



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia si mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

SORAYA CATHERINE ARÉVALO PASTÁS

catyarevalo_4@hotmail.com

DIRECTOR: ING. FERNANDO FLORES

fflores@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Mayo 2010

DECLARACIÓN

Yo Soraya Catherine Arévalo Pastás, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Soraya Catherine Arévalo Pastás

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Soraya Catherine Arévalo Pastás, bajo mi supervisión.

Ing. Fernando Flores
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por haberme dado la sabiduría que fue necesaria para terminar la carrera y poder culminar con uno de los principales objetivos planteados al inicio de mi formación profesional.

A mi madre, a mi hermana y a mi hermano por brindarme todo su apoyo y cariño para seguir adelante en el transcurso de mi carrera y en el desarrollo de este trabajo final.

A mi familia y amig@s por su apoyo incondicional y constante preocupación.

Al Ing. Fernando Flores, por servir de apoyo y guía durante el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Pablo Vega por su colaboración de manera desinteresada para la elaboración y culminación de este proyecto.

A la Gerencia del Área de Tecnología del Grupo TVCable por el auspicio y la ayuda brindada con la información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a las personas más importantes de mi vida:

A mi mami Mariana que siempre ha sido pilar fundamental en mi vida y un ejemplo de trabajo y dedicación, brindándome siempre su apoyo incondicional y comprensión durante mis años de estudio; además por los valores impartidos, por fomentar en mí el deseo de superación continua.

A mi padre, que aunque físicamente ya no se encuentra a mi lado, siempre lo llevo en mi corazón sabiendo que desde donde él está, me ha protegido y cuidado siempre. De igual forma a mi tía Elenita que la llevo en mi corazón, quien siempre creyó en mí y sé que desde el cielo y con la ayuda de Dios me guiaron y me ayudaron a salir adelante.

A mi hermana Verónica por el apoyo constante, actitud positiva, sus consejos siempre acertados para poder superar los momentos difíciles a lo largo de mi carrera y principalmente por ayudarme a cumplir mis metas, y por supuesto a mi hermano Cristian por sus palabras de apoyo y afecto.

A mi sobrinita Camila por ser tan dulce y tierna y por darme la alegría de verla crecer y hacer más placenteros mis días.

A mis amigas Diana, Bachita y Luisana por tener siempre palabras de aliento en aquellos momentos de debilidad y con quienes he compartido etapas tristes y alegres de la vida.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DE LA RED DE TELEVISIÓN DIGITAL DEL GRUPO TVCABLE 1

1.1 SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.2 NIVELES DE CALIDAD DE LA TELEVISIÓN DIGITAL	4
1.1.3 TÉCNICAS DE DISTRIBUCIÓN	5
1.1.3.1 Distribución por Unicast	5
1.1.3.2 Distribución por Multicast	5
1.1.3.3 Distribución por Broadcast	5
1.1.4 ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL	6
1.1.4.1 Sistema de Tv Digital DVB (Digital Video Broadcasting)	7
1.1.4.2 Sistema de Tv Digital ATSC (Advanced Television System Committee)	8
1.1.4.3 Sistema de Tv Digital ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting).....	9
1.1.5 SISTEMAS DE CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE AUDIO Y VIDEO DIGITAL	10
1.1.5.1 Codificación y Compresión de Señales de Audio Digital	11
1.1.5.1.1 Digitalización de Señales de Audio.....	11
1.1.5.1.2 Compresión de Audio Digital	13
1.1.5.2 Codificación y Compresión de Señales de Video Digital	15
1.1.5.2.1 Digitalización de Señales de Video.....	16
1.1.5.2.1.1 Breve descripción de las Estructuras de Muestreo para Señales de Video.....	17

1.1.5.2.2 Compresión de Video Digital	19
1.1.5.2.2.1 Estándares de Compresión	21
1.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA RED HFC DEL GRUPO TVCABLE UTILIZADA PARA PROVEER EL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL.....	28
1.2.1 INTRODUCCIÓN.	28
1.2.2 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA RED HFC DEL GRUPO TVCABLE.....	29
1.2.2.1 Arquitectura de la Red HFC	29
1.2.2.1.1 Fibra Óptica	30
1.2.2.1.2 Cable Coaxial	31
1.2.2.1.3 Nodo Óptico	31
1.2.2.1.4 Amplificadores de Radio Frecuencia	31
1.2.2.1.5 Tap	31
1.2.2.1.6 Decodificador	32
1.2.2.1.7 Cable Módem	32
1.2.2.2 Canales De Transmisión	33
1.2.2.2.1 Canal de upstream o canal de retorno	33
1.2.2.2.1 Canal de downstream	34
1.2.3 ELEMENTOS DE LA RED HFC.	34
1.2.3.1 Headend o Cabecera	35
1.2.3.1.1 Recolección de Señales	37
1.2.3.1.1.1 Microondas	37
1.2.3.1.1.2 Fibra Óptica	37
1.2.3.1.1.3 Satelital.	37
1.2.3.1.2 Procesamiento	40
1.2.3.1.3 Codificación	40
1.2.3.1.4 Multiplexación	41

1.2.3.1.5	Encriptación (Scrambling) Y Modulación	41
1.2.3.1.6	Audio Digital	42
1.2.3.1.7	Control	42
1.2.3.1.8	Transmisión	43
1.2.3.1.9	Canal De Retorno	43
1.2.3.1.10	Terminales	43
1.2.3.2	Red Troncal o Red de Transporte	44
1.2.3.2.1	Backbone MPLS	44
1.2.3.2.1.1	Elementos Del Sistema Tellabs 8600.....	46
1.2.3.2.1.1.1	Tellabs 8660 Edge Switch	46
1.2.3.2.1.1.2	Tellabs 8630 Access Switch	48
1.2.3.2.1.2	Tecnología MPLS	48
1.2.3.2.1.2.1	Componentes MPLS	48
1.2.3.3	Red De Distribución	51
1.2.3.4	Red De Acceso Y Usuario Final	51
1.3	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ACCESO xDSL del GRUPO TVCABLE	52
1.3.1	BUCLE DIGITAL DE ABONADO (xDSL)..	52
1.3.1.1	Funcionamiento	53
1.3.1.2	Tipos De Xdsl	54
1.3.2	RED DE ACCESO ADSL DEL GRUPO TVCABLE	54
1.3.2.1	Equipos Dslam	55
1.3.2.1.1	An2200-02 Dslam	56
1.3.2.1.2	An2200-06 Dslam	57
1.3.2.2	Servicios mediante CPE (Customer Premises Equipment) accediendo a la Red DSLAM	58

CAPÍTULO II

EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IPTV Y APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV.....61

2.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE IPTV (INTERNET PROTOCOL TELEVISION).....	61
2.1.1 REDES IP	61
2.1.1.1 El Protocolo Internet	63
2.1.1.1.1 Servicios IP	63
2.1.1.1.2 Protocolo IP.....	66
2.2 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE IPTV.....	71
2.2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA STREAMING	75
2.2.1.1 Protocolos utilizados para el Transporte de Video en Tiempo Real	75
2.2.1.1.1 Protocolos de Transporte	75
2.2.1.1.1.1 Protocolos UDP y TCP	75
2.2.1.1.1.2 Protocolo RTP.....	77
2.2.1.1.1.3 Protocolo RTCP.....	77
2.2.1.1.2 Protocolos de Control de la Sesión	78
2.2.1.1.2.1 Protocolo de control de sesión RTSP	78
2.3 ARQUITECTURA DE LA RED IPTV	79
2.3.1 ADQUISICIÓN	80
2.3.2 SERVIDORES.	81
2.3.3 DISTRIBUCIÓN	82
2.3.4 RED DE ACCESO	82
2.3.5 SOFTWARE.	83

2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE IPTV	83
2.4.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA IPTV	84
2.4.1.1 HeadEnd.....	84
2.4.1.1.1 Componentes del Headend IP.....	85
2.4.1.1.1.1 Receptor Decodificador Integrado (IRD).	85
2.4.1.1.1.2 Receptor Off-Air	86
2.4.1.1.1.3 Switch de Paquetes	87
2.4.1.1.1.4 Manejo de Contenidos	87
2.4.1.1.1.5 Sistemas de Playouts	87
2.4.1.1.1.6 Almacenamiento de Activos	88
2.4.1.1.1.7 Procesamiento de Contenido	88
2.4.1.1.1.8 Inserción de Anuncios	88
2.4.1.2 Video Bajo Demanda	89
2.4.1.3 Middleware.	89
2.4.1.4 Sistema de control de derechos	89
2.4.1.5 Set Top Box	89
2.4.1.6 Home Gateways	90
2.4.1.7 Servidores para la gestión	90
2.5 ARQUITECTURA DE REFERENCIA DE UNA RED IPTV PARA EL DISEÑO DEL PRESENTE PROYECTO	91
2.5.1 SHE (SUPER HEAD END).....	91
2.5.2 VHO (VIDEO HUB OFFICE).....	92
2.5.3 VSO (VIDEO SERVING OFFICE)	92
2.5.4 DNG (DELIVERY NETWORK GATEWAY).....	92
2.6 APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV	93
2.6.1 PORTAL DE TV	94

2.6.1.1 Guía Electrónica de Programación (EPG).....	94
2.6.1.2 Personal Video Recorder (PVR)	95
2.6.1.3 Time Shift TV (TSTV).....	95
2.6.2 APLICACIONES DISPONIBLES EN IPTV	97
2.6.2.1 Broadcast (Actualización Periódica).....	98
2.6.2.2 Interactivo	98
2.6.2.3 Transaccional.....	100

