

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES**

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN
ESPECIAL**

TEMA:

**ESTUDIAR LA IMPLEMENTACIÓN DE FIBRA ÓPTICA PARA EL
HOGAR DEL FUTURO**

AGUAYO MORALES JOSE LUIS

Quito, mayo 2016

AUTORÍA

Yo, *Jose Luis Aguayo Morales*, portador de la cédula de ciudadanía No.*1709562597*, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Jose Luis Aguayo Morales

Contenido

AUTORÍA.....	2
1. Introducción	4
2. Justificación.....	5
3. Antecedentes	6
4. Objetivos	9
5. Desarrollo de caso de estudio.....	9
5.1. Estado del arte de las redes de acceso.....	10
5.2. Requerimientos de conectividad del hogar del futuro según las tendencias actuales.....	17
5.3. Solución de fibra óptica para el hogar del futuro.....	22
5.4. Análisis técnico y económico de la solución de fibra óptica	38
6. Conclusiones y recomendaciones	44
Referencias.....	46
Anexos:.....	58

1. Introducción

La presencia de Internet dentro de esta era digital actual (Lombardero, 2015), ha generado cambios en todos los ámbitos de la sociedad humana. Las tendencias muestran que la demanda de conectividad de los dispositivos aumentará, tanto en número como en cantidad de ancho de banda, para un correcto funcionamiento. Empresas como Cisco pronostican que la demanda de ancho de banda crecerá exponencialmente sin que se vislumbre un límite en un futuro próximo (Index T. C., 2014). La presencia de los dispositivos que se conectan en red, por ejemplo un Smart TV permite acceder a contenidos en línea, pero al existir más de un TV en casa, sus consumos se suman; además si también hay computadores, sean estos: desktop, laptop, Tablet e incluso los Smartphone, también sumarán su consumo, sobrecargando al enlace de datos que llega al hogar (D-link, 2014) (Crackle, 2014) (DirecTV, 2014) (Home, 2014) (Netflix, 2014) (LG, SMART TV 4.0 DE LG, 2014). Además, el paradigma actual del Internet de Todo (IoE) (Evans, 2011) plantea la necesaria comunicación de: personas con personas, personas con dispositivos, e incluso de dispositivos con dispositivos, por lo que será necesario en el hogar proveer recursos de red a esta demanda continua y creciente de conectividad.

La red de dispersión en el hogar actual es principalmente inalámbrica tipo Wi-Fi, pero en el hogar del futuro, donde todos los dispositivos interactuarán, seguro necesitarán gran cantidad de ancho de banda (por ejemplo: imágenes de alta definición, tele presencia, tele trabajo, uso de recursos y aplicaciones almacenadas en la nube, etc.), y es probable que el acceso inalámbrico no logre cubrir la enorme demanda de ancho de banda. Además, esta red muestra problemas no resueltos, como: las fallas de

disponibilidad de la red que pueden ocurrir por causas del entorno o el evitar intrusiones en la red LAN inalámbrica por personas no autorizadas dentro del área de cobertura (Rodríguez, 2015).

Por todo lo anterior, se plantea nuevamente recurrir a una red de acceso de fibra óptica para el hogar, una red LAN que soporte el ancho de banda, que cada vez se incrementa, por las necesidades del usuario y sus dispositivos, propios el hogar del futuro, junto con sus ventajas asociadas al medio de transmisión (gran ancho de banda, inmunidad al ruido eléctrico, dificultad al acceso no autorizado a los recursos de red) (FTTH Fiber To The Home, 2015) (Borland, 2002).

El presente estudio se propone analizar cómo se debería implementar la fibra óptica en el hogar para la red LAN doméstica del hogar del futuro, su despliegue, los elementos que deberían usarse y donde se ubicarían las salidas de datos para los distintos dispositivos y/o ambientes.

2. Justificación

Este caso de estudio es necesario para evaluar la pertinencia de una red LAN óptica que se despliegue en el hogar del futuro, para que soporte esos requerimientos, a partir de los datos presentes y tomando en cuenta las tendencias actuales. El consumo de recursos de red por parte de los nuevos servicios digitales hace necesario replantear a la red de acceso del hogar, que actualmente es predominantemente inalámbrica, para ver si puede ser reemplazada o pasar a ser una red secundaria frente a una red inalámbrica tipo infraestructura con su cableado principal e incluso con salidas de datos de fibra óptica hasta los dispositivos del usuario final.

La fibra óptica frente a la LAN inalámbrica es mejor en aspectos de ancho de banda, privacidad, disponibilidad e integridad de la información.

Este trabajo aporta con un análisis científico para la selección de la red LAN que se debe desplegar para el hogar del futuro y dilucidar si la fibra óptica para el hogar del futuro es una opción mejor respecto a lo que ofrecen las redes inalámbricas de banda ancha para el hogar.

Finalmente este estudio aportará con guías sobre cómo implantar la red óptica en el hogar en futuras implementaciones de redes LAN para soluciones habitacionales, donde se deben colocar los puntos de acceso a la red tanto para los dispositivos finales del propietario del inmueble como para los dispositivos inteligentes que se conectan a internet.

3. Antecedentes

Los usuarios y profesionales en redes y telecomunicaciones necesitan conocer las opciones de redes de área local (LAN) disponibles y que puedan cubrir los servicios de comunicaciones que posee el usuario más los que proyecte adquirir en el futuro.

En Ecuador (INEC, 2013), el 28.3% de los hogares a nivel nacional tienen acceso a internet, con un crecimiento del 20.3% en el área urbana y 7.8% en el área rural. Cabe acotar, según la misma fuente, que el porcentaje que tienen acceso a internet se clasifica en: el 24.9% lo hace por cable o banda ancha y el 31.4% vía inalámbrica. El alto porcentaje de usuarios de internet con acceso inalámbrico se debe a la penetración de las redes sociales y las facilidades que brindan actualmente los teléfonos móviles. Sin embargo, las redes de tercera generación (3G o redes 3G) alcanzan velocidades de

datos en el orden de Kbps que no es un valor adecuado para la transmisión/recepción de video en tiempo real con alta definición; y las redes de cuarta generación (4G) aún tienen una cobertura pequeña en las principales ciudades del Ecuador.

Por otro lado, desde hace algunos años atrás las empresas proveedoras de servicio de internet, brindan servicios sobre la red de datos que demandan gran ancho de banda y con bajo retardo, los denominados servicios triple play (datos, voz y video). Sin embargo, actualmente las operadoras de televisión por paga están cambiando su giro del negocio hacia la oferta de sus contenidos vía internet (Ecuador, 2013) (www.ecuadorinmediato.com, 2012) junto con nuevos servicios.

El marco regulatorio ecuatoriano, el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, presenta el Plan Nacional de desarrollo de Banda Ancha en el Ecuador para lo que es acceso inalámbrico (Información, 2014); sin embargo, en su sitio web indica que en estos siete años de gobierno se han instalado 35111 kilómetros de fibra óptica en el país (donde CNT EP aportó con 10000 kilómetros y el resto fue aportado por las operadoras privadas) (Información, Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2014) para que más personas puedan acceder a Internet.

Actualmente se ofrecen nuevos servicios interactivos a los consumidores, como son; Smart TV, refrigeradoras inteligentes, edificios inteligentes, vigilancia y supervisión vía web con cámaras cloud, etc. (D-link, 2014) (LG, SMART TV 4.0 DE LG, 2014) (LG, DISCOVER LG SMART THINQ™ REFRIGERATORS, 2014) (Home, 2014), los cuales demandan gran ancho de banda. Esto genera un nodo crítico de decisión sobre la cantidad de servicios versus el costo, especialmente si el usuario incrementa sus dispositivos en el transcurso del tiempo.

Otro hecho coyuntural, es el incremento permanente de la demanda del ancho de banda y los servicios residenciales de red avanzados a nivel de ciudades, países e incluso a nivel mundial, por lo que las redes ópticas pasivas han emergido como una tecnología madura que ofrece flexibilidad, cobertura de banda ancha y un costo efectivo de los enlaces y equipos de fibra óptica. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) han estandarizado soluciones de redes ópticas pasivas (PON) que operan a gigabits por segundo como son las arquitecturas y protocolos ITU-T BPON, GPON e IEEE EPON; además de las redes nueva generación ITU-T G.984.5 WDM, ITU-T G.984.6 y IEEE 802.3av 10GEPON (Kazovsky L., 2011).

Entonces, surgen las inquietudes:

¿Qué alternativas de redes de acceso existen en la actualidad y cuál es la más conveniente según los servicios que necesitan el hogar del futuro?

¿Cuál red de acceso puede proporcionar al hogar la conectividad de red de banda ancha que necesitará el hogar del futuro para obtener los nuevos servicios?

¿Qué ventajas poseen las redes de acceso con fibra óptica (FTTx) sobre otras alternativas?

¿Qué ventajas y desventajas se tienen con una solución de red LAN óptica para el hogar del futuro desde las perspectivas técnicas y económicas?

Este estudio se lo realizará en base a una investigación documental de fuentes acreditadas, tanto a nivel local como internacional, seleccionando solo la información relevante de los últimos cinco años y enfocándola al Ecuador en particular.

4. Objetivos

Objetivo General:

Estudiar y analizar la implementación de fibra óptica para el hogar del futuro y su viabilidad técnica y económica.

Objetivos Específicos:

1. Conocer el estado del arte de las redes de acceso.
2. Determinar los requerimientos de conectividad del hogar del futuro según las tendencias actuales.
3. Determinar una solución de fibra óptica para el hogar del futuro aplicando la normativa vigente usando equipos actuales disponibles.
4. Analizar la viabilidad técnica y económica de la solución propuesta para implementar fibra óptica en el hogar del futuro.

5. Desarrollo de caso de estudio

El caso de estudio se lo abordará en varias etapas: primero sintetizar el estado del arte, luego determinar los requerimientos de conectividad del hogar del futuro, entonces se planteará una solución óptica para el hogar del futuro usando equipos actuales disponibles y finalmente se analizará la viabilidad técnica y económica de la solución propuesta para el hogar del futuro.

5.1. Estado del arte de las redes de acceso

El vertiginoso desarrollo de la infraestructura de comunicaciones globales, junto con el crecimiento explosivo de internet, además del aumento de la demanda de ancho banda y de las aplicaciones multimedia (Kazovsky L., 2011), han presentado, el desafío de la creación de nuevas redes convergentes a los proveedores de servicio de internet.

Las aplicaciones en tiempo real de voz y datos (audio y video por streaming) han aumentado en el nuevo milenio (TANENBAUM ANDREW S., 2011), junto con computadores y periféricos más poderosos se ha saturado el ancho de banda de Internet disponible. Los enlaces de larga distancia de internet llevan información a muchos gigabits por segundo, lo que permite a los usuarios de banda ancha conectarse desde la frontera de internet con aplicaciones, para llamadas telefónicas o videos sobre internet consumiendo gran cantidad de ancho de banda. Se ha estimado que el 72% del tráfico de internet será video en el 2019 (CISCO, Cisco Systems Inc, 2016).

De ahí la importancia de las redes de acceso, puesto que son la infraestructura de soporte para los usuarios de hogar y de pequeños o medianos negocios que permite conectarse a la red y gozar de servicios *n-play* (JSC Sitronics, 2007) (Hansen, 2010).

Según muestra el índice de networking visual de Cisco (Index C. V., 2015): el tráfico IP sobrepasa el 1.1 zettabyte por año en 2016 y se espera que para el 2019 supere los 2 zetabytes por año; además, el tráfico en la hora pico se espera que crezca en un factor de 3.4 entre el 2014 y 2019, y se pronostica que más de la mitad del tráfico IP para el 2019 será generado por equipos que no son computadores personales. También este

informe de Cisco advierte que mientras en el 2014 los dispositivos cableados aportaron con el 54% del tráfico IP, para el 2019 el 66% del tráfico lo aportarán los dispositivos móviles y Wi-Fi y lo restante aportarán los dispositivos cableados. Finalmente, para el 2019 se estima que habrá tres dispositivos de red per cápita.

