



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**

EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO:

**Análisis del proceso de migración de las redes HFC a redes GPON –
FTTH en la calidad del servicio de televisión digital para las
principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador**

AUTOR:

Guillén Báez Sergio Fernando

**Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Romero Rosero Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Sergio Fernando Guillén Báez**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**.

TUTOR

Carlos Bolívar Romero Rosero

DIRECTOR DE LA CARRERA

Armando Heras Sánchez

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2015



UNIVERSIDAD CÁTOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

Yo, Sergio Fernando Guillén Báez

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación **Análisis del proceso de migración de las redes HFC a redes GPON – FTTH en la calidad del servicio de televisión digital para las principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador** previa a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este es un tema de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referida.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2015

EL AUTOR

Sergio Fernando Guillén Báez



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Sergio Fernando Guillén Báez

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis del proceso de migración de las redes HFC a redes GPON – FTTH en la calidad del servicio de televisión digital para las principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de febrero del año 2015

EL AUTOR

Sergio Fernando Guillén Báez

AGRADECIMIENTO

Primeramente comienzo agradeciendo a mi familia, ya que los valores y educación se va formando desde el hogar. Les doy gracias por los esfuerzos económicos y el tiempo dedicado a quien hoy en día está por obtener el título universitario de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Agradezco a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por abrir sus puertas a tan ilustre institución académica y permitir formarme para ser un futuro profesional. Al Rector Mauro Toscanini Segale principal autoridad del plantel; al Decano de la Facultad Técnica para el Desarrollo, Ingeniero Manuel Romero Paz y el Director Académico, Ingeniero Armando Heras Sánchez.

El presente Trabajo de Titulación se alcanzó gracias al profesor y tutor, Ingeniero Carlos Romero Rosero quien presto todo su tiempo y oriento en todo el proceso del trabajo, haciendo posible la finalización del mismo.

Continúo dando las merecidas gracias a los profesores, quienes son los que transmiten a través de las aulas sus conocimientos. Los cuales nos servirán para desenvolvemos en nuestro desempeño como profesionales.

Sergio Fernando Guillén Báez

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado mi madre, ya que desde niño me guío y oriento para posteriormente ya ser casi un profesional. A lo largo de los años me impartió sus enseñanzas, la primera escuela que se asiste es el hogar, por lo que puedo decir que tengo las mejores enseñanzas del mismo. Mi madre ha estado en todo momento sin importar la situación y si hoy estoy por obtener un título profesional es gracias a ella. Sus constantes desvelos y cuidados lograron formar un hombre, próximo a ser un profesional con la capacidad de desenvolverse en el mundo real. Profesionales podrán existir muchos, pero antes que profesional hay que ser humano, y eso lo logré con los valores que fueron impartidos por mi madre.

Gracias querida mamá por todo lo que me has dado, es por eso que este trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones es para ti.

Sergio Fernando Guillén Báez



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CALIFICACIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1.1 Hecho científico | 15 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 15 |
| 1.3 Justificación del tema | 16 |
| 1.4 Objetivos | 17 |
| 1.4.1 Objetivo general | 17 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 17 |
| 1.5 Hipótesis | 18 |
| 1.6 Tipo de investigación | 18 |
| 1.7 Metodología | 18 |

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1 Antecedentes | 19 |
| 2.2 Red de acceso | 20 |
| 2.3 Partes de la red de acceso | 20 |
| 2.4 Redes de acceso cableadas | 21 |
| 2.4.1 Redes de acceso por cobre | 21 |
| 2.4.2 Redes de acceso por fibra óptica | 22 |
| 2.4.3 Cable modem | 24 |
| 2.4.4 Packetcable | 26 |
| 2.4.5 HFC | 27 |
| 2.4.6 PLC | 28 |
| 2.5 Tecnologías xDSL | 29 |
| 2.6 Tipos de fibra óptica | 31 |
| 2.6.1 Fibra Monomodo | 31 |
| 2.6.2 Fibra Multimodo | 32 |
| 2.7 Topología de la red por fibra óptica | 33 |
| 2.7.1 Conexión punto a punto | 33 |
| 2.7.2 Conexión punto a multipunto | 34 |
| 2.7.2.1 Arquitectura en estrella | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.7.2.2 Arquitectura en bus | 35 |
| 2.7.2.3 Arquitectura en anillo | 36 |
| 2.8 Redes PON | 37 |
| 2.8.1 Elementos de la red PON | 38 |
| 2.8.1.1 OLT..... | 39 |
| 2.8.1.2 ONT | 40 |
| 2.8.1.3 Divisores ópticos..... | 41 |
| 2.9 Arquitecturas PON | 42 |
| 2.9.1 Arquitectura APON | 42 |
| 2.9.2 Arquitectura BPON | 43 |
| 2.9.3 Arquitectura EPON | 44 |
| 2.9.4 Arquitectura GPON..... | 45 |
| 2.9.5 Comparación de las arquitecturas GPON..... | 47 |
| 2.10 Redes FTTx..... | 48 |
| 2.10.1 FTTN | 49 |
| 2.10.2 FTTC | 49 |
| 2.10.3 FTTB | 50 |
| 2. 10.4 FTTH..... | 50 |
| 2.11 IPTV | 51 |
| 2.12 La television digital..... | 52 |
| 2.13 Principios básicos de la televisión digital | 53 |
| 2.13.1 Proceso de digitalización..... | 54 |
| 2.13.2 Proceso de codificación..... | 54 |
| 2.13.3 Proceso de compresión..... | 55 |
| 2.13.4 Proceso de modulación..... | 56 |
| 2.14 Estándares de la televisión digital..... | 57 |
| 2.14.1 DVB..... | 58 |
| 2.14.2 ATSC..... | 59 |
| 2.14.3 ISDB | 60 |
| 2.15 Definición de variables..... | 62 |

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

| | |
|--|-----|
| 3.1 Análisis de la red HFC para televisión digital | 63 |
| 3.1.1 Análisis en los nodos | 65 |
| 3.1.2 Análisis de la canalización | 66 |
| 3.1.3 Análisis en los armarios..... | 68 |
| 3.1.4 Análisis en los equipos terminales | 69 |
| 3.1.4 Características técnicas de la red HFC | 72 |
| 3.1.5 Características del servicio de televisión digital | 72 |
| 3.2 Análisis de la red de fibra óptica para televisión digital | 74 |
| 3.2.1 Análisis en los nodos | 76 |
| 3.2.2 Análisis en la canalización | 76 |
| 3.2.3 Análisis en los armarios..... | 77 |
| 3.2.3 Análisis en los postes | 78 |
| 3.2.4 Análisis en los equipos terminales | 80 |
| 3.2.5 Características técnicas de la red GPON – FTTH..... | 82 |
| 3.2.6 Análisis de los estados de pérdida..... | 83 |
| 3.3 Evaluación económica de la migración de la red HFC a GPON – FTTH | 85 |
| 3.4 Análisis de los factores que inciden en la transmisión de la televisión digital | 89 |
| 3.4.1 Factores que inciden en la transmisión de TV HD por red HFC | 89 |
| 3.4.2 Factores que inciden en la transmisión de TV HD por red GPON-FTTH | 90 |
| 3.4.5 Procedimientos a seguir para la migración de la red HFC a GPON - FTTH | 91 |
| | |
| CAPÍTULO 4 | |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 4.1 Análisis de resultados..... | 93 |
| 4.2 Conclusiones | 94 |
| 4.3 Recomendaciones..... | 95 |
| | |
| Glosario..... | 96 |
| Bibliografía..... | 102 |
| Anexos..... | 104 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Tipos de xDSL simétrico | 30 |
| Tabla 2.2 Tipos de xDSL asimétrico | 30 |
| Tabla 2.3 Comparación de tecnologías PON | 48 |
| Tabla 2.4 Definición de la variable dependiente..... | 62 |
| Tabla 2.5 Definición de la variable independiente..... | 62 |
| Tabla 3.1 Capacidad de usuarios en los nodos..... | 65 |
| Tabla 3.2 Decodificadores HD..... | 70 |
| Tabla 3.3 Diferencia entre los codificadores HD..... | 71 |
| Tabla 3.4 Características de la red HFC..... | 72 |
| Tabla 3.5 Características del servicio de TV HD brindada por TVCABLE..... | 73 |
| Tabla 3.6 Paquetes de canales HD de TVCABLE..... | 73 |
| Tabla 3.7 Características de los nodos ubicados en Guayaquil | 76 |
| Tabla 3.8 Características de las cajas de dispersión óptica..... | 79 |
| Tabla 3.9 Características de las redes GPON - FTTH | 83 |
| Tabla 3.10 Pérdida de los elementos de la red GPON - FTTH..... | 84 |
| Tabla 3.11 Pérdida de la relación de splitters..... | 84 |
| Tabla 3.12 Precio de los elementos de un nodo principal..... | 86 |
| Tabla 3.13 Costo del cable de fibra óptica..... | 87 |
| Tabla 3.14 Costos de los splitters..... | 88 |
| Tabla 3.15 Costos de las ONTs por Planet Technology Corporation | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Cable de acceso por cobre | 22 |
| Figura 2.2 Estructura del cable de fibra óptica | 24 |
| Figura 2.3 Esquema de una red de acceso por cable modem..... | 25 |
| Figura 2.4 Esquema de red conectando a los usuarios por PacketCable | 26 |
| Figura 2.5 Esquema de una red HFC | 27 |
| Figura 2.6 Esquema de una red PLC..... | 29 |
| Figura 2.7 Conexión directa de la OLT con los ONT..... | 33 |
| Figura 2.8 Esquema de la arquitectura en estrella..... | 35 |
| Figura 2.9 Esquema de la arquitectura en bus..... | 36 |
| Figura 2.10 Esquema de la arquitectura en anillo | 37 |
| Figura 2.11 Esquema de una red PON | 38 |
| Figura 2.12 Arquitectura de red APON | 43 |
| Figura 2.13 Esquema de red EPON | 45 |
| Figura 2.14 Esquema de red GPON | 47 |
| Figura 2.15 Familia de las redes FTTx | 51 |
| Figura 3.1 Arquitectura de la red HFC..... | 64 |
| Figura 3.2 Esquema de canalización con cámara de registro..... | 66 |
| Figura 3.3 Vista superior de cámara de registro | 67 |
| Figura 3.4 Armarios de TVCABLE y CLARO | 68 |
| Figura 3.5 Armario abierto de TVCABLE | 69 |
| Figura 3.6 Arquitectura de redes GPON-FTTH..... | 75 |
| Figura 3.7 Armario óptico que utiliza CNT EP | 78 |
| Figura 3.8 Caja de dispersión óptica | 79 |
| Figura 3.9 Esquema de conexión de equipos terminales | 80 |
| Figura 3.10 Roseta óptica..... | 81 |
| Figura 3.11 ONT que se ocupa en el hogar..... | 81 |
| Figura 3.12 Router GPON..... | 82 |

INTRODUCCIÓN

La constante búsqueda de mejorar la calidad de la comunicación ha hecho que el hombre se encuentre en una evolución tecnológica.

Esta evolución surgió desde las señales de humo que fue el primer medio de comunicación entre los habitantes de la respectiva época. Continuando con los avances de la evolución siguió telégrafo, teléfono, radio, televisión y continuamos con computadoras, celulares, laptops.

Siguiendo la línea anteriormente descrita, el medio de transmisión por el cual se propagan las señales o la información que queremos transmitir, así mismo han estado evolucionando. Desde hace varios años el medio de transmisión que utilizan las compañías de telecomunicaciones es el cable de cobre. Por medio de la red de cobre se transmiten voz y datos, servicio al cual se denomina “Triple-Play”; porque contiene los servicios de telefonía fija, internet banda ancha y televisión por cable.

El cable de cobre ha logrado satisfacer los servicios demandados por los usuarios, pero así mismo la evolución continua y aparecieron el sistema satelital y el sistema de fibra óptica. Por el sistema satelital no vamos a entrar en detalles; pero el sistema de fibra óptica son las bases para el Trabajo de Titulación. La fibra óptica transporta las señales a transmitir por medio de un haz de luz, es por ello que la velocidad de transmisión de datos supera a la que es transmitida por un cable de cobre.

Los servicios entregados por las compañías también van cambiando, por ejemplo hace hasta unos 5 años podíamos contar con un ancho de banda no mayor a 1 Mb. En

la actualidad la base son 2 .35 Mb, así mismo el servicio de televisión por cable ya no es el único, ya que existe la opción de televisión digital por cable.

El país ecuatoriano ha planificado el apagón analógico para el año 2016, el cual los televisores normales no podrán funcionar ya que se abrió paso a la digitalización de la información. Para la propuesta de este trabajo, se plantea desplazar las redes de cobre; para ser sustituidas por redes de fibra óptica. La fibra óptica en los últimos ha comenzado a reemplazar al cobre en servicios de “Triple-Play”.

La propuesta del presente Trabajo de Titulación plantea, migrar las redes de cobre a la fibra óptica. De esta manera se aprovechará las velocidades de las transmisiones, así mismo incrementa el ancho de banda para la navegación de internet.

Con la propuesta planteada, se pretende crear un conjunto de procedimientos a seguir para seguir el proceso de migración. Las compañías dispuestas a cambiar su tipo de servicio se adaptarían a ellas, de tal manera que realizarían el cambio de la red; de cobre a fibra óptica.

A medida que pasa el tiempo se va innovando nuevas tecnologías, para posteriormente ser implementadas. Actualmente las principales compañías de telecomunicaciones en el Ecuador cuentan con los recursos para los cambios respectivos en la red, y la demanda por los usuarios que demandan la fibra óptica aún no supera a los que cuentan con el servicio de cable de cobre.

La temática del trabajo pretende envolver tanto a compañeros como profesores y futuros colegas, es un tema de interés en la comunidad de las telecomunicaciones.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Hecho científico

Baja calidad del servicio de Televisión Digital de la redes HFC por parte de las principales compañías ecuatorianas de Telecomunicaciones.

1.2 Planteamiento del problema

Las principales compañías de Telecomunicaciones en el Ecuador trabajan con las redes HFC para brindar servicios de telefonía fija, internet banda ancha y televisión por cable. De la misma manera existen otras compañías que operan utilizando la red de fibra óptica, con lo que han mejorado la calidad de los servicios debido a las características de la fibra óptica.

Formulación del problema:

¿Cómo contribuye la migración de las redes HFC a redes GPON - FTTH en la calidad de servicio de la televisión digital que brinda la red HFC, en las principales compañías ecuatorianas de Telecomunicaciones, actualmente?

1.3 Justificación del tema

Actualmente nos encontramos en un proceso de cambio, la tecnología va evolucionando dependiendo de las necesidades y la demanda que desarrollan los usuarios.

Partimos del hecho donde el cable de cobre va a ser desplazado por la fibra óptica en los próximos años.

La fibra óptica está en su apogeo dentro de nuestro país, Ecuador, dispone con uno de los mejores servicios; pero son limitadas las compañías que trabajan brindando servicio de “Triple-Play con fibra óptica.

El enfoque de este trabajo es en el servicio de televisión digital, donde este servicio si está disponible en otras empresas de telecomunicaciones dentro del país que trabaja con redes HFC; pero comparándolos con la fibra óptica, esta última supera todas las características del cable de cobre que es el acceso que conecta la red con el usuario. La fibra óptica tiene mejores velocidades de transmisión incluyendo mejoras en la calidad de servicio.

Hoy en día los usuarios se limitan en contratar el servicio de televisión digital a una compañía y esta, le vende el servicio aun utilizando la red cobre. Los beneficiarios directos de este trabajo son tanto los usuarios que demandan el servicio como las compañías que los venden. Los usuarios tendrán una mejoría en la calidad del servicio con fibra óptica y las compañías venderán un servicio más óptimo, manteniendo contentos a los usuarios que usan sus servicios.