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UNA RED DE VIDEO IP CON ARQUITECTURA REDUNDANTE PARA LA EMPRESA TVCABLE 102

3.1 ANTECEDENTES.....	102
3.2 ANÁLISIS DE LA ACTUAL INFRAESTRUCTURA INSTALADA EN EL GRUPO TVCABLE SOBRE LA CUAL SE PROPONE EL DISEÑO.	103
3.3 DISEÑO DE LA RED PLANTEADA PARA LA TRANSMISIÓN DE VIDEO IP.....	104
3.3.1 REQUERIMIENTOS FÍSICOS DE LA RED DEL GRUPO TVCABLE	105
3.3.2 NÚMERO DE USUARIOS Y ANCHO DE BANDA PROMEDIO POR USUARIO ..	105
3.3.3 ESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA RED IPTV DEL GRUPO TVCABLE	110
3.3.3.1 Diseño propuesto para el Headend	114
3.3.3.1.1 Receptor Satelital.	114
3.3.3.1.2 EGT.....	117
3.3.3.1.3 TMUX – 2010.	118
3.3.3.1.4 VX8000.	120

3.3.3.1.5 HEMI.....	121
3.3.3.1.6 SEM.	122
3.3.3.1.7 DM 6400 Cherry Picker De Motorola	125
3.3.3.1.8 Switch De Core GBE 4507.	126
3.3.3.1.9 Servidor De Video	127
3.3.3.1.10 Router Ip.	129
3.3.3.2 Espacio físico requerido en Unidades de Rack (1ru) Necesarias para el Headend	130
3.3.3.3 Diseño a implementarse en los Hubs	130
3.3.3.3.1 Switch Cisco Catalyst 3750...	131
3.4 PROCESO DE CONTROL PARA TELEVISIÓN DIGITAL	132
3.4.1 BILLING SYSTEM	133
3.4.2 DAC-6000	134
3.4.3 RADD	134
3.4.4 OM-1000	134
3.4.5 DECO DIGITAL	134
3.4.6 RPD Y ARPD	135
3.4.7 NC1500.....	135
3.4.8 KLS-1000	135
3.4. IPG SERVER	135
3.4.10 CS-1000.....	136
3.5 ESPACIO FÍSICO REQUERIDO EN UNIDADES DE RACK (1RU) NECESARIAS .	136
3.5.1 CONFIGURACIÓN DEL RACK	137
3.6 COSTOS REFERENCIALES DE TODO EL EQUIPAMIENTO QUE SE REQUIERE	135
3.6.1 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO EN EL HEADEND	137
3.6.2 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA EL HUB (SAN	

RAFAEL)	140
3.6.3 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO TOTAL	141
3.7 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS EN EL LADO DEL USUARIO FINAL	142
3.7.1 DECODIFICADOR DIGITAL	143
3.7.1.1 DETALLES SOBRE EL SERVICIO	144
3.7.2 GUÍA DIGITAL	146
3.7.2.1 Guía Comercial	147
3.7.2.2 Beneficios De La Guía Digital	148
3.8 ESTUDIO DEL TRÁFICO DE VIDEO SOBRE IP	150
3.8.1 CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA	150
3.8.1.1 Ancho De Banda Por Fuente De Video Mpeg-2	150
3.8.1.2 Encapsulamiento IP	150
3.8.2 FUENTES DE VIDEO IP	150
3.8.3 FUENTES DE VIDEO ASI	156
3.8.4 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO DE VIDEO SOBRE IP	160

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	161
4.2 RECOMENDACIONES.....	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	165
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DE LA RED DE TELEVISIÓN DIGITAL DEL GRUPO TVCABLE

Figura 1.1: Distribución de los estándares digitales a nivel mundial	6
Figura 1.2: (a) Onda senoidal. (b) Muestreo de la onda senoidal. (c) Cuantización de las muestras a 4 bits	12
Figura 1.3: <i>Aliasing</i> producido por el submuestreo de la señal, donde, $f_m < 2f_s$	13
Figura 1.4: (a) Umbral de audibilidad como una función de frecuencia. (b) Efecto de enmascaramiento	14
Figura 1.5: Diferencia entre cuadros inmediatos.....	16
Figura 1.6: Estructuras de muestreo.....	18
Figura 1.7: Arquitectura general de la red HFC	30
Figura 1.8: Distribución del espectro para redes HFC	33
Figura 1.9: Red HFC con sus respectivos elementos	35
Figura 1.10: Estructura básica del <i>HeadEnd</i>	36
Figura 1.11: Línea de vista entre antenas.....	37
Figura 1.12: Enlace satelital para recepción de canales internacionales	38
Figura 1.13: Ángulos que determinan la orientación de las antenas parabólicas	38
Figura 1.14: Ubicación del LNB.	39
Figura 1.15: Diagrama MPLS del Grupo TVCable – Quito.....	47
Figura 1.16 Red MPLS de TVCable UIO	50
Figura 1.17: Estructura básica de la tecnología DSLAM.....	55
Figura 1.18 Vista frontal y posterior del DSLAM AN2200-02.	57

Figura 1.19 Vista frontal y posterior del DSLAM AN2200-06	58
Figura 1.20 Esquemático general de la red DSLAM del Grupo TVCable	59
Figura 1.21 Red IP/MPLS.....	60

CAPÍTULO II

EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IPTV Y APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV

Figura 2.1 Arquitectura de las redes NGN	62
Figura 2.2 Cabecera IPv4.....	66
Figura 2.3 Ubicación del protocolo IGMP en la arquitectura TCP/IP	68
Figura 2.4 Encapsulamiento de un mensaje IGMP	69
Figura 2.5 : Cabecera de IGMP	69
Figura 2.6 Señalización de IGMP	70
Figura 2.7 Pila de protocolos para streaming de vídeo	76
Figura 2.8 Arquitectura para <i>streaming</i> de vídeo	80
Figura 2.9 Arquitectura de las redes NGN	82
Figura 2.10 Esquema de IPTV.....	84
Figura 2.11 Sistema <i>HeadEnd</i>	85
Figura 2.12 Topología del sistema IPTV.....	90
Figura 2.13 Segmentación de la arquitectura de IPTV.....	91
Figura 2.14 Arquitectura de las redes NGN	93
Figura 2.15 Portal de TV que dispone <i>Middleware</i>	94
Figura 2.16 Interfaz de la EPG	95
Figura 2.17 Aplicaciones de <i>Broadcast</i> (actualización periódica).....	97
Figura 2.18 Aplicaciones Interactivas	99

Figura 2.19 Aplicaciones del tipo Transaccional	99
---	----

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UNA RED DE VIDEO IP CON ARQUITECTURA REDUNDANTE PARA LA EMPRESA TVCABLE

Figura 3.1 Arquitectura actual de la red de televisión digital	102
Figura 3.2 Estructura del diseño propuesto	104
Figura 3.3 Infraestructura planteada	104
Figura 3.4 Equipos DSLAM asociados al MPLS San Rafael.....	106
Figura 3.5 Clientes configurados en los DSLAM asociados al MPLS San Rafael	106
Figura 3.6 Canales incluidos en el Paquete <i>Super Premium</i>	109
Figura 3.7 Estructura en <i>HeadEnd</i> actual	114
Figura 3.8 Receptor Satelital DSR-4400MD de Motorola.....	113
Figura 3.9 Receptor Satelital marca Scientific Atlanta.....	114
Figura 3.10 Fotografía de un EGT	117
Figura 3.11 Funcionamiento de una cascada	118
Figura 3.12 Fotografía de un TMUX-2010	118
Figura 3.13 Chasis del TMUX-2010 (vista frontal)	119
Figura 3.14 Fotografía de un equipo VX8000	122
Figura 3.15 Fotografía de un equipo HEMI	125
Figura 3.16 Vista frontal de un SEM	123
Figura 3.17 Propuesta de estructura en <i>HeadEnd</i>	124
Figura 3.18 Vista frontal de un DM 6400	125
Figura 3.19 <i>Switch de Core</i> GiEth 4507.....	126
Figura 3.20 Estructura de un servidor de Video.....	127

Figura 3.21 Trayectoria del flujo de datos	128
Figura 3.22 Arquitectura de servidor de video centralizado	129
Figura 3.23 Diseño a implementarse en el <i>HeadEnd</i> San Rafael	131
Figura 3.24 <i>Switch Catalyst 3750</i>	132
Figura 3.25 Esquema del proceso de control.....	133
Figura 3.26 Trayectoria del flujo de datos.....	137
Figura 3.27 Comparación de banda para sistema análogo y digital.....	143
Figura 3.28 Decodificador Digital DCT 3080.....	143
Figura 3.29 Instalación del DCT al televisor.....	145
Figura 3.30 Instalación del DCT al VCR	145
Figura 3.31 Guía Digital.....	146
Figura 3.32 Formato PPV	147
Figura 3.33 Navegando por Programación	148
Figura 3.34 Consulta de Programación	149
Figura 3.35 Compras de eventos PPV.....	149
Figura 3.36 Distribución del Tráfico de Video sobre IP	160

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DE LA RED DE TELEVISIÓN DIGITAL DEL GRUPO TVCABLE

Tabla 1.1 Perspectiva de desarrollo de la TV digital por satélite, cable, TDT e IPTV	3
Tabla 1.2 Formatos de Televisión Digital.....	4

Tabla 1.3 Distribución del Espectro en la red HFC	32
---	----

CAPÍTULO II

EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IPTV Y APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV

Tabla 2.1 Opciones de calidad del servicio IP	65
---	----

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UNA RED DE VIDEO IP CON ARQUITECTURA REDUNDANTE PARA LA EMPRESA TVCABLE

Tabla 3.1 Ancho de banda por usuario para IPTV	107
Tabla 3.2 Distribución de equipos en <i>rack</i>	130
Tabla 3.3 Distribución de equipos en <i>rack</i>	136
Tabla 3.4 Costos referenciales para el equipamiento del <i>HeadEnd</i>	140
Tabla 3.5 Costos referenciales para el equipamiento de <i>HUB</i> San Rafael	141
Tabla 3.6 Costos referenciales del equipamiento total	141

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar el diseño de una red de Video IP con arquitectura redundante para una posible implementación del Servicio de IPTV para el Grupo TVCable en el sector del Valle de los Chillos (específicamente el sector de San Rafael), para lo cual se ha revisado la Red actual con la que cuenta la empresa y los cambios necesarios a realizar para brindar dicho servicio.

