

Análisis y Diseño de una red de Fibra Óptica FTTH para brindar servicios triple play en el Sector Santiago Roldós Parroquia Ximena de la Ciudad de Guayaquil

Josué Chalén, Carlos Cornejo, Mag. Edison Del Rosario
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
josichal@espol.edu.ec, cacornej@espol.edu.ec

Resumen

El presente proyecto busca solventar una necesidad de servicios tecnológicos de comunicación para un sector al sur de la ciudad de Guayaquil, Provincia Guayas - Ecuador. Se proyecta brindar servicios triple-play (internet, telefonía y televisión) mediante una red FTTH con tecnología GPON, cuya característica principal es el uso de infraestructura tipo pasiva que permite el ahorro de energía en planta externa. La red GPON permite tanto al proveedor como al usuario transferir información tanto de subida como de bajada de forma asimétrica, permitiendo así poder disponer una variedad de planes de ancho de banda para que el usuario pueda elegir. Al final del proyecto se realiza un análisis desde un punto de vista financiero, para estimar los ingresos (planes de ancho de banda para servicios triple play), como los egresos (costos de infraestructura e inversión inicial) obteniendo como resultado complementario que la implementación de esta red sería viable en un tiempo aceptable de 3 años.

Palabras Claves: FTTH, GPON, Equipos Pasivos, Planta Externa, Asimétrica

Abstract

This project seeks to fulfill a need of communication technology services in Guayaquil's urban sector, Guayas Province of Ecuador. It is projected to provide triple-play services (internet, telephony and television) through a GPON-FTTH network, whose main feature is the use of passive infrastructure allowing energy savings at the outside plant. The GPON network allows data transfer between the supplier and the user into asymmetrical upstream and downstream link, open to a variety of bandwidth and service plans for the user's selection. Finally, a brief financial analysis is presented, estimating revenues (by the plans bandwidth for triple play services) and expenses (infrastructure costs and initial investment) having as a complementary result that this network implementation is be viable and that the initial investment might be recovered in an acceptable time of three years.

Keywords: FTTH, GPON, Passive Equipment, External Plant, Asymmetric.

1. Introducción

Uno de los principales cosas que busca el hombre es que su vida cotidiana sea sencilla, específicamente al comunicarse o enterarse de los demás; para esto existen medios como el internet, teléfono, televisión entre otras. Para ellos es necesario una red de acceso que sea capaz de proveer un suficientemente ancho de banda para este tipo de servicios. [5]

Existen lugares residenciales donde no cuentan con una red apta para tal distribución, como es el caso de la cooperativa Santiago Roldós que por ser un sector de bajos recursos seguramente no se le ha implementado una red de última tecnología.

Lo que se propone es el diseño de una red de fibra óptica que llegue hasta el hogar ya que se puede llegar con mayor ancho de banda respecto a tecnologías anteriores, sobretodo sabiendo que con el tiempo los usuarios necesitarán de mayor capacidad; la red ideal sería la que tiene como medio un enlace de fibra óptica

porque al actualizar sería necesario cambiar solo los equipos terminales y los equipos de la central.

2. Fibra óptica

Actualmente la demanda por un mayor ancho de banda va en aumento y los medios de transmisión por cobre no cubren estas demandas; por lo que se recomienda utilizar como transporte a la fibra óptica. La fibra puede estar hecha de vidrio o plástico, la diferencia está en el índice de refracción, es mayor en las fibras de plástico. Debido a su gran ancho de banda y bajas pérdidas, la fibra puede alcanzar grandes distancias.

La fibra óptica está conformada por dos hilos concéntricos, el interior es el núcleo que tiene un alto grado de pureza, lo que implica una mínima atenuación al momento de enviar información y el exterior de la fibra tiene un revestimiento que la cubre. [7]

2.1. Ventajas y desventajas de la fibra óptica

Entre las ventajas se destaca su baja atenuación que permite efectuar enlaces de mayor distancia de 100 a 200 km sin necesidad de repetidores, suficiente ancho de banda desde 10 GHz/km, peso y tamaño reducido, gran flexibilidad, aislamiento eléctrico, ausencia de radiación emitida.

La fibra óptica también tiene sus desventajas como: El costo de la fibra, las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras y producir cambios en la atenuación, no son inmunes al agua ya que puede corroer la superficie del vidrio lo que haría envejecer la fibra óptica. [2]

2.2 Tipos de fibra óptica

Según el modo de propagación estas se clasifican en dos: Fibras monomodo (SM) y fibras Multimodo (MM).

