



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Estudio de las tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad  
en la implementación del servicio IPTV**

AUTOR:

León Chevez, José Guillermo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Zamora Cedeño, Néstor Armando

Guayaquil, Ecuador

14 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**León Chevez, José Guillermo** como requerimiento para la obtención del  
título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

---

Zamora Cedeño, Néstor Armando

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **León Chevez, José Guillermo**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “**Estudio de las tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad en la implementación del servicio IPTV**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

LEÓN CHEVEZ, JOSÉ GUILLERMO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **León Chevez, José Guillermo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Estudio de las tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad en la implementación del servicio IPTV**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

LEÓN CHEVEZ, JOSÉ GUILLERMO

## REPORTE DE URKUND

← → ↻ |  Es seguro | <https://secure.orkund.com/view/25787784-983571-722726#DcMxC>

---



Documento	<a href="#">ProyectoTitulacionLeon.docx</a> (D26005269)
Presentado	2017-02-24 14:21 (-05:00)
Presentado por	Néstor Zamora (nestor.zamora@cu.ucsg.edu.ec)
Recibido	nestor.zamora.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Proyecto Titulacion Leon <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>

4% de esta aprox. 36 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 8 fuentes.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fuerza en los momentos más difíciles y permitirme llegar a esta estancia de mi preparación académica para así obtener mi título profesional.

A mi madre Tania Patricia Chevez Mera que me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento aún en las etapas más difíciles de mi vida. Me ha enseñado que todo es posible gracias a la perseverancia, constancia y disciplina, si se dispone de fuerza de voluntad optimismo y principalmente fe.

A mi abuela Violeta Mera que me ha demostrado ser otra madre apoyándome, aconsejándome, inculcándome y transmitiéndome los valores que me ayudaron a superarme como hijo, nieto y estudiante y siempre recordándome cual es mi verdadera meta.

A mi abuelo Pedro Chevez que me ha cuidado y visto como un hijo, siempre haciéndome ver lo importante que es la vida y enseñándome a ser un hombre de bien.

A mi tía Glenda María Chevez Mera que siempre ha estado ahí conmigo entendiéndome como joven y apoyándome sin importar la circunstancias.

A mis hermanas menores que siempre al verlas me brindan esa fuerza y valentía para saber a dónde quiero llegar y así que ellas vean en mí un ejemplo a seguir.

Dedico este trabajo de tesis a todas las personas antes mencionadas porque son importantes en mi vida y ocupan un lugar en mi corazón y estoy seguro que para ellas también.

**EL AUTOR**

**LEÓN CHEVEZ, JOSÉ GUILLERMO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser el guía de mi camino y darme sabiduría para poder llegar a este punto de mi vida.

Agradezco a mi madre, hermanas, abuelos, tíos que han estado conmigo todo este largo camino y han sido un pilar fundamental para mí.

A amigos, conocidos y personas que pasaron por mi vida y que de alguna forma me ayudaron en esta etapa universitaria sumando de alguna manera para la obtención de mi título profesional.

EL AUTOR

LEÓN CHEVEZ, JOSÉ GUILLERMO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO**  
TUTOR

---

**HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO**  
DIRECTOR DE CARRERA

---

**PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

## Índice General

Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tablas.....	XIV
Resumen .....	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Introducción. ....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación del problema.....	5
1.4. Definición del problema .....	5
1.5. Objetivos del problema de investigación.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos. ....	6
1.6. Hipótesis.....	7
1.7. Metodología.....	7
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEORICOS DE IPTV EN FTTH Y HFC .....	8
2.1. INICIOS DEL PROTOCOLO DE INTERNET .....	8
2.1.1. IP y sus aplicaciones .....	10
2.1.2. IP Multicast .....	12
2.2. IPTV 14	
2.2.1. Definición IPTV.....	14
2.2.2. Características Principales IPTV .....	15
2.2.3. Fuente de contenidos .....	16
2.2.4. Nodo de servicio .....	17
2.2.5. Red de distribución .....	17
2.2.6. Red de núcleo.....	17
2.2.7. Red de acceso.....	18

2.2.8.	Línea de acceso al usuario .....	18
2.2.9.	Equipo - Usuario .....	18
2.2.10.	IPTV en el mundo .....	18
2.2.11.	Aplicaciones de IPTV .....	20
2.3.	CATV24	
2.3.1.	Definición CATV .....	24
2.3.2.	Redes CATV completamente coaxiales .....	24
2.3.3.	Redes CATV híbridas fibra/coaxial .....	25
2.4.	IPTV Y CATV comparación.....	27
2.5.	Redes FTTx .....	28
2.5.1.	FTTH (Fiber To The Home) .....	28
2.5.1.1.	Características de FTTH .....	29
2.5.1.2.	Arquitectura de la red .....	31
2.5.1.3.	Elementos de la red.....	33
2.6.	IPTV EN FTTH.....	36
2.6.1.	Arquitectura IPTV sobre FTTH .....	38
2.7.	HFC (Hybrid Fibre Coaxial).....	39
2.7.1.	Arquitectura de la red .....	41
2.7.2.	Estándares de la tecnología HFC.....	46
2.7.3.	Servicios de la tecnología HFC .....	48
2.8.	IPTV EN HFC.....	50
2.8.1.	Arquitectura IPTV sobre HFC .....	50
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS FASES DEL SISTEMA .....		52
3.1.	Cabecera IPTV.....	54
3.1.1.	Funciones que desempeña la cabecera IPTV .....	58
3.1.1.1.	Recibimiento de contenidos .....	58
3.1.1.2.	Preparación de la señal.....	59

3.1.1.3. Dirección de derecho digital – (DRM).....	59
3.1.1.4. Servidores de licencias – (DRM) .....	60
3.1.1.5. Servidores de accesos condicionados - CAS.....	60
3.1.1.6. Servidores VoD .....	60
3.1.1.7. Servidores de aplicaciones.....	61
3.1.1.8. Procedimientos de facturación .....	61
3.1.1.9. Servidor Middleware.....	61
3.1.1.10. Servidores de gestión.....	62
3.1.1.11. Estabilizador de carga .....	62
3.2. Diseño del sistema IPTV con FTTH .....	62
3.2.1. Tecnología de acceso fijo G.fast.....	67
3.3. Equipos a utilizar en FTTH.....	69
3.4. Diseño del sistema IPTV con HFC .....	77
3.4.1. Equipos a utilizar en HFC .....	83
3.5. SISTEMA IPTV EN COMBINACIÓN DE FTTH Y HFC .....	87
3.6. ANÁLISIS COMPARATIVO.....	88
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
4.1. Conclusiones.....	92
4.2. Recomendaciones.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2.1: Arpanet inicial 1969 .....	10
Figura 2.2: Teléfonos Analógicos.....	12
Figura 2.3: Telefonía IP .....	12
Figura 2.4: Infraestructura básica IPTV .....	16
Figura 2.5: Mapa mundial con operadores con servicio IPTV.....	20
Figura 2.6: Aplicaciones IPTV.....	23
Figura 2.7: Red CATV completamente coaxial .....	25
Figura 2.8: Red CATV híbrida Fibra/ coaxial .....	26
Figura 2.9: Arquitectura de red de fibra óptica FTTH.....	31
Figura 2.10: funcionamiento de la OLT de forma bidireccional. ....	34
Figura 2.11: ONT al abonado.....	35
Figura 2.12: Arquitectura IPTV sobre FTTH .....	38
Figura 2.13: Arquitectura HFC .....	42
Figura 2.14: Cabecera de una Red HFC .....	43
Figura 2.15: Red de distribución de cable coaxial.....	44
Figura 2.16: Red interior del abonado.....	45
Figura 2.17: IPTV sobre red HFC .....	51

### Capítulo 3

Figura 3.1: Etapas básicas de una red .....	53
Figura 3.2: Arquitectura IPTV.....	53
Figura 3.3: Cabecera IPTV .....	57
Figura 3.4: Planta Interna del sistema IPTV en FTTH .....	63
Figura 3.5: Fibra óptica entre OLT y planta externa.....	64
Figura 3.6: Planta externa de servicio IPTV en FTTH de dos niveles .....	65
Figura 3.7: IPTV en FTTH Lado del cliente.....	66
Figura 3.8: IPTV y FTTdp (G.fast/FTTH) .....	68
Figura 3.9: Diseño IPTV con tecnología FTTH .....	69
Figura 3.10: Telnet SmartOLT 350 .....	70
Figura 3.11: Uso escalonado de SmartOLT-Telnet.....	72
Figura 3.12: Huawei SmartAX MA5600T .....	73
Figura 3.13: Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTH .....	75

Figura 3.14: ZTE ZXA10 C320 xPON OLT .....	77
Figura 3.15: Red interna IPTV con HFC .....	78
Figura 3.16: Planta externa IPTV con HFC.....	80
Figura 3.17: Cliente IPTV con HFC.....	82
Figura 3.18: CMTS SERIE D3 .....	84
Figura 3.19: Cisco uBR10012 .....	85
Figura 3.20: ARRIS C4 CMTS .....	86
Figura 3.21: Sistema IPTV y FTTH en conjunto.....	88

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2.1: Características de la red de Fibra óptica FTTH .....	30
Tabla 2.2: Atenuación producida en relación de split.....	36
Tabla 2.3: Características HFC.....	41
Tabla 2.4: Servicios actuales y futuros de HFC .....	49

### Capítulo 3

Tabla 3.1: Características de un servicio IPTV en HFC.....	89
Tabla 3.2: Características para FTTH.....	91
Tabla 3.3: Comparación FTTH y HFC .....	91

## Resumen

El presente trabajo se basa en el estudio de los diseños de las tecnologías FTTH y HFC para los sistemas IPTV, debido al crecimiento de la demanda del ancho de banda para los accesos a internet y sus diferentes usos por parte de los usuarios residenciales. El estudio tiene un enfoque técnico por lo cual se busca evaluar las ventajas y desventajas de las dos tecnologías que soportan el sistema IPTV. El estudio está compuesto de tal forma que primero se muestre los objetivos y la problemática actual para implementar el servicio IPTV en el país, posteriormente se enfoca en el diseño de las respectivas redes con los equipos más importantes de cada una siendo explicada cada etapa y finalmente se ha realizado una comparación entre ambas tecnologías para así concluir cual sería la tecnología más factible y la que mejor se acomode, dependiendo de las redes existentes en el país. Adicionalmente este trabajo describe los aspectos y características relevantes de las redes FTTH y HFC para poder ofrecer un servicio masivo de conectividad con un gran ancho de banda.

**Palabras claves:** FTTH, HFC, IPTV, CATV, FIBRA ÓPTICA, CABLE COAXIAL.

## **Abstract**

The present work is based on the study of the designs of the FTTH and HFC technologies for the IPTV systems, due to the growth of the demand of the bandwidth for the accesses to Internet and its different uses by the residential users. The study has a technical approach which seeks to evaluate the advantages and disadvantages of the two technologies that support the IPTV system. The study is composed in such a way that it first shows the objectives and the current problem to implement the IPTV service in the country, later it focuses on the design of the respective networks with the most important equipment of each one being explained each stage and finally A comparison has been made between the two technologies in order to conclude what would be the most feasible and best adapted technology, depending on the existing networks in the country. In addition, this work describes the relevant aspects and characteristics of the FTTH and HFC networks in order to offer a massive connectivity service with high bandwidth.

**Keywords:** FTTH, HFC, IPTV, CATV, OPTICAL FIBER, COAXIAL CABLE.

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Introducción.**

La evolución del internet ha traído nuevas formas de comunicación a nivel mundial como también ha dado nuevos métodos y beneficios en el ámbito de ofrecer servicios a los usuarios. Uno de estos servicios es IPTV, que es básicamente la transmisión de programación televisiva por medio de redes de telecomunicaciones IP, que es por donde pasan todo el tráfico de datos del internet.

Actualmente, los sistemas IPTV están en pleno crecimiento en el mundo, gracias a sus múltiples beneficios y opciones que brinda al usuario, ya que permite a los proveedores ofrecer televisión en alta definición junto a la de poder interactuar en internet por medio del mismo dispositivo.

En nuestro país los servicios televisivos son adquiridos por los usuarios por medio de proveedores que ofrecen servicios a través de cable coaxial y satelital. En una pequeña parte del país se ha implementado la tecnología HFC que además de televisión proporciona internet al usuario y es relativamente más económico porque las empresas ya constan con redes de cobre montadas. Sin embargo, estas redes están quedando obsoletas con los avances tecnológicos en cuanto a los dispositivos electrónicos, los cuales necesitan muchas más ancho de banda para poder funcionar a plenitud.

En Ecuador, no sería extraño poner en práctica este sistema por medio de las diferentes tecnologías, centrándonos principalmente en dos tecnologías fijas, ya que se cuenta con la infraestructura requerida en varias partes del país siendo así los proveedores de internet y telefonía como CNT, Netlife, Claro, Telconet, Tv Cable entre otras. Por tal motivo, este estudio de IPTV en las tecnologías FTTH Y HFC es para ver la viabilidad y factibilidad de dicho sistema siendo implementado en el país, tomando en cuenta la infraestructura de las redes como cabecera, planta interna, externa y usuario.

## **1.2. Antecedentes.**

En la década de los 50 en Syracuse, New York, Hartwell residente del mismo país halló unos equipos abandonados en General Electric, y en 1959 fueron trasladados a la capital ecuatoriana Quito en donde causó admiración por su tecnología. Tiempo después dichos equipos llegaron a la HCJB por medio de la Unión nacional de periodistas, en donde fueron expuestos en una feria del colegio americano sobre la Tv en blanco y negro.

Después de un convenio con la Casa de la cultura en 1960 llega al Puerto principal del Ecuador, Guayaquil. Es así como nace la televisión en el país, en donde Canal 4 obtuvo los permisos necesarios para operar y se convirtió en el canal pionero del Ecuador.

En la década de los setenta donde nacieron los canales 8 en Quito, 2 en Guayaquil, y canal 10, donde se vio el desarrollo del país en el ámbito

televisivo. La televisión nace con el estándar americano y su industria era privada en donde estado era dueño de las frecuencias. Poco tiempo después la televisión se introdujo en un pilar fundamental en la red de comunicación de la mano de la prensa y la radio abarcando casi todo el territorio nacional.

El 12 de diciembre se celebra el día de la Tv ecuatoriana en conmemoración a la primera transmisión televisiva que se emitió en 1960. La primera estación televisiva en transmitir a color en el país fue teleamazonas ya que contaba con la mejor tecnología y con un alto presupuesto por la solidez financiera de sus dueños.

En la década de los 80 fue cuando por primera vez una empresa ofrece servicios de PPV. La empresa Tv Cable fue la primera en brindar estos servicios en 1986. En la actualidad Ecuador cuenta con más de 21 estaciones televisivas, además, de los usuarios por suscripción PPV (pague por ver), que suman aproximadamente 150.000 suscripciones en todo el país.

Ecuador es un país que ha ido creciendo paulatinamente en cuanto a los avances tecnológicos en ámbito Televisivo, generando mucha competencia entre las empresas proveedoras por suscripción que en la actualidad se manejan por TV satelital, y cable coaxial, tomando en cuenta que es un país tercermundista se ha sabido adaptar a ciertos cambios y

avances con el pasar de los años, viendo la posibilidad de adoptar las nuevas tecnologías que están en auge como IPTV (televisión por redes IP). (Periódico Digital: El Nuevo Empresario, 2013)

### **1.3. Justificación del problema**

El estudio permitirá encontrar una mejor opción en cuanto a calidad, servicio y variedad, cambiando la experiencia en que los usuarios ven televisión en el país, mostrando un mundo de nuevas opciones; para esto se estudiarán las tecnologías FTTH y HFC que son las mejores opciones para el servicio IPTV en el país. La televisión y el internet son indispensables en la vida diaria y en el ámbito laboral de la mayoría de personas en Ecuador, por ello sería factible que estos servicios puedan unirse, logrando así un sistema muy beneficioso en cuanto a la convergencia de servicios que los proveedores presten al usuario.

### **1.4. Definición del problema**

En Ecuador los usuarios eligen como uno de los principales medios de comunicación la televisión; televisión satelital, televisión pública o aire y cable coaxial, pero éstas alternativas se están quedadas cortas para las exigencias de los usuarios ya que no dan la facilidad para interactuar directamente con la tv. La demanda de usuarios para el servicio de televisión crece anualmente y cada vez son más exigentes en la calidad de servicio que solicitan debido a la gama de televisores inteligentes de última generación y muchas veces no satisfacen por completo la calidad e imagen

o contenido que tiene a su alcance el proveedor ya que es usan tecnologías unidireccionales. Como sabemos la digitalización en nuestro país ya casi es un hecho y luego del apagón analógico los proveedores futuros desarrollarán y abastecerán con nuevos servicios que suplirán la demanda y exigencias de los usuarios.

Al contrario de las opciones antes mencionadas la IPTV permite interactuar directamente con la televisión dando el control al usuario sobre lo que quiera visualizar en ese instante y otros servicios como la interactividad en el internet y diversas opciones que solo estaban al alcance de un ordenador y por consiguiente las empresas proveedoras podrán ofrecer programación personalizada sin horarios predeterminados debido a que esta tecnología es bidireccional.

## **1.5. Objetivos del problema de investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

- Determinar la tecnología más conveniente para brindar el servicio IPTV en base al análisis entre FTTH y HFC

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Elegir entre las tecnologías FTTH Y HFC que sería más factible para el servicio IPTV o sugerir una posible complementación entre ambas.
- Analizar el diseño de redes (planta externa, planta interna y abonado para el servicio IPTV).

## **1.6. Hipótesis.**

Poner en práctica el supuesto estudiado haciendo las investigaciones pertinentes que conlleven brindar el servicio IPTV en el país tomando en cuenta las ventajas de este sistema y sus desventajas. En base a los resultados investigados llegar a una conclusión si es viable y factible la implementación del servicio IPTV dependiendo del contexto en que se va a montar la red en un determinado lugar.

## **1.7. Metodología.**

El presente estudio se basa a partir del análisis de crecimiento o evolución que tendrá la televisión, debido a las exigencias que surgirán al momento de contratar dicho servicio en el ámbito televisivo. Por consiguiente, el tipo de investigación es exploratoria, considerando que es una primera aproximación tecnológica a la problemática del presente trabajo de tesis, con el fin de incrementar la familiaridad de la IPTV teniendo como base tecnologías ya implementadas en nuestro país. Se utilizará el Método deductivo indirecto – inferencia o conclusión mediata formal. El método utilizado permite explorar y descubrir principios no conocidos del servicio IPTV a partir de las tecnologías FTTH y HFC que ya son conocidas e implementadas en muchos casos, mostrándonos las consecuencias que no se conocían de dichas tecnologías, siendo de tipo indirecta porque comparamos y estudiamos dos tecnologías para llegar una conclusión de cuál sería más factible para el servicio IPTV.

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEORICOS DE IPTV EN FTTH Y HFC**

### **2.1. INICIOS DEL PROTOCOLO DE INTERNET**

La necesidad de una red global, comprendida por el pionero J.C.R. Licklider en lo que se refiere a la creación de esta, en donde consta en un documento de su autoría del mes de enero de 1960, Man-Computer Symbiosis (Simbiosis Hombre-Computadora).