La tecnología IPTV se encuentra en pleno auge a nivel mundial gracias a sus múltiples beneficios permitiendo la entrega de servicios interactivos a los usuarios a precios asequibles. Es así, que para la consecución del objetivo planteado, este proyecto se desarrolla en función de cuatro capítulos en los que se analiza y detalla claramente los aspectos relevantes de la situación actual de la red de televisión digital del Grupo TVCable y los requerimientos necesarios para implementar la solución planteada.

El capítulo uno presenta información general del sistema de televisión digital en el que se incluye las diferentes técnicas de distribución así como también los estándares de transmisión y sistemas de codificación y compresión de video digital que se utilizan actualmente en SDTV y HDTV. Se realiza también una breve descripción de la situación actual de la red del Grupo TVCable que mediante la red HFC provee el servicio de televisión digital así como también se describe la red de acceso ADSL de la empresa.

En el segundo capítulo se hace una introducción a la tecnología de IPTV en donde se detallan los protocolos utilizados para el transporte de video en tiempo real. Además se analiza las características y arquitectura del sistema IPTV, para luego realizar una descripción funcional de los equipos básicos necesarios para la implementación del mismo y finalmente se concluye analizando en forma específica cada uno de los servicios que se pueden ofertar a los suscriptores.

En el tercer capítulo se estudian los requerimientos que se tendrá en las redes de transporte y acceso, y las adecuaciones que deberán realizarse analizando la actual infraestructura instalada del Grupo TVCable sobre la cual se propone el diseño tanto para *HeadEnd* con salida de video sobre IP así como también el equipamiento a utilizarse en los *HUBs* y en el usuario final. Aquí también se contempla los costos que implicaría la adquisición de todo el equipamiento necesario.

Finalmente, en el cuarto capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del presente Proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DE LA RED DE TELEVISIÓN DIGITAL DEL GRUPO TVCABLE

1.1 SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL

1.1.1 INTRODUCCIÓN ^{[1],[2]}

Desde el punto de vista tecnológico, se considera que los años 90 pasarán a la historia por la implantación de la televisión digital. Tras unos años de revolución tecnológica en el mundo de las telecomunicaciones en general, sin duda, lo que ha permitido comenzar la revolución en el mundo de la televisión ha sido por un lado la viabilidad de la puesta en práctica de las ideas acerca del tratamiento digital de la señal de televisión, y por otra parte, el desarrollo de estándares de codificación y transmisión.

El gestor de esta revolución en Europa ha sido el proyecto DVB (*Digital Video Broadcasting*). Con estas siglas se conoce al proyecto europeo que tiene por objetivo establecer, por consenso, el marco técnico para la introducción de los sistemas de TV digital que serán usados por los radiodifusores. El proyecto DVB ha desarrollado los sistemas de transmisión de señales digitales vía satélite, cable, terrestre e Internet optando paralelamente por MPEG-2 (*Moving Pictures Expert Group*) como estándar de codificación de audio y video.

Cada uno de los sistemas de transmisión posee elementos distintivos que les brindan fortalezas y debilidades por igual. Ante esta diversidad de oportunidades que se tiene, conviene destacar los principales aspectos que servirán de comparación entre ellos. De esta forma se puede establecer el grado de penetración y posibilidades que cada uno de estos soportes tendrá en el futuro. En la Tabla 1.1 se muestra una perspectiva de desarrollo de la TV digital por satélite, cable, TDT e IPTV.

	SATÉLITE	CABLE	TDT	IPTV
Arraigo social	Alto	Alto	Bajo, ante el reciente avance en este campo.	Bajo
Canal de retorno	Limitado (Teléfono, 56 Kbps)	Ilimitado (50 Mhz de retorno que equivalen a +300 Mbps)	Limitado (teléfono, 56 Kbps)	Ilimitado, de acuerdo con el ancho de banda existente
Implantación	Fácil / Rápida	Difícil / Costosa	Fácil / Rápida	Fácil/Rápida
Cobertura	Continental	Local	Local	Mundial (potencial)
Ancho de banda	Gran capacidad	Gran capacidad	Limitado	Gran capacidad
Contenidos	Información particularmente internacional y regional	Aunque en sus comienzos, la información era especialmente local, ha ido ampliando hasta ser actualmente parecida a la televisión por satélite	Información local y nacional	Información internacional, regional, nacional y local con capacidad para más de 10.000 canales
Modalidad comercial	Modelo de TV de pago	Modelo de TV de pago	Modelo de TV en abierto o parcialmente de pago	Modelo de TV en abierto/ parcial de pago o de pago
Servicios	Mayoritariamente audiovisuales	Servicios audiovisuales, acceso a Internet y telefonía	Mayoritariamente audiovisual	Servicio audiovisual y otros servicios de valor añadido (internet, telefonía entre otros)
Desarrollo de sistemas móviles	Nulo	Nulo	Alto, ante su naturaleza inalámbrica	Alto, ante su capacidad para ser visionado a través de dispositivos inalámbricos y de acceso desde cualquier punto con acceso a internet con banda ancha en el mundo

	SATÉLITE	CABLE	TDT	IPTV
Generación de Eco	No se debe a causas incontrolables y pueden evitarse con un buen diseño de la instalación	No se debe a causas incontrolables y pueden evitarse con un buen diseño de la instalación	Elevada difusión de ecos, debido a la particularidad de factores que los generan (montañas, estructuras metálicas, grúas próximas, entre otras)	No se debe a causas incontrolables y pueden evitarse con un buen diseño de la instalación
Relación señal/ruido	Baja	Alta	Media	Baja, los principales problemas en torno a esto pueden ser debido a problemas con la codificación de los datos enviados, los cuales generan espacios de silencios durante la transmisión
Potencia de recepción	Pequeña	Alta	Media	Alta
Producción de contenidos	Alta	Baja. Está más relacionada con la distribución que en la producción actualmente	Alta	Alta
Organización corporativa	Presencia mayoritaria de plataformas y conglomerados transnacionales	Presencia mayoritaria de plataformas y conglomerados transnacionales	Presencia mayoritaria de canales y operadores televisivos locales y nacionales	Presencia mayoritaria de plataformas y conglomerados transnacionales

Tabla 1.1: Perspectiva de desarrollo de la TV digital por satélite, cable, TDT e IPTV [2]

Los sistemas descritos no se contraponen, sino que se complementan entre sí. El desarrollo de éstos en los diferentes ámbitos locales, nacionales y regionales, requerirá del establecimiento de un escenario favorable para que encuentren cabida,

lo más armónico posible. El proceso es largo e involucra un sinnúmero de factores económicos, políticos, sociales y culturales, los cuales delinearán o no la primacía de alguno de ellos.

1.1.2 NIVELES DE CALIDAD DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

Hay diferentes niveles de calidad de sistemas de televisión digital. Los más comunes son SDTV y HDTV cuyas características se detallan en la tabla 1.2:

FORMATO	RESOLUCIÓN VERTICAL ¹	RESOLUCIÓN HORIZONTAL ²	RELACIÓN DE ASPECTO ³	CUADROS POR SEGUNDO	BARRIDO [TIPO]
HDTV	1080	1920	16:9	30	Progresivo ⁴
	1080	1920	16:9	30	Entrelazado ⁵
	720	1280	16:9	60	Progresivo
SDTV	480	704	4:3, 16:9	60	Progresivo
	480	704	4:3, 16:9	30	Entrelazado
	480	640	4:3	60	Progresivo
	480	640	4:3	30	Entrelazado

Tabla 1.2 Formatos de Televisión Digital ^[3]

¹ *Resolución Vertical*: se refiere al ritmo con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento vertical, desde la parte superior hasta la parte inferior de la pantalla para volver nuevamente a la parte superior.

² *Resolución Horizontal*: es la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y regresa nuevamente a la izquierda.

³ *Relación de Aspecto*: la relación de aspecto (*Aspect Ratio* o razón de proporcionalidad) de una imagen es la relación entre su anchura y altura (típicamente expresado como «X:Y»).