El modo de propagación es el número finito de trayectorias que hace la luz en el interior de la fibra.

2.2.1. Fibra monomodo

Debido a su diseño exclusivo como se observa en la Figura 1, estas fibras pueden guiar y transmitir grandes ancho de banda, el núcleo es más fino que el núcleo de la fibra Multimodo y a la vez evita la refracción del rayo lo que garantiza grandes distancias. El comportamiento del rayo en una fibra monomodo sería constante debido a su diámetro.

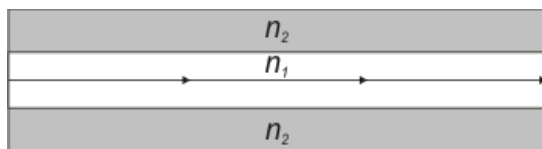


Figura 1: Fibra Óptica Monomodo

2.2.2. Fibra Multimodo

En este tipo de fibra los rayos de luz viajan por distintas trayectorias, la apertura de la fibra multimodo, en comparación con la fibra monomodo es mayor, lo que causa las múltiples trayectorias, actualmente este tipo de fibra cuesta un poco más que la monomodo. El material de composición de la fibra multimodo es homogéneo por lo que se puede afirmar que el coeficiente de refracción es constante en toda la fibra. Al ser diferente la distancia recorrida de los rayos refractados, al llegar al extremo de la fibra se produce un retardo relativo lo que ocasiona una disminución del ancho de banda que se puede alcanzar.

Las fibras multimodo según su índice de refracción son de Índice Escalonado o Gradual, ver Figura 2.

La diferencia entre ambos tipos de fibra es que en el primero al tener un índice escalonado, la refracción de los rayos causa una reducción en el ancho de banda,

mientras que la de índice gradual permite un mayor ancho de banda ya que el índice disminuye en la periferia de la fibra.

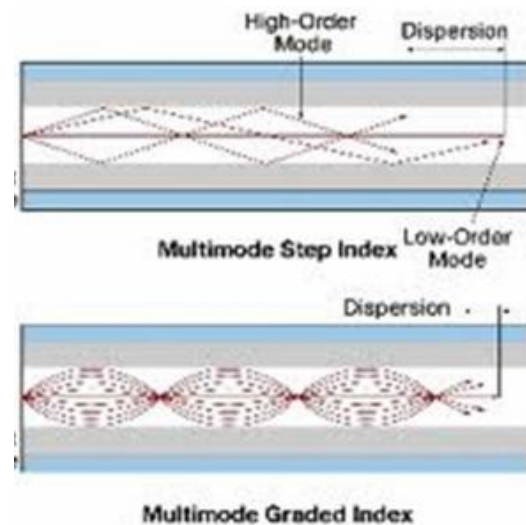


Figura 2: Fibra Óptica Multimodo

A continuación detalles sobre los tipos de fibra mencionados.

Tabla 1. Comparación entre tipos de fibra.

Característica	Monomodo	Multimodo de Índice Gradual	Multimodo de índice escalonado
Fuente Luminosa	Láser	Led o láser	Led o láser
Ancho de banda	Extremadamente amplio (3 a 50 GHz/m)	Muy amplio (0,2 a 3 GHz/Km)	Amplio (hasta 0,2 GHz/Km)
Empalme	Difícil	Difícil	Difícil
Aplicación típica	Enlaces de telecomunicación	Troncales telefónicas de longitud moderada	Enlaces entre computadores
Costo	El más costoso	Costoso	Menos costoso
Diámetro del núcleo	2 a 78 um	50 a 125 um	50 a 125 um
Diámetro del recubrimiento	15 a 60 um	125 a 440 um	125 a 440 um

3. Redes y tecnología de acceso

La red de acceso también conocida como acometida se clasifica por su medio de transmisión y puede ser fibra o cobre. Para este proyecto se ha escogido fibra. [7]

3.1. Redes de acceso vía fibra óptica

Estas redes de acceso son de última tecnología que permiten grandes velocidades de transmisión. Se clasifican en dos tipos de redes: HFC y PON. En nuestro diseño se ha considerado un tipo de la red PON.

3.2. Redes PON

Una red PON está conformada por equipos pasivos para guiar la señal entre el servidor y cliente, y equipos activos que necesitan de energía eléctrica para funcionar.

