

**ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO/ECONÓMICO DEL ANÁLISIS DE
REDES HFC Y GPON DE LOS USUARIOS DE LAS REDES
RESIDENCIALES Y EMPRESARIALES DEL BARRIO CHICO EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ D.C.**

REYES CÓRDOBA DAVID ENRIQUE

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2010**

**ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO/ECONÓMICO DEL ANÁLISIS DE
REDES HFC Y GPON DE LOS USUARIOS DE LAS REDES
RESIDENCIALES Y EMPRESARIALES DEL BARRIO CHICO EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ D.C.**

REYES CÓRDOBA DAVID ENRIQUE

Monografía para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones.

**CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES**

BOGOTÁ

2010

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

DECANO (A)

Bogotá, D.C. Abril 05 de 2010.

A Dios, a mis hermanos (Leydy Yohana Reyes y Jaime Andrés Reyes Córdoba), y a mis queridos y amados padres Jaime Enrique Reyes Córdoba y Mabilia Córdoba Mena; porque a ellos se los debo todo.

AGRADECIMIENTOS

Al obtener los triunfos en la vida, nos damos cuenta que de una u otra manera hubo alguien a nuestro alrededor involucrado en ellos, es por esto que hoy al terminar mi carrera, doy gracias a Dios, autor y dueño de la vida quien me permitió tener unos padres, hermanos y familiares que me apoyaron permanentemente.

Doy gracias a la Universidad Santo Tomas de Aquino y a los docentes, por su instrucción y colaboración para llevar a feliz término este proceso de formación como profesional.

A mi profesor guía el ingeniero Carlos Enrique Montenegro Narváez, mi agradecimiento enorme, por ser un excelente docente y tutor, que me guio y me oriento en la realización de este documento.

A mi novia Yadira Usuriaga, quien me soporto tantos momentos de estrés, angustias y siempre me apoyo y ayudo a sacar adelante es te proyecto.

Finamente, y no por eso menos importante, doy gracias a mis amigos "EL DREAM TEAM": Danielito, Torta, Tiky, Iván, Pedrinchi, Alexis, Viruta y Gio; con quienes compartí momentos muy gratos, alegres y decisivos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1. OBJETIVO GENERAL	19
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	19
5. MARCO REFERENCIAL	20
5.1. LA BANDA ANCHA	20
5.1.1. Definición	20
5.1.2. Principales beneficios	20
5.1.2.1. Velocidad	21
5.1.2.2. Acople tecnológico	21
5.1.2.3. Evolución	21
5.2. LA FIBRA ÓPTICA	22
5.2.1. Definición	22
5.3. EL CABLE COAXIAL	23
5.3.1. Definición	23
6. ANTECEDENTES	24
7. ENFOQUE HUMANISTICO DE UN ANALISIS COMPARATIVO TÉCNICO/ECONÓMICO DE REDES HFC Y GPON EN LA LOCALIDAD DE CHAPINERO DEL BARRIO CHICO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C	26
8. MARCO TEÓRICO	31
8.1. HFC (REDES HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA - COAXIAL)	31
8.1.1. Origen	31
8.1.2. Definición	32
8.2. ARQUITECTURA DE RED	32
8.2.1. Partes de una red hfc	33
8.2.1.1. Cabecera	33
8.2.1.2. Red troncal	34
8.2.1.3. Red de distribución	35

8.2.1.4. Red interna del cliente	35
8.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	36
8.4. EQUIPOS DE RED	37
8.4.1. Stb (set top box)	37
8.4.2. Cm (cable modem)	38
8.5. GPON (RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT)	39
8.5.1. Origen.....	39
8.5.2. Definición.....	40
8.6 ARQUITECTURA DE RED	40
8.6.1. Partes de una red gpon	42
8.6.1.1. Olt: terminal de línea óptico (optical line terminal)	42
8.6.1.2. Onu/Ont: unidad/terminal de red óptico (optical network unit /optical network terminal)	43
8.6.1.3. Splitter óptico: (divisor)	43
8.6.1.3.1. Canal ascendente (upstream).....	44
8.6.1.3.2. Canal descendente (downstream)	44
8.7. DIFERENTES TIPOS DE ARQUITECTURA DE RED GPON.....	45
8.7.1. Escenario fttb.....	46
8.7.1.1. Fttb para mdu	47
8.7.1.2. Fttb para empresas.....	47
8.7.2. Escenarios fttc y fttcab.....	47
8.7.3. Escenario fttth.....	48
8.8. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	48
8.9. EQUIPOS DE RED	50
8.9.1. Olt: terminal de línea óptico (optical line terminal)	50
8.9.2. Onu/Ont: Unidad/terminal de red óptico (optical network unit /optical network terminal)	51
9. DISEÑO METODOLÓGICO	52
9.1. TIPO DE PROYECTO.....	52
9.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	52
9.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	52
9.4. POBLACIÓN	52
9.4.1. Unidad de análisis	53
9.5. MUESTRA.....	53

9.5.1. Unidad de muestra	54
9.6. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	54
9.6.1. Encuesta.....	54
9.6.2. Cuestionario.....	54
10. ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO DE REDES HFC Y GPON..	55
10.1. COMPARACIÓN ENTRE HFC Y GPON.....	55
10.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES HFC Y GPON	55
10.2.1. Ancho de banda.....	55
10.2.2. Escalabilidad y flexibilidad	56
10.2.3. Alcance	56
10.2.4. Eficiencia	57
10.2.5. Sistema de gerenciamiento	57
10.2.6. Cantidad de usuarios	57
10.3. ANÁLISIS TÉCNICO	58
10.3.1. Encuesta a los habitantes de la localidad de chapinero del barrio chicó	60
10.3.1.1. Análisis de resultados	61
10.3.1.2. Teoría de resultados de la encuesta.....	73
10.4. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE FABRICANTES, DESARROLLADORES Y PROVEEDORES A NIVEL MUNDIAL.....	73
10.5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	74
10.6. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DE PROVEEDORES A NIVEL MUNDIAL.....	76
11. CONCLUSIONES.....	79
GLOSARIO.....	81
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características técnicas de las redes GPON y HFC ^[17]	58
Tabla 2. Características económicas de los dispositivos de red de GPON y HFC ^[18]	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3. Arquitectura de red HFC ^[8]	32
Figura 4. Red de Distribución ^[5]	35
Figura 5. Set Top Box ^[9]	38
Figura 6. Cable Modem ^[10]	39
Figura 7. Arquitectura básica de una red GPON ^[12]	42
Figura 8. Funcionamiento de GPON ^[22]	45
Figura 9. Diferentes tipos de arquitectura de una red GPON ^[12]	46
Figura 10. Aspecto de una OLT ^[15]	50
Figura 11. Aspecto de una ONU/ONT ^[16]	51

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la humanidad se sabe que la especie humana es de carácter puramente social y que emplea la comunicación (emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes) o los medios de comunicación para interactuar o relacionarse entre cada uno de ellos; ya que de no ser así viviríamos incomunicados y aislados de las demás personas.

Para permitir el transporte de la información a grandes distancias a través de un medio o canal de comunicación, se emplean las telecomunicaciones, que desde su comienzo con la creación del telégrafo por Samuel Morse¹, permitió realizar el envío de mensajes a través de un código (cuyo contenido eran letras, números y signos). Más tarde, Alexander Graham Bell² desarrolla el teléfono, brindando de esta forma, la mayor contribución al mundo de las comunicaciones; ya que permitió comunicarse utilizando la voz.

Posteriormente, con los descubrimientos de Heinrich Hertz³, que demostraron la existencia de las ondas electromagnéticas y que estas podían ser usadas para realizar la comunicación a grandes distancias, y el invento de la radio por parte de Marconi, se crea la revolución de la comunicación inalámbrica: las ondas de radio.

Después de esto, se crea la televisión analógica a blanco y negro, se realizan las primeras emisiones en FM, se inventa el primer computador y se efectúan los primeros análisis teóricos de ancho de banda. Hasta que en los años 60 debido a la comunicación satelital y digital de alta velocidad,

¹ Historia de las telecomunicaciones, scribd, julio 30 de 2009, scribd.com

² _____

³ _____

aparecen los servicios de banda ancha y se desarrollan los sistemas de televisión por cable (CATV) usando el cable coaxial y la fibra óptica como medio de transmisión.

Los siguientes años, fueron de muchos inventos y creaciones, entre los que se destaca la creación del modem, el cual es un aparato que hizo posible la transmisión de datos entre computadoras y otros dispositivos. Asimismo, a finales de los años 70, aparecen las redes de computadoras (LAN, WAN, MAN, PAN), los protocolos y arquitecturas que servirán de base para las telecomunicaciones modernas.

En la actualidad, uno de los campos que han hecho que el mundo tienda a la globalización son las comunicaciones, la tecnología y los equipos de telecomunicaciones, que facilitan el intercambio de información en todos los campos a múltiples destinos, convirtiéndose así en un aspecto inevitable a mejorar para que las empresas sean más competitivas y eficientes; ya que la demanda de servicios de comunicación tiende a crecer día a día, exigiendo a los proveedores no solo el servicio de comunicación, sino que este sea de gran velocidad, buena capacidad y calidad de transporte de información, como es el sistema de telecomunicaciones de banda ancha, que puede soportar múltiples formatos de información, tales como: servicios de voz, servicio de datos y servicio de video todos estos a alta velocidad (2.0 ó 6.0 Mbps), soportados mediante diversas tecnologías, como la línea de abonado digital (DSL) que usa las líneas telefónicas ordinarias, líneas dedicadas a internet (IP Fija), el cable de fibra óptica, un sistema de satélites y los servicios inalámbricos fijos y móviles.

El objetivo de todos los distribuidores de las diferentes tecnologías de banda ancha es ofrecer el mejor servicio y el mas eficiente donde se trabaje todo sobre una única plataforma y se transporte todos los tipos de información o de servicios, destacándose servicios de video de difusión e

interactivos, servicios de voz y de transferencia de datos esencialmente para el acceso a internet.⁴

Hoy por hoy, todo el mundo desea acceder a la información de una forma cada vez más rápida, para realizar sus labores o trabajos lo mas eficientemente; es aquí en donde las tecnologías y los servicios de banda ancha han adquirido un papel fundamental e importante en su evolución, ayudando en el desarrollo de las regiones, la modernización de todas las actividades económicas y sociales, en la evolución hacia una sociedad donde todo se maneje digitalmente requiriendo así sistemas mucho mas robustos y confiables.

La finalidad de este documento, es proporcionar información sobre algunas redes o tecnologías de acceso de banda ancha, como son: las Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (GPON) que tuvieron su origen en la Red Óptica Pasiva (PON), y las Redes Híbridas Fibra Óptica – Coaxial (HFC) que son una tecnología basada en las redes de televisión por cable (CATV). El objetivo de estudiar este tipo de redes es para realizar una comparación técnico/económica y mostrar un punto de vista del porque se debe implementar nuevas tecnologías para la comunicación, enfocándose en características como: velocidad, funcionalidad, eficiencia, versatilidad, desempeño y la tendencia a evolucionar.

Se destaca la importancia que ha adquirido la demanda de un mayor ancho de banda hoy en día por parte de los usuarios de las redes, se establece que a partir de una investigación técnico/económica de las arquitecturas de estas redes y características y funcionalidades técnicas, sean comparadas con la finalidad de determinar si, es HFC, red actual, la tecnología de redes apropiada acorde a la creciente demanda de telecomunicaciones en el sector empresarial y residencial o cuál es la

⁴ HUIDOBRO MOYA. José Manuel. MILLÁN TEJEDOR. Ramón J. y ROLDAN MARTÍNEZ. David. Tecnologías de telecomunicaciones. Creaciones Copyright, 2005. p 152.

tecnología de red apropiada para solucionar los problemas de telecomunicaciones existentes en la ciudad de Bogotá D.C.

En los primeros capítulos del documento se describe las características técnicas y económicas de cada una de las dos tecnologías, para luego en los capítulos finales realizar una comparación entre las dos tecnologías descritas y así mostrar mas detalladamente las características de cada una de las redes para que se pueda deducir si se esta implementando la tecnología en comunicación mas adecuada para Bogotá D.C.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la demanda de un mayor ancho de banda, por parte de los usuarios de las redes residenciales y empresariales es cada vez mayor; debido al surgimiento de nuevos servicios ofrecidos por parte de los proveedores y empresas de telecomunicaciones, tales como: redes privadas virtuales (VPN), telefonía sobre IP, televisión de alta definición, videoconferencia, juegos en línea, video sobre demanda, tele compra, tele banca, etc.

Además, debido al reinante interés de integrar voz y datos, obtener una mayor interoperabilidad, lograr soluciones efectivas y la expansión del mercado, es que las compañías actuales tienden a la integración de estos servicios.

Una de estas aplicaciones es el servicio de telefonía y transmisión de datos utilizando la infraestructura que se encuentra actualmente implementada para las redes de televisión por cable (CATV) o redes HFC (Red Híbrida Fibra Óptica - Coaxial), las cuales están impulsadas por la necesidad de transmitir volúmenes más grandes de información; pero al ser redes basadas entre un híbrido de fibra óptica y cable coaxial, limitan un poco su verdadera velocidad de transmisión.

Por lo que, al realizar alguna descargas de un programa, video, música o imagen desde internet, acceder a una página donde se está transmitiendo en vivo algún evento deportivo, videoconferencia, un programa de televisión o se esta llevando acabo la realización de un juego en línea entre internautas, se evidencia mucho la lentitud y la demora en el acceso a la información; por ejemplo, al hacer la descarga de un archivo de video de 10 Megas, el tiempo promedio de descarga es de 4 a 6 minutos, e inclusive, si lo que se quiere es descargar algún programa (software), desde internet, que pesa alrededor de 280 Megas, se evidencia un tiempo promedio de descarga de al menos 15 o 30 minutos. Razón por la cual, las redes HFC, se están quedando obsoletas para satisfacer la creciente demanda de un

mayor ancho de banda para cada uno de los servicios residenciales y empresariales.

Así que, la tendencia actual, nos lleva a considerar el uso o implementación de redes muchos más veloces, en donde se trabaje todo sobre una única plataforma y se transporte todos los tipos de información o de servicios. Una de esas redes es GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit), que son las redes que en un futuro, harán llegar a cada uno de nuestros hogares una amplia variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones como son los de vídeo bajo demanda (VoD), pago por ver (PPV), vídeo juegos interactivos, acceso a bases de datos, etc.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la tecnología de redes apropiada y la más viable técnica y económicamente, acorde a la creciente demanda de telecomunicaciones en el sector residencial y empresarial, encargada de solucionar los problemas de velocidad de telecomunicaciones existentes?

3. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, es una realidad que los nuevos desarrollos tecnológicos en comunicaciones y sus aplicaciones están disponibles para ser utilizadas en beneficio de las personas y el desarrollo integral de una ciudad o un país. Pero además, la constante demanda día a día, por parte de la sociedad de la información de una mayor capacidad en las redes de comunicaciones y su evolución, ha hecho que la tendencia actual de los operadores de telecomunicaciones, consista en pasar del tradicional cable coaxial a la fibra óptica hasta el hogar (FTTH), con el propósito de poder satisfacer la creciente demanda de un mayor ancho de banda, para servicios como: televisión digital de alta definición, juegos en línea, video conferencia de buena calidad, las ofertas de triple play y la subida y bajada de material multimedia.

En este documento se estudiarán las Redes Híbridas Fibra Óptica – Coaxial (HFC) y las Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (GPON), por medio de un análisis comparativo técnico/económico.

Este análisis es de vital importancia, porque fija su mirada en la situación actual de las redes HFC y el porque es imprescindible la implementación de tecnologías de fibra óptica hasta el hogar, como las redes GPON.

