

Planificación de las topologías de las redes de acceso Fiber to the Home con tecnologías Gigabit Passive Optical Network: un caso de estudio

Antonio Cortés 

Universidad de Panamá

antonio.cortes@up.ac.pa

DOI <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2165>



Resumen: Este artículo presenta el análisis de la planificación de las topologías de red de acceso FTTH con tecnologías GPON. Hoy en día, los proveedores de servicios de Internet, voz y datos y las aplicaciones multimedia buscan penetrar en el mercado de las telecomunicaciones con planes y diseños de red más avanzados y complejos para llegar a un mayor número de usuarios y ampliar la gama de servicios que ofrecen. Aquí es donde las redes FTTH junto con la tecnología GPON juegan un papel importante, ya que cumplen con este desafío. En este artículo, presentamos un caso de estudio de la red FTTH con tecnología GPON que incluye una serie de escenarios en combinación con topologías de árbol, ojo y árbol de ojo y arquitecturas Home-Run y GPON. En el análisis del caso, se tienen en cuenta los parámetros relacionados con el conducto principal y los terminales de red (TR) conectados a los puntos de unión (PE), entre otros aspectos. La combinación de estas topologías con sus respectivas arquitecturas ayudaría a los planificadores de red a reducir el tiempo de planificación de este tipo de redes y los costos de inversión.

Palabras clave: Fibra hasta la casa, planificación, topologías de red de acceso, home-run y arquitecturas Gigabit Passive Optical Network

Title: Planning of topologies of the Fiber to the Home Access Network with Gigabit Passive Optical Network technologies: a study case.

Abstract: This paper presents the analysis of the planning of the FTTH access network topologies with GPON technologies. Nowadays, Internet, Voice and Data service providers and multimedia applications seek to penetrate the Telecommunications market with more advanced and complex network plans and designs in order to reach a larger number of users as well as expand the range of services they provide. This is where FTTH networks coupled with GPON technology play an

important role, as they meet this challenge. In this paper, we present a FTTH network study case with GPON technology which includes a series of scenarios in combination with tree, eye and eye-tree topologies and Home-Run and GPON architectures. In the analysis of the case, parameters related to the Main Conduit and the Network Terminals (TRs) connected to Junction Points (PEs) are considered, among other aspects. The combination of these topologies with their respective architectures would help the network planners to reduce the planning time of this type of networks as well as the investment costs.

Key words: Fiber to the Home, Planning, Access Network Topologies, Home-Run and Gigabit Passive Optical Network architectures

Tipo del artículo: original

Fecha de recepción: 2 de mayo de 2018

Fecha de aceptación: 17 de octubre de 2018

1. Introducción

La creciente demanda de servicios tales como datos, video y acceso a Internet de alta velocidad por parte de los usuarios hace que los proveedores de dichos servicios tengan que proponer nuevas estrategias en las tecnologías de acceso para satisfacer las exigencias de los clientes.

En este contexto se encuentran las redes de acceso FTTH que proveen un ancho de banda mayor y mejor calidad en el servicio para los clientes residenciales. Esta tecnología se divide en dos categorías: activas y pasivas [1]. Las redes ópticas activas (AONs), como se observa en la figura 1., utilizan una topología tradicional Ethernet punto a punto (EP2P), con fibra óptica dedicada (OF) entre el switch de la oficina central (CO) o un nodo remoto (RN) y una línea o terminal de red óptica (ONU/ONT) hacia el usuario final, por lo que requiere de CAPEX/OPEX CAPEX, es el gasto de capital o inversiones que hace una empresa para adquirir o actualizar activos fijos, físicos, no consumibles.

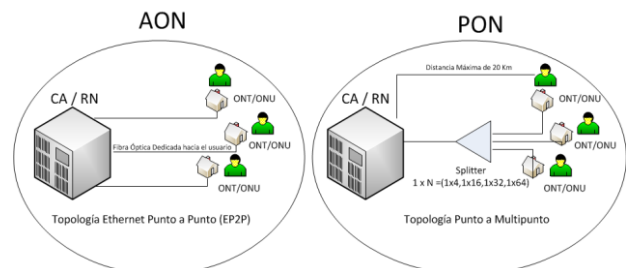


Figura 1. Topologías de AON (Ethernet Punto a Punto) y PON (Punto a Multipunto).

Por tanto, en esta investigación el CAPEX se refiere a inversiones óptimas y al compromiso que habrá que hacer para armonizar las distintas mejoras para poder garantizar lo planificado y también la posible evolución en el diseño de la red.

OPEX, son los gastos operacionales referidos a los costos del día a día. En este caso, los OAM (Costos Administrativos y de Mantenimiento) se intentarán reducir al disminuir las acciones y los tiempos de administración y reparación de la red para cada usuario, debido al uso exclusivo de puertos en CO y OSP. Este tipo de topologías son utilizadas en redes de acceso en edificios (FTTB), debido a que el promedio de subida de datos se da en Gb/seg en la configuración de los equipos [2], [3].