Los elementos de la red PON son:

- Equipo OLT (Optical Line Terminal)
- Divisor óptico (Splitter óptico)
- Equipo ONU (Optical Network Unit)

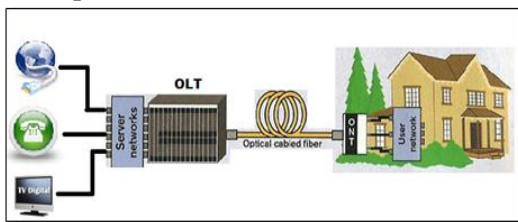
OLT es un componente activo del cual parten las redes de fibra óptica, proporciona la capacidad de proveer el servicio a usuarios por medio de splitters.

El SPLITTER recibe cables tanto de la central como del usuario, lo que hace es dividir la señal que es transmitida por la fibra óptica desde la central con la finalidad de replicar la señal a los N puertos que tenga el splitter en su salida.

El ONU es el equipo que va instalado en la vivienda del cliente y lo que hace es interactuar con el OLT ya que por medio del ONU se solicita y recibe información. A este tipo de infraestructura se la conoce como red FTTH (Ver Figura 3).

Figura 3. Ejemplo de una red FTTH

3.2.1. Tipos de redes PON



Las redes PON se clasifican según su estándar y protocolo, a continuación se muestran detalles de las 3 redes PON más usadas. [4]

3.2.2. Red BPON

Broadband PON se basa en la recomendación ITU-T G.983 donde especifica a ATM como protocolo de transporte y señalización. Esta red permite la transmisión de video Ethernet, VPL (Líneas privadas virtuales) y DWDM (multiplexación por división de longitud de onda) logrando un mayor ancho de banda. Su arquitectura puede ser simétrica o asimétrica. [1]

3.2.3 Red EPON

Esta red fue desarrollada por el Instituto De Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos (IEEE), su método es encapsular y transportar paquetes de datos en trama Ethernet lo que facilita la interacción entre las redes metro y las WAN con las redes de acceso local (LAN) Ethernet.

3.2.4. Red GPON

Es una red de acceso mediante fibra Óptica con arquitectura punto a multipunto en la que todos los usuarios reciben la misma información, pero solo se quedan con la que está dirigida hacia ellos y son soluciones de acceso de alta capacidad para servicios triple play. Es una estandarización de la red PON para velocidades mayores a 1Gbps que fue aprobada por la ITU-T G.984.X. [4]

Tabla 2. Tipos de redes PON principales

CARACTERÍSTICA	BPON	EPON	GPON
Familia de estándares	UIT-T G.983	IEEE 802,3 ah	UIT-T G.984
Protocolo	ATM	Ethernet	ATM y Ethernet
Velocidad de transmisión	622/1244 Downstream 155/622 Upstream	1244 Downstream 1244 Upstream	1244 o 2448 Downstream 155 a 2448 Upstream
Alcance máximo	20Km	10 Km	20 Km
Número de splitters	32	16 nominal 32 permitido	64

3.3. Estándar ITU-T G.984.1

La G 984.1 de ITU-T describe una red de acceso de fibra óptica capaz de soportar los requerimientos de ancho de banda tanto para servicios en negocios como en residencias, y cubre anchos de banda de las tarifas de línea nominales de 2.4 Gbit/s de bajada entre 1.2 Gbit/s a 2.4 Gbit/s de subida. Esta Recomendación propone las características generales para GPON basado en las exigencias de servicio de los operadores. [1]

3.4. Diseño de la red GPON

Para el diseño de la red FTTH se han tomado en cuenta algunas consideraciones que van desde la parte técnica hasta la ubicación de la red. [6]

3.4.1. Situación actual de abonados

Se va a diseñar un tendido de fibra óptica, con características de una red óptica pasiva, a utilizarse como parte de la red de acceso para la urbanización Santiago Roldós, que como ya se mencionó no cuenta aún con una red de acceso instalada por alguna empresa de telecomunicaciones para servicios como televisión e internet. Solo posee la red telefónica básica de cobre de CNT.

3.4.2. Área geográfica de cobertura

La urbanización mencionada está situada en el sur de la ciudad de Guayaquil con coordenadas cuya Latitud es 2°15'37.52"S y Longitud es 79°53'35.13"O.

El área seleccionada cubre 50 manzanas donde viven aproximadamente 930 familias incluyendo una escuela del sector.