⁴ *Barrido Progresivo*: todas las líneas de la imagen se barren consecutivamente

⁵ *Barrido Entrelazado*: consiste en la transmisión de un primer campo compuesto por las líneas impares de la imagen y a continuación un segundo campo formado por las líneas pares, esta forma de barrer la imagen, permite duplicar la frecuencia de refresco (FR) de la pantalla sin aumentar el ancho de banda para un número de líneas dado, el barrido entrelazado se obtiene utilizando un número impar de líneas, de manera que el primer campo comience en una línea completa, terminando en la mitad de otra línea, y el segundo campo comience en la mitad de una línea y finalice con una línea completa.

1.1.3 TÉCNICAS DE DISTRIBUCIÓN ^[4]

Existen varios tipos de transmisión de datos, entre los principales están: distribución por *Unicast*, *Multicast* y *Broadcast*.

1.1.3.1 DISTRIBUCIÓN POR *UNICAST*

Es la transmisión punto a punto, utiliza la arquitectura cliente/servidor donde se transmite múltiples flujos de datos. Esta arquitectura consume mayor ancho de banda.

1.1.3.2 DISTRIBUCIÓN POR *MULTICAST*

Es la transmisión punto a multipunto, utiliza la arquitectura cliente/servidor para un grupo de usuarios determinados por el servidor, *multicast* transmite un solo flujo de datos multimedia para un grupo determinado de usuarios.

1.1.3.3 DISTRIBUCIÓN POR *BROADCAST*

En ésta transmisión se comunica con un solo flujo de datos multimedia a todos los usuarios miembros de una red. Este sistema tiene el inconveniente de que los *hosts* que no quieran escuchar la transmisión estarán aceptando un tráfico indeseado, a no ser que desactiven su función de escuchar el tráfico *broadcast*, con lo cual podrían perderse mensajes importantes.

Es la forma más popular de comunicación por video llamada comunicación por difusión (*broadcast communication*) como por ejemplo la televisión. La difusión es una forma muy eficiente de comunicación para contenidos populares, ya que puede enviar estos contenidos a todos los receptores al mismo tiempo. Un aspecto importante de la comunicación por difusión es que el sistema debe ser diseñado para suministrar a cada potencial receptor la señal requerida. Esto se debe a que cada

receptor puede presentar diferentes características de canal, por lo que el sistema se diseña para el peor caso.

1.1.4 ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL

En la actualidad existen tres modalidades de estandarización del sistema televisivo digital: sistema de TV digital DVB, adoptado por Europa; Sistema de TV digital ATSC, desarrollado desde los Estados Unidos. Sistema de TV digital ISDB-T, adoptado por Japón.

En la Figura 1.1 se muestra la distribución de los estándares digitales en el mundo en donde puede observar que la mayor proximidad tecnológica la tiene DVB.

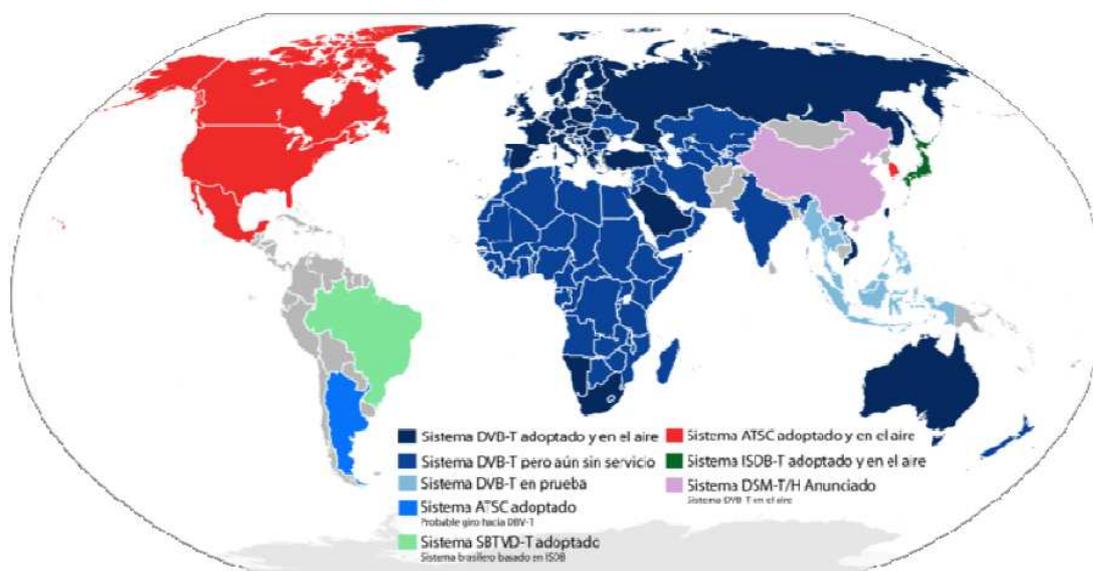


Figura 1.1: Distribución de los estándares digitales a nivel mundial [5]

El establecimiento de estas normativas tiene un comienzo común: las expectativas comerciales existentes alrededor del ámbito digital en el mundo. Tras estos tres estándares están implícitas las aspiraciones de ejercer el predominio en la evolución

y desarrollo de la televisión digital en el escenario mundial actual. En la medida que se logre vislumbrar la capacidad tecnológica de los principales países y regiones que están a la cabeza de este proceso, se podrá determinar cuál de las tres modalidades logrará un espacio firme en el proceso de inclusión de este nuevo soporte. El camino optado por cada uno de los países en el mundo dependerá de la capacidad y la voluntad política en cada uno de ellos al momento de establecer el estándar que más se ajusta a sus necesidades.

1.1.4.1 SISTEMA DE TV DIGITAL DVB (*DIGITAL VIDEO BROADCASTING*) ^[6]

DVB es un estándar europeo adoptado mundialmente por más de 100 países. Desde su concepción en 1993, el Proyecto DVB ha tenido mucho éxito al crear un estándar abierto para televisión digital que garantiza al país que lo adopte. Hay más de 120 millones de receptores DVB en operación.

De todos los estándares, el DVB es quizás el que más importancia posee en la actualidad.

Este sistema ofrece características como:

- **Interoperabilidad:** Al ser un estándar abierto, se garantiza capacidad de interconexión entre los sistemas independientemente de los fabricantes que provean los equipos. DVB utiliza el sistema de codificación MPEG-2 que permite que las señales se transmitan con facilidad en cualquier medio de transmisión.
- **Flexibilidad:** DVB entrega al usuario virtualmente cualquier clase de señal digital, ya sea HDTV (televisión de alta definición), SDTV (televisión estándar) en los sistemas PAL, NTSC o SECAM; o nuevos contenidos multimedia de banda ancha y servicios interactivos.

- **IPR:** La política IPR (*Intellectual Property Rights*) de DVB está diseñada para proteger el interés de quienes cuentan con licencias IPR para el despliegue en el mercado de productos y servicios.
- **Organización:** Los miembros del proyecto DVB desarrollan y acuerdan especificaciones que luego pasan al cuerpo de estándares europeos para los sistemas de medios, el EBU/CENELEC/ETSI para aprobación. Luego el CENELEC y, en la mayoría de los casos, la ETSI las formaliza como estándares.
- **Áreas de aplicación:** Hay subconjuntos de estándares que vienen identificados según el área de su aplicación:
 - **DVB-C:** sistema de cable digital.
 - **DVB-H:** teledifusión digital terrestre para receptores *handheld* que funcionan con baterías.
 - **DVB-S:** es la versión de primera generación del sistema satelital digital.
 - **DVB-S2:** es la especificación para la versión de segunda generación del sistema satelital digital.
 - **DVB-T:** es la especificación del sistema de teledifusión digital terrestre.
 - **DVB-DATA:** especificación del sistema de entrega de datos cíclicos.
 - **DVB-SI:** sistema de información de servicio.
 - **DVB-MHP:** *Middleware* para televisión interactiva.

1.1.4.2 SISTEMA DE TV DIGITAL ATSC (*ADVANCED TELEVISION SYSTEM COMMITTEE*)

Estándar estadounidense integrado por las diferentes corporaciones privadas, asociaciones e instituciones educativas; y aprobado en 1996 por el *FCC (Federal Communication Commision)*.

Adoptado por Canadá en 1997, Argentina en 1998, Corea del Sur 1997 y México en 2004. El *Advanced Television Systems Committee, Inc.*, es una organización internacional sin fines de lucro que desarrolla estándares para televisión digital. ATSC crea y promueve la implementación de Estándares y Prácticas Recomendadas “voluntarias” para el avance de la difusión (*broadcasting*) de televisión digital terrestre y para facilitar la interoperabilidad con otros sistemas.

Actualmente hay aproximadamente 140 miembros que representan a las industrias de difusión, equipos de difusión, cine, electrónica del consumidor, computadores, cable, satélite y semiconductores.

El estándar ATSC incluye televisión digital de alta definición (HDTV), televisión de definición estándar (SDTV), *broadcasting* de datos, audio multicanal *surround-sound*⁶ y televisión interactiva.

1.1.4.3 SISTEMA DE TV DIGITAL ISDB (*INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING*)^{[7],[8]}

Fue aprobado por el Consejo Japonés de Telecomunicaciones y Tecnología (*Japanese Telecommunications Technology Council – TTC*) en noviembre de 1998. Esta norma es la respuesta de este país para el ajuste de lo digital a los requerimientos y expectativas existentes en el campo nacional, en especial, a la televisión digital terrestre (TDT). El comienzo de este estándar estuvo marcado por las pruebas iniciales llevadas a cabo en Tokio desde el mismo mes y año de aprobación de esta normativa. Estas pruebas tuvieron como objetivo inicial la emisión experimental a través del HDTV y SDTV en esta ciudad. Todo esto, con el fin de desarrollar nuevos servicios y contenidos digitales en el campo multimedia.