Por otra parte, las redes ópticas pasivas (PONs), utilizan tres tipos de topologías: Punto a Punto, Punto a Multipunto Activo y Punto a Multipunto Pasivo. La topología (EP2P), determina que para X usuarios se requiere instalar N fibras en el canal de comunicación dependiendo de la distancia a cubrir. No obstante, se requiere de la ubicación de un conector eléctrico – óptico en la OLT y ONT, respectivamente, en total 2xN conectores. En el caso de la topología (P2MA), para X clientes, se necesita instalar una fibra para el mayor tramo a cubrir, aparte, se requiere del uso de conector electro-óptico en la ONT y el Curb Switch, respectivamente, en total 2xN+2 conectores. Además, la topología (P2MP), para X usuarios, necesita la instalación de una fibra de acuerdo con el recorrido a cubrir. Por cada cliente, se requiere instalar un conector electro-óptico, tanto en la ONT como en la OLT, para un total de N+1 conectores. La ventaja de esta topología, es que el splitter óptico pasivo, que es el elemento intermedio entre la ONT y la OLT, no requiere de una fuente eléctrica de alimentación. De aquí su nombre de una red óptica pasiva o PON. Esta topología es la de menor costo.

La topología (P2MP) incorpora en sus estándares a las redes ópticas pasivas Gigabit (GPON) y las redes ópticas pasivas Ethernet (EPON) [4]. Las características específicas de la capa de convergencia de transmisión (TC) se definen en la recomendación G.984.3 de ITU-T, [5]. La capa TC en un sistema GPON se compone de dos subcapas: una subcapa de entramado y otra subcapa de adaptación. La subcapa de entramado tiene tres funciones entre las que sobresalen el multiplexado y demultiplexado, la generación y decodificación de la cabecera y el enrutamiento interno de tramas. Por otro lado, la subcapa de adaptación debe proporcionar dos adaptadores, de acuerdo a las recomendaciones de la G.984.3, que son el adaptador a la interfaz GPON y el adaptador a la interfaz OMCI (Interfaz de gestión y control de la terminación óptica de la red). Las dos subcapas son las responsables de los diversos servicios que pueden ofrecer las operadoras en un momento determinado. Las pilas de protocolos para DBA (Asignación de Ancho de Banda Dinámicos), y la activación de ONTs, monitorización de prestaciones y algoritmos de encriptación y redundancia soportados por la capa de convergencia y sus subcapas se ajustan a lo especificado en la recomendación G.984.3. En el estándar ITU-T G.984 [6], las tramas Ethernet son encapsuladas dentro de la GTC (Capa de Convergencia en un sistema GPON), mediante el método de encapsulamiento (GEM), generando el formato GEP-like, derivado del procedimiento de una trama genérica, bajo el estándar (ITU G.7401). Las tramas GEM son encapsuladas dentro de la GTC, como SONET y SDH, por lo que se obtienen velocidades de transmisión de bajada, en un sistema de

comunicación sincrónico de 1.25 Gb/seg o 2.5 Gb/seg, mientras que de subida, los promedios pueden oscilar entre los 622 Mb/seg, 1.25 G o 2.5 G; en comparación con las redes ópticas pasivas de próxima generación (XG-PON) donde las bajadas y subidas oscilan entre los (10G/2.5G), respectivamente, por lo que, han sido estandarizadas en XG-PON1 y 10G/10G en XG-PON2 [6]. El estándar IEEE 802.3 ah EPON, basado en tecnología Ethernet, tiene una capacidad simétrica de un 1G, el cual puede ser actualizado a 10G/10G (bajada y subida), mediante el estándar IEEE 802.3 av; al transportar tramas Ethernet sin fragmentación y soportando sólo 32 usuarios [7].

En la tabla 1, se observan los diferentes estándares que componen la tecnología PON [8], [9].

Tabla 1: Estándares PON

Parámetros	BPON	EPON	GPON	XGPON	10G-EPON
Estándar	ITU-T G.983	IEEE 802.3 ah	ITU-T G.984	ITU-T G. 987	IEEE 802.3 av
Promedio de datos de Subida	622 Mbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps	10 Gbps	10 Gbps
Promedio de datos de bajada	155 Mbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps	10 Gbps – Simétrico 1 Gbps – Asimétrico

A continuación, se analizan algunos trabajos relacionados con la Planificación de las topologías de redes de acceso FTTH con tecnologías GPON que han de proporcionarse. [10]

Propone el diseño y la implementación de una red FTTH basada en una arquitectura GPON a través un caso de estudio denominado Baghdad/Al-Gehad, el cual forma parte de la red de telecomunicaciones y compañía postal (ITPC) de Iraq. En esta publicación, se plantea la necesidad de establecer un número de puertos de red PON, en base al promedio de tiempo de acceso a los diversos tipos de servicios que llevan a cabo los usuarios y a su vez, el poder garantizar a través del operador de servicios, Al-Gehad, una adecuada capacidad de transporte de los datos en la red FTTH. Además, se introducen los costos de optimización de la distribución de cables, cables de alimentación y el total de costos de la red FTTH a través de la tecnología GPON, con respecto al número de clientes.

A su vez, [9], recoge en las publicaciones de otros autores, dedicados al planeamiento y diseño de redes FTTH, aspectos relacionados con la eficiencia de las redes FTTH, costos de implementación, modelado de la redes FTTH, cambios relacionados con las redes de próxima generación PONs, entre otros aspectos relevantes. La propuesta es una nueva implementación de este tipo de redes FTTH, denominado marcas OLT, con protección de clase B.