“Una red de muchos ordenadores, conectados mediante líneas de comunicación de banda ancha” las cuales proporcionan “las funciones hoy existentes de las bibliotecas junto con anticipados avances en el guardado y adquisición de información y otras funciones simbióticas”. J.C.R Licklide

Licklider fue ascendido con el cargo de jefe en octubre de 1962, en las oficinas donde se procesaba la información correspondiente DARPA, y comenzó a formar un grupo limitado en personas dentro del departamento de defensa de USA en la búsqueda de computadores más eficientes y avanzados.

Como inicio del procesado de operación de la información, fueron creadas 3 terminales de red: la primera en el instituto tecnológico de Massachusetts para el proyecto Multics, la segunda en Santa Mónica para System Development corporation y la última en la Universidad de California

Berkeley para el proyecto Genie. La necesidad en la crear redes se vería reflejado poco después por la cantidad de problemas que generó.

Uno de los principales problemas que existían era en las interconexiones. Para poder formar una red lógica se necesitaban enlazar o conectar distintas redes físicas. Entre los años 1960 y 1965 varias personas trabajaron en conjunto en la conmutación de paquetes, para determinar su concepto en sí.

➤ **Redes que provocarían la aparición del internet**

Robert Taylor jefe en el departamento de procesamiento de información en el ARPA decidió poner en práctica las ideas de Licklider sobre un sistema reales de redes que trabajan juntas, por ello inicio un proyecto en alianza con Larry Robert del MIT y dieron nacimiento a ARPANET cuya primera conexión se realizó el 21 de noviembre de 1969, entre el instituto de investigaciones de Stanford, la universidad de california y los Ángeles. Poco tiempo después ARPANET fue inaugurada en 1972 y fue creciendo progresivamente hasta 1981, convirtiéndose firmemente tiempo después en el núcleo del internet.

Para dicha época existían muchos tipos de conexiones, pero faltaba algún elemento para poder unirlos. DARPA acepto intervenir para poder desarrollar el software necesario y así fue que en julio de 1977 se efectuó la primera demostración en la transformación al protocolo TCP/IP. Este

Innovador método se hizo popular con mucha facilidad en las redes siendo los únicos protocolos que fueron aprobados por ARPANET dejando obsoleto el anterior protocolo NCP (Vinton G. Cerf, 1997).

La figura 2.1 se muestra la primera conexión de Arpanet entre 4 nodos.

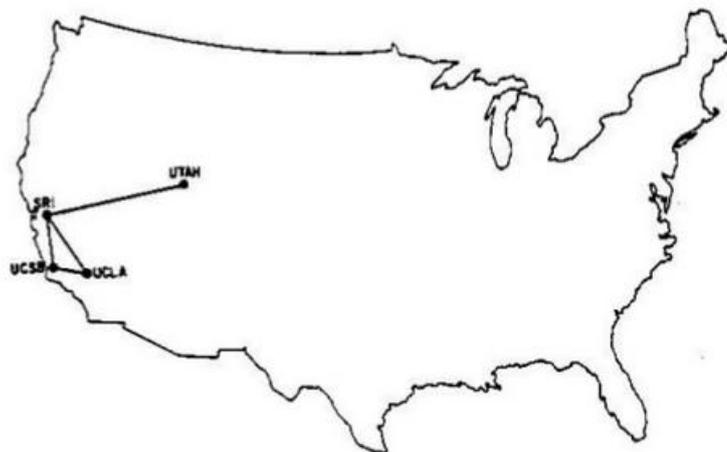


Figura 2.1: Arpanet inicial 1969  
Fuente: (Factor & Noticia, 2013)

### 2.1.1. IP y sus aplicaciones

El protocolo de IP (Internet Protocol) con el paso de los años ha evolucionado considerablemente desde su infraestructura de redes hasta las diversas formas de comunicarnos, entre ellas están: VoIP (voz sobre IP), telefonía IP, video sobre IP, IPTv (televisión sobre IP). Funcionando de plataforma para estos servicios se ha mejorado la calidad de comunicación mundialmente, ayudando al crecimiento en varios factores para la humanidad, ya que la comunicación es la una de los principales requisitos para el desarrollo en general y el internet abrió nuevas alternativas para esto siendo la mayor red de datos existente.

Voz sobre IP es la utilización del protocolo de internet (IP) sobre redes públicas o privadas para la transmisión de la voz que se encuentra encapsulada dentro de paquetes de datos. VoIP es una tecnología donde se comprime, encapsula y digitaliza la voz tomando de plataforma el protocolo IP (Sierra, 2008). La Telefonía IP usa el protocolo de internet como intermediario o medio de transporte creando un sistema con todo lo que implica la telefonía que ya conocemos, añadiendo nuevos recursos y expandiendo posibilidades, ya que es un sistema establecido en lo que se refiere a comunicaciones. También permite utilizar las redes de datos para realizar llamadas telefónicas, esto se debe a que esta tecnología está basada en un sistema de conmutación de paquetes, es decir, se utiliza una sola red para la transmisión de datos, voz y video, esto es una ventaja sobre la telefonía tradicional ya que su tecnología es por conmutación de circuitos (Sierra, 2008).

EL video sobre IP es básicamente ver contenido como series o programas subidos a la nube, teniendo variedades de opciones dependiendo de las preferencias del usuario, decidiendo que página web utilizar en base a su necesidad. También es posible de visualizar los contenidos que comparten los usuarios alrededor del mundo, asimismo compartirlos en tiempo real, un claro ejemplo de esto son las video llamadas (TUMBALOBOS, 2015).

La figura 2.2 se muestra la telefonía convencional por cobre y su estructura

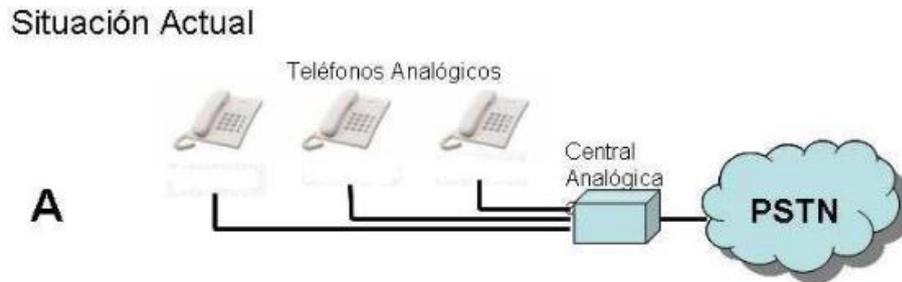


Figura 2.2: Teléfonos Analógicos  
Fuente: (Huidobro J., Roldán D., 2006)

La figura 2.3 se muestra la estructura de la telefonía por IP



Figura 2.3: Telefonía IP  
Fuente: (Huidobro J., Roldán D., 2006)

### 2.1.2. IP Multicast

IP multicast es un esquema que utiliza la televisión transmitida por este medio, su principal objetivo es reducir el ancho de banda que se genera dependiendo de la demanda en ese instante de quienes quieran acceder al

contenido, por ello, solo es enviada una copia a la cabeza de cada usuario activo para que puedan acceder sin problemas al contenido.

Sin embargo, para poder brindar los servicios del sistema de televisión IPTV se necesita un incremento de ancho de banda en los sistemas por parte de las empresas proveedoras en las redes de telecomunicaciones para que transmitan su programación de manera fluida sin interrupciones y que ésta llegue únicamente cuando sea solicitada así mismo con los otros servicios que brindarán por éste medio (Muñiz, 2005).

La transmisión por multicast permite al operador llegar a mayor cantidad de usuarios reduciendo el ancho de banda necesario notablemente para la cantidad de canales a ofrecer, Asimismo la transmisión por multicast mejorará el rendimiento del core IP ya que minimizará el flujo de redundancia de los paquetes de datos en la WAN

Esto importante debido a que uno de los elementos importantes de la planta interna es el core IP para el funcionamiento correcto de la IPTV con cabecera individual. Si éste no fuera el caso y no tenga cabecera propia, como sabemos, en la actualidad la transmisión mediante HFC también hace uso del multicast y lo hace muy importante.

Lo que provoca un retardo en la recepción de la señal es la selección de otro canal ya que genera un flujo de información nuevo debido a que los

sistemas IPTV permiten la gestión de flujos de varios canales individuales a la vez por usuario. Diferente a esto la televisión digital por cable permite la resección de todos los canales contratados del sistema de forma inmediata ya que se basa en receptores de tipo STB (Set Top Box), lo que permite al abonado elegir canales de forma rápida si retardo alguno en su recepción (Siemens Communications and Juuniper Networks, 2006).

Para minimizar o disminuir el retardo se ha propuesto la optimización del diseño de red; la reducción en el tiempo de implementación del STB; decodificación y descriptación de paquetes de datos que son los que representan los mayores problemas de retardo (Cisco Systems, 2006).

## **2.2. IPTV**

### **2.2.1. Definición IPTV**

IPTV de las siglas Internet Protocol TV (Protocolo de televisión por internet) que se refiere a la difusión y distribución de programación digital bajo pedido por medio de redes de telecomunicaciones de banda ancha. La organización de naciones unidas para las tecnologías de la comunicación e información ITU definió IPTV como la variedad de servicios ofrecidos como son: datos, texto, video, gráficos y televisión, que son enviados por una red de telecomunicaciones IP, los cuales poseen un alto nivel de fiabilidad, seguridad y un nivel alto de calidad de servicio. IPTV básicamente trabaja sobre la infraestructura IP comprendiendo el procesamiento, adquisición y

distribución de la transmisión de video. Desde el punto de vista de las empresas que ofrecen este sistema (Llorret G, Borat C., 2011).

### **2.2.2. Características Principales IPTV**

- Gracias a la comunicación bidireccional que realizan los sistemas IPTV permite al operador enviar diversas aplicaciones para la interactividad del usuario como juegos navegación, elección de programación, opciones de descarga, compras y navegación con alta velocidad.
- Cuenta con un amplio ancho de banda en sus redes, sin embargo, los sistemas IPTV permite que solo sea utilizado el ancho de banda necesario a cada cliente dependiendo de su pedido ya sea en programación o aplicaciones entre otras, permitiendo así conservar la mayor parte de ancho de banda que disponen sus redes.
- IPTV permite disponibilidad. Si bien es cierto la demanda para recibir los servicios de IPTV son en un televisor, también los usuarios tienen las opciones de usar sus dispositivos móviles u ordenadores para interactuar en cualquier situación.
- IPTV puede utilizar diversas tecnologías de acceso como DSL (digital subscriber line) VDSL, ADSL2, ADSL2+. En Redes PON con tecnologías FTTX (fibre to the x) con los diferentes despliegues de fibra como (FTTE, FTTB, FTTC, FTTH, FTTN) y HFC (híbrido de fibra y coaxial).

- IPTV recibe por medio de multicast IP contenido de video que es generalmente MPEG- 2 o tráfico de traslado MPGE- 4 cuando es programación en vivo y en video bajo demanda (VoD) recibe por medio de unicast IP.

### Infraestructura básica IPTV

Las empresas que ofrecen los servicios de telecomunicaciones que poseen sus redes construidas, son los que mayormente de proporcionan el servicio IPTV, debido a que su costo es relativamente bajo.

En la figura 2.4 se muestra la infraestructura básica del sistema IPTV

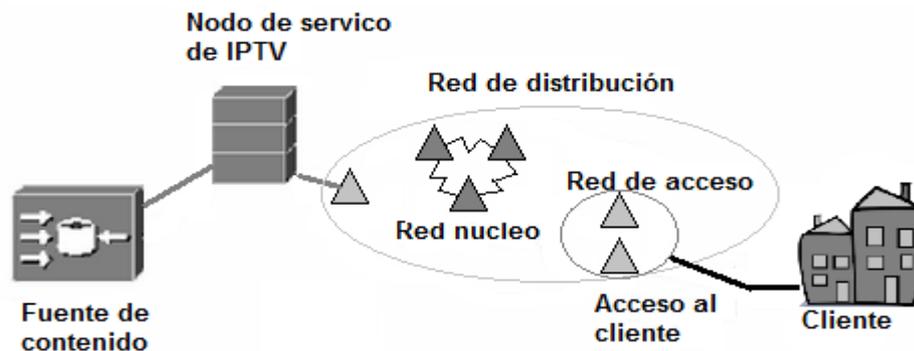


Figura 2.4: Infraestructura básica IPTV  
Elaborado por: Autor

### 2.2.3. Fuente de contenidos

Etapa que tiene como objeto la recepción de contenido como audio y video para después codificarlos y guardados en servidores, disponibles para que los abonados puedan acceder a ellos. EL sistema video bajo demanda (VoD) permite tener a disposición programación sin horarios establecidos, permitiendo que sea el usuario quien decida que contenido visualizar, dependiendo de los contenidos específicos habilitados en su zona. Para

evadir los posibles colapsos o saturaciones que mayormente se suscitan en horas pico. Por el aumento de la demanda se emplea el balanceo de carga que distribuye las sesiones de distribución de video a los usuarios (MINA, 2014).

#### **2.2.4. Nodo de servicio**

EL nodo de servicio es un aparato que capta emisiones en distintos formatos de video, posteriormente las emisiones de video captadas son encapsuladas y reformateadas, mejorando la calidad de servicio (QoS), para su posterior transmisión. Estos nodos son los responsables de la entrega y distribución del video a los abonados (Lloret J., 2008).

#### **2.2.5. Red de distribución**

Es la red por donde se direccionarán los datos transmitidos antes de llegar al cliente, la cual debe de constar con una buena distribución de datos y conservar la calidad del servicio. La misma la conforman dos redes, la red de núcleo y red de acceso.

#### **2.2.6. Red de núcleo**

Es la parte central en la estructura que posee el proveedor del servicio, está compuesto de enlaces ópticos y Multiplexores de línea de acceso de abonado digital (DSLAMs), maneja tramos extensos sin ningún problema debido a que consta de un extenso ancho de banda por las conexiones que la conforman.

### **2.2.7. Red de acceso**

Es la conexión final de la red del operador a la del cliente, donde puede estar sobre fibra óptica o cobre dependiendo del servicio que proporciona el proveedor.

### **2.2.8. Línea de acceso al usuario**

Se necesitan tecnologías como VDSL y ADSL2 en redes de cobre. En redes ópticas se puede implementar fibra hasta la casa (FTTH) o combinar fibra hasta el borde (FTTC) y las tecnologías G.fast que es cobre para poder llegar a la casa del abonado, también existen posibilidades de las redes híbridas de cable coaxial con fibra óptica (HFC). Para que todas estas opciones sean viables y resulten, dependen de la empresa proveedora en la calidad de servicio que otorguen.

### **2.2.9. Equipo - Usuario**

Es un dispositivo funcional que se encuentra donde el cliente solicito el servicio siendo así donde termina el tráfico IPTV. Crea la conexión y la calidad con el nodo servicio y se asemeja a un set-top box que permite la decodificación de las tramas de video, conexiones con otras aplicaciones, elección de programación deseada y diversas opciones que incluye la tecnología IPTV.

### **2.2.10. IPTV en el mundo**

En el presente uno de los países europeos donde se implementó esta tecnología y ha tenido buena acogida por los usuarios es Francia, donde las

redes de cobre ya existentes fueron remodeladas para que puedan soportar el ancho de banda que requiere el sistema de IPTV, así mismo, se construyeron redes de fibra óptica en muchas ciudades del país por empresas estatales y privadas sabiendo la rentabilidad que les ofrecería a mediano o largo plazo. Una de las empresas que más ofrece y tiene éxito brindando esta tecnología es Telecom que también opera en Alemania. En otros países de Europa también ofrecen este servicio como es el caso de Imagenio que es administrada por Movistar en España, BtVision en Reino Unido donde ya ofrecen diversas opciones como juegos, aplicaciones, programación en vivo películas en alta definición entre otras. En el caso de América dicha tecnología ha tardado más en llegar principalmente en América Latina, aunque ya existen las infraestructuras base para poder implementar esta tecnología y que ya fueron adaptadas en países como Chile con la empresa Telefónica, EPM en Colombia, CANTV en Venezuela, Maxcom en Mexico y BrasilTelecom en Brasil. Sin embargo, en los países que aún no cuentan con esta tecnología sigue dominando la televisión satelital, televisión pública o aire y por cable coaxial, no siendo así, el caso de EEUU donde ya existe esta tecnología implementada y una de las empresas que más se ha enfocado en brindar este servicio es Verizon que mudó sus enlaces de cobre a fibra óptica ya que ésta ofrece muchas más ventajas en calidad, alcance, cobertura siendo no así en costo. AT&T siguió los pasos de Verizon y mudó la mayoría de sus enlaces a fibra ópticas para brindar un mejor servicio.

En conclusión, IPTV es una tecnología que ya ha sido implementada en países desarrollados ya hace varios años, teniendo evoluciones acertadas en cuanto a los pequeños percances o inconvenientes que se puedan suscitar. Sin embargo, para nuestro país esta tecnología es nueva e innovadora la cual después de un tiempo con seguridad se establecerá y tendrá una buena respuesta de parte de los consumidores nacionales dependiendo claramente de las propuestas de cada proveedor y después concluir los altos y bajos de ésta tecnología en el país (Tumbalobos, 2016). En la figura 2.5 se muestra un mapa mundial con operadores que ofrecen el servicio IPTV.



Figura 2.5: Mapa mundial con operadores con servicio IPTV.  
Fuente: (Hernández A., 2013)

### 2.2.11. Aplicaciones de IPTV

Con el paso de tiempo el Protocolo IP (Internet Protocol) ha formado varias aplicaciones, y en la actualidad podemos encontrar voz sobre IP,

video sobre IP, televisión sobre IP y el internet. Las comunicaciones mundialmente han perfeccionado su estado gracias a estos servicios y aplicaciones.

El internet, fue la primera aplicación o servicio, fue inventado por pedido del Departamento de Defensa de los EEUU (DOD), una red creada para utilizarla como medio de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales llamada en sus inicios Arpanet. El objetivo del Internet es la comunicación de personas alrededor de todo el mundo. Este servicio no tiene un propietario directo, por lo que todos los usuarios pueden acceder a la creación de páginas web y aplicaciones sin costo a través de una dirección IP (Lloret, 2008).

La dirección IP da acceso al usuario para reconocer cada sitio web y crear vínculo con la nube, por lo que hace es necesaria, fundamental y primordial la dirección IP. De la misma manera, el internet ha facilitado el intercambio de diversas cultural en todo el mundo a través de pago de servicios, clases en línea, entre actividades que se pueden realizar gracias a la existencia del internet (Lloret J, 2008).

De manera que no solo es recibir datos o información oportuna, sino que ahora el usuario necesita transportar mediante esta tecnología su voz, ya que es abierta y transitable para todos, debido a este motivo se

comenzaron los trabajos para ofrecer el servicio de voz IP o VOIP (Mina, 2014).

La función de voz sobre IP se inició como un progreso de la telefonía fija evolucionando al uso de los móviles, en otras palabras, esto quiere decir, que la telefonía móvil puede trasladar paquetes de voz a través la tecnología 3G. Este servicio ofrece la voz paquetizada lo que lo hace mejor que un teléfono analógico, además de que prevé cortes y fallas en el transcurso de la transmisión. Actualmente gracias a la implementación y desarrollo de la voz sobre IP en la telefonía fija, se permite brindar accesos para tener mejor control de los usuarios mediante una dirección IP asignada (Mina, 2014).

