

Diseño de una red Gpon que proporcione el servicio de internet en el sector Yacucalle - ejido de Caranqui en la ciudad de Ibarra para la empresa Telconet s.a.

Ramiro V. Trejo

Fica, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio (ciudadela universitaria), Ibarra, Imbabura

rvtrejoe@utn.edu.ec

Resumen. El proyecto consiste en realizar un diseño de una red Gpon para el sector de Yacucalle – Ejido de Caranqui en la ciudad de Ibarra, la misma que está avalada por la empresa Telconet S.A., posteriormente luego de ser analizado el diseño estará en condiciones para ser implementada, la cual permitirá brindar el servicio de internet mediante fibra óptica hasta el hogar mediante la tecnología Gpon, el enlace está comprendido entre dos nodos en donde se ubican los OLT's, equipos ópticos que permiten la distribución del servicio hacia los clientes, además los ODF's elementos los cuales se realizan la distribución de la fibra óptica, en la ruta trazada se distribuirá 20 cajas BMX (caja de distribución de abonado), mediante esta red óptica se tendrá una disponibilidad de 160 clientes es decir 8 abonados por cada caja. El usuario una vez que haya definido el plan que más le conviene con el personal de ventas podrá obtener el servicio mediante un equipo ONT (equipo de usuario óptico).

Palabras claves – Gpon, OLT, ODF, BMX, ONT.

Abstract. The project is to make a design for a GPON network Yacucalle industry - Ejido de Caranqui in the city of Ibarra, the same as is endorsed by the company Telconet S.A. later after being analyzed the design will be able to be implemented, which allow providing internet service via fiber to the home by GPON technology, the link is between two nodes where OLT's, optical equipment that allow service delivery to customers, are located besides the ODF's elements which the distribution of the optical fiber are made in the traced route 20 boxes BMX (switchbox subscriber) will be distributed by the optical network availability 160 customers will ie eight subscribers per box. The user once you have defined the plan for your needs with the sales staff can get the service through a team ONT (optical computer user).

Keywords – Gpon, OLT, ODF, BMX, ONT.

1. Introducción

La empresa Telconet lleva en el mercado ya 18 años brindando servicios de Conectividad, Internet, Centro de Datos y Servicios Gerenciados en todo el país, con una sólida plataforma de infraestructura de fibra óptica que permite llegar a los usuarios con todos los requerimientos que necesiten, tanto para empresas, agencias financieras, centros educativos, servicio a hogares etc. El servicio a hogares únicamente se proporciona en las provincias de Pichincha y Guayas, por tanto la empresa quiere proveer este servicio a nivel nacional siendo así la ciudad de Ibarra una de las principales ciudades que se acoge a este proyecto de FTTH (fibra hasta el hogar).

En la ciudad de Ibarra la empresa Telconet actualmente tiene un anillo de fibra óptica de 144 hilos los mismo que están conectados a través de 4 nodos los cuales llega a gran parte de la ciudad dando así el servicio de Internet y redes privadas a empresas públicas y privadas. En sectores como Alpachaca, Azaya, La Victoria, Caranqui y Yacucalle – Ejido de Caranqui se proyecta a futuro realizar tendidos de fibra óptica para llegar a los usuarios con el fin de brindar el servicio de internet tanto corporativo como para hogares.

Para poder realizar el diseño de la red GPON es necesario analizar los fundamentos teóricos que posee esta tecnología para entender el propósito con la que fue creada y sus ventajas como transmisiones de datos a grandes velocidades. Una de las desventajas es la alta fragilidad que posee la fibra óptica al momento de su manipulación lo que el personal técnico debe tener conocimiento para trabajar con este tipo de cable. Estas son las características de una red GPON de forma general, además los elementos que propone esta tecnología para brindar servicios a los usuarios mediante la fibra óptica, el estándar ITU-T G984.x se encarga de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s.

2. REDES GPON (Gigabit Passive Optical Network) ESTANDAR ITU-T G.984.1

GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto es una de la más avanzada en la actualidad. Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas WDM permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea un hecho. Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la introducción de IMS.

Las redes GPON son diseñadas para ofrecer satisfactoriamente servicios que requieren un gran ancho de banda: voz, datos y televisión de alta definición con velocidades de acceso mayores a 50 Mbps, para el internet, con costos más bajos de mantenimiento y operación.

Esto permite llevar la Fibra óptica lo más cerca posible del usuario, para esto se hace uso de las nuevas tecnología que han surgido como las arquitecturas que reducen el uso conductores de cobre. Para una mejor ilustración de la estructura de una red GPON pongo a su consideración un esquema, en el que se detallan los diferentes elementos que definen esta red así como su función de conexiones.

En los últimos años hemos sido testigos de grandes cambios en aspectos de como la tecnología, ha cambiado para ofrecer sus servicios a través de redes de acceso de banda ancha, utilizando para el efecto, las redes de alta tecnologías de fibra óptica.

La recomendación ITU-T G 984.1 es una familia de recomendaciones que define la red óptica pasiva gigabit (GPON) como una red de acceso a las telecomunicaciones. Está basada en BPON en cuanto a arquitectura pero, además ofrece:

- Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM.
- Cobertura hasta 20 Km.
- Seguridad a nivel de protocolo.

Soporte de tasas de transferencia:

- Simétrico: 622 Mbps y 1,25 Gbps
- Asimétrico: descendente de 2,5 Gbps, ascendente de 1,25 Gbps.

Como podemos observar en la figura # 1, existen 3 componentes básicos para una red PON:

- Un módulo OLT (Optical Line Terminal – Unidad Óptica de Línea) que se encuentra en el nodo central.
- Un divisor óptico (splitter).

- Varias ONUs (Optical Network Unit – Unidad Óptica de Usuario) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

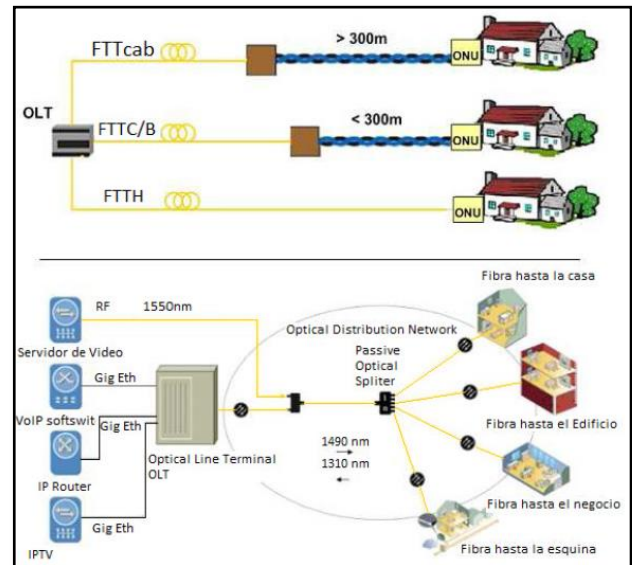


Figura # 1. Componentes básicos de una red de Fibra Óptica Pasiva.

Como se puede observar en la figura # 2 la transmisión se realiza entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente.

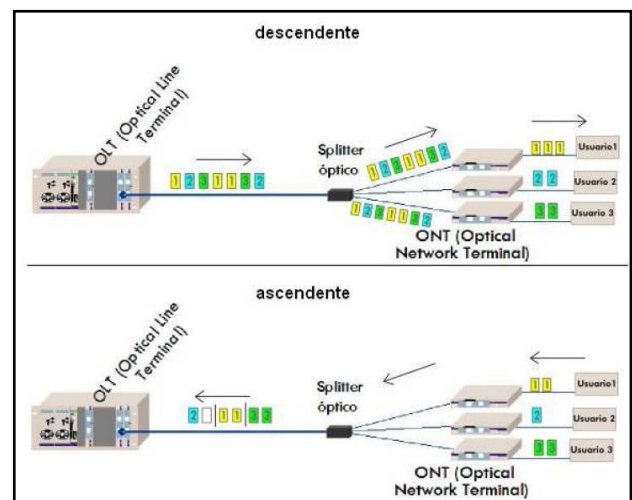


Figura # 2. Canales descendentes y ascendentes de redes PON.

2.1 Descripción del sistema FTTH

FTTx es conocido como, donde x es una variable que nos indica los diferentes destinos. La industria de las telecomunicaciones diferencia distintas arquitecturas dependiendo de la distancia entre la fibra óptica y el usuario final. Las más importantes en la actualidad son

como se muestran en la figura #3: FTTN, FTTC, FTTB y FTTH.



Figura # 3. Fibra óptica hasta la casa.