La finalidad de implementar esta protección clase B en los puertos OLT es poder garantizar por un lado el proceso de redundancia de los splitters con respecto a la OLT y por otro, mantener la comunicación entre los cables de comunicación que van conectados a los splitters en caso de fallos, lo que permite

establecer y mantener los niveles de comunicación bidireccionales mínimos, de manera tal que el sistema de la red FTTH GPON continúe funcionando con normalidad en caso de los usuarios demanden el consumo de nuevos servicios. El funcionamiento de la red FTTH debe ser continuo en todo momento de manera que se garantice la calidad en el servicio que ofrecen las operadoras a sus clientes.

La propuesta de [3] presenta soluciones para el planeamiento y diseño de las redes FTTH basadas en el proveedor de servicios u operador. Considera aspectos relacionados con administración de componentes para este tipo de redes, herramientas de mapeo, diseño y automatización de recursos, administración de infraestructura, materiales, aspectos geográficos, casas, edificios y bases de datos de los usuarios. Por otra parte, el autor menciona el aspecto dinámico y el ciclo de vida de una red. Por dinámico, se entiende que la red en proceso de planificación y diseño, como efectivamente se propone en esta investigación, va a cubrir extensas áreas ocupadas por zonas rurales, ciudades, residencias familiares, casas de veraneo, entre otros aspectos, lo que hace que la red tenga que mantener el servicio que brinda a través de sus distintos operadores los 7 días de la semana y las 24 horas del día, con breves interrupciones para el mantenimiento preventivo y correctivo. Con respecto al ciclo de vida, dentro del proceso de planificación y diseño de la red, hay que prever una adaptación de la infraestructura a las nuevas tecnologías que vayan surgiendo con el tiempo, a fin de no quedar obsoleta con el paso del tiempo. Por consiguiente, los aspectos que plantea este autor guardan mucha relación con los puntos fundamentales antes mencionados, que esbozan [10], [9], [11], [16] y [17] respectivamente. [12], [13]

También establece los elementos de la red FTTH, con respecto a la ubicación de las oficinas centrales (CO) y nodos, cables de alimentación y su configuración. Además, considera la localización geográfica económica (GEL), ya que no todas las áreas, esquinas o manzanas tienen las mismas características y número de casas y usuarios. Hay que tener en cuenta que para una densidad uniforme, la posición ideal del nodo o punto de referencia debe ser en la mitad de las áreas que sirven. Muchos de los aspectos que plantea Stallworth, guardan relación con el estudio que se propone en este trabajo a nivel de planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios que han de proporcionarse.

Otro trabajo de gran interés en el ámbito de la planificación y diseño de las redes FTTH es el de [14]. Su propuesta incluye los elementos de una red genérica FTTH, en donde se destaca la capa de datos, la red óptica, la terminal de casa. También establece la compatibilidad a nivel de elementos de las redes FTTH con los sistemas HFC, que son fibras híbridas: soportan cobre y fibra óptica, en forma simultánea en el mismo canal de comunicación. Estos elementos comunes se relacionan con la potencia eléctrica de los equipos, la compatibilidad con el ancho de banda, los terminales de soporte, los interfaces de datos, el protocolo de voz, la calidad del servicio (QoS), entre otros aspectos relevantes.

De esta forma, [15] expone en su trabajo, que un planificador de la red comienza con una gran área dentro de un

alcance de una oficina central (CO) que se divide en sub-áreas que son planificadas individualmente. Asimismo, este proceso de división manual consume tiempo y no permite optimizar los costos asignados al diseño de la red, por lo que el investigador propone una herramienta de software que ayude al planificador de la red a la ubicación de los elementos de una red FTTH, así como una correcta distribución de los costos en que se incurren en este tipo de redes.

En el caso concreto que se presenta en este trabajo, la planificación de las topologías de las redes de servicio FTTH con tecnología GPON que han de proporcionar se inicia con un área extensa, identificada como un área rural, la cual contiene a su vez una serie de pueblos, que se sub-dividen en casas familiares, casas de verano...etc. Asimismo, se asigna los nodos remotos u oficinas centrales (CO) de acuerdo al número de pueblos que componen esta área rural, número de hogares, número de habitantes y área de cobertura expresada en kilómetros cuadrados.

Este artículo está organizado en las siguientes secciones: la sección 2, se esboza los métodos y materiales de este estudio; sección 3, describe los resultados y discusión y en la sección 4, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Métodos y materiales

El método se basa en el estudio crítico del estado del arte en el área de la planificación de las topologías de redes de acceso FTTH con tecnologías GPON, al término del cual se expondrá la propuesta que sustenta el presente trabajo. Para ello, en primer lugar se llevará a cabo un proceso sistemático de revisión de la documentación, así como una clasificación de las distintas propuestas existentes. Posteriormente se hará una valoración específica de las propuestas de [9] y [10] como referencias del trabajo que se va a presentar aquí. La presentación del caso de estudio empezará por un análisis de los componentes de una red de acceso FTTH GPON así como de su arquitectura, considerando los distintos puntos de vista que plantean los autores. Posteriormente se introducirán nuevos elementos y técnicas con el fin de optimizar los servicios ofrecidos por las operadoras. Se utilizará la planificación de redes automatizadas, se añadirá cartografía por zona y servicios prestados, se considerarán las topologías de redes, el número de usuarios, la distribución de manzanas, el punto de referencia para el trazado e instalación de la fibra óptica y la distribución de splitters de primer y segundo nivel por manzana.