La comparación del ancho de banda y la longitud máxima permitida para esa tecnología, se muestra en la tabla 1:

Tabla 1 Comparación de anchos de banda y alcances entre las tecnologías de acceso más populares.

Servicio	Medio de transmisión	Flujo descendente (Mbps)	Flujo ascendente (Mbps)	Longitud de alcance máximo (km)
ADSL	Par trenzado	8	0.896	5.5
ADSL2	Par trenzado	15	3.8	5.5
VDSL1	Par trenzado	50	30	1.5
VDSL2	Par trenzado	100	30	0.5
HFC	Cable coaxial y fibra óptica	40	9	25.0
BPON	Fibra óptica	622	155	20.0
GPON	Fibra óptica	2488	1244	20.0
EPON	Fibra óptica	1000	1000	20.0
Servicio	Medio de transmisión	Flujo descendente (Mbps)	Flujo ascendente (Mbps)	Longitud de alcance máximo (km)
Wi-Fi	Espacio libre	54	54	0.1
WiMAX	Espacio libre	134	134	5.0

Fuente: (Kazovsky L., 2011).

La tabla 1 muestra la ventaja de las redes ópticas frente a las otras alternativas por su gran ancho de banda y mucho mayor alcance.

Entonces, si se hace una red LAN óptica se pueden conservar estas ventajas hasta la salida de datos dentro del domicilio del usuario y en particular, una red óptica pasiva

es una buena opción para reducir el consumo de energía y los costos de operación de la red.

Las redes ópticas pasivas presentan algunas alternativas con sus propias características como lo indica (Kazovsky L., 2011), que se pueden resumir a continuación:

- BPON: sigue el estándar ITU G.983, es una mejora de APON (una alternativa de la red PON basada en ATM), soporta un flujo máximo descendente (*downstream*) de 1.2 Gbps y un flujo máximo ascendente (*upstream*) de 622 Mbps. Usa además, asignación de ancho de banda dinámico, junto con interfaces de administración y control.
- GPON: lo define el ITU G.984, proporciona mayor ancho de banda que BPON, alcanzando máximo 2.488 Mbps para el *downstream* y el *upstream*,
- EPON: está regido por IEEE 802.3ah; basado en el estándar ITU-T G.7041, utiliza un procedimiento de entramado genérico, llamado GEM (método de encapsulamiento para GPON) para soportar diferentes protocolos de capa 2, como ATM o Ethernet. La EPON soporta 1.25 Gbps para los tráficos de subida y bajada.

El encapsulamiento GEM es compatible con APON y BPON, y es muy eficiente para las tramas Ethernet. EPON encapsula y transporta sus datos en tramas Ethernet, permitiendo conectarse a redes LAN o MAN.

Otras opciones son:

- Dividir una red PON en múltiples redes PON donde cada una servirá solo a un grupo de usuarios.

- 10GPON: desarrollado por el grupo de estudio IEEE 802.3av, transmite a 10 Gbps, pero no presenta un buen costo efectivo de la red ni se escala fácilmente al incrementar la velocidad de transmisión. Además, la repartición de potencia por medio de los *splitter* es fija, lo que lleva a diferentes presupuestos de potencia por cada usuario a distintas distancias de transmisión.
- TDM PON: corresponde a una PON donde el *downstream* alcanza 10 Gbps y en *upstream* llega a 1.25 Gbps (Lilin Yi, 2012).
- WDM PON: es una red PON donde en las OLT o las ONU se asignan diferentes longitudes de onda para su transmisión o recepción, la cual en pruebas experimentales (para *downstream*, *upstream* o en ambos), ha dado buenos resultados. Aquí se emplea la asignación de longitud de onda de forma estática o dinámica, siendo la última la que da mejores resultados.

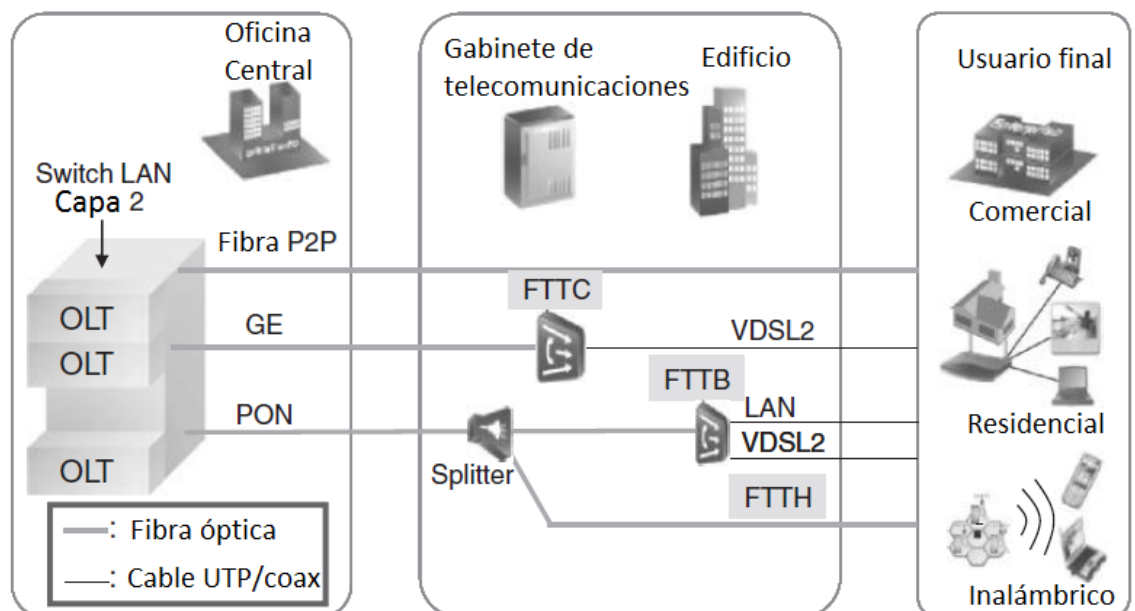


Figura 1 Arquitectura para una red de acceso óptico.

Fuente: (Kazovsky L., 2011).

La figura 1 muestra diversas opciones de redes de acceso ópticas FTTx, donde se puede ver que la opción adecuada para la casa del futuro es la red Fibra hasta el hogar (FTTH) porque esta lleva la fibra hasta el interior de la casa, para luego distribuir el acceso por medio de una red de área local del tipo red óptica pasiva (LAN PON).

Según (POFNET, 2016), (GmbH, 2016), (comoss.com, 2011), (Corp., 2016), (Ltd., 2010), (Josef, 2009), (FiberFin, 2013), el hogar automatizado de hoy es la semilla del hogar del futuro del mañana, y según muestran las compañías que automatizan los hogares, la red interna corresponde a una red óptica que usa fibra óptica plástica y los gráficos de los hogares muestran la presencia de varios dispositivos en figuras 2, 3 y 4.

Se ve en la figura 2 como una red con fibra óptica puede dar la facilidad para acceder a internet.

En la figura 3, se ve como la red centralizada en un switch con conexión para fibra óptica plástica (POF) distribuye a distintos aparatos domésticos el acceso a internet.

La figura 4 muestra como: la oficina, el dormitorio, la cocina y el cuarto familiar pueden acceder a internet, para comunicarse entre aparatos (como lo plantea el Internet de las cosas), provee conectividad a consolas para jugar en red y permite a los Smart TV obtener el servicio de video *streaming*.

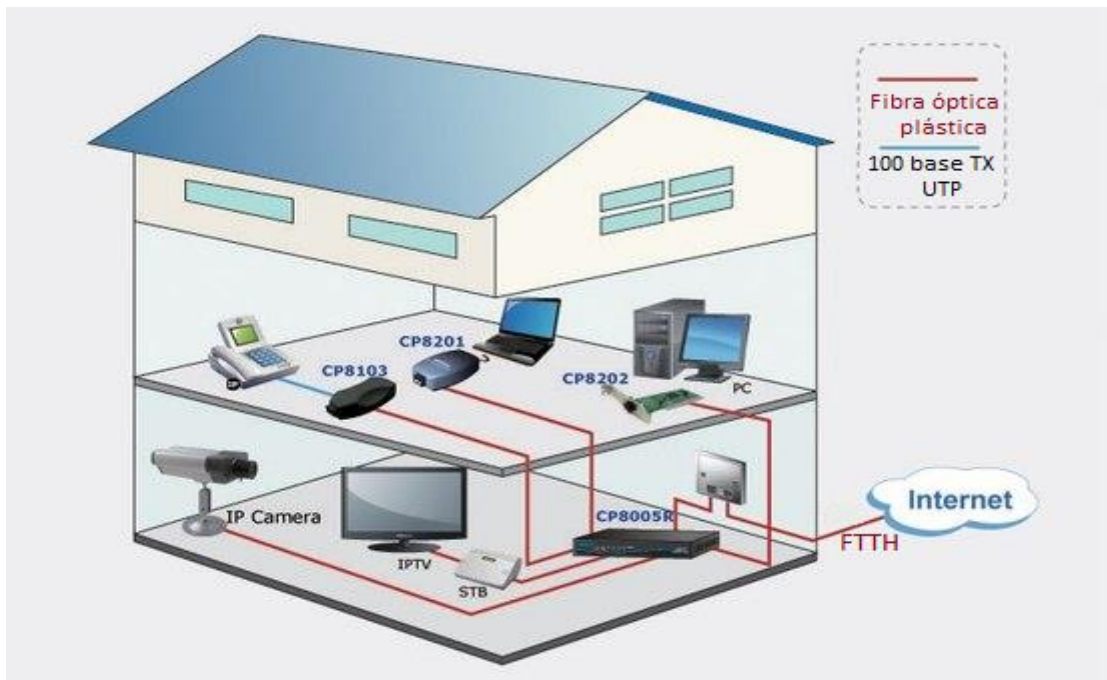


Figura 2 Ejemplo de residencia.

Fuente: (POFNET, 2016)

Nota: Convertidor de medios (CP80103), Adaptador USB POF (CP8201), Adaptador PCI POF (CP8202), Switch de fibra óptica plástica POF 100base-FX (CP8005), Caja de distribución de fibra óptica STB (Made-in-China.com, 2016).

Solución con fibra óptica plástica (POF) para redes del hogar

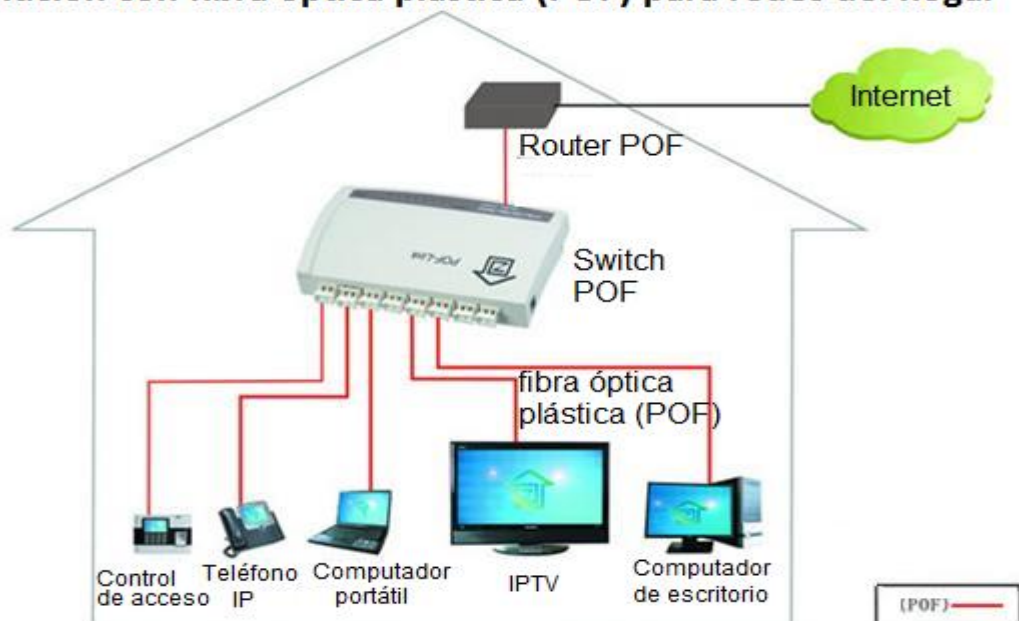


Figura 3 Topología de la estructura de una solución de red POF.