En FTTH la fibra óptica llega hasta el hogar u oficina del abonado. En FTTB la fibra termina antes en el interior o en sectores cercanos del edificio de los abonados. En FTTN la fibra termina muy distante de los abonados como en un nodo, en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura adecuada dependerá principalmente del costo unitario por usuario final, del tipo de servicios que desee el usuario y del servicio que quiera ofrecer el operador.

2.2 Características de FTTH

En FTTH la velocidad que recibe el usuario deja de ser dependiente de la distancia a la central del operador o del estado del par de cobre, cambiando así por completo el mapa de cobertura de las ciudades y, cara al usuario, el esquema del equipamiento utilizado también cambia, puesto que verá cómo llega a su casa un cable de fibra que termina en un ONT (Optical Network Terminal), es decir, un convertidor de señales ópticas a Ethernet y un router que, además, también puede transportar nuestras llamadas de voz (al ser VoIP).

La tecnología FTTH esta compuesto por fibra y aparatos opticos, utilizan lo sistemas PON lo que permite tener un ancho de banda mucho mas amplio permitiendo su uso a futuro, esto no se conseguia con la utilizacio de los sistemas GPON Y EPON.

Los sistemas FTTH utilizan 2 o 3 ancho de banda bastante separado entre sí: 1310nm, 1490nm y 1550nm.

Cada uno de los sectores de fibra óptica tendida está asociado a una única señal que puede ser transmitida en cualquier momento, ya que se disponía de una fibra dedicada a la misma.

En FTTH se utiliza la división en el tiempo para que cada uno de los clientes nos encontremos con que las señales se dividen en espacio, en frecuencia y también en el tiempo. Además, las topologías e interconexiones son más complejas. Los sistemas FTTH son divididas por medio de splitters en uno o varios puntos de la red, para llegar de los clientes. Pueden utilizarse conectores, fusiones o la utilización de los dos para la interconexión.

3. Current situation of GPON in the city of Ibarra.

Currently there are 4 operational nodes in the city of Ibarra which form a main ring of fiber-optic 144 threads, this ring allows you to offer clients as corporate internet home (homes). There is also a petal coming out of the Yacucalle node and returns to the same node, forming a route known within the company as petal. Since its implementation Gpon network in the city of Ibarra as shown in Figure # 4 has had a host of service already in 160 customers in approximately three months, the same ones that are contained in the following nodes:

- Nodo Yacucalle
- Nodo Mariano Acosta
- Nodo SHD Ibarra
- Nodo Mutualista

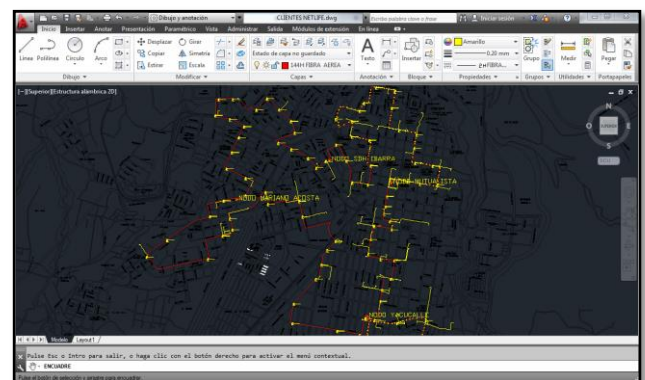


Figura # 4. Fibra óptica hasta la casa.

3.1 Netlife departamento encargado de dar el servicio FTTH a clientes en la ciudad de Ibarra.

Ser la organización líder en innovación tecnológica, facilitadora del acceso a la información y conocimiento a través de la provisión de soluciones digitales integradas, producto de la calidad, excelencia y compromiso de su gente, fomentando las relaciones a largo plazo con nuestros clientes. Netlife es el primer Internet FTTH del país, que ofrece un desempeño único en su categoría. Velocidad incomparable, para que su vida en la red sea la mejor experiencia, porque tiene Fibra Óptica hasta el hogar con la menor compartición, velocidades inalcanzables y personal comprometido con ese ritmo de vida.

Mejorar la calidad de vida de nuestros clientes facilitando el acceso a la información, por medio de la provisión de servicios digitales integrados, apoyados en una constante innovación tecnológica y un recurso humano altamente calificado y motivado, contribuyendo así con el desarrollo de la Sociedad de la Información en el país. Ser la organización líder en innovación tecnológica, facilitadora del acceso a la información y conocimiento a través de la provisión de soluciones digitales integradas, producto de la calidad, excelencia y compromiso de su gente, fomentando las relaciones a largo plazo con nuestros clientes.

3.2 Tecnología utilizada

También conocida como Fibra hasta el Hogar (FTTH), es una tecnología de nueva generación que utiliza haces de luz como medio de transmisión de datos, y comunicación a una gran distancia, es el medio de trasmisión por excelencia al ser inmune a interferencias electromagnéticas.

3.2.1 Compartición 2 a 1

La compartición es la cantidad de servicios que utilizan la misma vía para poder contactarse al Internet, actualmente en el mercado nacional, la compartición puede variar dependiendo del segmento al cuál va dirigido, por ejemplo las ofertas para clientes home es de 8:1, profesionales 6:1 y pymes 4:1, NETLIFE, te ofrece la menor compartición del mercado a todos sus clientes 2:1.

3.2.2 Análisis de las tecnologías presentes en el sector Yacucalle – ejido de Caranqui

La empresa CNT en este sector utiliza tecnología ADSL, línea de abonado digital asimétrica, consiste en la transmisión analógica de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre. Las líneas telefónicas

convencionales o líneas de abonado (Red Telefónica Conmutada, PSTN), siempre se transmiten bajo cable de cobre siempre y cuando la longitud de línea sea de hasta inclusive 5,5 km medidos desde la central telefónica, o no haya otros servicios por el mismo cable que puedan interferir.

Por otro lado la empresa SAITEL opta por la tecnología inalámbrica es decir enlace de larga distancia (también conocido como enlace remoto o radio enlaces) es una conexión que usa tecnología inalámbrica (puntos de acceso, ruteadores y computadoras, entre otros) para enlazar equipos que se encuentran distantes. La separación de estos puntos por unir puede ir desde los cientos de metros hasta kilómetros.

	FIBRA ÓPTICA	ADSL	RADIO ENLACE
TIPO DE SEÑAL	Luz (onda electromagnética)	Pulsos eléctricos	Espacio libre (Ondas electromagnéticas)
ATENUACIÓN	Muy escasa	Considerable	Considerable
INTERFERENCIAS	Muy escasa	Considerable	Muy considerable
ANCHO DE BANDA	Muy alto	Intermedio	Intermedio
COSTO	Alto	Intermedio	Bajo
USO	Largas / muy largas distancias	Media / largas distancias	Media / largas distancias

Tabla 1. Características de las tecnologías que el cliente puede elegir para su servicio de internet en el sector Yacucalle – Ejido de Caranqui.

4. Diseño de la red Gpon

La ruta por donde se va a realizar el diseño de la red Gpon será del nodo Yacucalle hacia el nodo Caranqui, con la creación de esta ruta a futuro la empresa pretende extenderse hacia esta parte de la ciudad por lo cual el anillo principal de fibra óptica alcanzará más cobertura, dentro del trazado de esta ruta se tomará en cuenta la demanda de clientes además se considerará como una prioridad a los condominios que existan dentro del sector la ruta debe estar contemplada dentro de una longitud de 4 Km de tendido de fibra óptica.

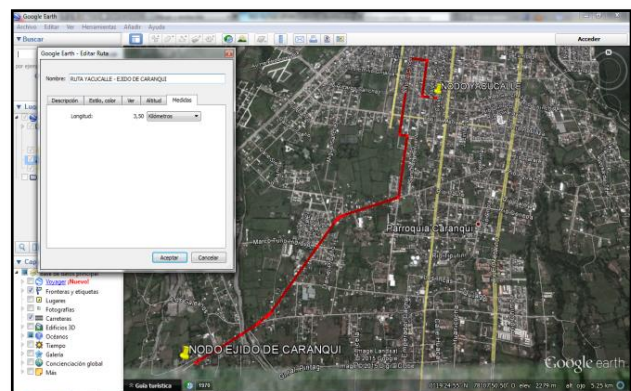


Figura # 5. Trazado de la ruta mediante Google Earth.

La ruta trazada que se muestra en la figura # 5 es considerada para el diseño de la red Gpon debido a la petición de los propietarios de los condominios y de los moradores del sector por tanto para el diseño de esta ruta existe una demanda de usuarios considerable para su elaboración.

4.1 OLT (equipo central óptico)



Figura # 6. Equipo OLT o equipo central óptico para una red Gpon.

En la figura 47 muestra el equipo que es utilizado por la empresa Telconet S.A. para poder brindar el servicio de internet a los usuarios mediante una red GPON.