La tecnología GPON es la de referencia en este trabajo porque también ha sido adoptada por múltiples proveedores de servicios, lo cual permite una comparación en la Calidad de Servicios (QoS) en escenarios con múltiples servicios. Además, al ser una arquitectura más compleja que EPON, ayuda a la planificación de las topologías de redes de acceso FTTH con tecnologías GPON, tomando en consideración la topologías, en un primer tiempo, y posteriormente las arquitecturas de red.

La planificación de la red se lleva a cabo considerando aspectos relacionados, con el área geográfica, elementos de la red, servicios a brindar, infraestructura tecnológica, arquitecturas y técnicas. Para el diseño de la red, se toma en cuenta el diseño

del nodo de acceso, al considerar la cantidad de puertos, cantidad de tarjetas por puerto, nodos de acceso, tipos de interfaz “uplink”, entre otros aspectos.

2.1 Topologías de la red

En el contexto de la planificación y diseño de una red, la topología se relaciona con la distribución y la conexión a través de enlaces entre nodos. Algunas topologías de red sólo proyectan la conexión de una red mientras que otras tratan aspectos relacionados con la redundancia y la disponibilidad de la red.

El diseñador de una red, cuando planifica y diseña una red, intenta administrar la misma de la forma más económica y sin redundancia, es decir; optimizando todos los recursos, disponibles para la red. Una de las topologías que reúne estas dos características, es la topología en Eye – Tree, que se explica en el apartado 2.1.1 y como ésta se observa en la figura 2.

2.1.1 Topología Eye – Tree

En este apartado se toman las características más relevantes de las topologías de Árbol y Eye. Por un lado, se tiene que la topología Eye que ofrece conectar los nodos de distribución (DNs) a los puntos de empalme, mientras que con la topología de Árbol, se enlazan los puntos de empalme (PEs) a las terminales de red (TRs). De lo anterior, se obtiene el esbozo para la topología Eye-Tree. En la figura 2., se observa la topología Eye-Tree con dos nodos de distribución, ubicados en el mismo lugar.

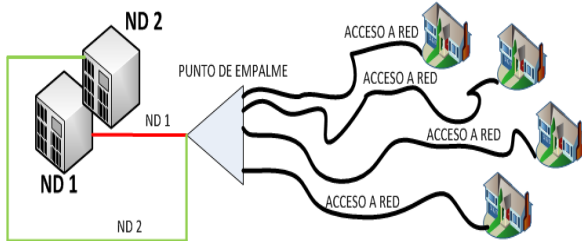


Figura 2. Topología Eye-Tree con dos nodos de distribución ubicados en el mismo lugar

Además, se puede tener la topología Eye-Tree con dos nodos de distribución pero ubicados en distinto lugar, como se observa en la figura 3.

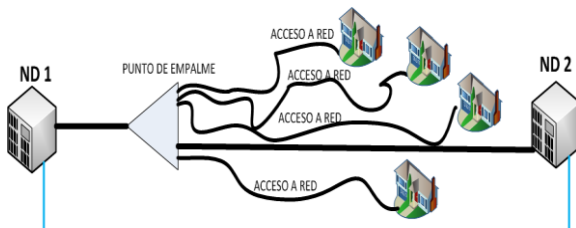


Figura 3. Topología Eye-Tree con dos nodos de distribución ubicados en distinto lugar

En esta última configuración, como se observa en la figura 3, se pueden tener puntos de empalme con dos fibras separadas desde dos terminales de red separados, lo que causaría que los puntos de empalme sean redundantes. En la topología de árbol los enlaces se producen entre los puntos de empalme (PEs) y los terminales de red (TRs), mientras que en la topología Eye-Tree, la cantidad de fibra óptica que puede subir es direccionada a otras zonas, áreas o manzanas con la finalidad de expandir los servicios que ofrecen las operadoras. Evidentemente, no hay redundancia en la topología Eye-Tree, pero la atenuación (ruido en el canal) es mínima, por debajo de los 5dB.

2.1.2 Arquitectura Home – Run y redes ópticas pasivas gigabit (GPON)

La arquitectura Home-Run (HR), se compone de una fibra dedicada, que permite su implementación en diversas formas desde las oficinas centrales (CO) o centros de distribución a cada suscriptor. Por tanto, esta arquitectura requiere de más fibra óptica comparado con otras infraestructuras como se observa en la figura 4. Sin embargo, esta arquitectura también recibe el nombre de arquitectura punto a punto [14], no sólo por la cantidad de fibra que se requiere para su instalación sino también por los altos costos de operación en los que se incurre.

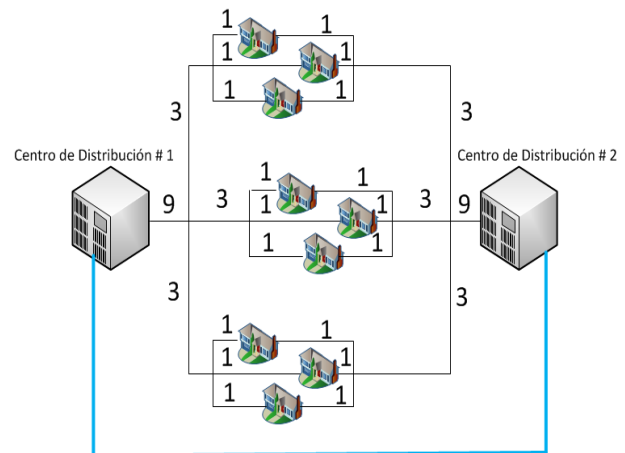


Figura 4. Topología Eye-Tree con arquitectura Home –Run

Sin lugar a dudas, en todo proceso de planificación y diseño de una red GPON, es importante considerar el tipo de topología a utilizar y por ello la topología Eye-Tree, desde el punto de vista de rendimiento, si realmente lo que se quiere tener es un servicio constante y usuarios satisfechos, indistintamente de los problemas que puedan surgir en la red, el contar con dos nodos de distribución ubicados en distinto lugar ayuda a que si uno de los nodos deja de funcionar el otro que se encuentra ubicado en otro lugar permitirá brindar en servicio en forma continua e interrumpida, siendo así, la avería que se presente en la red un proceso transparente para el usuario.

