Telnet, CLI
Estándar	ITU-T G.984.2
Puertos Uplink	2 SFP 10GE

Tabla 13 Características técnicas mínimas requeridas para el OLT

Del presupuesto de pérdida obtenido en el diseño para la red de acceso GPON con el cliente más cercano y más lejano se encuentra entre 25.79 dB y 27.55 dB respectivamente, lo que se manifiesta que se encuentra dentro del rango admisible de la clase B+ .

De las características principales a cumplir el equipo OLT se comparan entre dos marcas para su selección:

ESPECIFICACIONES	OLT CDATA	ONL SUNTELECOM
Características Generales	Modelo: Chasis FD1508GS Puertos Uplink: 8 Puertos 10/100/1000M	Modelo: SUN-XPL-NG-GP08 Puertos Uplink: 8PuertosGE FX

	<p>auto-negociable 8 slots SFP 10GE1000BASE-TX interface) 2 SFP 10GE card (opcional)</p> <p>Puertos PON 8 Puertos PON ITU-TG.984.2Class B+</p> <p>Tasa Máxima se Splitteo 1:128</p> <p>Altura: 1U Dimensiones: 440mm X 391mm X 44mm (Longitud, Alto, Profundidad)</p> <p>Peso: 4 Kg</p> <p>Temperatura Ambiente (° C) : 0 ~ 55</p> <p>Temperatura de Almacenamiento: (° C) : -40 ~ 85</p> <p>Humedad Relativa: 5% ~ 90%, sin condensación</p> <p>Compatibilidad: No Soporta ONT'S de diferentes fabricantes</p>	<p>8Puertos GE TX, 2 Puertos 10GE SFP+</p> <p>Puertos PON 8 Puertos PON,</p> <p>Tasa Máxima se Splitteo 1:128</p> <p>Altura: 1U Dimensiones: 440mm X 44mm X 380mm (Longitud, Alto, Profundidad)</p> <p>Peso: ≤ 3 Kg</p> <p>Temperatura Ambiente (° C) : -15 ~ 55</p> <p>Temperatura de Almacenamiento (° C) : -40 ~ 70</p> <p>Humedad Relativa: 10% ~ 90%, sin condensación</p> <p>Compatibilidad: Soporta ONT'S de diferentes fabricantes</p>
Características Eléctricas	<p>Fuente de Alimentación</p> <p>AC: Entrada 90V ~ 240V, 47/63Hz</p> <p>DC:-36V ~ -72V</p>	<p>Fuente de Alimentación</p> <p>AC: 100 ~ 240V, 47 ~ 63Hz</p> <p>DC:-36V ~ -75V</p>

Características Funcionales	Estándar: ITU-T G.984.2 Capacidad de Transmisión Ventanas de 1310 nm y 1490 nm Velocidades de Transmisión Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps	Estándar: ITU-T G.984.2 Capacidad de Transmisión Ventanas de 1310 nm y 1490 nm Velocidades de Transmisión Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps
Protocolos Y Aplicaciones Soportadas	SNMP, Telnet, CLI IGMP	SNMPv1/v2/v3, STP, RSTP, MSTP Telnet, CLI IGMP V1/V2/V3 NTP

Tabla 14 Comparación de especificaciones técnicas de los equipos OLT'S

Una vez definido los equipos que formaran parte de la red de acceso GPON con tecnología FTTH se ha decidido utilizar el OLT de la marca Suntelecom modelo SUN-XPL-NG-GP08 por las características que este presenta en capacidades de ONUS que soporta, en las velocidades de subida y de bajada que soporta y en lo administrable que se presta, así mismo por la compatibilidad que tiene con equipos de otras marcas, y trabaja con el estándar ITU-T G.984.2

De la misma manera para los equipos activos ONT'S, se ha considerado factible realizar una selección en base a los siguientes requerimientos.

CARÁCTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
Estándar	ITU-T G.984.2
Clase	B +
Velocidad de Transmisión	Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps
Distancia para transmisión puerto Ethernet	100 m
Alimentación Eléctrica	12V DC, 12V 0.5A AC/DC
Tipos de Puertos	1 puerto GPON 4 puertos 10/100/1000BASE-TX

Tabla 15 Características técnicas mínimas requeridas para el ONT

La tabla número quince ilustra la comparación técnica y funcional de los dos marcas de ONT'S que se analizaron:

ESPECIFICACIONES	ONT CDATA	ONT SUNTELECOM
Características Generales	<p>Modelo: FD512H</p> <p>Puertos PON: 1 Puerto PON</p> <p>ITU-TG.984.2Class B+</p> <p>RJ45, Auto-MDI/MDI-X</p> <p>Distancia para transmisión</p>	<p>Modelo: SUN-XPT-NG-G04P2</p> <p>Puertos PON: 1 Puerto PON</p> <p>ITU-TG.984.2Class B+</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4×10/100/1000BASE-TX • 2×VOIP

	<p>puerto Ethernet</p> <p>100 m</p> <p>Dimensiones: 160mm(Longitud) x 120mm(Profundidad) x32mm (Alto)</p> <p>Peso: 0,2 Kg</p> <p>Temperatura Operación (°C) : -10~45 °C</p>	<p>Distancia para transmisión puerto Ethernet</p> <p>100 m</p> <p>Dimensiones: 150mm(Longitud) x 110mm(Profundidad) x30mm (Alto)</p> <p>Peso: ≤ 3 Kg</p> <p>Temperatura Operación (°C) : -10~40 °C de diferentes fabricantes</p>
Características Eléctricas	<p>Fuente de Alimentación</p> <p>12V 0.5A AC/DC</p>	<p>Fuente de Alimentación</p> <p>12V 0.5A AC/DC</p>
Características Funcionales	<p>Estándar: ITU-T G.984.2</p> <p>Velocidades de Transmisión</p> <p>Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps</p>	<p>Estándar: ITU-T G.984.2</p> <p>Capacidad de Transmisión</p> <p>Ventanas de 1310 nm y 1490 nm</p> <p>Velocidades de Transmisión</p> <p>Downstream de 2,4 Gbps y en Upstream de 1,2 Gbps</p> <p>Administración</p> <ul style="list-style-type: none"> • Telnet • SNMP • WEB

Tabla 15 Comparación de especificaciones técnicas de los equipos ONT'S

Considerando las especificaciones técnicas presentadas en la tabla 14 se puede afirmar que las dos marcas de ONT'S poseen características similares. La ONU de las marca SUNTELECOM modelo SUN-XPT-NG-G04P2 cumple las características técnicas específicas, adicional permite administración de manera remota y es de la misma marca del equipo OLT que se ha sugerido en el apartado anterior. Por lo tanto el equipo ONT SUNTELECOM modelo SUN-XPT-NG-G04P2 es la opción más idónea para el presente proyecto.