Este tema contribuye a la comunidad de las Telecomunicaciones, tanto a profesores como alumnos de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones. Es un tema de interés corporativo y a la vez de usuario, se pretende informar a quien vende el servicio y a quien lo demanda.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Demostrar la contribución de la migración de las redes HFC a redes GPON - FTTH en la calidad del servicio de televisión digital, realizando un estudio teórico-técnico del servicio, para plantear los procedimientos a seguir en los principales operadores de televisión por cable en el Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar las características técnicas de la red HFC, particularmente para el servicio de televisión digital.
2. Analizar las características técnicas de la red GPON-FTTH, relacionándolo para el servicio de televisión digital.
3. Evaluar los factores económicos en la migración de la red HFC a la red GPON – FTTH para el servicio de televisión digital.
4. Describir los factores que afectan la transmisión de televisión digital de las redes HFC como de las GPON - FTTH para plantear los procedimientos a seguir en la migración de las redes HFC a las GPON - FTTH.

1.5 Hipótesis

Con la migración de las redes HFC a las GPON - FTTH se mejorará la baja calidad del servicio de televisión digital por cobre. Demostraremos que la transmisión, velocidades de transmisión y las características de la red de fibra óptica superan a la del cobre.

1.6 Tipo de investigación

El presente Trabajo de Titulación es una investigación aplicada, con enfoque temático teórico no experimental, ya que usaremos conocimientos y bases teóricas para la comparación de datos entre las redes HFC y GPON - FTTH. Además propondremos los procesos para la migración de la red de HFC a GPON - FTTH.

1.7 Metodología

Para el Trabajo de Titulación la metodología está basada en el método deductivo con un enfoque cuasi cuantitativo. Con la propuesta del trabajo que se tiene, se pretende corroborar lo que afirmamos en la hipótesis, es decir que la red GPON - FTTH supera a la HFC.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Las compañías de Telecomunicaciones se encargan de brindar servicios como son la telefonía fija, internet de banda ancha y televisión por cable, ya sea a empresas o personas. Los servicios parten de una central y tiene como destino llegar a los usuarios finales, y lo hace por medio de una red de acceso.

Las redes de acceso van hacer el medio por donde se propaguen la señales, y así como depende del medio, depende el costo. Los satélites son un medio de transmisión muy efectivo, pero tiene costos más elevados que el cable de cobre o la fibra óptica.

A lo largo del tiempo se ha utilizado al cobre como medio de acceso a los usuarios, el cual se ha ido mejorando con los años. Con la aparición de la fibra óptica, el aprovechamiento de su ancho de banda y sus velocidades de trasmisión, han comenzado a desplazar al cobre como acceso.

Desde hace ya varios años Ecuador adopto el estándar de televisión digital, las compañías que brindan televisión por cable se acogieron al estándar dando la opción de la televisión analógica y digital. Pero la digitalización del país está muy próxima, la televisión analógica va a desaparecer, es donde aparece la propuesta de utilizar como acceso a la fibra óptica para la transmisión de señales digitales de tv.

2.2 Red de acceso

Una red de acceso se puede definir como la sección que se encarga de comunicar los usuarios finales con el proveedor de servicio con la finalidad de transmisión de datos.

2.3 Partes de la red de acceso

La red de acceso está compuesta por:

1. El medio físico de transmisión:

- Cable coaxial
- Par de cobre
- Fibra óptica
- Espacio aéreo

2. Los equipos de Telecomunicaciones:

- Acceso DSL (Digital Subscriber Line)
- Acceso MSAN (Multi-Service Access Node)
- Acceso óptico
- Antenas
- Empalmes de par trenzado
- Empalmes de fibra óptica
- Cajas de distribución

(Cordova, 2012)

2.4 Redes de acceso cableadas

Las tecnologías cableadas son el medio físico por el cual se llevara la conexión desde un proveedor de servicios y el usuario final, dentro de los diferentes tipos de redes de acceso cableadas tenemos:

2.4.1 Redes de acceso por cobre

Los pares de cable de cobre fue la primera red de acceso utilizado en las Telecomunicaciones para servicio telefónico. Actualmente las compañías que brindan servicios de Telecomunicaciones añaden el servicio de datos y televisión por cable.

Una red de cobre parte de las centrales telefónicas y son repartidas por la ciudad, distribuidas por canalizaciones para llegar finalmente como destino a los abonados.

Los cables de la red de acceso de cobre son tradicionalmente negros, lo cual es una cubierta de plástico que envuelve a la malla metálica que a su vez recubre el aislante y el núcleo de cobre como se observa en la **Figura 2.1**

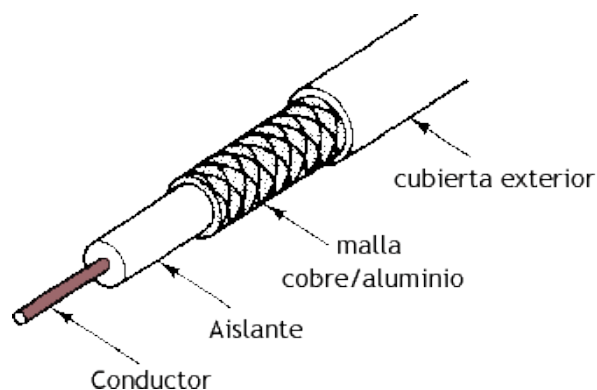


Figura 2.1 *Cable de acceso por cobre*

Fuente: (Plata, 2011)

Cuando las Operadoras Telefónicas quisieron brindar el servicio de internet a sus respectivos usuarios se dieron cuenta, que la red de acceso desplegada servía solo para satisfacer necesidades del servicio de voz. Las señales digitales no pueden ser transmitidas a grandes velocidades por el acceso de cobre, pero era la única red disponible por lo que se implementaron tecnologías xDSL (Digital Subscriber Line). (Casademont et.al, 2010)

2.4.2 Redes de acceso por fibra óptica

Con la finalidad de poder entregar mayor ancho de banda a los usuarios que se encuentran limitados con la distancia usando tecnologías xDSL aparece como red de acceso la fibra óptica.

Las redes de acceso por fibra óptica son redes de alta tecnología que transmiten información por medio de pulsos de luz, que desplazan a lo largo red. Una ventaja de

la fibra óptica es la capacidad de ancho de banda, la cual supera notablemente al medio de acceso por cobre.

El cable de fibra óptica básicamente cuenta de las siguientes partes:

1. Elemento central dieléctrico: Es un filamento que no conduce energía eléctrica, este filamento solo lo tienen unos tipos de fibra.
2. Hilo de drenaje de humedad: La finalidad de este hilo es eliminar la humedad que pueda llegar al resto de los filamentos.
3. Fibras: Es el medio por el cual se transferirá información. Por lo general se utilizan materiales como filamento de vidrio de silicio, también puede ser de plástico y cuarzo fundido.
4. Loose Buffers: Es una cubierta que cubre la fibra que en la mayoría de los casos lleva por dentro una capa de gel de protección.
5. Cinta Mylar: Es una capa de poliéster que sirve como finalidad de aislante.
6. Cinta antillama: Es una capa protectora contra el sol y las llamas de darse el caso.
7. Hilos sintéticos de Kevlar: Estos hilos sirven para la protección del cable, con la característica de estiramiento. El material del cual está hecho lo hace incombustible.
8. Hilos de desgarrar: Estos hilos sirven para hacer más consistente al cable.
9. Vaina: Este revestimiento cubre todo el cable, es la protección ante la intemperie, este tipo de cubierta es de fibra de plástico por lo general de material PVC para proteger de daños. (ALEBEN TELECOM, 2013)

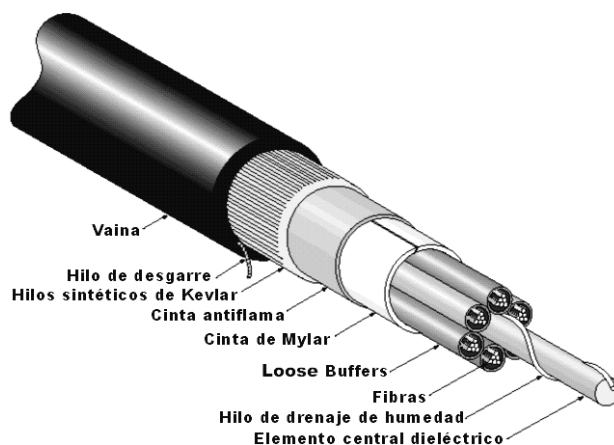


Figura 2.2 Estructura del cable de fibra óptica

Fuente: (ALEBEN TELECOM, 2013)

2.4.3 Cable modem

El acceso a CATV (Community Antenna Television) o cable modem fue desarrollado por Cablelabs, consorcio comprendido por empresas que brindan televisión por cable. Con el tiempo crean otra sociedad llamada PacketCable, este especifica los estándares de internet por medio de cable (DOCSIS), protocolos y tecnologías que los usuarios accedan a servicios integrados de una red HFC (Hybrid Fibre Coaxial).

Los estándares DOCSIS se aprobaron antes que los ADSL, incluso un año después de su propuesta ya se podían utilizar (1998). DOCSIS tuvo su evolución con el tiempo, la primera versión fue DOCSIS 1.0, para su siguiente versión DOCSIS 1.1 daba acceso a servicios como VoIP, calidad de servicio (QoS).

Tiene un canal de subida desde los 0,2 hasta los 3,2 MHz, una velocidad de transmisión para el canal de 3,2 MHz de 9 Mbps. Para el canal de bajada o descendente el ancho de banda es de 6 MHz, con una velocidad de transmisión de 38 Mbps. Con el tiempo y la evolución de las versiones se llega a DOCSIS 2.0, configurado el canal de bajada, a 6,4 MHz y con velocidades de 30 Mbps.

Para DOCSIS 3.0 con la característica de multiplexación de canales alcanza velocidades para el canal de subida de 140 Mbps y para el canal de bajada de 40 Mbps.

Este sistema tiene la capacidad de competir con operadores que brindan el servicio de televisión bajo demanda, ya que puede soportar IPV6 (Internet Protocol Version 6) e IPTV (Internet Protocol Television). (De León, 2009)

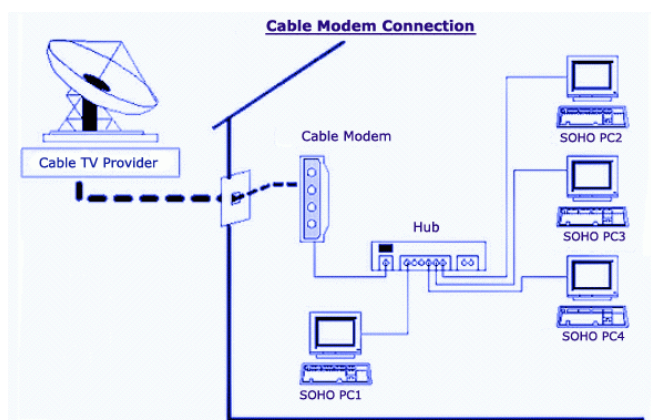


Figura 2.3 Esquema de una red de acceso por cable modem

Fuente: (Webmasters, 2013)

2.4.4 Packetcable

Anteriormente ya hablamos que PacketCable es una organización, la cual es dirigida por CableLabs. Este consorcio ha implementado diferentes especificaciones y versiones para poder brindar servicio multimedia utilizando la red HFC y enlaces a base del protocolo DOCSIS.

Para las primeras versiones de PacketCable, como lo son las versiones 1.0 y 1.5, tenían la capacidad de prestar el servicio VoIP con buena calidad de servicio. En la búsqueda por mejorar esta versión, aparece PacketCable 2.0 con su característica principal; prestación convergente de voz, datos y video. (Añazco, 2013)

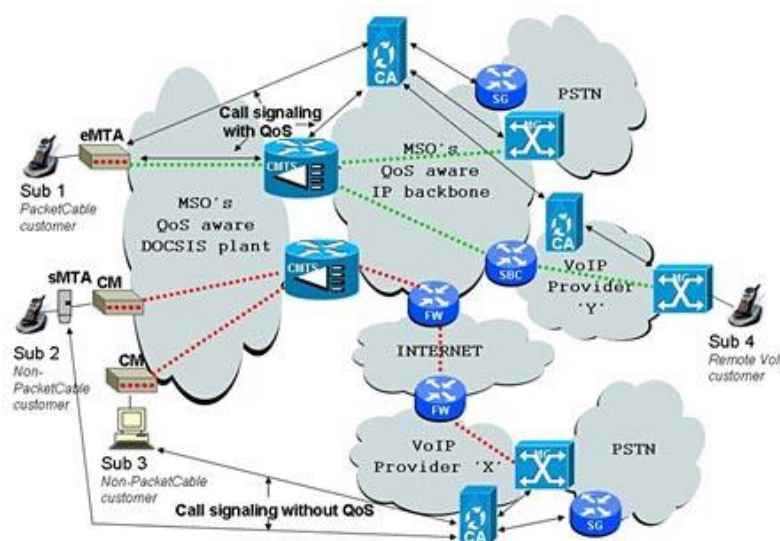


Figura 2.4 Esquema de red conectando a los usuarios por PacketCable

Fuente: (CISCO, 2007)

2.4.5 HFC

El híbrido de fibra-coaxial describe una red, la cual está formada por fibra óptica y cable coaxial. Proporciona internet de banda ancha a través de una red CATV, este tipo de sistema tiene sus limitaciones; un claro ejemplo es el canal de subida donde presentan problemas por el escaso espacio en el ancho de banda. Por esta razón se llega con fibra óptica hasta los usuarios finales.

Las redes HFC tienen la capacidad de transportar señales analógicas y también señales digitales utilizando al ancho de banda en su mayoría para la transmisión en descenso.

Para la transmisión en el sentido ascendente, HFC opera con un ancho de banda de 5 a 42 MHz, estando en la norma americana de 6 MHz. Solo se puede acceder a un espacio de ese ancho de banda ya que el ruido ingresa en las terminaciones abiertas. (Añazco, 2013)

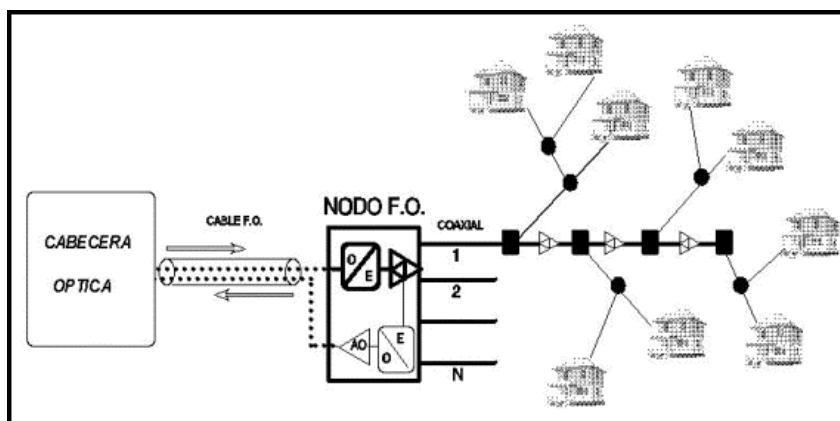


Figura 2.5 Esquema de una red HFC

Fuente: (Vargas, 2012)

2.4.6 PLC

Las redes PLC son aquellas que usan las líneas de energía eléctrica para transmitir voz o datos. PLC transforma una red eléctrica en una línea digital con la finalidad de brindar el servicio de internet a alta velocidad a los usuarios finales. Este tipo de redes no tuvieron una buena acogida, se considera el despliegue de esta red decepcionante, ya que han existido problemas con la misma.

En la actualidad no hay un organismo que regularice el mecanismo de acceso a estas redes. La norma P1901, la cual es de banda ancha sobre redes de potencia hasta el momento no ha sido aceptada en su última reunión en el año 2008.

La norma P1909 hace referencia a la transmisión en el interior del domicilio, denominada In House. También hace referencia al acceso BPL (Broadband Over Power Line).