Es por eso, que para esta investigación la topología que se plantea y se opta es la topología Eye-Tree con arquitectura GPON, como se observa en la figura 5., ya que cuenta con dos nodos de distribución ubicados en distinto lugar lo que reduce enormemente la cantidad de fibra óptica a instalar, respectivamente.

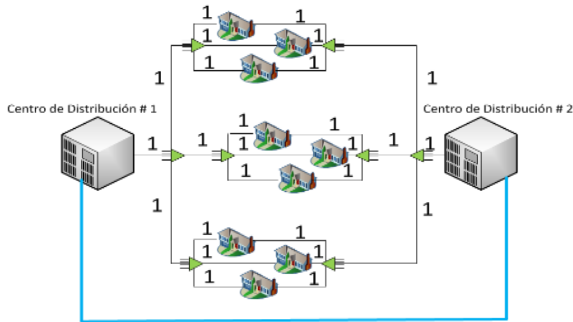


Figura 5. Topología Eye-Tree con arquitectura GPON

2.1.3 Ingeniería de software basada en componentes

Es una rama de la ingeniería del software que enfatiza la separación de asuntos (Separation of Concerns - SoC), por lo que permite reutilizar software para definir, implementar y componer componentes de software débilmente acoplados en sistemas, permitiendo así beneficios para el mismo software como para las empresas que los patrocinan [18].

De este modo, los componentes se consideran como parte inicial de una plataforma de servicios representados a través de componentes como pueden ser los servicios de web o las arquitecturas orientadas a servicios (SOA).

En nuestro estudio, utilizaremos las arquitecturas orientadas a servicios (SOA), ya que es un estilo de arquitectura de TI que se apoya en la orientación de servicios, permitiendo así, pensar en servicios, su construcción y sus resultados [19]. A su vez, un servicio se plantea como una representación lógica de una actividad de negocio que tiene como resultado un negocio específico, en el caso particular de este estudio, reducción en la compra de fibra óptica para diversas conexiones, servicios constantes ininterrumpidos, usuarios satisfechos, entre otros.

Por lo tanto, estos servicios los podemos ver reflejados en nuestro estudio, en la primera etapa, a través de métricas como son los conductos principales y los TRs conectados a los PEs al momento de comparar las arquitecturas Home-Run y GPON, como se observa en la tabla 3. y tabla 4., respectivamente. En segunda etapa, tenemos métricas relacionadas con el número de usuarios y costos operativos, como se observa en la tabla 5., relacionados a cada municipio como a sus respectivos usuarios.

Así como existen compañías que necesitan que sus servicios estén en funcionamiento de forma integrada para identificar diversos procesos, flujo de información y personas [20], lo mismo sucede con la planificación de las redes de acceso FTTH y GPON, las cuales son vistas como sistemas complejos, los cuales tiene que ser construidos en un tiempo predeterminado y con los estándares más altos de calidad.

Una de las características que forman parte de SOA, es que está basado en el diseño de servicios que reflejan las actividades del negocio en el mundo real [21]. Basados en este principio, el caso de estudio propuesto en este estudio está compuesto por un sistema que basa su planificación en redes FTTH con tecnologías GPON permitiendo ofrecer servicios a sus usuarios del tipo HDTV, VoIP, Internet, almacenamiento en la nube, entre otros, reduciendo al máximo el costo de instalación de fibra óptica hacia el hogar.

3. Resultados y Discusión

Para la elaboración de este caso de estudio, primero se tomará como referencia un área rural, que es el distrito de Arraiján, ubicada a las afuera de la provincia de Panamá. Esta zona rural, está compuesta de 5500 residencias familiares y 13500 habitantes distribuidos en 195 km cuadrados. Además, cuenta con un total de 4500 casas de negocios, las cuales se encuentran ubicados en el pueblo, y lo relativo a la producción agrícola se encuentra localizable en zonas más retiradas.

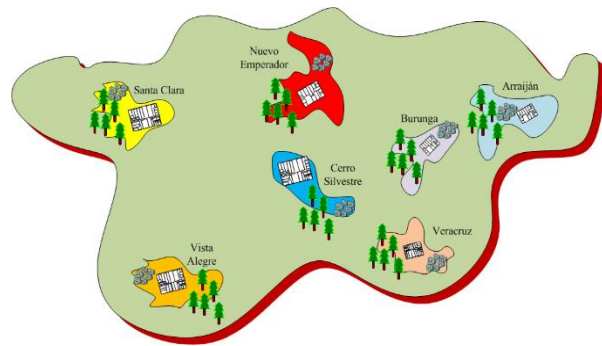


Figura 6. Distribución de las Terminales de Red (TRs) en el área de Arraiján

En la figura 6., se puede observar la distribución de los terminales de red (TRs) en la zona de Arraiján. La infraestructura tecnológica existente es característica de un área rural en crecimiento, pero con aspectos similares a los de la ciudad de Panamá. Por tanto, el distrito de Arraiján va a estar compuesto por los municipios, como se aprecia en la figura 6., que son: Nuevo Emperador, Burunga, Santa Clara, Cerro Silvestre, Veracruz y Vista Alegre. Para estos municipios, se opta por seleccionar 7 centros de distribución u oficinas centrales (COs) ubicados en cada municipio e instalados por el operador correspondiente. Los centros de distribución fueron seleccionados de acuerdo a los nodos de acceso de red.