El EP-3116, Ethernet sobre PON puede correr hasta 20 km a una velocidad máxima de hasta 1.25Gbps, que resulta ser un aparato de generar ingresos emergentes para desarrolladores y proveedores de servicios.

El EP-3116 es un equipo de Ethernet PON de clase portadora que ofrece siempre alta velocidad y vídeo de alta resolución a través de la red óptica.

El EP-3116 asegura una ruta de migración a la fibra a los locales para Servicios centrados en IP, como VLAN, multicasting, agregación de enlaces, filtrado de multicapa, la limitación de velocidad, clase de servicio (CoS) y la calidad de servicio (QoS). Robusto sistema de gestión que proporciona fácilmente las capacidades necesarias para la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento.

4.2 Fibra de 144 hilos para la red principal o red MPLS

BUFFER	HILOS
ROJO	ROJO
BLANCO	BLANCO
AMARILLO	AMARILLO
VERDE	VERDE
NARANJA	NARANJA
CELESTE	CELESTE
CAFÉ	CAFÉ
NEGRO	NEGRO
AZUL	AZUL
GRIS	GRIS
VIOLETA	VIOLETA
ROSADO	ROSADO

Figura # 7. Color de buffers y de hilos del cable de fibra óptica de 144 hilos.

El cable de fibra de 144 hilos contiene 12 tubos o buffers de 12 hilos cada uno como se muestra en la figura # 7, este tipo de cable es utilizado para las rutas y anillos que se encuentran dentro de la ciudad. Dentro de la Empresa Telconet el estándar que utilizan para una red Gpon es utilizar los hilos rosados de todos los buffers, por tanto estos hilos no podrán ser utilizados para clientes corporativos, a menos que en un determinado sector donde la cobertura se sature, con los permisos y autorización respectiva del departamento de Gpon se habilitará el siguiente hilo en forma descendente en este caso sería el hilo violeta, para la construcción líneas de derivación, la construcción de esta rutas se realizarán de acuerdo a un análisis de cajas BMX saturadas, contienen 8 cajas de 8 clientes disponibles cada uno dando así una cobertura de 64 clientes en la zona.

4.3 Distribución de las bajas BMX (cajas distribución de abonado)

Para la distribución de las cajas BMX (cajas de distribución de abonados) tomamos como referencia la distancia que tiene la ruta del nodo Yacucalle hasta el nodo Ejido de Caranqui, además la cantidad de postes que tiene la ruta. El tendido de fibra óptica que va desde el nodo Yacucalle al nodo Ejido de Caranqui es el cable de fibra óptica de 144 hilos, este tipo de cable tiene 12 buffer de 12 hilos, anteriormente se explicó el código de colores que tiene este cable, los dos primeros buffers es decir el buffer de color rojo y el buffer de color blanco no se los utiliza para habilitar cajas de abonados dentro de la ruta principal o ruta MPLS estandarizada por la empresa Telconet, los hilos de estos buffers son utilizados para conexión de switch, OLTs, gestión, administración y control de la red por parte de los departamentos de operaciones de Networking de la ciudad de QUITO.

Por cada buffer se tendrá 2 cajas BMX ya que al corta el buffer en la ubicación de cada caja será direccionada al nodo Yacucalle y la otra al nodo Ejido de Caranqui y el buffer que exista entre los postes que se encuentren las cajas habilitadas por el mismo buffer será determinada como zona muerta.

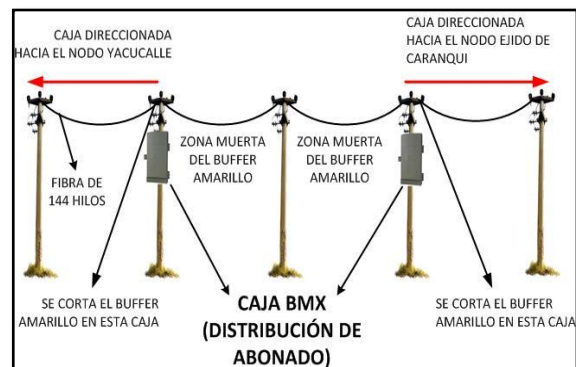


Figura # 8. Habilitar las cajas BMX con sus respectivos buffers.

La ruta tiene una distancia de 3960 metros y una cantidad de 20 cajas por tanto realizamos el siguiente cálculo tomando la distancia en este caso.

$$\text{Distancia de la ruta} \div \# \text{ de cajas} = \text{Distancia aprox entre cajas} \quad (1)$$

$$3960 \text{ mts} \div 20 = \mathbf{198 \text{ mts}} \quad (2)$$

Por tanto la ruta comprendida entre los nodos tendrá 20 cajas separadas por una distancia de aproximadamente de 198 mts entre cajas como muestra la ecuación 2 (fórmula planteada por el autor para determinar la distancia promedio para la instalación de las cajas), la distancia establecida por la empresa oscila entre 150 y 200 metros de distancia entre cajas.

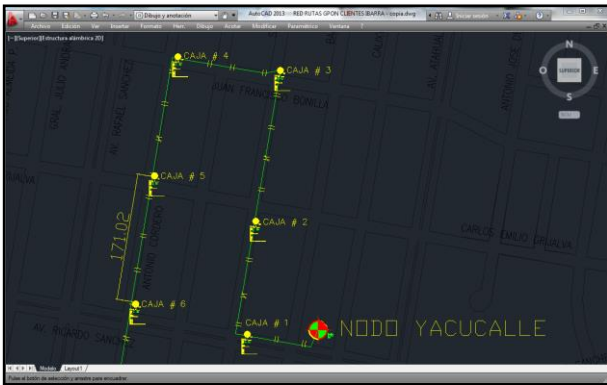


Figura # 9. Distribución de las cajas mediante software AutoCAD 2010.

En la figura # 9 se muestra la distancia entre la caja # 5 y la caja # 6 se tomó como ejemplo para verificar la distancia que se estableció para la distribución de las cajas en la ruta principal, la distancia en este caso nos da como resultado 198 mts por cuanto esta correcta en relación al cálculo realizado anteriormente, luego de haber establecido la distancia entre cajas, procedemos a realizar la ubicación de las mismas en toda la ruta.

El estándar de Telconet que hace referencia a la distancia de las cajas BMX es de colocar la caja de distribución hacia el abonado a una distancia máxima de 200m y a un mínimo de 150 mts, por tanto la distribución de las cajas para este diseño entra en el rango establecido por la empresa. En la figura # 9 se encuentra la distribución de las 20 cajas a lo largo de la ruta.

4.4 Armado de caja bmx (caja de distribución para abonados) o caja turca.

El armado de esta caja empieza con el sangrado del cable de fibra óptica 144 hilos, ubicando la fibra que va hacia el nodo en el ingreso derecho de la caja como indica la figura 38, de esta manera el buffer que esta asignado a la caja ingresa a la casetera por la parte izquierda (este debe cortarse al nivel del extremo contrario) y de esta manera las fusiones quedan en el organizador derecho (los hilos deben tener tres vueltas y media hasta el organizador derecho) saliendo los patch cords por la esquina inferior

izquierda del casete e ingresando a la placa de conectorización por la apertura inferior.

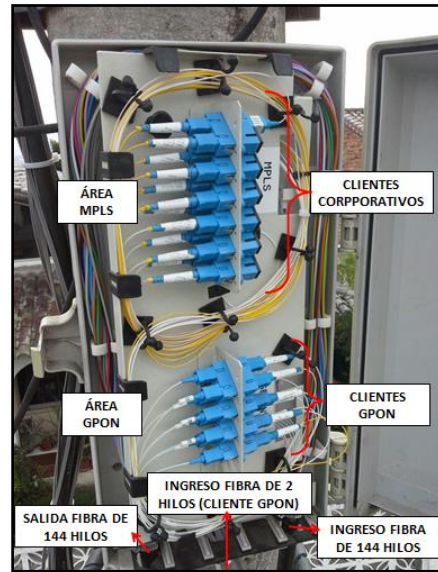


Figura # 10. Armado de la caja BMX con los casetes para clientes corporativos y clientes Gpon.

4.5 ONT (equipo de usuario óptico)

Optical Network Termination o punto de terminación óptico, más conocido como ONT, es un dispositivo situado en casa del usuario en instalaciones FTTH/GPON. Convierte la línea de fibra óptica en interfaces Ethernet tradicionales, suponiendo por tanto el final de la línea de fibra. Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Estos interfaces han evolucionado del fast Ethernet al gigabit Ethernet a la par que las velocidades ofrecidas a los usuarios. Actualmente no existe interoperabilidad entre elementos, por lo que debe ser del mismo fabricante que la OLT. Se está trabajando para conseguir la interoperabilidad entre fabricantes.