4.10 Factibilidad Técnica

Analizadas e interpretadas cada una de las preguntas de la encuesta realizada a cada uno de los clientes que conformaron el campo muestral se ha visto reflejado en sus respuestas que el funcionamiento del sistema de la red actual presenta inconvenientes en las comunicaciones a causa de varios factores que inciden directamente en las redes inalámbricas, siendo factible técnicamente el sistema de la red GPON con lo que se evitaría pérdidas en la conexión a causa de factores climáticos e interferencia electromagnética presentes en las conexiones de radio enlace.

CAPITULO V

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

5.1 INTRODUCCION

En todo proyecto de inversión es necesario realizar un estudio de factibilidad económica, el mismo que nos presentará de forma clara y concisa los valores económicos del costo del proyecto, así como el tiempo en el cual se recupera la inversión y la determinación del punto de equilibrio, punto el cual será marca desde donde se tendrá la utilidad de la inversión que se desea realizar.

5.2 Estudio de Factibilidad

En todo proyecto de inversión es necesario realizar un estudio de factibilidad económica, el mismo que se apreciarán resultados más claros sobre la viabilidad o no del proyecto. Para el estudio se utilizará información económica histórica de la Empresa TroncalNet de la ciudad de Cañar y con proyecciones de inflación anual, tasa de crecimiento poblacional, tasa de crecimiento de internet en el ecuador y el número de operadoras de la localidad se obtendrán resultados para la toma de decisiones. [21]

Indicadores	
Tasa de Inflación año 2015	3,90%
Crecimiento Poblacional	1,60%
Crecimiento Internet en Ecuador	37,50%

Tabla 16 Indicadores para el estudio de factibilidad²⁷

5.2.1 Evaluación Financiera

Para el estudio de factibilidad del proyecto y basándose en el esquema del funcionamiento actual de la red para el acceso de los clientes con la que dispone TroncalNet en el cantón Cañar se ha realizado una proyección de recuperación de la inversión para un plazo no mayor de diez años.

Para el análisis factibilidad se ha recopilado información confidencial de TroncalNet y en base se ha estructurado los valores financieros de costos y gastos del proyecto, se ha contemplado el 3.90% de inflación para el año 2015 y un crecimiento salarial del 4.11%, el análisis financiero se resume:

²⁷ Disponible en: http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

ESTRUCTURA DE COSTOS Y GASTOS DEL PROYECTO										
RUBROS	AÑOS									
1.COSTOS DE PRODUCCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Materia prima	66.138,00	71.397,36	74.181,86	77.074,95	80.080,87	83.204,03	86.448,98	89.820,49	93.323,49	96.963,11
Mano de obra directa	8.808,00	9.546,90	9.939,27	10.347,78	10.773,07	11.215,84	11.676,82	12.156,73	12.656,37	13.176,55
	74.946,00	80.944,26	84.121,13	87.422,73	90.853,94	94.419,87	98.125,80	101.977,23	105.979,87	110.139,66
2. GASTOS DE ADMINISTRACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sueldos Y Salarios	15.600,00	15.600,00	15.600,00	16.241,16	16.241,16	16.241,16	16.908,67	16.908,67	16.908,67	17.603,62
Gastos administrativos	17.865,94	19.286,66	20.038,84	20.820,35	21.632,35	22.476,01	23.352,57	24.263,32	25.209,59	26.192,77
Depreciación	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00
Permisos de funcionamiento	599,00	646,63	671,85	698,05	725,28	753,56	782,95	813,49	845,21	878,18
Estudios	1.210,00	1.210,00	1.210,00	1.210,00	1.210,00	1.257,19	1.257,19	1.257,19	1.257,19	1.257,19
	40.474,94	41.943,29	42.720,69	44.169,57	45.008,78	45.927,92	47.501,39	48.442,67	49.420,67	51.131,75
3. GASTOS DE VENTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Promoción y publicidad	555,00	599,13416	622,50039	646,777902	672,00224	698,210328	725,44053	753,732711	783,128287	813,67029
	555,00	599,13	622,50	646,78	672,00	698,21	725,44	753,73	783,13	813,67
4. COSTOS Y GASTOS FINANCIEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intereses bancarios	733,32	611,00								
	733,32	611,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sumatoria Anual	116.709,26	124.097,68	127.464,32	132.239,07	136.534,73	141.046,00	146.352,63	151.173,63	156.183,66	162.085,08

Tabla 17 Estructura De Costos Y Gastos Del Proyecto

5.2.1.1 Cálculo de indicadores financieros TIR

Para determinar el TIR (Tasa Interna De Retorno) de la inversión a realizarse se ha utilizado la información proporcionada por TroncalNet respecto al número de cliente que al momento se encuentran en 400 clientes que disponen del servicio de internet en sus distintos planes de capacidades ofertados de 1024Kbps, 1536kbps, 2048Kbps, 3072Kbps, 4096Kbps pretendiendo con la implementación de la nueva red brindar mayores velocidades con calidad en el servicio.

TroncalNet ha visto procedente migrar en un 30% a los clientes urbanos del cantón Cañar que actualmente mantienen su conexión a internet con radio enlace al nuevo sistema de la red GPON, y progresivamente irlo haciendo hasta tener niveles de cobertura total dependientes directamente de las regulaciones vigentes en el estado.