Por otra parte, este análisis beneficiará directamente a la sociedad de la información y a los operadores de telecomunicaciones, que serán los encargados en desarrollar e implementar, redes GPON para satisfacer la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar, comparativamente, las redes HFC y GPON como solución a los actuales requerimientos de telecomunicaciones por parte de usuarios residenciales y empresariales de la localidad de Chapinero del barrio Chico de la ciudad de Bogotá mediante la aplicación de instrumentos de primer nivel.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las arquitecturas de las redes HFC y GPON.
- Identificar el origen y la importancia funcional de las redes GPON y HFC.
- Definir y conocer las características y diferencias técnicas de las redes GPON y HFC.
- Conocer los grandes usos y beneficios que las redes GPON le pueden proporcionar al usuario final.
- Resaltar la importancia de la implementación de nuevas redes de comunicaciones basadas en la tecnología GPON.
- Resaltar la importancia del buen uso y manejo que los seres humanos le deben dar a las tecnologías de la información y la comunicación para su servicio y bienestar.
- Analizar las ventajas con las que puede contar Bogotá al implementar redes GPON en el futuro.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. LA BANDA ANCHA

5.1.1. Definición

Una de las tendencias más recientes para mejorar los sistemas de comunicaciones entraña la utilización de tecnología de banda ancha. Muchas personas asocian la banda ancha con una velocidad de transmisión determinada o cierto conjunto de servicios y/o aplicaciones, tales como el bucle de abonado digital (DSL) o las redes de área local inalámbricas (WLAN). Sin embargo, puesto que las tecnologías de banda ancha están en continua evolución, la definición de la banda ancha también se va modificando.

Hoy en día, el término banda ancha describe normalmente a las recientes conexiones, incluidas las de Internet que funcionan entre 5 y 2000 veces más rápido que las anteriores tecnologías de marcación por Internet.⁵

El concepto de banda ancha lo que hace es combinar la capacidad de conexión (anchura de banda) y la velocidad, es decir, banda ancha significa *“Un servicio o sistemas de telecomunicaciones que requieren canales de transmisión capaces de dar soporte a múltiples formatos de información, a velocidades de 2 Mbps o 6 Mbps”*

5.1.2. Principales beneficios

La banda ancha tiene tres ventajas principales:

⁵ Informe sobre las tecnologías de acceso para las comunicaciones de banda ancha, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006, itu.int, Internet: <http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.20.1-2006-PDF-S.pdf>

5.1.2.1. Velocidad

Las velocidades de la banda ancha son apreciablemente más rápidas que las de tecnologías anteriores, por lo cual resulta más rápido y cómodo acceder a la información o efectuar transacciones en línea utilizando Internet. La velocidad del servicio de banda ancha también ha permitido perfeccionar algunos servicios existentes tales como el de juegos en línea, y ha dado lugar a nuevas aplicaciones como la telecarga de música y vídeos.

5.1.2.2. Acople Tecnológico

En función del tipo de tecnología utilizada, la banda ancha puede aportar beneficios económicos. Por ejemplo, gracias a la tecnología DSL, los usuarios pueden utilizar una sola línea telefónica normalizada para servicios de voz y datos. Esto les permite navegar por Internet y efectuar una llamada simultáneamente utilizando la misma línea telefónica. Anteriormente los usuarios asiduos de Internet tenían que instalar una línea telefónica adicional en su vivienda para acceder a Internet; gracias a la banda ancha, ya no se necesitan dos líneas telefónicas.

5.1.2.3. Evolución

La banda ancha permite perfeccionar las actuales aplicaciones de Internet, al tiempo que abona el terreno para nuevas soluciones que antes resultaban demasiado costosas, ineficaces o lentas. Éstas varían desde los nuevos servicios de ciber-gobernanza, tales como rellenar electrónicamente los formularios de impuestos, hasta servicios de salud en línea o el ciber-aprendizaje.⁶

⁶ Nacimiento de la banda ancha, Unión Internacional de Telecomunicaciones, septiembre de 2003, itu.int, Internet: <<http://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq-es.html>>

5.2. LA FIBRA ÓPTICA

5.2.1. Definición

Es una tecnología de cable que consiste en un núcleo central muy delgado de vidrio con alto índice de refracción de la luz. Alrededor de este núcleo hay un revestimiento también a base de vidrio pero con índice de refracción más bajo que protege al núcleo de contaminación y provoca el fenómeno de reflexión interna, es decir, que cuando un rayo de luz (información) entra por un extremo del cable no se disipa hacia el exterior sino que mediante reflexiones sucesivas dentro del núcleo, se propaga hasta el otro extremo de la fibra. La figura 1 ilustra la estructura de un cable de fibra óptica (ver parte general de anexos). El núcleo y el revestimiento están cubiertos por varias capas que tienen diferentes funciones cada una, por ejemplo: aislamiento contra humedad, amortiguamiento, esfuerzo a tensión, protección aislante, etcétera.⁷

Las fibras ópticas suministran un ancho de banda extremadamente grande y tienen una pérdida muy pequeña de señal, razón por la cual se emplean para distancias muy largas entre repetidores, no las afectan las variaciones de voltaje o corrientes en líneas de potencia, la interferencia electromagnética o los químicos corrosivos dispersos en el aire; por lo tanto, pueden utilizarse en ambientes industriales expuestos a condiciones muy severas en las que el par trenzado o el cable coaxial serían totalmente inapropiados.

Para el caso de redes con fibra óptica, el medio de transmisión es una fibra ultra-delgada de vidrio (dióxido de silicio de alta pureza) construida con la tecnología de la tercera generación de fibras ópticas. Esta consiste en utilizar un núcleo extremadamente delgado por el que puede transmitirse sólo un rayo de luz (fibra monomodo).^[3]

⁷ HERRERA PÉREZ. Enrique. Tecnología y redes de transmisión de datos. México: Limusa, 2003. 312 p. (ISBN 968-18-6383-6)

5.3. EL CABLE COAXIAL

5.3.1. Definición

Es un conductor de cobre o aluminio cubierto en cobre, rodeado por una capa dieléctrica de polietileno. La capa aislante es cubierta por una malla tubular compuesta por finas bandas de cobre trenzado, o un tubo de aluminio sin costura, finalmente todo el cable es protegido por una cubierta de PVC. El conductor y el blindaje interactúan para crear un campo electromagnético entre ellos, de esta forma se reducen las pérdidas en frecuencia y le da al cable una gran capacidad de transmitir señales ^[5]. La figura. 2 muestra la estructura de un cable coaxial (ver parte general de anexos).

6. ANTECEDENTES

Actualmente, la constante demanda día a día, por parte de la sociedad de la información de una mayor capacidad en las redes de telecomunicaciones, ha hecho que los proveedores y empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones, tengan una constante evolución tecnológica en sus infraestructuras de redes; dicha evolución pasa inevitablemente en la implementación de tecnologías basadas en fibra óptica hasta el hogar (FTTH), y de esta forma dejar de utilizar el tradicional cable coaxial, el cual se está quedando obsoleto, para satisfacer la creciente demanda de servicios como: telefonía sobre IP, juegos en línea, televisión de alta definición (HDTV), tele compra, video conferencia, ciber-aprendizaje etc.

Por otra parte, dentro de las tecnologías basadas en FTTH, la de mayor proyección es GPON (Gigabit Passive Optical Network), una red de fibra que ofrece una alternativa de mayor ancho de banda frente a las soluciones actuales de DSL y cable.

GPON es la tecnología preferida en Norte América, Latinoamérica, Europa, India y Singapur. En Norteamérica, los operadores empezaron a desplegar sistemas BPON, pero ya han comenzado la migración a GPON. EPON, también conocido como GEPON, tiene un gran éxito en Japón. En China, Hong Kong, Taiwan y Corea del Sur, se están utilizando ambas tecnologías.

GPON se plantea como una de las alternativas que hagan realidad el concepto FTTx; el cual, engloba la familia de aplicaciones para el bucle de abonado por fibra, tales como FTTH (Fibra hasta el hogar), FTTB (Fibra hasta el edificio) y FTTC (Fibra hasta la manzana).⁸

⁸ Presentan el primer analizador GPON europeo, eurekaalert, abril 8 de 2009, eurekaalert.org, Internet:<http://www.eurekaalert.org/pub_releases_ml/2009-04/aaft-u040809.php>

Además, es de suma importancia entender y saber que el fenómeno de las redes GPON, esta apenas llegando al mercado de las telecomunicaciones en ciudades como Bogotá, São Paulo, Buenos Aires y Santiago de Chile.

Entre los países suramericanos, se destaca Brasil, por ser hasta ahora el único país, en desarrollar una plataforma propia de GPON; para el caso colombiano, en la ciudad de Bogotá, existe una plataforma de redes GPON, desarrollada por una empresa de telecomunicaciones extranjera, que brinda a sus usuarios, una tasa de transmisión de 10Mbit/s.

Según un estudio hecho por FTTH Council, actualmente 14 países poseen un porcentaje por encima del 1% de hogares con conexiones de fibra óptica. Entre esos 14 países, los 3 primeros son asiáticos (Corea del Sur, Hong Kong y Japón). El primer país, Corea del Sur, tiene 31.4% de hogares conectados por fibra óptica, Hong Kong con 23.4%, Japón con 21.3% y Suecia con 7.1%. Los otros 10 países son; Taiwán, Noruega, Dinamarca, Estados Unidos, Eslovenia, Islandia, China, Holanda, Italia y Singapur.⁹

Organizaciones e instituciones internacionales expertas, están en gran parte de acuerdo en que el futuro pertenece a las redes de acceso de fibra óptica (FTTx). Por ejemplo, en su comparación de diferentes tecnologías de acceso, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (la OCDE) concluyó que las redes de FTTH ofrecen el mejor rendimiento por usuario final en términos de ancho de banda y sostenibilidad, siendo estas por tanto las que probablemente prevalecerán en el futuro entre todas las alternativas tenidas en cuenta. [Informe 2008b de la OCDE - Abril de 2008].¹⁰

⁹ FTTH Council. [ftthcouncil.org](http://www.ftthcouncil.org). Internet: <<http://www.ftthcouncil.org>>

¹⁰ FTTx: La Demanda por Velocidad, David López, 2009, [conelectronica.com](http://www.conelectronica.com), Internet: <<http://www.conelectronica.com/fttx-y-ftth/fttx-la-demanda-por-velocidad>>

**7. ENFOQUE HUMANISTICO DE UN ANALISIS COMPARATIVO
TÉCNICO/ECONÓMICO DE REDES HFC Y GPON EN LA LOCALIDAD
DE CHAPINERO DEL BARRIO CHICO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ
D.C.**

¿Cuál es la tecnología de redes apropiada y la más viable técnica y económicamente, acorde a la creciente demanda de telecomunicaciones en el sector residencial y empresarial, encargada de solucionar los problemas de velocidad de telecomunicaciones existentes?

Desde el comienzo de la humanidad se sabe que la especie humana es de carácter puramente social y que emplea la comunicación (emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes) o los medios de comunicación para interactuar o relacionarse entre cada uno de ellos; ya que de no ser así viviríamos incomunicados y aislados de las demás personas.

Gracias a la evolución de los medios de comunicación y a los grandes aportes y avances tecnológicos de una disciplina como la ingeniería de Telecomunicaciones, que permite la comunicación a distancia de diversas tecnologías como radio, televisión y teléfono, es que hoy en día los seres humanos nos podemos comunicar de una manera más sofisticada y estar enterados de todos los acontecimientos del mundo. Dentro de estos avances tecnológicos y atendiendo a las exigencias de la vida y conforme con el pensamiento humanístico del filósofo Santo Tomas, en el que el hombre por ser racional y poseer la capacidad para acceder a las cosas intelectuales, está capacitado para aplicar esta sabiduría en la creación e innovación de tecnologías que aporten grandes beneficios y soluciones a las necesidades de la sociedad.

Asimismo, se resalta los servicios de algunas tecnologías o redes de acceso de Banda Ancha que en la actualidad están revolucionando el mundo por sus alcances y ventajas como GPON (Red Óptica Pasiva con

capacidad de Gigabit) que tuvo su origen en la Red Óptica Pasiva (PON) y que surgió como respuesta a una limitación en ancho de banda de las variaciones APON (Red Óptica Pasiva de modo de transferencia asíncrono), BPON (Red Óptica Pasiva de Banda ancha) y EPON (Red Óptica pasiva de Ethernet) de la tecnología; generando de esta forma la incertidumbre en los proveedores y operadores de telecomunicaciones, de si es la red GPON la solución más atrayente para ofrecer acceso a fibra óptica hasta los usuarios residenciales y fue así como en el año 1995 un grupo de operadores de telecomunicaciones, fundaron la Full Service Access Network (FSAN-Red de Acceso Multiservicio) con el principal objetivo de unificar especificaciones para el acceso en banda ancha a los hogares. De esta manera se logró la aprobación y estandarización por la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones-sector Telecomunicaciones).

En este orden de ideas, la red GPON posee ciertas características tecnológicas al ser una red de fibra pasiva, por medio de la cual la información circula sobre una fibra anteriormente mencionada, PON (Red Óptica Pasiva), que tiene una gran ventaja y es que proporciona una velocidad de transmisión superior o igual a 1.2 Gbit/s. Por otro lado, tenemos la red HFC, la más empleada por la mayoría de los proveedores de telecomunicaciones capitalinos.

Las redes HFC, actualmente transportan la señal por medio de fibra óptica y de cable coaxial cubriendo distancias largas; permitiendo por medio del uso de la primera en la troncal de las redes de cable por su capacidad de transmisión, que se incorporen servicios como telefonía, datos de internet, entre otros.

Igualmente, es necesario precisar la arquitectura de las dos redes, en primer lugar, encontramos a la red HFC la cual esta dividida en cuatro partes: **una cabecera** que se encarga de llevar el control del sistema, **una red troncal** que se encarga de repartir la señal generada y compuesta por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable,

una red de distribución a la que se conectan los hogares, por medio de una estructura tipo bus y por último **una red interna del cliente** compuesta por el Multitap y el Punto de Terminación de Red, encargándose de esta manera de distribuir las señales hacia los equipos del usuarios. Y en segundo lugar encontramos que la arquitectura de la red GPON, es un poco más sofisticada gracias a los avances tecnológicos y está compuesta por tres dispositivos que son una **Terminal de Línea Óptico (OLT)** que proporciona la interfaz en el lado de la Red de Acceso Óptico (OAN), el **Splitter Óptico** el cual separa o combina las diferentes señales y por último la conforma una **Unidad de Red Óptica (ONU)** que se encarga de suministrar directamente o a distancia la interfaz en el lado de la OAN.

Ahora bien, nos encontramos frente a una notable diferencia de dispositivos entre las dos redes ya que la primera red en mención en su arquitectura maneja elementos de fibra óptica y cable coaxial, que si bien es cierto es menos costosa, su velocidad de transmisión es menor, caso contrario sucede con la red GPON, que gracias a sus dispositivos totalmente ópticos generan que la velocidad de transmisión sea mayor, ocasionando que los proveedores no solo suministren los ya conocidos servicios de voz, sino que el servicio proveído sea más eficiente y de mejor calidad, permitiendo así, que los usuarios disfruten de los beneficios que esta presta; no olvidando claro, que esta red es más costosa por su arquitectura.

Así que, las tecnologías hacen parte de nuestra vida y precisan una nueva visión de desarrollo en donde el conocimiento se funda en el eje de la concepción de economía globalizada de la mano de los desarrollos tecnológicos que fortalecen nuevos proyectos de mercado. Es por ello, que se hace necesario que la ciudad de Bogotá avance en el uso de estas nuevas tecnologías como lo es la red GPON y pueda beneficiarse de las grandes ventajas que esta posee, ya que ofrece un mayor ancho de banda y es más eficiente al momento de establecer conexión por cable para transmitir datos a una mejor velocidad con aplicaciones actuales y futuras.

Realmente son indispensables y precisas las redes de acceso para un mejor futuro, obligando así, a los proveedores a ir más allá y abordar nuevos escenarios de servicios en un mundo basado en IP, tanto que, grandes organizaciones internacionales expertas están de acuerdo con esto, por ejemplo la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE), *“afirmo que las redes FTTH ofrecen el mejor beneficio y rendimiento por fibra óptica hasta la casa o usuario final en términos de sostenibilidad”*.¹¹

Las infraestructuras de redes siguen en constante evolución para ampliar y mejorar su oferta de servicios de banda ancha. De todas las opciones, la de mayor proyección es GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), una red de fibra que ofrece una alternativa de mayor ancho de banda frente a las soluciones actuales de DSL y cable. GPON es la tecnología preferida en Norte América, Latinoamérica, Europa, India y Singapur¹²

Para concluir, el hacer énfasis en algo que es muy importante la tecnología, la cual se ha convertido en un aspecto primordial en la vida de muchas personas en muchos países del mundo, de las sociedades y se está abonando a la voluntad social y política de las mismas, contribuyendo en el desarrollo de las regiones, en la modernización de todas sus actividades económicas, sociales y en la evolución hacia una sociedad de la información y de economía digital, gracias al impacto que ha logrado.