Figura # 11. Equipo Olt o equipo terminal de usuario.

4.6 Características técnicas

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos en canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (Multiplexación por División de longitud de Onda). Al utilizar longitudes diferentes es necesario, por lo tanto, el uso de filtros ópticos para separarlas.

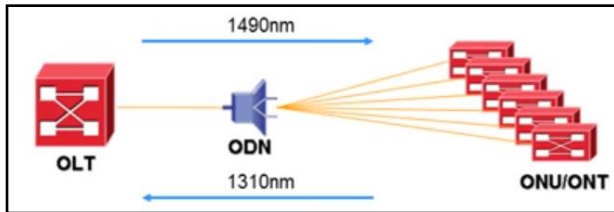


Figura # 12. Ventanas de transmisión que utiliza una red Gpon.

En la figura 60 muestra cómo se separan las señales de subida y bajada de múltiples usuarios en una sola fibra, Gpon adopta dos mecanismos de multiplexación.

- En dirección de bajada (Downstream), los paquetes de datos son transmitidos en broadcast.
- En dirección de subida (Upstream), los paquetes son transmitidos mediante TDMA (Multiplexación por división de tiempo).

4.6.1 Canal descendente

En canal descendente, una red GPON va desde el OLT hacia el ONT de usuario, en forma de red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que pasan por los divisores y llegan a las unidades ONT, cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él. Se utiliza una multiplexación en el tiempo (TDM) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

4.6.2 Canal ascendente

En canal ascendente, una red GPON es una red punto a punto donde las diferentes ONTs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONT envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todas las ONT se sincronizan a través de un proceso conocido como "Ranging" (es un proceso o método para determinar la distancia de un lugar o de posición a otra ubicación o posición).

5. Factores a considerar para el diseño de una red Gpon

Dentro de los factores a tomar en cuenta para el diseño de una red de fibra óptica o red Gpon son: velocidad de transmisión, la atenuación del enlace, los tipos de cables de fibra, equipamientos disponibles, tipos de interfaz eléctricos, conectores ópticos, empalmes y protocolos.

El diseño se efectuará con los parámetros que la empresa y las recomendaciones ITU-T.G 984.x establezca para que a futuro pueda ser implementada.

5.1 Atenuación

Significa la disminución de potencia de la señal óptica, en proporción inversa a la longitud de fibra. La unidad utilizada para medir la atenuación en una fibra óptica es el decibel (dB). La atenuación de la fibra se expresa en dB/Km. Este valor significa la pérdida de luz en un Km.

5.2 Coeficiente de atenuación

Las normas ITU definen que se debe especificar un valor máximo para el cálculo de la atenuación que tendrá el enlace, sin que estos valores superen los recomendados por esta organización. A continuación se presenta los cálculos de los puntos citados en el presente capítulo, obviamente tomando en consideración las recomendaciones de la ITU y las atenuaciones de los elementos de la red.

La empresa Telconet para tiene como estándar la utilización de fibra monomodo tanto para su anillo principal como para los tendidos hacia los clientes, en base a la recomendación ITU-T G.652 para un enlace de fibra óptica, la ecuación 3 (obtenida de la recomendación G.652. pág. 7) de la atenuación se deberá expresar de la siguiente manera:

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (2)$$

Dónde:

$A(dB)$: Coeficiente de atenuación.

α : Es el coeficiente de atenuación típico de la fibra óptica.

L : Longitud del enlace.

α_s : Atenuación media por empalme.

x : Números de empalmes por enlace.

α_c : Atenuación media de conectores de línea.

y : Número de conectores de línea en el enlace.

Además del cálculo de esta atenuación en la fibra óptica, empalmes y conectores, se deben sumar las atenuaciones ocasionadas por las splitters de cada tipo que se ponen en el trayecto, considerando que cada nivel se splitters de relación 1:8 tiene una atenuación de 9,3 dB este valor se encuentra en la tabla 7; también se debe incluir el margen de seguridad por factores externos o factores extrínsecos de 1 dB, por lo cual se tendrá la siguiente ecuación 3 obtenida de: <http://dspace.ups.edu.ec>

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{SB})(dB) + A_E(dB) \quad (3)$$

Dónde:

$A_T(dB)$: Atenuación total del enlace

$A(dB)$: Coeficiente de atenuación de la fibra

$A_{SB}(dB)$: Atenuación presentada en el splitter de 1:8

$A_E(dB)$: Atenuación por agentes externos

5.3 Resultados

NÚMERO DE CAJA	POTENCIA MEDIANTE CÁLCULOS	POTENCIA MEDIDA MEDIANTE EQUIPOS
1	-18,48	-18,44
3	-18,56	-18,55
5	-18,62	-18,87
7	-18,70	-18,90
9	-18,81	-18,95
11	-18,87	-19,02
13	-18,95	-19,10
15	-19,03	-19,28
17	-19,10	-19,32
19	-19,19	-19,63

Tabla 2. Valor de la potencia de las cajas

Los cálculos obtenidos de las cajas de la ruta se encuentran adjuntos en el Anexo A, los cuales se resumen en la tabla 11 para determinar el balance del enlace óptico. Este balance abarca todos los componentes ópticos situados entre la OLT y la ONU. Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la potencia mediante cálculos matemáticos y los resultados obtenidos mediante equipos de medición ópticos se encuentran en los márgenes estipulados en la recomendación G.984.2.

Los resultados nos permite relacionar el valor de la potencia obtenida mediante ecuaciones matemáticas y los valores obtenidos mediante mediciones con equipos ópticos, se puede evidenciar que existe una pequeña diferencia entre estos dos valores, esto es debido ya que los equipos ópticos presentan un nivel de sensibilidad al

momento de realizar la medición, otro factor es que estos equipos permiten medir en la ventana de 1310nm y 1550nm, los cálculos están realizados en la ventana de 1490nm, por lo que se toma la ventana que más se acerca a la de los cálculos en este caso 1550nm, un parámetro que si presentara una variación al comparar los resultados obtenidos.

5.4 Análisis costo – beneficio (b/c)

El análisis costo beneficio es una metodología que se toma en cuenta para la toma de decisiones en la viabilidad de un proyecto además de la rentabilidad que brinde el mismo a un empresa en este caso a TELCONET S.A., para esto se debe tomar en cuenta que los beneficios obtenidos del proyecto excedan los costos iniciales de inversión si este es el caso el proyecto sería rentable caso contrario de lo debe descartar para no generar pérdidas a la empresa.

La relación costo-beneficio del proyecto durante los 10 años de vida útil de los equipos se la obtiene de la siguiente manera.

La ecuación 5 permite determinar la relación costo/beneficio para poder analizar si la inversión inicial genera ganancia o pérdida, es obtenida mediante el libro (Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales Autor: Cesar Achig Guzmán)

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{flujos netos actualizados}}{\text{inversión 0 o inversión inicial}} \quad (5)$$

En donde:

La suma del flujo de caja es de = 315482,2259

Inversión inicial del proyecto en el año 0 = 42780

$$\frac{B}{C} = 7,3745 \$ \quad (6)$$

Habiendo realizado el cálculo respectivo se puede observar que por cada dólar que se invierta se obtendrá 7,3745 dólares de utilidad, ratificando que la recuperación de la inversión será muy favorable, llegando a ser un proyecto económicamente rentable para TELCONET S.A.

6. Conclusiones

- Al realizar una visita técnica al sector se pudo evidenciar que los habitantes del sector disponían del servicio de internet mediante tecnologías de cobre e inalámbricas, por tanto luego de haber analizado y estudiado una red GPON propuesta la cual ofrece gran ancho de banda a largas distancias se puede determinar que este tipo de tecnología es garantizada gracias a las prestaciones y características de la fibra óptica que la componen.

- Una vez realizado el diseño de la ruta Yacucalle – Ejido de Caranqui se determina la cantidad de usuarios, dentro de toda la ruta se tiene 20 cajas cada una con disponibilidad de 8 clientes, lo cual permite dar el servicio a 160 posibles clientes, además dependiendo de la demanda del sector queda contemplado bajo autorización de la empresa habilitar otro hilo para la realización de una ruta especial llamada FTTH que contempla 64 posibles clientes en lugares que se tenga saturación de cajas.
- Para los usuarios es indiferente la infraestructura de red mediante la cual se le provea los servicios que solicita, lo que el cliente requiere son mejores precios con una mayor calidad siempre y cuando se den los servicios solicitados por parte de la empresa.
- Mediante el análisis económico proyectado a 10 años con un precio mensual de 35,83 \$ del básico por usuario, se determina que el proyecto es factible, ya que toda la inversión comprendida entre equipamiento, materiales y mano de obra será recuperada en el segundo año.
- Las pruebas se realizaron mediante cálculos matemáticos y mediciones en una red ya implementada con más misma características al diseño, los resultados obtenidos fueron que los dos valores tienen una diferencia numérica no tan amplia, esto es debido a que en la medición con el equipo óptico (Power Meter) presenta cierta sensibilidad en las mediciones, las mismas que se realizaron en la ventana de transmisión 1550nm, para los cálculos fue tomado los valores de atenuación que presenta la ventana 1490nm, por lo que los valores de potencia si existirá una variación de atenuación en los dos métodos pero se encuentran dentro de los valores óptimos que menciona la recomendación G.984.2.