Se resume en la tabla número quince el detalle de lo que es necesario para la implementación del sistema de la red GPON para TroncalNet en la ciudad de Cañar y que se encuentra contemplado dentro del CAPEX (Inversión de Capital para Operación), de la misma forma en la tabla número dieciséis contiene el estado de Flujo de Caja que arroja como resultado un valor del TIR del 72 % lo que significa que tiene un alto grado de rendimiento económico en la inversión a realizarse.

CAPEX DE LA RED GPON CANAR			
Descripción	cantidad	Precio / Unitario	Subtotal
Fibra Óptica G.652 ADSS	8000	0,8	8000
OLT	3680	1	4600
ONT	120	50	7500
ODF 12 puertos SC, 2 caratulas	1	90	112,5
Patch cord 3m SC UPC duplex G657	120	7	1050
Rack abierto Estándar de 22"	1	145	181,25
Mangas de derivación para 24 hilos, fusión, 4 entradas	8	145	1450
Caja terminal de abonado, 2 conectores SC	120	12	1800
Cajas Externas	50	20	1250
Splitter's 1:4	8	35	350
Splitter's 1:16	32	80	3200
Conectores SC	240	1,13	339
Fibra Óptica Tipo Droop de 2 hilos G657	4000	0,3	1500
Fusionadora	5500	1	6875
Herrajería	3000	1	3750
Tendido	6000	1	7500
OTDR	3000	1	3750
TOTAL			55482,75

Tabla 18 Elementos que conforman el CAPEX de la red GPON de la propuesta

FLUJO DE CAJA												
DENOMINACION ANIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
INGRESOS												
VENTAS		145.577,12	159.115,79	173.913,56	190.087,52	207.765,66	227.087,87	248.207,04	296.520,29	324.096,68	354.237,67	
Mas	VALOR DE SALVAMENTO											30.000,00
Menos	COSTOS DE PRODUCCION		74.946,00	80.944,26	84.121,13	87.422,73	90.853,94	94.419,87	98.125,80	101.977,23	105.979,87	110.139,66
Menos	GASTOS ADMINISTRATIVOS		40.474,94	41.943,29	42.720,69	44.169,57	45.008,78	45.927,92	47.501,39	48.442,67	49.420,67	51.131,75
Menos	GASTOS DE VENTAS		555,00	599,13	622,50	646,78	672,00	698,21	725,44	753,73	783,13	813,67
Menos	GASTOS FINANCIEROS		733,32	611,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Menos	REPARTICIÓN DE UTILIDADES		28.867,86	35.018,11	46.449,24	57.848,45	71.230,93	86.041,87	101.854,41	145.346,66	167.913,02	222.152,59
Menos	IMPUESTOS		5.398,29	6.548,39	8.686,01	10.817,66	13.320,18	16.089,83	19.046,78	27.179,83	31.399,73	35.932,53
Igual	UTILIDAD NETA		23.469,57	28.469,72	37.763,23	47.030,79	57.910,75	69.952,04	82.807,64	118.166,84	136.513,28	186.220,05
Más	DEPRECIACIÓN		5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00
Menos	INVERSIONES	55.482,75										
FLUJO DE CAJA NETO		-55.482,75	28.669,57	33.669,72	42.963,23	52.230,79	63.110,75	75.152,04	88.007,64	123.366,84	141.713,28	191.420,05

Tabla 19 Flujo de CAJA

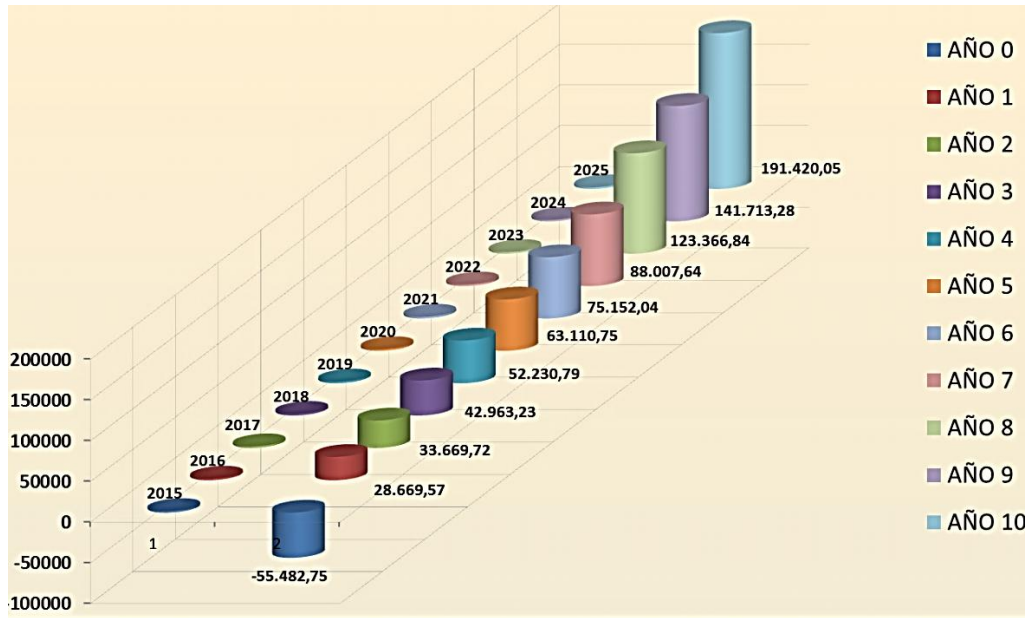


Figura 25 Flujo de Caja proyección de diez años²⁸

5.2.1.2 Cálculo de indicadores financieros VAN

Adicional al TIR, se ha utilizado como indicador matemático al VAN (Valor Actual Neto), lo cual permitirá con mayor certeza determinar la viabilidad económica en la inversión del proyecto.

$$VAN = BNA - Inversión$$

Dónde:

BNA: Beneficio Neto Actualizado

²⁸ Fuente: Investigador-2015, basado en Microsoft Excel 2010

Inversión: Valor total a invertir para el funcionamiento de la red

En la tabla número dieciséis el flujo de caja neto se ha proyectado para diez años llegando a tener ingresos de \$840303,91 y la inversión inicial del proyecto se encuentra en \$55482,75, al aplicar la fórmula del VAN se tiene

$$VAN = 840303,91 - 55482,75$$

$$VAN = 477182,50$$

Quedando demostrado que la implementación del proyecto es económicamente factible.