BPL han tenido muchos problemas con los usuarios finales, hasta el punto de cerrar el centro de operaciones en muchas empresas. No se espera mucho con este tipo de red de acceso que funciona en el interior del domicilio, al parecer no han evolucionado esta red. (Añazco, 2013)

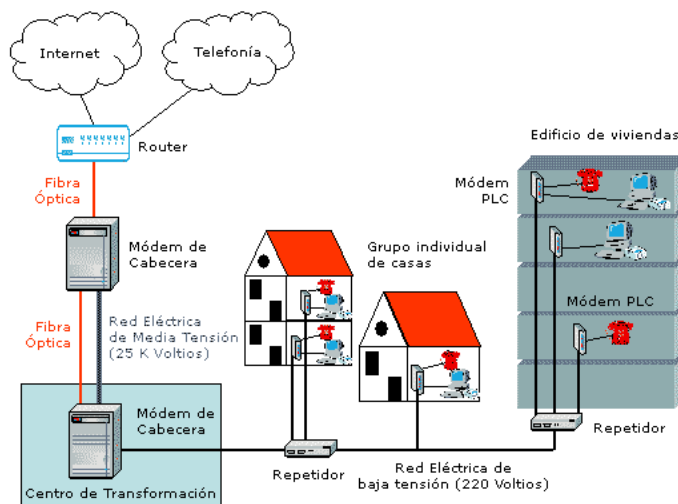


Figura 2.6 Esquema de una red PLC

Fuente: (CentellesPLC, 2009)

2.5 Tecnologías xDSL

Las tecnologías xDSL es una familia de tecnologías que brindan un ancho de banda a redes de acceso por cobre sin necesidad de amplificadores o repetidores de señal en la estructura de la red.

xDSL son tecnologías de acceso punto a punto que permiten transportar datos multimedia con mayor velocidad que la obtenida con el modem tradicional, empleando la red telefónica de acceso de cobre. xDSL convierte a una red de cobre que transporta datos de voz en una red digital por la cual envía información multimedia a los usuarios que requieran el servicio.

xDSL trabaja sobre las tradicionales líneas de cobre, de esta manera aprovecha la infraestructura de la red ya existente y usan radiofrecuencias emitidas por la red de

cobre para llegar a sus destinatarios. Es así como pueden ser transportados los servicios de datos, multimedia y cable por la misma estructura de red.

Este tipo de tecnología puede ser:

- xDSL simétrico, donde tanto las velocidades de subida como de bajada son las mismas, un sistema ideal para servicios de video llamada.

Tabla 2.1 *Tipos de xDSL simétrico*

| | Nombre | Distancia máxima | Velocidad de bajada/subida máxima |
|---------------|------------------|------------------|---|
| HDSL | High speed DSL | 3,5 Km | 2 Mbps |
| HDSL 2 | High speed DSL 2 | 5,4 Km | 2 Mbps |
| SDSL | Symmetric DSL | 2,7 Km | 160 Kbps - 1,5 Mbps |
| SHDSL | Single-pair HDSL | 6 Km - 3Km | 192 Kbps- 2,3 Mbps (un par trenzado) 384 Kbps - 4,6 Mbps (dos pares trenzados) |
| ISDL | ISDN DSL | 8 km | 144 Kbps |

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

- xDSL asimétrico, donde las velocidades de subida son mayores que las de bajada, este sistema limita los rangos de velocidades y necesitan de equipo extra. (Argüello & Burneo, 2013)

Tabla 2.2 *Tipos de xDSL asimétrico*

| | Nombre | Distancia máxima | Velocidad download | Velocidad upload |
|--------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| ADSL | Asymmetric DSL | 5 km | 8 Mbps | 1 Mbps |
| RADSL | Rate-Adaptive DSL | 7 Km | 7 Mbps | 1 Mbps |
| VDSL | Very High Bit-rate DSL | 1.5 Km | 13 a 52 Mbps | 1,6 a 6,4 Mbps |

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

2.6 Tipos de fibra óptica

La fibra óptica puede clasificarse dependiendo del modo de transmisión que tenga, a continuación se describirán los dos tipos que existen:

2.6.1 Fibra Monomodo

La fibra monomodo permite la propagación de un único modo de transmisión. El diámetro de este tipo de fibras es bien estrecho esta de 8 a 10 μm , esto hace que solo viaje un haz de luz. Este tipo de fibras evita la dispersión modal, es la indicada para alcanzar grandes distancias y tasas de transmisión.

Existen diferentes tipos de fibra monomodo, estas son:

- SMF (Standar Single Mode Fiber), trabaja con una atenuación de 0,2 dB/km, con una ventana de 1550 ηm /km que tiene una dispersión cromática de 16 ps/km.
- DSF (Dispersion Shifted Fiber), su atenuación es de 0,25 dB/km, con una ventana de 1550 ηm con dispersión cromática nula.
- NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber), son las más indicadas en sistemas WDM (Wavelength Division Multiplexing) ya que su dispersión cromática es próxima a cero. (Argüello & Burneo, 2013)

2.6.2 Fibra Multimodo

La fibra multimodo es capaz de soportar la propagación de varios modos de transmisión. El ancho del diámetro es mayor en comparación con el de la fibra monomodo, con un diámetro de 50 a 60.5 μm , siendo mayor espacio para diferentes modos.

Los haces de luz viajan a lo largo de la fibra reflejándose en las paredes del revestimiento, el problema con este tipo de fibra es su velocidad de propagación menor a la de monomodo, así mismo su atenuación aumenta.

Las fibras multimodo se clasifican en:

- Fibra óptica multimodo de índice escalonado: El alcance de transmisión de este tipo de fibra es corto, ya que los rayos de luz que viajan simultáneamente tienen ángulos de reflexión diferente sobre las paredes del núcleo; por lo que las distancias son desiguales, desfasadas en su recorrido por la fibra.
- Fibra óptica multimodo de índice gradual: El núcleo está formado por varias capas concéntricas que tienen diferente índice de refracción, lo que causa que la luz se refracte poco a poco cuando está recorriendo el núcleo. Tiene un mayor ancho de banda que las de índice escalonado, ya que cuenta con menos rayos ópticos diferentes que viajan por el núcleo; así mismo reduce su propagación. (Argüello & Burneo, 2013)

2.7 Topología de la red por fibra óptica

La característica principal de una red es que debe tener una arquitectura sencilla para de esta manera reducir el costo del levantamiento de la red como el mantenimiento.

Los sistemas pasivos son favoritos por su eficiencia y dan acceso a calidad de servicio (QoS), existen varios tipos de topologías como son:

(Argüello & Burneo, 2013)

2.7.1 Conexión punto a punto

Esta conexión enlaza la OLT con la ONT por medio de cables de fibra óptica. La conexión entre estas en la mayoría de casos es de comunicación de forma bidireccional, en cada una de las direcciones usa longitudes de onda diferentes.

Este tipo de topología tiene un coste de implementación muy elevado que depende del número de usuarios finales. (Argüello & Burneo, 2013)



Figura 2.7 Conexión directa de la OLT con los ONT

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

2.7.2 Conexión punto a multipunto

Con la finalidad de obtener redes sencillas y de no costos elevados, debido a que la configuración punto a punto no cumple con esa característica; entonces FTTH utiliza la conexión punto a multipunto nombrada PON ya visto anteriormente en la parte de acceso por fibra óptica.

Las redes PON operan con elementos pasivos básicos por lo que esta topología tiene la finalidad de disminuir el costo de la red.

Esta topología tiene diferentes tipos de arquitecturas que las veremos a continuación. (Argüello & Burneo, 2013)

2.7.2.1 Arquitectura en estrella

Con la característica de bajo costo de implementación y su eficiencia, este sistema es el más usado por las redes FTTH.

La arquitectura en estrella o árbol consiste en conectar el nodo central a través de un segmento de fibra óptica, con un divisor de fibra óptica. Esta arquitectura tiene propiedad de modificar la red, en el caso de añadir nuevos usuarios finales a la red se puede organizar en subredes.

Para este tipo de topologías se definen intervalos de tiempo a las ONT para los divisores ópticos. Utiliza multiplexación TDM (Time Division Multiplexation) en el canal ascendente.

La arquitectura en estrella presenta dificultades, podría caer la red en el caso de existir una ruptura en el segmento principal de la red o puede presentarse el caso de daño en el divisor óptico. (Argüello & Burneo, 2013)

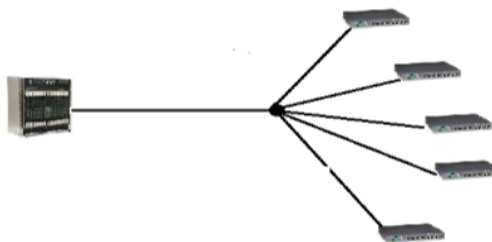


Figura 2.8 Esquema de la arquitectura en estrella

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

2.7.2.2 Arquitectura en bus

Esta arquitectura consiste en la conexión mediante un enlace común, a diferentes nodos a las cuales se conectan las ONT.

La arquitectura en bus muestra fallos por el esquema que tiene, si observamos la Figura 1.14 donde se muestra la arquitectura; en caso de existir una ruptura en la red, se verán afectados el resto de usuarios que están ubicados adelante de esa ruptura.

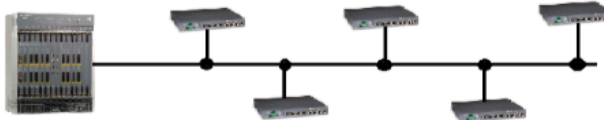


Figura 2.9 Esquema de la arquitectura en bus

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

Para la topología en bus existen dos direcciones, de izquierda a derecha y en sentido opuesto. Para la primera los nodos introducen tráfico y en el otro sentido los nodos tienen como finalidad leer y eliminar el tráfico existente. (Argüello & Burneo, 2013)

2.7.2.3 Arquitectura en anillo

Este enlace consta de un enlace común, el cual tiene forma de anillo, a este se van a conectar los usuarios finales. Estos anillos tienen la capacidad de recuperar la comunicación, esto lo hace por medio de un nodo de recuperación de comunicación en donde se cambia el sentido en el que se enviaba la información reenviando el tráfico desde la OLT. Otra forma de recuperar la comunicación es reenviando el tráfico hacia el nodo que sufrió la ruptura.

En caso que exista ruptura en el cable que se usaba, se garantiza la transmisión ingresando el tráfico por varios cables de fibra. (Argüello & Burneo, 2013)

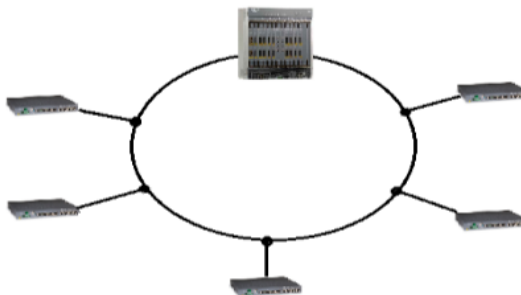


Figura 2.10 *Esquema de la arquitectura en anillo*

Fuente: (Argüello & Burneo, 2013)

2.8 Redes PON

PON (Pasive Optical Network) es una tecnología muy usada con menor coste ya que en su infraestructura no cuenta con elementos activos. En la red PON se utilizan divisores ópticos, divisores por longitud de onda, etc. Al momento de llegar la fibra a los abonados se finaliza con fibra hasta el terminal del cliente por medio de un divisor final.

También es posible utilizar el acceso final por medio cable coaxial y enlaces DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications) o acceso final por par de cobre y VDSL2 (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2).

Las redes PON en su transmisión ascendente las realiza por medio de multiplicación TDMA en donde cada equipo terminal envía los datos en el slot de tiempo que le señala el equipo central. En la transmisión descendente su utiliza multiplicación de división por longitud de onda y difusión de cada longitud de onda, de esta manera se logra recepción individual. (De León, 2009)

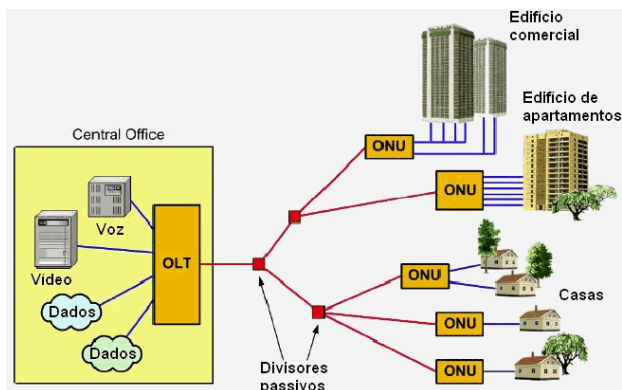


Figura 2.11 Esquema de una red PON

Fuente: (Santos, 2010)

En la Figura 2.11 vemos el esquema de una red PON donde ONU (Optical Network Unit) son los usuarios finales, en medio de la red están los divisores pasivos y la información tanto de voz, video y datos son enviadas desde la OLT (Optical Line Terminal).

2.8.1 Elementos de la red PON

Para que una red pueda funcionar, es necesario de sus principales elementos o componentes. Una red PON consta básicamente de elementos que son la OLT, ONT y los divisores ópticos. A continuación se describirán los elementos mencionados.

2.8.1.1 OLT

El Optical Line Terminal es aquel que se encuentra en la central del proveedor, de aquí parte el cable de fibra óptica como destino hacia los usuarios. La OLT tiene como una de sus funciones el gestionamiento de tráfico en ambos sentidos, es decir hacia los usuarios y que proviene de ellos. Otra de las funciones de la OLT es el control de la red de distribución, en la que controla las potencias emitidas y recibidas y corrige los errores. La OLT también se encarga de la coordinación de la multiplexación de los canales de subida como los de bajada.

La OLT tiene la capacidad de proveer servicio a un número considerable de usuarios, cada OLT obtiene información de tres fuentes, de esta manera el OLT de cabecera se conecta con redes como PSTN, internet y VoD.

La OLT se divide en tres equipos diferentes, la diferencia está en cada uno gestionará un determinado tráfico, estos son:

- P-OLT (Provider OLT): Se encarga de reunir las tramas de voz y datos que conducen a la red PON, originarias de las redes de internet y RTB. Estas se transforman en señales que son inyectadas por medio del protocolo TDM en las distintas ramas de los usuarios. Otra de las principales tareas es absorber todas las tramas de voz y datos que provienen de las ONT de los usuarios, agrupándolos en una sola vía de escape que están en función de los datos recibidos. El tráfico de datos se redirige a la red de internet y el tráfico de voz a la red RTB.

- V-OLT (Video OLT): Se encarga de transportar las tramas de video, también video bajo demanda (VoD) que provienen de la red de videodifusión. Las tramas de video son transformadas en señales que se inyectan en las ramas de los usuarios.
- M-OLT (Multiplexer OLT): Permite la multiplexación y demultiplexación de las señales que provienen de las anteriores citadas, la P-OLT y V-OLT. Este equipo utiliza la modulación WDM.

Cada una de las OLT usa diferentes longitudes de onda, para el caso de la P-OLT en la recolección de tramas usa una longitud de onda de 1490 nm y en la absorción de tramas una de 1310 nm; en caso de V-OLT utiliza una longitud de onda de 1550 nm. Se emplean diferentes longitudes de onda con el fin de evitar interferencias que se producen en el canal ascendente y descendente. Se emplea modulación WDM. (Yaroslav, 2011)

2.8.1.2 ONT

Optical Network Terminal son los componentes que tienen como función recibir y filtrar información que tiene como destino un usuario final que proviene de una OLT. La ONT recibe y entrega la información en un formato adecuado, también encapsula la información que proviene de un usuario, para que sea re direccionado a la red que le corresponde siendo enviado en dirección de la OLT de cabecera.

Las ONT tienen dos tipos, cada uno desempeña una función diferente, estos son:

- H-ONT (Home ONT): Este tipo de ONT es instalado dentro de los hogares, cada hogar es un usuario final, que dispone del servicio empleando redes FTTH.
- B-ONT (Building ONT): Es tipo de ONT se instala en los edificios, se encuentra situado en el cuarto de distribución, para proveer servicio a los usuarios de este. Este tipo de ONT se instala en las redes FTTB.