Fuente: (City, 2010).

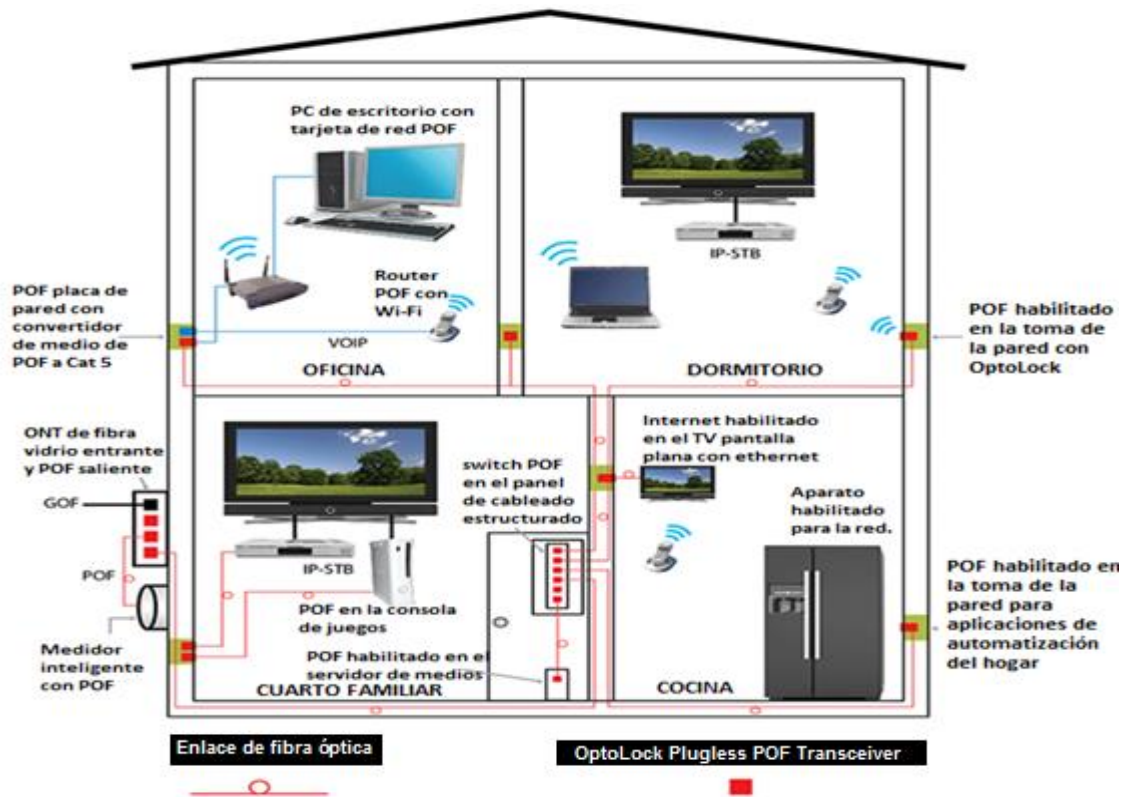


Figura 4 Un producto de Mitsubishi Rayon Co. Ltd.

Fuente: (Trade, 2016).

Además en la misma literatura consultada, las conexiones por fibra óptica plástica que dan acceso a la red, usan una red GPON para distribuir el acceso de internet en toda la casa. Cabe resaltar que la red se conecta a un router Wi-Fi para dar la facilidad de movilidad a los habitantes del hogar mientras permanecen conectados a sus teléfonos inteligentes o a sus tabletas o a dispositivos similares del futuro.

La ventaja del uso de fibra óptica plástica en las instalaciones de automatización para el hogar, es la facilidad para manipular la fibra, evitando equipos costosos, por ejemplo para realizar el corte de la fibra óptica, como lo indican (GmbH, 2016), (POFNET, 2016), (ZJY, 2010), la fibra óptica plástica es más fácil de instalar que un cable UTP

cat 6, es más delgada que un UTP, es inmune a la interferencia electromagnética, entre otras características. Por otro lado, los dispositivos actuales para fibra óptica plástica indican que solo alcanza el ancho de banda de 100 Mbps. Sin embargo, la red GPON funciona a 1000 Mbps y la 10GPON alcanza los 10 000 Mbps, por lo que se considerará para el diseño de la red del hogar la solución GPON, ya que solo deberá actualizar en el futuro los equipos de conmutación y los convertidores de medios, puesto que el medio de transmisión idealmente posee un ancho de banda infinito. Además cabe resaltar que no se usará fibra óptica plástica por su bajo ancho de banda.

5.2. Requerimientos de conectividad del hogar del futuro según las tendencias actuales

En las figuras 2, 3 y 4, los dispositivos finales del hogar automatizado posee básicamente: televisiones de alta definición que poseen el servicio de televisión por demanda vía *streaming* (VoD), aparatos del hogar con acceso a internet que pueden interactuar con otros aparatos como lo indica el internet de las cosas (IoT), además equipos de control y monitoreo, tales como: sensores de temperatura, sensores de luz, sensores de presencia, sensores de movimiento, etc., que el habitante de la casa podrá revisar por medio de internet al sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) desde su teléfono o un computador, realizar el control de las luces, termostato, relojes, puertas de garaje, bocinas, puertas, ventanas interiores y exteriores, timbre de entrada, calefactores de agua, etc.

El hogar automatizado da la capacidad de controlar los ítems de la casa, desde el tono de las ventanas hasta el dispensador de alimento de la mascota, con solo pulsar un botón o con un comando de voz, o prender/apagar una lámpara con una palmada, de

manera simple y barata (GRIFFITH, JANUARY 29, 2016). Aunque otras aplicaciones como el control de las cámaras de CCTV podrían requerir una cierta inversión de tiempo y dinero por sus propias características. Imagine que pueda monitorear su casa usando como interfaz su computador, su tableta, su teléfono inteligente o incluso paneles montados en su hogar.

Para la automatización del hogar, como lo dice (GRIFFITH, JANUARY 29, 2016), hay varias opciones de productos y estos usan diferentes protocolos de comunicación; algunos son cableados, otros son inalámbricos y otros son combinaciones de ambos. La recomendación es apegarse a un tipo de protocolo para adquirir todos los aparatos compatibles con ese protocolo. Algunas de las opciones de protocolos para la automatización del hogar son: X10 surgió en los años 70, se comunica usando desde la línea de distribución de energía hasta el medio inalámbrico. No posee alta velocidad ni capacidad de comunicación entre unidades X10 dentro de su red.

Además (DESIGNSPARK, 2015) informa de otros protocolos que pueden ser utilizados para el internet de las cosas (IoT), como son: ZigBee es inalámbrico, corresponde al estándar IEEE 802.15.4 que despliega una red tipo malla donde los dispositivos se comunican todos por igual, trabaja a 2.4 GHz, a 250 kbps. Thread es otro protocolo inalámbrico que se basa en IEEE 802.15.4 y 6LowPAN, usa la misma frecuencia de ZigBee y conecta hasta 250 dispositivos. Z-Wave es un protocolo inalámbrico propietario de Sigma Designs, trabaja 900 MHz, a 9.6 kbps, a 40 kbps, 100 kbps, 6LowPAN es un protocolo basado en IPv6.

Cabe destacar la recomendación de (Williams, 2015) quien dice que la comunicación entre dispositivos de IoT consume poco ancho de banda ya que no envían mensajes

todo el tiempo, sin embargo, las aplicaciones de video en alta definición pueden consumir una gran parte del ancho de banda, por lo que aconseja disminuir la resolución del video y la cantidad de colores del mismo, para reducir el consumo del ancho de banda, y por el contrario resalta la importancia de la seguridad de la red para evitar que individuos no autorizados manipulen los dispositivos del hogar.

Sin embargo, para el hogar del futuro, la alta definición, el tiempo real y la intercomunicación permanente de los dispositivos es una premisa que se percibe en diversas exposiciones donde se han mostrado como serían los hogares del futuro (El-Eraky, 2011), (Microsoft, 2011), (agency, 2008), (Indonesia, 2014) (Wannahaves, 2010), (English, 2015), (Games&Tech, 2014), (Technology, 2015).

Tabla 2 Tráfico de los flujos de subida y bajada de varias aplicaciones de red.

Aplicación	Flujo de subida (Mbps)	Flujo de bajada (Mbps)
Navegación web	Menor a 1	1-2
Video conferencia	2-3	2-3
SDTV VoD	2-3	3-4
Descarga de archivos y video	4-5	5
Video en tiempo real	5	5
Juegos multijugador	6	6
Web hosting	6-7	6-7
Descarga de archivos grandes	12	12
Video subida/bajada	13	13
HDTV	1-2	15
TV 3D Next generation	1-2	Mayor a 25
Redes de almacenamiento	10	Mayor a 25

Fuente: (Jingjing Zhang, 2009).

La tabla 2 muestra la cantidad de ancho de banda que necesitan varias aplicaciones o servicios de red. Esta tabla se utilizará para la estimación del ancho de banda de las redes: troncal y dispersión, dentro de la casa y el posteriormente dimensionar la capacidad del acceso FTTH.

Carol Wan y Don Low de Huawei en su documento (Low, 2013), muestra la tendencia creciente de los usuarios de ancho de banda desde el 2012 hasta el 2017, que se ha incrementado de 0.6 a 1.1 billones de suscriptores, cabe resaltar que en el mismo intervalo de tiempo se incrementó también la cantidad de usuarios de banda ancha móvil de 1.1 a 5 billones de suscriptores.



Figura 5 Proyección del uso de FTTH a nivel mundial.

Fuente: (PROPERTIES, 2008).

Como lo muestran las publicaciones de (El-Eraky, 2011), (Microsoft, 2011), (agency, 2008), (Indonesia, 2014) (Wannahaves, 2010), (English, 2015), (Games&Tech, 2014), (Technology, 2015), los hogares del futuro poseen paneles de control empotrados en las paredes con tecnología OLED (TRENDS, 2015), en las mesas existen paneles tipo touch (OLED) para el control de las hornillas de inducción, las paredes presentan programación multimedia (TV, VoD, video llamada, etc.), además se pueden cambiar

las opciones de presentación, por ejemplo: fotos secuenciales o estáticas para proyectarlas como cuadros, los cristales de las ventanas pueden controlar su opacidad, hay un control climático, control de las puertas, de las cámaras de seguridad, etc.

5.2.1. Ofertas de planes para el hogar de los proveedores de Internet

Los proveedores locales de Internet ofertan varios planes de conectividad para los hogares, los cuales se resumen en la tabla 3:

Tabla 3 Promociones de Internet residencial de los ISP para la ciudad de Quito.

Proveedor	Plan	Velocidad de bajada máxima (Mbps)	Velocidad de subida (Mbps)	Tarifa con impuestos (USD)
CNT *	Plan 3 Mbps	3.0	1.0	20.16
	Plan 5 Mbps	5.0	1.0	27.89
	Plan 10 Mbps	10.0	1.0	40.32
	Plan 15 Mbps	15.0	1.0	55.89
CNT **		2.0	0.5	20.16
		3.0	0.5	27.89
	Fast boy fijo	4.0	0.5	40.32
	(compartición 8:1)	6.0	0.5	55.89
		10.0	1.0	67.20
TV CABLE***		15.0	1.0	117.60
	Básico	4.0	0.7	22.29
	Mejorado	5.6	0.7	33.49
	Mejorado Plus	11.0	1.1	44.69
	Ideal	15.0	1.5	55.89
	Smart básico	30.0	3.0	111.89
NETLIFE****	Smart avanzado	60.0	3.0	128.69
	Plan starter	20.0	20.0	39.19
	Plan geek	50.0	50.0	63.83
	Plan gamer	75.0	75.0	82.31
acceso FTHH (compartición 2:1)	Plan xtreme	100.0	100.0	115.91

Proveedor	Plan	Velocidad de bajada máxima (Mbps)	Velocidad de subida (Mbps)	Tarifa con impuestos (USD)
NETLIFE**** acceso ADSL (compartición 2:1)	Plan home1	2.0	1.0	22.96
	Plan home2	3.0	1.0	28.56
	Plan home3	4.0	1.0	35.82
	Plan home4	6.0	1.0	58.24
	Plan home5	9.0	1.0	75.04

Fuente: el autor.