3.1 Etapas y Escenarios de implementación

Este caso de estudio se desglosa en dos etapas. En la primera nos enfocamos en una zona local densa donde se llevan a cabo pruebas y se realizan comparaciones entre diversos escenarios. La segunda etapa se encamina a seleccionar los resultados generados en la primera etapa y aplicarles la mejor solución en áreas extensas, incluyendo zonas rurales. Uno de los trabajos que permiten utilizar diferentes escenarios de implementación [22] con la aplicación

de múltiples servicios se ve identificado en [23], son utilizados como referencia de este estudio.

3.1.1 Primera Etapa

Se compone inicialmente de tres tipos de escenarios, como se observa en la tabla 2., en los cuales concurren las distintas

topologías estudiadas (Árbol, Eye y Eye-Tree) y las distintas arquitecturas (Home-Run y GPON), tomando en cuenta los nodos de distribución, ya sea en el mismo lugar o no.

Tabla 2. Planteamiento de escenarios

	Topología					
	ÁRBOL		EYE		EYE - TREE	
	con 2 nodos de distribución ubicados					
Arquitectura	En el mismo lugar	En lugares diferentes	En el mismo lugar	En lugares diferentes	En el mismo lugar	En lugares diferentes
HOME – RUN	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
GPON	Escenario 7	Escenario 8	Escenario 9	Escenario 10	Escenario 11	Escenario 12

Por consiguiente, si se considera que el número de puertos GPON es igual al número de splitters de primer nivel, entonces se tendría un total de 18 puertos GPON, que son requeridos para poder atender la demanda de servicios entre los respectivos usuarios, sectorizados por manzanas y calles, respectivamente.

En la tabla 3. , se presentan los resultados para los escenarios 1 al 6.

Tabla 3. Resultados de la arquitectura Home-Run

Escenario	Conducto Principal	TRs conectados a PEs
1	12,500 m	180,000 m
2	6,250 m	180,000 m
3	24,000 m	490,000 m
4	24,000 m	490,000 m
5	24,000 m	180,000 m
6	24,000 m	180,000 m

Como se observa en la tabla 3. , en los escenarios 3 y 4, respectivamente, se triplica el uso de fibra óptica con respecto a los escenarios 1, 2, 5, y 6, mientras que, con respecto al conducto principal, los escenarios 3, 4, 5, y 6 mantienen el mismo consumo de tramo en metros. Es importante resaltar, en el escenario 2, una reducción significativa en los requerimientos de fibra óptica y conducto principal, con respecto a los otros escenarios.

Del mismo modo, en el caso de la arquitectura GPON (Escenarios 7 a 12) se obtienen los siguientes resultados. Ver tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la arquitectura GPON

Escenario	Conducto Principal	TRs conectados a PEs
7	24,000 m	180,000 m
8	24,000 m	180,000 m
9	55,000 m	490,000 m
10	55,000 m	490,000 m
11	55,000 m	180,000 m
12	55,000 m	180,000 m

Como se observa en la tabla 4., en los escenarios 9 y 10, en una arquitectura GPON se triplica el uso de fibra óptica con respecto a los escenarios 7, 8, 11 y 12, respectivamente. Sin embargo, con respecto al uso de conducto principal, los escenarios 9, 10, 11 y 12, mantienen el mismo consumo de tramo en metros.

En la figura 7, donde se muestra la comparativa de las dos arquitecturas, con sus respectivos escenarios, tomando en cuenta sus respectivas topologías, se puede observar que, a nivel de costos, si comparamos la topología de Árbol con la topología Eye-Tree, se da un incremento de un 25% entre ambas a través de cada uno de los escenarios que se plantean. En la segunda etapa de este estudio de caso, se profundiza más en el estudio de la topología Eye-Tree.

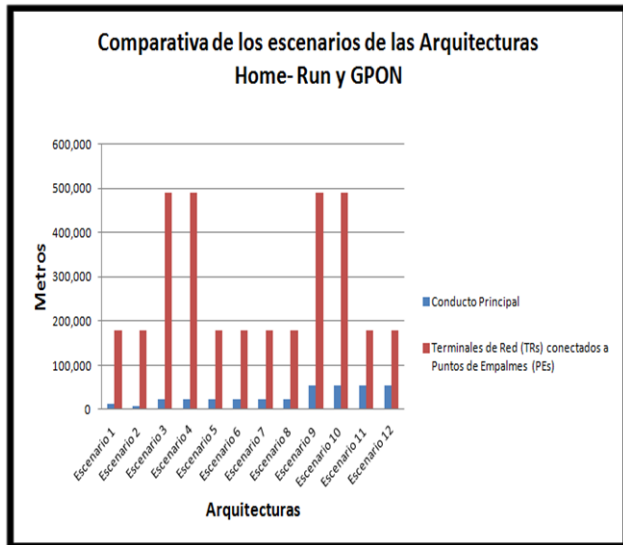


Figura 7. Comparativa de los escenarios de las arquitecturas Home-Run y GPON

3.1.2 Segunda etapa

La segunda etapa se centra en el uso de los mejores resultados de la primera etapa a fin de situarlos en un escenario más real. Para lograr esto, se plantean una serie de criterios para esta segunda etapa, los cuales se esbozan a continuación:

- Las pruebas a gran escala, ya que se toman en cuenta el resto de los municipios.
- Investigar la conformación de los municipios así como el tamaño de los mismos.
- Se contemplan dos escenarios de red como son la topología de Árbol y la Eye-Tree, respectivamente, sólo la arquitectura Home-Run y la distribución de los nodos en una sola localización.