El protocolo de Ethernet controla el filtrado de la información proveniente de la OLT, por medio de tramas PEM (PON Encapsulation Method) compuesta por cabecera, CRC y la carga útil.

La ONT tiene que diferenciar las señales de video que provienen de V-OLT y los datos provenientes de P-OLT, para posteriormente pasar a un segundo filtrado en el que el diodo electroóptico tiene un diodo analógico (APD) y otro digital (DPD).

Existen dos filtros ópticos, uno denominado OAF (Optical Analogic Filter) para señales de video a 1550 nm. El otro filtro es ODF (Optical Digital Filter) para señales de voz y datos a 1490 nm. (Yaroslav, 2011)

2.8.1.3 Divisores ópticos

También conocidos como “splitter”, este es un elemento pasivo que se encuentra entre la OLT y ONT. Los divisores ópticos tienen como función multiplexar y demultiplexar las señales que se reciben. Estos dispositivos tienen la capacidad de combinar la potencia, ya que son elementos de distribución óptica bidireccional.

Este dispositivo permite agrupar como también dividir las señales, haciendo que el costo del mantenimiento y del despliegue de la red sea más barato. Este elemento no requiere de energía externa debido a que es un elemento pasivo.

Uno de los principales problemas con este elemento, es que genera pérdidas de potencia óptica. Las pérdidas pueden ser calculadas fácilmente por lo que se puede solucionar ese error.

No todos los divisores ópticos son iguales, existen dos tipos que son de diferente tecnología. Para dispositivos con mayor a 32 salidas se utilizan divisores en base a tecnología planar y para dispositivos con menor a 32 salidas en base a acopladores bicónicos fusionados. (Yaroslav, 2011)

2.9 Arquitecturas PON

Las redes PON contienen una familia de redes denominada xPON, que se definirán a continuación:

2.9.1 Arquitectura APON

A-PON también llamada ATM-PON que es una red óptica pasiva ATM, fue definido en el primer estándar PON, ITU-T G.983.

Esta arquitectura usa el estándar ATM como protocolo en la capa de enlace de datos, el protocolo ATM tiene la función de portador y se adapta a diferentes arquitecturas de redes de acceso.

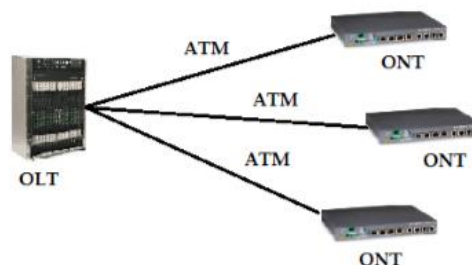


Figura 2.12 *Arquitectura de red APON*

Fuente: (Yaroslav, 2011)

Para la transmisión de datos en el canal ascendente, se utilizan ráfagas de 54 celdas ATM, en donde 2 de estas son PLOAM (Physical Level Operación And Maintenance). Estas celdas contienen la información del destino de cada una de las celdas y el mantenimiento de la red.

Para la transmisión de datos descendente se hace por medio de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes, con 3 bytes para poder reconocer la ONT. Cuenta con tarificación binaria de 155,52 Mbps repartidos a todos los usuarios finales. (Yaroslav, 2011)

2.9.2 Arquitectura BPON

La arquitectura BPON aparece a partir de la arquitectura APON, para poder tener acceso a más servicios como el Ethernet y la distribución de video e integrar a estos servicios. Cuenta con una multiplexación WDM por lo que logra un mejor ancho de banda.

Las redes BPON también usan el protocolo ATM, con la diferencia que puede brindar soporte a otros estándares de la banda ancha. Al principio BPON tenía una tasa de transmisión de 155 Mbps tanto en el canal ascendente como en el descendente.

Las siguientes versiones que aparecieron luego de un tiempo fueron modificadas. Para el canal ascendente tenía una tasa de transmisión de 600 Mbps, y para el canal descendente una tasa de 155 Mbps.

Esas versiones tenían ciertas limitaciones técnicas y el costo de implementación era muy alto. De esta forma se han venido modificando cada versión con el paso de los años, hasta llegar a la última versión. Esta cuenta con una tasa de transmisión ascendente de 1,2 Gb y en el canal descendente de 155 Gb. (Yaroslav, 2011)

2.9.3 Arquitectura EPON

EPON es una especificación que aparece para aprovechar una red PON y aplicarla a Ethernet. Esta especificación fue elaborada por un grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile), Ethernet de última milla. Este estándar está constituido por la IEEE, trabaja bajo la norma IEEE802.3ah.

El sistema EPON se encuentra basado en el transporte del tráfico del Ethernet a diferencia de APON y BPON que lo hacía por celdas ATM. Este sistema funciona con velocidades de Gigabit, la velocidad que llegue a los usuarios dependerá de las conexiones de ONT a OLT.

La interconexión con EPON es más simple, hay mayor facilidad de llegar con fibra hasta los usuarios debido a que las interfaces de Ethernet son costeables. Ofrece calidad de servicio (QoS) en el sentido ascendente y descendente.

Las funciones de gestión y administración de la red están basada en el protocolo SNMP, con lo que disminuye la complejidad de los sistemas de otras tecnologías.

Tiene una tasa binaria simétrica de 1244 Gbps para Downstream y Upstream; y soporta un ratio máximo de 16 divisores por OLT.

La longitud de la fibra no debe excederse de los 10 km. (Yaroslav, 2011)

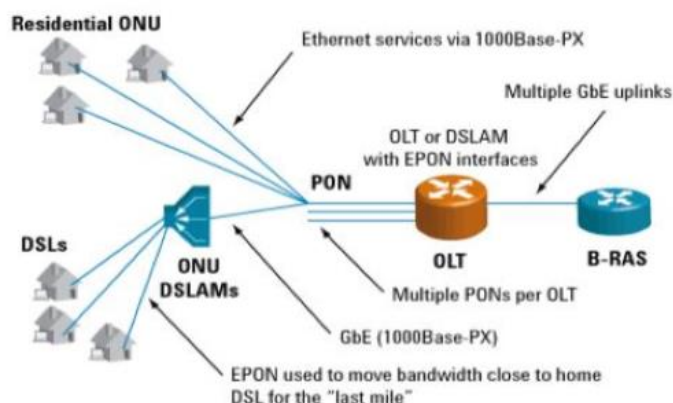


Figura 2.13 Esquema de red EPON

Fuente: (Yaroslav, 2011)

2.9.4 Arquitectura GPON

La arquitectura G-PON, denominada así por Gigabyte es uno de los estándares más complejos.

Esta arquitectura es una evolución del BPON, esto quiere decir que también trabaja con el protocolo ATM; con el cual se tiene como finalidad de brindar mayor ancho de banda que otros de la familia PON.

GPON es característica por la encapsulación de la información a transmitir. Se desarrolla un nuevo método de encapsulación llamada GEM (GPON Encapsulation Method) con el que se organizan los servicios ATM, lo que hace la diferencia con BPON.

GPON al igual que las otras arquitecturas utiliza fibra monomodo. Cuenta con velocidades de transmisión Downstream que varía desde los 1244 Mbps hasta los 2488 Mbps. Para Upstream de 155, 622, 1244 y 2488 Mbps.

La longitud de la fibra puede alcanzar de 10 a 20 km, la máxima relación de división óptica es mayor que las anteriores arquitecturas, de 64.

Una evolución de las redes GPON se denomina 10GPON o XGPON, lo cual recibe su nombre por 10 Gbps. Cuenta con velocidades Downstream de 2.4 G y Upstream de 10 G. Otras características son similares a las redes GPON, los estándares del tipo de fibra es el mismo, monomodo. En cuanto a la distancia máxima no se debe exceder los 20 km. (Yaroslav, 2011)

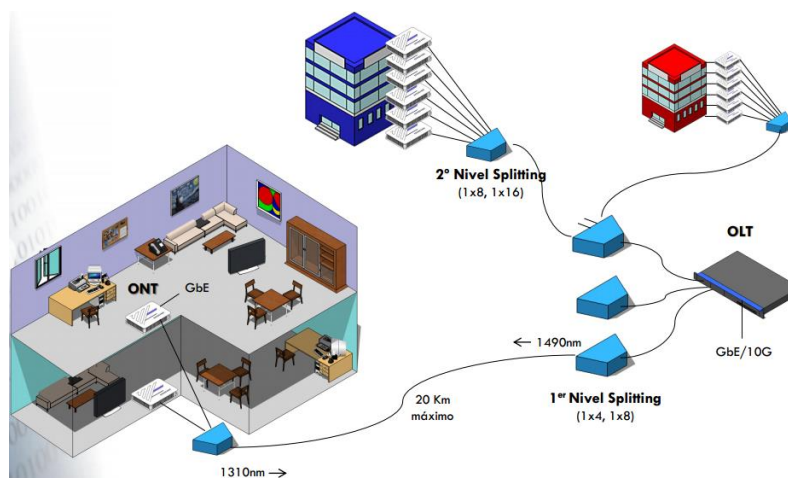


Figura 2.14 *Esquema de red GPON*

Fuente: *(del Rio, 2014)*

2.9.5 Comparación de las arquitecturas GPON

En la Tabla 2.3 encontramos una comparación entre BPON, EPON y GPON de las principales características como el estándar, velocidades de transmisión, número de fibras por ONT, ratio de división óptica, modo de tráfico entre otras características más.

Tabla 2.3 Comparación de tecnologías PON

| CARACTERÍSTICAS | BPON | EPON | GPON |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Estándar | ITU-T G.983.x | IEEE 802.3ah | ITU-T G.984.x |
| Velocidades de transmisión (Mbps) | Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622 | Down: 1244 Up: 1244 | Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488 |
| Tipo de fibra | Monomodo estándar (ITU-T G.652) | | |
| Número de fibras por ONT | 1 ó 2 | 1 | 1 ó 2 |
| Ratio de división óptica | 1:32 (Puede aumentar a 1:64) | 1:16 (permite 32) | 1:128 (en la práctica 1:64) |
| Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT | 20 km | 10 km | 10-20 km |
| Modo de tráfico | ATM | Ethernet | ATM, Ethernet, TDM |
| Arquitectura de transmisión | Asimétrica, Simétrica | Simétrica | Asimétrica, Simétrica |
| OAM | PLOAM | Ethernet OAM | PLOAM |
| Seguridad | AES | No definida | AES |
| Eficiencia típica (Depende del servicio) | 83% downstream 80% upstream | 73% downstream 61% upstream | 93% downstream 94% upstream |

Fuente: (Yaroslav, 2011)

2.10 Redes FTTx

Aunque las compañías de Telecomunicaciones ya trabajan con la estructura de la red de fibra óptica, en el último tramo aún no lo hacen, lo que quiere decir es que del nodo hasta el bucle de abonado operan con cobre y los usuarios tienen el tipo de inconvenientes similar al de xDSL.

Las redes FTTx (Fiber to the x) brindan una solución a ese tipo de problemas. FTTx permite utilizar un enlace a diferentes usuarios al mismo instante con la ventaja de no usar elementos electroópticos que regeneran la señal.

La familia FTTx puede clasificarse dependiendo de la distancia del tramo de la fibra y el abonado:

2.10.1 FTTN (Fiber to the node)

Conocida como fibra óptica hasta el nodo o al vecindario. En este tipo de diseño el segmento de fibra finaliza en una cabina o comúnmente llamado armario, ubicado en la calle a una distancia de 1.5 a 3 km del usuario. La conexión de último tramo hasta el usuario es por medio de cable coaxial o xDSL.

FTTN permite brindar servicios de banda ancha como lo son el internet y los protocolos de comunicación de alta velocidad. Usualmente este diseño utiliza cable coaxial o par trenzado para última milla. (Añazco, 2013)

2.10.2 FTTC (Fiber to the curb)

Conocida como fibra hasta la acera. Este diseño es muy similar a FTTN, la fibra llega hasta una plataforma, la cual se conecta con un grupo determinado de usuarios. La diferencia entre estas dos es que FTTC se particulariza por aproximar más al usuario ya que la distancia se acorta de los 300 a los 600 metros.

FTTC se diferencia principalmente de FTTN y FTTP por la ubicación y la proximidad que da a los clientes. Al igual que FTTN permite brindar servicios de

banda ancha y la conexión de último tramo es por medio de par trenzado o cable coaxial. (Añazco, 2013)

2.10.3 FTTB (Fiber to the building)

Conocido como fibra óptica a edificios, estos pueden ser residenciales o comerciales. FTTB es exclusivamente para propiedades que tienen varios espacios los cuales son correspondientes de los usuarios. La fibra óptica llega a un punto intermedio de la edificación, donde será distribuido a cada usuario final, el cual se conecta mediante tecnología VDSL2.

Este caso es específico para edificios como lo dijimos anteriormente, el tendido de la fibra se realiza de manera progresiva, demandando menos tiempo como también menor coste, reusando la infraestructura de los usuarios finales. (Añazco, 2013)

2. 10.4 FTTH (Fiber to the home)

Conocido como fibra óptica hasta el hogar. Para este caso, la fibra llega hasta el abonado, el último tramo parte con fibra desde la central y la fibra llega así mismo hasta el domicilio del abonado. (Añazco, 2013)

El usuario final goza de todos los beneficios ya que la fibra óptica se extiende desde la red hasta el hogar, los únicos problemas que se enfrenta son los que den la

fibra. A diferencia de los otros diseños que enfrentan problemas debido a los cables de cobre.

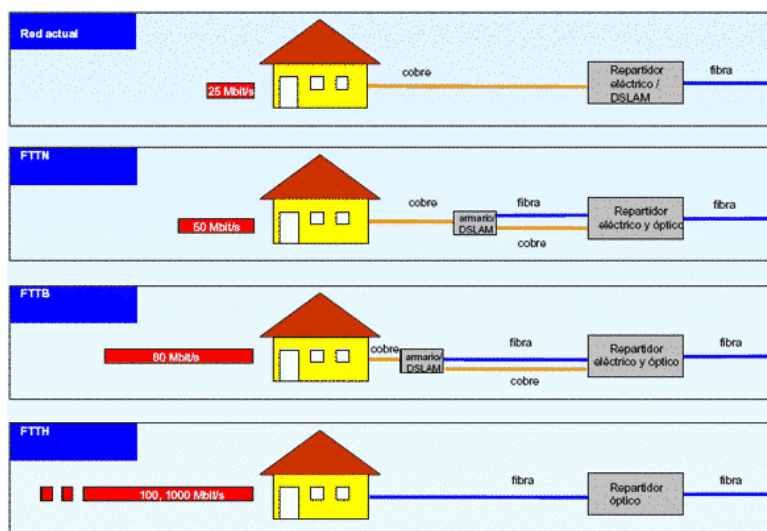


Figura 1.15 Familia de las redes FTTx

Fuente: (Rubio, 2008)

2.11 IPTV

IPTV es una tecnología, que aprovecha el protocolo de internet (IP) para brindar el servicio de televisión. El sistema IPTV cuenta con tres diferentes servidores. Uno lo ocupa para la gestión y los otros dos, para el video streaming de los contenidos transmitidos en directo.

El ancho de banda depende de los contenidos, existirán contenidos en los cuales las imágenes cambian mucho. Estos tipos de contenidos demandan mayor ancho de banda un claro ejemplo son películas de acción y contenidos de deportes.

Para poder operar en IPTV existirán velocidades requeridas, en el estándar HD para MPEG2 (Moving Picture Expert Group 2) necesitará 15 Mbps; para MPEG4 (Moving Picture Expert Group 4), una velocidad de 8 Mbps. En el caso del estándar SD, MPEG2 requiere de 4 Mbps; para MPEG4, 1,5 Mbps.

Con este tipo de velocidades obligan a establecer accesos apropiados, por esta razón se requiere de tecnologías ADSL2+ con tasas de transferencia teóricas.