De manera que los costos sean iguales sin importar si las llamadas son internacionales o nacionales. Otro progreso fue la implementación de videos sobre IP por el cual el internet nos da la opción y apertura para ver videos como series, novelas, películas e inclusive nos da la oportunidad de poder ver programas grabados por medio de sitios web; de la misma manera publicar videos grabados a través de una cámara, compartirlos y comentarlos con las usuarios alrededor del mundo en corto tiempo o en el caso de las video llamadas que se pueden realizar en el mismo momento es decir se pueden hacer en tiempo real. Sin embargo, el humano al querer progresar aún más, tomo la decisión de atreverse transportar la

comunicación visual siendo esta la televisión hacia la tecnología IP (Mina, 2014).

Debido a estos avances no solo será posible ver canales de televisión, películas, canales de información o series en un solo dispositivo, sino que también se podrá en varios otros elementos electrónicos tales como tablets, ipads o inclusive en mismos celulares en el momento exacto como si fuera un mini televisor (Mina, 2014). En la figura 2.6 se muestran los diferentes servicios que ofrece IPTV.



Figura 2.6: Aplicaciones IPTV.  
Fuente: (Tumbalobos, 2015)

## **2.3. CATV**

### **2.3.1. Definición CATV**

Las redes CATV surgieron como solución para la distribución de señales de televisión en lugares donde no llegaban las ondas. Brindan una señal analógica a través de la emisión de pulsos eléctricos para su conveniente transmisión.

Estas redes han sido actualizadas y acomodadas para la era de la digitalización, ahora son de tipo HFC, en donde envía la señal desde la cabecera hasta la manzana por fibra óptica y luego llega a las viviendas por cable coaxial gracias a un convertidor. Constan con pocos amplificadores y permiten utilizar las frecuencias de bajada en subida y esto es fundamental para la transmisión bidireccional de paquetes (Handelman, 1995).

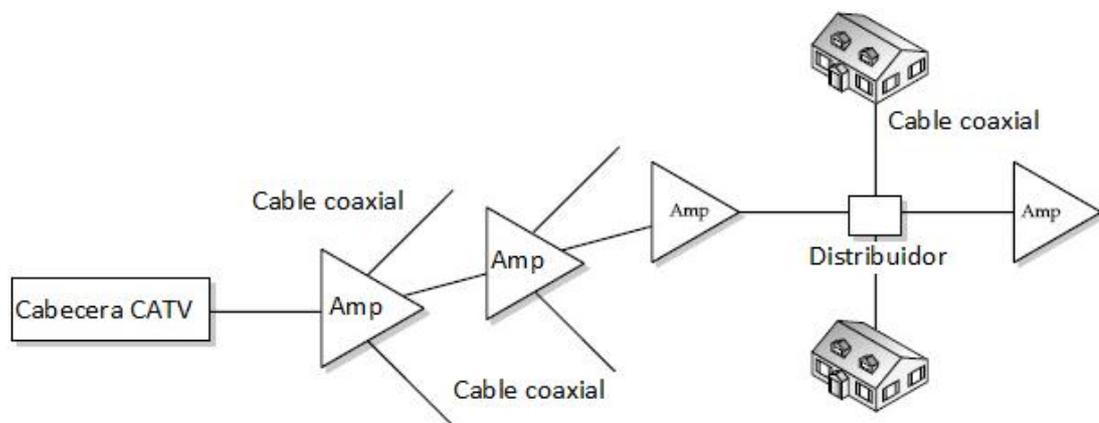
### **2.3.2. Redes CATV completamente coaxiales**

Las primeras redes CATV fueron hechas con el fin de solucionar el problema de las señales de televisión, ya que no llegaban a ciertas partes lejanas. Estas redes estaban conformadas solo y exclusivamente de cable coaxial y tenían como objetivo otorgar señales de video analógico a centenas de canales de tv y así solucionar los problemas de onda de las señales de televisión.

La parte fundamental que tiene como objetivo unir la programación televisiva que se brindará a los abonados que han contratado el servicio, es la

cabecera CATV que pertenece a la infraestructura del proveedor de tv por cable y que también posee receptores de programación que provienen centros televisivos alternos que son captados vía satélite.

En la cabecera CATV parte una ramificación de cable coaxial dirigidas hacia los abonados que contrataron los servicios. La atenuación de señal debido a los diversos factores que afectan directamente al cable coaxial es solucionada con el uso de amplificadores que se encargan de subir la señal a intervalos a un grado suficiente de amplitud. Asimismo, a intervalos se entrega la señal a cada abonado por medio de dispositivos distribuidores (Wesle, 1998). En la figura 2.7 se muestra una red CATV completamente



coaxial.

Figura 2.7: Red CATV completamente coaxial  
Fuente: (Datateca, 2014)

### 2.3.3. Redes CATV híbridas fibra/coaxial.

En la cabecera CATV parte la fibra óptica para conectarse con las ramas que constituyen la red, al llegar a los equipos distribuidores la señal

sigue su curso migrando de la fibra óptica a cable coaxial y así llegar al usuario.

Esta arquitectura fibra/coaxial posee varias ventajas debido a los adelantos tecnológicos en comparación a las redes CATV enteramente coaxiales. Una de ellas es que no necesita más de 5 amplificadores entre la cabecera y el usuario final, teniendo así una mejoría en la calidad de la señal. La cabecera consta con puertos de fibra óptica de conexión punto a punto, los cuales sirven individualmente a 100 o 500 usuarios simultáneamente dependiendo de la demanda. Asimismo, reduce el número de abonados afectados en caso de un fallo, dejando atrás el único cable coaxial que abastecía a 20.000 usuarios unidireccionalmente. Con pocos abonados atendidos, se ahorra más ancho de banda permitiendo así a los proveedores ofrecer otros servicios adicionales. En la figura 2.8 se aprecia una red CATV que ha sido actualizada con fibra óptica.

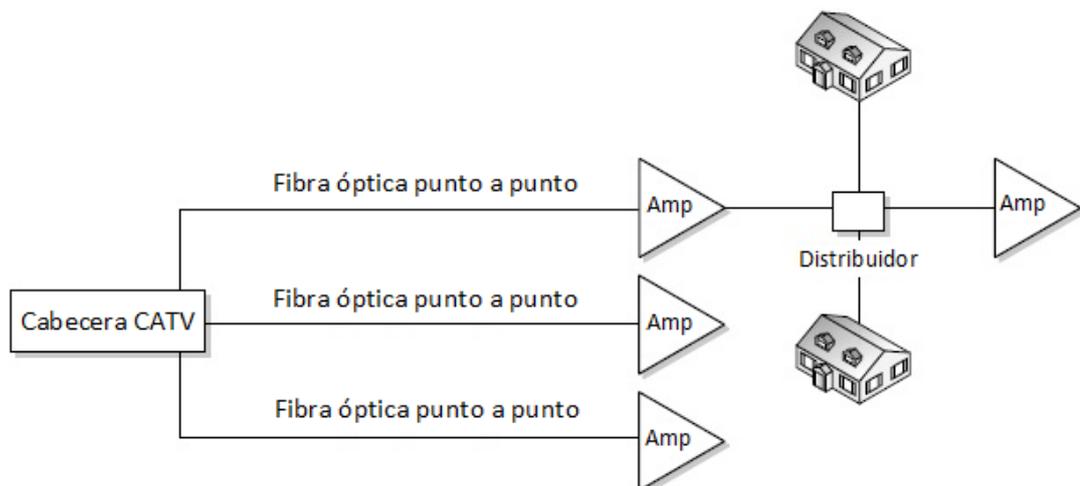


Figura 2.8: Red CATV híbrida Fibra/ coaxial  
Fuente: (Wesle A., 1998, 4ª Ed.)

## **2.4. IPTV Y CATV comparación.**

Las redes CATV es básicamente la emisión de señales analógicas de televisión por cable coaxial a un usuario final para brindar servicio desde una central o cabezal. En cambio, IPTV es un sistema puramente digital que se transmite a través de redes de telecomunicaciones IP de 32 bits y se maneja con un gran ancho de banda. Sin embargo, las redes CATV han sido adaptadas y complementadas con fibra óptica, evolucionando al transporte de la señal por HFC para poder enviar señales digitales y obtener la comunicación bidireccional de la misma. Asimismo, la transmisión que proporciona esta tecnología puede ser en HD o SD.

Se podría considerar una desventaja de los sistemas IPTV que se manejen por medio de redes IP, debido a que esto depende de que la red tenga un correcto funcionamiento y administración de ancho de banda, en caso de colapsar en horas pico por la demanda de usuarios o la caída de red por agentes ajenos, serían afectados un gran porcentaje de usuarios que pertenezcan o se manejen con esa red. Por otro lado, CATV no está relacionado como redes IP y en caso de una caída de red no le afectaría en nada, debido a que se maneja de manera unidireccional, es decir que solo puede enviar todo contenido visual a cierta cantidad de usuarios.

Una ventaja abismal de IPTV sobre CATV es que este sistema utiliza tecnología multicast, por lo tanto, existirá una comunicación bidireccional. Esto significa que el usuario podrá comunicarse con el servidor del

proveedor para así solicitar contenido exclusivo, como programación, aplicaciones, juegos u otros servicios que proporcione su operador. En cambio, CATV solo envía señales por cable coaxial y utiliza comunicación unidireccional. Es decir que no permite la interactividad usuario - servidor.

En conclusión, IPTV tiene una clara ventaja en cuanto a calidad, tecnología, y comunicación sobre CATV. Por ello IPTV es un sistema en crecimiento, adoptado en varios países europeos y americanos, debido a que tiene la facilidad de ser adaptada a diferentes redes y brindar su servicio a la gran cantidad de usuarios que prefieran la interactividad o video bajo demanda (VoD).

## **2.5. Redes FTTx**

### **2.5.1. FTTH (Fiber To The Home)**

Fibra hasta la casa (FTTH – Fiber to the home) son redes ópticas que sustituyen a las redes de cobre existentes debido a su mayor eficiencia y tecnología, por lo tanto, es la transmisión de señales ópticas de datos a través de fibra óptica desde la central del proveedor hasta el abonado. Esta tecnología es relativamente moderna, es capaz de enviar información a más de 100 Mbps debido a que usa un gran ancho de banda para las transmisiones en dos rutas.

Los avances en cuanto a las tecnologías de fibra óptica son cada vez más, surgiendo muchas mejoras que dejan obsoleto al cobre y son implementadas en las redes de fibra existentes, sin necesidad de sustituirlas, dejándolas listas para cualquier eventual cambio en un futuro.

#### **2.5.1.1. Características de FTTH**

La red FTTH abarca grandes distancias teniendo menos grados de atenuación a diferencia de las redes de xDSL que sufren más atenuación cubriendo grandes distancias y la pérdida de señal se intensifica. La red FTTH es mucho más difícil de instalar debido a que se debe tener un nivel técnico alto por las exigencias que demanda la fibra óptica principalmente al momento de realizar los empalmes o fusiones ya sean en la central, mangas, rosetas o NAPS.

FTTH ofrece un gran ancho de banda y se sitúa sobre los 100 GHz/km y soporta los servicios de video, telefonía y datos, por ello esta tecnología cobra relevancia en comparación a las otras por que soporta la demanda de los servicios de nueva generación principalmente por tener facilidades en su transmisión. En la tabla 2.1 se muestran las características de la red FTTH.

Tabla 2.1: Características de la red de Fibra óptica FTTH

CARÁCTERÍSTICAS DE LA RED DE FIBRA OPTICA- FTTH		
TIPO	DESCRIPCIÓN	
GENERAL	Cobertura más resistente	Cubierta especial construida sobre el núcleo a alta presión.
		Contiene un 25% más de material que las cubiertas convencionales.
		Apta para usos internos y externos.
		Resistente al agua, hongos y emisiones ultravioletas.
		La cubierta resistente buffer de 900µm, soporta hasta 100kpsi.
		Funcionamiento ambiental extendido y mayor durabilidad.
	Mayor protección en lugares húmedos	Cables de tubo holgado rellenos de gel permiten que el agua migre hacia los puntos de terminación.
		Evita daños a fibra óptica y que se recorte la vida útil de la fibra.
		Muy confiable en ambientes húmedos.
	Protección Anti-inflamable	Contiene un gel retardante dentro de la cubierta que cubre la fibra óptica.
		Evita que la instalación de fibra óptica sea consumida por el fuego.
	Empaquetado de alta densidad	Mayor número de fibras en un menor diámetro posible.
		Facilidad de instalación.
		Optimiza el ancho de banda.
	TECNICAS	Propiedades técnicas
Compuesta por una región cilíndrica que permite la propagación de un haz de luz.		
Posee núcleo cristalino que puede ser vidrio o sílice.		
Se funde a 600°C y la F.O. funciona en el rango de -550 °C a + 125°C		
Capacidad de transmisión		Diseño geométrico de la fibra óptica.
		Propiedades de los materiales empleados en su elaboración.
		Cuanto mayor es el ancho espectral de la fuente de luz, menor será la capacidad de transmisión de la información mediante la fibra.
Propiedades mecánicas		Es un elemento resistente dispuesto en el interior de un cable por agregación de varios hilos de fibra.
	Está expuesta a la intemperie y en ambientes agresivo sin que esto afecte su núcleo.	
Tensión	Cuando se estira o contrae el cable y se rebasa el porcentaje de la elasticidad de la F.O. y se rompa o forme micro curvaturas.	
Comprensión	Es el esfuerzo transversal.	

Impacto	Protecciones del cable óptico.
Enrollamiento	Ángulo de curvatura.
Torsión	Esfuerzo lateral y de tracción.
Limitación térmica	Resistencia mecánica, calidad de empalmes, coeficientes de relleno o costo de producción.

Elaborado por: Autor

### 2.5.1.2. Arquitectura de la red

La ODN se encuentra estructurada por Feeder, Distribución y Drop que son los segmentos de red que lo conforman. En la figura 2.9 se muestra la arquitectura de la red FTTH

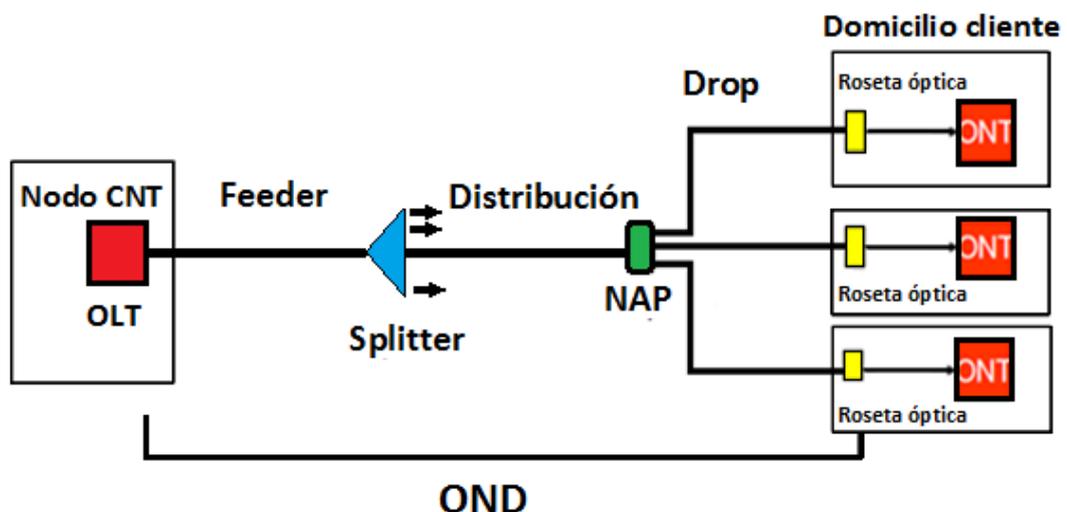


Figura 2.9: Arquitectura de red de fibra óptica FTTH

Fuente:(Instructivo de instalación para clientes finales en redes FTTH-GPON, 2015)

#### ➤ FEEDER

Es el cable de fibra que tiene como objetivo llegar a hasta el armario de distribución correspondiente de la red y que parte desde la central OLT. En los armarios de distribución se encuentran los splitters, que son los encargados de multiplexar la señal que luego será enviada a los respectivos

NAPS de la red. El cable de fibra óptica que se utiliza en este segmento de red debe de cumplir las especificaciones de la norma UIT-T G.652.D.

➤ Norma UIT-T G.652.D.

Esta especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión de las longitudes de onda de 1310 nm a 1550 nm, incluida la región de 1383 nm y de acuerdo a la subcategoría G.652.D de la UIT-T. El núcleo está compuesto por dióxido de silicio, el revestimiento está formado por dos capas de acrilato curado mediante UV.

➤ DISTRIBUCION

Este segmento parte desde el equipo de distribución FDB (Fiber distribution building) y llegan hasta los NAPS (Network Access Point) o también conocidos como cajas de distribución FDF (Fiber Distribution frame), que se encuentran instaladas en las manzanas correspondientes en donde se conectan con la ONT. La característica del cable de fibra óptica de este segmento es de 6 a 96 hilos, rigiéndose a la norma UIT-T G.652.D. (Canalizado).

➤ DROP

El cable drop parte desde la NAP de forma conectorizada, en donde es asignado el par que corresponde al abonado, llegando luego a la roseta que se encuentra dentro del lugar donde fue solicitado el servicio para dar

continuidad con la ONT. Las características del cable de fibra óptica de este segmento es de 1 a 2 hilos, rigiéndose a las norma UIT-T G.657.A.

➤ Norma UIT-T G.657.

“Diseñada para redes de acceso mono modo UIT-T G-657, introduce dos categorías de fibras mono modo G-657 A y B. La categoría A es compatible con las fibras ópticas monomodo UIT-T g-652. La categoría B no es necesariamente compatible con UIT-T G-652, pero es capaz de tener bajos valores de pérdidas, es predominantemente para uso en las redes de acceso. Adecuado para ser utilizado en los 850nm o 1300 nm región. Es la fibra más utilizada en despliegues de FTTH (FTTx)”.

### **2.5.1.3. Elementos de la red**

La red FTTH para su correcto funcionamiento consta de 3 elementos importantes a lo largo de su arquitectura que son indispensables para los servicios que ofrecerá el proveedor de IPTV.

➤ OLT (Optical line terminal)

Este elemento activo pertenece a las dependencias del operador y es capaz de soportar un tope máximo de ONT, dependiendo claramente del suministrador. También maneja el tráfico de pedidos que demanden los abonados por el servicio de IPTV.

En la figura 2.10 se muestra el funcionamiento de la OLT.