La Cooperativa Santiago Roldós está a una distancia de 1.2 Km de la central Puerto Nuevo ubicada en Las Exclusas al sur de la ciudad, donde irá un Nodo que será considerado como punto de distribución principal para el diseño de la red.

Por cada puerto de central se puede brindar 2,5 Gbps de ancho de banda, si consideramos 64 abonados por puerto, implica que por cada abonado es posible asignar 39 Mbps.

La cobertura del sector se muestra a continuación.



Figura 4. Cobertura de la red GPON

3.5. Descripción de los equipos a utilizar

En la Tabla 3 se pueden observar los materiales y equipos principales que son indispensables para una buena implementación de la infraestructura.

Existen dos tipos de splitters, de 1-4 y 1-16 cuya aplicación se ve con detalle en la Figura 5.

Tabla 3. Equipos y materiales usados en el diseño

EQUIPOS Y MATERIALES		
Descripción	Unidad	Cantidad
Fuente de poder principal	U	1
Fuente de poder de respaldo	U	1
chasis OLT 16 ranuras	U	1
Tarjeta OLT de 4 salidas GPON G984.X	U	7
Tarjeta OLT de enlace UPLINK de 10GB	U	5
Bandeja estándar 19"	U	5
Tuerca y tornillo para rack (funda de 20 U)		3
Fibra óptica monomodo de 1 hilo	m	25000
Fibra óptica monomodo de 24 hilos tipo G.652	m	5000
Manga de empalme de 24 hilos	U	1
Splitters con relación 1:4	U	22
Splitters con relación 1:16	U	90
ONT indoor	U	1030
Pigtail SC monomodo 2m	U	1183
Abrazadera p. postes sujeción	U	300
Pinzas soporte de fibra óptica	m	4
Amarras de 30 cm blancas (funda)	U	10
Cinta aislante 3/4	U	15
Velcro 3/4" X 4.5 color negro	U	4
Porta reservas para FO	U	1
Etiquetas	U	100
OTDR	U	1
Fusionadora	U	1
Taladro	U	2
Escalera	U	3
computador portátil	U	2
extensiones eléctricas	m	20

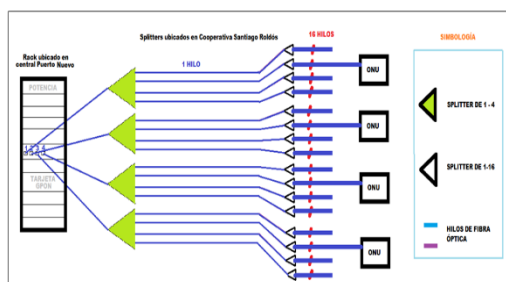


Figura 5. Diagrama topológico de la red

En los splitters de 1-4 se envían 2.5 Gbps y sale por cada puerto 625 Mbps que son enviados a los splitter de 1-16 obteniendo en la salida por cada puerto 39 Mbps a cada usuario, ancho de banda suficiente para brindar los servicios de telefonía, internet y televisión. Este dibujo está representado para una sola tarjeta con tecnología GPON. Para la red en Santiago Roldós son necesarias cinco tarjetas con tecnología GPON, 20 splitter de 1-4 y 78 splitters de 1-16. [3]

4. Análisis Financiero

Cuando se plantea un análisis financiero lo que nos preguntamos es si es factible o no. Lo que aquí se ha realizado es una estimación tanto de ingresos como de egresos. Los ingresos representan los planes de servicios de telefonía, internet y televisión. Y los egresos representan a los costos e inversiones que se realizan al momento de querer implementar un diseño realizado. A continuación se muestran las tablas 4 y 5 para una mejor percepción de ingresos y egresos que este proyecto tiene.

Tabla 4. Flujo de ingresos en el primer año

FLUJO DE INGRESOS			
SERVICIOS	Residencial	Pyme	Residencial + Pyme
Telefonía	111628,60	254,00	\$ 111.883,00
Internet	81691,17	3360,00	\$ 85.051,17
Televisión Digital HD	81648,00	312,00	\$ 81.960,00
TOTAL			\$ 278.894,17

En la Tabla 4 se muestra una proyección de los ingresos a obtener por los 3 servicios. Y en la tabla 5 mostramos una proyección de los egresos considerando el costo total de la implementación de la red donde están incluidos varios costos.