Agradecimientos

Ante todo agradecer a Dios por darme la vida y las fuerzas para culminar este objetivo de titulación.

A mis padres por darme el apoyo incondicional durante mi vida estudiantil.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Jimmy Enríquez como jefe coordinador de la zona norte de la empresa Telconet S.A. por darme la apertura necesaria para la realización de mi tema de trabajo de grado.

Al personal que conforma la zona norte de la empresa Telconet S.A. por darme su ayuda y apoyo para la elaboración de mi proyecto.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación por ser guía en la formación académica.

A mis compañeros de clase que fueron parte fundamental en mi vida por compartir la amistad y supieron estar presentes en todo momento, mil gracias por compartir el aula de clases durante todo este tiempo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Abreu, M. (10 de Julio de 2009). *CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED ÓPTICA*. Obtenido de <http://www.um.edu.uy/>
- [2] Alvear, J. D. (2011). "Estudio de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, datos y video para la urbanización los Olivos en la ciudad de Azogues". Cuenca.
- [3] Angel, M. (13 de Febrero de 2013). *alebentelecom Corporación*. Obtenido de alebentelecom Corporación : <http://www.alebentelecom.es>
- [4] Aquino, M. (27 de Marzo de 2015). *Proyecto de radioenlace entre dos sedes de una empresa*. Obtenido de Proyecto de radioenlac: <http://es.slideshare.net/>
- [5] Bizkaia, E. (26 de Marzo de 2015). *Certificación de fibra óptica*. Obtenido de Certificación de fibra óptica: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/>
- [6] Boquera, M. C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- [7] Cataño, A. F. (29 de Octubre de 2010). *Redes PON*. Obtenido de Redes PON: <https://sx-de-tx.wikispaces.com>
- [8] Fibremex. (s.f.). *¿ Que es la atenuación de la fibra ?*
- [9] G.984.1, L. R.-T. (2003). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*.
- [10] Yagüe, A. G. (Mayo de 2014). *Introducción y Conceptos Generales*. Obtenido de <http://www.ccapitalia.net/>

Bibliografía



Nacido en Pimampiro - Ecuador el 04 de mayo de 1985. Sus estudios primeros los realizo en la escuela Antonio Ricaurte y su bachillerato en el colegio Nacional Pimampiro título de Bachiller en Físico Matemático en el año del 2003, ingreso a la Universidad Técnica del Norte en la carrera de

Ingeniería Electrónica y Redes.

Design of a Gpon network that provides internet service in the sector Yacucalle - Caranqui Ejido in the city of Ibarra for Telconet S.A.

Ramiro V. Trejo

Fica, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio (ciudadela universitaria), Ibarra, Imbabura

rvtrejoe@utn.edu.ec

Abstract. *The project is to make a design for a GPON network Yacucalle industry - Ejido de Caranqui in the city of Ibarra, the same as is endorsed by the company Telconet S.A. later after being analyzed the design will be able to be implemented, which allow providing internet service via fiber to the home by GPON technology, the link is between two nodes where OLT's, optical equipment that allow service delivery to customers, are located besides the ODF's elements which the distribution of the optical fiber are made in the traced route 20 boxes BMX (switchbox subscriber) will be distributed by the optical network availability 160 customers will ie eight subscribers per box. The user once you have defined the plan for your needs with the sales staff can get the service through a team ONT (optical computer user).*

Keywords – Gpon, OLT, ODF, BMX, ONT.

Resumen. *El proyecto consiste en realizar un diseño de una red Gpon para el sector de Yacucalle – Ejido de Caranqui en la ciudad de Ibarra, la misma que está avalada por la empresa Telconet S.A., posteriormente luego de ser analizado el diseño estará en condiciones para ser implementada, la cual permitirá brindar el servicio de internet mediante fibra óptica hasta el hogar mediante la tecnología Gpon, el enlace está comprendido entre dos nodos en donde se ubican los OLT's, equipos ópticos que permiten la distribución del servicio hacia los clientes, además los ODF's elementos los cuales se realizan la distribución de la fibra óptica, en la ruta trazada se distribuirá 20 cajas BMX (caja de distribución de abonado), mediante esta red óptica se tendrá una disponibilidad de 160 clientes es decir 8 abonados por cada caja. El usuario una vez que haya definido el plan que más le conviene con el personal de ventas podrá obtener el servicio mediante un equipo ONT (equipo de usuario óptico).*

Palabras claves – Gpon, OLT, ODF, BMX, ONT.

1. Introduction

The Telconet Company carries on the market already 18 years providing Internet, connectivity, data center services and managed services across the country, with a solid platform of infrastructure of fiber optic that allows users with all of the requirements that require both companies, funding agencies, schools, service to homes etc. The service to homes is only provided in the provinces of Pichincha and Guayas, so the company wants to provide this service at the national level so the city of Ibarra one of the main cities that welcomes this project of FTTH (fiber to the home).

In the city of Ibarra Telconet company currently has a ring of fiber-optic 144 threads the same which are connected via 4-node which becomes a large part of the city giving the Internet service and private companies public and private networks. In sectors such as Alpacaca, Azaya, La Victoria, Caranqui and Yacucalle - Caranqui Ejido is projected future make cables fiber to reach users in order to provide both internet corporate services as for homes.

To carry out the design of the GPON network it is necessary to analyze the theoretical underpinnings that possesses this technology to understand the purpose with which it was created and its advantages as transmissions of data at high speeds. One disadvantage is the high fragility that has optical fiber handling when that staff must have knowledge to work with this type of cable. These are the characteristics of a GPON network in general; also elements which propose this technology to provide services to users via optical fiber, standard ITU-T G984.x is in charge of the standardizations of PON networks at speeds over 1 Gbit/s.

2. GPON (Gigabit Passive Optical Network) ITU-T G.984.1 STANDARD

GPON access via optic fiber architecture point to multipoint technology is one of the most advanced today. Economies of scale and accumulated experience in the core network, with high levels of traffic on systems allowed WDM to the economic viability of the fiber and optical components is a fact. The services that can be used on a network of these characteristics are also the same that can be offered on the mobile network, thanks to the integration, which involves the introduction of IMS.

GPON networks are designed to successfully offer services that require a high bandwidth: voice, data and high-definition television with access speeds greater than 50 Mbps, for the internet, with lower operating and maintenance costs.

This allows the fiber optics closer to the user, for this makes use of the new technology that copper conductors have emerged as the architectures that reduce the use. For a better illustration of the structure of a GPON network I put to your consideration a schema, which details the different elements that define this network as well as their connections function.

In recent years we have witnessed major changes in aspects of how the technology has changed to offer their services through networks of broadband access, using for this purpose, high technologies of optical fiber networks.

Recommendation ITU-T G 984.1 is a family of recommendations that defines gigabit passive (GPON) optical network as a network of access to telecommunications. It is based on BPON in terms of architecture, but also offers:

- Global multi-service support: voice, 10/100 Ethernet, ATM.
- Coverage up to 20 Km.
- Protocol-level security.

Support transfer rates:

- Symmetrical: 622 Mbps to 1.25 Gbps.
- Asymmetric: descending of 2.5 Gbps, up 1.25 Gbps.

As we can be seen in Figure # 1, there are 3 basic components to a PON network:

- OLT (Optical Line Terminal - line optical unit) module that is located in the central node.
- An optical splitter (splitter).
- Several ONUs (Optical Network Unit - user's optics unit) that are located in the user's domicile.