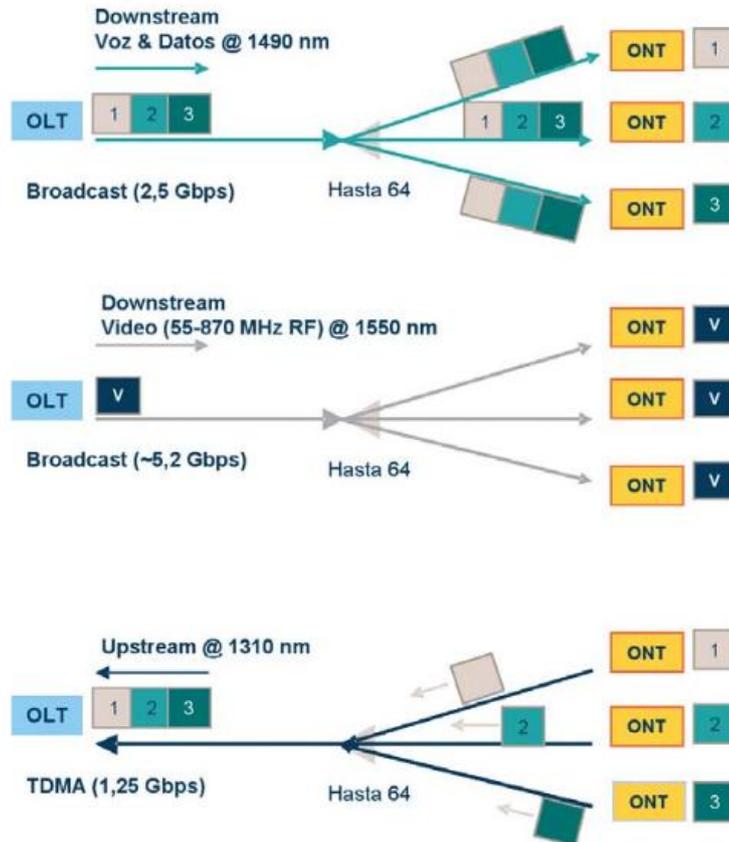


Figura 2.10: funcionamiento de la OLT  
Fuente: (Academia amazonas, 2008).

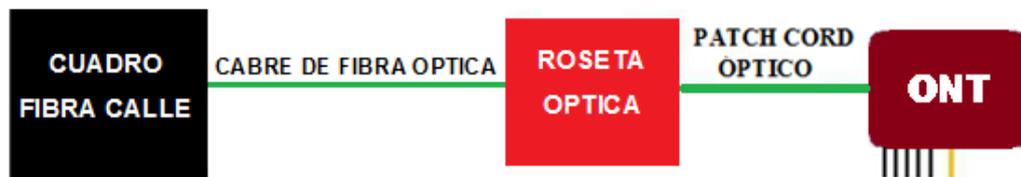
La OLT está compuesta básicamente por:

- Tarjetas 16 x E1s para tráfico de telefonía (slots 17 y 18).
- Tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10).
- Tarjeta de ventiladores (fan tray).
- Tarjetas de poder (slots 21 y 22).
- Tarjeta de servicio (slots 1 al 8 y 11 al 16).
- Chasis.

➤ **ONT (Optical Network Terminal)**

Este elemento activo está ubicado en las dependencias de los abonados para FTTH, se encarga de recibir y distribuir la línea de fibra óptica convirtiéndolas en diferentes interfaces donde el usuario.

El cable Drop llega a la casa del abonado donde se empalma con la roseta óptica la cual contiene un acceso para conectarlo con la ONT por



medio del patchcord óptico. En la figura 2.11 se muestra el lado del cliente en FTTH

Figura 2.11: ONT al abonado  
Elaborado por: Autor

➤ **Splitters ópticos**

Es un elemento pasivo de la red que permite que las señales que emite una fibra puedan ser ramificadas a otras, por lo tanto permiten la comunicación punto a multipunto. Un feeder que parte de la OLT puede ramificarse y obtener conexiones hasta con 64 terminales de abonados (ONUs) distintos según las recomendaciones IUT-T.

Los splitters son instalados multiplexan la señal en relación 1:2, es decir que ramifica la señal de entrada convirtiéndola en dos diferentes. Cada multiplexación de la señal origina una atenuación o pérdida de potencia en

cuanto a la transmisión la cual dependiendo del número de Split existe un mínimo por relación según las recomendaciones.

Es un elemento sumamente importante en la red debido a la función que desempeña y el bajo costo que genera, puesto que no consume energía eléctrica por ser un elemento pasivo y esto reduce el OPEX y beneficia mucho a las empresas proveedoras.

En la tabla 2.2 se puede observar las pérdidas de inserción con relación de Split.

Tabla 2.2: Atenuación producida en relación de split

<b>Relación de Split</b>	<b>Pérdida de inserción (DB)</b>
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

Elaborado por: Autor

## **2.6. IPTV EN FTTH**

IPTV es la mejor alternativa moderna que se está desarrollando en otros países con éxito en cuanto a la demanda de dicho sistema. Sin embargo, para para ofrecer la variedad de posibilidades que encierra IPTV se necesita una tecnología que este al nivel para implementar este sistema. Por ello hasta el momento la mejor red tecnológica para soportar este sistema es FTTH o fibra hasta la casa que al llegar hasta donde el abonado se evitan los retardos y con el gran ancho de banda que maneja no tendrían problemas con los equipos tecnológicos que utiliza el abonado en cuanto a

la demanda que requieren en velocidad Mbps para un funcionamiento sin inconvenientes.

➤ **Integración de servicios**

IPTV gracias a su método de transmitir permite el envío de empaquetados con distintos servicios, por ejemplo, el triple play (telefonía, internet y TV) por parte de los proveedores. FTTH le permite desarrollar esta característica sin ningún problema y con mucha más eficiencia y que otras redes tecnológicas. Utiliza equipos para enviar empaquetados de 400-500 abonados por área asignada de cobertura.

➤ **Efectividad de transmisión**

IPTV utiliza ancho de banda en base a la demanda de los diferentes usuarios, esto permite que cuando el abonado solicite un servicio al servidor del proveedor el ancho de banda disponible se utilice para mejorar la calidad de la señal. Por esto, el ancho de banda no sería un problema, puesto que, esta red tecnológica FTTH es de última milla, permitiendo el crecimiento de ancho de banda y además utilizarlo cuando se necesite intensificar la señal dependiendo de la solicitud de la ONT a la OLT.

➤ **Interactividad**

IPTV es distribuido por internet, esto hace que la empresa y el abonado estén conectados en el mismo servidor. Esto implica que la comunicación

entre servidor-usuario o usuario-servidor sea extremadamente rápida y así se puedan solicitar servicios ágilmente.

### 2.6.1. Arquitectura IPTV sobre FTTH

En la figura 2.12 se puede observar la información parte desde los centros de datos IPTV hacia las OLT que son las encargadas de controlar el tráfico que se genera con las ONT en ambas direcciones, en donde se ve que los paquetes son trasladados por fibra óptica y ramificados con los splitters. Esta topología sencilla proporciona gran ancho de banda y rapidez, puesto que la información es llevada en señales de onda de luz.

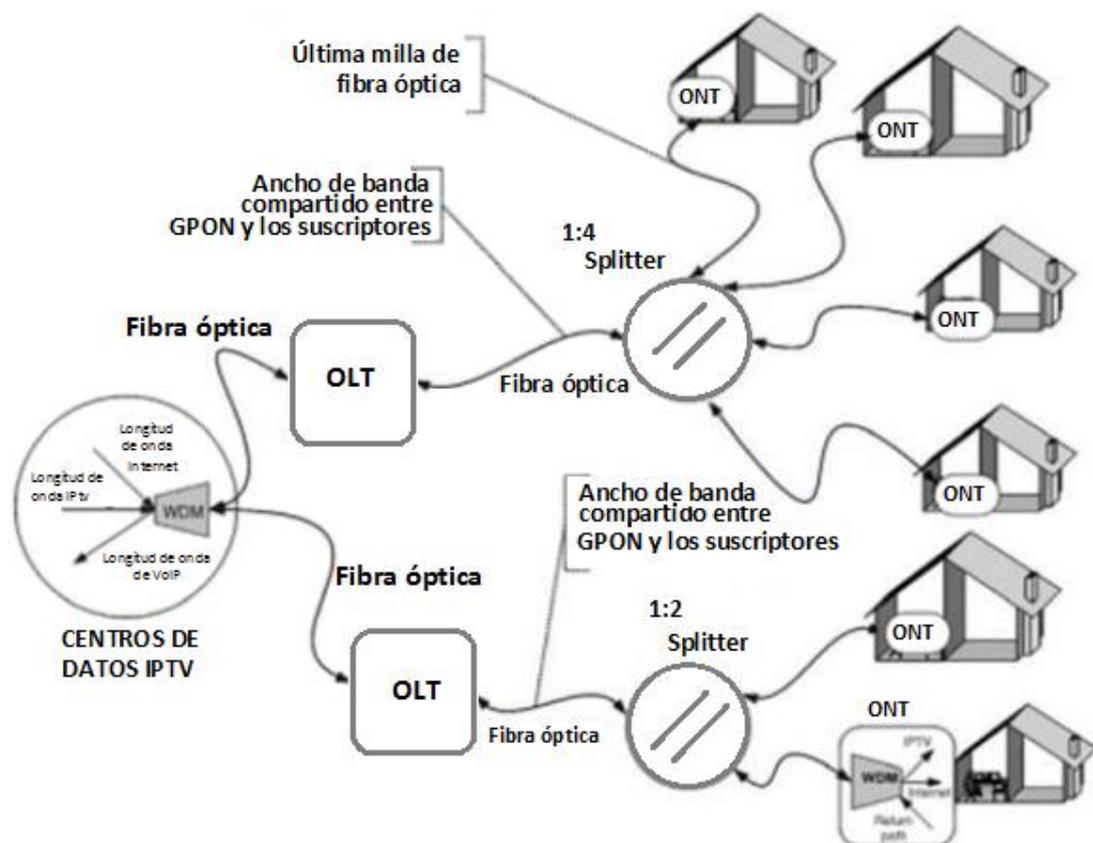


Figura 2.12: Arquitectura IPTV sobre FTTH  
Fuente: (Gredes A., 2015).

La fibra óptica y los divisores ópticos son componentes pasivos, es decir, no necesitan alimentación eléctrica, esto implica una reducción de costos en la implementación de IPTV en FTTH y de costos de mantenimiento.

La ONT se encuentra dentro del hogar del abonado, están constan de interfaz Ethernet RJ-45 para controlar los datos, conexiones RJ-11 para la telefonía y una interfaz que proporciona la comunicación con la televisión. Asimismo, emite señal wifi para la correcta recepción de datos en los diferentes dispositivos.

## **2.7. HFC (Hybrid Fibre Coaxial)**

Las redes HFC, están basadas en sistemas híbridos y está compuesta por cable coaxial y fibra óptica creando una red de banda ancha. Son básicamente la evolución de las redes CATV que trasmitían de forma unidireccional. La conexión de las redes HFC emplea fibra óptica para poder transmitir de forma bidireccional, evitándose los inconvenientes del ruido en los servicios de banda ancha que ofrece como telefonía, internet y televisión que son transmitidos por medio de nodos. Para esto, al abonado se es conectado a un nodo zonal o repetidor, cercano a su domicilio a través de fibra óptica, donde parte el último tramo que es cable coaxial que ingresa al domicilio del abonado en donde tendrá acceso a la red por medio de un modem que está conformado por un canal de subida y otro de bajada al igual que la fibra óptica.

La información llega al abonado a través de señales luminosas durante el tramo de fibra, luego estas señales son convertidas en eléctricas en el momento se seguir su camino por el cable coaxial. Esta red es un sistema enteramente transparente al tipo de modulación en la banda de frecuencias en dirección ascendente y descendente. Esto permite distribuir y transmitir todas las señales.

### **Ventajas del HFC**

- Mayor resistencia del cable por su cubierta.
- Facilidad en la instalación
- Mayor cobertura en comparación a las CATV

### **Desventajas**

- Pierde potencia dB por unidad de longitud (largos tramos)
- Limitada en transportar señales de alta frecuencias para largos tramos, debido a que el nivel de ruido supera al nivel de la señal.
- Utiliza amplificadores de radiofrecuencia, esto aumenta el ruido y distorsión.
- Mantenimiento de equipos costosos en la red

### **Características de las redes HFC**

En la tabla 2.3 se muestran las características de HFC.

Tabla 2.3: Características HFC

Fibra óptica	Por recomendaciones UIT-T tipo monomodo
Cable coaxial	Según norma CENELEC EN50 117-1
Impedancia característica	75 $\Omega$
Banda de distribución de frecuencias	86 – 862 Mhz
Banda de radiodifusión FM	87 – 108 Mhz
Banda de retorno	5 – 55/65 Mhz
Banda reservada para Tv Digital	606 – 862 Mhz
Unidades utilizadas	dB $\mu$ V - dBmV

Elaborado por: Autor

### 2.7.1. Arquitectura de la red

La inclusión de la fibra óptica en las redes CATV tuvo éxito debido a que se logró aumentar la capacidad de sus redes. Sin embargo, en el último tramo aún se mantiene la red de coaxial debido a que es más económica que una red enteramente de fibra óptica.

Las redes HFC por lo general están configuradas con la topología anillos multipunto, con distintas jerarquías organizacionales. Los despliegues de los anillos secundarios de fibra que parten desde el anillo principal o primario de transporte, también dan cabida a las acometidas de la red coaxial. En muchos casos esta topología en anillo puede decirse que es más

teórica que practica, ya que no se cierran, si no que se configuran los enlaces bidireccionales que simulan la topología en anillo. La figura 2.13 muestra la topología de una arquitectura HFC.

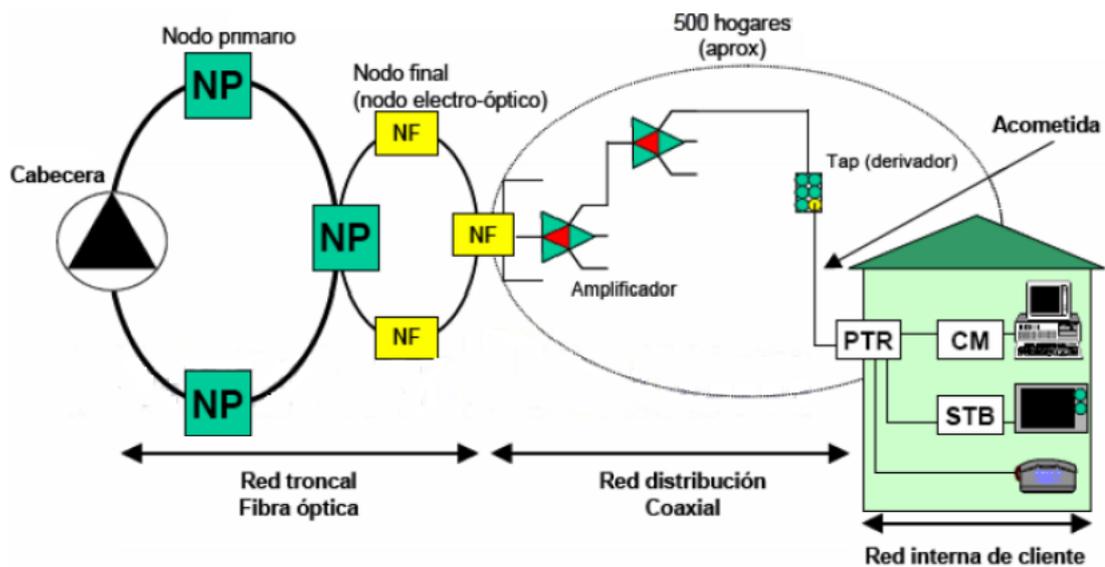


Figura 2.13: Arquitectura HFC  
Fuente: (Espol edu, 2015)

### ➤ Cabecera

Es donde las señales son receptadas para después enviarlas a través de la red, siendo estas procesadas multiplexadas y establecidas dependiendo del contenido de paquetes a transmitir. También es donde se realizan todas las interconexiones, con redes alternas siendo estas fijas o móviles y con los servidores de acceso de distintos servicios. En la figura 2.14 se muestra la cabecera de una red HFC

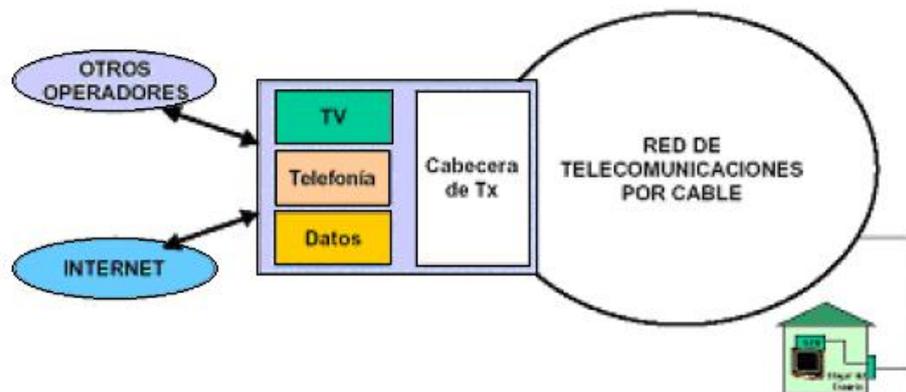


Figura 2.14: Cabecera de una Red HFC  
Fuente: (Villacrés M., 2008)

➤ Red troncal

Esta encargada de distribuir la señal a los nodos finales directamente desde la cabecera. La red puede de topología anillo o estrella. Esta red se la puede apreciar en dos funciones para su cobertura y nivel de despliegue.

➤ Red troncal primaria, es la encargada de dar conexión a los nodos primarios y la cabecera.

➤ Red troncal secundaria, es la encargada de dar conexión a los nodos finales y los nodos primarios, poseen una cobertura cercana a los 500 abonados.

• Red de distribución

Este tramo de la red es la encargada de repartir la señal que posee todos los datos de distintos abonados hasta el TAP (derivador) más

inmediato al cliente partiendo desde el nodo óptico. En la figura 2.15 se muestra la red de distribución con cable coaxial

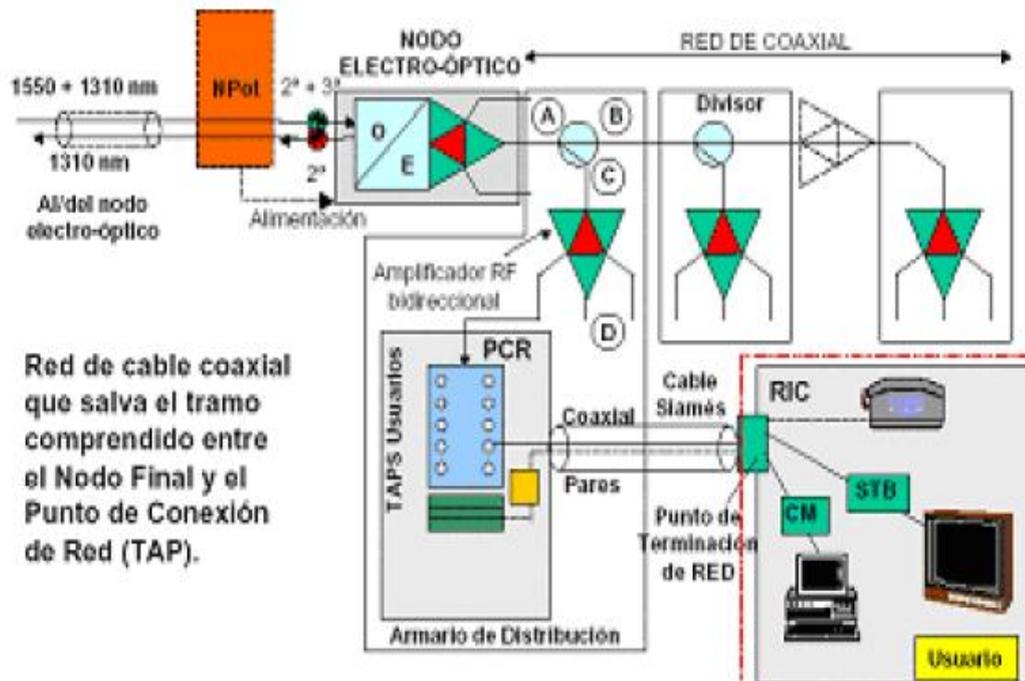


Figura 2.15: Red de distribución de cable coaxial  
Fuente: (Espol E., 2015)

- Red acometida y equipos terminales

Es la red encargada del enlace de la red interna del abonado y la red de distribución donde la señal óptica se transforma en señal eléctrica para permitir la conexión de los equipos terminales donde el abonado como decodificadores de tv o *Set Top Box (STB)*, Cable Modem (CM) por medio de cable coaxial y par trenzado RG6.