⁶ *Surround-Sound*: el sonido **Surround** se refiere al uso de múltiples canales de audio para provocar efectos envolventes a la audiencia, ya sea proveniente de una película o de una banda sonora. Esta tecnología ha llegado hoy a nuestros hogares, como parte fundamental de los sistemas de cine en casa o *Home Theaters*.

ISDB, siendo un estándar tecnológicamente bueno, sus particularidades relacionadas con el ambiente japonés, limitan su aceptabilidad.

Los sub-estándares más importantes de ISDB son:

- **ISDB-S:** Televisión digital satelital.
- **ISDB-T:** Televisión digital terrestre (*broadcasting*). Este subestándar tiene, a su vez, estándares para la recepción móvil en las bandas de *broadcasting* y servicios en teléfonos celulares, *laptops* y vehículos.
- **ISDB-C:** Televisión digital por Cable.

Todos los estándares se basan en el estándar de codificación digital de audio y video MPEG-2 y tienen posibilidad de HDTV (Televisión de alta definición).

En Ecuador hacia abril de 2009, se estaba estudiando el estándar japonés ISDB, la versión Brasileña modificada de éste y el estándar europeo DVB-T. En aproximadamente dos años los canales de TV local comenzarán la transmisión digital. Se planea como fecha tentativa el 2019 para el apagón análogo.

1.1.5 SISTEMAS DE CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE AUDIO Y VIDEO DIGITAL

Las señales de audio y video son originalmente de naturaleza analógica por lo que es necesario convertirlas en señales digitales. La digitalización puede lograrse de diferentes maneras mediante codificadores. Además, las señales analógicas llevan información redundante. Se puede eliminar la redundancia mediante algoritmos para comprimir la señal, esto es, enviar solamente la información esencial sin que el oído o el ojo humano perciban la diferencia.

Existen varios estándares para realizar compresión digital, los más utilizados en los últimos tiempos son MPEG-2 y H.264. Los 3 estándares de televisión Digital (ATSC, DVB e ISDB) usan MPEG-2. En el caso de IPTV la tendencia es el uso de H.264 por su mejor calidad.

1.1.5.1 CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE SEÑALES DE AUDIO DIGITAL ^[9]

Una onda de audio (sonido) es una onda acústica de una dimensión. Cuando una onda acústica entra en el oído, el tímpano vibra, causando que los pequeños huesos del oído interno vibren con él, enviando pulsos nerviosos al cerebro. El escucha percibe estos pulsos como sonido. De manera parecida, cuando una onda acústica incide en un micrófono, éste genera una señal eléctrica, que representa la amplitud del sonido como una función del tiempo. La representación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de tales señales de audio es una parte principal del estudio de los sistemas multimedia.

1.1.5.1.1 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE AUDIO

La gama de frecuencias perceptibles por el oído humano va de 20 Hz a 20.000 Hz por lo que las señales de audio deberían ser digitalizadas a una frecuencia de muestreo mínima de 40 KHz. La AES/EBU⁷ define tasas de muestreo para las señales de audio de 44.1 KHz y 48 KHz.

Las ondas de audio pueden convertirse a una forma digital mediante un **ADC (convertidor analógico a digital)**. Un ADC toma un voltaje eléctrico como entrada y genera un número binario como salida. En la Figura 1.2 (a) se muestra un ejemplo de onda senoidal. Para representar esta señal de manera digital, simplemente la

⁷ AES/EBU: *Audio Engineering Society / European Broadcasting Union*, Sociedad de ingeniería del audio / Unión de difusión europea.

muestreamos cada ΔT segundos⁸, como lo muestra la altura de las barras de la Figura 1.2 (b). A este método de representar una señal analógica como una secuencia de números se le conoce como *Pulse Code Modulation (PCM)*.

Si una onda de sonido no es una onda senoidal pura, sino una superposición de ondas senoidales en las que la componente de más alta frecuencia es f , entonces el teorema de Nyquist⁹ establece que es suficiente tomar muestras a una frecuencia $2fs$ ¹⁰.

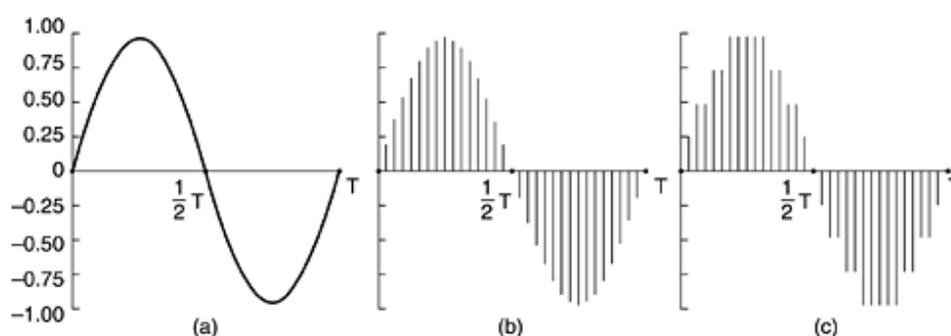


Figura 1.2: (a) Onda senoidal. (b) Muestreo de la onda senoidal. (c) Cuantización de las muestras a 4 bits ^[9]

Las muestras digitales nunca son exactas. Las muestras de la Figura 1.2 (c) sólo permiten nueve valores, de -1.00 a + 1.00 en incrementos de 0.25. Una muestra de 8 bits permitirá 256 valores diferentes. Una muestra de 16 bits permitirá 65.536 valores diferentes. El error introducido por la cantidad finita de bits por muestra se llama **ruido de cuantización**. Si éste es demasiado grande, el oído lo detecta.

⁸ ΔT segundos: periodo de tiempo entre cada muestra, conocido como intervalo de muestreo o periodo de muestreo.

⁹ *Teorema de Nyquist*: Nyquist probó que si se pasa una señal cualquiera a través de un filtro pasabajas de ancho de banda H , la señal filtrada se puede reconstruir por completo tomando sólo $2H$ muestras (exactas) por segundo. No tiene sentido muestrear la línea a una rapidez mayor que $2H$ veces por segundo porque los componentes de mayor frecuencia que tal muestreo puede recuperar ya se han filtrado.

¹⁰ Al número de veces que una señal es *muestreada* en un intervalo de tiempo se le conoce como *taza de muestreo* o *frecuencia de muestreo* y se mide en *Hertz* (muestras por segundo). Este criterio obedece a la expresión $f_m \geq 2f_s$, donde f_m = frecuencia de muestreo y f_s = frecuencia máxima o frecuencia de Nyquist.

Si se muestrea a una tasa menor que la de Nyquist (*submuestreada*) da lugar a un fenómeno que se conoce como *ALIASING* (interferencia de colas espectrales), ver Figura 1.3. Cuando la señal se muestrea a una tasa mayor que la de Nyquist se dice que la señal esta sobremuestreada. Muestrear a una frecuencia mayor no tiene ningún valor, porque no están presentes las frecuencias mayores que serían detectadas por dicho muestreo.

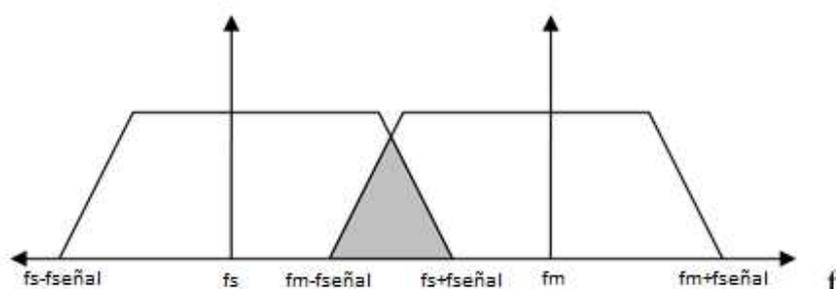


Figura 1.3: Aliasing producido por el submuestreo de la señal, donde, $f_m < 2f_s$ [4]

1.1.5.1.2 COMPRESIÓN DE AUDIO DIGITAL

En cada uno de los estándares de TV Digital, se usa un diferente formato para la codificación-compresión del audio. Sin embargo el de mayor difusión es el sistema *Dolby Digital AC-3* cuyas características se detallan a continuación.

- **DOLBY DIGITAL AC-3** [10]

En los CD's y *Laser Discs*, se emplea audio digital en formato PCM. En esta codificación se muestrea la onda analógica de 16 bits 44100 veces por segundo. Sin embargo, este proceso crea una cantidad inmensa de datos que es excesiva para los sistemas multicanal. De este modo debe utilizarse una forma de reducción de datos

para reducir la cantidad total de información sin degradar la calidad del sonido, de ahí la introducción del *Dolby Digital AC-3*.

Para almacenar 5.1 canales separados de información, una forma de reducir la cantidad resultante de bits podría ser reduciendo el número de bits de cuantización (es decir, de 16 bits a 10 bits), pero no sin un aumento del nivel de ruido del sistema. Una resolución de 16 bits permite al sistema 65.536 palabras de "descripción" posibles, mientras que una resolución de 10 bits solamente permite 1.024 descripciones, con lo que se reduce de este modo la precisión general de cada muestra.