Razón por la cual se debe tener presente que aunque actualmente las redes GPON no puedan desplazar a las actuales redes HFC en la ciudad de Bogotá, no por sus características tecnológicas, sino por su elevado costo, muy pronto, a medida que la demanda de ancho de banda así lo requiera y

¹¹ FTTx: La Demanda por Velocidad, David López, 2009, conectronica.com, Internet: <<http://www.conectronica.com/fttx-y-ftth/fttx-la-demanda-por-velocidad>>

¹² Presentan el primer analizador GPON europeo, eurekaalert, abril 8 de 2009, eurekaalert.org, Internet: <http://www.eurekaalert.org/pub_releases_ml/2009-04/aaft-u040809.php>

que los costos de los dispositivos ópticos se sitúen en unos niveles más asequibles, la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit será una opción muy adecuada para ser implementada y suministrada por los proveedores y empresas de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá, ayudando de esta manera a satisfacer la masiva demanda de ancho de banda por parte de los usuarios residenciales y empresariales, que requieren todo tipo de servicios de telecomunicaciones con altos niveles de transferencia de datos.

Entonces, en nuestros tiempos todo depende de la ciencia y la tecnología, no dejando de lado el impacto con los procesos comunicacionales del individuo; permitiendo así una interrelación (ciencia, tecnología y hombre), en la que los seres humanos aprendan a manejar lo tecnológico y científico para su servicio y bienestar.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. HFC (REDES HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA - COAXIAL)

8.1.1. Origen

El origen de las actuales redes HFC (Híbrido Fibra-Coaxial) fueron las redes de CATV (Community Antenna TV), posteriormente renombrada a Televisión por Cable; que se desarrollaron a partir de la década del año 60 en Estados Unidos. En las etapas iniciales de su implantación, las redes de televisión por cable (CATV) utilizaban como medio de transmisión cable coaxial en una configuración tipo árbol, con suficiente ancho de banda para poder distribuir varios canales analógicos simultáneamente.

Posteriormente, con el fin de mejorar la calidad de las señales recibidas, se instaló fibra óptica en las líneas troncales. Con ello se vio reducido el ruido que introducían en los primeros sistemas el gran número de amplificadores en cascada necesarios para mantener el nivel de la señal.

La combinación de estos dos medios de transmisión, fue la que dio lugar al acrónimo HFC, refiriéndose a que se trata de una red Híbrida Fibra óptica-Coaxial. ^[4]

El gran ancho de banda disponible en estas redes y la existencia de una infraestructura ya desplegada en muchos lugares, ha despertado un gran interés hacia los sistemas HFC, que además de la distribución de señales de TV analógica y digital, han permitido que estas redes sean consideradas como idóneas para servir como soporte a nuevos servicios de telecomunicaciones. ^[4]

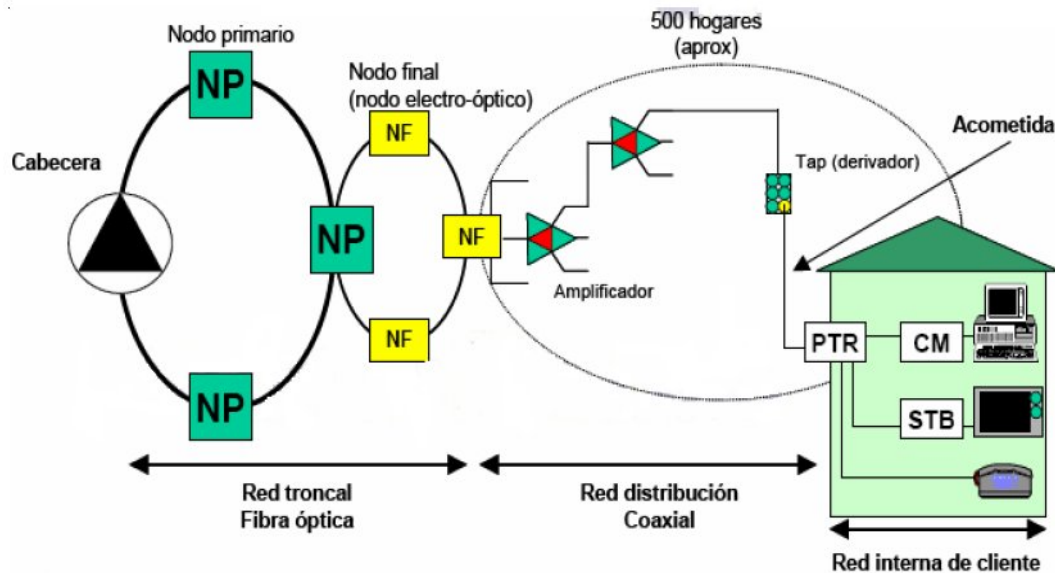
8.1.2. Definición

Son un tipo de red de acceso por cable, que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soporte de la transmisión de las señales. Esta compuesta básicamente por cuatro partes: La cabecera, la red troncal, la red de distribución y la red interna del cliente. ^[21]

8.2. ARQUITECTURA DE RED

La arquitectura de una red HFC, esta compuesta por una cabecera, una red troncal de fibra óptica, que alimenta a los nodos primarios y estos a su vez, alimentan a los nodos finales, los cuales, transfieren la información a una red de distribución coaxial, para que finalmente la información sea suministrada en la red interna del cliente (ver figura 3.)

Figura 3. Arquitectura de red HFC ^[8]



Fuente: <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC.pdf>

A continuación, se describen cada una de las partes que componen una red HFC.

8.2.1. Partes de una red HFC

8.2.1.1. Cabecera

Es la encargada de llevar a cabo todo el control del sistema y tiene las siguientes funciones:

- Multiplexar el ancho de banda disponible entre las conexiones existentes.
- Controlar el buen funcionamiento de cada una de las conexiones existentes.
- Monitorizar continuamente el estado de la red.

Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red, por ejemplo, para el servicio básico de distribución de señales unidireccionales de televisión (analógica, digitales) dispone de una serie de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y de microondas, así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de producción, que le permiten recibir tanto las típicas señales de televisión y radio como señales de satélites o microondas. ^[21]

En la cabecera las señales analógicas se acondicionan para su transmisión en el medio de cable y se multiplexan en frecuencia en las bandas entre 86 y 606 MHz, mientras que las señales digitales se multiplexan para formar flujo de transporte MPEG (Motion Picture Expert Group). Se utiliza un modulador QAM para llegar hasta el equipo terminal de abonado. También

es el encargado de la conmutación telefónica, tarificación de llamadas, monitorización de red, enrutamiento de datos, gestión de abonado, entre otros ¹³

8.2.1.2. Red troncal

Se encarga de repartir la señal compuesta generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. ^[22] Y esto lo hace por medio de anillos de fibra óptica que recorren varios Nodos Primarios (NP), en los cuales se realiza la conversión opto-electrónica de las señales descendentes (de la cabecera a usuario), que posteriormente se distribuyen mediante una red de topología tipo árbol, constituida por cables coaxiales, los cuales terminan en las viviendas de los usuarios. ^[4]

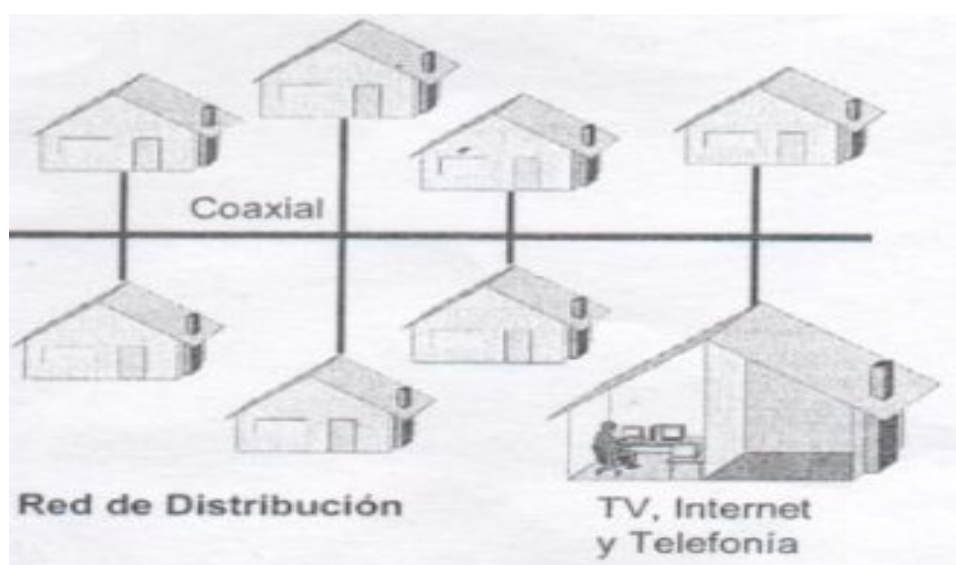
Y a su vez, estos nodos alimentan a los Nodos Finales (NF), que son los encargados de hacer la conversión electro-óptica de las señales ascendentes (del usuario a la cabecera) para amplificar y distribuir la señal. Por otra parte, en la red de transporte, se emplea la fibra óptica gracias a que posee una mayor capacidad y menor atenuación e insensibilidad a las perturbaciones, mientras que en la red troncal y de distribución se emplean distintos tipos de fibra y coaxiales, estos últimos por su menor coste y facilidad de instalación. ^[5]

¹³ GPON (Gigabit Passive Optical Network), Ramón Jesus Millan Tejedor, enero de 2008, ramonmillan.com, Internet:<<http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf>>

8.2.1.3. Red de distribución

Está compuesta por una estructura tipo bus de cable coaxial y par trenzado (Ver figura 4.), en donde se transporta las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del cliente. Su misión es interconectar todos aquellos equipos o elementos que se encuentran entre el nodo óptico-electrónico y el cliente. [8]

Figura 4. Red de Distribución [5]



Fuente: HUIDOBRO MOYA. José Manuel. MILLÁN TEJEDOR. Ramón J. y ROLDAN MARTÍNEZ. David. Tecnologías de telecomunicaciones. Creaciones Copyright, 2005. 552 p.

8.2.1.4. Red interna del cliente

Comprende la parte del tramo entre el Multitap¹⁴ y el Punto de Terminación de Red (PTR), este último se encarga de distribuir las señales hacia los

¹⁴ Es un dispositivo que se emplea para sumar la señal de un modulador de TV con el sistema de CATV o antena colectiva y así obtener la suma de las 2 señales en una sola salida. Es denominado un acoplador direccional "Tap" (uso en edificios) o Splitter (uso domiciliario).

equipos del cliente, tales como: el Cable Modem (CM), decodificador de TV (Set Top Box "STB") y el Teléfono. ^[5]

8.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características generales de las redes HFC son:

- Proporcionan velocidades de transmisión de datos entre 10 y 30 Mbit/s en sentido descendente y de 3 Mbit/s en sentido ascendente.
- Para difusión de señales de televisión, las estaciones de usuario se conectan a una oficina central o cabecera de red, que presta servicios habitualmente a 500 y 2000 viviendas.
- Las señales de televisión llegan a la cabecera muchas veces procedentes de un satélite y desde allí, se distribuyen hacia las distintas viviendas.
- Poseen la capacidad de transportar servicios bidireccionales (datos y telefonía), al mismo tiempo que los servicios de distribución de señales de TV.
- Desde la cabecera hasta la vivienda más alejada puede existir una distancia de alrededor de 80 Km, con las viviendas situadas generalmente en el último 20% del tramo, es decir, se trata de una arquitectura punto a multipunto, especialmente adecuada para servicios de difusión.
- Las señales ópticas en la fibra son moduladas analógicamente en amplitud. Cada canal tiene asignada una subportadora de radio

frecuencia diferente, por lo que la multiplexación de señales se realiza en frecuencia. ^[4]

- El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos tales como telefonía, datos e internet y video bajo demanda (VoD) ^[5]

8.4. EQUIPOS DE RED

Los equipos electrónicos que componen una red HFC son:

- STB (Set Top Box).
- CM (Cable Modem).

8.4.1. STB (Set Top Box)

El decodificador de televisión (Set Top Box), es un equipo encargado de realizar la recepción y decodificación de la señal de televisión analógica o digital, para que esta pueda ser mostrada en el televisor. Este aparato se encuentra ubicado en la casa, apartamento o edificio del usuario entre la toma coaxial y el televisor (ver figura 5).

Figura 5. Set Top Box ^[9]



Fuente:http://www.une.com.co/empresas/images/productos/television/manual_de_usuario_tv_empresarial.pdf

8.4.2. CM (Cable Modem)

Es un equipo que se encarga de modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable (CATV) y son empleados para distribuir el acceso a internet de banda ancha.

El cable modem se conecta al computador utilizando un cable UTP, además el computador deberá contar con una tarjeta de red que permita el óptimo y correcto funcionamiento del equipo. La gran mayoría de los cable modem actuales permiten esta conexión a través de una interfaz USB; eliminando así la necesidad de contar con una tarjeta de red. (Ver figura 6)

Figura 6. Cable Modem ^[10]



Fuente: http://crazytechsite.com/webstar_voip_dp2203_back.jpg

8.5. GPON (RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT)

8.5.1. Origen

La red GPON, tiene su origen en la Red Óptica Pasiva (PON) y surge como respuesta a la limitación en ancho de banda de las variaciones APON, BPON y EPON de la tecnología PON, la cual a finales de los años 90 comenzó a ser considerada por los proveedores y operadores de telecomunicaciones como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales.

Gracias a esto, en el año de 1995 siete operadores de telecomunicaciones vislumbraron las posibilidades de las redes PON y fundaron la Full Service Access Network (FSAN “Red de Acceso Multiservicio”) con el objetivo de unificar especificaciones para el acceso en banda ancha a los hogares ^[11]. Y fue así que durante los años 2003 y 2004 fue aprobada y estandarizada por la UIT-T, la más reciente de sus recomendaciones, que es la denominada Gigabit-capable PON (GPON).

8.5.2. Definición

La Unión Internacional de Telecomunicaciones-sector Telecomunicaciones, (ITU-T) inició sus trabajos en el estándar GPON en el año 2002. GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6). Las primeras recomendaciones aparecieron durante los años 2003 y 2004, teniendo continuas actualizaciones en los años posteriores.

En estas Recomendaciones se describe a GPON como una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares, que abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen).¹⁵

8.6. ARQUITECTURA DE RED

Antes de empezar a hablar de la arquitectura y los elementos que conforman una red GPON, es de suma importancia tratar los siguientes términos y conceptos:

- OAN: (Red de Acceso Óptico)
Es el conjunto de enlaces de acceso que comparten las mismas interfaces del lado red y están soportados por sistemas de transmisión de acceso óptico. La OAN puede incluir varias ODN conectadas a la misma OLT.

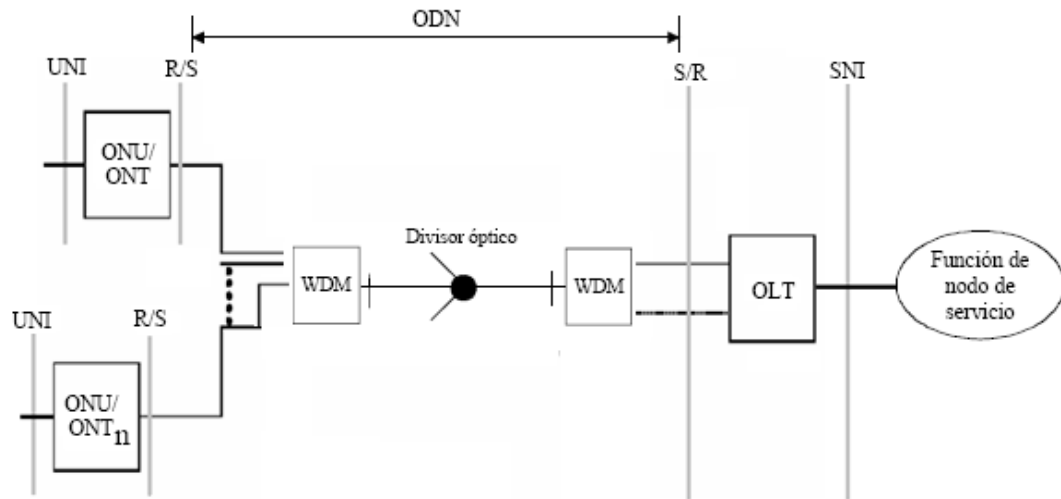
¹⁵ ITU-T "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics", ITU-T Recommendation G.984.1, Marzo 2003.