Nota: la información proviene de CNT: Internet banda ancha * (CNT1, 2016) ** (CNT2, 2016), TV CABLE *** (TVCABLE, 2016), NETLIFE**** (NETLIFE1, 2016), ***** (NETLIFE2, 2016).

Se evidencia en la tabla 3, que la empresa Netlife actualmente ofrece la mejor velocidad de acceso y con menos compartición ya que oferta un plan de 100 Mbps, simétrico y con compartición 2 a 1, mientras que las otras empresas ofertan accesos asimétricos, con menor velocidad de bajada e incluso una de ellas aplica una compartición muy alta que afectaría negativamente a los servicios en tiempo real.

5.3. Solución de fibra óptica para el hogar del futuro

La solución de fibra óptica para este caso de estudio corresponde al desarrollo de una red de área local, tipo red óptica pasiva (LAN PON), la cual debe soportar a todas las aplicaciones y servicios que se pronostican para el futuro.

El diseño de la red se lo realizará siguiendo el modelo *top down*, es decir inicia en la capa aplicación y finaliza en la capa física de la red. La casa del futuro se considera de dos plantas: en la planta superior se tendrán tres dormitorios, un estudio, un cuarto de juegos, baño en cada cuarto, amplios ventanales; en la planta baja estará la sala, el comedor, la cocina, un baño social, un cuarto de máquinas, una biblioteca y una oficina. Además en su parte externa tendrá un pequeño jardín tanto en el frente como

en la parte posterior de la casa. Se considera a la familia promedio compuesta por tres miembros: el padre, la madre y un hijo, según muestran las tendencias del Instituto Nacional de Estadística y Censo (Ecuadorinmediato, 2011).

La casa del futuro se la considera completamente automatizada, con conexión de fibra óptica a los interfaces que se encuentran empotrados en las paredes que sirven para proyectar imágenes, como las actuales televisiones inteligentes que permiten una comunicación bidireccional al usuario y la proyección en 2D y 3D, además como las comunicaciones son unificadas (VoIP), debe dar soporte al flujo de datos que manejan los *router* inalámbricos que dan acceso a los dispositivos inalámbricos de comunicación, de los diversos sensores, etc.

5.3.1. Análisis del ancho de banda necesario para el hogar del futuro vs ancho de banda necesario que se debe contratar en el ISP.

Para mostrar el impacto de cada servicio en el ancho de banda que demande el hogar del futuro, se presenta un gráfico con esta información:



Figura 6 Flujos de subida o bajada para las aplicaciones o servicios de red

Fuente: (Jingjing Zhang, 2009)

En consecuencia para los planes residenciales que ofertan los ISP, tabla 3, se puede evidenciar que para el mayor ancho de banda, que es 100 Mbps, se satura con 4 proyecciones de TV 3D de próxima generación, o máximo 6 canales de TV HD OLED o máximo 16 personas en juegos multijugadores pueden ser soportados por el enlace al ISP. Además si se considera un flujo de cada ítem listado en la tabla 2, el ancho de banda requerido es de 122 Mbps pero el hogar del futuro demandará más de uno estos tipos de flujos simultáneamente.

Usando los valores que constan en la tabla 2, se determinará la cantidad de ancho de banda necesario que debe soportar la red de distribución óptica, la red troncal óptica de la casa y finalmente el ancho de banda de la red de acceso de última milla para conectarse con el ISP.

5.3.2. Aplicación.

Como la capa aplicación es el interfaz entre el usuario y la red, en este caso los usuarios serán tanto personas como máquinas (cosas) que se comunicarán entre ellos. Por lo que se estima que los usuarios serán:

Los usuarios humanos serán las tres personas que habitan la casa (total: 3), luego las cosas que automatizan la casa serán los otros usuarios, que serán: los dispositivos de control de temperatura (uno en cada ambiente de la casa, total: 13), los dispositivos de puertas de acceso (uno en cada ambiente además de las puertas de acceso, total: 15), dispositivos de control de iluminación (uno en cada ambiente, total: 13), dispositivos de control de tono de los ventanales (uno por cada ambiente más un cincuenta por ciento más por tener varios ventanales

en las zonas que dan a los espacios abiertos, total: 20), paneles de cristal *touch screen* para el control de los distintos dispositivos de la casa (uno en cada ambiente, total: 13), paredes de vidrio tipo *touch screen* para comunicación por video y tele presencia (uno en cada ambiente, total: 13), control de las estufas (ubicado en la cocina, total: 1), sistema de CCTV (donde los cristales de las paredes sirven como interfaces bidireccionales, además de cámaras para el perímetro externo de la casa en redundancia, total: 20), que se les proveerá de acceso a la red por medio de un cableado de distribución de fibra óptica.

Finalmente, los router inalámbricos darán acceso a la red a todos los dispositivos y aplicaciones inalámbricas que suman su flujo a la red troncal de fibra óptica de la casa, donde un router da el acceso inalámbrico, mínimo con el valor del estándar actual IEEE 802.11ad que brinda hasta 7 Gbps (RODRIGUEZ, 2013), por lo se considerará al menos un aporte de dos dispositivos simultáneos por cada individuo que habita la casa y a ellos se suman las comunicaciones de las cosas de la casa (IoT), que en un promedio de 15 aparatos IoT por cada ambiente de la casa, daría un total de 32, lo que aproximando a su inmediato superior daría como clientes inalámbricos, total: 40. Sustituyendo a los sistemas de VoIP actuales, la red debe brindar video llamadas a todos los habitantes de la casa para sus comunicaciones tanto fijas como móviles.

5.3.3. Transporte.

Las aplicaciones en general, se agrupaban en: aplicaciones en tiempo real, aplicaciones críticas y otro tipo de aplicaciones. Sin embargo, ahora todas las aplicaciones están permanentemente conectadas, comunicando a personas con personas, o personas con máquinas, o máquinas con máquinas. Por tanto, solo se diferenciarán entre ellas por el tipo de protocolo de capa transporte, confiables o no confiables. Donde las confiables usarán el protocolo de transporte TCP mientras que las no confiables usarán UDP. Dentro de las conexiones tipo TCP se incluyen a las comunicaciones que usan el protocolo de comunicación en tiempo real. La lista de usuarios: humanos y máquinas, se agrupan de la siguiente tabla:

Tabla 4 Clasificación de las aplicaciones según su tipo de conexión

Tipo de conexión	Tipo de usuario	Cantidad	Ancho de banda de la aplicación/servicio
Orientados a conexión	Residentes humanos.	3	Descarga de archivos / juego multijugador.
	Paredes de vidrio/monitores bidireccionales OLED.	13	TV 3D, considerando el flujo de bajada.
	Sistema CCTV	20	Video HD.
	Inalámbricos.	40	Video HD, considerando una llamada con video usando una tableta.
No orientados a conexión	Control de temperatura.	13	Igual a lo que necesita un video por demanda.
	Control puertas de acceso.	15	Igual a lo necesario para una videoconferencia.

Tipo de conexión	Tipo de usuario	Cantidad	Ancho de banda de la aplicación/servicio
No orientados a conexión	Control de iluminación.	13	Igual a lo necesario para una videoconferencia.
	Control de tono ventanas.	20	Igual a lo necesario para una videoconferencia.
	Paneles control touch OLED.	13	Igual a lo necesario para una videoconferencia.
	Control de estufas.	1	Igual a lo necesario para una videoconferencia.
Total de usuarios		151	Usuarios.

Fuente: el autor.

Con el tipo de conexión se pueden sumar los flujos de las aplicaciones para estimar la capacidad de los enlaces de dispersión, la red troncal y la red de acceso al hogar, bajo la condición de pérdidas nulas y máxima ocupación de los recursos.

Tabla 5 Flujo total a la hora pico que debe soportar la red troncal.

Tipo de usuario	Cantidad de usuarios	Ancho de banda estimado (Mbps)	Ancho de banda total (Mbps)
Residentes humanos.	3	6	18
Paredes de vidrio/monitores bidireccionales OLED.	13	25	325
Sistema CCTV.	20	15	300
Accesos inalámbricos.	40	15	600
Control de temperatura.	13	3	39
Control puertas de acceso.	15	3	45
Control de iluminación.	13	3	39

Tipo de usuario	Cantidad de usuarios	Ancho de banda estimado (Mbps)	Ancho de banda total (Mbps)
Control de tono ventanas.	20	3	60
Paneles control touch OLED.	13	3	39
Control de estufas.	1	3	3
Total:	151		1468

Fuente: el autor.

Cabe resaltar que esta suma de flujos solo se daría si todas las personas y aplicaciones en algún momento se comunican simultáneamente, por lo que este valor de 1468 Mbps correspondería a la carga pico que debe soportar la red troncal. Sin embargo a este valor se considerará un 10% de crecimiento por año, sea debido al incremento de aplicaciones del usuario o a nuevos dispositivos en el hogar, y considerando que se deben cambiar los equipos en un plazo de cinco años, según lo dice Cisco en (servicios, 2002), la tabla 6 presenta la proyección del crecimiento de la carga acumulada dentro de los cinco años:

Tabla 6 Crecimiento de la demanda en el hogar del futuro.

Año	Demanda inicial (Mbps)	Porcentaje de crecimiento anual	Incremento (Mbps)	Demanda total final (Mbps)
1	1468.00	10 %	146.80	1614.80
2	1614.80	10 %	161.48	1776.28
3	1776.28	10 %	177.63	1953.91
4	1953.91	10 %	195.39	2149.30
5	2149.30	10 %	214.93	2364.23

Fuente: el autor.

Carga total final = $1468 \text{ Mbps} * (1+0.1)^5 = 2364.23 \text{ Mbps} = 2.36 \text{ Gbps}$.

5.3.4. Red.

El esquema de direccionamiento debe utilizar IPv6 para la identificación de cada dispositivo en la red, dividiendo a la red del hogar en subredes según la funcionalidad de las cosas (sensores y actuadores que automatizan el hogar) o la actividad que realice el usuario. Aquí se deben crear políticas de calidad de servicio y sobre todo de seguridad de la red. Para el acceso dinámico de los dispositivos, es conveniente configurar el protocolo de configuración de host dinámico (DHCP).

En el anexo se detalla un diseño lógico para la red del hogar del futuro, una posible división de la red en redes de área local virtuales (VLAN).

Para seleccionar un dispositivo para una LAN, se deben tomar en cuenta factores como: costo, velocidad y tipo de puertos/interfaces, posibilidad de expansión, facilidad de administración, características y servicios adicionales.

Los equipos que cumplen con las funciones de enrutamiento en la red LAN son: los *router* o los *switch* de capa 3, de los cuales por velocidad de conmutación el más recomendable para la red local es el switch de múltiples capas o *switch* capa 3 para comunicar entre las distintas VLAN de la red local del hogar del futuro.

Tabla 7 Direccionamiento lógico de las VLAN.

Clasificación de las VLAN	Número de host por VLAN	Dirección de red de las VLAN
Residentes.	3	2001:1200:xxxx:100::/64
Paredes de vidrio-monitores bidireccionales.	13	2001:1200:xxxx:200::/64
Sistema CCTV.	20	2001:1200:xxxx:300::/64
Control de temperatura.	13	2001:1200:xxxx:400::/64
Control puertas de acceso.	15	2001:1200:xxxx:500::/64
Control de iluminación.	13	2001:1200:xxxx:600::/64
Control de tono ventanas.	20	2001:1200:xxxx:700::/64
Paneles control touch.	13	2001:1200:xxxx:800::/64
Control de estufas.	1	2001:1200:xxxx:900::/64
Total alámbricos:	111	
Invitados inalámbricos.	10	2001:1200:xxxx:A00::/64
Inalámbricos.	30	2001:1200:xxxx:B00::/64
Total inalámbricos:	40	
Total:		

Fuente: el autor.