En lugar de ello, el sistema *Dolby Digital AC-3* varía la velocidad de transmisión de forma instantánea en función de la frecuencia, para controlar la resolución general de la zona audible. Con la utilización de algoritmos complejos, calcula la distribución óptima de los bits sin ninguna degradación audible del sonido.

La compresión digital produce de forma inherente más ruido que la transmisión de datos sin compresión. Cuanto menos son los bits utilizados para describir una señal de audio, mayor es el ruido. De este modo, el sistema *Dolby Digital AC-3* compensa esta reducción de información de dos modos, una por filtrado digital y dos por enmascaramiento.

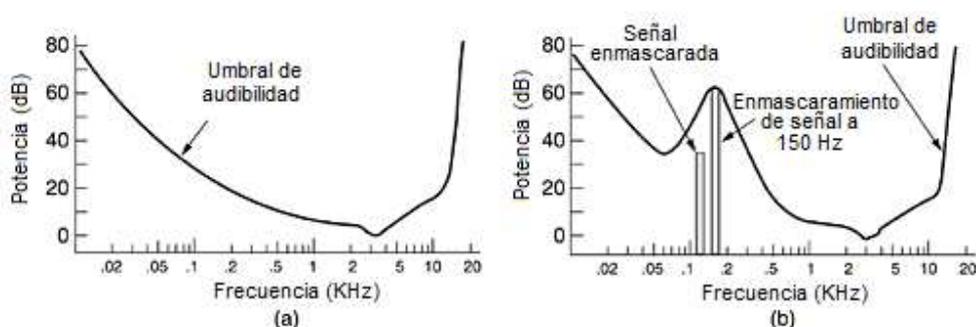


Figura 1.4: (a) Umbral de audibilidad como una función de frecuencia. (b) Efecto de enmascaramiento ^[9]

El filtrado digital tiene lugar en las primeras etapas del proceso, la información es fragmentada en 256 bandas de frecuencia. Pasando la información de audio a través de una serie de filtros de paso de banda para cada uno de los cinco canales, se suprime la mayor parte del ruido al limitar la respuesta de frecuencia.

En la etapa de salida, el enmascaramiento (Figura 1.4 (b)) se produce en la mayoría de sistemas analógicos de reducción de ruido desarrollados por *Dolby*, y tienen una amplia aceptación en la industria electrónica.

Dolby Digital AC-3 es un sistema denominado de 5,1 canales debido a que proporciona 5 canales independientes (izquierdo, derecho, central, *surround* izquierdo y *sourround* derecho); todos ellos reproducen una gama de 20 a 20.000 Hz; mientras que el sexto canal (20 Hz – 120 Hz) se destina para los tonos bajos. Además, el sistema *Dolby Digital AC-3* mejora la separación entre canales y la capacidad de que sonidos individualizados lleguen desde múltiples direcciones al oyente. El *Dolby Digital* es el formato que proporciona sonido envolvente, pero su flexibilidad permite emisiones desde sonido monofónico a multicanal y sin problemas de compatibilidad.

Dolby AC3 está asociado con el estándar ATSC y con éste se usa extensamente en televisión satelital, cable, DTV y HDTV, inclusive con DVB.

1.1.5.2 CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE SEÑALES DE VIDEO DIGITAL

Los videos registrados en las tecnologías del procesamiento de señales han traído progresos significativos en el desarrollo de tecnologías de compresión para señales de video a diferentes velocidades de transmisión. De esta manera, los codificadores de video que en un tiempo eran técnica o económicamente imposibles, han emergido y han llegado a ser una herramienta práctica.

La información de video es provista en una serie de imágenes o “cuadros” y el efecto del movimiento es llevado a cabo a través de cambios pequeños y continuos en los cuadros. Debido a que la velocidad de estas imágenes es de 30 cuadros por segundo, los cambios continuos entre cuadros darán la sensación al ojo humano de movimiento natural. Las imágenes de video están compuestas de información en el dominio del espacio y el tiempo. La información en el dominio del espacio es provista en cada cuadro, y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo (por ejemplo, las diferencias entre cuadros). Puesto que los cambios entre cuadros inmediatos son imperceptibles, los objetos aparentan moverse suavemente. En la Figura 1.5 se puede observar como se produce la diferencia entre cuadros inmediatos:

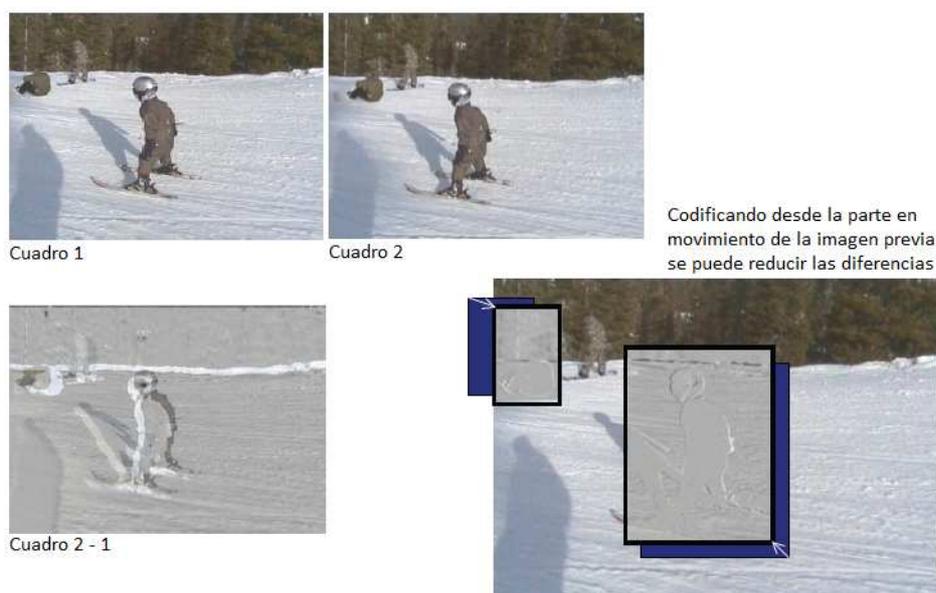


Figura 1.5: Diferencia entre cuadros inmediatos ^[11]

1.1.5.2.1 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO

Para las señales de video, el proceso de digitalización (muestreo y cuantización) es similar al descrito para las señales de audio con la diferencia de que el muestreo de

video debe ser especificado para las señales que definen el brillo y color de cada elemento de imagen, conocidas como luminancia, y crominancia de color diferencia rojo y crominancia de color diferencia azul.

En los sistemas de video digital, cada cuadro es muestreado en unidades de píxeles o elementos de imagen. El valor de luminancia de cada pixel es cuantificado con ocho bits por pixel para el caso de imágenes blanco y negro. En el caso de imágenes de color, cada pixel mantiene la información de color asociada; por lo tanto, los tres elementos de la información de luminancia designados como rojo, verde y azul, son cuantificados a ocho bits. La información de video compuesta de esta manera posee una cantidad considerable de información; por lo que, para transmisión o almacenamiento, se requiere de la compresión de la imagen.

1.1.5.2.1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE MUESTREO PARA SEÑALES DE VIDEO ^[4]

Existen especificaciones de muestreo para el sistema americano (NTSC¹¹) y para el sistema europeo (PAL¹²) para las señales de luminancia y crominancia. La señal de luminancia se muestrea a una frecuencia de 13.5 MHz y la de crominancia a 6.75 MHz (la mitad de la anterior). Por tanto el máximo valor de frecuencia espacial de video que puede existir será de 6.75 MHz para la señal de luminancia, valor suficiente que encierra los 6 MHz de ancho de banda de luminancia en la norma PAL y 4.2 MHz para la misma señal en la norma NTSC mientras que el límite superior máximo de frecuencia espacial que puede existir en una señal de crominancia será de 3.375 MHz, valor significativamente mayor al ancho de banda de 1.5 MHz para los componentes de color en las normas antes mencionadas.

¹¹ NTSC: *National Television System Committee*.

¹² PAL: *Phase Alternating Line*.

Ambos son sistemas de codificación y transmisión de televisión analógica.

Existen varias clases de estructuras de muestreo especificadas por la notación: Y:Cr:Cb. Donde:

- Y: Establece la proporción de muestra de la señal de luminancia.
- Cr: Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia rojo.
- Cb: Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia azul.