- ODN:(Red de Distribución Óptica)
Es la que proporciona el medio de transmisión óptico desde la OLT hasta los usuarios y viceversa. Utiliza componentes ópticos pasivos (Splitter).^[12]
- FTTH: (Fibra a la vivienda “Fibre To The Home”), la fibra óptica llega hasta el usuario. Es la de mayor ancho de banda pero la más cara. Emplea la topología tipo estrella, llegando una fibra a cada usuario.
- FTTB/C: (Fibra al edificio/a la acometida “Fibre To The Building/Curb”), la fibra óptica es tendida hasta el edificio/barrio y el coaxial hasta el usuario. Es mas barata que la FTTH.¹⁶
- FTTCab: (Fibra al armario “Fibre To The Cabinet”), la fibra óptica es tendida hasta un armario cerca a las dependencias del usuario y el coaxial hasta el lugar del usuario final.

La arquitectura básica de una red GPON, esta compuesta por una OLT (Terminal de Línea Óptico), un Splitter Óptico (Divisor), y una ONU/ONT: Unidad/Terminal de Red Óptico (ver figura 7)

¹⁶ HUIDOBRO MOYA. José Manuel. MILLÁN TEJEDOR. Ramón J. y ROLDAN MARTÍNEZ. David. Tecnologías de telecomunicaciones. Creaciones Copyright, 2005. p. 166 - 167

Figura 7. Arquitectura básica de una red GPON ^[12]



UNI Interfaz Usuario-Red

SNI Interfaz de Nodo de Servicio

S Punto en la fibra óptica justo después del punto de conexión óptico OLT (sentido descendente) / ONU (sentido ascendente); es decir, conector o empalme óptico.

R Punto en la fibra óptica justo antes del punto de conexión óptico ONU (sentido descendente) / OLT (sentido ascendente); es decir, conector o empalme óptico.

Fuente: ITU-T "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics", ITU-T Recommendation G.984.1, Marzo 2003.

A continuación, se describen cada una de las partes que componen una red GPON.

8.6.1. Partes de una red GPON

Los elementos que conforman una red GPON son:

8.6.1.1. OLT: Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal).

Es un elemento que se encuentra ubicado en las dependencias del operador, de donde salen las fibras ópticas hacia los usuarios; que son los encargados de suministrar el tráfico, para que luego la OLT, los pueda encaminar por la red.

La OLT, consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. ^[22]

Igualmente, una OLT proporciona la interfaz en el lado de la red de la OAN y además está conectada a una o varias ODN. ^[12]

8.6.1.2. ONU/ONT: Unidad/Terminal de Red Óptico (Optical Network Unit /Optical Network Terminal).

Es un equipo que se encuentra ubicado en la casa o el domicilio del usuario.

Una ONU, se encarga de proporcionar (directamente o a distancia) la interfaz lado usuario de la OAN y está conectada a la ODN; es decir, realiza la interfaz entre la red óptica y los equipos del cliente.

Mientras que una ONT, es una ONU empleada para FTTH y que incluye la función de puerto de usuario.

Además, cuando el tipo de arquitectura de red es FTTB/C o FTTCab, esta en vez de una ONT posee una NT (Terminación de red “*network termination*”) que se encuentra en la parte final de la red de vivienda. ^[12]

8.6.1.3. Splitter Óptico: (Divisor).

Dispositivo multipuerto bi-direccional que combina o separa señales ópticas en sistemas de fibras ópticas monomodo de forma efectiva. ¹⁷

Así que, en una red GPON la transmisión se realiza entre la OLT y la ONU/ONT, por medio de un divisor óptico, cuya función va a depender de si el canal es ascendente o descendente.

¹⁷ Divisores Ópticos. internet: <http://www.convertech.com.ar/pdfs/divisor_optico.pdf>

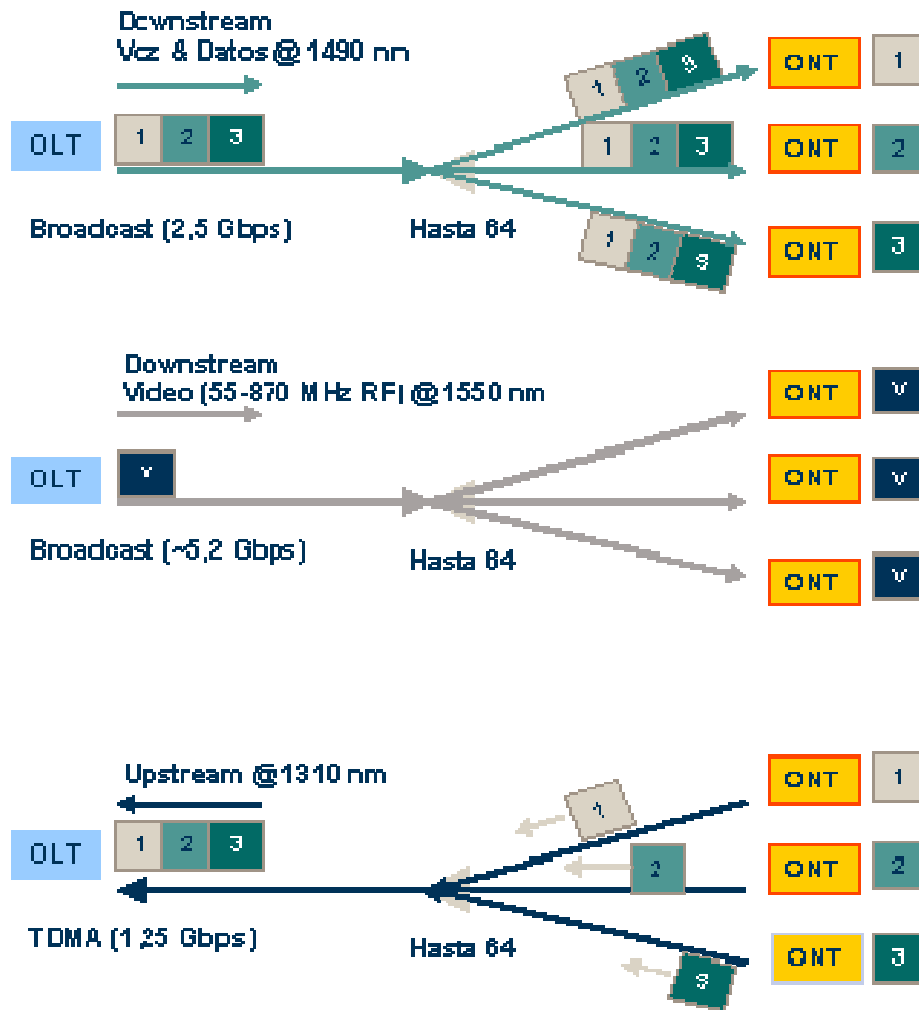
8.6.1.3.1. Canal Ascendente (Upstream): La transmisión es realizada utilizando un protocolo de acceso múltiple conocido como TDMA (Time Division Multiple Access), en donde cada elemento de la red tiene un periodo de tiempo específico para transmitir, permitiendo que un mismo canal de transmisión, en este caso la misma longitud de onda, sea compartido por varios usuarios. [23]

8.6.1.3.2. Canal Descendente (Downstream): La información es transmitida en modo broadcast, es decir que la información le llega a todos los elementos de la red. Como la información le llega a todos los usuarios es necesario utilizar un sistema de encriptamiento para mantener la privacidad de las comunicaciones. [23]

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) *downstream* (1490 nm) y otra para el tráfico *upstream* (1310 nm). Además, a través del uso de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), se asigna una tercera longitud de onda (1550 nm) que está dedicada para el *broadcast* de vídeo RF (*broadcast* analógico, *broadcast* digital, HDTV, y vídeo bajo demanda). De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB tradicional. [22]

En la siguiente figura (ver figura 8), se puede apreciar el funcionamiento de una red GPON

Figura 8. Funcionamiento de GPON [22]

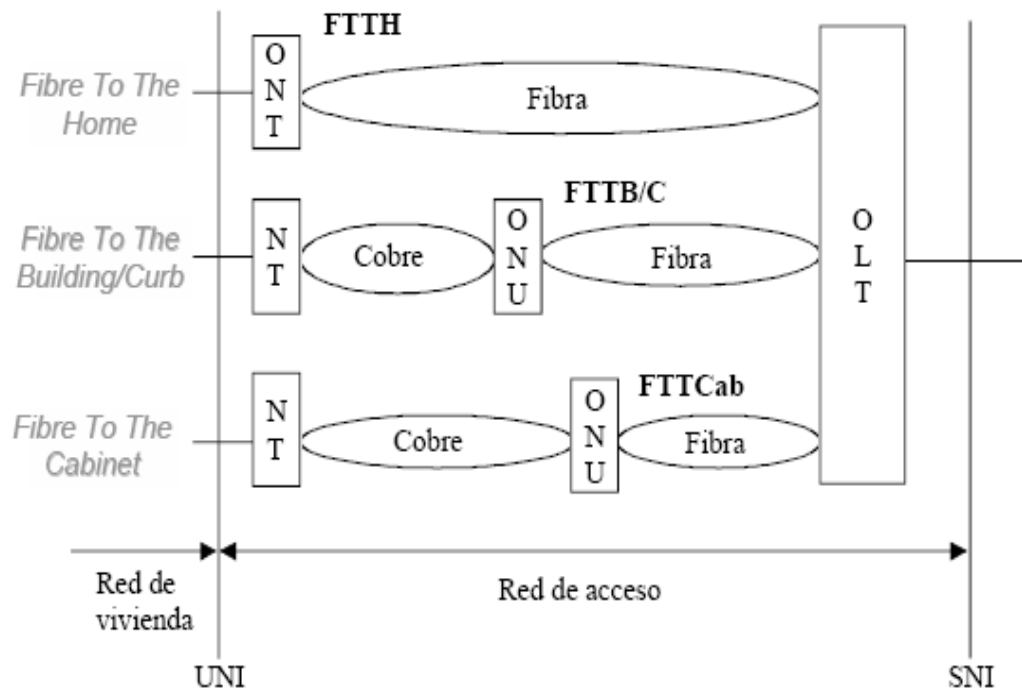


Fuente: <http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf>

8.7. DIFERENTES TIPOS DE ARQUITECTURA DE RED GPON

Una de las grandes características y aspectos, que hace que las redes GPON sean tan importantes, es que pueden proporcionar diferentes tipos de arquitectura de red, como se puede apreciar en la siguiente figura (ver figura 9)

Figura 9. Diferentes tipos de arquitectura de una red GPON. ^[12]



Fuente: ITU-T "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics", ITU-T Recommendation G.984.1, Marzo 2003.

Las diferencias entre las opciones de red de fibra al edificio (FTTB, *fibre to the building*), fibra a la acometida (FTTC, *fibre to the curb*), fibra al armario (FTTCab, *fibre to the cabinet*) y FTTH están principalmente en los distintos servicios que ofrecen. ^[12]

8.7.1. ESCENARIO FTTB

Este escenario se divide a su vez en dos escenarios, uno para las unidades multivivienda (MDU, *multi-dwelling unit*), y el otro para las empresas. Cada escenario tiene las siguientes categorías de servicio:

8.7.1.1. FTTB para MDU

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda (VOD, *video on demand*), descarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS, *plain old telephone service*) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

8.7.1.2. FTTB para empresas

- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, programas informáticos de grupo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.
- Línea privada. La red de acceso ha de proporcionar, de una manera flexible, servicios de línea privada con distintas velocidades.

8.7.2. ESCENARIOS FTTC Y FTTCAB

En estos escenarios se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, descarga de ficheros, juegos en línea, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, etc.).

- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso.

8.7.3. ESCENARIO FTTH

En este escenario se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, telecarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso. ^[12]

8.8. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características generales de las redes GPON son:

- Es una tecnología de muy alta capacidad que brinda todo tipo de servicio de telecomunicaciones por medio de una red de fibra totalmente pasiva, que además permite la posibilidad de aumentar la capacidad de velocidad de transmisión ofrecida al usuario final, acercando la fibra óptica al hogar de abonado (FTTH, FTTC). Lo cual la convierte en un estándar muy potente, pero a la vez muy complejo de implementar, debido a que su despliegue supone unos elevados costes y una gran inversión en obra civil.

- Proporciona una estructura de trama escalable desde 622 Mbit/s hasta 2,5 Gbits/s, así como la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas.
- No solamente posee una gran capacidad de ancho de banda, sino que también es una tecnología muy eficiente que permite a los operadores de telecomunicaciones continuar brindando sus servicios tradicionales, sin tener que mudar los equipos instalados en la dependencia de los clientes.
- Tiene un alcance físico de 20 Km.
- Dada su gran capacidad de ancho de banda soporta todos los servicios actuales y además los nuevos servicios en desarrollo para los usuarios residenciales y empresariales. ^[12]
- Utiliza un método de encapsulamiento llamado GEM¹⁸ (GPON Encapsulation Method), el cual le permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) ^[14]
- Maneja siete tipos de velocidades de transmisión:
 - 155 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente.
 - 622 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente.
 - 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente.
 - 155 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente.
 - 622 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente.
 - 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente.
 - 2,4 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente.

¹⁸ El método GEM se basa en el estándar GFP (Generic Framing Procedure) del ITU-T G.7041 con modificaciones menores para las tecnologías PON.

- Es un tipo de red punto a multipunto que permite dividir la señal óptica entre 64 clientes de una red de fibra completamente pasiva, convirtiéndola así en un aspecto muy atractivo por los operadores de telecomunicaciones.^[13]
- Brinda importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al equipamiento de usuario ONU.^[11]

8.9. EQUIPOS DE RED

8.9.1. OLT: Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal)

Equipo que se encuentra ubicado en las dependencias del operador (Ver figura 10)

Figura 10. Aspecto de una OLT ^[15]



Fuente: <http://es.wikitel.info/wiki/GPON>

8.9.2. ONU/ONT: Unidad/Terminal de Red Óptico (Optical Network Unit /Optical Network Terminal)

Equipo que se encuentra ubicado en el domicilio del usuario final (ver figura 11)

Figura 11. Aspecto de una ONU/ONT [16]



Fuente: <http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon/onu-634ha.jpg>

9. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. TIPO DE PROYECTO

El proyecto de investigación es aplicado a un análisis comparativo técnico/económico, porque involucra aspectos de carácter tecnológico y económico, contribuyendo a conocer mejor la situación actual de las Redes Híbridas Fibra Óptica – Coaxial y las Redes Ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit y en la ciudad de Bogotá.

9.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Su nivel es de tipo descriptivo porque enseña las características y funcionalidades técnicas de las redes HFC y GPON, y conceptual porque se pretende llegar a conclusiones acertadas.

9.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Se utiliza un enfoque cualitativo ya que se pretende valorar cada uno de los aspectos y características técnico/económico de las redes HFC y GPON, con una serie de pasos, para obtener una posible solución al problema planteado.

9.4. POBLACIÓN

El universo corresponde a los usuarios de servicios de telecomunicaciones en la localidad de Chapinero del barrio Chicó de la ciudad de Bogotá D.C.

9.4.1. Unidad de análisis

Los habitantes de la localidad de Chapinero del barrio Chicó de la ciudad de Bogotá D.C

9.5. MUESTRA

La muestra con la cual se trabajará la presente investigación corresponde a 381 personas naturales, entre los 20 y 39 años de edad, que viven en la localidad de Chapinero del barrio Chicó de la ciudad de Bogotá D.C.

Se toma como edad de estudio a las personas entre los 20 y 39 años, por ser ciudadanos mayores de edad y ser personas con un grado de madurez suficiente, lo cual, les permitirá brindar un criterio más serio y verídico sobre cada una de las preguntas formuladas en la encuesta.

Para determinar el número total de muestras para la realización de la encuesta, se tuvo en cuenta la siguiente información:

1. Personas naturales entre 20 y 39 años de edad, del barrio Chicó, el cual, esta conformado por una población de 47.106 personas, según fuentes estadísticas del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).
2. Un nivel de confianza de 95% (1.96) y un grado de error de 5% (0.05) en la formula de la muestra.