La tabla 7 resume las VLAN según el propósito que tendría la red implementada en el hogar, como se espera que funcione en el futuro usa direccionamiento IPv6 y como está localizada en América Latina, sus primeras cifras son 2001:1200;, como lo indica LACNIC (IANA, 2016). Las subredes siguen el criterio de subdivisión a partir la mitad de la cuarteta para dar flexibilidad a cualquier subdivisión o agrupación que se desee hacer en el futuro.

5.3.5. Acceso a red.

Esta capa del modelo TCP/IP comprende a las capas enlace de datos y física del modelo de referencia OSI. Por lo que aquí se deben escoger los equipos de conmutación o *switch*, que deben tener las interfaces para la red óptica pasiva.

Se debe finalmente diseñar la red óptica pasiva junto con la determinación de sus dispositivos. La red que se diseñará para este caso de estudio es una red GPON para el tendido de dispersión y red troncal del hogar del futuro.

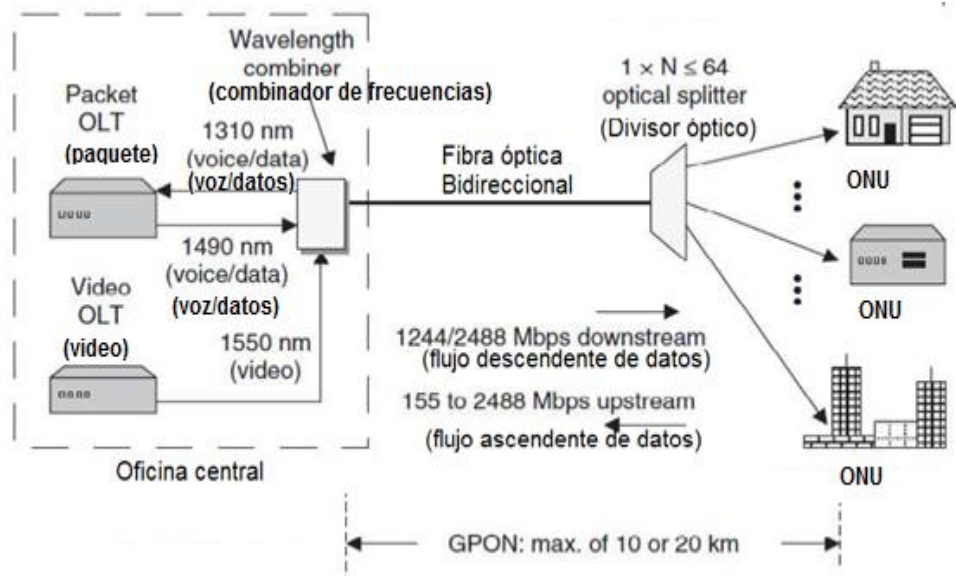


Figura 7 Arquitectura de la red GPON.

Fuente: (Keiser, 2006).

La red GPON, como lo indica (Keiser, 2006), soporta varios tipos de servicio incluyendo Ethernet y fast Ethernet, con velocidades de los flujos de bajada (1.244 Gbps o 2.488 Gbps) y de subida (155 Mbps, 622 Mbps, 1.244 Gbps o 2.488 Gbps), a distancias máximas de 10 km a 20 km, admiten divisiones de 1:64, usando longitudes de onda: para el flujo de bajada de voz y datos de 1480 nm a 1500 nm; para el flujo de subida 1260nm a 1360 nm, y para el flujo de video descendente: 1550 nm a 1560 nm, posee protección de conmutación por redundancia, usa el protocolo AES (estándar de encriptación avanzada) para asegurar la información originada desde las OLT y que se difunde a todas las ONT por difusión. Los requisitos de GPON están descritos en la

recomendación G.984.2, que garantiza el rendimiento a distancias menores a 10 km.

Cuando están muy cerca la ONT del detector de luz avalancha en la OLT, posee un sistema de control de potencia para evitar la sobrecarga luminosa. La recomendación G.984.3 explica los procesos de acceso al medio, la operación y mantenimiento, y el mecanismo de cifrado.

Además de los formatos de la trama GPON para los flujos de bajada o para el flujo de subida, se usa el método de encapsulamiento GPON o el segmento GEM, el cual sirve para dar varios tipos de servicio y si el paquete debe que dividirse para ajustar a la máxima longitud de la trama.

Para la estimación del ancho de banda de la red de acceso se debe considerar la tasa de compartición que proporciona el proveedor de servicio de internet. Por ejemplo, Netlife llega hasta el hogar con FTTH, con una compartición de 2:1 (NetLife, 2016). Es decir para el flujo total calculado de: 2.36 Gbps por la tasa de compartición 1 a 2, da: $2.36 * 0.5 = 1.18$ Gbps, sería el valor de ancho de banda real que el usuario gozaría del proveedor de servicio de internet.

Cabe destacar que el estándar G.984 especifica un ancho de banda máximo de aproximadamente 2.5 Gbps, que al dividirse por medio de un *splitter* 1:64, da a cada salida un ancho de banda de 39.0625 Mbps en condiciones de demanda pico (todas las aplicaciones funcionan simultáneamente). De la tabla 5, se identifica que el máximo ancho de banda corresponde a 25 Mbps, que al comparar con los 39 Mbps, corresponde a un 156 % del valor actual, por lo que

brinda una seguridad al crecimiento de la demanda dentro de los próximos cinco años. Finalmente, el rendimiento de la red GPON se encuentra garantizado porque la distancia acumulada de los recorridos de la red troncal más la red de dispersión no alcanzará ni a los 10 km. Basta solo evaluar el presupuesto de potencia para el enlace con la máxima distancia, junto con la atenuación acumulada de los conectores y divisores de potencia usados.

Según la recomendación G.652, se tienen los cables G.652.A con una atenuación máxima de 0.5 dB/km frente a los cables G.652.C que posee una atenuación de 0.2 dB/km (CISCO, Fiber-Optic Technologies, 2004), por lo que se usarán los cables y dispositivos compatibles con esta recomendación.

Un cable de fibra óptica que se puede usar para el tendido dentro de la casa (*indoor*) es el cable de fibra óptica para monomodo o multimodo FTTH que cumpla con la recomendación G.652, por lo que se escoge un cable auto soportado que cumpla con la recomendación G.652 (A, B, C) (ALIBABA, 2016) que cuesta 0.2 dólares el metro si se compra mínimo de 1 km de fibra óptica. Los valores del resto de elementos del tendido de fibra óptica, según el catálogo de Huawei (technologies, 2011), poseen los valores de atenuación correspondientes a la G.652.D, que se recogen en la tabla 8:

Tabla 8 Tabla de elementos y dispositivos de la red óptica.

Tipo de dispositivo/elemento	Número de parte	Cantidad	Especificación técnica
ODF (Gabinete de distribución de fibra).	GPX 147-B4	3	72 salidas en c/u
FDT (Terminal de distribución de fibra).	FDT 2103 D - 144 FDT 2103 D-72	144 72	Con varias salidas c/u
Splitter norma ITU-T G.984.X	1:4 1:16	1 2	≤ 7.3 dB ≤ 13.6 dB
Pigtail.	Pigtail SC	111	

Fuente: (technologies, 2011).

La cantidad de cable que se necesita para la casa del futuro, se estima de forma similar como se hace para los rollos UTP de cableado estructurado, de la siguiente manera:

Si la casa tiene unas dimensiones aproximadas de la planta de: 15 m por 10 m, y con dos plantas, posee una altura distancia piso-techo de: 3m; por lo que la distancia máxima sería de: $15\text{m} + 10\text{m} + (2*3\text{m}) = 31$ m, y la distancia mínima sería de: 3m; por lo que la distancia promedio de una corrida será: d media = $(31\text{m} + 3\text{m})/2 = 17$ m, luego se considera un exceso del 10% por la distancia que se pierde en cada terminación más un 10% para compensar el acortamiento por giros en el ruteo, da un valor de la distancia promedio de: $17\text{m} * 1.2 = 20.40$ m, como se necesitan aproximadamente 111 salidas de datos, entonces, la distancia total de fibra que se necesita será aproximadamente de: $111 * 20.4$ m = 2264.40 m. Por lo que redondeando la cifra, se necesitarán: 3 km de fibra.

Tabla 9 Cantidad de cable de fibra óptica para el tendido de fibra en el hogar.

Tipo de dispositivo/elemento	Cantidad	Especificación técnica
Cable G.652 D	3 km	≤ 0.3 dB
Conector.	200	0.4 dB máx.

Fuente: (technologies, 2011).

Un margen de pérdidas que se acepta como regla empírica de diseño, según (Acosta Arias, 2012), es que no debe superar los 3 dB de pérdidas, en ningún recorrido del enlace.

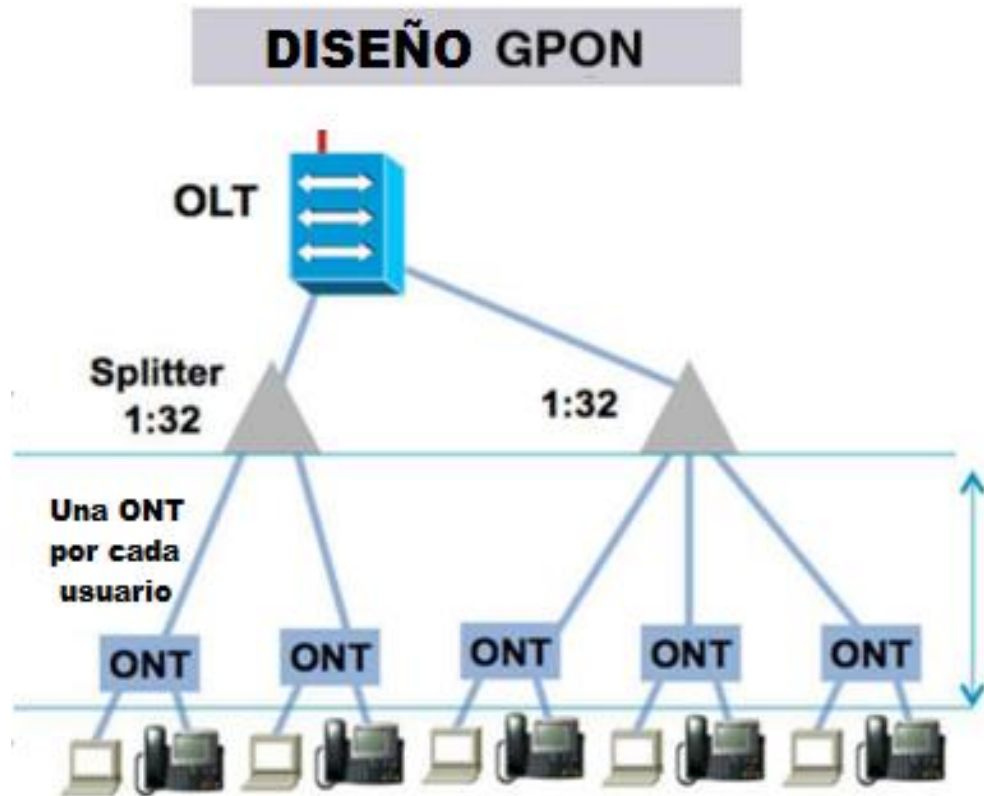


Figura 8 Diagrama de la red óptica pasiva GPON.

Fuente: (Lippis III, 2012).