Se toman en cuenta, los criterios anteriores, ya que para este caso de estudio en particular, nos interesa ver en qué forma los operadores pueden ofrecer mayor cantidad de servicios a sus usuarios a través de las redes de última generación, como son las redes GPON. Por esta razón, se tiene en cuenta una mayor cantidad de usuarios ubicados en los distintos municipios distribuidos en manzanas o áreas a los cuales, no solo se les ofrece un servicio sino que el mismo debe ser continuo y sin interrupciones de ningún tipo. La topología Eye-Tree con arquitectura GPON, frente a la topología de Árbol, y una arquitectura Home-Run, permite una reducción significativa en la cantidad de la fibra óptica a usar y comprar, equitativamente.

En esta segunda etapa, en vez de considerar sólo el distrito de Arraiján, se consideran los municipios que conforman este distrito, así como las áreas densas y rurales. Para el análisis se toman en cuenta los respectivos municipios, así como los costos operativos (representados en dólares y se calculan tomando en cuenta las terminales de red, sean 30 ó 40 a conectar multiplicado por el total de usuarios a los cuáles se les brinda el respectivo servicio), los cuales se muestran en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Municipios y costos operativos

Municipio	Número de Usuarios	Costos Operativos
Santa Clara	31,250	\$ 1,250,000
Nuevo Emperador	62,500	\$ 2,500,000
Vera Cruz	122,500	\$ 4,900,000
Cerro Silvestre	127,500	\$ 5,100,000
Burunga	130,000	\$ 5,200,000
Arraiján	375,000	\$ 15,000,000
Vista Alegre	500,000	\$ 20,000,000

Así, si tomamos estos resultados y aplicamos estos costos operativos, como se muestra en la Tabla 5., se observa un incremento del 17% en la compra de fibra entre los ayuntamientos de Vista Alegre y el distrito de Arraiján. Se inicia la comparación con estos dos alcaldías porque son los que más usuarios hay que conectar a las terminales de red y por ende dónde va a existir mayor demanda de servicios ofertados por las operadoras ya que son zonas de crecimiento urbanístico y poblacional en auge, a diferencia de los otros ayuntamientos que muestran una menor cantidad de usuarios y densidad poblacional. Se tiene que en el ayuntamiento de Vista Alegre se utiliza topología de Árbol y en el otro ayuntamiento Eye-Tree, lo que justifica por otro parte este 17%, en el incremento en el consumo de cantidad de fibra óptica por lo que la topología Eye-Tree puede utilizarse como una solución en la planificación y diseño de redes FTTH con tecnología GPON. Es evidente, que dependiendo del tipo de topología utilizada, así como, la respectiva distribución de los nodos de distribución y el número de terminales de red conectados a los puntos de empalme, la cantidad de fibra a utilizar puede disminuir o incrementarse, en un momento determinado.

4. Conclusión

Se ha propuesto una planificación de las topologías de redes de acceso FTTH con tecnologías GPON el cual se ha estudiado mediante un caso de estudio dividido en dos etapas. En esta primera etapa, se han considerado las topologías de Árbol, Eye y Eye-Tree, comparativamente, en asociación con las arquitecturas Home-Run y GPON, lo que da lugar a 12 escenarios distintos en los que hay dos nodos de distribución ubicados en el mismo lugar o no. Los resultados que se obtienen de esta primera etapa, permiten establecer que la topología Eye-Tree unida a la arquitectura GPON, permite reducir la cantidad de fibra óptica en los proceso de instalación entre las terminales de red y sus respectivos puntos de empalme.

En la segunda etapa, se han tomado los resultados de la primera etapa y se han implementado en un escenario más real, tomando en consideración una serie de criterios definidos con anterioridad. Se concluye que la topología Eye-Tree es la topología más viable en este tipo de escenarios, debido a que reduce los costos operativos en la compra de la fibra óptica y por otro lado, permite establecer entre 30 a 40 terminales de red por zona o predio, predeterminado.

A su vez, el uso de las arquitecturas orientadas a servicios (SOA), nos permite tener un Sistema compuesto por métricas tales como: conducto principal, TRs conectados a Pes, número de usuarios, costos operativos que permiten y según las características de SOA, tener un sistema orientado a servicios para que los clientes puedan consumir servicios tales como: internet, VoIP, HDTV, entre otros.

Además, en el proceso de la planificación y diseño de la red, se recomienda el uso de la cartografía que ayuda a ubicar la distribución de los predios o zonas, así como del punto de referencia para el soterrado de la fibra óptica hacia cada predio, que permitirá llevar los respectivos servicios de las operadoras a sus clientes. También favorece la distribución equitativa a nivel de splitters de primer y segundo nivel, una correcta colocación de los centros de distribución en las diversas manzanas y calles, ya que todos éstos son los encargados de distribuir los diversos servicios que demandan los clientes. Sin embargo, es importante señalar, que no ha habido experimentación efectuada con estos sistemas debido al costo económico de su implementación.