Al aplicar cada uno de estos datos en la formula de la muestra, se obtuvo lo siguiente:

$$n = (Z^2pqN) / (Ne^2 + Z^2pq)$$

- Nivel de confianza (Z) = 1.96
- Grado de error (e) = 0.05
- Universo (N) =47106
- Probabilidad de ocurrencia (P) = 0.5

- Probabilidad de no ocurrencia (Q) = 0.5

$$n = ((1.96)^2 (0.5) (0.5) (47106)) / ((47106) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5) (0.5))$$

$$n = ((3.8416) (0.25) (47106)) / ((47106) (0.0025) + (3.8416) (0.25))$$

$$n = 45240,6024 / 117,765 + 0.9604$$

$$n = 45240,6024 / 118,7254$$

$$n = 381$$

9.5.1. Unidad de muestra

Localidad de Chapinero, Bogotá D.C

9.6. TECNICAS Y PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION

9.6.1. Encuesta: Estudio sistemático de un pequeño grupo de una población determinada (Habitantes de la localidad de Chapinero del barrio Chicó), con el propósito de conocer mejor la situación.

9.6.2. Cuestionario: Técnica estructurada para recolectar datos, que consiste en una serie de preguntas que contesta en un momento determinado el encuestado.

10. ANÁLISIS TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO DE REDES HFC Y GPON

10.1. COMPARACIÓN ENTRE HFC Y GPON

Debido a la creciente demanda de ancho de banda, por parte de los usuarios de las redes de telecomunicaciones, se ha creado un gran desafío para las empresas operadoras en poder encontrar la tecnología correcta para cubrir la última milla de cualquier red. Hallar una solución óptima puede ser un proceso muy complejo con muchos factores que intervienen y que deben ser tomados en cuenta; un factor determinante es el aspecto técnico/económico ya que estos aspectos, nos permiten entender cada una de las características de desempeño de las tecnologías HFC y GPON, tales como ancho de banda, arquitectura y velocidad de transmisión.

Cada una de estas dos tecnologías tiene una diferencia bien marcada en el aspecto de la arquitectura. Para el caso de GPON, vemos que esta ofrece redes complejas de la capa 2 en estructura de árbol, basadas en el protocolo ATM y múltiples protocolos que hacen posible soportar la estructura de la tecnología, en cambio que HFC, es un tipo de red que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soporte de la transmisión de las señales, a través de una estructura tipo árbol.

Asimismo, existen diferencias en términos de ancho de banda, alcance, eficiencia, gerenciamiento, entre otras, que a continuación serán tratadas.

10.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES HFC Y GPON.

10.2.1. Ancho De Banda

Una de las grandes diferencias existentes entre estas dos redes es su ancho de banda, ya que GPON promete tasas de 1.25 Gbit/s o 2.4 Gbit/s en sentido descendente (downstream) y tasas escalables en sentido ascendentes (upstream) desde 155 Mbit/s hasta 2,4 Gbit/s, superando

notablemente en el aspecto de velocidad de transmisión a la red HFC, que brinda tasas entre 10 Mbit/s - 30 Mbit/s en sentido descendente (downstream) y de hasta 3 Mbit/s en sentido ascendente (upstream).

10.2.2. Escalabilidad y Flexibilidad

Tanto GPON como HFC, en este aspecto presentan grandes características y beneficios debido a que las dos tecnologías están enfocadas para atender el mercado de las redes de acceso, las cuales, manejan tráfico asimétrico entre las tasas de bajada y subida. Pero es el estándar GPON, el que posee una gran ventaja en comparación con HFC; como ya se mostro anteriormente, GPON, permite tasas de 1.25 Gbit/s o 2.4 Gbit/s en sentido descendente (downstream) y tasas escalables en sentido ascendentes (upstream) desde 155 Mbit/s hasta 2,4 Gbit/s, las cuales le permiten al vendedor configurar las tasas, teniendo en cuenta las necesidades reales y actuales, mecanismo que no puede ser realizado en las redes HFC, convirtiendo así, a la tecnología GPON, en una red más flexible y escalable.^[24]

10.2.3. Alcance

En este aspecto, es la red HFC la que mejor esta posicionada, ya que su máximo alcance es alrededor de 80 Km, con las viviendas situadas generalmente en el ultimo 20% del tramo, en cambio, la máxima distancia soportada por GPON es de 20 Km; además esta distancia se puede convertir en un aspecto muy ventajoso según sea el despliegue de la red (FTTH, FTTB/C o FTTCab).

10.2.4. Eficiencia

Es una de las grandes características de la tecnología GPON, debido a que su arquitectura de red, elementos y dispositivos que la forman son totalmente ópticos, todo esto la convierte en una red altamente eficaz en comparación con una red HFC que esta conformada por dispositivos electro-ópticos, fibra óptica y cable coaxial, el cual presenta algunos inconvenientes como perdidas, distorsión, entre otros; reduciendo así la capacidad de eficiencia de estas redes.

10.2.5. Sistema de Gerenciamiento

Este es uno de los grandes aspectos de la tecnología HFC, debido a que esta requiere de un solo sistema de gerenciamiento que se encuentra en la cabecera, mientras que GPON demanda de tres sistemas para los tres protocolos de capa 2 (ODN, OLT, ONU/ONT), lo que significa para HFC una mayor economía y reducción de costos en su infraestructura de red.

10.2.6. Cantidad de Usuarios

La tecnología GPON puede soportar hasta 64 usuarios en una red de fibra totalmente pasiva, en comparación con HFC que tiene la capacidad de soportar hasta 500 usuarios por nodo. Razón por la cual, utilizar redes Híbridas de Fibra Óptica - Coaxial permite llegar a un mayor número de usuarios, debido a que la Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit por poseer una cantidad de elementos ópticos muy complejos y caros, hace que su cantidad de usuarios se vea reducida.

10.3. ANÁLISIS TÉCNICO

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de las características técnicas de las redes GPON y HFC.

Tabla 1. Características técnicas de las redes GPON y HFC ^[17]

	GPON	HFC
Medio de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Emplea un protocolo de transmisión basado en ATM en fibra óptica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Híbrido de Fibra y Coaxial. • Fibra Óptica (Primer tramo de la red). • Cable Coaxial (Último tramo de la red).
Asignación de ancho de banda	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece un mayor ancho de banda, asignado dinámicamente, que garantiza una mayor eficiencia de transporte para toda clase de servicios 	<ul style="list-style-type: none"> • Asignado dinámicamente
Acceso de internet	<ul style="list-style-type: none"> • Inherente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inherente.
Topología de Red	<ul style="list-style-type: none"> • Puede tener una arquitectura de red punto a punto o punto a multipunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emplea una arquitectura punto a multipunto
Multifuncional	<ul style="list-style-type: none"> • Puede soportar todo tipo de servicio (Internet, VoIP, IPTV, HDTV etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • El servicio a soportar, depende de la instalación de la última milla. Pero se están quedando obsoletas, para suplir la

		<p>demanda de un mayor ancho de banda, que requieren los nuevos servicios de telecomunicaciones (HDTV, Teleconferencia, juegos en línea, IPTV etc.)</p>
<p>Alcance Físico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 20 km de distancia entre ONTs 	<ul style="list-style-type: none"> • 80 km
<p>Aislamiento eléctrico entre terminales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como no existen componentes metálicos (conductores de electricidad) no se producen inducciones de corriente en el cable, por tanto pueden ser instalados en lugares donde existen peligros de cortes eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Como existen elementos terminales metálicos, que se utilizan para realizar el empalme de la fibra óptica y el cable coaxial, se producen pérdidas en la calidad de comunicación y fenómenos que influyen a que el servicio no sea tan eficiente.
<p>Gran flexibilidad y recursos disponibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para la construcción de cables de fibra óptica se emplean materiales dieléctricos, como el dióxido de silicio (SiO_2) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe inconvenientes por que utiliza componentes de fibra óptica y el cable coaxial esta fabricado en cobre el cual es un material comercial.

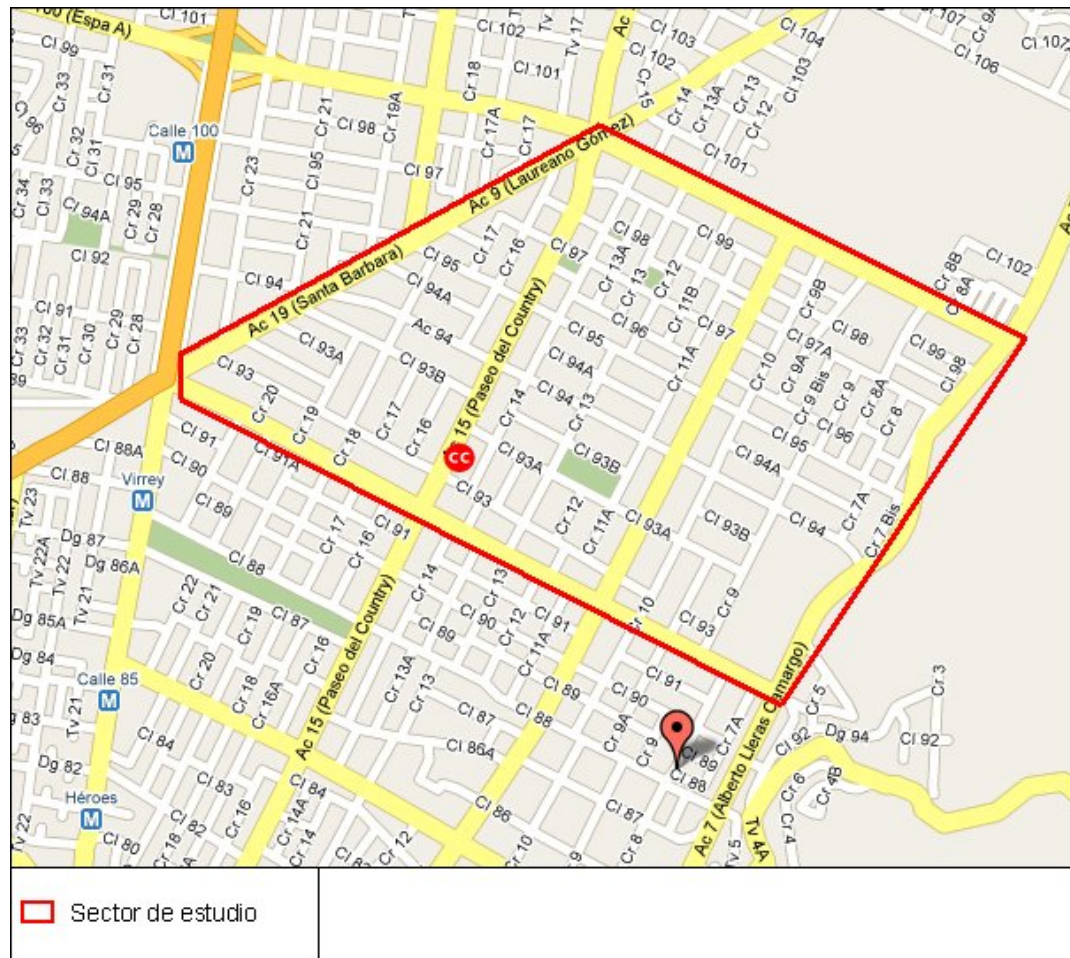
Fuente: Autor.

10.3.1. ENCUESTA A LOS HABITANTES DE LA LOCALIDAD DE CHAPINERO DEL BARRIO CHICO.

Con el fin de identificar los requerimientos técnicos, de los habitantes de la localidad de Chapinero del barrio Chicó de la ciudad de Bogotá D.C. (Ver figura 12), se realizó una encuesta de sondeo (ver parte general de anexos) en 381 apartamentos, en diferentes puntos del barrio Chicó. Se seleccionó el sector del Chico, por ser una de las zonas con un gran índice comercial, empresarial y residencial, en la ciudad de Bogotá D.C,

Además, por ser una zona, con una alta concentración de usuarios, permitirá, que la realización del estudio de a conocer las necesidades reales y actuales de los usuarios de las redes residenciales y empresariales

Figura 12. Barrio Chicó de la localidad de Chapinero, Bogotá D.C.

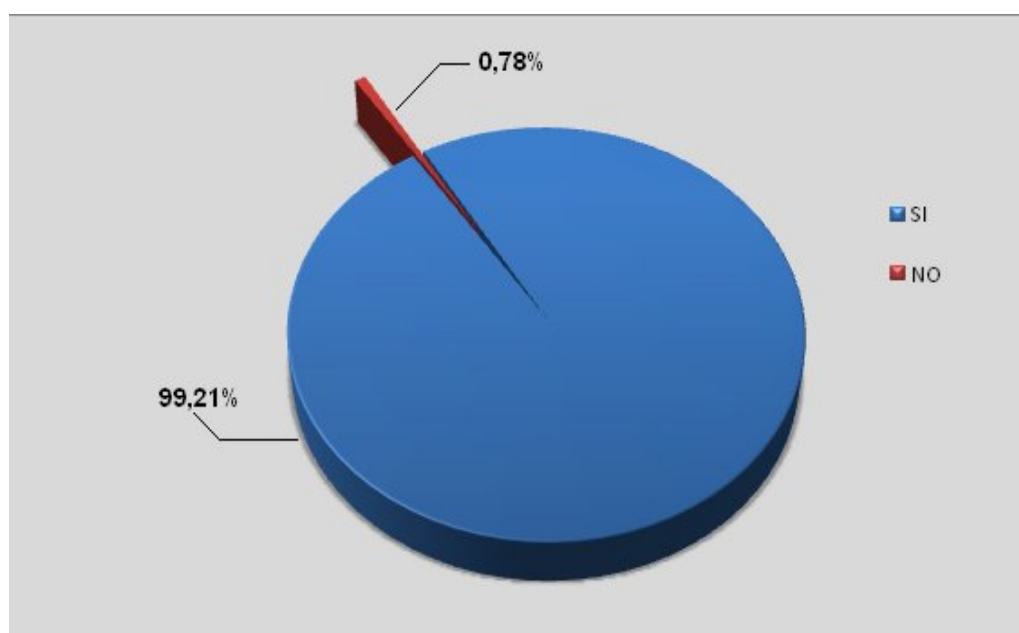


Fuente: Google Earth

10.3.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

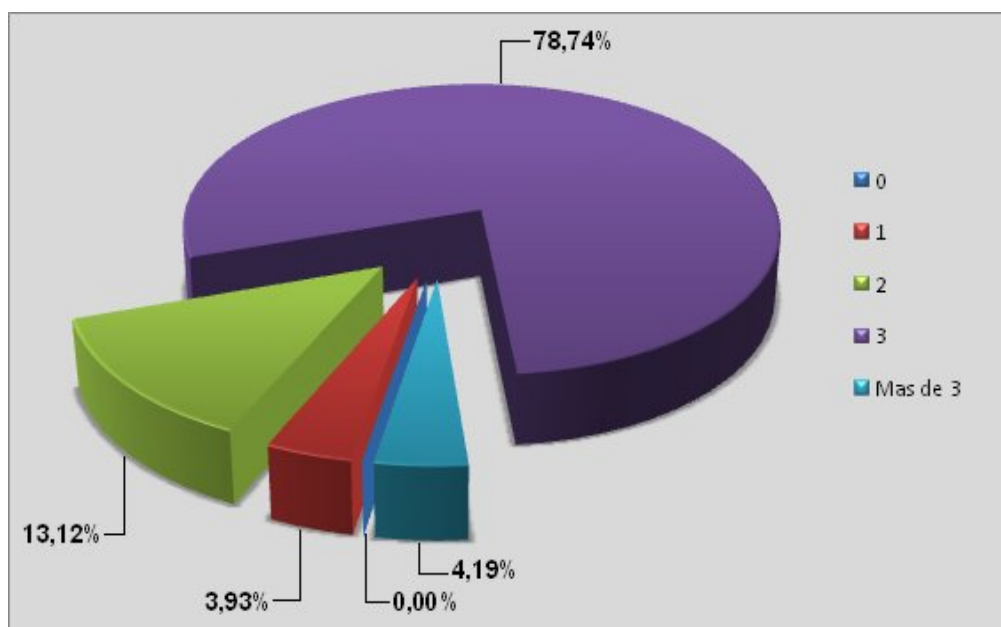
Encuesta aplicada a personas naturales entre los 20 y 39 años de edad, que viven en la localidad de Chapinero del barrio Chicó Lago de la ciudad de Bogotá D.C.