IPTV brinda facilidades extras con respecto a la radiodifusión y broadcasting. Podemos recalcar el caso, donde se quiere acceder a una película, en el momento de ser transmitida tenemos la opción de adelantarla o retrocederla; así mismo se puede pausarla si se requiere. (Añazco, 2013)

2.12 La television digital

La televisión digital (DTV) es un conjunto de tecnologías de transmisión de imágenes y sonido, como así mismo la recepción de los mismos, por medio de señales digitales. La televisión digital codifica las señales de forma binaria de tal manera que genera vías de retorno entre el consumidor y el productor de los contenidos.

Los sistemas de televisión digital ofrecen mayores ventajas que los analógicos, cuentan con mayor eficiencia espectral y se muestra más robusto en la señal ante problemas como el ruido o las interferencias producidas en las varias trayectorias.

Este tipo de tecnologías son agrupadas en normas, las cuales se han estandarizado para la transmisión de señales de televisión digital por los diferentes medios de

transmisión existentes. Se puede recalcar que para estas tecnologías se adoptó MPEG-1 y MPEG-2 como estándares de compresión, para poder codificar el audio y el video. (Añazco, 2013)

2.13 Principios básicos de la televisión digital

Mediante la codificación tenemos acceso a identificar la naturaleza de la información, ya que en la transmisión digital de la información está formada por un flujo de datos; que dependiendo la naturaleza puede ser audio y video.

Para la transmisión de señales digitales de televisión existe una condición el caudal de datos binarios recibidos deben ser igual a los transmitidos, razón por la que deben cuidarse meticulosamente las degradaciones existentes. Estas siempre estarán presentes en el medio de transmisión.

La televisión digital al igual que todo sistema presenta inconvenientes, si el sistema tiene como acceso al cable coaxial o fibra óptica siempre estará presente la atenuación. En caso de utilizar televisión digital por satélite no tendrá ese tipo de problemas, pero presentaran otros como la influencia del clima; este sistema tiene costos elevados de implementación.

Para que los datos lleguen al usuario deberán pasar por varios procesos, los cuales serán descritos a continuación. (Añazco, 2013)

2.13.1 Proceso de digitalización

Este proceso tiene como finalidad obtener una señal digital partiendo una señal analógica. Esto lo hace por medio de un muestreo de la señal, que se realiza en intervalos de tiempo; de esta manera se obtiene una secuencia de datos discretos.

Para realizar el proceso de codificación, primeramente se cuantifica, esto consiste en la asignación del valor muestreado a un grupo limitado, que son las posibilidades.

Se puede obtener la señal de televisión a color, digitalizando la señal de video compuesto o también digitalizándola en cada una de sus componentes.

(Añazco, 2013)

2.13.2 Proceso de codificación

Para la codificación se deben de tener en cuenta algunos aspectos, según la Recomendación 601 de la UIT, aspectos que se detallaran a continuación:

- Muestreo: Como vimos en la sección anterior, se debe asignar una frecuencia de muestreo para de esta manera digitalizar cada una de las componentes analógicas de la señal. El muestreo debe cumplir el criterio del NYQUIST, donde $f_s > 2f_{max}$; de esta manera la frecuencia de muestreo tendrá una aplicación universal. Otra de las condiciones es que el muestreo sea ortogonal, todas las líneas van a tener el mismo número de muestras y deberá cumplir la expresión $f_s = nFH$.

- Margen dinámico: Está definido que el margen para las señales analógicas debe de ser 1V. En el rango de -0.5V a 0.5V para componentes en diferencia de color y el rango de 0V a 1V para la luminancia.

- Niveles de Cuantificación: Se propone la cuantificación de 8 bits para cada muestra en cada una de las componentes de la señal analógica. Existen 256 niveles de igual distancia para cada señal, los cuales tienen la finalidad de ocuparse de los datos.

- Tasa binaria y ancho de banda: La televisión digital tiene como convención el estándar 4:2:0. Este muestreo tiene un régimen binario de $R_b = (13,5 \text{ MHz} \times 8 \text{ bits}) + (6,75 \text{ MHz} \times 8 \text{ bits}) + (6,75 \text{ MHz} \times 8 \text{ bits}) = 162 \text{ Mbps}$. La tasa binaria puede ser calculada dependiendo del muestreo y la cuantificación que se eligió. (Añazco, 2013)

2.13.3 Proceso de compresión

Con la finalidad de almacenar mayor volumen de información, se comprime la información de la señal de video, a este proceso se lo denomina compresión. Se desarrollaron estándares para la compresión de video, los más empleados son MPEG, que han sido nombrados anteriormente.

MPEG tiene como función convertir a las señales de audio y video en paquetes de información digital. La compresión de las señales de audio y video elimina la información redundante de sí misma, de esta manera se reduce el ancho de banda que se ocupa por lo que los paquetes de información pueden ser transmitidos con mucha mayor eficiencia.

Con la versión MPEG-1 se establecía un muestreo 4:2:0 limitando a trabajar bajo este único estándar. La constante evolución y la mejora de las tecnologías, llevan a la aparición de nuevas tecnologías; MPEG-2 surgió a partir de su primera versión, este fue adaptado para transmisión de señales de televisión ya que alcanza velocidades de 1,5 Mbps a 6 Mbps, una calidad de video con baja degradación. (Añazco, 2013)

2.13.4 Proceso de modulación

La modulación que se ocupa en el sistema de televisión digital es COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) que básicamente es igual que OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

El principio de esta modulación se basa en usar un gran número de portadoras de igual distancia en frecuencia y moduladas de dos formas, una QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y la otra QPSK (Quadra Phase Shift Keying). La información transmitida se organiza entre todas estas.

La velocidad de las portadoras dependerá de la distancia que se encuentren estas, para un ancho de banda de canal específico del total de portadoras. Los intervalos de guarda tienen como objetivo proteger el sistema de ecos, que se producen debido a las múltiples trayectorias. (Añazco, 2013)

2.14 Estándares de la televisión digital

Para televisión digital existen tres tipos de estándares:

- Estándar Europeo, DVB (Digital Video Broadcasting).
- Estándar Americano, ATSC (Advanced Television System Committee).
- Estándar Japonés, ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting).

Estos estándares permiten codificar digitalmente el video antes de ser transmitido. Los estándares son normas en las cuales se especifican la transmisión, modulación y la recepción de la información.

En el Ecuador se ha probado la adaptación del estándar ISDB, en cada estándar hay diferentes versiones dependiendo de cómo se brinda el servicio. Las versiones van a variar ya que los casos van a ser diferentes como por ejemplo TDT (Terrestrial Digital Television), también puede ser televisión digital por vía satélite.

Para el sistema de HDTV (High Definition Television), la UIT estableció la norma UIT-R BT.709 en la que constan las siguientes especificaciones:

- HDTV23 (Full HD): 1080 x 1920.
- HDTV (High Definition): 720 x 1080.

- EDTV (Enhanced Definition Television)
- SD NTSC (Standar Definition) (Nacional Television System Committee): 480 x 640.
- SD PAL (Standar Definition) (Phase Alternating Line): 576 x 768.

La televisión digital es un estándar; el cual hacer referencia a la transmisión y recepción de audio y video por medio de señales digitales.

Los sistemas de televisión digital brindan algunas ventajas sobre la tradicional televisión analógica. Cuenta con más canales en el mismo espacio de ancho de banda, a lo que se denomina eficiencia espectral. Otra de las ventajas de la televisión digital, es la robustez una solución ante las interferencias y el ruido. (Añazco, 2013)

2.14.1 DVB

Digital Video Broadcasting conocido también como el estándar de televisión europeo, ya que fue desarrollado allá. Para este estándar se implementaron varias versiones dependiendo del medio de transmisión es así como 1994 se adopta DVB-C para cable, en 1995 se adopta DVB-S para satélite y 1997 aparece DVB-T que es terrestre. A medida del paso de los años con la disposición de nuevas tecnologías se desarrollan DVB-S2 y DVB-H, para satélite y transmisión terrestre respectivamente. Así mismo se presentaron mejoras en el estándar DVB-T, y se está desarrollando DVB-T2.

El estándar DVB trabaja con modulación COFDM. Cuando los sistemas terrestres trabajan con frecuencias VHF e incluso superiores, existen efectos de propagación

multicamino y la modulación COFDM ha demostrado ser más robusta frente a esos efectos. La modulación COFDM también permite implementar redes de radiodifusión con frecuencia única conocidos como SFN (Single Frequency Network).

La señal digital ingresa al sistema DVB-T como flujo binario síncrono con paquetes de datos de 187 bytes, se incluye un byte para el sincronismo.

La carga útil de los paquetes puede ser codificado mediante MPEG o MPEG2 dependiendo de ser audio o video respectivamente. A través de un conector hembra (DB25) se aplica a la entrada del modulador para el flujo de datos en paralelo. (Añazco, 2013)

2.14.2 ATSC

Advanced Television Systems Committee fue el primer estándar para televisión digital, también es conocido como estándar americano por donde se desarrolló. Este estándar fue adoptado en 1995 por la FCC (Federal Communications Commission), en este estándar se explican las principales características que los subsistemas necesitan para originar, codificar, transmitir audio, video y datos digitales; así como también recibir los mismos. ATSC utiliza canales de 6 MHz para la transmisión de datos con una velocidad de 19.39 Mbps.

La señal de entrada del estándar ATSC es un flujo de transporte en serie que se codifica en MPEG2 y Dolby AC-3 para video y audio respectivamente. Al igual que DVB, el flujo de datos está compuesto por paquetes de 187 bytes y el respectivo byte

de sincronismo. Para el caso de este estándar utiliza un conector BNC y la señal del reloj se encuentra dentro de la carga de datos.

En el caso de la señal de salida, es una señal modulada que tiene vestigio de banda lateral (VSN) y cuenta con 8 niveles de amplitud (8-VSN). La señal modulada es una señal de frecuencia intermedia que se transformará en una señal RF por medio de un conversor ascendente.

Como todo sistema en un inicio tuvo sus complicaciones, los efectos de trayectoria múltiple hicieron que se mejoren los receptores ecualizando la señal que se recibe. La búsqueda constante por mejorar la recepción ha ocasionado que se implementaran cinco generaciones, pero estos problemas siempre van a existir por lo se puede plantear que esta tecnología se encuentra al límite. Cuando apareció el estándar DVB, Estados Unidos pensó en cambiar su estándar pero países vecinos como Canadá y México también habían adoptado el estándar ATSC; ya que son fronterizos y reciben emisión de Estados Unidos en estas fronteras. Es por ello que mejoraron el estándar ATSC en sus receptores para no optar por otro estándar. (Añazco, 2013)

2.14.3 ISDB

Integrated Services Digital Broadcasting también es conocido como estándar de televisión japonés por sus creadores. Así como ATSC desarrolló versiones dependiendo del medio de transmisión, ISDB desarrolló ISDB-S, ISDB-C e ISDB-T para satélite, cable y transmisión terrestre respectivamente. En el estándar ISDB los

flujos de transporte se remultiplexación para así generar un único flujo de transporte (TS), el cual es sometido a múltiples procesos de codificación de canal.

En ISDB las señales se transmiten como una señal OFDM, el espectro está compuesto de trece bloques sucesivos OFDM, en el que cada bloque ocupa un ancho de banda de 1/14 del ancho de banda de un canal de televisión. El receptor se puede usar para recepción para señales de televisión, así como para radiodifusión de audio digital; esto es posible debido a la configuración de segmentos, el cual cada bloque representa un segmento.

Para la codificación en ISDB como lo vimos anteriormente se realiza en forma de segmentos, donde cada capa de la jerarquía consta de varios segmentos para la especificación de parámetros como los son:

- Modulación de portadoras.
- Tasa de codificación interna.
- Longitud del intercalado en tiempo.

(Añazco, 2013)

2.15 Definición de variables

Tabla 2.4 *Definición de la variable dependiente*

| VARIABLE DEPENDIENTE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES E INDICADORES |
|--|--|--|---|
| MIGRACION DE LAS REDES HCF A REDES GPON - FTTH | Cambio de tecnologías de redes híbridas de cobre y fibra óptica, HFC; a redes de alta capacidad como son las redes GPON – FTTH, redes de fibra óptica en su totalidad. | Cambio del tendido de las redes operacionales con que trabajan las compañías de telecomunicaciones . | <ul style="list-style-type: none"> - Área Comercial. - Comunidad de las Telecomunicaciones. - Acceso a mayor ancho de banda. - Mejora en las transmisiones digitales. |

Fuente: (Autor, 2015)

Tabla 2.5 *Definición de la variable independiente*

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES E INDICADORES |
|--|--|--|--|
| BAJA CALIDAD EN EL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL POR PARTE DE LAS PRINCIPALES COMPAÑÍAS DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR | Los operadores de televisión digital se ven limitados con la calidad del servicio de televisión. | La calidad del servicio de televisión se afectada por el ancho de banda que ofrecen las redes HFC, ya que tienen como acceso final el cobre. | <ul style="list-style-type: none"> - Distribución de clientes. - Aparición de nuevas tecnologías |

Fuente: (Autor, 2015)

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

3.1 Análisis de la red HFC para televisión digital

En Ecuador el servicio de televisión por cable se implementó hace muchos años atrás. Las primeras compañías comenzaron brindando solo televisión por cable, luego añadieron servicios de datos y voz.

El servicio de televisión por cable llegaba a los usuarios por medio de una red CATV, que fue reemplazada por una red HFC. La demanda del servicio y la adaptación a nuevas tecnologías hicieron que compañías como “CLARO” y “TVCABLE” evolucionaran a este tipo de red.

Actualmente en el Ecuador las principales compañías de televisión por cable utilizan comúnmente cable de cobre para llegar a los usuarios y brindar servicios de “Triple-Play”, aunque existen otras tecnologías como lo son las transmisiones satelitales y la fibra óptica, pero el tramo de última milla por cobre es más barato que los anteriores nombrados.

Las señales parten de una central, pueden ser analógicas o digitales dependiendo del requerimiento del servicio del usuario final, para el caso son señales de televisión digital y se propagan por la red que se encuentra distribuida por toda la ciudad. La red está compuesta por los elementos de red, la infraestructura HFC y el terminal de usuario.

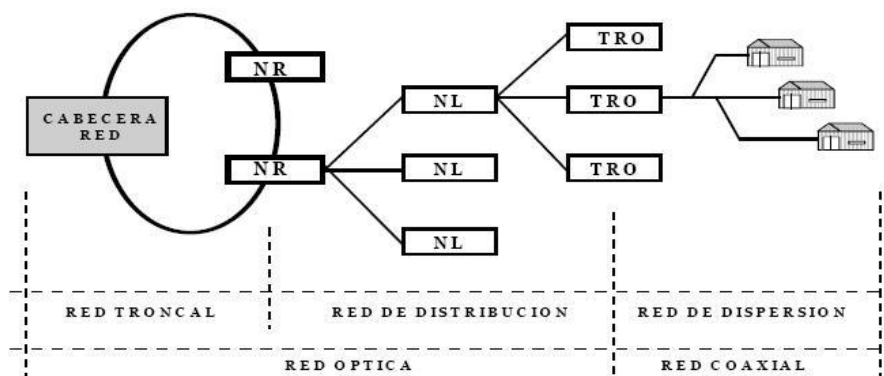


Figura 3.1 *Arquitectura de la red HFC*

Fuente: (HFC, 2014)

Las operadoras de televisión por cable operan desde la central, específicamente desde la cabecera de red donde llegan los canales de televisión y radio. Estas centrales disponen de antenas que permiten la recepción de satélites o vía microonda. En la Figura 3.1 vemos como está estructurada la red HFC, de la cabecera de red parten las señales de televisión digital hacia los NR (Nodos de red), los cuales se encuentran conectados en arquitectura de anillo, a estos nodos se conectan los NL (Nodos locales) como nodos secundarios abarcando más clientes. Los TRO (Terminales de red óptica) llegan a los armarios que están distribuidos por la ciudad y que se conectan con los usuarios finales.