En resumen, el diseño propuesto es el siguiente:

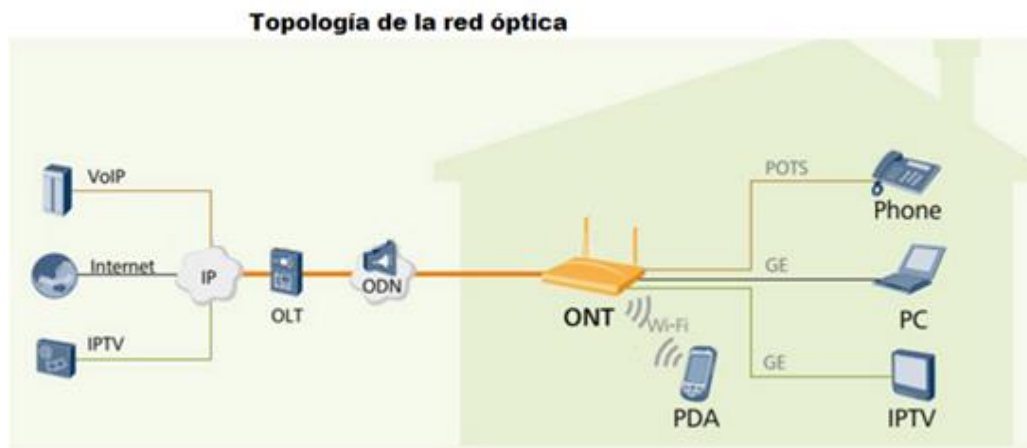


Figura 9 Topología de la red óptica.

Fuente: (Alibaba, 2016).

El equipo Huawei Echo Life HG8245 Home Gateway FTTH/FTTO GPON or EPON ONT Modem, es quien permite la interconexión a las aplicaciones o servicios sea por medio de los interfaces LAN o los WLAN. Se necesitan 20 de estos dispositivos para proveer los accesos a la red sea cableada o sea inalámbricamente a los dispositivos que automatizan al hogar. Este valor se obtiene a partir de la tabla 5, ya que se necesita dar acceso a 151 usuarios, tanto humanos como cosas que se van a comunicar por medio de la red alámbrica o inalámbrica del hogar. Y tomando en cuenta que el equipo posee 4 interfaces LAN, 2 interfaces para telefonía y un interfaz inalámbrico, se llega a estimar los 20 equipos:

$151 \text{ usuarios/cosas} / 8 \text{ accesos simultáneos por cada ONT da } 18.87$, que aproximando al entero superior da la cantidad de 20 FTTH ONT Modem Huawei.

A su vez para llegar a la zona donde se ubicarán los modem, se debe dividir por medio de *splitter* el flujo descendente de la fibra de acometida. Usando dos

splitters de 1:4 (norma ITU-T G.984.X) y otro de 1:16 (norma ITU-T G.984.X) se tendrán las veinte fibras para alcanzar las ONT y para alimentar a estos dos splitter es necesario previamente dividir la potencia en relación de 1:2 con otro splitter 1 a 2. En los diferentes pisos de la casa es necesario colocar cajas de dispersión de fibra para desplegar la fibra por donde sea pertinente en la casa. Finalmente, desde las ONT se encaminan los cables de cobre a los accesos por UTP y otros por medio de la WLAN. Habilitando el DHCP se pueden asignar las direcciones IP a los usuarios dentro de cada una de sus VLAN.

5.3.1. Consideraciones de seguridad en la red

La red óptica del hogar del futuro es el lugar donde residen todos los dispositivos que automatizan la casa y su seguridad es un aspecto importante. La seguridad informática se entiende como el conjunto de privacidad, disponibilidad e integridad de la información. Entonces para dar privacidad a la información de las personas y dispositivos de la casa es necesario proveer de un firewall, un antivirus, un sistema de control de padres, etc., para prevenir intrusiones internas o externas a la red. El router puede trabajar como un firewall básico al activar sus características del protocolo IEEE 802.1x, activar la seguridad a nivel de puertos, permitir acceso por terminal virtual solo usando SSH, definiendo listas de control de acceso (ACL), creando usuarios que tengan acceso al equipo de conmutación por medio de una contraseña . La disponibilidad de la red dependerá de la que proporcione el proveedor de servicio de internet junto con la probabilidad de falla de la ONT en la casa. Y la integridad de la información se deberá proteger con aplicativos propios u

opciones de los dispositivos para verificar que no se ha alterado la información en comunicaciones privadas o transacciones críticas.

5.4. Análisis de la viabilidad técnica y económica de la solución propuesta.

El análisis técnico verifica que la red diseñada cumple con los parámetros exigidos inicialmente en el problema. Luego el análisis económico verifica que los beneficios de la red diseñada superan al costo de implementación de la misma.

5.4.1. Análisis técnico:

La red de fibra óptica propuesta satisface las necesidades actuales y futuras ya que fue calculada con un sobredimensionamiento del cincuenta por ciento más para que soporte el crecimiento de la demanda dentro del ciclo de vida de la red que se estima no necesitará ninguna adición extra dentro de los próximos cinco años.

El equipo a utilizarse es el Huawei Home Gateway FTTH/FTTO GPON EPON ONT Modem, como lo indica (Co, 2011), soportará el pico de demanda ya que las aplicaciones más exigentes de ancho de banda son las paredes *OLED touch* que sirven como monitores y cámaras para la video comunicación y tele presencia. El equipo cumple con la recomendación ITU-T G.984 GPON, maneja en GPON hasta 1.244 Gbps para el *upstream* y 2.488 Gbps para el *downstream*, tiene el modo de encapsulamiento GEM, trabaja con asignación dinámica de ancho de banda, corrección de errores FEC, usa encriptación AES de 128 bit, entre otras características. Como los interfaces LAN operan a 10/100/1000 Mbps pueden superar el mayor requerimiento de ancho de banda que presenta la televisión 3D de próxima generación,

ya que solo demanda en *downstream* un poco más de 25 Mbps que son cubiertos por los enlaces de 1000 Mbps.

Se consideró en el diseño adquirir 20 equipos ya que al dividir la cantidad de usuarios que accederán a la red para la capacidad del equipo daba aproximadamente 19 equipos, pero para dar un margen de disponibilidad, se dimensionó la red con 20 equipos para que pueda seguir funcionando aun cuando un equipo falle en su operación.

La fibra óptica que se recomienda es de vidrio tipo ITU-T G.652 D, que según (ITU, 2009), presenta mejores características técnicas que la ITU-T G.652, menor atenuación, dispersión cromática baja y PMD bajo lo da un mayor tiempo de vida útil a este tipo de fibra. Se desestimó el uso de fibra óptica plástica ya que si bien es más fácil de manipular, instalar e incluso se la relaciona frecuentemente como medio de transmisión para la automatización de los hogares, no alcanza el ancho de banda requerido para las aplicaciones del hogar del futuro, ya que la fibra óptica plástica solo alcanza a cientos de Mbps y las aplicaciones y servicios del hogar del futuro demandaban más recursos, en el orden de los Gbps.

Para las aplicaciones de voz sobre IP, el Gateway Modem posee dos puertos exclusivos para este efecto, con lo cual al tráfico se lo puede etiquetar para darle la calidad de servicio correspondiente.

Otra ventaja adicional de la red óptica pasiva frente a otras soluciones es su eficiencia energética, ya que no hay un consumo permanente de energía por parte de los equipos de conmutación puesto que los *splitters* no necesitan polarizarse para que funcionen (TelecOcable, 2015).

Con respecto a una solución inalámbrica, la fibra evita la intrusión de personas no autorizadas dentro del área de cobertura de la red Wi-Fi y también consume menos energía al operar la red.

5.4.2. Análisis económico:

Los costos para implementar esta red óptica se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 10 Tabla de costos totales de la implementación

Nombre del dispositivo	Cantidad	Costo unitario usd	Costo total Usd
EchoLife HG8245 ONT GPON Terminal.	20	75*	1500
Fibra G.652.D	3 km	900 / 0.25 m.**	10800
Pig tail G.652	200	7*	1400
ODF (Gabinete de distribución de fibra).	1	50*	50
FDT (Terminal de distribución de fibra).	2	12*	24
Splitter ITU-T G.984.X 1 a 4.	1	237*	237
Splitter ITU-T G.984.X 1 a 16.	2	541*	1082
TOTAL			15093

Fuente: el autor.

Nota: Los precios referenciales fueron obtenidos de: *: www.ebay.com; y, **: www.alibaba.com.

Cabe anotar que por medio de una entrevista personal con un ejecutivo de Telconet, se conoció el costo de un enlace de 1 Gbps o superior, el cual costaría a razón de 40 usd por cada Mbps al mes con un canal que no compartiría con nadie (1:1), por lo que se debería cancelar mensualmente para el enlace solicitado:

$$2 \text{ Gbps} = 2000 \text{ Mbps} * 40 \text{ usd/Mbps} = 80\,000 \text{ usd mensuales.}$$

Otra opción es manejar múltiples accesos al ISP como usuarios residenciales, y de los proveedores locales, Netlife es quien más ancho de banda ofrece, de forma simétrica, con compartición de 2:1, a razón de 100 Mbps a un costo de 115.91usd. Por lo que para cubrir los 2 Gbps, se deberían usar 20 enlaces de 100 Mbps, lo que daría un costo de total mensual de: $20 \times 115.91 \text{ usd} = 2318,2 \text{ usd mensuales}$; pero recordando que se tendría una compartición de frecuencia de 2:1.

Para verificar la conveniencia económica de la red LAN PON para el hogar del futuro, se debe tomar en cuenta que el costo total no se recupera directamente, ya que esta red no genera un nuevo ingreso al hogar, lo que indica que no es apropiado calcular una tasa de retorno o algún otro índice que indique cuando se recuperaría la inversión. Entonces una alternativa para verificar su viabilidad económica es determinar el costo de una solución sustituta a la LAN PON y contrastar sus valores y prestaciones. Entonces los equivalentes actuales a la LAN PON pueden desplegarse usando: el tendido de cableado estructurado con UTP, o la red inalámbrica en el hogar.

El costo de una solución UTP para soportar la red del hogar del futuro asociará el costo de la red inicial que se coloque en el hogar más el costo de reemplazar tanto equipos de conmutación como medio de transmisión si las aplicaciones fijas exigen un ancho de banda muy grande. Adicionalmente, se tiene el costo de operación de la red por el consumo de energía de los equipos de conmutación y el cobre del UTP al aumentar las velocidades necesita ser reemplazado mientras que en fibra óptica, el medio tiene un ancho de banda teóricamente infinito y para alcanzar mayores velocidades solo es necesario cambiar los equipos de conmutación. Esto último descarta el uso de una red LAN con UTP para el hogar del futuro.

La red inalámbrica que se desplegará en el hogar dependerá de los equipos que se instalen y como el estándar actual es el IEEE 802.11ac el cual brinda un ancho de banda de 1.3 Gbps y está próximo a popularizarse el IEEE 802.11ad que alcanzará hasta 7 Gbps (Networks, 2016), y ya se publica que para los próximos años se tendrá al estándar IEEE 802.11ax que alcanzará de 3.5 Gbps a 10 Gbps.

Por lo que considerando el costo del access point HUAWEI AP5030DN-USA 802.11ac AP es de 495 usd (*: precio de www.alibaba.com), con una velocidad máxima de 1.75 Gbps, con una cobertura promedio de 30 m y permitiendo acceder simultáneamente 30 usuarios sin deteriorar la calidad de servicio. Una solución inalámbrica para el hogar del futuro necesitaría al menos, dos Access Point o dos router inalámbrico 802.11ac para cubrir el ancho de banda que necesitaría la casa. Por lo que el costo se reduciría a menos de mil dólares el proveer de conectividad al hogar del futuro.

Finalmente, al estimar el ahorro por no consumo de energía del Access Point HUAWEI AP5030DN se tiene que: la potencia que consume el AP es de 13W, y en un año hay 24horas/día*365días, lo que da un consumo de: 113.88 kW.h, y el costo de cada kW.h en el país es de 0.1 usd (Quito, 2014), en tarifa residencial que consume hasta 500 kWh al mes, entonces, al año el costo total será de: 113.88 kW.h * 0.1 usd = 11.388 usd o aproximando: 11.39 usd, es lo que se pagaría por el consumo de energía eléctrica de cada AP por todo un año. Pero con este ahorro no se recuperaría la inversión de la LAN PON en los cinco años o menos.