1. ¿Tiene usted un computador en su casa?		
SI	378	99,21%
NO	3	0,78%
TOTAL	381	100,00%



En las viviendas y apartamentos en que se realizó la encuesta, se encontró que 378 (99,21%) de los encuestados, tienen actualmente un computador en su casa y que el 0.78% (3 personas) no poseen un computador en su casa.

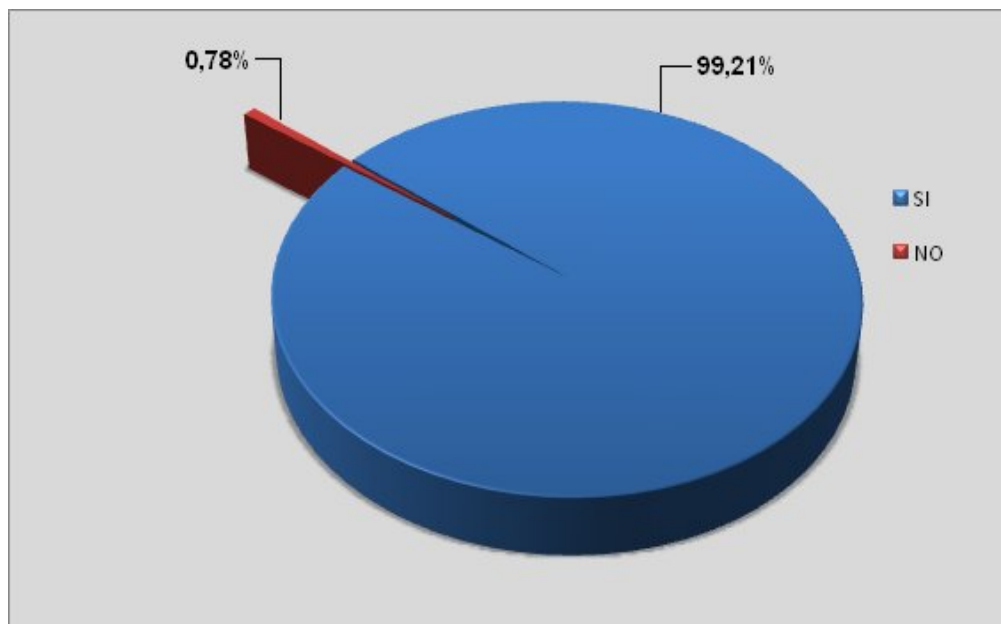
2. ¿Cuántos computadores tiene en su casa?		
0	0	0,00%
1	15	3,93%
2	50	13,12%
3	300	78,74%
Mas de 3	16	4,19%
TOTAL	381	100,00%



De las 381 personas encuestadas, se encontró que 300 (78,74%) de ellas, poseen en su casa o lugar de residencia, más de dos computadores. Teniendo como tendencia, que al poseer más de un computador, el siguiente equipo es un portátil.

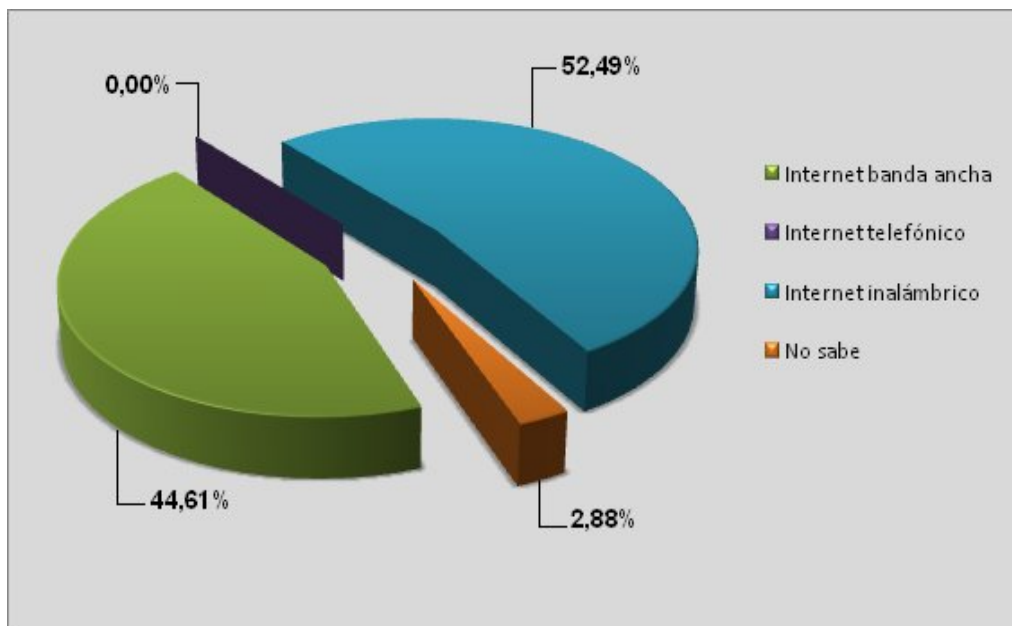
Cifra que para el caso de estudio es muy importante, ya que da a entender que la tendencia actual en una vivienda, es poseer más de un computador, para realizar todo tipo de funciones y formar parte de la sociedad de la información.

3. ¿Posee usted, el servicio de internet en su casa?		
SI	378	99,21%
NO	3	0,78%
TOTAL	381	100,00%



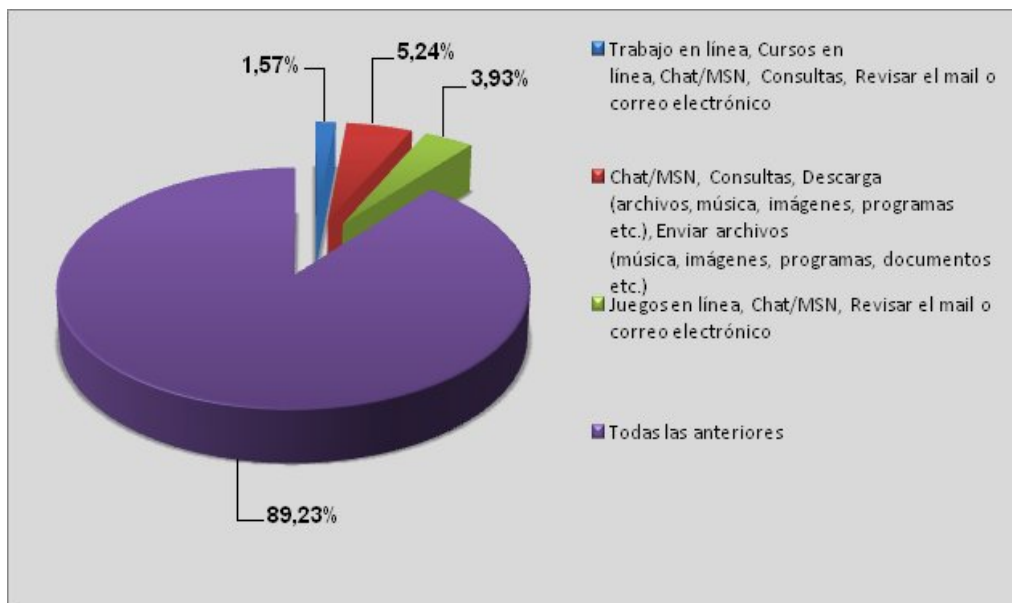
Un total de 378 personas (99,21 %) de los encuestados, cuentan con el servicio de internet en su casa; lo cual, da a entender, que actualmente hay una demanda real del servicio de internet, por parte de los usuarios de las redes de comunicaciones, y que la sociedad de la información en la que hoy en día vivimos, esta empleando la internet para acceder mas rápido a la información, y así, agilizar cada una de sus funciones y labores.

4. ¿Qué tipo de internet posee?		
Internet banda ancha	170	44,61%
Internet telefónico	0	0,00%
Internet inalámbrico	200	52,49%
No sabe	11	2,88%
TOTAL	381	100,00%



El 52,49% (200 personas) de los encuestados, poseen actualmente, en su lugar de residencia, el servicio de internet inalámbrico, seguido por el 44,61% (170 personas), que cuentan con el servicio de internet banda ancha; lo cual, da a entender que actualmente los usuarios, demandan una mayor capacidad y velocidad de transferencia de datos de las redes de comunicaciones. Para aprovechar mejor, cada uno de los servicios y funciones que en la actualidad las empresas de telecomunicaciones les proveen.

5. ¿Para que emplea internet?		
Trabajo en línea, Cursos en línea, Chat/MSN, Consultas, Revisar el mail o correo electrónico	6	1,57%
Chat/MSN, Consultas, Descarga (archivos, música, imágenes, programas etc.), Enviar archivos (música, imágenes, programas, documentos etc.)	20	5,24%
Juegos en línea, Chat/MSN, Revisar el mail o correo electrónico	15	3,93%
Todas las anteriores	340	89,23%
TOTAL	381	100,00 %

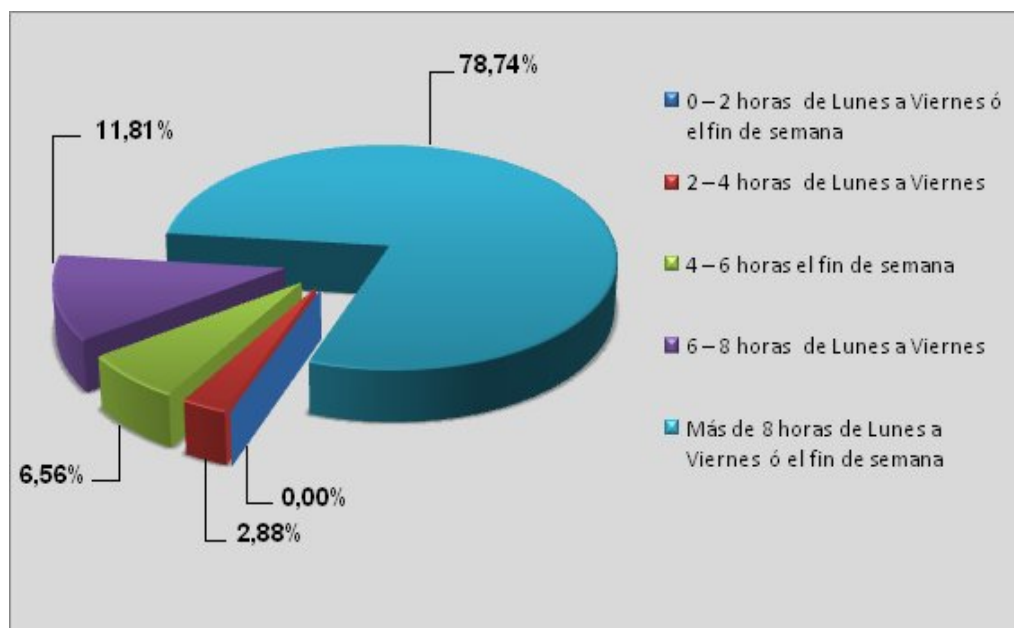


Dentro de los usos y actividades que los encuestados realizan en internet, se encontró que el 89,23% (340 personas) de ellos, emplean la internet para realizar labores como: Consulta, chat/MSN, enviar archivos, descargar de archivos, juego en línea, revisar el mail, trabajo y cursos en línea.

Por lo cual, se entiende, que hoy en día, los usuarios de las redes de comunicaciones emplean la internet para hacer múltiples funciones y actividades, y por ende, requieren que estas redes, sean muchos más veloces, y se trabaje todo sobre una única plataforma para transportar todos los tipos de información o de servicios, y así, poder satisfacer la creciente demanda de un mayor ancho de banda.

6. ¿Cuántas horas, navega usted en internet?		
0 – 2 horas de Lunes a Viernes ó el fin de semana	0	0,00%
2 – 4 horas de Lunes a Viernes	11	2,88%
4 – 6 horas el fin de semana	25	6,56%
6 – 8 horas de Lunes a Viernes	45	11,81%
Más de 8 horas de Lunes a Viernes ó el fin de semana	300	78,74%

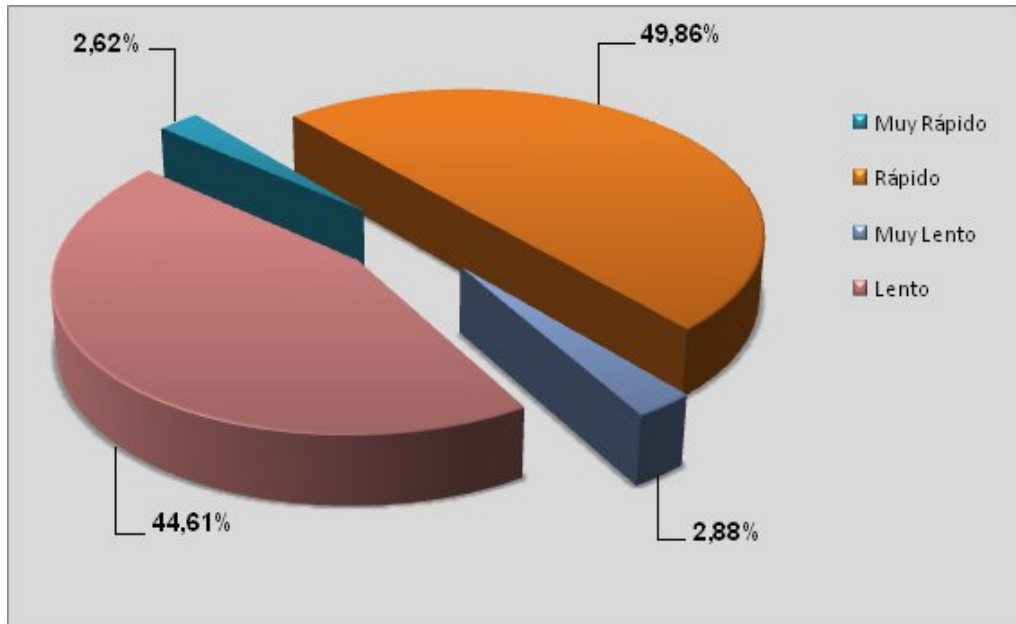
TOTAL	381	100,00%
--------------	------------	----------------



Debido al gran porcentaje de personas que cuentan con el servicio de internet y dado cada una de sus actividades más frecuentes, se encontró que el 78,74% (300 personas) de los encuestados, navegan más de 8 horas dentro de la semana o el fin de semana, seguido por el 11,81% (45 personas), que durante la semana navegan de 6 a 8 horas, posteriormente, se encuentra un 6.56% (25 personas) que navegan de 4 a 6 horas durante el fin de semana, y finalmente un 2,88% (11 personas), que navegan de 2 a 4 horas de lunes a viernes.

De lo anterior, se puede entender, que el uso frecuente de internet, demanda que las empresas proveedoras de los servicios de telecomunicaciones, cuenten con una gran velocidad de ancho de banda, que satisfaga las necesidades reales y actuales de sus clientes.

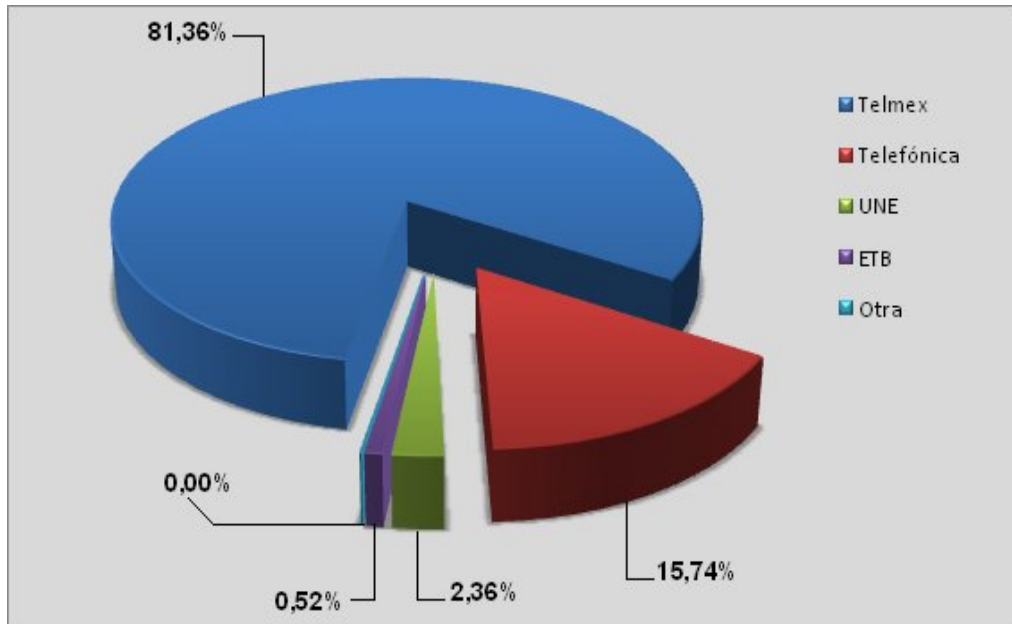
7. ¿Cómo considera el tipo de internet que posee actualmente?		
Muy Rápido	10	2,62%
Rápido	190	49,86%
Muy Lento	11	2,88%
Lento	170	44,61%
TOTAL	381	100,00%



El 49,86% (190 personas) de los encuestados, creen que el internet que poseen actualmente, es rápido; comparado con el 44,61% (170 personas), que consideran que su internet es lento, seguido por un 2,88% (11 personas), que lo consideran muy rápido y otro 2,62% (10 personas), que lo consideran muy lento.