3.1.1 Análisis en los nodos

Los nodos en la red HFC son puntos estratégicos que se encuentran conectados en arquitectura de anillo como lo indicamos anteriormente. Los nodos NR son los que se encuentran conectados en forma de anillo, para todos estos se divide la capacidad máxima de usuarios, por lo que se tiene espacio para próximos NL.

Los NL son distribuidos en puntos estratégicos dependiendo de la cobertura de usuarios que tienen. Cada nodo tiene una capacidad determinada de número de usuarios, esto lo vemos en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 *Capacidad de usuarios en los nodos*

| TIPO DE NODO | CAPACIDAD DE USUARIOS |
|--------------|-----------------------|
| NR | 800.000 hogares |
| RL | 40.000 hogares |

Fuente: (Autor, 2015)

En los nodos se encuentran los equipos que en la actualidad son digitales, estos tienen funciones de procesamiento que requieren las señales que se propagan a través de la red. Los nodos también tienen su parte analógica como son el caso de los moduladores, estos van a tener diversas funciones como el establecimiento y verificación del protocolo, transmisión, interface, recuperación, formateo, enrutamiento, repetición, direccionamiento y control de flujo. (Kuhlman & Alonso, 1996)

3.1.2 Análisis de la canalización

La red que está distribuida por debajo de las aceras se denomina red de canalización. Esta parte desde la central y es la cañería principal, así mismo las cañerías que se interceptan con esta, son las cañerías secundarias. Estas cañerías en cambio son las ramificaciones que llegan a los nodos, armarios, postes telefónicos, etc.

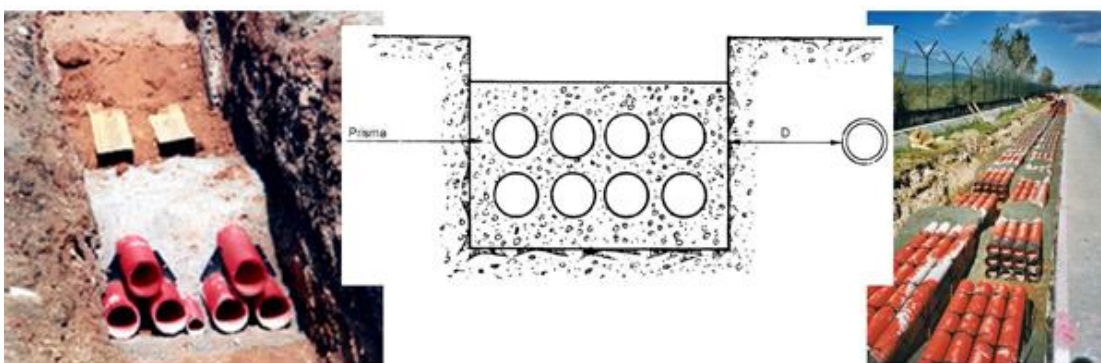


Figura 3.2 Esquema de canalización con cámara de registro

Fuente: (Vegas, 2014)

En la Figura 3.2 se muestra como son las canalizaciones. En la parte central de la imagen observamos cuatro vías superiores y cuatro vías inferiores, por las cuales pasan los cables de fibra óptica. La canalización termina cuando llega a los armarios y también termina el acceso por fibra óptica desde los armarios a los postes y luego a los usuarios la comunicación es por cable coaxial de cobre.

A lo largo de las canalizaciones se encuentran cámaras de registros o también conocidos como pozos. Las cámaras de registros son vacíos que existen en la red de

canalización, se encuentran ubicadas por toda la ciudad y cumplen funciones como alojar los empalmes, son puntos estratégicos donde se pueden dar mantenimiento a los cables. Estos puntos también sirven como bifurcación de la red, ya que puede llegar un cable y distribuirse para otras ramificaciones.



Figura 3.3 *Vista superior de cámara de registro*

Fuente: (Autor, 2015)

La red de canalización es construida por el municipio de cada ciudad, estas vías generalmente están ocupadas por CNT EP ya que es una empresa pública y tiene contrato con esta. Otras compañías como “CLARO” y “TVCABLE” desarrollan sus propias redes, estas compañías tienen que dar una garantía monetaria para cubrir gastos por posibles daños ocasionados. Una vez terminada la obra si no existe ningún fallo, el valor es devuelto a la compañía.

En teoría las redes de diferentes empresas no tienen la misma estructura una de la otra, esto quiere decir que no deben pasar por la misma canalización un cable de “CLARO” junto a uno de “TVCABLE”, pero poniendo de ejemplo a la ciudad de Guayaquil; en algunas cámaras se mezclan las redes de estas operadoras, solo las vías de datos.

3.1.3 Análisis en los armarios

La canalización finalmente desemboca en los armarios de distribución, hasta este punto las redes HFC de “CLARO” Y “TVCABLE” llegan por fibra óptica. Desde el punto de los armarios se conectan con cable coaxial hacia los postes y luego a los clientes.



Figura 3.4 Armarios de TVCABLE y CLARO

Fuente: (Autor, 2015)

En la Figura 3.5 se observa un armario abierto, como son distribuidos los a usuarios; aunque es diferente para el caso de edificios ya que la fibra llega hasta un armario en la terraza para ser distribuido a los usuarios en cada piso de la edificación, conocido como red FTTB.



Figura 3.5 Armario abierto de TVCABLE

Fuente: (Autor, 2015)

3.1.4 Análisis en los equipos terminales

Los operadores de televisión por cable dependiendo del servicio que contratan los usuarios te dan el equipo para conectarse a dichos servicios. Es así como si un cliente contrata solo internet de banda ancha, el equipo final será un router y un modem; a diferencia si el servicio de televisión por cable que incluye su decodificador. El decodificador depende del tipo de televisión que se contrata, este varía puede ser de televisión analógica o de televisión digital.

Los decodificadores para televisión digital también pueden variar, dependiendo de los servicios adicionales para este servicio, “TVCABLE” opera con los siguientes.

Tabla 3.2 *Decodificadores HD*

| | |
|---|--|
| Motorola DCX-700 |  |
| Pace DC550D "tango" |  |
| Motorola DCX-3400 (DVR con 320 GB de disco duro, 210 horas de grabación estándar o 45 en alta definición) |  |
| Pace RNG200X "Dallas" (DVR con 500 GB de disco duro, 360 horas de grabación estándar o 98 en alta definición) |  |

Fuente: (TVCABLE, 2012)

Como podemos ver en la Tabla 3.2, “TVCABLE” opera con cuatro diferentes tipos de decodificadores HD, anteriormente dijimos que el decodificador depende de los servicios adicionales que se contrata; es así como tenemos decodificadores con capacidad de grabar más, mientras hay otros que no tienen la característica de grabar.

Tabla 3.3 Diferencia entre los codificadores HD

| TIPO DE CODIFICADOR | CARACTERÍSTICAS |
|---------------------|---|
| MOTOROLA DCX-700 | <ul style="list-style-type: none"> - 2 Sintonizadores digital DVB-T, 2 sintonizadores analógicos NTSC y tipo de servicio por cable. - Una salida de video HDMI y salida de audio digital por coaxial vía HDMI. - Conexión 10[Ethernet]. - Formatos de video: 1080p, 1080i, 720p, 576p, 576i, 480p y 480i. - Control de video: replay instantáneo, cámara lenta, reversa, salto de escena. - Memoria interna de 0.64 Gb, con capacidad expandible y un puerto USB. |
| PACE DC550D | <ul style="list-style-type: none"> - Acceso de apoyo condicional. - Entrada y salida de banda con retorno RF. - Integra y conecta dispositivos avanzados incluyendo HDMI. - Procesador 1000 Dhrystone MIPS. - Salida óptica 5.1 Dolby Digital. - Memoria de 32 Mb. - Puerto Ethernet. - DOCSIS 2.0 cable modem. |
| MOTOROLA DCX-3400 | <ul style="list-style-type: none"> - Grabador de video digital (DVR) con sintonizadores de video de 1Ghz. - Decodifica MPEG-2 y MPEG-4 de alta definición. - Salidas tanto para audio y video HDMI. - Audio Dolby Digital Plus. - Graba 45 horas en alta definición. - DOCSIS 2.0+ cable modem. |
| PACE RNG200N | <ul style="list-style-type: none"> - 500 Gb de disco duro como estándar en todos los modelos "Dallas". - Opción de modernización HDD. - Soporte externo HDD vía eSATA como estándar. - Entrada y salida de banda con retorno RF. - Procesador 1500 Dhrystone MIPS. - 5.1 Dolby Digital y Dolby Digital Plus. - Puerto Ethernet. - Soporte SMNP para diagnósticos remotos. - Graba 98 horas en alta definición. |

Fuente: (Autor, 2015)

3.1.4 Características técnicas de la red HFC

En la tabla 3.4 describimos características técnicas como velocidad, posibilidad de simetría, capacidad, tipo de cable y amplificadores.

Tabla 3.4 Características de la red HFC

| CARACTERÍSTICA | DATO |
|---------------------------|--|
| Velocidad | Download 10 Mbps compartido |
| | Upload 768 Kbps o 3 Mbps compartido |
| Posibilidad de Simetría | Hasta 10 Mbps |
| Capacidad | 50 Mbps sentido red-usuario |
| | 10 Mbps sentido usuario-red |
| Tipo de Cable | Coaxial de 75 Ω |
| Amplificadores | De 500 m hasta 1 km (cascada hasta 50) |
| Ancho de Banda para TV HD | 500-860 MHz para el canal descendente |
| | 5-42 MHz para el canal ascendente |

Fuente: (Autor, 2015)

3.1.5 Características del servicio de televisión digital

En la Tabla 3.4 mostramos ciertas características del servicio de televisión digital, la información en las tablas es por fuente de “TVCABLE”.

Tabla 3.5 Características del servicio de TV HD brindada por TVCABLE

| CARACTERÍSTICA | DATO |
|----------------|------------------------------------|
| Resolución | 1080 líneas |
| Formato | 16:9 |
| Sonido | Dolby Digital 5.1 |
| Requerimientos | TV HD y teatro en casa (Dolby 5.1) |

Fuente: (Autor, 2015)

Los operadores de televisión por cable arman paquetes de canales, de este modo el usuario no adquiere todos los canales y solo los que corresponden a su paquete. Mientras el paquete tiene más canales su costo de servicio también se incrementa y los usuarios que disponen el servicio de televisión digital, también cuenta con canales analógicos ya que el apagón analógico no se lleva acabo aún en el Ecuador.

Otra de las razones es que el paquete HD no contiene muchos canales.

Tabla 3.6 Paquetes de canales HD de TVCABLE

| PAQUETE | NUMERO DE CANALES | PRECIO (\$) |
|-----------------|-------------------|-------------|
| Básico HD | 43 | 12.88 |
| HBO HD - MAX HD | 10 | 2.58 |
| FOX+ HD | 4 | 2.58 |
| GOLDEN PREMIER | 2 | 3.86 |
| UFC NETWORK | 1 | 12.88 |
| PLAYBOY HD | 1 | 16.10 |

Fuente: (Autor, 2015)

3.2 Análisis de la red de fibra óptica para televisión digital

Un claro ejemplo del desplazamiento de las redes de cobre como acceso es “CNT EP”, que poco a poco ha sustituido las viejas redes de cobre; que utilizaba para internet y voz, por fibra óptica.

Las compañías que propusimos como ejemplo en la sección anterior a diferencia de “CNT EP” y “NETLIFE” comenzaron con redes CATV ofreciendo solo televisión por cable. La red que utilizaba “CNT EP” era solo telefonía fija con acceso por cobre, mientras que “NETLIFE” apareció hace algunos años con redes de fibra óptica para servicio de internet banda ancha.

Los operadores de televisión por cable utilizan las redes HFC ya que fue evolución de las redes CATV, en cambio otros operadores basándose en otros servicios pueden llegar hacia los usuarios empleando una red diferente y brindar el servicio de televisión digital, pero para el caso es video bajo demanda (VoD).

Regresando a los ejemplos de operadores propuestos en esta sección como son “CNT EP” y “NETLIFE”, el uno adoptó la arquitectura GPON - FTTH, mientras que el otro GEAPON respectivamente. Las dos compañías brindan servicio de internet banda ancha, pero “CNT EP” incluye servicio de voz y televisión satelital, servicio que es un medio de acceso inalámbrico y costes elevados.

Para el análisis de la red de acceso de fibra óptica, tomaremos como ejemplo a “CNT EP”, así como su arquitectura GPON - FTTH.

De la nube de servicios parten las señales, para el caso de “CNT EP” son señales de voz y datos, teniendo en cuenta que no brindan el servicio de televisión digital por esta red como lo dijimos anteriormente.

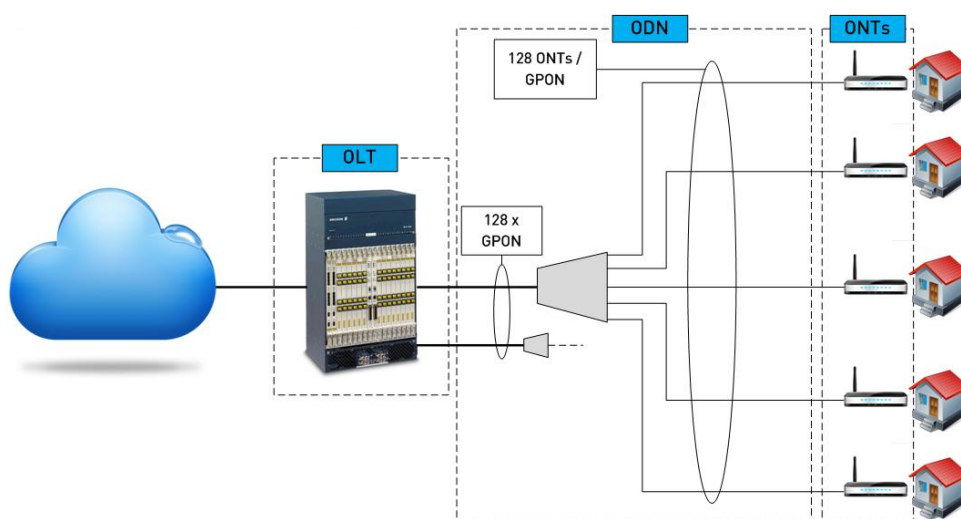


Figura 3.6 Arquitectura de redes GPON-FTTH

Fuente: (Telequismo, 2013)

Generalmente la fibra llega hasta el hogar como se muestra en la Figura 3.6, pero para el caso de edificaciones utiliza FTTB, que a diferencia del acceso por HFC se llega a los departamentos por fibra.

No todas las ciudades han migrado a fibra óptica, pero es un proceso que poco a poco se va logrando.

3.2.1 Análisis en los nodos

Los nodos se encuentran distribuidos por toda la ciudad, de tal manera que tiene cobertura en cada sector.

“CNT EP” cuenta con un número de 73 nodos, distribuidos en los 11 sectores de la ciudad. Por seguridad estos nodos se encuentran dentro de escuelas o colegios del estado.

Los nodos son pequeños cuartos con dimensiones de 5x5 m, en estos cuartos se encuentra un operario que encarga de la conmutación.

Tabla 3.7 Características de los nodos ubicados en Guayaquil

| CARACTERÍSTICA | DATO |
|--------------------|----------------|
| Tipo de Nodo | GPON |
| Número de Nodos | 73 |
| Capacidad por Nodo | 5.000 usuarios |
| Alcance | 1 km |

Fuente: (Autor, 2015)

3.2.2 Análisis en la canalización

Anteriormente ya mencionamos que la canalización está distribuida por debajo de la ciudad.

La red primaria contiene cables de alta capacidad y tiene un gran peso, por esta razón el tendido es subterráneo. Para el caso de la red secundaria en zonas de regeneración urbana ocupan la canalización pero en lugares donde no hay regeneración utilizan el tendido aéreo por medio de los postes.

El análisis en la canalización es prácticamente igual que la red HFC, visto en la sección anterior.