En la figura 2.16 se muestra la parte del cliente en HFC

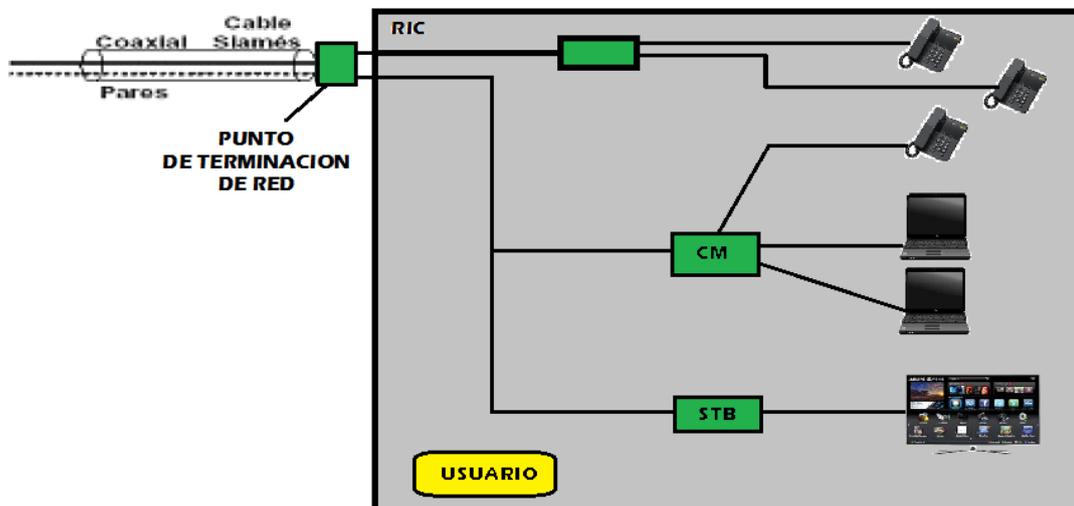


Figura 2.16: Red interior del abonado  
Elaborado por: Autor

Empieza donde termina el PTR donde se pondrá en el interior del domicilio o local del abonado un divisor de dos salidas balanceado con cable RG-6 O RG-59 con su respectivo punto de toma del abonado.

➤ Cable módems

El cable módems es el equipo principal en la terminación de la red HFC. Tiene como función la transmisión de los datos IP de forma limpia entre el abonado y la cabecera principal.

**Principales funciones:**

- Encriptar y desencriptar los datos
- Modular y demodular la información
- Receptar o generar señales de radiofrecuencia

- Utiliza el protocolo MAC del canal ascendente
- Control de tráfico y gestión
- Identifica los datos de control de errores (FEC)

### **2.7.2. Estándares de la tecnología HFC**

En la actualidad existen muchos estándares de normalización que están directamente involucrados con los datos y el acceso a internet y se rigen primariamente en los cables módems, que como se explicó en el párrafo anterior, son los encargados de la transmitir la información de forma transparente en velocidades altas. Entre las principales normalizaciones para la tecnología HFC se encuentran: DOCSIS, EuroDOCSIS, DVB-RCC, OpenCable.

- DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

Es un estándar internacional creado por Cable Labs que proporciona a los proveedores implantar el acceso a internet en las redes HFC, facilitando así el desarrollo, diseño, ejecución de los servicios y la demanda de las interfaces de soporte. Este estándar es el más utilizado mundialmente por las redes HFC teniendo muchas normalizaciones:

- DOCSIS 1.0.

Proporciona prestación (best Effort) para la transmisión de datos y navegación a altas velocidades.

➤ DOCSIS 1.1.

Ofrece diversas opciones de servicio y calidad de servicio para los que son propensos al retardo, como ejemplo, la telefonía. Sistema que trabaja con dos velocidades y su costo es bajo.

➤ DOCSIS 1.2.

Trabaja con tecnología synchronous CDMA (S-CDMA), con mucha más resistencia a interferencias y ruido, con altas tasas de entrega.

➤ DOCSIS 2.0.

Proporciona prestaciones IP multicast con un alto índice de resistencia a las interferencias y ruido, sistema acoplable con DOCSIS1.0 y 1.1. Incorpora servicios point to point (punto a punto PPP) y brinda soporte a servicios que se caracterizan por ser simétricos.

➤ EuroDOCSIS.

Es el propio estándar DOCSIS pero adaptado para la televisión en Europa. Fue diseñado para que los proveedores de tv por cable europeas se valgan de los servicios de este estándar y que no haya complicaciones con la red en cuanto a la estandarización, compatibilidad y elevación de precios.

➤ DVB-RCC (Return Channel Cable).

En un principio fue creada específicamente para los STB's (*set-top-box*) pero luego fue adaptado para que sea compatible entre las cabeceras y cable módems para plantear estándares para la tv digital.

Ofrece especificaciones de hardware y software, desarrollando plataformas compatibles para desplegar prestaciones interactivas cambiando DVB y DOCSIS. Esta esta combinación de especificaciones para MPEG2, DVB que es básicamente para aplicaciones esenciales que consumen poco ancho de banda, con DOCSIS que es principalmente para aplicaciones IP que consumen mucho más ancho de banda.

### **2.7.3. Servicios de la tecnología HFC**

La tecnología HFC, es una de las pocas tecnologías de acceso que es capaz de soportar todos los servicios que los proveedores ofrecen a sus clientes sin restricciones. Sin embargo, esta tecnología también soporta el sistema IPTV, pero al contrario de los servicios cotidianos como Tv por cable, acceso a internet y telefonía el sistema de IPTV necesita mucho más ancho de banda para cubrir la demanda bajo pedido por parte de los usuarios ya que la calidad del video debe ser óptima para los abonados, por ello se ven altamente limitadas debido a que no cubren grandes distancias y la señal se deteriora a mayor longitud. En la tabla 2.4 muestra los servicios que ofrece HFC en la actualidad.

Tabla 2.4: Servicios actuales y futuros de HFC

SERVICIOS ACTUALES	SERVICIOS QUE SE INTRODUCIRÁN
➤ Enlaces de TV analógica terrestre	➤ EPGs. (Guías electrónicas de canales televisivos)
➤ Enlaces de TV analógica y digital por satélite	➤ DAB (Digital audio broadcasting)
➤ Telefonía	➤ Banca-e, comercio-e
➤ Canales de radio FM	➤ Videollamadas a través de la TV
➤ Televisión por cable (PPV)	➤ Domótica, teleadministración
➤ Acceso a internet	➤ Anuncios interactivos
➤ Servicio de accesos a bases de datos	➤ Acceso a internet a través de la TV
➤ Soporte de servicio TV digital	➤ Portales TV
➤ Video bajo demanda (VoD)	

Elaborado por: Autor

## **2.8. IPTV EN HFC**

IPTV en HFC se podría considerar una mejora en cuanto a preferencias por parte de los abonados en obtener VoD. Por medio de HFC ya se brindaba el servicio de internet y telefonía, por otro lado, el servicio de televisión por IP teniendo en cuenta que es posible tiene sus altos y bajos, por ejemplo, una ventaja si la televisión se transmite por paquetes además de poder visualizar la programación en la TV. También sería posible observarla por medio de dispositivos electrónicos asignándole la IP que el operador nos facilite para obtener dicho servicio. Sin embargo, una desventaja clara sería a que la velocidad máxima que puede transmitir esta tecnología es 100 Mbps, todo lo contrario, con las redes FTTH que se pueden expandir hasta 1Gbps gracias a que su arquitectura es puramente de fibra óptica. Con el pasar del tiempo esta tecnología no podrá soportar IPTV debido a que los equipos tecnológicos requieran mucha más ancho de banda y por consiguiente más velocidad (Mbps/Gbps) para poder satisfacer las necesidades de los dispositivos electrónicos para su correcto funcionamiento.

### **2.8.1. Arquitectura IPTV sobre HFC**

En la figura 2.17 se observa la topología de arquitectura de HFC formada con una fibra óptica que hace de Backbone, enlazada con un punto óptico que se dirige a la red de cable coaxial.

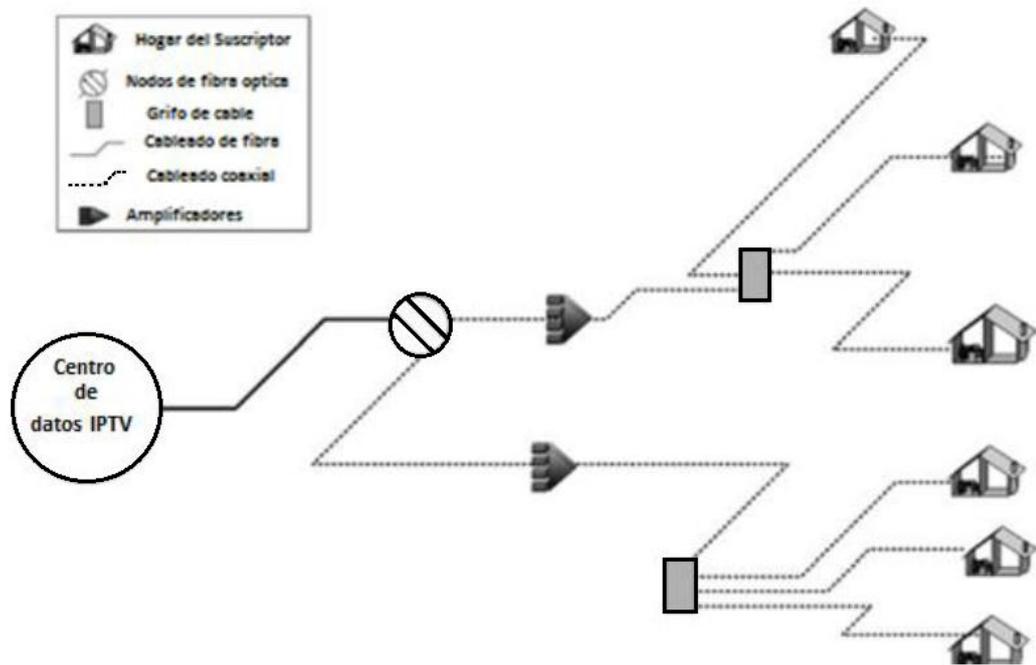


Figura 2.17: IPTV sobre red HFC  
Fuente: (Gredes I., 2015).

## **CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS FASES DEL SISTEMA**

Para brindar servicios, una red de telecomunicaciones debe de tener en su diseño 3 etapas fundamentales para así poder transmitir los datos que requiera. En la primera etapa es denominada planta interna, debido que en esta etapa se encuentran los equipos que reciben el contenido por medio de la IP, enlaces microondas o satelitales, lo transforman y los envían; se encuentra ubicada en las centrales de los proveedores. Esta información o paquetes se convierten en señales ópticas o en RF para que sea así receptada por la planta externa.

La segunda etapa la planta externa permite la transmisión de datos de la planta interna y abonado, está ubicada en la área exterior de la red, por ello posee equipos muchos con más seguridad y resistentes debido q a que se encuentran a la intemperie.

La tercera y última etapa es en el domicilio o local donde se solicitó el servicio, aquí se instalan los equipos finales como la ONT en FTTH o módems en HFC, donde recibe todo los datos desde los equipos de la planta interna en sus interfaces correspondientes.

En la figura 3.1 se muestra las etapas básicas de una red

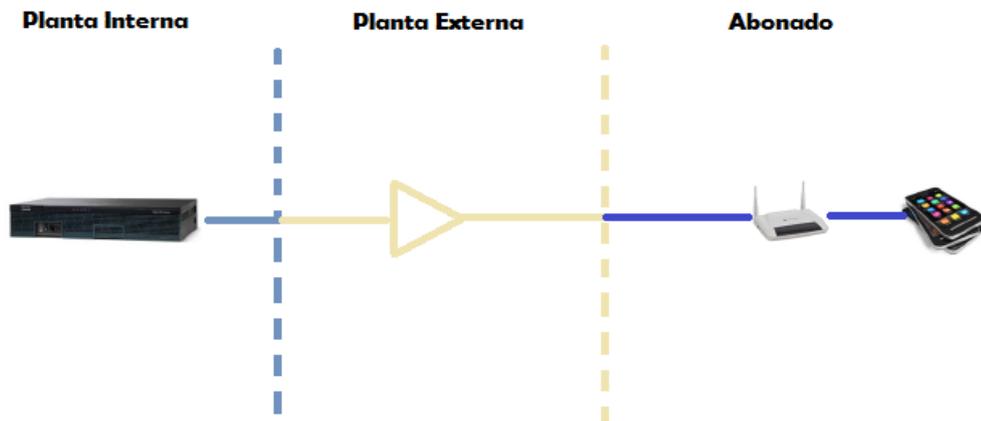


Figura 3.1: Etapas básicas de una red  
Fuente: Autor

➤ Arquitectura de IPTV

El estudio de la red se encuentra dentro de la arquitectura necesaria para poder brindar servicios al usuario debido a que debe suplir las exigencias necesarias para poder tener todos los beneficios de la misma, mayormente en la capacidad de ancho de banda y la velocidad que soporta dicha red. Centrándonos en las redes de las tecnologías que se estudian como HFC y FTTH, las dos soportan el sistema de IPTV y como se explicó en el capítulo anterior todas sus características y capacidad. A continuación se muestra en la figura 3.2 la arquitectura IPTV.

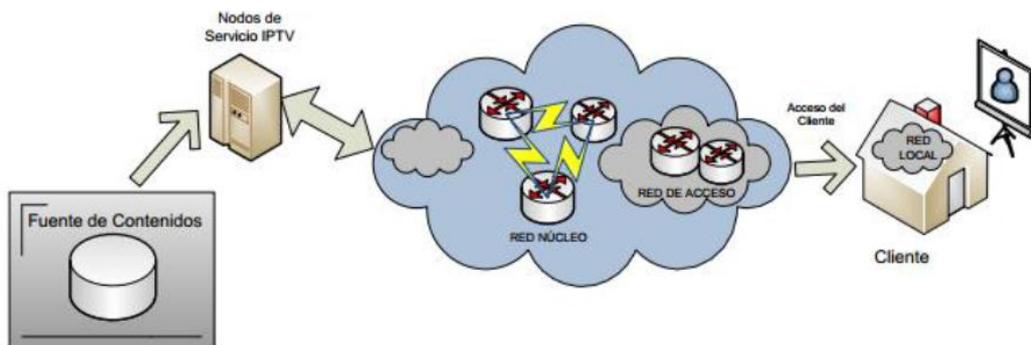


Figura 3.2: Arquitectura IPTV  
Fuente: Aguilar K., (2014).

### **3.1. Cabecera IPTV**

Es la red del operador que posee todo el contenido de video. Es una etapa vital y principal en la infraestructura de lo que comprenderá la red total. Al mismo tiempo comprende de diversos dispositivos en que los datos son receptados, convertidos y enviados para que sigan su camino. También se adquiere el contenido de video que llega en formatos diferentes en tramas de video MPEG son codificadas y encapsuladas en multicast IP siendo esta una de las funciones más importantes para la transmisión.

Con el fin de tener más latencia y redundancia los datos de video MPEG son guardados en servidores que se pueden encontrar en la cabecera, lo que proporciona a la red escalabilidad y mejor funcionamiento.

Los datos de video digitalizado pueden converger a la cabecera por:

- Dispositivos de recepción
- Red de información brindadas
- Conexión a otros usuarios
- Datos de video particular
- Live broadcasts

Como se describió anteriormente la cabecera es el punto en donde convergen todas las necesidades de los abonados en cuanto a programación u otros servicios. Pues, es la encargada de enviar todas las peticiones a los set-top-boxes, los cuales trabajan conjuntamente con servidores middleware para sistematizar los requerimientos de las diferentes

set-top-boxes. Asimismo, las aplicaciones que se encargan para la facturación, abastecimiento y administración al abonado están situadas o se vinculan con la cabecera IPTV.

Elementos que se encuentran en la cabecera de red:

- Equipos receptores de señal
  - Decodificadores receptores integrados (IRD)
- Repositorio de video
  - Biblioteca de video
  - Servidores de video
  - Red de almacenamiento
  - Base de datos de películas
  - Servidor de películas
- Método de Gestión de contenidos
  - Centro de direcciones
  - Método de gestión activo
  - Gestión de derechos digitales
- Equipos de flujo de video
  - Servicios de propagación
  - Servicios de envío e flujos de video

- Pasarela
  - Método de grabación
  - Gestión de grabación
  - Servidor de distribución y captura
  
- Equipos de flujos de video-cache
  - Servidor de cache
  - Cluster servidores de multimedia
  
- Middleware
  - Servidores middleware
  
- Sistemas relacionados con el negocio
  - Balance
  - Suministro
  - Información de usuario

En la figura 3.3 se muestra la red de la cabecera IPTV

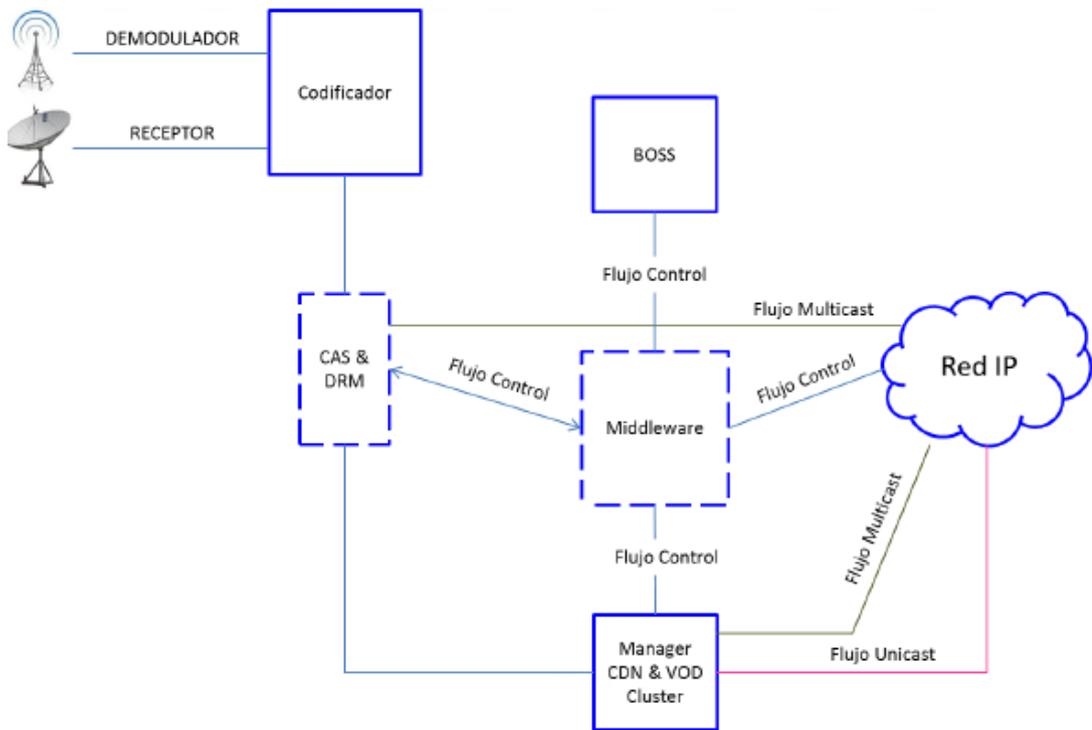


Figura 3.3: Cabecera IPTV  
Fuente: (Borja C., Peña D. (2014).