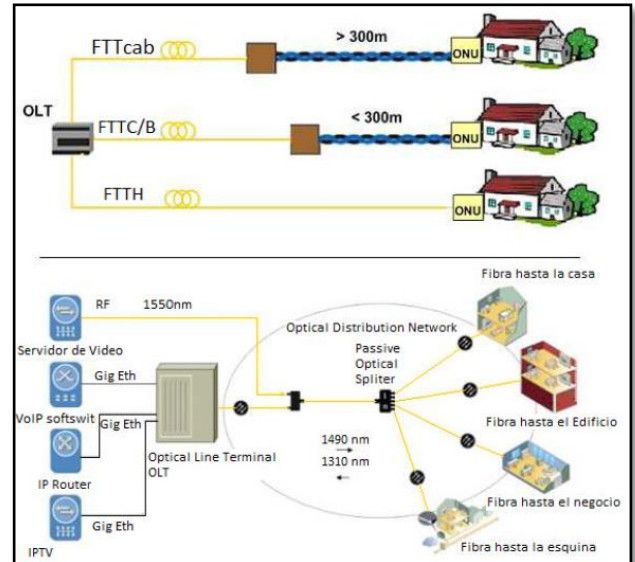


Figure # 1. Basic components of a network of fiber optic passive.

As you can see in Figure # 2 the transmission is between the OLT and the UN that communicate through the divider, whose function depends on whether the channel is ascending or descending.

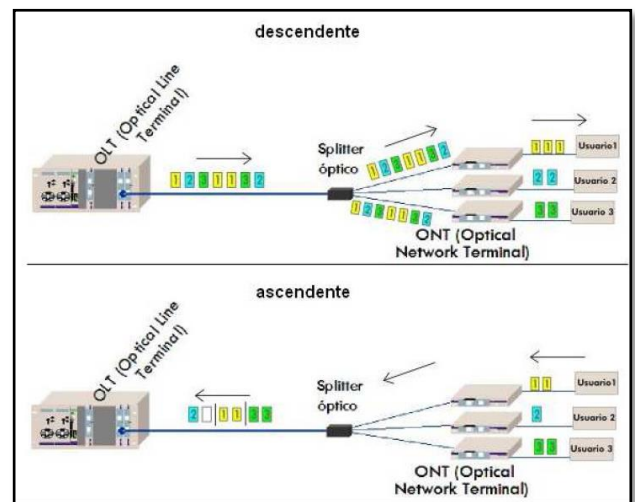


Figure # 2. Descending and ascending channel of PON networks.

2.1 FTTH system description

FTTx is known as, where x is a variable that indicates the different destinations. The telecommunications industry differentiates different architectures, depending on the distance between the optical fiber and the end user. The

most important are nowadays as #3 is shown in the figure: FTTH, FTTC, FTTB and FTTN.



Figure # 3. Optical fiber to the home.

In FTTH optical fiber reaches home or office of the Subscriber. FTTB fiber finishes before inside or in areas near the building of the subscribers. In FTTN, fiber ends far from subscribers as on a node, in the vicinity of the district. The choice of an adequate architecture will depend mainly on the unit cost for the end user, the type of services that the user wants to and the service that you want to offer the operator.

2.2 Characteristics of FTTH

En FTTH la velocidad que recibe el usuario deja de ser dependiente de la distancia a la central del operador o del estado del par de cobre, cambiando así por completo el mapa de cobertura de las ciudades y, cara al usuario, el esquema del equipamiento utilizado también cambia, puesto que verá cómo llega a su casa un cable de fibra que termina en un ONT (Optical Network Terminal), es decir, un conversor de señales ópticas a Ethernet y un router que, además, también puede transportar nuestras llamadas de voz (al ser VoIP).

The FTTH technology is composed of fiber and optical devices, used the PON systems which allows a bandwidth much more wide allowing its use in the future, this not is I got with the use of GPON and EPON systems.

FTTH systems use 2 or 3 bandwidth fairly separated each other: 1310nm, 1490nm and 1550nm. Each one of the sectors of lying fiber is associated with a single signal that can be transmitted at any time, since there was a dedicated to the same fiber.

FTTH uses the time-division so that each one of the clients we find that signals is divided into space, frequency

and time. Moreover, the topologies and interconnections are more complex. FTTH systems are divided by splitters at one or more points on the network, to get customers. Connectors, mergers or the use of the two for the interconnection can be used.

3. Current situation of GPON in the city of Ibarra.

Currently there are 4 operational nodes in the city of Ibarra which form a main ring of fiber-optic 144 threads; this ring allows you to offer clients as corporate internet home (homes). There is also a petal coming out of the Yacucalle node and returns to the same node, forming a route known within the company as petal. Since its implementation Gpon network in the city of Ibarra as shown in Figure # 4 has had a host of service already in 160 customers in approximately three months, the same ones that are contained in the following nodes:

- Node Yacucalle
- Node Mariano Acosta
- Node SHD Ibarra
- Node Mutualista

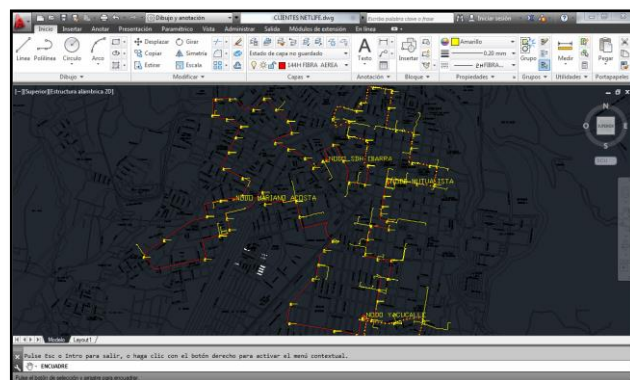


Figure # 4. Optical fiber to the home.

3.1 Netlife department in charge of giving the FTTH service to customers in the city of Ibarra.

Is the leading organization in technological innovation, facilitator of access to information and knowledge through the provision of integrated digital solutions, product quality, excellence and commitment to its people, fostering long-term relations with our customers. Netlife is the first FTTH Internet in the country, offering a unique performance. Unmatched speed, to make your life on the net the best experience, because it has fiber optics to the home with less sharing, unreachable speeds and staff committed to the rhythm of life.

Improve the quality of life of our clients by facilitating access to information, through the provision of digital

services integrated, supported by constant technological innovation and a highly qualified and motivated human resources, thus contributing to the development of the information society in the country. Is the leading organization in technological innovation, facilitator of access to information and knowledge through the provision of integrated digital solutions, product quality, excellence and commitment to its people, fostering long-term relations with our customers.

3.2 Technology used

Also known as fiber to the home (FTTH), is a technology of new generation which uses beams of light as a means of data transmission, and communication to a great distance, is the means of transmission par excellence to be immune to electromagnetic interference.

3.2.1 Sharing 2 to 1

Sharing is the amount of services that use the same way to be able to contact the Internet, currently on the national market, sharing can vary depending on the segment to which it is addressed, for example the offers for customers home is 8:1, professional 6:1 and 4:1, NETLIFE, SMEs offers less sharing of the market to all its customers 2:1.

3.2.2 Analysis of the technologies present in the Yacucalle industry - Ejido Caranqui.

The CNT Company in this sector uses ADSL, asymmetric digital subscriber line technology, consists of analog digital data transmission supported by symmetrical pairs of copper wire. The conventional phone lines or connecting (switched telephone network, PSTN) lines, are always transmitted under copper cable whenever the line length is of up to even a 5.5-km from the telephone exchange, or there are no other services by the same cable that may interfere.

On the other hand the company SAITEL opts for wireless technology i.e. long-distance link (also known as remote link or radio links) is a connection that uses wireless technology (access points, routers and computers, among others) to link computers that are distant. The separation of these points by joining can range from hundreds of meters to kilometers.

	FIBER OPTIC	ADSL	RADIO LINK
SIGNAL TYPE	Light (electromagnetic wave)	electrical pulses	Headroom (electromagnetic waves)
ATTENUATION	Very low	Substantial	Substantial
INTERFERENCE	Very low	Substantial	Very Substantial
BANDWIDTH	Very high	Intermediate	Intermediate
COST	High	Intermediate	Low
USE	Long / very long distances	Medium / long distances	Medium / long distances

Table 1. Characteristics of the technologies that the customer can choose for your internet service at Yacucalle - Caranqui Ejido sector.

4. Design of GPON

The path where will be the design of the Gpon network will be the Yacucalle node to the node Caranqui, with the creation of this route in the future the company aims to extend to this part of the city for which the main fiber optic ring will reach more coverage inside the path of this route is taken into account the demand of customers also shall be considered as a priority to the condominiums that exist within the sector the path must be provided within a length of 4 Km of laying of optical fiber.

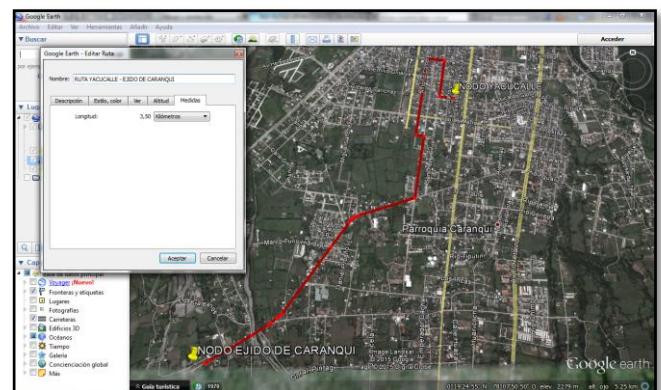


Figure # 5. Using path mapping Google Earth.