Las estructuras de muestreo más utilizadas son 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4, las mismas que se muestran en la siguiente figura:

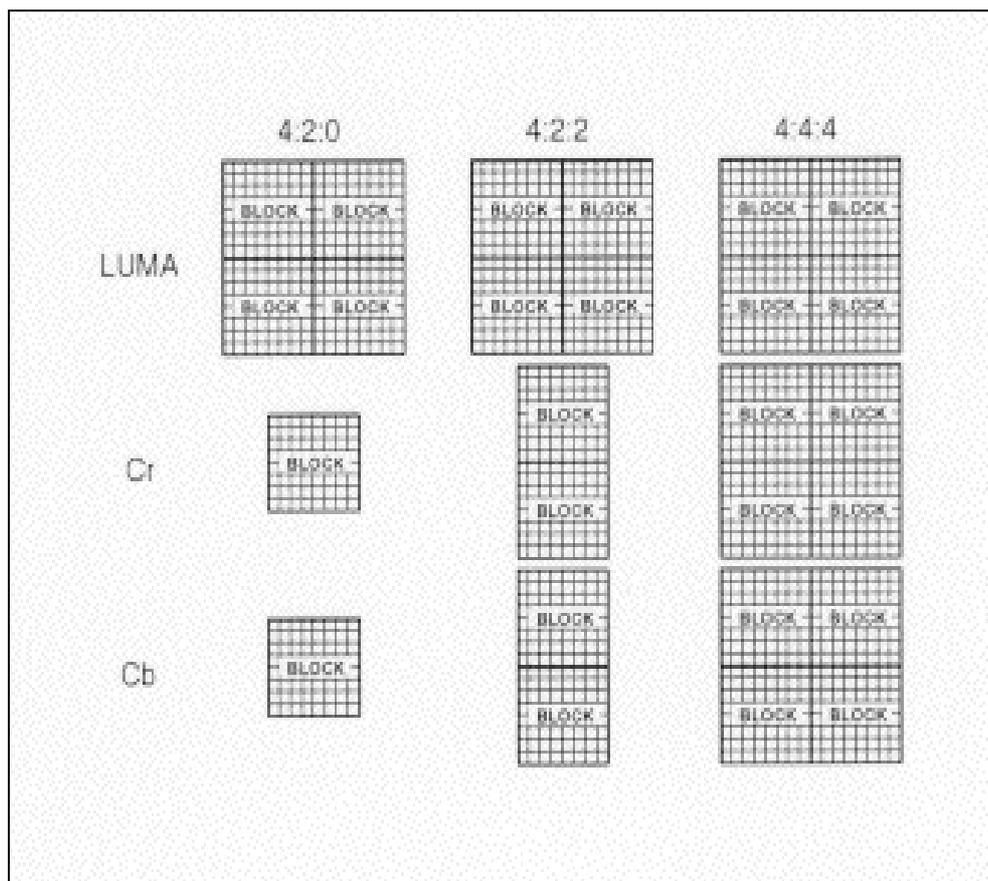


Figura 1.6: Estructuras de muestreo ^[12]

A continuación se realiza una breve descripción de las mismas.

- *ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:0*

Esta relación es común en compresión MPEG-2 e indica un sistema sin una componente diferencia de color. El tipo de muestreo 4:2:0 puede ser considerado de la forma 4:2:0/4:0:2, e indica que en una línea por cada cuatro muestras de la señal de luminancia se toman dos muestras de la componente de crominancia Cr y ninguna de la componente de crominancia Cb, luego en la siguiente línea por cada cuatro muestras de luminancia se toman cero muestras de la componente Cr y dos muestras de la componente Cb. Con esto cada componente de crominancia se muestrea a un cuarto de vez de la señal de luminancia.

- *ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:2:2*

Establece que por cada cuatro muestras de la componente de luminancia se toma solo dos muestras de cada señal de crominancia.

- *ESTRUCTURA DE MUESTREO 4:4:4*

El código 4:4:4 indica que cada una de las señales componentes de la imagen (Y, Cr, Cb) se muestrea a una velocidad de 13.5 MHz. A partir del código 4:4:4 se puede producir fácilmente el código 4:2:2 omitiendo una muestra entre cada dos de las señales diferencia de color.

1.1.5.2.2 COMPRESIÓN DE VIDEO DIGITAL ^{[13], [14]}

En multimedia, por lo general, es aceptable que la señal de video después de codificar y decodificar sea ligeramente diferente de la original. Cuando la salida

decodificada no es exactamente igual a la entrada original, se dice que el sistema es **con pérdida** (*lossy*). Si la entrada y la salida son idénticas, el sistema es **sin pérdida** (*lossless*). Los sistemas con pérdida son importantes porque aceptar una pequeña pérdida de información puede ofrecer ventajas enormes en términos de posible relación de compresión.

La técnica de compresión de video consiste en tres pasos fundamentales, primero el pre-procesamiento de la fuente de video de entrada, paso en el cual se realiza el filtrado de la señal de entrada para remover componentes no útiles y el ruido que pudiera haber en esta. El segundo paso es la conversión de la señal a un formato intermedio común (CIF), y por último el paso de la compresión. Las imágenes comprimidas son transmitidas a través de la línea de transmisión digital y se hacen llegar al receptor donde son reconvertidas al formato común CIF y son desplegadas después de haber pasado por la etapa de post-procesamiento.

Mediante la compresión de la imagen se elimina información redundante. Para ello se ayuda de la redundancia espacial y temporal. La redundancia temporal es reducida primero usando similitudes entre imágenes sucesivas, usando información de las imágenes ya enviadas. Cuando se usa esta técnica, sólo es necesario enviar la diferencia entre las imágenes, es decir las zonas de la imagen que han variado entre dos fotogramas consecutivos, lo que elimina la necesidad de transmitir la imagen completa. La compresión espacial se vale de las similitudes entre píxeles adyacentes en zonas de la imagen lisas, y de las frecuencias espaciales dominantes en zonas de color muy variado.

El método utilizado para eliminar las redundancias en el dominio del tiempo es el método de codificación de intercuadros, que también incluye los métodos de compensación/estimación del movimiento, el cual compensa el movimiento a través de la estimación del mismo.

En el otro extremo, las redundancias en el dominio del espacio es llamado codificación intracuadros, la cual puede ser dividida en codificación por predicción y codificación de la transformada usando la transformada del coseno.

La transformada del coseno o DCT es una implementación específica de la transformada de Fourier donde la imagen es transformada de su representación espacial a su representación frecuencial equivalente. Cada elemento de la imagen se representa por ciertos coeficientes de frecuencia. Las zonas con colores similares se representan con coeficientes de baja frecuencia y las imágenes con mucho detalle con coeficientes de alta frecuencia. La información resultante son 64 coeficientes DCT. El DCT reordena toda la información y la prepara para la cuantización.

El proceso de cuantización es la parte del algoritmo que causa pérdidas. La cuantización asigna un número de bits específico a cada coeficiente de frecuencias y entonces comprime los datos asignando unos cuantos bits a los coeficientes de alta frecuencia sin que lo note el observador. Los parámetros de la cuantización son optimizados, pero el proceso aún deteriora la calidad del vídeo. Generalmente con un factor de compresión de 2:1 (aproximadamente 10Mbps) se puede apreciar visualmente algunas pérdidas en la integridad del video.

El proceso de decodificación es básicamente el inverso del proceso de codificación.

1.1.5.2.2.1 ESTÁNDARES DE COMPRESIÓN ^[15]

El primer grupo y más conocido es el MPEG. Este grupo de trabajo está asociado al subcomité de la ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) y fue desarrollado para la compresión de imágenes en movimiento. MPEG incluye parámetros como la predicción de movimiento en una escena y la identificación de objetos.

En la codificación MPEG, no se aplica la misma compresión a toda la señal, para ello se analizan tanto las partes que necesitan ser comprimidas como las que no lo necesitan, eliminando de esta forma redundancia. Para eliminar redundancia es necesario descomponer las imágenes en tres tipos de trama: tramas I (intracodificadas), tramas P (predictivas) y tramas B (bidireccionales).

Dentro de los estándares correspondientes al grupo MPEG están:

- *ESTÁNDAR MPEG – 1*

Primer estándar definido por MPEG, su meta fue producir salida con calidad de videogradora (352 x 240 para NTSC) usando una tasa de bits de 1.2 Mbps. Una imagen de 352 x 240 con 24 bits/píxeles y 25 tramas/segundo requiere 50.7 Mbps, por lo que para reducirla a 1.2 Mbps se necesita un factor de compresión 40.

Características de estándar MPEG-1:

- Frecuencia de muestreo: 32 KHz, 44.1 KHz y 48 KHz.
- Canales de audio: simple, dual, estéreo, y estéreo conjunto.
- Tasas de bits resultantes: 32 Kbps.
- Puede transmitir sobre líneas de par trenzado a distancias modestas.
- Es usado para almacenar películas en CD-ROM.
- La parte de video de MPEG–1 propone solamente video progresivo no entrelazado, y puede tener una velocidad de hasta 1.5 Mbps.
- Acceso aleatorio.
- Avances y retrocesos rápidos para búsquedas.
- Reproducción en reversa.
- Sincronización audiovisual.
- Menor cantidad de errores.

- Bajo retardo en la codificación y decodificación.
- Facilidad de edición.
- Flexibilidad en el formato.

- *ESTÁNDAR MPEG – 2*

Originalmente se diseñó para comprimir video con calidad de difusión a 4 o 6 Mbps, a fin de que se ajustara en un canal de difusión NTSC o PAL. Posteriormente, MPEG-2 se extendió para soportar resoluciones mayores, entre ellas video digital de alta calidad (DVD), TV digital de alta definición (HDTV), medios de almacenamiento interactivo (ISM), retransmisión de vídeo digital (*Digital Video Broadcasting, DVB*) y televisión por cable.

MPEG-2 se convirtió en el estándar de facto¹³, dando solución a muchos de los problemas que tenía MPEG -1 tales como: resolución, escalabilidad y manejo de video entrelazado.

Características de estándar MPEG-2:

- Soporta varios niveles de resolución: bajo (352 x 240), medio (720 x 480), alto 1440 (1440 x 1152) y alto (1920 x 1080). La resolución baja es para las VCRs¹⁴ y por compatibilidad hacia atrás con MPEG-1. La resolución media es la normal para la difusión NTSC. Las otras dos son para HDTV.
- Se ejecuta de 4 a 8 Mbps para una salida de alta calidad.