5.2.1.3 Relación costo/beneficio

Respecto al éste indicador se manifiesta por la relación del valor de ingresos presentes del proyecto sobre el valor de los egresos presentes del mismo, dando como resultado el beneficio obtenido por cada dólar que se sacrifica en el proyecto. Esta relación está dada por la fórmula: [22]

$$\frac{B}{C} = \frac{VA \text{ Ingresos}}{VA \text{ Egresos}}$$

Dónde:

$$\frac{B}{C} = \frac{840303,91}{55482,75}$$

Como resultado de la relación se obtiene que la relación de costo beneficio es de \$15,15, lo cual se interpreta una vez más la factibilidad económica del proyecto propuesto.

5.2.1.4 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio consiste en una herramienta financiera que revela cuando el valor de las ventas supera a los costos tanto fijos y variables que intervienen en el proceso de producción o de servicio de la Empresa y está definida por la fórmula:

$$CT = CFT + CVu * X$$

Dónde:

CT: Costo Total

CFT: Costos Fijos Totales

CVu: Costo Variable Unitario

X: Número de Unidades

$$IT = Pu * X$$

Dónde:

IT: Ingresos Totales

Pu: Precio Unitario

X: Número de Unidades

Si se conoce que los el valor de los costos fijos totales se encuentra en \$108.875 dólares que corresponde al sistema en funcionamiento más el nuevo sistema de la red GPON a implementar y el número de clientes se encuentra en 400 que generan 4800 planes de servicio de internet anuales con un promedio de plan mensual de \$ 25 dólares:

$$CVu = \frac{CFT}{X}$$

$$CVu = \frac{108875}{4800}$$

$$CVu = 19,34$$

Igualando las ecuaciones de Costos Totales con Ingresos Totales se tiene:

$$CFT + CVu * X = Pu * X$$

$$108875 + 19,34 * X = 25 * X$$

$$X = \frac{10875}{5,66}$$

$$X = 19236$$

Reemplasando el valor obtenido de la variable X que corresponde al número de planes necesarios para obtener la recuperación de la inversion realizada y obtener los ingresos totales para ese instante se tiene:

$$IT = Pu * X$$

$$IT = 25 * 19236$$

$$IT = \$ 480900$$

Lo que representa la recuperación de la inversión realizada en cuatro años

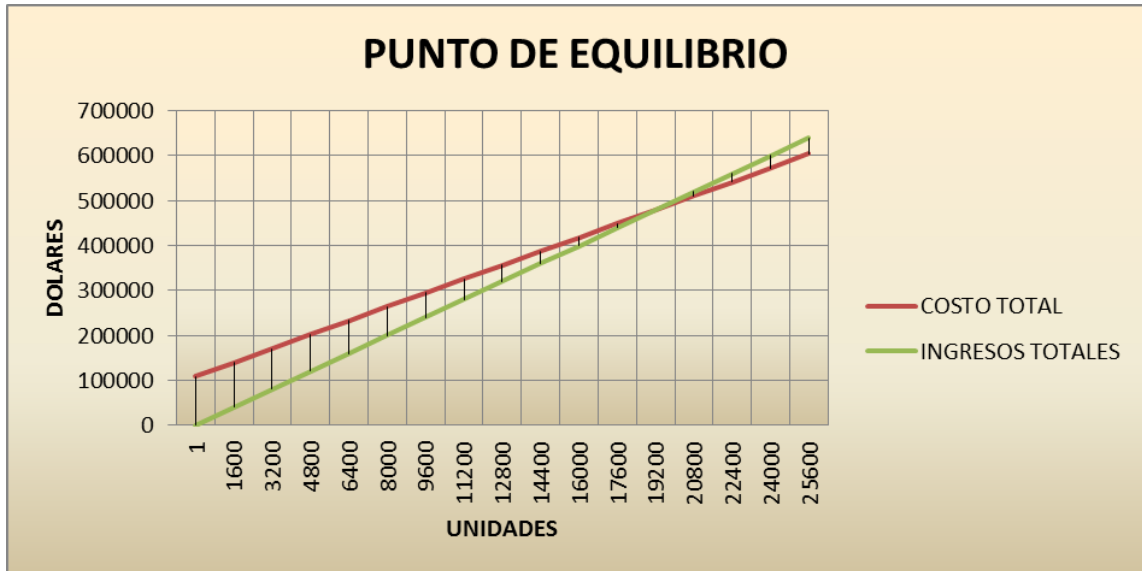


Figura 26 Punto de Equilibrio²⁹

²⁹ Fuente: Investigador-2015, basado en Microsoft Excel 2010

CONCLUSIONES

Al finalizar el diseño de la red de acceso GPON con tecnología FTTH se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Del análisis de la factibilidad económica y específicamente del CAPEX para la implementación de la red, se debe tener muy en cuenta que el dimensionamiento y proyecciones de crecimiento a futuro en la red de acceso debe estar apegado a la realidad del cantón sin sobredimensionar los recursos a utilizar, caso contrario la red no sería viable por los costos
- El diseño de la red GPON es escalable tanto en cobertura para potenciales clientes de la zona urbana y poblados rurales cercanos, así mismo en capacidades de ancho de bandas teóricamente ilimitadas; será flexible respecto a los servicios que podrían ser brindados en un futuro a través del mismo medio de transmisión.
- La selección de varias rutas para el diseño de la red GPON permite tener alternativas para reducir el costo de implementación
- La tecnología ADSL ya no debe ser considerada como una opción para el diseño porque económicamente no es viable en cuanto al costo beneficio
- La tecnología Wifi, es una tecnología inalámbrica, que no proporciona las mismas prestaciones para la convergencia de servicios de red.
- Las redes HFC no son una opción para satisfacer requerimientos similares a esta propuesta.