La canalización de “CNT EP” fue sustituida en el 2011 por fibra óptica, con lo que dio paso a los usuarios a nuevas líneas telefónicas.

3.2.3 Análisis en los armarios

De los nodos ópticos se conecta mediante fibra óptica a los armarios distribuidos en las aceras, estos son mucho más grandes que los que ocupan “TVCABLE” y “CLARO” ya que tienen diferentes componentes en estos.

Los armarios de “CNT EP” tienen splitters que se encuentran conectados en forma de splitters, mientras más splitters tenemos aumenta el número de abonados pero disminuye la señal, por lo que lo óptimo es tener en cada salida 6 usuarios y 2 puertos de reserva.



Figura 3.7 Armario óptico que utiliza CNT EP

Fuente: (Autor, 2015)

Cada armario abastece a 704 abonados aproximadamente aplicando tarjetas para 32 usuarios cada una. Los splitters que se ocupan en los armarios son de relación de 1:8 y 1:4, cada uno tiene pérdidas diferentes.

3.2.3 Análisis en los postes

Los postes se conectan con el usuario final, estos están ubicados en las aceras y tienen el tendido de red aérea.

Generalmente sobre los postes se encuentran las cajas de dispersión óptica, en la cuales también encontramos splitters, estos tienen relación de 1:4.



Figura 3.8 *Caja de dispersión óptica*

Fuente: (*Instaladoresdetelecomhoy, 2012*)

En la tabla 3.8 observamos algunas características de las cajas de dispersión.

Tabla 3.8 *Características de las cajas de dispersión óptica*

| CARACTERÍSTICA | DATO |
|----------------|--------------------------------|
| Dimensiones | 395 x 390 x 110 mm |
| Material | Chapa de acero de 1.2 mm |
| Capacidad | 32 fibras con conector SC o ST |
| | 24 fibras con conector FC |
| Regletas | 8 para los primarios |
| | 6 para los FC |

Fuente: (*Autor, 2015*)

3.2.4 Análisis en los equipos terminales

Una vez que la fibra óptica ingresa al hogar utiliza dos componentes, una es la roseta óptica y la otra es la ONT.



Figura 3.9 Esquema de conexión de equipos terminales

Fuente: (del Rio, 2014)

La roseta óptica se conecta en una de las paredes del hogar y se conecta con la ONT, de preferencia estos equipos deben ser instalados cerca de donde se requiera el servicio. Ya que si se requiere el servicio de televisión digital debe estar cerca para conectarse al decodificador HD vía cable Ethernet.

Este es el punto terminal óptico, es una pequeña caja para ser instalada en las paredes y permite conectarse directamente a la ONT.



Figura 3.10 Roseta óptica

Fuente: *(del Rio, 2014)*

La roseta óptica se conecta finalmente con la ONT, hasta este punto se llegó con fibra óptica. La conexión final es a un modem el cual se encarga de distribuir los servicios, para datos la conexión es mediante WIFI y para acceder a televisión digital, lo hace por medio de cable Ethernet a un decodificar HD.



Figura 3.11 ONT que se ocupa en el hogar

Fuente: *(Telnnet, 2014)*

Los decodificadores son los mismos que están en el análisis de la red HFC, la especificación es que tenga puerto para cable Ethernet.

Hasta el momento “CNT EP” opera con televisión vía satélite pero en el Plan Nacional de Conectividad llevado a cabo en el 2011 para la ciudad de Guayaquil, esperaron ofrecer a mediano plazo el servicio de televisión por cable; según el Ingeniero Francisco Coloma. Esto podemos verlo en el Anexo 1.

El último equipo que se requiere es un router exclusivamente para redes GPON, con capacidad con conexiones Ethernet para televisión digital.



Figura 3.12 Router GPON

Fuente: (Mercado Libre, 2012)

3.2.5 Características técnicas de la red GPON – FTTH

Las redes GPON – FTTH con las cuales operan “CNT EP” tienen sus características que muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Características de las redes GPON - FTTH

| CARACTERÍSTICA | DATO |
|-------------------------|---------------------------------|
| Tasa de Bits (Mbps) | Up: 2.488, 1.244, 622, 155 Mbps |
| | Down: 2.488, 1.244 Mbps |
| Codificación de Línea | NRZ (+ scrambling) |
| Ratio de Divisor Máximo | 1:64 en práctica |
| Alcance Máximo | 60 km (20 km entre ONTs) |
| Estándares | Serie ITU-T G.984.x |
| Soporte TDM | TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM |
| Soporte de Video RF | Si |
| Eficiencia Típica | 93% downstream |
| | 94% upstream |
| Ancho de Banda | 25.000 GHz |

Fuente: (Autor, 2015)

3.2.6 Análisis de los estados de pérdida

El problema con trabajar con redes totalmente de fibra óptica es que produce una pérdida o atenuación. Cada que realiza una fusión o una conexión en la fibra, existirá una pérdida de dBs.

Tabla 3.10 *Pérdida de los elementos de la red GPON - FTTH*

| ELEMENTO DE RED | PERDIDA DE ELEMENTO (dB) | |
|-----------------------------|---------------------------------|------|
| Conectores – ITU671 | 0.5 | |
| Empalmes Fusión – ITU751 | 0.1 | |
| Empalmes Mecánicos – ITU751 | 0.2 | |
| Longitudes de Onda | 1310 nm | 0.35 |
| | 1490 nm | 0.30 |
| | 1550 nm | 0.25 |

Fuente: (Autor, 2015)

Los splitters también tienen su pérdida dependiendo de la relación de estos, las pérdidas podemos verlas en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 *Pérdida de la relación de splitters*

| RELACIÓN DE SPLIT | PERDIDA DE INSERCIÓN (dB) |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1:2 | 3.6 |
| 1:4 | 7.2 |
| 1:8 | 11 |
| 1:16 | 14 |
| 1:32 | 17.5 |

Fuente: (Autor, 2015)

La suma total de pérdidas de dBs se la conoce como el análisis de pérdidas y consiste en sumar la pérdida de cada elemento en la red. Para que esta pueda operar no debe de tener una pérdida mayor a 25 dB.

3.3 Evaluación económica de la migración de la red HFC a GPON – FTTH

Desde hace algún tiempo que la fibra óptica ha bajado su precio haciéndola competencia directa del cable de cobre. Ahora la fibra no solo tendría grandes tasas de transmisión sino que también un precio que la hace accesible.

Por otra parte la evolución tecnológica y el requerimiento de los usuarios por adquirir nuevos servicios incrementen cada año, el consumismo de los clientes mantiene a las compañías de telecomunicaciones.

Analizando la viabilidad de la migración, hay que tener en cuenta que las empresas que utilizan HFC, el tramo final que es por cobre tiene muchas complicaciones. Por otro lado están las redes que son completamente de fibra óptica, redes nuevas y tecnología de actualidad.

Hay que tener en cuenta que estamos próximos al apagón analógico, la demanda del servicio de televisión HD aumentará notablemente. Con la fibra óptica disponemos de mayor ancho de banda disponible para los 3 servicios del “Triple-Play”, lo que mejorara la calidad del servicio.

Con esas consideraciones se puede establecer teóricamente que es viable la migración, sabiendo que en unos años la demanda de la TV-HD crecerá siendo el

nuevo boom tecnológico dentro del país y el cobre para transmitir los 3 servicios utiliza un menor ancho de banda.

El cable de cobre ha estado desde los inicios en las principales compañías de Telecomunicaciones a lo largo de años y cada vez su tiempo de vida va llegando al límite.

Para obtener una red GPON – FTTH se hizo un análisis de los costos de las componentes que se requieren para obtener la misma. Los costos que aparecen son de los contratistas que trabajan para “CNT EP” y la fuente de los datos es de Ingeniero Fernando Sanguña Guevara, que han sido modificados por la generalización del tema.

Tabla 3.12 *Precio de los elementos de un nodo principal*

| COMPONENTE | DESCRIPCIÓN | COSTO INDIVIDUAL (\$) |
|------------------------|--|-----------------------|
| OLT | Tarjeta con 2 puertos PON. Se instala en los slots 1-8 del chasis Edge 2000. Control OAM. | 2659,38 |
| Chasis Edge 2000 | Con tarjeta de control SCMA003, la cual provee la administración del resto de tarjetas y puertos. 8 slots para tarjetas OLT. Soporta 512 ONTs. | 5278 |
| EDFA + DWM = EPSP0103 | Dispositivo DWM que ya tiene integrado un dispositivo EDFA para video de los usuarios. | 3580 |
| Sistema de gestión GEM | Provee las herramientas para manejar y monitorear cada elemento de la red PON. Configuración rápida, eficiencia de equipos y buena interfaz gráfica. | 2495 |

Fuente: (Autor, 2015)

En la Tabla 3.12 se encuentran los costos de los elementos que se requieren en el nodo principal, el precio es unitario. El número de OLTs dependerá del número de abonados, este varía ya que en cada ciudad la población no es la misma.

En cuanto a la canalización, no exige gasto ya que se puede trabajar en la red de canalización existente con que la operadora de telecomunicaciones trabaja, ya que es una red que ya está distribuida de manera que llega a todos los sectores.

El tipo de cable con el que trabajan las redes FTTH es un par de hilo de fibra óptica desde la OLT hasta ONT, su descripción se puede ver en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 *Costo del cable de fibra óptica*

| CABLE | TIPO | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO INCLUIDO M.O. (\$) |
|--------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Fibra óptica | FIS-OPTIC-DG 02F | 0.70 | 1.48 |

Fuente: (Autor, 2015)

El cable tiene su costo unitario, pero a este valor se le debe sumar el impuesto como también la mano de obra. Finalmente el cable tiene asignado un presupuesto 1.48 por metro valor con el que trabajan las contratistas para “CNT EP”.

Los splitters también tienen asignado un valor, este depende de la relación del mismo, sus costos se detallan en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 *Costos de los splitters*

| RELACION DE SPLIT | COSTO UNITARIO (\$) |
|-------------------|---------------------|
| 1:2 | 31,20 |
| 1:4 | 40,80 |
| 1:8 | 54,30 |

Fuente: (Autor, 2015)

Los últimos costos son el de los equipos terminales, que son instalados en los hogares, estas son las ONTs que se detallan 2 en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 *Costos de las ONTs por Planet Technology Corporation*

| DESCRIPCION DE ONT | PRECIO (\$) |
|---|-------------|
| ONU-1: 1 Puerto Fast Ethernet + 1 Puerto Gigabit Ethernet. | 161,69 |
| ONU-4: Puerto Fast Ethernet | 170,20 |

Fuente: (Autor, 2015)

El requerimiento de TV HD por medio de esta red es un router HD el cual se conecta por cable Ethernet al decodificador HD con propiedades de grabación en tiempo real.

3.4 Análisis de los factores que inciden en la transmisión de la televisión digital

Para este análisis los factores se analizarán por separado los de la red HFC y los de la red GPON – FTTH, de esta manera se podrá ver una comparación entre las mismas.

3.4.1 Factores que inciden en la transmisión de TV HD por red HFC

- La calidad de la señal disminuye a medida que más usuarios estén conectados en la red. De la misma manera la velocidad de transmisión también disminuye.
- Las redes HFC se ven limitadas a pesar de su ancho de banda de 7 MHz, la velocidad se comparte entre los usuarios a los que pertenecen al nodo del sector, que acceden al servicio al mismo tiempo.
- Es un sistema asimétrico, no se basa en los sistemas interactivos nuevos.
- Presenta dificultades físicas para el canal de subida, por el escaso ancho de banda reservado para este canal.
- Para el canal de descenso se usa un ancho de banda compartido de 5 a 42 MHz por canal, pero no se aprovecha todo el ancho de banda ya que el ruido ingresa cuando las terminaciones de cable están abiertas.
- Uno de los factores es la instalación del cable de cobre hacia los routers, el cable de cobre al estar muy doblado disminuye las tasas de transmisión. Los técnicos no respetan el radio de curvatura de este medio.

3.4.2 Factores que inciden en la transmisión de TV HD por red GPON-FTTH

- El principal problema al trabajar con redes completamente de fibra óptica son las dispersiones modal, cromática, de polarización; también la atenuación.
- Las red GPON – FTTH presentaran fallos en general en los servicios cuando se dañe la canalización y el tratamiento de este tipo de redes no es fácil.
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica debido a esto, limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser abastecido de energía desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- Otro de los factores que inciden pueden ser factores ambientales por ejemplo puede existir un cambio en la atenuación si moléculas de hidrógeno ingresan a la fibra óptica silícica. El ingreso de agua a la red corroe el vidrio y envejece más rápido a la fibra.
- Con este tipo de redes no se pueden transmitir potencias muy elevadas.

Generalmente las desventajas o factores que afectan la transmisión de señales digitales por medio de la red GPON – FTTH se deben al primer punto tratado en esta sección.

El resto de puntos tratados se deben mayormente a la manipulación de la fibra óptica, ya que esta debe ser tratada cuidadosamente en la manipulación, fusión e instalación.

3.4.5 Procedimientos a seguir para la migración de la red HFC a GPON - FTTH

Hay que tener en cuenta que para proceder a una migración no se puede tratar toda la red ya que se estaría dejando sin servicio a todos al mismo tiempo.

1. Se deberá capacitar a los operarios de la red, para la instalación y mantenimiento de la red GPON – FTTH.
2. Se debe contabilizar los usuarios de los diferentes sectores de la ciudad, de esta manera sabemos la cantidad de usuarios para que sean asignados a las OLTs.
3. Los nodos ópticos deben ser redistribuidos de tal manera que abarquen la mayor cobertura en la ciudad, el número nodos depende del número de clientes.
4. La canalización se utilizará la misma, como lo dijimos anteriormente es una red ya establecida que llega a un número determinado de clientes. Se deben sectorizar para realizar la migración en la canalización. De esta manera los clientes que no corresponden al sector no se verán afectados por no prescindir de servicio.
5. Los armarios ópticos deberán estar distribuidos de tal manera que se conecten con la canalización. El uso de splitters en los armarios ópticos dependerá del número de clientes que se encuentren en el sector. Del mismo modo las cajas de dispersión ópticas.
6. El tendido de la fibra óptica generalmente es realizado por una compañía contratista, es así como opera “CNT EP”, por lo que la compañía que

brindará el servicio requerido por el usuario, solo se encarga de la instalación desde las cajas de dispersión hasta el ingreso al hogar.

7. Para brindar los diversos servicios la compañía llegará hasta el hogar y los técnicos de la misma se encargarán de la instalación de la roseta óptica, la ONT y el router GPON.
8. Para acceder a televisión en alta definición el técnico se encargará de instalar el decodificador HD y configurar el mismo.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Análisis de resultados

En el análisis del costo de los elementos de la red pudimos observar el valor de cada equipamiento necesario para levantar la red GPON – FTTH, aunque el costo de los elementos es alto, la fibra óptica resulta costeable ya que su valor es de \$ 1.48 por metro. El acceso al hogar por coaxial de cobre que es como llega la red HFC, tiene varias complicaciones, descritas en los factores que afectan la transmisión de señales para TV HD, en comparación a las redes de fibra óptica completamente.

El costo del proyecto dependerá de la ciudad en la que aplique, como lo mencionamos antes no todas las ciudades tienen el mismo número de habitantes, más aún de clientes.

En cuanto a lo técnico si comparamos los datos de transmisión de la red HFC con la GPON – FTTH claramente la red que opera completamente por fibra óptica supera a la híbrida. Se podría aprovechar las altas velocidades de transmisión ya que no será velocidad compartida. Así mismo el gran ancho de banda con el que se dispondría.

Estamos en una evolución tecnológica, pronto Ecuador será un país digitalizado por lo que la demanda del servicio TV HD aumentará notablemente. Los operadores de telecomunicaciones deben vender el mejor de los servicios, la competitividad entre operadores está allí.