- **Materiales para Enlace:** Se refiere a todos los equipos que están instalados en el OLT o simplemente llamado “nodo”.

- **Materiales para transporte:** Son todos los equipos que sirven para distribuir información y expandir la red, ejemplo fibra óptica, splitters, mangas etc.
- **Instalación:** Comprende todas las herramientas que necesitan los técnicos para realizar la respectiva labor.
- **Mano de obra:** Existen 2 tipos de mano de obra, una es la que se realiza hasta antes de la línea acometida, y la otra es la que incluye la línea de acometida que no es instalada hasta que el usuario contrate el servicio.
- **Arrendamiento:** Esta el arrendamiento que se considera como bodega para guardar todos los equipos y herramientas que van a ser instalados en el sector y el otro es el espacio que se va a alquilar en la central puerto Nuevo por medio de un contrato de coubicación.
- **Servicios básicos:** Es el consumo de energía y agua que se gastan en la bodega, como el consumo de energía eléctrica que se consume en el nodo.

Tabla 5. Costo de la Implementación

COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACION DE LA RED	
Materiales para Transporte	\$ 391109,90
Materiales para Enlace	\$ 70479,00
Instalación de acometida	\$ 24474,20
Mano de obra	\$ 124830,00
Tasa municipal de ductos y postes	\$ 4470,50
Arrendamiento anual	\$ 8400,00
Servicios básicos al año	\$ 18000,00
TOTAL	\$ 641.763,60

4.1 Análisis del VAN y el TIR

Este tipo de herramientas financieras son de suma importancia ya que permite realizar una evaluación de inversiones, incluso es posible determinar en qué tiempo se recuperará la inversión inicial, esto se lo hace teniendo como datos los ingresos y egresos; al igual que el TIR nos permite saber si el valor que nos da es favorable, y la forma de saberlo es comparándolo con la Tasa de interés o con otro TIR de proyectos similares.

En la Tabla 6 se puede observar que la recuperación de la inversión es posible recuperarla a los tres años y medio.

Y en la Tabla 7 se puede ver la ganancia que obtendría el inversionista en el tercer año (Número rojo

sombreado). Para el cálculo del TIR es necesario saber la inversión inicial (Cuadro sombreado celeste en la Tabla 6) y la diferencia de Ingresos con Egresos, donde el TIR resulta ser de 24%.

Tabla 6. VAN para un análisis de 5 años

Tasa de descuento	12%	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Valor Actual	(613.663,60)	217.984,97	253.805,80	230.626,77	205.020,67	184.654,32
VA Flujo de Caja acumulado	(613.663,60)	(395.678,63)	(141.872,82)	88.753,94	293.774,62	478.428,93

Tabla 7. Análisis de Ganancia

Impuesto a la renta	26.626,18
Ganancia	62.127,76
Utilidades empleados	9.319,16
Ganancia neta para la empresa	52.808,60

Tabla 8. Cronograma de actividades

Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin
Inicio de proyecto	0 días.	lun 04/01/16	lun 04/01/16
Planteamiento Problema	2 sem.	lun 04/01/16	vie 15/01/16
Estudio Demanda	3 sem.	lun 18/01/16	vie 05/02/16
Diseño de la red	1 ms.	lun 08/02/16	vie 04/03/16
Ingeniería de Detalle	35 días	lun 07/03/16	vie 22/04/16
Elaboración del Contrato	1 ms.	lun 25/04/16	vie 20/05/16
Contratación de servicio especializado	90 días	lun 23/05/16	vie 23/09/16
Inicio de Ventas	0 días.	vie 23/09/16	vie 23/09/16
Proceso de ventas	2 mss.	lun 26/09/16	vie 18/11/16
Inicio de Instalación	0 días.	vie 18/11/16	vie 18/11/16

Hay tareas que toman días, semanas e incluso meses debido a la complejidad de las mismas. Se considera los tiempos desde el planteamiento del problema con una duración de 2 semanas, así como el estudio de demanda con una duración 3 semanas, los diseños que corresponden a la red por ejemplo equipos terminales, equipos de cabecera, equipos de distribución, los enlaces de fibra y análisis de las pérdidas con un mes de duración; después está la ingeniería de detalle que comprende que tecnología y protocolos se deben usar para una buena transmisión de información; seguido de