- La infraestructura de red ideal para el ISP es implementar redes de Fibra Óptica Pasivas debido a que su costo las hace altamente atractivas ya que estas redes no necesitan de alimentación eléctrica en todo el despliegue de la ODN para su funcionamiento, lo que disminuye la complejidad de su instalación y reduce costos de inversión.

RECOMENDACIONES

- Para la selección de equipos se deberá tener muy en claro la obtención del presupuesto de pérdidas, porque de ello dependerá directamente la selección de los equipos activos a utilizar en la red.
- El personal técnico para la administración e instalación de la red GPON deberá contar con conocimientos sólidos en el manejo y operación de la misma lo cual permitirá evitar futuros inconvenientes en su rendimiento y normal funcionamiento.
- Para el cálculo del presupuesto de pérdida se deben de considerar los valores más altos posibles respecto a la atenuación, fusiones, conectorización, fusiones y splitteo para proveer una conectividad altamente segura.

GLOSARIO

ADSS	Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico del Inglés All Dielectric Self Supported
ATM	Modo De Transferencia Asíncrona del Inglés Asynchronous Transfer Mode
CONATEL	Consejo Nacional De Telecomunicaciones
DBA	Asignación Dinámica De Ancho De Banda
EMI	Interferencia Electromagnética Del Inglés Electromagnetic Interference
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FC	Conector Férula Del inglés Ferule Connector
FTTB	Fibra Hasta El Edificio Del Inglés fiber to the building
FTTC	Fibra Hasta El Nodo del Inglés Fiber To The Node
FTTH	Fibra Hasta El Hogar del Inglés Fiber To The Home
GPON	Red Óptica Pasiva Con Capacidad De Gigabit Del Inglés gigabit – Capable Passive Optical Network
IEEE	Instituto De Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos del Inglés Institute Of Electrical And Electronics Engineers
LED	Diodo Emisor De Luz Light Del Inglés Emitting Diode

NA	Apertura Numérica
ODF	Marco De Distribución Óptico Del Inglés Optical Distribution Frame
ODN	Red De Distribución Óptica Del Inglés Optical Distribution Network
OLT	Terminación De Línea Óptica Del Inglés Optical Line Termination
ONT	Terminación De Red Óptica Del Inglés Optical Network Termination
ONU	Unidad De Red Óptica Del Inglés Optical Network Unit
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
PON	Red Óptica Pasiva Del Inglés Passive Optical Network
RFI	Interferencia De Radiofrecuencia del Inglés Radio Frequency Interference
SC	Conector Cuadrado Del Inglés Square Connector
SENATEL	Secretaria Nacional De Telecomunicaciones
SMF	Fibra Monomodo Del Inglés Single – Mode Optical Fiber
ST	Punta Recta Straight Tip
SUPERTEL	Superintendencia De Telecomunicaciones

TC	Convergencia De Transmisión Del Inglés Transmission Convergence
TDM	Multiplicación Por División Tiempo Del Inglés Time Division Multiplexing
TDMA	Acceso Múltiple Por Division De Tiempo Del Inglés Time Division Multiple Access
WDM	Multiplexacion Por Division De Longitud De Onda Del Inglés Wavelength Division Multiplexing

BILBIOGRAFÍA

- [1] B. Cromycz, *Instalaciones De Fibra Óptica Serie De Telecomunicaciones*, Primera ed., España: Macgraw-Hill, 2002.
- [2] W. Couch, *Sistemas De Comunicación Digital Y Analógicos*, Séptima ed., México: Pearson, 2008.
- [3] G. Andre, *FTTXPON Technology and Testing*, Segunda ed., California: Expertise Reachin Out, 1991.
- [4] M. Álcarez Campana, J. Berrocal Colmenarejo, F. González Vidal, R. Pérez Leal, I. Román Martínez and E. Vázquez Gallo, "Tecnologías de Banda Ancha y Convergencia de Redes," *TeleCable*, p. 285.
- [5] F. Cardozo, "evaluación de nuevas tecnologías de última milla para acceso dedicado a internet," *Telématique*, vol. 1, no. 1, pp. 10-20, 2002.
- [6] M. González Romo, *Tesis Situación de Banda Ancha en el Ecuador*, Cuenca, 2012.
- [7] W. Stallings, *Comunicaciones y Redes de Computadores*, Séptima ed., Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, 2004, p. 896.

- [8] J. Berrocal, E. Vázquez, F. González, M. Álvarez Campana, J. Vinyes, G. Madinabeitia and V. García, *Redes de Acceso de Banda Ancha*, 2003.
- [9] M. Medina Carrasco and A. Carrasco Sternsdorff, "Revista Chilena de Ingeniería," *Ingeniare*, vol. 17, no. 1, pp. 122-123, 2009.
- [10] G. Araujo, L. Camacho, D. Chávez and C. Córdova, *Redes Inalambricas Para Zonas Rurales*, Segunda ed., Cosmos, 2011, p. 224.
- [11] F. J. Cardozo A., "Evaluación De Nuevas Tecnologías De Última Milla Para Acceso Dedicado A Internet Adsl (Asymmetric Digital Subscriber Line Adsl Y Hfc," *Telematique*, vol. 1, no. 1, pp. 10-20, 2002.
- [12] M. C. España Boquera, *Servicios Avanzados de Telecomunicaciones*, Madrid: Díaz de Santos, 2003, p. 787.
- [13] J. Capmany Francoy and B. Ortega Tamarit, *Redes Ópticas*, Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2006.
- [14] C. O. A. Aguilar, *Tesis Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON*, Guayaquil, 2013.
- [15] M. Lattanzi and A. Graf, *Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones*, IEEE, Ed.