4.2 Conclusiones

1. Las redes HFC son redes que evolucionaron de las redes CATV, tienen la capacidad de brindar los servicios de voz, datos y televisión por cable. También tienen la capacidad de brindar televisión por cable en alta definición. Estas redes llegan al usuario por cable coaxial de cobre el cual tiene diversas limitaciones. Las redes HFC operan a velocidades download de 10 Mbps, velocidad que es compartida con el resto de usuarios conectados a ese armario y el canal de subida tiene un limitado ancho de banda debido a las interferencias.

2. Las redes GPON – FTTH son redes que operan en su totalidad con fibra óptica, tiene un gran ancho de banda en la cual convergen los tres servicios de “Triple-Play”. Estas redes alcanzan velocidades de transmisión download de 1.224 Mbps, como lo dijimos un ancho de banda de 25000 GHz. La fibra óptica supera en todos los aspectos a la red híbrida por terminar en el abonado por coaxial. Tiene mejor distribución en cuanto a los abonados finales de esta manera pocos usuarios de conectan en un armario óptico.

3. La fibra óptica en el Ecuador tiene un buen precio, aunque los equipos para desplegar la red son caros, las ventajas que traerían migrar a la red GPON – FTTH son numerosas. En el futuro la demanda de servicio de televisión digital crecerá, por lo que se debe adaptar a una red con la que se pueda brindar el mejor servicio.

4. El cable coaxial por cobre tiene más dificultades que la fibra óptica. La red HFC es vulnerable por terminar con cobre en la conexión con el cliente, a diferencia de la red que es totalmente de fibra óptica, que los mayores problemas son por mantenimiento de la red. El mantenimiento de una red de fibra óptica es más costosa

y más su manejo más complicado. El conjunto de procedimientos a seguir es para la migración de cualquier red HFC que quiera migrar a GPON – FTTH puede ser utilizado por cualquier empresa, deberán realizarse estudios dependiendo de la ciudad donde se la realice para la ubicación de los elementos y para el número de usuarios suscritos a la red.

4.3 Recomendaciones

Para operar en redes GPON – FTTH el personal debe ser capacitado, los técnicos se encargarán de las instalaciones en los hogares y deben saber cómo manejar la fibra óptica, ya que es sensible.

Las capacitaciones también deben ser para el manejo de la fibra óptica dentro de las canalizaciones. Deben tener la capacidad de realizar fusiones en las mangas ópticas, para casos donde se requiera mantenimiento.

GLOSARIO

ATSC (Advanced Television System Committee): Comité de sistema de televisión avanzada es el grupo encargado del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los Estados Unidos.

B-ONT (Building ONT): ONT para edificios. ONT's que se instalan específicamente en edificios.

CATV (Community Antenna Television): Comunidad de televisión de antena. Es un servicio de sistema de televisión por suscripción que se ofrece a través de señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex): Multiplexación por división de frecuencia codificado ortogonalmente. Es una técnica compleja de modulación de banda ancha utilizada para transmitir información digital a través de un canal de comunicaciones.

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications): Especificaciones de interfaz para servicio de datos por cable es estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a redes CATV existentes.

DSF (Dispersion Shifted Fiber): Dispersión de fibra óptica desplazada. Este tipo de fibra se caracteriza por eliminar el pico de absorción de OH, por lo que dispone de mayor ancho de banda.

DVB (Digital Video Broadcasting): Radiodifusión de video digital. Es una organización que promueve estándares de televisión digital, aceptados internacionalmente, en especial para HDTV y televisión vía satélite, así como para comunicaciones de datos vía satélite

EDTV (Enhanced Definition Television): Definición de televisión mejorada. Es un formato de televisión que apareció para solventar las carencias de la televisión estándar o SDTV.

EPON (Ethernet Passive Optical Network): Red óptica pasiva Ethernet que incluyen componentes PON avanzados, que ofrecen a los operadores opciones de conectividad fiables y escalables que satisfacen las necesidades de un panorama tecnológico que evoluciones rápidamente.

FTTB (Fiber to the building): Fibra óptica a los edificios.

FTTC (Fiber to the curb): Fibra óptica a la curva.

FTTH (Fiber to the home): Fibra óptica al hogar.

FTTN (Fiber to the node): Fibra óptica al nodo.

FTTx (Fiber to the x): Fibra a la x.

GPON (Giga Passive Optical Network): Red óptica pasiva Giga. Redes de alta velocidad, que contiene elementos pasivos. Este tipo de redes tienen su estructura completamente de fibra óptica.

HD (High Definition): Alta definición. Es un sistema de vídeo con una mayor resolución que la definición estándar, alcanzando resoluciones de 1280×720 y 1920×1080 píxeles.

HFC (Hybrid Fiber-Coaxial): Híbrido de fibra óptica y coaxial. Redes con las cuales operan las compañías de televisión por cable. Son la evolución de las redes CATV.

H-ONT (Home ONT): ONT para hogar. ONT's que se instalan dentro de las casas.

IPTV (Internet Protocol Television): Televisión por protocolo IP es un sistema de distribución por suscripción de señales de televisión o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

IPv6 (Internet Protocol Version 6): Protocolo de Internet versión 6.

ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting): Radiodifusión de servicios integrados digitales. Es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio digital y televisión digital.

ITU (International Telecommunication Union): Unión Internacional de Telecomunicaciones. Organismo internacional que se encarga de regular las Telecomunicaciones en todo el mundo.

M-OLT (Multiplexer OLT): Multiplexor OLT. Para multiplexación y desmultiplexación.

MPEG2 (Moving Picture Expert Group 2): Grupo experto de movimiento de imagen 2.

MPEG4 (Moving Picture Expert Group 4): Grupo experto de movimiento de imagen 4.

MSAN (Multi-Service Access Node): Nodo de acceso multiservicio. Es un nodo con la capacidad de converger los tres servicios: voz, datos y video.

NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber): Dispersión de fibra óptica desplazada sin retorno a cero.

OAF (Optical Analogic Filter): Filtro óptico analógico.

ODF (Optical Digital Filter): Filtro óptico digital.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): Multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

OLT (Optical Line Terminal): Terminal de línea óptica. Se encuentra en el nodo central, es la banda por donde se enviarán las señales digitales.

ONU (Optical Network Unit): Unidad de red óptica. Consta de los equipos instalados en el hogar para que llegue la fibra óptica.

PEM (PON Encapsulation Method): Método de encapsulación PON.

PLC (Power Line Communications): Poder de línea para comunicaciones. Son redes eléctricas, con las cuales se envía la información.

PSTN (Public switched telephone network): Red pública de conmutación telefónica. Se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico.

P-OLT (Provider OLT): Proveedor OLT. Es el proveedor de los servicios que llegarán a los usuarios finales.

PON (Passive Optical Network): Red óptica pasiva. Redes de fibra óptica, de alta velocidad que contienen elementos pasivos.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation): Modulación de amplitud por cuadratura.

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying): Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura.

SMF (Standard Single Mode Fiber): Estándar de modo único de fibra óptica. Es un tipo de fibra óptica monomodo con sus respectivas especificaciones.

TDT (Terrestrial Digital Television): Televisión digital terrestre. Es la transmisión de imágenes en movimiento y su sonido asociado mediante codificación binaria por medio de una red de repetidores terrestres.

VDSL2 (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2): Bit de ratio de alta velocidad para suscriptor de línea digital. Está diseñado para soportar los servicios conocidos como "Triple Play", incluyendo voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

VoD (Video on Demand): Video sobre demanda, es un sistema de televisión que permite a los usuarios el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada ofreciéndoles, de este modo, la posibilidad de solicitar y visualizar una película o programa concreto en el momento exacto que el telespectador lo desee.

VoIP (Voice Over Internet Protocol): Voz sobre IP, permite que la voz viaje en paquetes IP y obviamente a través de Internet.

V-OLT (Video OLT): Video OLT, transporta las tramas de video, también video bajo demanda (VoD) que provienen de la red de videodifusión.

xDSL (x Digital Subscriber Line): Suscriptor de línea digital de la familia x, método utilizado para conectarse a Internet, proveen un gran ancho de banda permitiendo el flujo de información tanto simétrico como asimétrico de alta velocidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEBEN TELECOM. (5 de febrero de 2013). *ALEBEN TELECOM (Servicios informáticos para empresas)*. Obtenido de <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>
- Argüello Moscoso Esteban, B. E. (julio de 2013). *Repositorio UPS(Análisis técnico y financiero para migrar la red de acceso de cobre a una red GPON de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador en el cantón Azogues)*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4964>
- CentellesPLC. (2009). *CentellesPLC (Elementos de la red PLC)*. Obtenido de <http://www.centellesplc.org/esp/031.htm>
- CISCO. (julio de 2007). *CISCO (How PacketCable Provides Security and QoS in VoIP Deployments)*. Obtenido de http://www.cisco.com/web/services/news/ts_newsletter/tech/chalktalk/archives/200707.html
- Cordova, F. (octubre de 2012). *IMAGINAR*. Obtenido de http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf
- Cristhian, A. (22 de Mayo de 2013). *Repositorio UCSG(Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON)*. Obtenido de <http://www2.ucsg.edu.ec/biblioteca/2014-02-17-21-00-36/catalogo-opac.html>
- De León, O. (2009). *Eclac (Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe)*. Obtenido de <http://www.eclac.org>
- Federico Kuhlmann, A. A. (1996). *INFORMACION Y TELECOMUNICACIONES (Volume 149 of La Ciencia Para Todos)*. USA: Fondo De Cultura Economica.
- Henares, S. (22 de febrero de 2013). *El cajon de la verdad (Arquitectura GPON)*. Obtenido de <http://elcajondelaverdad.blogspot.com/2013/02/arquitectura-gpon.html>
- HFC, M. d. (14 de junio de 2014). *Bloc de Telecomunicaciones (Redes HFC)*. Obtenido de <http://telecohfc.blogspot.com/2012/06/telecomunicaciones.html>
- Instaladoresdetelecomhoy. (5 de julio de 2012). *Instaladoresdetelecomhoy*. Obtenido de <http://www.instaladoresdetelecomhoy.com/armarios-murales-repartidores/>
- Jordi Casademont i Serra, J. P. (2010). *Redes de comunicaciones de la telefonía movil a internet*. Catalunya: Universidad Politècnica de Catalunya.

- Libre, M. (2012). *Mercado Libre (Router Echolife Gpon Hg8247)*. Obtenido de http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-475901783-router-echolife-gpon-hg8247-_JM
- Marchukov, Y. (22 de noviembre de 2011). *Repositorio UPV (Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH)*. Obtenido de <http://riunet.upv.es/handle/10251/13413>
- Miguel Rubio (Fibra óptica, F. V. (11 de febrero de 2008). *ADSLNET*. Obtenido de <http://www.adslnet.es/2008/02/11/fibra-optica-ftth-vdsl2-el-problema-esta-en-el-acceso/>
- Rio, E. d. (4 de julio de 2014). *TARTANGA (Proyecto de innovación sobre fibra y redes)*. Obtenido de <http://fibroptica.blog.tartanga.net/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/>
- Sanguña, F. (Marzo de 2010). *Respositorio de ESPOL (Estudio Técnico de la red de comunicación para brindar los servicios de voz, datos y video)*. Obtenido de <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbibdigi.tal.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F1764%2F1%2FCD-2763.pdf&ei=zsDIVMXWNoecgwSBloP4AQ&usg=AFQjCNGt3EUQ2cTrT2JbzRR5UBeItDQT7Q&sig2=>
- Santos, J. (23 de abril de 2010). *PROYECTODEREDES (Redes ópticas de alto desempeño)*. Obtenido de http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_opticas_alto_desempenho.php
- Telequismo. (13 de marzo de 2013). *Telequismo (FTTH o FTTB)*. Obtenido de <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>
- TELNET. (noviembre de 2014). *TELNET*. Obtenido de <http://www.telnet-ri.es/>
- TVCABLE. (2012). *TVCABLE*. Obtenido de <http://www.grupotvcable.com/grupo/hd>
- Vargas, J. (19 de febrero de 2012). *Telecomunicaciones (Partes de una red HFC)*. Obtenido de <http://telecomunicaciones150431.blogspot.com/2012/02/cuales-son-las-partes-de-una-red-hfc.html>
- Vegas, R. (29 de abril de 2014). *BLOGPLASTICS (Tubos corrugados de PE para la protección de cables TPC)*. Obtenido de <http://blogplastics.com/tubos-corrugados-de-pe-para-la-proteccion-de-cables-tpc/>
- Webmasters. (2013). *Webmasters (El Cable Modem)*. Obtenido de <http://webmasters-bolivia.blogspot.com/2012/07/internet-cablemodem-caracteristicas.html>

ANEXOS

Sábado, 12 de marzo, 2011

La CNT cambiará la red, tecnología y cable

Los constantes robos de cables y el proceso de modernización de las redes telefónicas para aumentar servicios y abonados son los principales motivos por los que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) instalará este año 73 concentradores o nodos, en las once zonas en que está dividido Guayaquil.

El gerente de acceso de la Regional 5 de la entidad estatal, Francisco Coloma, dijo que la tecnología consiste en centrales telefónicas, pero de menor capacidad, ya que las que hay actualmente proveen del servicio a 30.000 abonados, pero un nodo ahora lo hará con 5.000 usuarios.

El actual sistema está compuesto por una red primaria que une la central con los armarios, donde existen cables con cobre. Este se completa con la red secundaria que une el armario con el poste que lleva la señal al cliente (ver gráfico).

“Ahora se acortará la distancia, poniendo un nodo en la mitad y la conexión cambiará de cobre a fibra óptica, la red antigua ahora se redistribuirá en todo el sector, con lo que se dispondrá de nuevas líneas telefónicas”, sostuvo Coloma.

También aseguró que la red primaria, como consiste en cables de alta capacidad, no se puede colocar vía aérea, por el peso que conlleva. En cambio la red secundaria en su mayoría sí lo es, pero en sectores de regeneración urbana deben cumplir con las normas municipales, ubicando la canalización de forma subterránea.

Además el funcionario contó que los nodos se construirán en terrenos en comodato, que ya cuentan con el permiso de construcción del Municipio.

Anexo A Artículo relacionado de la red migrada a GPON (*Parte 1*)

Fuente: (*El Universo, 2011*)

“Hay ciertos lugares donde no nos han podido ceder los terrenos y se están buscando otras zonas”, indicó Coloma.

Asimismo, reveló que la mayoría de los nodos van a funcionar en escuelas o colegios del Estado, para mayor seguridad.

Cada uno ocupará un terreno aproximado de 5x5 metros, donde permanecerá un operario encargado del conmutador.

Este proyecto es parte del Plan Nacional de Conectividad que se espera esté listo durante este año. Un nodo tendrá un radio de cobertura de un kilómetro, con lo que esperan ofrecer a mediano plazo televisión por cable.

Robo de cables

Durante el 2010, la CNT registró 96 robos de cables en las once zonas de Guayaquil, con lo que sumó \$ 413.149 en pérdidas económicas y un total de 94.453 clientes afectados.

“No lo vemos en función del pedazo que se roban, sino del lucro cesante que crea, si roban en un punto, así sea un metro hay que cambiar todo ese tramo”, manifestó Coloma, quien aclaró que cada red puede tener entre 80 y 250 metros.

Según el funcionario, por cada usuario sin el servicio, la compañía promedia una pérdida de \$ 2 diarios por lucro cesante.

“Hay sectores donde nos roban los chamberos, que cortan lo que hay en el pozo, o sea más de 2 metros”, contó.

Por cada red sustraída, la CNT pierde \$ 15.000, que incluyen mano de obra, material y tiempo de pérdida de servicio.

Indicó que esto genera retraso en la programación diaria de reparaciones, debido a que tienen que redirigir su personal, por lo que solicitó la colaboración de la ciudadanía para denunciar estos actos.

Los sectores más afectados son Bastión, Orquídeas, Pascuales, Cristo del Consuelo, Guasmo e isla Trinitaria.

Anexo A Artículo relacionado de la red migrada a GPON (*Parte 2*)

Fuente: (*El Universo, 2011*)