Los resultados obtenidos inicialmente y de manera experimental, permiten tener una aproximación inicial de lo que podría costar la implementación de una red de accesos FTTH con tecnología GPON. A este estudio experimental habría que incorporarle el costo de medición entre los empalmes de fibra óptica, las pérdidas de datos en la recepción y transmisión de datos, entre otros aspectos fundamentales.

Como trabajo futuro, la identificación de aplicaciones que soporten el ancho de banda y la confiabilidad en redes FTTH, sería un estudio que se llevaría posteriormente.

Referencias

- [1] K. Wieland. The FTTx Mini-Guide. White Paper, Ed. Nexans and Telecomm – Magazine, 2007.
- [2] J. Segarra, V. Sales and J. Prat. Access Services Availability and Traffic Forecast in PON Deployment in Proc. ICTON 2011, Stockholm, Sweden.
- [3] J. Segarra, V. Sales and J. Prat. Planning and Designing FTTH Networks: Elements, Tools and Practical Issues, in Proc. ICTON 2012, Stockholm, Sweden.
- [4] P.Chanlou et al. Overview of the optical broadband access evolution: A join article by operations in the IST network of excellence e-Photon/One IEEE, Comm, Mag., vol.44, no. 8, pp. 29 – 35, 2006.
- [5] CommScope Solutions Marketing. (October, 2013). GPON – EPON Comparison. White Paper, (Consultado el: 10/04/2014), Disponible en: http://www.commscope.com/...Comparison_WP_107285.pdf
- [6] ITU-T G.984. (Oct. 2010). Gigabit – Capable Passive Optical Network (G-PON), Geneva, Switzerland.
- [7] IEEE 802.3 ah y IEEE 802.3 av, (Consultado el: 10/04/2014), Disponible en: <http://www.ieee802.org/3/>.
- [8] Sumanpreet and Sanjeev D. Sanjeev. A review on Gigabit Passive Optical Network (GPON). *Internacional Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, Issue 3, 2014.
- [9] M. Mahmoud. Design and Implementation of a Fiber to the home FTTH Access Network based on GPON. *Internacional Journal of Computer Applications*, Volume 92-No.6, 2014.
- [10] D. Jasim and N. Abdul-Rahman. Design and Implementation of a Practical FTTH Network. *Internacional Journal of Computer Applications*, Volume 72, No.12, 2013.
- [11] P. Brereton, B. Kitchenham A. Budgen , D. Turner, M., & M. Khalil. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, 80(4), 571-583, 2007,doi:10.1016/j.jss.2006.07.009
- [12] D. Stallworth. *Fundamental FTTH Planning and Desing: Part1 Broadband Properties – Technology*, 2011.
- [13] D. Stallworth. *Fundamental FTTH Planning and Desing: Part2. Broadband Properties – Technology*, 2011.
- [14] L. Chinlon. *Broadband Optical Access Networks and Fiber – to – the – Home: Systems Technologies and Deployment Strategies*. England, John Wiley & Son, Ltd, pages 220 – 228, 2006.
- [15] O. Anis, P. Kin, and Ch. Andrej. FTTH Network Design Under Power Budget Constraints. *IFIP/IEEE Internacional Symposium on Integrated Network Management (IM)*, 2013
- [16] The Swedish ICT Commission. *General guide to a future-proof IT infrastructure*, 2005.
- [17] A. Mitcsenkov, P. Katzenberger, P. Bakos, G. Paksy. Automatic map-based FTTx access network design, 22nd European Regional Conference of the Internacional Telecommunications Society (ITS2011), Budapest, 18-21: Innovative ICT Applications – Emerging Regulatory, Economic and Policy Issues, 2011.
- [18] Ingeniería de software basado en componente, (Consultado el: 11/04/2018),Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ingeniería_de_software_basada_en_componentes
- [19] Arquitectura orientada a servicios, (Consultado el: 11/04/2018),Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_orientada_a_servicios
- [20] ¿Qué se entiende por SOA y cuáles son sus beneficios?, (Consultado el: 11/04/2018),Disponible en: <http://www.i2btech.com/blog-i2b/tech-deployment/que-se-entiende-por-soa-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- [21] Service-Oriented Architecture – What Is SOA?, (Consultado el: 11/05/2018),Disponible en: http://www.opengroup.org/soa/source-book/soa/p1.htm#soa_definition
- [22] M. Tahir Riaz, Gustav H. Haraldsson, Jose G. Lopaz, Jens M. Pedersen, Ole B. Madsen. On Planning of FTTH Access Networks with and without Redundancy. Jacques Berleur; Magda David Hercheui; Lorenz M. Hilty. *What Kind of Information Society? Governance, Virtuality, Surveillance, Sustainability, Resilience*, 328, Springer, pp.326-337, 2010, IFIP *Advances in Information and Communication Technology*, 978-3-642-15478-2.<10.1007/978-3-642-15479-931>.<hal-01054784>
- [23] J. M. Pedersen, T. P. Knudsen and O. B. Madsen, "Reliability demands in FTTH access networks," *The 7th International Conference on Advanced Communication Technology*, 2005, *ICACT 2005.*, Phoenix Park, 2005, pp. 1202-1207.