Adicional a los elementos descritos la cabecera consta de otros componentes importantes como los servidores DHCP (Dynamic host configuration protocol) y RADIUS (remote authentication dial-in user service), en donde DHCP se encarga de otorgar una dirección IP a todos los set-top box tomando como indicio la información que consta en el pedido y RADIUS se ocupa de tramitar la entrada a la red y se encarga de la gestión de cuentas de abonados, es decir, es el encargado de brindar el servicio de autorización, acceso, y autenticación (AAA).

Router Multicast que tiene como misión de examinador IGMP (Internet Group Management Protocol) que es específicamente para evitar que los hosts tomen tráfico que no se ha solicitado.

### **3.1.1. Funciones que desempeña la cabecera IPTV**

La cabecera es una parte fundamental en la red, por ello realiza funciones importantes para brindar un servicio de primera al usuario, estas funciones son:

- Recibimiento de contenidos
  - Acondicionamiento del contenido
- Preparación de las señales
- Dirección de derecho digital
- Servidores de licencias
- Servidores de accesos condicionados
- Servidores VoD
- Servidores de aplicaciones
- Procedimiento de facturación
- Middleware
- Servidores de gestión
- Estabilizador de carga

#### **3.1.1.1. Recibimiento de contenidos**

Son los equipos que reciben las señales de video, puede ser digital o analógica, las cuales pueden partir de proveedores nacionales de Tv satelital

o de radiodifusión. También estas señales pueden originarse de un generador propiamente del sistema.

- **Acondicionamiento del contenido**

Para que el contenido sea trasladado y receptado por la red IP operativa se acondiciona el contenido, el cual previamente transita por los decodificadores encargados de alistar el stream de video en el formato apropiado. Para la transmisión en SD (Definición estándar), se requiere una tasa de bits de 1.5 Mbps muy lejos de los 8 Mbps para una transmisión en HD (Alta definición).

### **3.1.1.2. Preparación de la señal**

La componen equipos como filtros y amplificadores con el fin de procesar señales de video que reciben de los quipos de recibimiento de contenido, para que estas sean mejoradas. Asimismo, para la transformación analógico – digital añaden equipos receptores, estos son denominados como IRD (Decodificador receptor integrado).

### **3.1.1.3. Dirección de derecho digital – (DRM)**

Gestión de derechos digitales (DRM), tiene como misión el encriptamiento del contenido, situándolo en un sitio exclusivo de administración de derechos digitales para no permitir su uso sin la autorización debida.

#### **3.1.1.4. Servidores de licencias – (DRM)**

Estos servidores tramitan el cifrado de contenido, también son los encargados de autoriza, administrar y mostrar toda la información acerca de los movimientos por parte del servidor como transacciones y pedidos. Asimismo verifica la información del abonado autenticándolos, decidiendo si están autorizados o no para acceder a lo solicitado. También facilita los pagos de los diversos servicios.

#### **3.1.1.5. Servidores de accesos condicionados - CAS**

Servidor de acceso condicional (CAS), Tiene como función brindar altos índices de seguridad siendo estos capaces de proveer un correcto suministro de los servicios que has sido contratados por los clientes, trabaja en equipo con los servidores (DRM).

#### **3.1.1.6. Servidores VoD**

Estos servidores reciben los contenidos en distintos formatos, en base a la arquitectura de la red están ubicados en lugares específicos como en nodos específicos o centralizados con el fin de que los abonados tengan acceso a diferentes contenidos habilitados a su zona. Son capaces de enviar diversos flujos de video dependiendo de la demanda en cada zona, evitando las caídas de servicio por la utilización del balanceo de carga.

#### **3.1.1.7. Servidores de aplicaciones**

Es la base para la ejecución de algunas aplicaciones, trabaja en conjunto con el middleware para ingreso a varios servicios, también son los responsables de brindar la debida información a los abonados. En las redes FTTH poseen la guía de programación portal IPTV, diagnostico de errores remotamente y el sistema de acceso.

#### **3.1.1.8. Procedimientos de facturación**

Por los servicios que prestara el operador se dispone de la parte de gestión de cobranza del servicio brindado, teniendo un registro de los abonados y los valores por servicio y tasa de transferencia en cuando a las emisiones enviadas. Este procedimiento es posible por la comunicación con el Middleware para la adquisición de información.

#### **3.1.1.9. Servidor Middleware**

Es la parte del software que trabaja en conjunto con una aplicación, esto le permite comunicarse con otros softwares, aplicaciones, hardware y en algunas ocasiones con sistemas operativos. Su función principal es agilizar el acceso a sistemas distribuidos, admite el intercambio de información de distintos elementos como servidores de aplicaciones y programación. Es el encargado de controlar la interacción entre usuario y servidor.

#### **3.1.1.10. Servidores de gestión**

Funciona como el servidor principal que se ocupa del control administración y supervisión de los servicios disponibles, comunicándose con el sitio donde se guardan los datos gracias a una interfaz.

Este sistema administra de forma separada el diseño y contenido, por lo que se puede cambiar cualquiera de los dos sin que el otro sufra modificaciones.

#### **3.1.1.11. Estabilizador de carga**

Tiene con función asignar los pedidos que llegan de parte del abonado en los diferentes servidores, lo cual permite nivelar la carga en los mismos, evitando la caída de señales por la demanda. También es el encargado del servicio de descarga.

### **3.2. Diseño del sistema IPTV con FTTH**

- **Planta interna**

En esta etapa de servicio se toma la secuencia de la red IP en donde llega al equipo XGPON OLT. La planta interna solo está compuesta por este dispositivo, debido a que para esta tecnología FTTH no se necesitan tantos recursos por su capacidad.

La OLT tendrá como función principal gestionar el tráfico que entra y sale, y sus conexiones entrantes serán puramente fibra óptica. Asimismo tendrá el control de la red de distribución y repartir la programación pedida

durante la transmisión a la planta externa. En la siguiente figura 3.4 se muestra la planta interna de sistema IPTV en FTTH

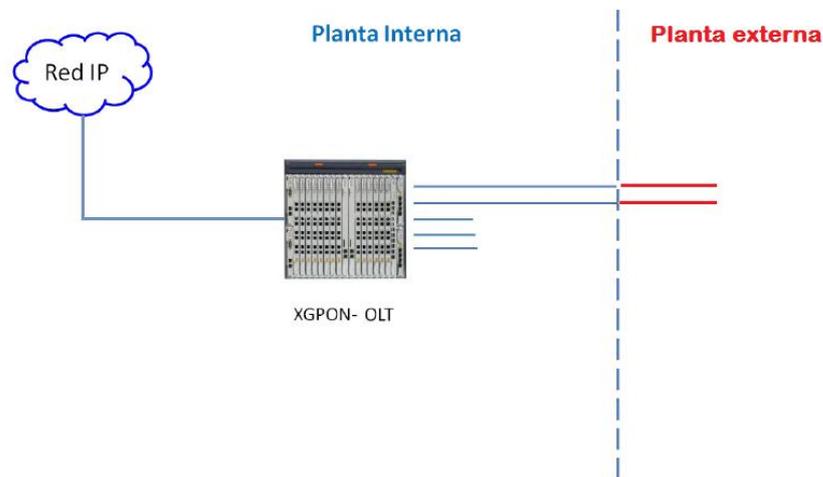


Figura 3.4: Planta Interna del sistema IPTV en FTTH  
Elaborado por: Autor

La OLT para poder transmitir los servicios que ofrece se vale de tres longitudes de onda en donde también está incluido IPTV. Para suplir los servicios de datos y voz usará 1310nm, para la transmisión de datos de bajada usará 1550nm para el servicio de video. Por otro lado para la transmisión de datos de subida se usará 1550nm en video y 1490 para los datos y voz.

En base a las largas distancias que se dan la transmisión de los diferentes servicios se escogieron las longitudes de onda. Se utilizará la fibra óptica en segunda ventana para el envío de datos y voz la cual permite una adecuada transmisión en tramos de hasta 10 Km.

Sin embargo, es necesario el uso de fibra óptica de tercera ventana para cubrir tramos de hasta 100 Km en la transmisión de video sin necesidad de usar amplificadores, brindándole un menor costo a la red. El equipo utilizado consta de tarjetas de control de servicios, gestión, de poder, downlink y uplink que se encargan con procesar diversos datos.

En la figura 3.5 se muestran dos fibras que tienen como objetivo comunicarse con la planta externa, una es la fibra primordial, mientras que la segunda es la fibra de respaldo cumpliendo ambas con la función bidireccional debido a que es una de las principales características del sistema IPTV.

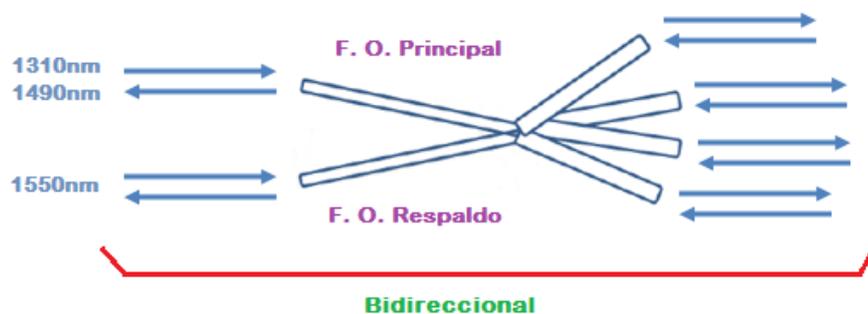


Figura 3.5: Fibra óptica entre OLT y planta externa  
Elaborado por: Autor

- Planta externa

Esta etapa está constituida por equipos pasivos debido a que estos equipos no requieren de suministro eléctrico para poder operar normalmente. Está compuesta mayormente por los divisores ópticos que el número de uso de estos dispositivos es directamente proporcional con la cantidad de abonados que se tenga previsto proveer de servicio en el

proceso. Se dividen en splitters primarios y secundarios en los primeros y segundos niveles respectivamente.

Para poder brindar servicio a un total de 32 abonados se tendría que instalar un nivel de divisores ópticos utilizando diplexores 1x32. Pero según las recomendaciones si se tratase de dos niveles nos dice que la primera capa debería tener como tope 16 fibras ópticas y la segunda que sea ramificada en un máximo de 8 fibras. Como punto alto de la instalación de los divisores ópticos es que permite al proveedor brindar servicio a más usuarios sin mucha infraestructura, pero los puntos bajos son las atenuaciones que se producen por Split, lo cual genera pérdida de velocidad dependiendo del número de Split.

En la red de planta externa el splitter principal recibe las dos fibras ópticas antes mencionadas: fibra principal y la fibra de respaldo, de la cual la primera admite el paso de datos y voz, mientras que la segunda admite el paso de los servicios de videos. Los niveles varían dependiendo del número de abonados que se les dará servicio. A continuación, se muestra en la figura 3.6 los splitters en dos niveles en la planta externa.

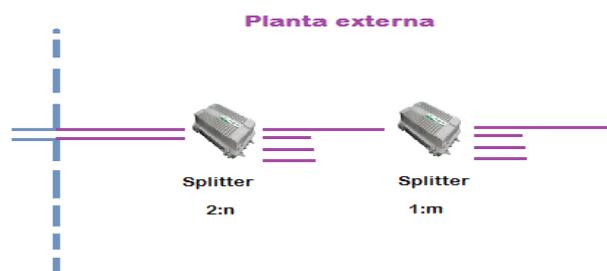


Figura 3.6: Planta externa de servicio IPTV en FTTH de dos niveles  
Elaborado por: autor

Es importante que las personas encargadas de hacer las fusiones hacia los splitters se mida el rango de atenuación permitido para dicho enlace para evitar el degrado de la señal final. Según las especificaciones técnicas en el splitters más importante se deben hacer ramificaciones hasta de 64, mientras que en el segundo nivel solo hasta 32, para evitar pérdida masiva de señal. Mientras existan más divisiones ópticas la señal sufrirá más atenuaciones lo que puede ser un real inconveniente al transmitir datos.

- Cliente

En esta tecnología la fibra óptica llega hasta el domicilio del cliente desde la nap hasta la roseta óptica en donde se da continuidad hasta la ONT quienes s la encargada de convertir las señales ópticas en diferentes interfaces dependiendo de los servicios que solicito el abonado. En la figura 3.7 se muestra la fibra óptica llegando hasta el dominio del cliente ONT.

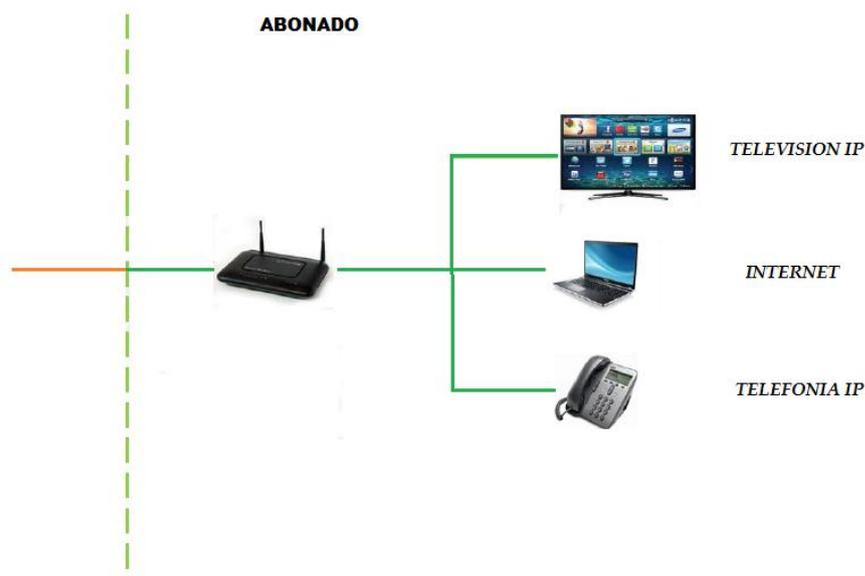


Figura 3.7: IPTV en FTTH Lado del cliente  
Elaborado por: Autor

La ONT emitirá una señal wifi la cual es para poder transmitir los servicios de IPTV en donde los sets top box reciben la señal y la emiten por la Smart TV brindándole una interfaz adicional para las peticiones y requerimientos del usuario con el servidor de su proveedor.

### **3.2.1. Tecnología de acceso fijo G.fast**

Es una tecnología relativamente nueva debido a que la ITU-T publicó la primera de sus recomendación en diciembre del 2014 (Recomendación ITU-T G.9701) para su estandarización de tecnología de acceso fija que permitirá proveer velocidades de hasta 1GBps, inalcanzables para las líneas telefónicas de cobre que no cuentan con esta nueva tecnología.

G,fast es una alternativa más económica en el despliegue de una red FTTH, es descendiente ideal para las líneas actuales DSL, ya que trabaja en la última milla, siendo esta la etapa más costosa para el operador, y está desplegada en grandes cantidades en los abonados en las líneas de cobre tradicionales otorgando velocidades impensables para esas redes de hasta 1GBps.

Según las recomendaciones se debe Instalar un DPU (Unidad de datos de protocolo) el cual debe estar máximo a 400 metros del cliente, siendo un lugar ideal los armarios que constituyen la planta externa. Al combinar las tecnologías G,fast y FTTH su denominación cambiaria a FTTdp, debido a que el nodo de distribución es el DPU.

En nuestro país en donde el ADSL aun domina en cuanto a despliegue sería más factible y rentable para las empresas que quieran migrar sus redes a fibra óptica debido a que solo deberían renovar la planta interna y parte de la planta externa mas no la del cliente ya que reúne las características necesarias para implementar la tecnología G.fast. A continuación, se muestra en la figura 3.8 como sería la arquitectura de FTTdp.

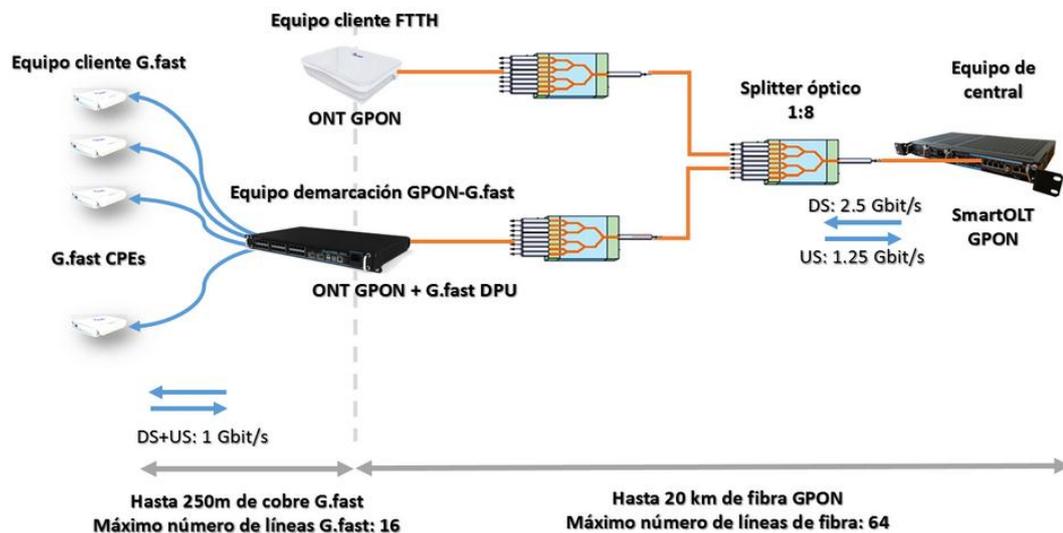


Figura 3.8: IPTV y FTTdp (G.fast/FTTH)  
Fuente:(Telnet, 2015)

El sistema muestra la tecnología GPON desde su cabecera inteligente OLT hasta la terminación de la red óptica ONT incluyendo la tecnología G.fast en donde consta el equipo de demarcación fibra óptica-cobre compuesto por una ONT GPON-FTTH y un PDU (G.fast), entrelazado con 16 abonados G.fast (G.fast CPE). En la figura 3.9 se muestra el diseño del sistema IPTV con FTTH mostrado desde la parte común y su red IP.