la elaboración del contrato donde se propone tener todo legalizado para realizar la implementación de la red sin contrariedades, con una duración de 35 días; seguido de la elaboración del contrato que consiste pactar un acuerdo con un socio inversionista para contar con un presupuesto, este proceso dura un mes; posteriormente se procede a la contratación de servicio especializado lo que significa contratar personas con experiencia en el área de implementación de redes de fibra óptica ya sea por medio subterráneo, planta interna o externa, esto requiere de 90 días. En ese lapso de contratación también se mandan a pedir los equipos al exterior aprovechando que el proceso de fabricación de equipos toma su tiempo; después se fijan las ventas en el que es necesario utilizar distintos medios de comunicación para poder captar al usuario, esto toma unos 2 meses y con eso proceder a la instalación de los equipos finales para brindar los respectivos servicios que el cliente requiera; estas actividades se desarrollan en un tiempo estimado de 11 meses.

5. Conclusiones

El diseño basado en una red GPON es óptimo para los servicios tripleplay (voz, internet y video), comparadas con el cable de cobre. En GPON se reducen los problemas de ruido o interferencias; logra mantener el ancho de banda en distancias hasta 20 km sin necesidad de repetidores; a parte de poder variar las velocidades de transmisiones 1244 o 2448 Mbps para Downstream y de 155 a 2448 Mbps para Upstream a diferencia de otras redes PON.

La utilización de la red GPON permite soportar cualquier tipo de protocolo (ETHERNET, TDM, ATM, Method, etc) por lo que con la red GPON no solo se tiene un mayor ancho de banda sino que es más eficiente y permite ofrecer varios tipos de servicios (telefonía, internet, voz basada en TDM, líneas dedicadas, PCM, etc), sin tener que usar más equipos en el usuario final.

El número de clientes está dado en función de las capacidades manejadas por los splitters, si se desea abarcar más usuarios es necesario aumentar más tarjetas GPON en el nodo considerando también si la troncal está en capacidad de proveer el ancho de banda requerida.

La gran demanda actual en Guayaquil requiere que se cambien las tecnologías existentes debido al gran ancho de banda que los servicios triple play necesitan, permitiendo así la migración de la tecnología xDSL por lo que ahora se conoce como fibra óptica debido al continuo desarrollo de las TIC's y a la demanda del ancho de banda que continúa creciendo.

La conexión punto a punto (P2P) mediante fibra óptica es una solución efectiva siempre y cuando la cantidad de clientes sea limitada. Para el número de usuarios que se encuentran en una zona urbana la mejor opción es Punto a multipunto, incluso esta solución

resulta más económica porque requiere menos tendido de fibra óptica.

De acuerdo al análisis financiero se puede apreciar que la inversión es posible recuperarla dentro de un plazo máximo de 3,5 años, si la demanda de los servicios triple play en el sector aumenta, el tiempo de recuperación de la inversión disminuiría.

6. Agradecimientos

Agradecemos al personal Docente, especialmente al Mag. Edison Del Rosario que nos ha guiado con paciencia durante este proceso en la materia integradora, al Ing. Carlos García por sus conocimientos técnicos y al INEC que nos apoyaron con información valiosa, para tener una noción de la población en Santiago Roldós.

7. Referencias

- [1] U. I. d. Telecomunicaciones, «G.984.1 : Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>. [Último acceso: 10 09 2015].
- [2] K. a. A. Ghatak, Fiber Optic Essentials, Wiley Survival Guides in Engineering and Science 1st Edition, 2007.
- [3] Wikitel, «UA-FTTX PON,» [En línea]. Available: http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX_PON. [Último acceso: Julio 2015].
- [4] Fiberopticel, «Why choose PON (Passive Optical Networks) network?,» [En línea]. Available: <http://www.fiberopticel.com/key-considerations-when-moved-from-copper-to-fibrepon/#sthash.BILYjETj.dpuf>. [Último acceso: Junio 2015].
- [5] A. Martin, «Historia de la Tecnología de Fibras Ópticas,» [En línea]. Available: <http://perso.wanadoo.es/aldomartin1/historia.htm>. [Último acceso: Julio 2015].
- [6] J. D. Tinoco, «Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la urbanización los Olivos ubicada el sector Toctesol en la Parroquia Borrero de la ciudad de Azogues,» [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1076/12/UPS-CT002134.pdf>. [Último acceso: Julio 2015].
- [7] R. Noboa y M. Loor, «Diseño de una red de fibra óptica para la urbanización ubicada en la vía Samborondon,» [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/24231/D-90414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: junio 2015].