- [16] J. S. Guevara Henao, *Tecnologías de reds PON*.
- [17] L. G. Kazovsky, N. Cheng, W.-T. Shaw, D. Gutierrez and S.-W. Wong, *Broadband Optical Access Networks*, New Jersey: Wiley, 2011, p. 301.
- [18] Hickory, "Manual de Construcción de Aplicaciones de Banda Ancha," p. 67, 2008.
- [19] INEC, "http://www.ecuadorencifras.gob.ec," 2010. [Online]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/canar.pdf>. [Accessed 2015].
- [20] J. Powers, *An Introduction to Fiber Optic Systems*, Times, Ed., New York: McGraw Hill, 1986, p. 356.
- [21] Banco Central Del Ecuador, "BCE," 18 Abril 2015. [Online]. Available: http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion. [Accessed 18 Abril 2015].
- [22] Y. P. Ayala Santacruz, *Tesis - Diseño y Simulación de una Red de Acceso EPON para servicios Triple-Play*, Quito, 2011.
- [23] "Las Tecnologías Wifi y Wimax," [Online]. Available: http://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_wifi_wmax.pdf.

[24] A. S. Tanenbaum, *Redes de Computadoras*, Cuarta ed., Pearson, 2003, p. 912.

[25] G. N. Mankiw, *Principios de Economía*, Sexta ed., México: Cengage Learning, 2012, p. 891.

ANEXOS

ENCUESTA

1. La frecuencia con la que Usted reporta algún tipo de problema en el servicio de Internet es:

- a) Muy Frecuente
- b) Frecuente
- c) Poco frecuente
- d) Nunca

2. La atención a su reporte de incidencia por parte del soporte técnico de TroncalNet se encuentra entre:

- a) 6 a 12 horas luego del reporte
- b) 12 a 24 horas luego del reporte
- c) 24 a 36 horas luego del reporte
- d) 36 horas o más tiempo horas luego del reporte

3. El reporte de incidencias que Usted ha tenido en el servicio de Internet se ha debido a:

- a) Pérdida de conexión por interferencia
- b) Pérdida de conexión por afectación climática (lluvia, niebla u otros)
- c) Capacidad de ancho de banda contratado
- d) Fallas en las instalaciones internas incluidas el computador

4. El ancho de banda del servicio de Internet contratado por Usted es de:

- a) 1024 kbps simétrico
- b) 1536 kbps simétrico

- c) 2048 kbps simétrico
- d) No Sabe

5. El medio de transmisión para la conectividad hacia el Internet es:

- a) Radio enlace
- b) Cableado (Fibra Óptica)
- c) No sabe
- d)

6. Conoce Usted los beneficios que tiene la fibra óptica para la conexión a Internet y otros servicios de telecomunicaciones

- a) Si
- b) No

7. Estaría de acuerdo si el medio de transmisión para su conexión a Internet sería el de fibra óptica

- a) Si
- b) No

8. Usted piensa que con la conexión de fibra óptica hacia el hogar reducirá los inconvenientes que se presentan con la conexión actual hacia el Internet

- a) Si
- b) No
- c) No sabe

9. En un futuro si le ofertaran el servicio tripleplay (Internet, Telefonía y Televisión), con una sola conexión de fibra óptica en el hogar usted lo contraría?

- a) SI
- b) NO

10. Estaría dispuesto a contratar planes de internet con mayor capacidad de ancho de banda y más costo

- a) SI
- b) NO

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS OLT'S



SUN-XPL-NG-GP08 Cassette OLT

SUN-XPL-NG-GP08 cassette OLT provides 8 downstream GPON ports, 8 uplink GE optical port and 8 GE electrical ports, with an expansion slot, which can access 2 10GE SFP+ ports. The 1U height can be easy installed and maintained to save space. The SUN-XPL-NG-GP08 adopts the industrial advanced technology, with powerful Ethernet services and QoS feature, supporting SLA and DBA. The SUN-XPL-NG-GP08, with the splitting ratio up to 1:128, can minimize operators' investments by supporting different types of ONT in different networks.



Specification

Attributes	SUN-XPL-NG-GP08	
Switching Capacity (Gbps)	102	
Throughput (IPv4/IPv6) (MPPS)	75.88	
Ports	8×PON port, 8×GE FX+8×GE TX, 2 * 10GE SFP+	
Power Redundancy	Dual power supply. Can be double AC, double DC or AC+DC	
Power Supply	AC	Input 100 ~ 240V, 47 ~ 63Hz
	DC	Input -36V ~ -75V
Power Consumption (W)	≈85	
Outline Dimensions (mm) (W×D×H)	440 x 44 x 380	
Weight (In Maximum Configuration) (kg)	≈3	
Working Temperature (°C)	-15 ~ 55	
Storage Temperature (°C)	-40 ~ 70	
Relative Humidity (°C)	10% ~ 90%, no condensing	