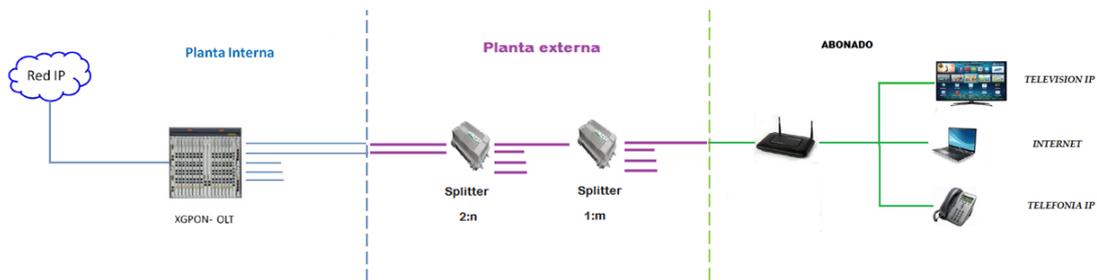


Figura 3.9: Diseño IPTV con tecnología FTTH  
Fuente: El autor

### 3.3. Equipos a utilizar en FTTH

En el diseño de la red FTTH consta de equipos importantes, principalmente en la cabecera OLT que deben de cumplir con las exigencias que esta tecnología requiere dependiendo del tamaño de la red y el número de abonados activos. Los principales fabricantes de OLTs son huawei, ZTE, Alcatel y Telnet mayormente en España, estos equipos son los que usan generalmente los grandes proveedores de telecomunicaciones. En la planta interna se encontraran los equipos XGPN OLT con capacidades de soporte de hasta 10GPON teniendo en consideración que no todas las OLT la soportan y deben adquirir un SFP adicional.

Entre los equipos operativos de proveedores están:

- Telnet SmartOLT 350

La SmartOLT 350 de Telnet de cabecera de redes GPON, es un equipo pensado para aquellos operadores que quieran desplegar una red FTTH GPON bajando los costos de despliegue y en cuanto a gastos en equipos cuando el número de abonados aún es muy reducido.

Este equipo permite brindar los servicios a los primeros clientes de manera escalonada y expandiendo las capacidades del equipo conforme el número de abonados vaya creciendo. Todas estas características son posibles gracias a: limitación de ancho de banda y soporte para servicios IPTV, gestión adelantada del tráfico Ethernet incluida en el equipo, modularidad de puertos GbE y 10G. En la figura 3.10 se muestra el equipo Telnet SmartOLT 350



Figura 3.10: Telnet SmartOLT 350  
Fuente: (TELNET Redes Inteligentes, 2015)

Este equipo tiene como una de sus características la gestión avanzada de tráfico Ethernet debido a que incluye las funcionalidades esenciales para Ethernet del tráfico procedente-destinario. Soporta en todos los puertos que posee funcionalidades 802.1p (tipo de servicio), 802.1Q (VLAN), 802.1ad (QinQ VLAN) y IGMP v3 (Multicast de video).

La modularidad de puertos GbE/10G agiliza la comunicación del equipo a los sistemas del proveedor. La SmartOLT 350 dispone de cuatro puertos Gigabit Ethernet eléctricos (Rj-45), estos puertos están vinculados

individualmente con los puertos PON disponibles. Cuando el proveedor desee expandir las velocidades de sus sistemas a 10G debe adquirir un SFP+ 10G.

### **Características generales**

- Gestión intuitiva a través del interfaz web del TGMS
- Doble opción de interfaz de transporte: 10G y 4x1000Base-T
- Reducción de los costes por puerto GPON
- Reducción de la barrera de entrada de inversión de un sistema GPON
- Compatibilidad con ITU-T G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988
- QoS en conmutación
- Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP multicast)
- Codificación FEC (corrección de errores hacia adelante) en ambas direcciones
- 4x Puertos SFP GPON, 2,5 GB downstream, 1,25 GB upstream
- 1x Puerto SFP+ 10G de transporte que permite el uso del 100% del ancho de banda
- 4x Puertos GbE de transporte (1GbE por puerto PON)
- 1x Puerto de gestión FastEthernet

En la figura 3.11 se muestra el uso escalonado de la SmartOLT 350

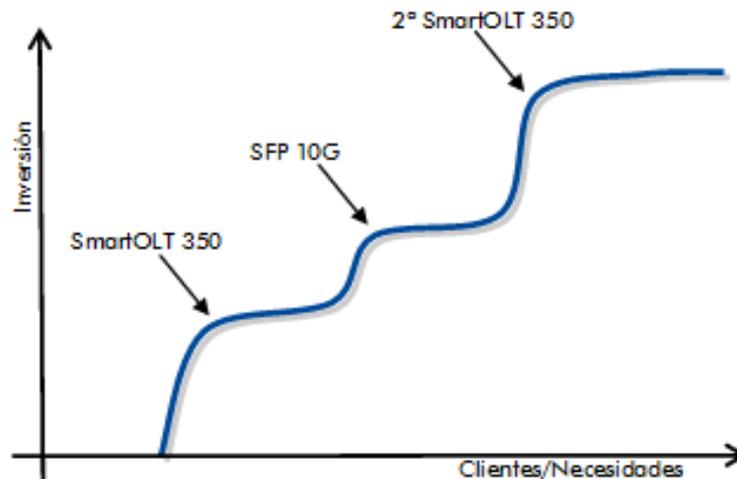


Figura 3.11: Uso escalonado de SmartOLT-Telnet  
Fuente: (TELNET Redes Inteligentes, 2015)

- Huawei SmartAX MA5600T

Es el primer equipo OLT que integra la funcionalidad del conmutador de agregación de borde, es decir, la integración que una las funcionalidades de otros equipos en uno solo. Proporciona acceso óptico de alta densidad GPON, 10GPON y Ethernet P2P, servicio de triple play, servicios de línea arrendada TDM/ATM/Ethernet exclusivo para clientes empresariales y backhaul móvil con alta fiabilidad e interfaces GE/10GE de alta densidad para la conexión de cascada para equipos de acceso remoto. En la figura 3.12 se muestra el equipo Huawei SmartAX MA5600T



Figura 3.12: Huawei SmartAX MA5600T  
Fuente: (HuaweiGpon, 2016)

- Acceso y agregación integrada
- Gran capacidad de agregación, capacidad de backplane de 3.2T bit/s, capacidad de conmutador bit/s de 1920G, direcciones MAC de 512K
- Interfaces GE/10GE de alta densidad para interfaces en cascada, hasta 128 GGE o 768 G, sin necesidad de inversión adicional de conmutadores de agregación
- Red de alta confiabilidad con conexión directa al BRAS, ONU dual-homing a dos OLTs para la redundancia y sin éxito la función de actualización de software

Entre los accesos que posee son: Servicio IPTV de alto rendimiento, más el acceso ISP, Función E-LAN para la interconexión del tráfico local, satisface los requisitos de la red del proveedor, soporte de H-QoS QoS de cuatro niveles. Para el sistema IPTV puede soportar hasta 8000 abonados y

4000 canales Multicast, también posee E2E (end to end) de alta fiabilidad que garantiza a los clientes en que la información de inicio y de llegada sea la original sin grandes cantidades de pérdidas.

#### **Especificaciones técnicas:**

- Tarjeta de línea GPON
- Puerto 8/16 \* por tarjeta con módulo óptico SFP enchufable (Clase B + o Clase C + / C ++ son opcionales)
- Hasta 1: 128 proporción de división
- FEC bidireccional
- Conformación del tráfico basado en la ONU y en la cola
- Detección y aislamiento ROGO ONT
- eOTDR (relación de división 1: 8)
  
- Tarjeta de línea 10G GPON
- Puerto de 8 \* por tarjeta con módulo óptico enchufable SFP +
- Hasta 1: 128 proporción de división (N1)
- FEC bidireccional
- Detección y aislamiento ROGO ONT
- Coexisten con GPON
- Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU

Este equipo fue lanzado para una solución de la tecnología FTTx posee 2.5GBps downstream y 1.2 GBps upstream, es ideal para ofrecer los servicios de triple play de alto ancho de banda y convergencia IP a los abonados. Como solución integrada este equipo tiene la flexibilidad de ofrecer video RF, IPTV, datos y voz en una sola plataforma teniendo el equipo OLT como también los ONT desplegados en los hogares del usuario. Alcatel-Lucent lo promociona como solución para tener el control completo de toda la red y evitar que otros softwares o aplicaciones externas se adapten con estos equipos.

Para el sistema IPTV ofrece el soporte IGMP como un monitoreo de los canales multicast de forma dinámica, además permite la integración de los servicios de datos, voz y video. En la figura 3.13 se muestra el equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU



Figura 3.13: Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU  
Fuente:(Alcatel-Lucent, 2010)

## Especificaciones técnicas en IPTV

- IP Multicast a través de internet en protocolo de gestión (IGMPv3 o V2)
- Hasta 4096 multicast streams configurables y hasta 1024 activos por OLT
- Priorización de tráfico de vídeo basada en 802.1p de capacidad
- Capacidad de conmutación de 250 Gb / s o 48 Gb / s por tarjeta de terminación de red
- Capacidad compartida de carga de 500 Gb / s o 96 Gb / s entre las tarjetas de terminación de red en OLT
- 4 terminaciones GPON por tarjeta de terminación de línea
- 56 terminaciones de línea GPON por chasis OLTS-M
- ZTE ZXA10 C320 xPON OLT

ZTE principal competidor de Huawei y sabiendo los requerimientos de servicios de comunicaciones como servicios de valor agregado (VAS), videoconferencia-teléfono, video bajo demanda (VoD) y IPTV es un medio clave para poder brindar toda esta gama de servicios diferenciados para así atraer más clientes al proveedor.

ZTE ZXA10 C320 es una plataforma convergente de acceso óptico de tamaño reducido con todas sus características, brinda QoS de manera confiable para suplir los parámetros de la implementación a pequeña escala de servicios FTTx-FTTH.

La figura 3.14 nos muestra a ZTE ZXA10 C320 xPON OLT.



Figura 3.14: ZTE ZXA10 C320 xPON OLT  
Fuente: (ZTE corporation,2013)

#### Especificaciones técnicas en IPTV

- 1K grupos multicast
- IGMP Snooping and proxy (v1/v2/3)
- MLD V1/ V2, snooping/proxy
- MVLAN: 256
- Control de Acceso de Canal (CAC),
- Vista previa (PRV) y Registro de detalle de llamada (CDR) para IPTV

#### **3.4. Diseño del sistema IPTV con HFC**

El sistema IPTV con HFC será expuesto desde la nube de red IP, en donde es la continuación de la cabecera que ha sido explicada en el capítulo anterior, dividiendo en 3 etapas el diseño sobre HFC: planta interna, planta externa y abonado.

- Planta Interna

Esta etapa interna de la red HFC se la conoce desde la CMTS hasta los equipos de trobas para IPTV. En la red de transporte DWDM se encuentra la nube de red IP permite la comunicación entre el núcleo o core con la planta interna de los nodos hasta llegar al CMTS, por ello el core IP también forma parte de la etapa interna de la red. En la figura 3.15 se puede observar la conformación de la planta interna

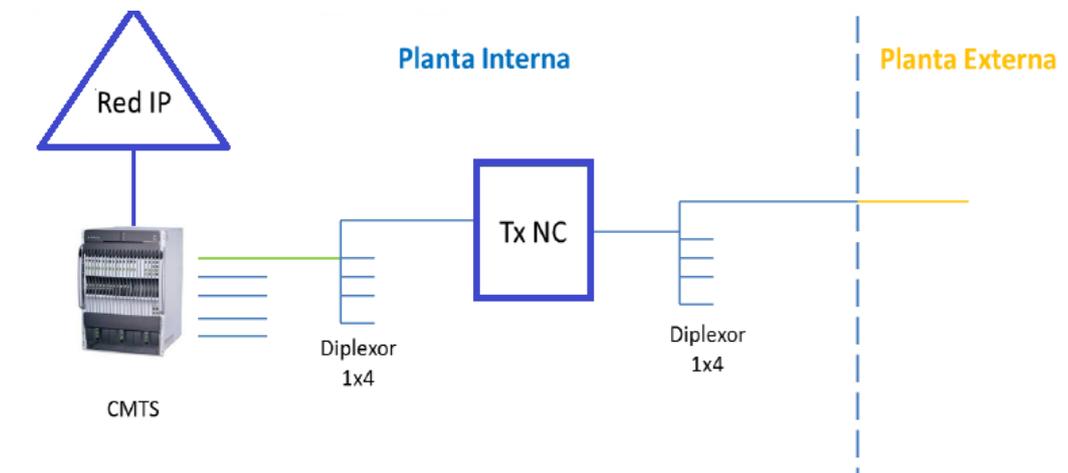


Figura 3.15: Red interna IPTV con HFC  
Fuente: El autor

La CMTS es el primer equipo de la planta interna debido a que es quien recibe los datos por medio de fibra óptica a través de la red IP. Estos equipos tienen como característica en sus conexiones, operan con cuatro uplinks por cada downlink. El downlink se divide en cuatro para compensar el tráfico de subida descomprimiendo. Así el ancho de banda dejando mayor lugar para los datos de subida. Por ello, cada downlink es interconectado a un diplexor de 1x4, lo que proporciona mayores cantidades

de abonados a desplegar y un aumento de conexiones, sufriendo la desventaja de pérdidas de potencia en las señales.

Los primeros diplexores se los conectan a un transmisor de Narrow Cast (Tx NC), este equipo se encarga de la modulación de la señal para así ser trasladada a la etapa siguiente, la planta externa y luego al abonado. La señal que sale de Tx NC es conectada a otro diplexor de 1x4 para una mejor distribución de la señal. Como se mencionó se aplica un diplexor, para cada donwlink siendo directamente proporcionales. Por ello se deberá mantener el mismo sistema con las señales salientes del transmisor Narrow Cast.

- Planta externa

Esta sección intermedia denominada planta externa es fundamental para acoger las señales que salen de la planta interna y seguir la transmisión hasta el lado del abonado o cliente. Es una sección que requiere más complejidad en la instalación de los equipos y estos deben cumplir con las recomendaciones debido a que la mayoría se encuentran en la intemperie.

En la figura 3.16 se muestra la planta externa del sistema IPTV con HFC.

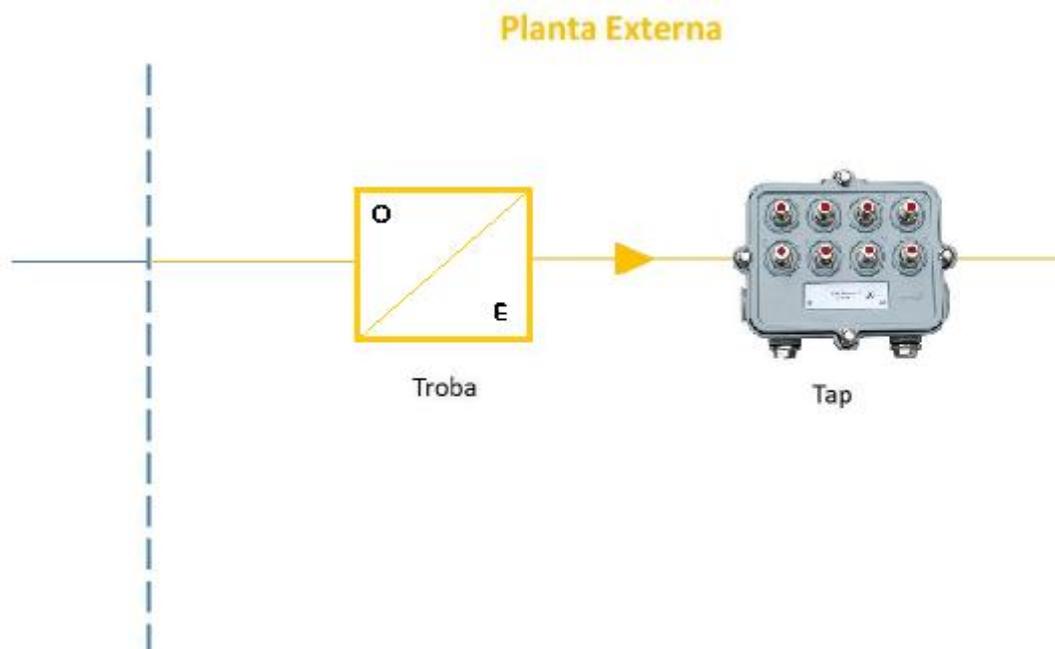


Figura 3.16: Planta externa IPTV con HFC  
Fuente: El autor

El equipo situado en esta sección que cumple una función fundamental como es convertir las señales ópticas, que receipta de la planta interna, a señales eléctricas para seguir su camino sobre cable coaxial es la troba que son instalados en puntos seleccionados.

La señal proveniente de la troba sigue su camino hacia las taps que es la encargada de la distribución de la señal al usuario final. Las taps contienen bornes, que son los encargados de comunicarla con los hilos de corriente eléctrica, y la cantidad es directamente proporcional a la demanda de abonados. Una troba es capaz de almacenar 500 bornes aproximadamente.

Si la longitud de la red a desplegar es extensa se posibilita la opción de instalar amplificadores, estos amplificadores se situarían entre la troba y la tap, también se colocaría armarios. Estos equipos trabajan como pequeños nodos que posibilitan la reconstrucción de la señal para volverla a retransmitir. Los Taps cumplirán una función parecida a los splitter y por lo general son instalados en los postes conjuntamente con las trobas. Por esto son los responsables de ramificar las señales eléctricas para así suplir la cantidad de abonados que poseerá el proveedor. Las taps se eligen dependiendo de la cantidad de abonados a brindar servicio y pueden ser de 4 u 8 bornes.

- Abonado

Se considera el lado del cliente a partir de cable coaxial, proveniente de las Taps, hasta el cable módems y posteriormente a los equipos del abonado.

En la figura 3.17 se muestra la parte final de la red, el lado del cliente con cable coaxial.



Figura 3.17: Cliente IPTV con HFC  
Fuente: El autor

Los servicios que ofrece la empresa proveedora sobre el sistema IPTV llegan al cable modem con una dirección IP única asignada a cada cliente y esta es la que distribuye los servicios solicitados. Sin embargo, para aprovechar al máximo las características IPTV se pueden utilizar equipos con recepción de señales wifi con salida HDMI en donde se configuraría con la IP asignada y se podría capturar los canales solicitados mediante este medio.

Además todos los servicios que se soliciten como canales y aplicaciones podrán ser controladas por la cabecera ya que es la que admite que estas aplicaciones se ejecuten. Además del servicio de televisión la tecnología de HFC permite la telefonía IP y datos.

### **3.4.1. Equipos a utilizar en HFC**

En la tecnología HFC otras marcas se han decidido por diseñar equipos para mejorar el servicio, entre las marcas más conocidas está Cisco, Arris y C.J. High-Tech. Los Equipos que pertenecen a la red interna y son fundamentales para el funcionamiento de la red HFC son las CMTS. Estos equipos aportan a la infraestructura evolucionándolas en el transporte de datos por medio de una IP, brindándoles mayor desenvolvimiento, escalabilidad y rendimiento en sus puertos para poder captar más abonados.