The traced path that is shown in Figure # 5 is considered for the design of the network Gpon due to the request of the owners of condominiums and the inhabitants of the sector therefore for the design of this route there is considerable demand from users for its elaboration.

4.1 OLT (optical line terminal)



Figure # 6. OLT or optical core team for Gpon network equipment.

Figure 47 shows the equipment that is used by the Telconet S.A. Company in order to provide internet service to users via a GPON network.

The EP-3116, Ethernet over PON can run up to 20 km to a maximum speed of up to 1. 25Gbps, who happens to be device emerging revenue for developers and service providers.

The EP-3116 is a team of Ethernet PON's carrier-class always offering high speed and high resolution through optical network video.

EP-3116 ensures a migration path to fiber to the premises-centered services IP, such as VLAN, multicasting, link aggregation, multi-layer filtering, limiting speed, class of service (CoS) and quality of service (QoS). Robust management system that provides easily the capabilities needed for the operation, administration, maintenance and provisioning.

4.2 F Fiber 144 threads to the main network or MPLS network



Figure # 7. Color buffers and threads of 144 threads fiber-optic cable.

144 threads fiber contains 12 tubes or 12 threads buffers each as shown in Figure # 7, this type of cable is used for routes and rings that are located within the city. Within the Telconet company standard used for a Gpon network is using the pink wire of all buffers, therefore these wires may not be used for corporate clients, unless in a particular sector where coverage is saturated, with permissions and authorization of the Department of Gpon is enabled the following thread in descending order in this

case would be the violet wire for the construction lines of referral, the construction of this route will be carried out according to an analysis of saturated BMX boxes, contain 8 boxes of 8 clients available each giving a coverage of 64 customers in the area.

4.3 Distribution of the low BMX (subscriber distribution boxes)

For the distribution of BMX boxes (boxes of subscribers) take as reference the distance which has the path Yacucalle node to the node Caranqui Ejido, also the amount of posts that have the route. The laying of optical fiber that goes from node Yacucalle to node Caranqui Ejido is 144 wireless optical fiber cable, this type of cable has 12 buffer 12-core, previously explained the color code that has this cable, the two first buffers is the red and white color buffer buffer not used to enable subscribers within the route boxes main or MPLS path standardized by the company Telconet, the threads of these buffers are used for connection of switch, OLTs, management, administration and control of the network by the departments of the city of QUITO Networking operations.

For each buffer will have 2 boxes BMX since the short the buffer in the location of each box will be directed to the Yacucalle node and the other to the Ejido of Caranqui node and buffer between posts that are enabled by the same buffer boxes will be determined as dead zone

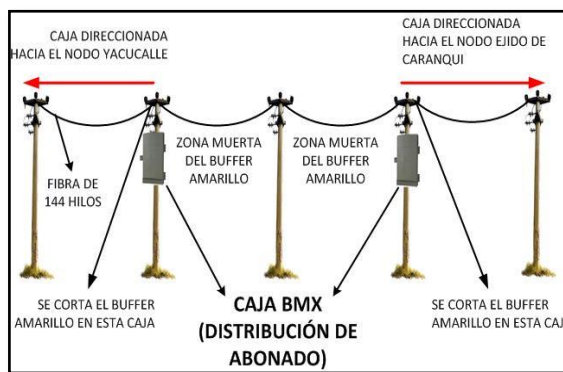


Figure # 8. Enable BMX boxes with their respective buffers.

The route has a distance of 3960 m and a quantity of 20 boxes therefore perform the following calculation taking the distance in this case.

$$\text{Route distance} \div \# \text{ of boxes} = \text{Approx distance between boxes} \tag{4}$$

$$3960 \text{ mts} \div 20 = 198 \text{ mts} \tag{2}$$

Therefore the path between the nodes will have 20 boxes separated by a distance of approximately 198 meters between boxes as shown in equation 2 (formula raised by the author to determine the average distance for the installation of the boxes), the distance established by the company varies between 150 and 200 meters distance between boxes.

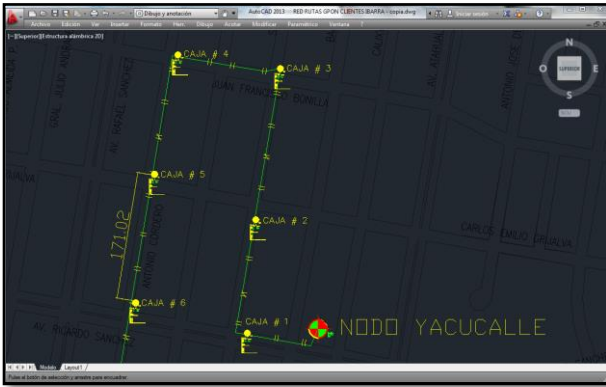


Figure # 9. Distribution of the boxes with software AutoCAD 2010.

Figure # 9 shows the distance between the box and the box # 5 # 6 was taken as example to check the distance which was established for the distribution of the boxes on the main route, the distance in this case gives results 198 meters by how much this right in relation to the calculation made earlier, after having established the distance between boxes proceed to make the location of them on the entire route.

Standard Telconet that refers to the distance of the BMX boxes box distribution to the Subscriber to a maximum distance of 200m and a minimum of 150 meters, therefore the distribution of boxes for this design falls in the range established by the company. In Figure # 9 is the distribution of the 20 boxes along the route.

4.4 Armed bmx box (switchbox for subscribers) or Turkish box.

The Assembly of this box begins with bleeding of the fiber optic cable 144 threads, placing fiber that goes towards the node on the right income box as shown in Figure 38, in this way the buffer that is assigned to the case enters the cassette deck on the left side (this must be cut to the level of the opposite end) and in this way mergers are in the right Organizer (threads should have three turns and a half until the right Organizer) leaving the patch cords along the lower-left corner of the cassette and entering the plate Assembly through the bottom opening.

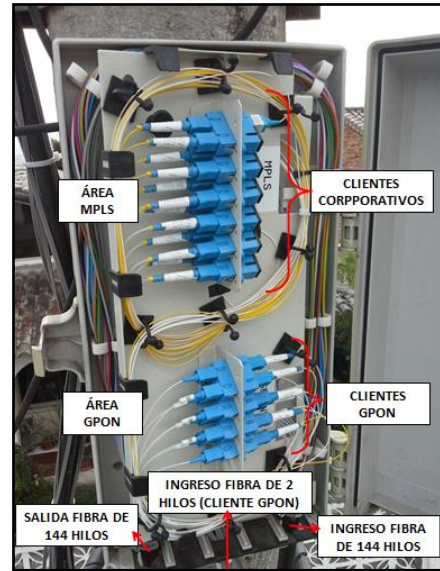


Figure # 10. Armed with the BMX box with cassettes for corporate customers and Gpon.

4.5 ONT (Optical Network Terminal)

Optical Network Termination or optical termination point, better known as ONT, is a device located in the user in facilities/GPON FTTH's home. Converts optical fiber line in traditional Ethernet interfaces, assuming therefore the end of the fiber line. It is located in house of the user who completed optic fiber and offers the user interfaces. These interfaces have evolved from fast Ethernet to gigabit Ethernet on par than rates offered to users. Currently there is no interoperability between elements, so it must be from the same manufacturer as the OLT. It is working to achieve interoperability between manufacturers.



Figure # 11. Olt unit or user terminal equipment.

4.6 Technical data

So among the contents not interference in descending and ascending channel two different wavelengths superimposed using WDM (Wavelength Division Multiplexing) techniques are used. By using different lengths is necessary, therefore, the use of optical filters to separate them.

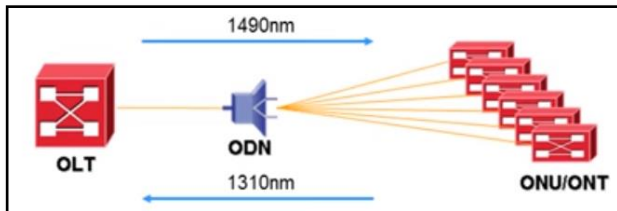


Figure # 12. Windows transmission that uses a Gpon network.

Figure 60 shows how separate the rises signals and drop multiple users in a single fiber; Gpon adopts two mechanisms of multiplexing.

- In direction of descent (Downstream), data packets are transmitted in broadcast.
- In direction of ascent (Upstream), packets are transmitted using TDMA (time division multiplexing).