Lo cual sugiere, que se debe ahondar en la modernización y creación de nuevas plataformas de redes de comunicaciones, que permitan que el ancho de banda que se le entregue a un usuario este en la escala de muy rápido, es decir, pasar de velocidades o tasas de bajada de 2.000Kbit/s, 4.000Kbit/s, 8.000Kbit/s, 20.000Kbit/s y velocidades de subida de 350Kbit/s, 400Kbit/s y 1.000Kbit/s, a tasas de 1.25 Gbit/s o 2.4 Gbit/s de bajada y tasas escalables de subida desde 155 Mbit/s hasta 2,4 Gbit/s.

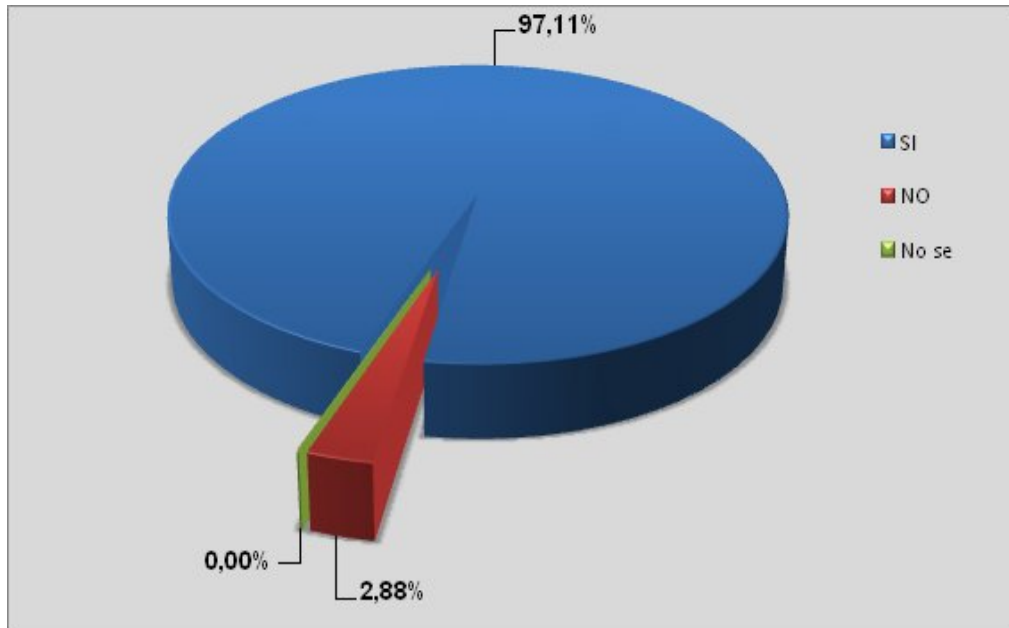
8. Que tipo de empresa le presta el servicio de internet		
Telmex	310	81,36%
Telefónica	60	15,74%
UNE	9	2,36%
ETB	2	0,52%
Otra	0	0,00%
TOTAL	381	100,00%



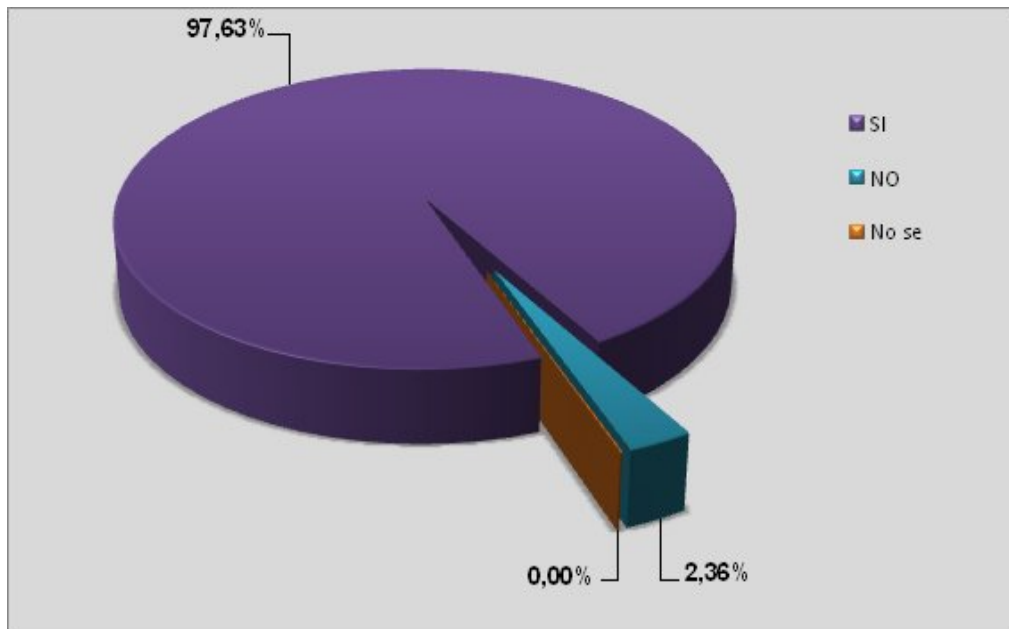
Un total de 310 personas (81,36%) de las encuestadas, dijo que la empresa Telmex, es la encargada de suministrarle el servicio de internet, seguido por un 15,74% (60 personas), de la empresa Telefónica, un 2,36% (9 personas), de la empresa UNE y finalmente un 0,52% (2 personas) de la empresa ETB.

Lo anterior, nos da entender, que los usuarios prefieren que su servicio de internet, sea suministrado, por la empresa Telmex, ya que al ser la única empresa, con contar actualmente con un internet de banda ancha de 20 Megas, esto la convierte en una de las opciones mas adecuadas para satisfacer la demanda de los usuarios.

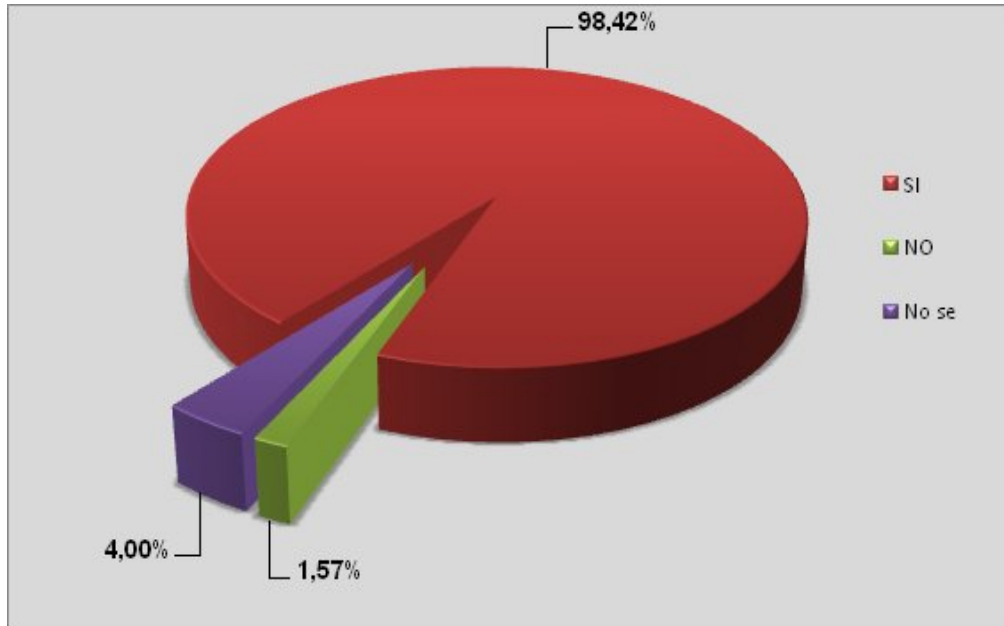
9. ¿Sabe usted que es un servicio triple play?		
SI	370	97,11%
NO	11	2,88%
No se	0	0,00%
TOTAL	381	100,00%



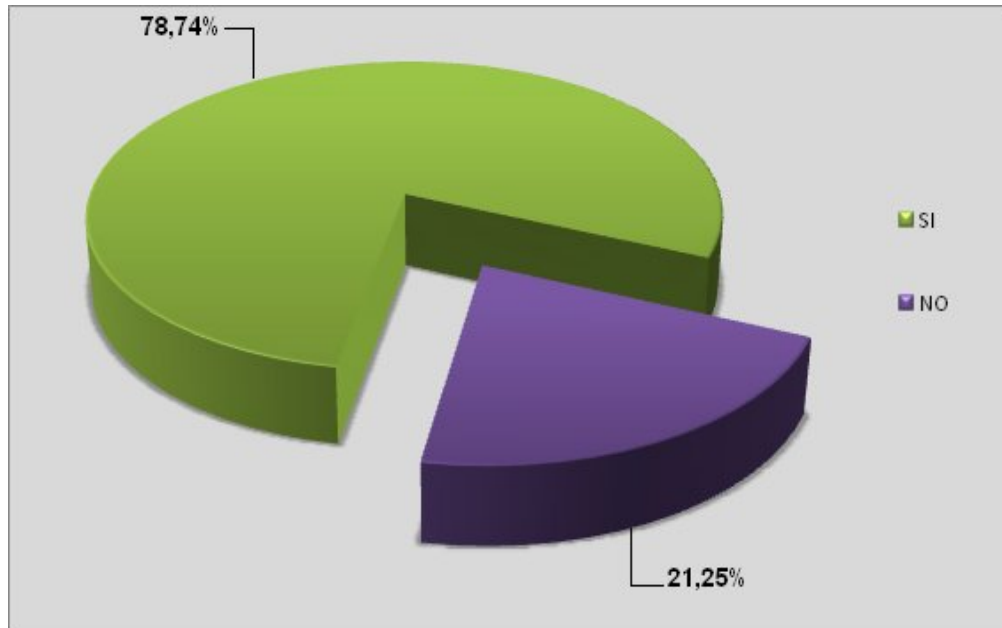
10. ¿Cuenta usted con el servicio de televisión avanzada?		
SI	372	97,63%
NO	9	2,36%
No se	0	0,00%
TOTAL	381	100,00%



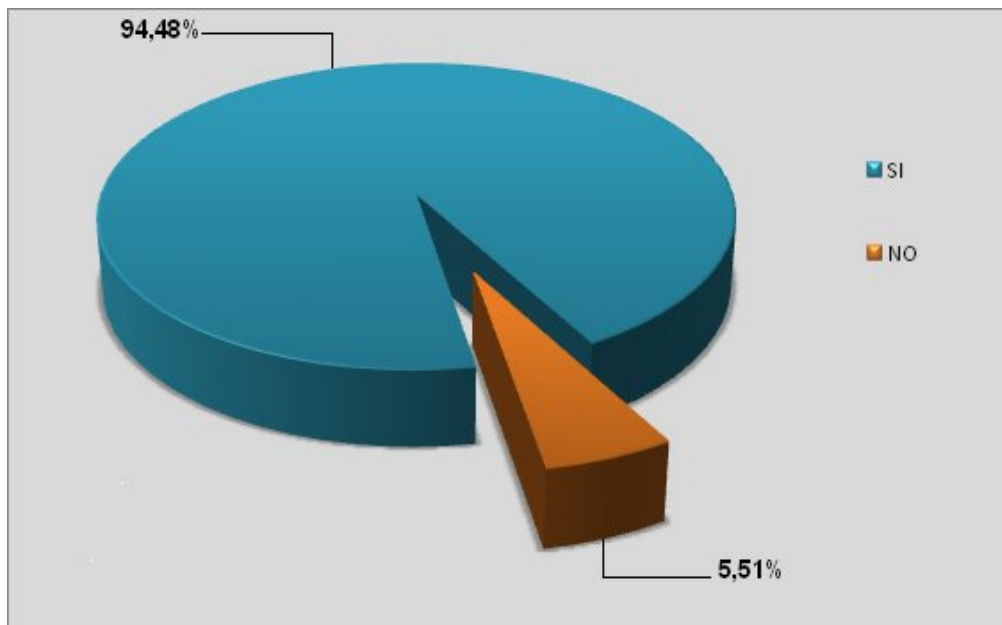
11. Actualmente posee en su hogar un servicio triple play?		
SI	375	98,42%
NO	6	1,57%
No se	2	4,00%
TOTAL	381	100,00%



12. ¿Tiene usted actualmente el servicio de televisión de alta definición (HDTV)?		
SI	300	78,74%
NO	81	21,25%
TOTAL	381	100,00%



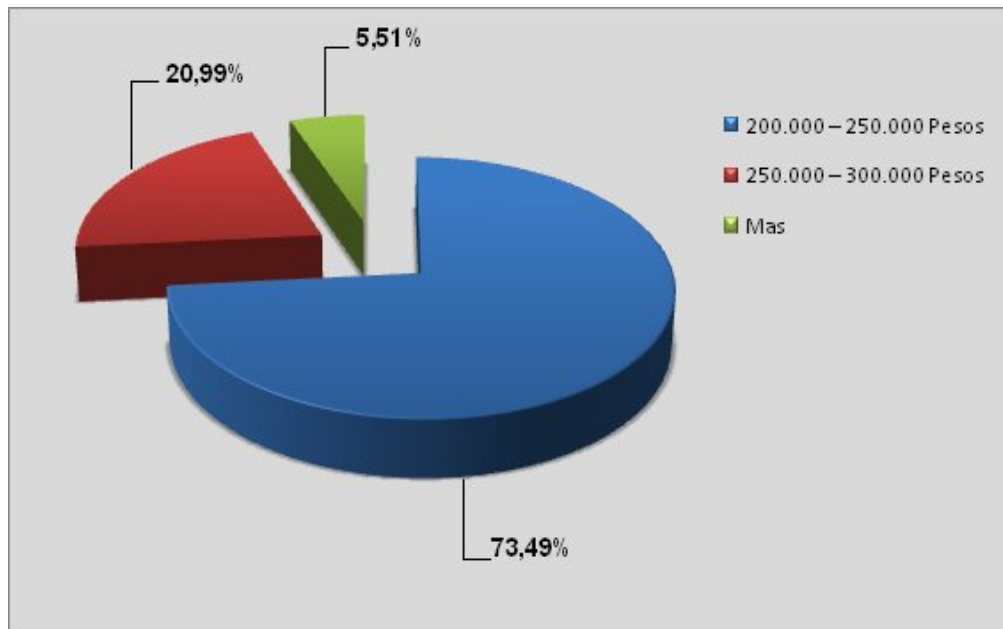
13. ¿Sabe usted que es el servicio de PPV (Pague Por Ver)?		
SI	360	94,48%
NO	21	5,51%
TOTAL	381	100,00%



De la pregunta 9 a la 13, la encuesta permitió identificar, que alrededor del 93,00% (354 personas) de los encuestados, tienen conocimientos sobre los actuales servicios de telecomunicaciones, y además, en su gran

mayoría, ellos cuentan con estos servicios. Por consiguiente, para que estos servicios sean aprovechados a plenitud por cada uno de los usuarios, las empresas prestadoras de dichos servicios, tienen como función implementar redes mucho más veloces, eficientes, escalables y flexibles; que estén acorde a la tendencia actual del mundo de las telecomunicaciones.