- **CMTS SERIE D3**

Este equipo fue desarrollado por la empresa China Chongqing Jinghong High Tech. Este equipo está basado en los estándares C-DOCSIS, DOCSIS3.0 CableModem mejorando la capacidad de la serie D3 CMTS. Esta adaptación incorpora técnicas de agrupación de los canales, esta serie D3 posee hasta 156 canales QAM descendentes a una velocidad de transmisión de datos de 1,1 GBps y 4 canales ascendentes QPSK/QAM llegando a un máximo de velocidad de q60 MBps.

Las interfaces de datos poseen puertos de 1000 MBps con conectores RJ45 y también 1000 MBps de SFP. Asimismo maneja un gran ancho de banda y un perfecto mecanismo QoS, lo que le permite adaptarse a diversos entornos según los intereses del operador. Estas características los convierten en un equipo absolutamente operable para los sistemas IPTV

agregándole un gran valor a las redes HFC. En la figura 3.18 se muestra el equipo CMTS SERIE D3



Figura 3.18: CMTS SERIE D3  
Fuente: (Chongqing, 2014)

### **Características Generales**

- El canal descendente D3 puede configurarse flexiblemente para el canal IPQAM.
- La interfaz de datos tiene la capacidad de conectarse tanto con EPON y Ethernet.
- Puede manejar gran ancho de banda y soporta el sistema IPTV en toda su dimensión.
- Su precio es extremadamente bajo puede reducir enormemente el costo de los operadores para que puedan lograr un valor adicional a su red HFC inherente

### **Enrutador de banda ancha universal Cisco uBR10012**

El Cisco uBR10012 es un sistema de terminación por cable modem (CMTS) de grado de telecomunicaciones ayudando a los proveedores a evolucionar sus infraestructuras de cable tradicionales a una red IP de nueva generación. Este equipo está capacitado para trabajar con los estándares DOCSIS 2.0 y Euro-DOCSIS 1.1 y 3.0 Bronze, asimismo está basado en el software Cisco IOS con capacidades de enrutamiento de capa completa 3.

La consolidación del cable modem conjuntamente con STB por medio de una red DOCSIS permite a los proveedores de cable soportar muchas características y tecnología con un mínimo cambio de hardware y es apropiado para los sistemas IPTV debido a que ofrece una infraestructura de red inteligente bidireccional. Este equipo permite ofrecer servicios por parte de los operadores como datos, voz y video IP a alta velocidad. En la figura 3.19 muestra el equipo Cisco uBR10012



Figura 3.19: Cisco uBR10012  
Fuente: (Cisco, 2006)

Este equipo soporta el sistema IPTV debido a que aprueba la entrega de video IP baja demanda (VoD), datos de alta velocidad (HSD), Acceso administrado y servicios diferenciados, también posee la escalabilidad debido a su capacidad de aumento de memoria y velocidad de transmisión.

- **ARRIS C4 CMTS**

Otra empresa que ha creado equipos para la mejorar las redes CATV migrándolas a HFC es Arris. El ARRIS C4 CMTS permite ofrecer servicios avanzados por parte de los operadores como voz, datos de alta velocidad e IPTV, también es un equipo de bajo costo operacional, ideal para los proveedores debido a que reducen el CAPEX. En la siguiente figura 3.20 se muestra el ARRIS C4 CMTS.



Figura 3.20: ARRIS C4 CMTS  
Fuente: (ARRIS, 2016)

### **Características Generales**

- Posicionamiento flexible de RF  
Frecuencias - Sin canal
- Coexistencia de FlexPath, con legado DOCSIS y Euro- Módems DOCSIS
- Cuatro (4) DOCSIS / Euro- DOCSIS 2.0 downstream
- Canales de entrega > 150 Velocidades de Mbps
- Cuatro (4) canales en el Upstream para > 100 Mbps Velocidades

### **3.5. SISTEMA IPTV EN COMBINACIÓN DE FTTH Y HFC**

Migrar de una infraestructura de red como la de HFC operable a una FTTH implicaría una nueva y mayor inversión por parte de los proveedores (CAPEX). Sin embargo, existe una opción en donde ambas tecnologías pueden trabajar conjuntamente.

El crecimiento de las tecnologías es el principal enemigo de las redes HFC en cuanto a ancho de banda velocidades de transmisión, este problema ha obligado a varias empresas internacionales a combinarlas para no hacer una inversión en un cambio de infraestructura total.

En la figura 3.21 se muestra el sistema IPTV u y FTTH en conjunto.

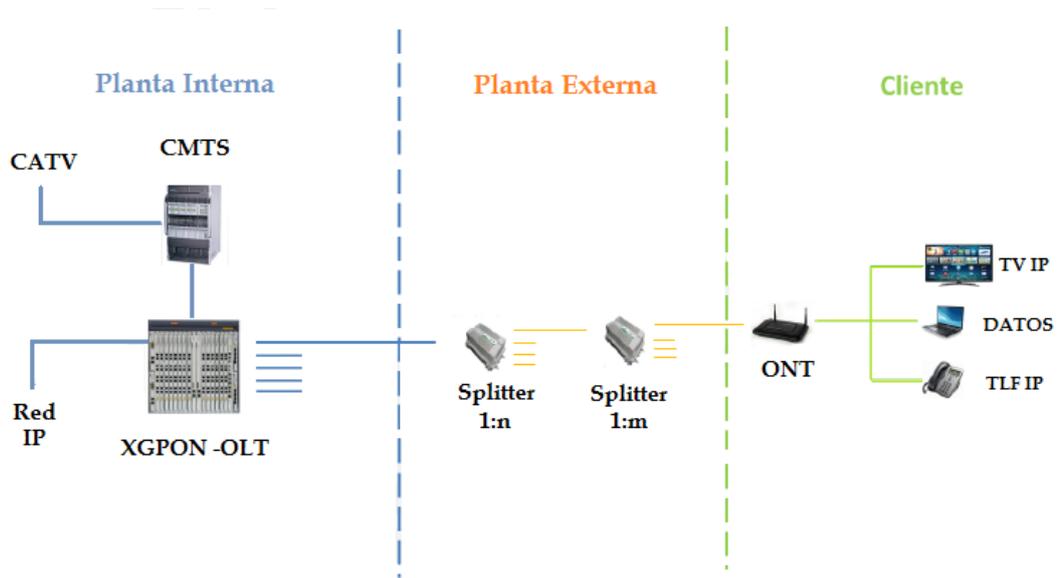


Figura 3.21: Sistema IPTV y FTTH en conjunto  
Fuente: El autor

### 3.6. ANÁLISIS COMPARATIVO

Para unir estas tecnologías como primer paso se Instalaría una OLT en la planta interna y así esta sea la responsable de la transmisión de los diferentes servicios, asimismo se usaría un software que permita la transformación de la señal de tv por fibra óptica hacia la IP, para así poder brindar servicios IPTV desde la OLT. Por lo tanto, mediante antenas y la CMTS la señal de canales seguirá siendo receptada y luego enviada hasta la OLT. Los niveles de transmisión serán transmitidos a 1550 nm en video, la voz a 1490 nm y datos a 1310 nm al igual de una red puramente de fibra FTTH.

Para poder hacer una comparación entre estas dos tecnologías (FTTH – HFC) para el servicio IPTV es necesario ver varios factores en cuanto a los

operadores, cómo se van a desenvolver en el campo IPTV, en los software y en las distintas características en que quipos que trabajan de forma individual o en conjunto y los protocolos que usaran y la dinámica de ellos. En base a la calidad estándar que se necesita para ofrecer un servicio de primera, las empresas deben hacer su inversión inicial tomando en cuenta las características que reúnen y siendo directamente proporcional el costo-calidad y cuanto desea invertir la empresa en el CAPEX. Se expondrán las características que deben tener amas tecnologías para ofrecer un buen servicio IPTV. En la tabla 3.1 Se muestra las características importantes para un servicio IPTV en tecnología HFC

Tabla 3.1: Características de un servicio IPTV en HFC

➤ Protocolos	✓ G.1010
➤ Software CMTS	✓ Docsis 3.0 y actualizaciones
➤ Comprensión de video	✓ H.264 (1.5 MBps para SD y 4.5 para HD)
➤ Trobas	✓ 500 taps
➤ Taps	✓ 4 a 8 bornes
➤ Modulación	✓ Mínimo QPSK y 8QAM
➤ Puertos	✓ Mínimo 24
➤ Escalabilidad	Si
➤ Robustez	Si
➤ Cable modem	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 4 Ethernet</li> <li>✓ 1 RF</li> <li>✓ Power On/Off</li> <li>✓ Antenas internas (wifi) 5GHz</li> <li>✓ VoIP</li> </ul>
➤ Velocidad mínima	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Downstream 336 MBps</li> <li>✓ Upstream 120 MBps</li> </ul>

Elaborado por: Aautor

En la tecnología FTTH en planta interna el equipo principal es la OLT en la planta externa son los divisores ópticos y en el lado del cliente la ONT, las velocidades según las recomendaciones UIT-T G.984 para la subida de datos de 1.2 GBps y para bajada de datos de 2.4GBps. La OLT deberá tener la capacidad de tolerar el códec H.264 que es para la transmisión de video en IPTV, también deberá tener incorporado una salida para el traslado del contenido de video desde la CTMS en caso de que las dos tecnologías trabajen en conjunto. Asimismo debe de ser capaz de soportar la tecnología multicast y HQoS teniendo una gran solidez de soporte en el tráfico en cada una de sus interfaces y deberá tener como característica la escalabilidad, es decir poder suplir la demanda en el crecimiento de abonados.

En el caso de la ONT también deberá de soportar el códec H.264 para la emisión de video, poseer salidas Ethernet, entrada de fibra óptica para comunicar la NAP con la ONT por medio de la roseta óptica, y tener la capacidad de emitir señales wifi mínimo de 5 GHz. La cantidad de niveles de las divisiones ópticas será directamente proporcional a la cantidad de usuarios a ofrecer el servicio, en el diseño mostrado usamos dos niveles para ofrecer servicios 32 abonados por fibra óptica, según las especificaciones se recomienda en el primer nivel un máximo de 1:16 y en el segundo nivel 1:32. En la tabla 3.2 se muestra las características requeridas para la tecnología FTTH en IPTV.

Tabla 3.2: Características para FTTH

➤ Protocolos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ G.983</li> <li>✓ G.984</li> <li>✓ G.981</li> </ul>
➤ Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Downstream 2.4 GBps</li> <li>✓ Upstream 1.2 GBps</li> </ul>
➤ Escalabilidad	Si
➤ Robustez	Si
➤ Comprensión de video	✓ H.264 (1.5 mbps para SD y 4.5 Mbps para HD )
➤ Niveles de splitter	✓ Mínimo 2
➤ Tipos de splitter	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1:16 Primer nivel</li> <li>✓ 1:32 Segundo nivel</li> </ul>
➤ ONT	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Puertos RF</li> <li>✓ Puertos Ethernet</li> <li>✓ Emisión wifi</li> </ul>
➤ OLT	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clasificación de tráfico Scheduling de servicios</li> <li>✓ Soporte para tres longitudes de onda (1350, 1440, 1550).</li> <li>✓ Algoritmo DBA para ancho de banda HQoS.</li> <li>✓ 10 slot mínimos</li> </ul>

Elaborado por:: Autor

En la tabla 3.3 se muestra una comparación general entre FTTH y HFC

Tabla 3.3: Comparación FTTH y HFC

Características	HFC	FTTH
Escalabilidad	x	x
Robustes	x	x
Velocidad	100 MBps	1 GBps
Compresor de video	H.264	H.264
Cantidad de equipos	4	3
Voz IP	Opcional	Opcional
Costo mantenimiento	Bajo-medio	Bajo
Costos de servicios fijos	Bajos	Altos

Elaborado por: Autor

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones**

Como conclusión general se puede deducir que la tecnología que sería más eficiente para el sistema IPTV es FTTH. La red FTTH es la más adecuada para el servicio IPTV debido al ancho de banda ilimitado y a la calidad de transmisión de la fibra pero lo que aún se podría considerar como un inconveniente es el costo de la red ya que su inversión inicial es muy elevada con relación a las redes HFC.

También una opción válida es la posible combinación de ambas tecnologías en el caso que el proveedor conste con la infraestructura HFC, haciendo cambios en la planta interna añadiendo una cabecera OLT y que esta trabaje en conjunto con la CMTS.

Sin embargo, para aminorar costos de inversión CAPEX al migrar de redes ADSL o HFC a una enteramente compuesta por fibra óptica FTTH por parte de los proveedores , se tiene como opción alterna añadir la tecnología G.fast en donde la última milla es cobre y puede otorgarle a la red hasta un 1GBps de velocidad simétricamente cambiando la denominación FTTH a FTTdp, debido a que el nodo de distribución es el DPU en la última milla y ahorrándose los costos del lado del cliente en FTTH ya que esta etapa es una de las más costosas.

Como se analizó para que el usuario pueda disfrutar de los servicios de IPTV, es necesario que cuente con una Smart Tv, debido a que este equipo será el encargado de que el usuario pueda realizar sus pedidos al servidor o buscar el contenido que dispone, adicional a esto navegar por internet, transacciones bancarias entre otras cualidades lo que hace que la experiencia de ver televisión sea totalmente distinta. Sin embargo si el abonado no posee una Smart tv el operador puede instalarle un set top box o decodificador que brinda a la Tv las funciones antes mencionadas en donde su principal característica es la interactividad.

#### **4.2. Recomendaciones.**

Se aconseja que en el momento de que se implemente los servicios IPTV en el país, la empresa proveedora que ya cuenta con una infraestructura de red HFC, le sería factible implementar el servicio IPTV con HFC para aminorar costos de inversión ya que los costos de los equipos CMTS son bajos.

En el caso de invertir en una red GPON-FTTH se aconseja formar grupos de estudio para tener conocimiento de la capacidad que va requerir en base a los requerimientos de los abonados y la longitud de esta, puesto que se pueden perder cantidades económicas significativas y de recursos.

Al momento de elegir el códec con el que trabajara el sistema IPTV es recomendable el estándar H.264 ya que decodifica y codifica los datos de

manera más eficaz y se aprovecharía de forma más eficiente el ancho de banda.

Con el paso de los años la tecnología avanza y se recomienda para los sistemas IPTV la G-PON-FTTH debido a que sus capacidades pueden soportar más de lo que actualmente necesita y por grandes velocidades que maneja y el bajo costo en el mantenimiento de sus redes y de los equipos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu M., Castagna A., Cristiano P., Zunino P., Roldos E., Sandler G. (2009). CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH). De Universidad de Montevideo. Recuperado

Licklider, J. (2002). Historia de Internet. Boston, Estados Unidos

Aguilar K., Narvaez J. (2015). ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA MIGRACIÓN DE REDES HFC A REDES G - PON. De ESPOL. Recuperado de:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/29931>

Alonso E. (2008). Conceptos generales de IPTV. TM broadcast ingeniería y tecnología audiovisual

Borja C., Peña D. (2014). Análisis e impacto de la incorporación de IPTV sobre una red GPON. De Universidad politécnica Salesiana. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6948>

Fichamba S. (2016). Diseño de la red Híbrida Coaxial-Fibra Óptica (HFC) para brindar servicio de IPTV en la empresa MULTICABLE S.A. de la ciudad de Otavalo. De Universidad técnica del norte. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4667>

García A. (2016). Acceso GPON-FTTH. De TELNET Redes inteligentes. Recuperado de: <http://www.telnet-ri.es/productos/transporte/acceso-gpon-y-ftth-3/>

Huidobro, J., Martínez, D. (2006). *Tecnología VoIP y tecnología IP: la telefonía por Internet*. Creaciones Copyright

Joskowicz J. (2009). VOZ, VIDEO Y TELEFONIA SOBRE IP. De Universidad de la república- Instituto de ingeniería eléctrica. Recuperado de: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20sobre%20IP%202009.pdf>

Lloret J. (2008). IPTV: La televisión por Internet. España: Editorial Vértice.  
de:[http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_179\\_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf)

Turró J., Pasamar J., Jiménez M., Busquets J. (2006). Usando intensivamente la red: 152 Mbps de multicast para distribuir TDT, satélite y canales educativos internos en la UPV [Archivo PDF]. De RedIRIS – Universidad de Valencia. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Turro/publication/28152405\\_Usando\\_intensivamente\\_la\\_red\\_152\\_Mbps\\_de\\_multicast\\_para\\_distribuir\\_TDT\\_s](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Turro/publication/28152405_Usando_intensivamente_la_red_152_Mbps_de_multicast_para_distribuir_TDT_s)

atelite\_y\_canales\_educativos\_internos\_en\_la\_UPV/links/0c9605232c70c3e32d000000.pdf

TELNET. (2016). Demostramos un sistema con capacidades de Gigabit basado en G.fast. De TELNET Redes Inteligente. Recuperado de: <http://www.telnet-ri.es/telnet-supera-con-un-excelente-la-revision-final-del-hfccg-fast/>

Vallejo D., Sebastián J. (2012). Estudio de factibilidad y diseño de una red HFC para aplicaciones triple play para la empresa Parabólica del Norte en la ciudad de Atuntaqui. De Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5605>

Van der Putten F. (2013). Una nueva norma de la UIT sobre la banda ancha acelera el tránsito hacia el 1Gbit/s, G.fast aprovecha las líneas de cobre existentes para proporcionar las velocidades de fibra a menor coste. De ITU-T. Recuperado de: [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2013/74es.aspx#.WKysyTgYER1](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2013/74es.aspx#.WKysyTgYER1)



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **José Guillermo León Chevez** con C.C: # 0930411608 autor del Trabajo de Titulación: **“Estudio de las tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad en la implementación del servicio IPTV”** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de Marzo de 2017

f. \_\_\_\_\_

Nombre: José Guillermo León Chevez

C.C: 0930411608

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de las tecnologías HFC y FTTH para determinar su factibilidad en la implementación del servicio IPTV.		
<b>AUTOR(ES)</b>	LEON CHEVEZ, JOSE GUILLERMO		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. NESTOR A. ZAMORA CEDEÑO		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de Marzo de 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	112
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Transmisión, Gestión de redes, Sistemas de comunicación.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	FTTH, HFC, IPTV, CATV, fibra óptica, cable coaxial.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>El presente trabajo se basa en el estudio de los diseños de las tecnologías FTTH y HFC para los sistemas IPTV, debido al crecimiento de la demanda del ancho de banda para los accesos a internet y sus diferentes usos por parte de los usuarios residenciales.</p> <p>El estudio tiene un enfoque técnico por lo cual se busca evaluar las ventajas y desventajas de las dos tecnologías que soportan el sistema IPTV. El estudio está compuesto de tal forma que primero se muestre los objetivos y la problemática actual para implementar el servicio IPTV en el país, posteriormente se enfoca en el diseño de las respectivas redes con los equipos más importantes de cada una siendo explicada cada etapa y finalmente se ha realizado una comparación entre ambas tecnologías para así concluir cual sería la tecnología más factible con sus altos y que mejor se acomode dependiendo de las redes existentes en el país.</p> <p>Adicionalmente este trabajo describe los aspectos y características relevantes de las redes FTTH y HFC para poder ofrecer un servicio masivo de conectividad con un gran ancho de banda.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-96627477	E-mail: <a href="mailto:joguile2006@gmail.com">joguile2006@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-68366762		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			