4.6.1 Downstream

On the downstream channel, a GPON network goes from the OLT to the ONT's user network point-multipoint where the OLT sends a series of contents that go through splitters and reach the ONT units, whose aim is the filter the contents and send the user only those who are directed to it. Used a multiplexing (TDM) time to send information at different instants of time.

4.6.2 Upstream

On the upstream channel, a GPON network is a point-to-point network where the different ONTs transmit content to the OLT. For this reason the use of TDMA is also necessary so that each ONT send the information at different instants of time, controlled by the OLT unit. At the same time, all NTOS are synchronized through a process known as "Ranging" (is a process or method of determining the distance of a place or position to another location or position).

5. Factors to consider when designing a GPON

Factors to consider for the design of a network of fiber optics or Gpon network are: baud rate, the attenuation of the link, the types of fiber cables, available equipment, types of interface electrical, optical connectors, joints and protocols.

The design shall be carried out with the parameters that the company and the ITU-t recommendations G 984.x set so that it can be implemented in the future.

5.1 Attenuation

It means the decline in power of the optical signal, in inverse proportion to the length of fibre. The unit used to measure the attenuation in a fiber optic is the decibel (dB). Fiber attenuation is expressed in dB/Km. this value means the loss of light in a Km.

5.2 Attenuation coefficient

The ITU standards define a maximum value for the calculation of the attenuation that will have the link, without these values exceed those recommended by this organization must be specified. Below is the calculation of the points referred to in the present chapter, obviously taking into account the recommendations of the ITU and the attenuation of the network elements.

Telconet company to have as standard the use of single-mode fiber for its main ring as for lines to customers, based on the ITU-T G.652 recommendation for a link of fiber optic, Equation 3 (obtained from the recommendation G.652. p. 7) the attenuation must be expressed in the following way:

$$A(dB) = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y \quad (5)$$

Where:

$A(dB)$: Attenuation coefficient.

α : It is typical coefficient of the optical fiber attenuation.

L : Link length.

α_s : Mean splice loss.

x : Link numbers splices.

α_c : Average attenuation of line connectors.

y : Number of line connectors in the link.

In addition to the calculation of this attenuation in fiber optics, splices and connectors, one must add the attenuation caused by the splitters of each type that are put in the way, considering that each level is 1:8 ratio splitters

has an attenuation of 9.3 dB this value is found in table 2; also should include the safety margin by external factors or extrinsic factors of 1 dB, so it will have the following equation 3 obtained from: <http://dSPACE.ups.edu.ec>

$$A_T(dB) = A(dB) + 2(A_{S8})(dB) + A_E(dB) \quad (6)$$

Where:

$A_T(dB)$: Total attenuation link

$A(dB)$: Coefficient of fiber attenuation

$A_{S8}(dB)$: Attenuation presented in the splitter 1: 8

$A_E(dB)$: Attenuation by external agents

5.3 Results

BOX NUMBER	POWER BY CALCULATIONS	POWER EQUIPMENT BY MEASURE
1	-18,48	-18,44
3	-18,56	-18,55
5	-18,62	-18,87
7	-18,70	-18,90
9	-18,81	-18,95
11	-18,87	-19,02
13	-18,95	-19,10
15	-19,03	-19,28
17	-19,10	-19,32
19	-19,19	-19,63

Table 2. Value of the power of the boxes

Estimates obtained from the route boxes attachments are found in Annex A, which are summarized in table 11 to determine the balance of the optical link. This balance includes all optical components located between the OLT and the UN. You can see that the results obtained the power through mathematical calculations and the results obtained using optical measuring equipment are in allowances stipulated in the recommendation G.984.2.

The results allows us to relate the value of power obtained through mathematical equations and values obtained by means of measurements with optical equipment, it can demonstrate that there is a small difference between these two values, this is because since the optics have a sensitivity level at the time of the measurement, another factor is that these equipment allow to measure in the window of 1310nm and 1550nm calculations are made in the window of 1490nm, so take the window that closest to the calculations in this case

1550nm, a parameter that if submit a variation to compare the results.

5.4 Cost - benefit analysis (b/c)

Analysis cost-benefit is a methodology that is taken into account in decisions on the feasibility of a project as well as the profitability that provides the same to a company in this case TELCONET S.A., to this must be taken into account that the project benefits exceed costs initial investment if this is the case the project would be profitable if not of must discard to not generate losses to the company.

Cost-benefits of the project during the 10 years of useful life of the equipment you get the relationship follows.

Equation 5 enables you to determine the cost/benefit ratio to analyze if the initial investment gain or loss, it is obtained through the book (financial mathematics for business decision-making author: Cesar Achig Guzmán)

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{net flows updated}}{\text{initial investment}} \quad (5)$$

Where:

The sum of the cash flow is = 315482,2259

Initial investment in the project in the year 0 = 42780

$$\frac{B}{C} = 7,3745 \$ \quad (6)$$

Having done the calculation respective can be observed that for every dollar that is spent you will get 7,3745 utility dollars, confirming that the recovery of the investment will be very favorable, becoming an economically profitable project for TELCONET S.A.

6. Conclusions

- When performing a technical visit to the sector demonstrate that the inhabitants of the sector had copper technologies internet service and wireless, therefore then be analyzed and studied a network GPON proposal which offers high bandwidth over long distances can be determined that this type of technology is guaranteed thanks to the performance and characteristics of optical fiber comprising it.
- Once the design of the Yacucalle route - Caranqui Ejido determines the amount of users, within all route has 20 boxes each with 8 clients available, which allows to serve 160 potential clients, also depending on the demand of the sector is contemplated under authorization of the company to enable another thread

for the accomplishment of a special route called FTTH which provides 64 possible customers in places that have saturation of boxes.

- Network infrastructure which will provide the services you request, is indifferent to the users what the customer requires are best prices with a higher quality provided give the services requested by the company.
- By the economic analysis projected to 10 years with a monthly price of \$35.83 from the basic user, determines that the project is feasible, since the entire investment between equipment, materials and workmanship will be recovered in the second year.
- Tests were performed using mathematical calculations and measurements on a network already implemented with more same features to the design, the retrieved results were values two to have a not-so-extensive numerical difference, this is because the measurement with optical equipment (Power Meter) presents some sensitivity in measurements, which were carried out in the window of transmission 1550nm , for calculations was taken the attenuation values presenting 1490nm window, so the values of power if there is a variation of attenuation in the two methods but are within optimal values that mentioned the recommendation G.984.2.

Gratitude

First of all thank God for giving me life and forces to complete this goal of qualification.

To my parents for giving me the unconditional support during my student life.

My sincere thanks to Mr. Jimmy Enriquez as Chief Coordinator of the northern area of Telconet S.A. for giving me the necessary opening for the realization of my graduation project topic.

The staff that makes up the northern part of Telconet S.A. for giving me your help and support for the development of my project.

Teachers of electronic engineering and communication networks as guide in the academic's career.

My classmates who were an essential part in my life to share friendship and were able to be present at all times, thank you very much for sharing the classroom during this time.

Bibliographic references

- [11] Abreu, M. (10 de Julio de 2009). *CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED ÓPTICA*. Obtenido de <http://www.um.edu.uy/>
- [12] Alvear, J. D. (2011). "Estudio de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, datos y video para la urbanización los Olivos en la ciudad de Azogues". Cuenca.
- [13] Angel, M. (13 de Febrero de 2013). *alebentelecom Corporación* . Obtenido de alebentelecom Corporación : <http://www.alebentelecom.es>
- [14] Aquino, M. (27 de Marzo de 2015). *Proyecto de radioenlace entre dos sedes de una empresa*. Obtenido de Proyecto de radioenlac: <http://es.slideshare.net/>
- [15] Bizkaia, E. (26 de Marzo de 2015). *Certificación de fibra óptica*. Obtenido de Certificación de fibra óptica: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/>
- [16] Boquera, M. C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. España: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- [17] Cataño, A. F. (29 de Octubre de 2010). *Redes PON*. Obtenido de Redes PON: <https://sx-dex.wikispaces.com>
- [18] Fibremex. (s.f.). *¿ Que es la atenuación de la fibra ?*
- [19] G.984.1, L. R.-T. (2003). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*.
- [20] Yagüe, A. G. (Mayo de 2014). *Introducción y Conceptos Generales*. Obtenido de <http://www.ccapitalia.net/>

Bibliography



Born in Pimampiro - Ecuador 04 May 1985. First studying held them at the Antonio Ricaurte School and his high school at the college Nacional Pimampiro Bachelor in physical mathematical title in the year of 2003, entered the Technical University of the North in degree in electronic engineering and networks.