Business Features

Attributes	SUN-XPL-NG-GP08 Series
PON Features	


GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfy ITU-T standard • TR-101 compliant solution for FTTx OLT applications • High splitter rate, each PON port supports 128 * ONT ,each ONT supports 4 * T-CONT • Maximum transmission distance of 20KM • Support uplink FEC, downlink FEC (Forward Error Correction) • ONT Identifier authentication: SN /SN+PASSWD • Bandwidth allocation mechanism • 5 types of T-CONT bandwidth • Static Bandwidth Allocation • Dynamic Bandwidth Allocation • GPON feature parameter • 4096 port-IDs per GPON MAC (Downstream and Upstream) • 1024 Alloc-IDs per GPON MAC (Upstream)
L2 Features	
MAC	<ul style="list-style-type: none"> • MAC Black Hole • Port MAC Limit
VLAN	<ul style="list-style-type: none"> • 4K VLAN entries • Port-based/MAC-based/IP subnet-based VLAN • Port-based QinQ and Selective QinQ (Stack VLAN) • VLAN Swap and VLAN Remark and VLAN Translate • GVRP • Based on ONT service flow VLAN add, delete, replace
Spanning Tree Protocol	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol (STP) • IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) • IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol Instances (MSTP)
Port	<ul style="list-style-type: none"> • Bi-directional bandwidth control • Static link aggregation and LACP (Link Aggregation Control Protocol) • Port mirroring and traffic mirroring
Security features	
User Security	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-ARP-spoofing • Anti-ARP-flooding • IP Source Guard create IP + VLAN + MAC + Port binding • Port Isolation • MAC address binds to port and port MAC address filtration • IEEE 802.1x and AAA/Radius authentication • TACACS+ authentication • DHCP anti-attack flood attack automatic suppression • ONT Isolation control
Device Security	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-DOS attack (such as ARP, SYN flood, Smurf, ICMP attack), ARP detection, worm and MSBlaster worm attack • SSHv2 Secure Shell • SNMP v3 encrypted management • Security IP login through Telnet • Hierarchical management and password protection of users
Network Security	<ul style="list-style-type: none"> • User-based MAC and ARP traffic examination • Restrict ARP traffic of each user and force-out user with abnormal ARP traffic • Dynamic ARP table-based binding • Supports IP + VLAN + MAC + Port binding • L2 to L7 ACL flow filtration mechanism on the 80 bytes of the head of user-defined packet • Port-based broadcast/multicast suppression and auto-shutdown risk port • URPF to prevent IP address counterfeit and attack • DHCP Option82 and PPPoE + upload user's physical location • Plaintext authentication of OSPF, RIPv2 and MD5 cryptograph authentication

IP routing	
IPv4	<ul style="list-style-type: none"> • ARP Proxy • DHCP Relay • DHCP Server • Static route
IPv6	<ul style="list-style-type: none"> • ICMPv6 • ICMPv6 redirection • DHCPv6 • ACLv6 • Configured Tunnel • 6to4 tunnel • IPv6 and IPv4 Tunnels
Service features	
ACL	<ul style="list-style-type: none"> • Standard and extended ACL • Time Range ACL • Packet filter providing filtering based on source/destination MAC address, source/destination IP address, port, protocol, VLAN, VLAN range, MAC address range, or invalid frame. System supports concurrent identification at most 50 service traffic • Support packet filtration of L2 ~ L7 even deep to 80 bytes of IP packet head
QoS	<ul style="list-style-type: none"> • Rate-limit to packet sending/receiving speed of port or self-defined flow and provide general flow monitor and two-speed tri-color monitor of self-defined flow • Priority remark to port or self-defined flow and provide 802.1P, DSCP priority and Remark • CAR (Committed Access Rate), Traffic Shaping and flow statistics • Packet mirror and redirection of interface and self-defined flow • Super queue scheduler based on port and self-defined flow. Each port/ flow supports 8 priority queues and scheduler of SP, WRR and SP+WRR. • Congestion avoid mechanism. Including Tail-Drop and WRED
Multicast	<ul style="list-style-type: none"> • IGMPv1/v2/v3 • IGMPv1/v2/v3 Snooping • IGMP Filter • MVR and cross VLAN multicast copy • IGMP Fast leave • IGMP Proxy • PIM-SM/PIM-DM/PIM-SSM • PIM-SMv6, PIM-DMv6, PIM-SSMv6 • MLDv2/MLDv2 Snooping
MPLS	<ul style="list-style-type: none"> • NPLS LDP
Reliability	
Loop Protection	<ul style="list-style-type: none"> • EAPS and GERP (recover-time <50ms) • Loopback-detection
Link Protection	<ul style="list-style-type: none"> • FlexLink (recover-time <50ms) • RSTP/MSTP (recover-time <1s) • LACP (recover-time <10ms) • BFD
Device Protection	<ul style="list-style-type: none"> • VRRP host backup • Double fault-tolerant backup of host program and configuration files • 1+1 power hot backup
Maintenance	
Network Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Telnet-based statistics • RFC3175 sFlow

	<ul style="list-style-type: none">• LLDP• 802.3ah Ethernet OAM• RFC 3164 BSD syslog Protocol• Ping and Traceroute
Device Management	<ul style="list-style-type: none">• Command-line Interface (CLI), Console, Telnet and WEB configuration• System configuration with SNMPv1/v2/v3• RMON (Remote Monitoring) 1/2/3/9 groups of MIB• NTP(Network Time Protocol)

Note: For the necessity of improvement, the material contained in this document is subject to change without notice.

OFICIO DE APROBACIÓN DE USO DE POSTERÍA

 Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Av. Max Uhle y Pumapungo (Sector Monay)
Commutador: (593-7) 2872700 / Fax: (593-7) 2883316 / Casilla: 01.01.016
www.centrosur.com.ec / e-mail: centrosur@centrosur.com.ec
Cuenca-Ecuador



Oficio PE -

002384

Cuenca,

-6 May 2013

Ingeniero
RENÉ RODRÍGUEZ C.
Celular: 0995808570
Centro Comercial Municipal El Tambo-Local 5
Cañar

Asunto: Arrendamiento de postes

Ingeniero Rodríguez:

En atención a su comunicación del 18 de marzo de 2013, informo que luego de la revisión del estudio y documentación presentada, la CENTROSUR aprueba la solicitud para el arrendamiento de postes que se encuentran ubicados en la ruta presentada en el diseño.

Ruego a usted comunicarse con el Ing. Santiago Cordero, Jefe del Departamento de Planificación de la Dirección de Telecomunicaciones de la CENTROSUR al teléfono: 2872700 ext. 2191, celular: 0998101490 para proseguir con la firma del respectivo convenio.

Atentamente,


JAVIER SERRANO LÓPEZ
Presidente Ejecutivo

OFICIO DE PLAN DE SOTERRAMIENTO EN EL CANTÓN CAÑAR



Cañar, 27 de Noviembre de 2014
Oficio N°-501-DPCU-GADICC

Ing.
Carlos León
PETICIONARIO

De nuestras consideraciones:

En atención al oficio S/N, recibido en esta dependencia el 26 de noviembre de 2014, en el que se solicita: "la actualización del oficio N° 420-DPCU-GADICC-2013", al respecto debemos manifestar:

Mediante oficio N° 420-DPCU-GADICC-2013 del 30 de octubre de 2013, se informa sobre la elaboración del plan de ordenamiento urbano de la Ciudad, además que por el momento no se tiene previsto intervenciones en el cableado de las áreas consolidadas.