Por lo tanto, el costo de una red LAN PON para el hogar del futuro es considerablemente mayor a su equivalente LAN inalámbrica y el ahorro que se

obtendría en la PON por no usar equipos activos no justifica la diferencia de precios, por ejemplo con la solución inalámbrica se necesitan esencialmente los equipos inalámbricos configurados sin tener que gastar ni tiempo ni dinero en la instalación del medio guiado.

Finalmente, la red LAN PON es factible técnicamente, ya que se puede realizar, pero no es viable económicamente por su inconveniente costo frente a otras soluciones sustitutas.

6. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Las redes de acceso actuales en su última milla están orientándose a redes ópticas pasivas por sus características, como: gran ancho de banda, poca atenuación y rechazo a interferencias electromagnéticas, según muestran las fuentes bibliográficas revisadas.

El hogar del futuro se lo pronostica como una casa completamente automatizada cuyos requerimientos son: video comunicaciones en alta definición y tiempo real entre personas, automatización de servicios del hogar, paneles interactivos para acceder a las opciones que brinda la casa, control de intrusión, climatización, control de luz y proporcionar una vía de comunicación permanente entre persona con máquina o máquina con máquina.

La solución de fibra óptica desarrollada para el hogar del futuro se conecta a un proveedor que llega con fibra al hogar, luego en el hogar se realiza la red de dispersión usando los *splitter* que se conectan finalmente a una ONT, para desde allí dar los servicios de voz sobre IP, video comunicación a través de un medio guiado y conectividad inalámbrica a los sensores o controladores de los sensores desplegados en toda la casa.

La red óptica técnicamente soporta los requerimientos de comunicación del hogar del futuro y posee mucha flexibilidad para adaptarse a cualquier actualización ya que el

medio de transmisión no necesita cambiarse sino solo los equipos de conmutación y los dispositivos finales de la red.

La solución óptica propuesta, económicamente no justifica la inversión ya que el ahorro por consumo energético es mínimo, y hay otras soluciones sustitutas que hacen lo mismo pero con menos costo.

Una red óptica se debe usar cuando se necesite un enlace de larga distancia y con velocidades en el orden gigabit por segundo. En una red LAN para el hogar, las redes que usan cable UTP o redes inalámbricas dan velocidades comparables a una LAN PON.

La red LAN PON en el hogar es una red que reduce su huella de carbono al no incluir equipos activos en la red de dispersión.

El tráfico que se pronosticó para el hogar del futuro se hizo para la hora pico, con todos los servicios o aplicaciones funcionando simultáneamente y considerando además un porcentaje adicional para con este sobre aprovisionamiento asegurar que soporte la demanda actual y el crecimiento de la misma en los próximos cinco años.

Una debilidad de la red LAN PON es que por su topología tipo árbol entre el proveedor los dispositivos finales no da opción de enlaces redundantes para incrementar la disponibilidad de la red.

Recomendaciones

Se recomienda usar una red óptica donde se necesite alcanzar grandes distancias (decenas de kilómetros) llevando la información a una gran velocidad (decenas de

gigabit por segundo), porque allí las otras soluciones sustitutas ya no son viables ni técnica ni económicamente.

Se recomienda en redes LAN que cubran un hogar, optar por una solución inalámbrica, ya que por costos, tiempo de implementación de la red y movilidad es una buena opción.

Se recomienda revisar las nuevas opciones de red LAN que usan UTP, transportando información a decenas de gigabit por segundo, y aún están en fase de experimentación.

Se recomienda realizar un estudio sobre el impacto de la red móvil 5G sobre la red LAN para el hogar del futuro considerando los servicios que ofrece y su calidad correspondiente.

Referencias

Acosta Arias, C. J. (23 de 08 de 2012). *Diseño técnico de la red de acceso para la empresa Arclad S.A, mediante tecnología FTTX (fiber to the x), a través de la infraestructura de red de CNT E.P. y criterios de instalación*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4845>

agency, A. n. (19 de 08 de 2008). *South Korea's home of the future*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=2mxocMgUrvo>

ALIBABA. (2016). *ALIBABA.COM*. Obtenido de http://www.alibaba.com/product-detail/FTTH-SM-MM-2-core-fiber_1817152549.html?spm=a2700.7724857.29.84.BtSXhu

Alibaba, H. (2016). *Huawei Echo Life HG8245 Home Gateway FTTH/FTTO GPON or EPON ONT Modem*. Obtenido de http://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-Echo-Life-HG8245-Home-Gateway_60262348425.html?spm=a2700.7724838.0.0.PoZIpj&s=p

Borland, J. (16 de 10 de 2002). *Study: Fiber-optic to make itself at home*. Recuperado el 12 de 01 de 2016, de <http://www.cnet.com/news/study-fiber-optic-to-make-itself-at-home/>

CISCO. (23 de 04 de 2004). *Fiber-Optic Technologies*. Obtenido de <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=170740&seqNum=7>

CISCO. (11 de 04 de 2016). *Cisco Systems Inc*. Obtenido de Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019 White Paper: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html

Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2.-2. (11 de 11 de 2014). www.cisco.com. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html

cisco.com. (11 de 11 de 2014). *Broadband Access in the 21st Century: Applications, Services, and Technologies*. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/service-provider-strategy/white_paper_c11-690395.html

City, S. Z. (2010). *ZJY*. Obtenido de <http://www.pofsolutions.com/en/main/article.html/id/28>

CNT1. (2016). Obtenido de <https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>

CNT2. (2016). Obtenido de http://soy.cnt.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=80:intern

Co, T. H. (15 de 06 de 2011). *EchoLife HG8245 GPON Terminal - Product Description*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/108575987/EchoLife-HG8245-GPON-Terminal-Product-Description-V100R003C00-amp-C01-02>

comoss.com. (2011). *COMOSS POF Website*. Obtenido de <http://pof.comoss.com/html/POF-All-optical-network-system.html>

Corp., M. I. (2016). *ESKA Plastic Optical Fiber*. Obtenido de <http://fiberopticpof.com/pages/optohome.asp?page=optohome>

Crackle. (11 de 11 de 2014). *Crackle*. Obtenido de <http://www.crackle.com.mx/>

DESIGNSPARK. (2015). *11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About*. Obtenido de <http://www.rs-online.com/designspark/electronics/knowledge-item/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>

DirecTV. (11 de 11 de 2014). *DirecTV*. Obtenido de [¿Qué es DIRECTV Play?: http://www.directv.com.ec/ayuda/article.aspx?Id=1300&FaId=83](http://www.directv.com.ec/ayuda/article.aspx?Id=1300&FaId=83)

D-link. (11 de 11 de 2014). *Cloud PTZ Camera*. Obtenido de <http://www.dlink.com/es/es/home-solutions/view/network-cameras/dcs-5222l-pan-tilt-zoom-cloud-camera>

Ecuador, C. (10 de 01 de 2013). *Triple Play de Claro*. Obtenido de [www.youtube.com](http://www.youtube.com/watch?v=8tlGQYT6aWk):
<https://www.youtube.com/watch?v=8tlGQYT6aWk>

Ecuadorinmediato. (08 de 09 de 2011). *Promedio de hijos por familia decrece en el Ecuador*. Obtenido de http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=157367

El-Eraky, A. (03 de 03 de 2011). *Watch your day in 2020 [Future Technology] [HD]*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=OptqxagZDfM>

English, A. J. (08 de 06 de 2015). *TechKnow - The House of the Future*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=yTW_7vIOILw

Evans, D. (04 de 2011). *internet-of-things-iot-ibsg.pdf*. (Cisco) Recuperado el 12 de 01 de 2016, de <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>

FiberFin. (2013). *FiberFin*. Obtenido de <http://www.fiberfin.com/index.php/applications/data-communications/residential/>

FTTH Fiber To The Home. (11 de 07 de 2015). (Digital Gallery India) Recuperado el 12 de 01 de 2016, de <http://www.digitalgalleryindia.com/bsnl-ftth-fiber-optic-to-the-home-internet-speed-plan-tariff.php>

Games&Tech. (17 de 04 de 2014). *The smart home of the future - Amazing futuristic concept*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sUo1SEGXCHA>

GmbH, D. (30 de 04 de 2016). *DieMount GmbH*. Obtenido de http://www.diemount.com/datenuebertragung_eng.html

GRIFFITH, E. (JANUARY 29, 2016). *How to Build Your Smart Home: A Beginner's Guide*. PC Magazine.

Hansen, A. F. (2010). *Business models that work for N-play services over multilink networks*. Obtenido de CELTIC Telecommunications Solutions: http://projects.celtic-initiative.org/march/march/UserFiles/file/workshop2010/3_Hansen-Business_models_that_works_for_N-play_services_over_multilink_networks.pdf

Home, S. (11 de 11 de 2014). *Smart Home*. Obtenido de <http://www.smarthome.ec/>

IANA. (28 de 01 de 2016). *IPv6 Global Unicast Address Assignments*. Obtenido de <https://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments/ipv6-unicast-address-assignments.xml>

Index, C. V. (26 de 05 de 2015). *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019*. Obtenido de

http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html?referring_site=RE&pos=2&page=http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mo

Index, T. C. (11 de 11 de 2014). *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018*. Obtenido de http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html

Indonesia, T. (07 de 09 de 2014). *Samsung Smart Home of the Future*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=oJsPy9AN9SI>

INEC. (2013). *www.ecuadorencifras.gob.ec*. Obtenido de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) 2013: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf

Información, M. d. (04 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-de-banda-ancha>

Información, M. d. (11 de 06 de 2014). *Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información*. Obtenido de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/las-tic-permiten-mejorar-la-calidad-de-vida-de-los-ciudadanos/>

ITU. (11 de 2009). *G.652 : Características de las fibras y cables ópticos monomodo*. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>

- Jingjing Zhang, N. A. (08 de 2009). *Next-Generation PONs: A Performance Investigation of Candidate Architectures for Next-Generation Access Stage 1*.
Obtenido de <https://web.njit.edu/~ansari/papers/09ComMag.pdf>
- Josef. (27 de 04 de 2009). *www.homefibre.com* . Obtenido de
<http://www.homefibre.com/en/Fiber-In-The-Home-Archive/200904>
- JSC Sitronics, C. (2007). *Laying the foundation for Next Generation Content Delivery Services*. Obtenido de
http://www.cisco.com/web/partners/pr67/sp_sa_partners/docs/Cisco-Sitronics_NG-CDN-Aug2007_-_final.pdf
- Kazovsky L., C. N. (2011). *Broadband Optical Access Networks*. Canadá: John Wiley & Sons Inc.
- Keiser, G. (2006). *FTTX Concepts and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- LG. (11 de 11 de 2014). *DISCOVER LG SMART THINQ™ REFRIGERATORS*.
Obtenido de <http://www.lg.com/us/discover/smartthing/refrigerator>
- LG. (11 de 11 de 2014). *SMART TV 4.0 DE LG*. Obtenido de
<http://www.lg.com/es/smart-tv>
- Lilin Yi, Z. L. (23 de 04 de 2012). *Upstream capacity upgrade in TDM-PON using RSOA based tunable fiber ring laser*. Obtenido de
https://www.osapublishing.org/view_article.cfm?gotourl=https%3A%2F%2Fwww%2Eosapublishing%2Eorg%2FDirectPDFAccess%2F8245203D-F747-

1135-92EE082049D16CC9_232762%2Foe-20-9-

10416%2Epdf%3Fda%3D1%26id%3D232762%26seq%3D0%26mobile%3Dno&org=

Lippis III, N. J. (02 de 2012). *GPON vs Gigabit Ethernet in Campus Networking*.

Obtenido de

http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/gov/gpon_paper.pdf

Lombardero, L. (27 de 10 de 2015). *Trabajar en la era digital. Tecnología y competencias para la transformación digital*. (LID Editorial Empresarial)

Recuperado el 12 de 01 de 2016, de

http://movil.iber-campus.info/articulo_iber.asp?idarticulo=31481

Low, C. W. (2013). *Capturing Next Generation Smart Home Users with Digital Home*.