14. ¿Cuanto paga mensualmente, por el servicio de televisión, telefonía e internet?		
200.000 – 250.000 Pesos	280	73,49%
250.000 – 300.000 Pesos	80	20,99%
Mas	21	5,51%
TOTAL	381	100,00%



En la actualidad, el 73,49% (280 personas), de los usuarios encuestados, están pagando mensualmente, entre 200.000 y 250.000 pesos por el servicio de internet, telefonía y televisión, seguido por un 20,99% (80 personas), que pagan mensualmente, entre 250.000 y 300.000 pesos y finalmente un 5,51% (21 personas), que mensualmente, están pagando mas de 300.000 pesos.

Cifras que reflejan, que actualmente, en la localidad de Chapinero del barrio Chicó, para un servicio triple play se puede estar pagando alrededor de 200.000 y 250.000 pesos.

10.3.1.2. Teoría de resultados de la encuesta

Teniendo en cuenta la información obtenida con el instrumento de recolección de datos, podemos inferir lo siguiente:

1. Hoy en día, la demanda de servicios de internet, es cada vez mayor por parte de los usuarios de las redes de comunicaciones, que emplean el internet, para realizar y agilizar cada una de funciones y labores, y así, formar parte de la sociedad de la información.
2. La sociedad de la información, en la que vivimos actualmente, demanda, que las redes de comunicaciones, sean muchos más veloces, eficientes escalables y flexibles, en donde se trabaje todo sobre una única plataforma que de transporte a todos los tipos de servicios; y así, satisfacer cada una de las necesidades reales y actuales de los usuarios.
3. Las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, deben profundizar en la modernización y creación de nuevas plataformas de comunicaciones, con el fin de garantizar, que los usuarios cuenten con un mayor ancho de banda, es decir, pasar de velocidades de bajada de 2.000Kbit/s o 20.000Kbit/s, a velocidades de bajada de 1.25 Gbit/s o 2.4Gbit/s.

10.4. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE FABRICANTES, DESARROLLADORES Y PROVEEDORES A NIVEL MUNDIAL

Para observar las consideraciones técnicas de fabricantes, desarrolladores y proveedores de la tecnología GPON a nivel mundial (ver parte general de anexos).

Igualmente, por medio de estas consideraciones técnicas, lo que se quiere dar a entender, es que la tendencia actual en la mayoría de los países del mundo consiste en la implementación de redes FTTH, en las cuales, la tecnología GPON, es la que se esta imponiendo; motivo por el cual, las empresas colombianas y extranjeras de telecomunicaciones, deben optar por implementar redes muchos mas veloces, flexibles, escalables y eficientes, que sean implementadas sobre una única plataforma; para así,

permitir que se pueda transportar todos los servicios de telecomunicaciones, que actualmente demandan los usuarios. Y así, estar a la vanguardia del mundo de las telecomunicaciones y de los avances y adelantos tecnológicos.

10.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

A la hora de realizar la implementación de una red de comunicaciones (HFC o GPON), el factor económico, juega un papel muy importante; ya que éste, nos permitirá identificar el costo de los elementos en la red de acceso y en la red del usuario; es decir, nos permitirá identificar el costo de los dispositivos de red (Ver tabla 2).

Tabla 2. **Características económicas de los dispositivos de red de GPON y HFC.** ^[18]

	Descripción	Valor Unitario (Dólares)	Valor Total (Pesos)
GPON	➤ OLT	US\$1800	363369,6
	➤ ONU/ONT	US\$ 250	504680
	➤ Splitter	US\$ 90	172800
	➤ Unidad Óptica de Usuario	US\$ 350	672000
HFC	➤ Decodificador de Televisión (Set Top Box)	US\$ 50	100936

	➤ Cable Modem	US\$ 100	201872
--	---------------	----------	--------

Fuente: Autor.

La comparación económica de los dispositivos de red GPON contra HFC es ampliamente favorable a HFC en cuanto a la implementación se refiere, pero, debido a que las actuales exigencias de los usuarios, es tener un mayor ancho de banda en las redes de comunicaciones, la red GPON, se convierte en la opción de inversión futurista mas adecuada, y esto se debe a:

1. Capacidad de integrar en una única infraestructura, los servicios de voz, datos, satelitales y de TV.
2. La red GPON requiere menos mantenimiento que una red HFC; ya que, al estar basada en una planta exterior óptica completamente pasiva, la planta de fibra, va a requerir un menor mantenimiento que una planta de cobre.
3. Las empresas proveedoras y prestadoras de los servicio de telecomunicaciones, deben prever el crecimiento de servicios y de usuarios, por lo que, el implementar redes GPON, será una de las soluciones para ser competitivas en el futuro.
4. La fibra óptica posee un ilimitado ancho de banda y una larga vida, lo que le garantiza un gran crecimiento hacia el futuro en la implementación de las redes de comunicaciones, y por ende, la convierte en un excelente producto de negocio en el mercado de las telecomunicaciones.

Además, es de suma importancia saber, que al realizar, la investigación del aspecto económico, se encontraron una serie de inconveniente, con respecto a la información suministrada por los proveedores de redes GPON,

debido a que el suministro de información sobre el despliegue e implementación de la red es muy confidencial; es por esto, que el análisis económico, ha sido enfocado, al costo de los dispositivos de red y de tarificación para los usuarios, que en ultima creo, son las características que le importan a los usuarios para decidir elegir o no elegir un producto.

10.6. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DE PROVEEDORES A NIVEL MUNDIAL

Para brindar un análisis económico, sobre como seria la oferta tarifaria y de servicios, que los usuarios pueden contar con las redes GPON, se tomo como ejemplo la oferta tarifaria que la empresa telefónica les presta a sus usuarios en el país de España. (Ver parte general de anexos)

Del análisis anterior, se entiende, que para estar a la vanguardia del mundo de las telecomunicaciones y de los avances y adelantos tecnológicos, las empresas de telecomunicaciones colombianas y extranjeras, deben optar por implementar redes muchos mas veloces, en donde se trabaje todo sobre una única plataforma y que el medio de transmisión sea la fibra óptica; ya que la tendencia actual en la mayoría de países del mundo consiste en la implementación de redes FTTH, en donde la tecnología de redes GPON, es la que mayor favorece y se esta imponiendo en el mercado por su gran ancho de banda, flexibilidad y escalabilidad.

Factores, que son de amplia demanda, para la sociedad de la información en la que nos movemos hoy en día; por lo que, las empresas de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá y en el territorio colombiano, deben garantizar que los usuarios cuenten con un mayor ancho de banda, es decir, pasar de suministrar velocidades o tasas de transferencia de bajada de 2.000Kbit/s o 20.000Kbit/s, a velocidades o tasas de transferencia de bajada de 1.25 Gbit/s o 2.4Gbit/s. Y por consiguiente, se suple, la constante demanda de una mayor velocidad en las redes de comunicaciones, y se permite que los usuarios puedan aprovechar al 100% los usos y beneficios, de los actuales servicios de telecomunicaciones

Igualmente, el implementar una plataforma de redes de comunicaciones GPON, en la ciudad de Bogotá, permitirá que las empresas de telecomunicaciones, cuenten con una infraestructura de red flexible y escalable, debido a que la tecnología GPON, permite configurar las tasas o velocidades de transferencia, dependiendo el tipo de escenario (FTTH, FTTB, FTTC Y FTTCAB), en que se desenvuelva, lo que hace que la administración y prestación del servicio por parte de la empresa sea más eficiente y que el usuario cuente con un mejor servicio.

Por otra parte, este tipo de redes, además de suministrar al usuario final grandes velocidades y buenos servicios, demanda, que las empresas de telecomunicaciones, realicen un incremento en su oferta tarifaria; el cual, es el precio que los usuarios deben pagar por contar con un mayor ancho de banda en las redes de comunicaciones.

CONCLUSIONES

- La sociedad de la información, en la que vivimos hoy en día, ha hecho que la manera en que nos comunicamos y trabajamos este cambiando muy rápidamente, ya que actualmente, los usuarios de las redes de comunicaciones, exigen, a las empresas de telecomunicaciones, mayores contenidos y nuevos servicios, que les garanticen poder acceder a la información de una forma más rápida, y así, realizar, sus trabajos y funciones, lo mas eficientemente.
- La tendencia actual del mundo de las redes de telecomunicaciones, nos lleva a considerar el uso o implementación de redes muchos más veloces, como las redes GPON, en donde se trabaja todo sobre una única plataforma y se da transporte a todo tipo de información y servicios, por medio, de la fibra óptica; pasando así, del tradicional cable coaxial a la fibra óptica hasta el hogar (FTTH), es decir, lo que se busca actualmente, es lograr que toda la infraestructura de redes de comunicaciones, sea de fibra óptica y disminuir la cantidad de dispositivos activos. Y frente a estas necesidades, GPON, es la opción mas adecuada.
- Por medio de la realización de este documento, se dio a conocer y a entender, que actualmente, la demanda de un mayor ancho de banda por parte de los usuarios de las redes de comunicaciones, junto con la nueva generación de servicios y aplicaciones telemáticas, ha provocado una gran evolución en la infraestructura de las redes de telecomunicaciones. Y para que las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, en la ciudad de Bogotá, puedan satisfacer la masiva demanda de un mayor ancho de banda por parte de los usuarios residenciales y empresariales; deben optar, por implementar o desplegar infraestructuras de redes GPON.
- GPON, al ser un tipo de red de muy alta capacidad que brinda todo tipo de servicio de telecomunicaciones, por medio de una red de fibra

totalmente pasiva, promete ser una gran opción económica y tecnológica en la ciudad de Bogotá; ya que, la implementación de redes ópticas pasivas como GPON, requieren menos coste en los mantenimientos de infraestructura de red y permite que los usuarios cuenten con un mayor ancho de banda.

- La factibilidad del hecho de implementar redes como GPON en la ciudad de Bogotá es muy alta, debido a que hoy por hoy, los usuarios de las redes de comunicaciones en la localidad de Chapinero del barrio Chicó, demanda un mayor ancho de banda y contar con todos los servicios de telecomunicaciones, que actualmente existen en el mercado; esto, se pudo comprobar, mediante la encuesta que se realizó a los habitantes de este sector.
- Entonces, en nuestros tiempos todo depende de la ciencia y la tecnología, no dejando de lado el impacto con los procesos comunicacionales del individuo; permitiendo así una interrelación (ciencia, tecnología y hombre), en la que los seres humanos aprendan a manejar lo tecnológico y científico para su servicio y bienestar.

GLOSARIO

APON: red óptica pasiva de modo de transferencia asíncrono (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).

ATM: modo de transferencia asíncrono (Asynchronous Transfer Mode).

BPON: red óptica pasiva de banda ancha (Broadband Passive Optical Network).

CATV: televisión por cable (Community Antenna Television).

CM: cable Modem.

DSL: línea del Subscriptor Digital.

EPON: red óptica pasiva de ethernet (Ethernet Passive Optical Network).

ETHERNET: estándar de transmisión de datos para redes de área local.

FSAN: red de acceso multiservicio (Full Service Access Network).

FTTB/C: fibra al edificio/a la acometida (fibre to the building/curb).

FTTCab: fibra al armario (fibre to the cabinet).

FTTH: fibra a la vivienda (fibre to the home).

GPON: red óptica pasiva con capacidad de gigabits (Gigabit-capable Passive Optical Network).

HFC: híbrido Fibra Coaxial (Hybrid Fibre Coaxial).

NF: nodo Final.

NP: nodo Primario.

NT: terminación de red (Network Termination).

OAN: red óptica de acceso (Optical Access Network).

ODN: red de distribución óptica (Optical Distribution Network).

OLT: terminación de línea óptica (Optical Line Termination).

ONT: terminación de red óptica (Optical Network Termination).

ONU: unidad de red óptica (Optical Network Unit).

PON: red óptica pasiva (Passive Optical Networks).

PTR: punto de Terminación de Red.

SNI: interfaz de nodo de servicios (Service Node Interface).

STB: decodificador de televisión (Set Top Box).

TDM: multiplexación por división de tiempo (Time Division Multiplexing).

UIT: unión Internacional de Telecomunicaciones.

UIT-T: unión Internacional de Telecomunicaciones – sector Telecomunicaciones.

UNI: interfaz usuario-red (User Network Interface).

USB: bus universal en serie (Universal Serial Bus).

UTP: par trenzado no apantallado (Unshielded Twisted Pair).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Informe sobre las tecnologías de acceso para las comunicaciones de banda ancha, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006, itu.int, Internet: <http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.20.1-2006-PDF-S.pdf>
- [2] Nacimiento de la banda ancha, Unión Internacional de Telecomunicaciones, septiembre de 2003, itu.int, Internet: <<http://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq-es.html>>
- [3] HERRERA PÉREZ. Enrique. Tecnología y redes de transmisión de datos. México: Limusa, 2003. 312 p. (ISBN 968-18-6383-6)
- [4] ESPAÑA BOQUERA. María Carmen. Servicios avanzados de telecomunicación. España: Díaz de Santos, 2003. 816 p. (ISBN 89-7978-607-8)
- [5] HUIDOBRO MOYA. José Manuel. MILLÁN TEJEDOR. Ramón J. y ROLDAN MARTÍNEZ. David. Tecnologías de telecomunicaciones. Creaciones Copyright, 2005. 552 p.
- [6] Estructura de los cables de fibra óptica, mec.es, Internet: <<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-6.htm>>
- [7] HFC: Redes Híbridas de Fibra Óptica y Cable Coaxial, slideshare, 2009, slideshare.net, Internet: <<http://www.slideshare.net/guest754d6ab/redes-hibridas-de-fibra-ptica-y-cable-coaxial>>
- [8] Sistemas Híbridos. FO – HFC, Stephanie Martínez Duque y Germán Adolfo Hincapié Álvarez, 2008, udea.edu.co, internet: <<http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC.pdf>>

[9] Manual de Usuario TV Empresarial UNE, UNE, [une.com.co](http://www.une.com.co), internet:<http://www.une.com.co/empresas/images/productos/television/manual_de_usuario_tv_empresarial.pdf>

[10] Cable Modem, crazytechsite, crazytechsite.com, Internet: <http://crazytechsite.com/webstar_voip_dpx2203_back.jpg>

[11] PON (Passive Optical Networks, Telnet – Redes Inteligentes, telnet-ri.es, Internet: <<http://www.telnet-ri.es/index.php?id=279>>

[12] ITU-T “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics”, ITU-T Recommendation G.984.1, Marzo 2003.

[13] ITU-T “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification”, ITU-T Recommendation G.984.2, Marzo 2003.

[14] ITU-T “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission Convergence (TC) layer specification”, ITU-T Recommendation G.984.2, Marzo 2003.

[15] GPON, Wikitel, wikitel.info, Internet:<http://es.wikitel.info/wiki/Imagen:AXS1800_MD_US-EN.jpg>

[16] ONU/ONT, ixbt, ixbt.com, Internet: <<http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon/onu-634ha.jpg>>

[17] REYES CÓRDOBA. David Enrique Tabla I

[18] REYES CÓRDOBA. David Enrique. Tabla II

[19] Presentan el primer analizador GPON europeo, eurekaalert, abril 8 de 2009, eurekaalert.org,

Internet:<http://www.eurekalert.org/pub_releases_ml/2009-04/aaft-u040809.php>

[20] FTTx: La Demanda por Velocidad, David López, 2009, conelectronica.com, Internet: <<http://www.conelectronica.com/fttx-y-ftth/fttx-la-demanda-por-velocidad>>

[21] Tendencias hacia las redes ópticas, udlap, udlap.com, Internet:<http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meie/jimenez_p_il/capitulo2.pdf>

[22] GPON (Gigabit Passive Optical Network), Ramón Jesus Millan Tejedor, enero de 2008, ramonmillan.com, Internet:<<http://www.ramonmillan.com/documentos/gpon.pdf>>

[23] GPON – Gigabit Passive Optical Network, William Murillo, diciembre 2 de 2006, wordpress.com, Internet:<<http://williammurillo.wordpress.com/2006/12/02/gpon-gigabit-passive-optical-network/>>

[24] B. Mukherjee, Optical Communication Networks, Editorial McGraw-Hill, New York, 1997.

[25] FTTH Council. ftthcouncil.org. Internet: <<http://www.ftthcouncil.org>>

[26] Historia de las telecomunicaciones, scribd, julio 30 de 2009, scribd.com, Internet:<<http://www.scribd.com/doc/17853750/Historia-de-Las-Telecomunicaciones>>