A la fecha, el Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural del Cantón Cañar cuenta con varios instrumentos legales y de planificación que orientan el desarrollo de la Ciudad y del Cantón.

Respecto al soterramiento de los cables existentes en la ciudad, se realizarán progresivamente a largo plazo a través de proyectos de regeneración urbana integral que representan grandes inversiones y que al momento no están priorizados.

Cabe indicar que, las nuevas urbanizaciones tienen la obligación de planificar sus instalaciones de manera subterránea, esto por mandato del COOTAD y de las ordenanzas vigentes.

Es todo cuanto podemos informar para los fines pertinentes.

Atentamente:


Ing. Francisco Quinde
DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN
Cc. Planificación Urbana


MUNICIPALIDAD DEL CANTON CAÑAR
CONTROL URBANO
ANALISTA DE PLANIFICACIÓN URBANA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ONT SUNTELECOM



Fiber Optic Solutions Provider

1/2

SUN-XPT-NG-G04P2 ONT

To deliver triple-play services to the subscriber in Fiber-to-the-Home or Fiber-to-the-Premises application, the GPON ONT SUN-XPT-NG incorporates interoperability, key customers' specific requirements and cost-efficiency.

Equipped with ITU-T G.984 compliant 2.5G Downstream and 1.25G Upstream GPON interface, SUN-XPT-NG supports the full Triple Play of services including voice and high speed Internet access service.

Compliant with standard OMCI definition, SUN-XPT-NG is manageable at remote side and supports the full range FCAPS functions including supervision, monitoring and maintenance.



Features

Data

- Auto-negotiation and MDI/MDIX auto-sensing
- Built-in layer-2 switch
- Advanced data features such as VLAN tag manipulation, classification, and filtering
- Built-in layer-3 routing and residential gateway
- 802.11 b/g/n WLAN interface
- USB 2.0 storage

Voice

- 3 REN per line, balanced Ring at 55V RMS, DTMF dialing and pulse dialing
- Multiple voice codec
- Echo Cancelling, VAD, CNG
- Supporting static or dynamic jitter buffer
- Various CLASS services - Caller ID, Call Waiting, Call Forwarding, Call Transfer, etc.
- SIP (RFC3261)
- MEGACO v2 (H.248)
- Common architecture, drop-in replacement

Specifications

Parameter	Specification
Port	<ul style="list-style-type: none">• 1xGPON uplink port• 4x10/100/1000BASE-TX• 2xVOIP
VLAN	<ul style="list-style-type: none">• Port-based VLAN and IEEE 802.1Q VLAN• VID and PVID• Configure tag attribution based on port + VLAN



Broadcast Storm Suppression	<ul style="list-style-type: none">• Configure qty of broadcast packet
STP	<ul style="list-style-type: none">• IEEE 802.1d/1s/1w
Port Aggregation	<ul style="list-style-type: none">• Support
Bandwidth Control	<ul style="list-style-type: none">• Support 64K to 100M
Mirror	<ul style="list-style-type: none">• Port mirroring
QoS	<ul style="list-style-type: none">• Port-based/802.1p/IP-TOS priority• 4 priorities control
Upgrade	<ul style="list-style-type: none">• Xmodem, TFTP
Management	<ul style="list-style-type: none">• Cluster management and remote upgrade (Client end)• Telnet remote configuration• SNMP• WEB
Security	<ul style="list-style-type: none">• The administrator's user password authentication• Port binding, limit MAC address on each port• 802.1x
Maintenance	<ul style="list-style-type: none">• Debug information output• PING• System log
Working Temp (°C)	0 ~ 40
Working Humidity	5% ~ 95% (no condensing)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ONT CDATA

Item		Parameter
Interface	PON Interface	1 EPON optical interface Meet 1000BASE-PX20 standard Symmetric 1.25Gbps upstream/downstream SC single-mode fiber split ratio: 1:64 Transmission distance 20KM
	User Ethernet Interface	1*10/100/1000M auto-negotiation Full/half duplex mode RJ45 connector Auto MDI/MDI-X 100m distance
	Power Interface	12V DC Power supply An external 12V 0.5A AC/DC power supply adapter
Performance Parameters	PON Optical Parameter	Wavelength: Tx 1310nm, Rx 1490nm Tx Optical Power: -1~4dBm Rx Sensitivity: -27dBm Saturation Optical Power: -3dBm Connector Type: SC Optical Fiber: 9/125µm single-mode fiber
	Data Transmission Parameter	PON Throughput: Downstream 950Mbps; Upstream 930Mbps Ethernet: 1000Mbps Packet Loss Ratio: 1×10^{-12} latency: <math>< 1.5\text{ms}</math>
	Business Capability	Layer 2 wire speed switching Support VLAN TAG/UNTAG, VLAN conversion Support Port-based speed limitation Support Priority classification Support storm control of broadcast Support RSTP

Network Management	Management Mode	Support IEEE802.3 QAM, ONU can be remotely managed by OLT Support Remote management through SNMP and Local management
	Management Function	Status monitor, Configuration management, Alarm management, Log management
Indicator	LED Indicator	PWR: Power up or down SYS: System instructions OPTIN: Optical Link Status LINK: ONU Registered LAN: Link Status of Ethernet Interface
Physical Features	Shell	Plastic casing
	Power	External 12V 0.5A AC/DC power supply adapter Power consumption: < 2.5W
	Physical Specifications	Item Dimension: 110mm(L) x 70mm(W) x 30mm (H) Item weight: 0.1kg
	Environmental Specifications	Operating temperature: 0 to 50 °C Storage temperature: -40 to 85 °C Operating humidity: 10% to 90% (Non-condensing) Storage humidity: 5% to 95% (Non-condensing)