Obtenido de Huawei White Paper: <http://www1.huawei.com/en/static/HW-275915.pdf>

Ltd., S. Z. (2010). *pofsolutions*. Obtenido de

<http://www.pofsolutions.com/en/main/article.html/id/28>

Made-in-China.com. (05 de 2016). *Made-in-China.com Connecting Buyers with*

Chinese Suppliers. Obtenido de <http://www.made-in-china.com/>

Microsoft. (08 de 08 de 2011). *Tour Microsoft's Home of the Future*. Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=Wo-fRuuwoPI>

modernas, P. d. (10 de 04 de 2016). *Plano de casas modernas de dos pisos*. Obtenido de <http://planosdecasasmodernas.com/tag/plano-de-casa-de-dos-pisos/>

Netflix. (11 de 11 de 2014). *Netflix*. Obtenido de <https://www.netflix.com/?locale=es-PE>

NetLife. (2016). *Netlife*. Obtenido de <http://www.netlife.ec/planes/hogares/internet-de-alta-velocidad/nuestros-planes/>

NETLIFE1. (2016). *Internet de alta velocidad*. Obtenido de <http://www.netlife.ec/planes/hogares/internet-de-alta-velocidad/nuestros-planes/>

NETLIFE2. (2016). *Planes ADSL*. Obtenido de <http://www.netlife.ec/planes/hogares/internet-adsl/planes-adsl/>

Networks, C. C. (2016). *Curricula CISCO CCNA Scaling Networks*. Obtenido de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ScaN503/es/index.html#4.1.1.5>

POFNET. (30 de 04 de 2016). Obtenido de <http://www.pofnet.co.uk/index.html>

PROPERTIES, B. (02 de 2008). *Worldwide FTTH Deployments to Grow More Than 40% This Year; Quadruple by 2012*. Obtenido de http://www.bbcmag.com/2008issues/february/feb_FirstMile.pdf

Quito, E. E. (31 de 07 de 2014). *Pliego tarifario vigente*. Obtenido de <http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/143788/PLIEGO+TARIFARIO+JULIO+2014/5f218559-ca42-4b8e-9eba-17732b6291a2>

RODRIGUEZ, P. (15 de 01 de 2013). *El IEEE aprueba el estándar inalámbrico 802.11ad para velocidades de hasta 7 Gbps*. Obtenido de <http://www.xatakaon.com/tecnologia-de-redes/el-ieee-aprueba-el-estandar-inalambrico-802-11ad-para-velocidades-de-hasta-7-gbps>

Rodriguez, P. (05 de 07 de 2015). *Quiero mejorar la red WiFi de casa, esto es lo que debo saber*. (Xataka) Recuperado el 12 de 01 de 2016, de <http://www.xataka.com/perifericos/quiero-mejorar-la-red-wifi-de-casa-esto-es-lo-que-debo-saber>

servicios, C. P. (30 de 11 de 2002). *End-of-Life Policy*. Obtenido de <http://www.cisco.com/c/en/us/products/eos-eol-policy.html>

Smartflex, O. (04 de 11 de 2014). *NPlay, más de tres servicios en un solo paquete*. Obtenido de <http://www.openinternational.com/prueba/open/es/pressreleases-nplay.html>

specialist, C. t. (11 de 05 de 2014). *Ciena Press Releases*. Obtenido de <http://www.ciena.com/about/newsroom/press-releases/New-Research-Shows-Shift-to-Simultaneous-Viewing-of-OTT-Video-Across-Multiple-Devices-Will-Increase-Household-Bandwidth-Needs-31-Annually.html>

TANENBAUM ANDREW S., W. D. (2011). *COMPUTER NETWORKS* (5ta edición ed.). Boston, USA: Prentice Hall.

technologies, H. (2011). *ODN Products Series*. Obtenido de http://e.huawei.com/hk/marketing-material/global/products/enterprise_network/access/20150923123752

Technology, S. G. (17 de 09 de 2015). *A brief Glimpse into Future Technology New Gadgets for Future Home and Workplace 2016*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hQUyl89fy18>

TelecOable. (07 de 05 de 2015). Obtenido de <https://www.telecicable.com/blog/ventajas-fibra-optica-vs-cobre/492>

Trade, M. I. (2016). *fiberopticpof*. Obtenido de <http://fiberopticpof.com/pages/optohome.asp?page=optohome>

TRENDS, D. (04 de 11 de 2015). *LG Display talks flexible, transparent, double-sided OLEDs in IFA keynote*. Obtenido de <http://www.digitaltrends.com/home-theater/lg-display-envisions-a-future-of-flexible-wafer-thin-oled-displays/>

TVCABLE. (2016). Obtenido de <https://www.grupotvcable.com/internet-quito/>

Wannahaves. (08 de 01 de 2010). *Living Tomorrow: house of the future*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9DJr8QwgLEA>

Williams, P. (28 de 07 de 2015). *Home Automation Internet Gateway Bandwidth Requirements*. Obtenido de BANDWIDTH PLACE: <http://www.bandwidthplace.com/home-automation-internet-gateway-bandwidth-requirements-article/>

www.ecuadorinmediato.com. (13 de 02 de 2012). *ecuadorinmediato.com*. Obtenido de http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_

view&id=167197&umt=cnt_lanza_servicio_triple_play_en_internet_fijo_voz
_fija_y_television_por_suscripcion_dice_cesar_regalado

year, T. a. (11 de 11 de 2014). *newsroom.cisco.com*. Obtenido de
[http://newsroom.cisco.com/press-release-
content?type=webcontent&articleId=5742339](http://newsroom.cisco.com/press-release-content?type=webcontent&articleId=5742339)

youtube. (11 de 11 de 2014). *youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/>

ZJY, S. Z. (2010). *Network Solutions Home FTDD*. Obtenido de
<http://www.pofsolutions.com/en/main/article.html/id/28>

Anexos:

Anexo 1: Plano de la casa considerada para el hogar del futuro

La casa considerada para la red óptica pasiva LAN completamente automatizada se muestra en las figuras 9, 10 y 11:



Figura 10 Fachada de la casa considerada para la red óptica del hogar del futuro

Fuente: (modernas, 2016)

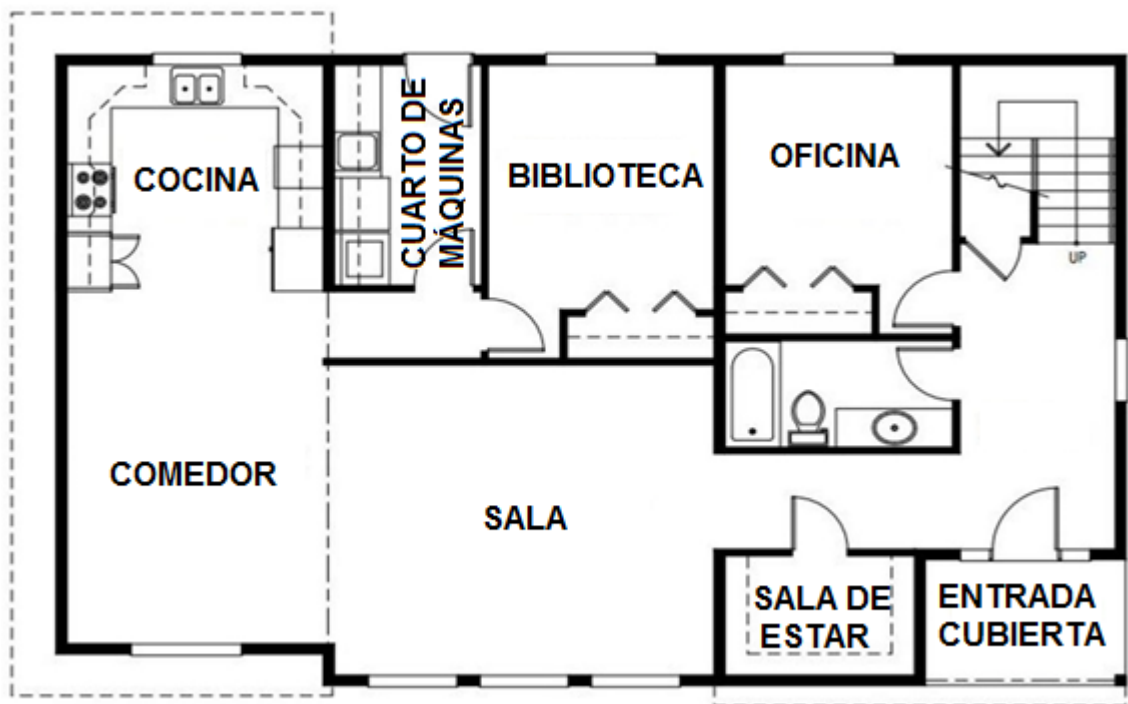


Figura 11 Plano de la planta baja del hogar del futuro.

Fuente: (modernas, 2016)

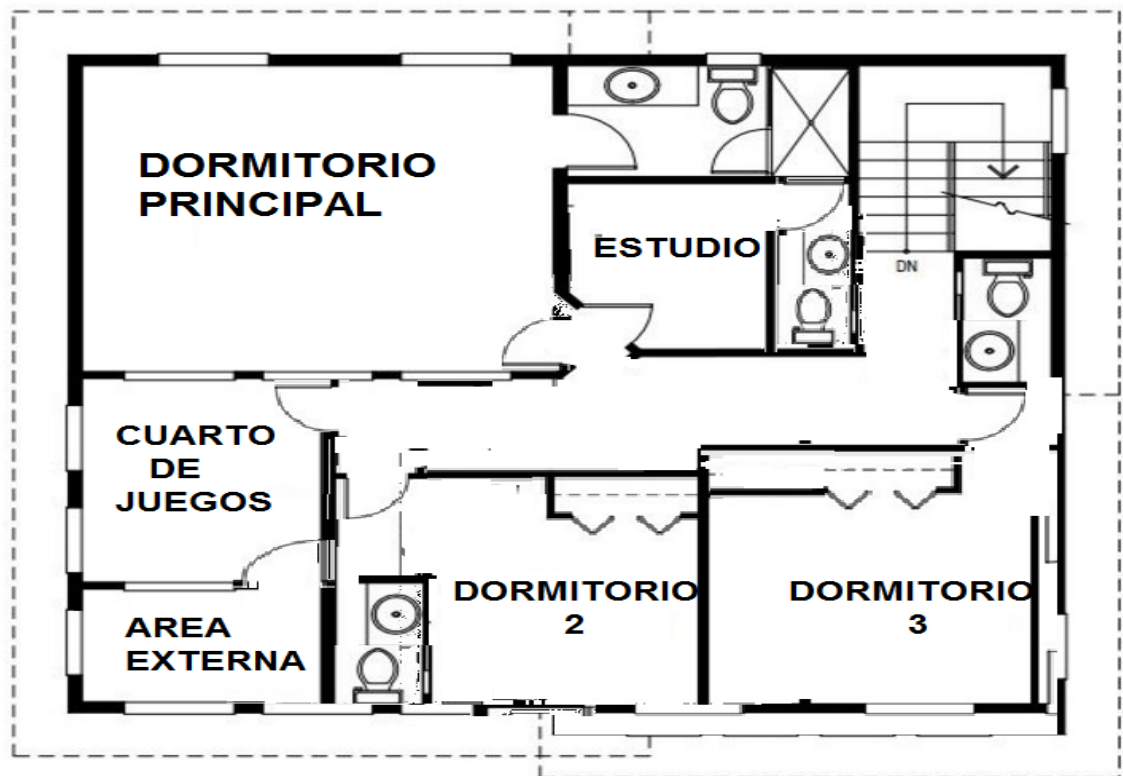


Figura 12 Plano de la planta baja del hogar del futuro

Fuente: (modernas, 2016)

Anexo 2: Diagrama de la red de datos para el hogar del futuro

En estos diagramas se ve con trazos rojos los ruteos de la fibra óptica y las salidas donde se deben ubicar a los puntos de acceso inalámbricos.