¹³ Un *estándar de facto* es aquel patrón o norma que se caracteriza por no haber sido consensuada ni legitimada por un organismo de estandarización al efecto. Por el contrario, se trata de una norma generalmente aceptada y ampliamente utilizada por iniciativa propia de un gran número de interesados.

¹⁴ VCR: acrónimo del inglés *video cassette recorder* o conocido también como videograbadora.

- Tiene opciones de selección, ofrece señales de video entrelazado o progresivo, relaciones de aspecto 4:3 o 16:9, capacidad de aceptar diferentes muestreos principalmente de la forma 4:2:2 y 4:2:0.
- Presenta cuantificación mejorada, mejoras en acceso aleatorio y varios programas multiplexados.
- La relación de cuadros por segundo está bloqueado a 25 (PAL)/30 (NTSC) al igual que en MPEG-1.

- *ESTÁNDAR MPEG – 4*

Desarrollado para aplicaciones audiovisuales que requieren interacción por lo que este estándar es conocido formalmente como “Codificación de Objetos Audiovisuales”, el cual está destinada a definir una norma para la codificación audiovisual que satisfaga las nuevas necesidades de comunicación, interacción, servicios de emisión u otros servicios resultantes de la convergencia de distintas tecnologías que normalmente se encontraban separadas; como son los casos de la comunicación, computación y entretenimiento.

Características de estándar MPEG-4:

- Utiliza un lenguaje conocido como BIFS (*Binary Format For Scenes*), que permite añadir y borrar objetos, cambiar sus propiedades visuales o acústicas. Este lenguaje se relaciona directamente con el VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) muy utilizado para describir objetos de tres dimensiones en Internet y su interacción con los usuarios, incluyendo algoritmos y herramientas para velocidades de 5 y 64 Kbps.
- Acepta métodos de barrido progresivo y entrelazado, resoluciones espaciales de luminancia y crominancia 4:0:0, 4:2:0, 4:2:2.

- Presenta las siguientes tasas de bits baja (64 Kbps), intermedia (64 – 384 Kbps) y alta (384 Kbps – 4 Mbps).
- Codifica objetos dentro de una figura arbitraria que forme parte de una escena; en lugar de codificar todo el cuadro completo como se hacía en MPEG – 2 y MPEG – 1.
- Presenta video de alta calidad, música y voz con un buen ancho de banda, objetos en 3D genéricos y específicos; bajos niveles de error para altas transmisiones de datos comprimidos sobre canales ruidosos.

Otro tipo de estándares no asociados al grupo MPEG son los siguientes:

- *ESTÁNDAR WMV (WINDOWS MEDIA VIDEO)*^[16]

Windows Media Video es un nombre genérico que se da al conjunto de algoritmos de compresión ubicados en el set propietario de tecnologías de video desarrolladas por Microsoft para almacenar contenidos de video en un formato comprimido para que las películas y otros programas de video se puedan ver en un ordenador personal. El contenido de *streaming* de video a través de Internet fue popularizado por *RealVideo* y WMV era la versión de Microsoft de la misma tecnología.

El formato WMV incorpora un códec que se utiliza inicialmente para comprimir el archivo durante la creación y descomprimir sobre la marcha, mientras se está reproduciendo en un ordenador. Los códecs de video han sido desarrollados por diversas empresas y WMV es un estándar propietario elaborado por Microsoft, que fue aprobado por la *Society of Motion Picture and Television Engineers* (SMPTE) en el 2006. Esto ha popularizado el uso de la norma de WMV como un medio de grabación de contenido de video en HD DVD como *Blu-ray*¹⁵.

¹⁵ *Blu-ray*: es un formato de disco óptico de nueva generación de 12 cm de diámetro (igual que el CD y el DVD) diseñado por Sony para el video de alta definición y almacenamiento de datos de alta densidad.

Los archivos WMV se pueden reproducir en todas las últimas versiones de Windows. *Windows Movie Maker* que es parte de Windows XP, permite a los usuarios crear, editar y almacenar sus contenidos de video en formato WMV. También los archivos WMV se pueden reproducir en el Mac OS X a través de *Windows Media Player* para Mac.

- *ESTÁNDAR H.261* ^{[17], [18], [19]}

H.261 es la codificación de video estándar de la UIT¹⁶. Fue diseñado para velocidades de datos múltiples de 64 Kbps. El estándar H.261 transporta contenidos de video utilizando el protocolo RTP (*Real Time Transport Protocol*), con cualquiera de los protocolos subyacentes de RTP.

La velocidad de datos del algoritmo de codificación fue diseñada con el propósito de ser fijada entre 40 Kbps y 2 Mbps.

Mediante la combinación de las técnicas de la codificación predictiva, la transformada discreta del coseno (DCT), compensación de movimiento y la codificación de longitud variable, el estándar hace posible el transmitir imágenes de TV de calidad aceptable con bajos requerimientos de ancho de banda, anchos de banda que se han reducido lo bastante para lograr comunicaciones de bajo costo sobre redes digitales conmutadas.

El estándar H.261 está basado en la estructura básica de 64 Kbps de ISDN¹⁷. Esta da nombre al título de la recomendación H.261 "Video Códec para servicios audiovisuales a P64 Kbps".

Adicionalmente, esta recomendación permite solucionar el problema en relación a los distintos formatos existentes para televisión (NTSC en América y PAL en Europa), ya que se establecen dos nuevos formatos para el monitoreo de imágenes que son

¹⁶ *UIT*: Unión Internacional de Telecomunicaciones

¹⁷ *ISDN*: *Integrated Services Digital Network*.

aplicables a sistemas de videoconferencia y gráficos de alta resolución, los cuales se indican a continuación: Formato intermedio común (CIF), el cual especifica una resolución de 288 líneas de 352 píxeles, cada una, a una velocidad de 30 imágenes por segundo (opcional en la recomendación) y un cuarto del formato intermedio común (QCIF), el cual especifica una resolución de 144 líneas de 176 píxeles, cada una a una velocidad de 30 imágenes por segundo.

- *ESTÁNDAR H.264* ^[20]

El estándar H.264 cuenta con los mismos elementos o bloques funcionales que sus antecesores, ya que también adopta un algoritmo híbrido de predicción y transformación para la reducción de redundancia. Sin embargo, lo que hace que este estándar proporcione mayor eficiencia de codificación, es la manera en que opera cada bloque funcional. H.264 incluye predicción intracuadro (INTRA), característica única de este estándar; transformación por bloques de 4x4 muestras, anteriormente, se incluía transformación de 8x8 muestras, referencia múltiple para predicción temporal, tamaño variable de los macrobloques a comprimir, precisión de un cuarto de píxel para la compensación de movimiento y filtro de desbloqueo. Todas estas mejoras vienen acompañadas de un aumento en la complejidad de la implementación.

La última versión del H.264, define cuatro perfiles altos o superiores para aplicaciones de distribución de contenido, así como para edición y post procesamiento (Alto, Alto 10, Alto 4:2:2 y Alto 4:4:4).

- El perfil alto, se desarrolló para procesar video de 8 bits con formato de muestreo 4:2:0 y para aplicaciones que utilizan alta resolución.

- El perfil *alto 10*, se desarrolló para procesar video de hasta 10 bits con formato de muestreo 4:2:0 y para aplicaciones que utilizan alta resolución y mayor exactitud.
- El perfil *alto 4:2:2*, soporta el formato de muestreo 4:2:2 y hasta 10 bits por muestra de exactitud.
- El perfil 4:4:4 soporta el formato de muestreo 4:4:4 y hasta 12 bits por muestra de exactitud.

1.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA RED HFC DEL GRUPO TVCABLE UTILIZADA PARA PROVEER EL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL

1.2.1 INTRODUCCIÓN ^[21]

Las redes HFC (*Hybrid Fibre Coaxial*) son redes de acceso cableadas, basadas como su nombre lo dice en sistemas híbridos que combinan fibra óptica y cable coaxial. El primero es usado para el transporte de los contenidos y el coaxial para el cableado de la acometida hasta los usuarios.

Estas redes se originaron cuando las redes de CATV¹⁸ estaban en desarrollo. Así, las redes HFC se empleaban para la transmisión de señales de TV analógica, usando como soporte de transmisión el cable coaxial permitiendo poder tener varios canales de televisión de manera simultánea y a mejor calidad que la transmisión terrestre de TV, debido al ancho de banda del coaxial.

Las redes CATV clásicas poseen una topología tipo árbol, en donde a partir de un nodo de cabecera, se recopilan todos los canales (el origen de estos pueden ser vía

¹⁸ CATV (*Community Antenna Television*): Televisión por cable.

satélite, televisión analógica, televisión digital terrestre, transmisiones terrenales de microondas y redes de distribución de fibra óptica) a transmitir a través de la red. Desde la cabecera surge la troncal de la red encargada del transporte de los contenidos hacia la red de distribución de cada zona. La red de distribución se encarga del transporte de los contenidos enviados desde la cabecera hasta los puntos de distribución o acometida donde se conectan los abonados de la red.

1.2.2 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA RED HFC DEL GRUPO TVCABLE ^{[22], [23]}

La red de acceso HFC del Grupo TVCable inició su construcción en el año 1986. En un principio se la concibió para brindar servicio de TV pagada (Señales de Audio y Video), con programación Nacional e Internacional, mediante enlaces Satelitales (canales internacionales), Microondas (canales locales o nacionales) y Fibra Óptica (enlaces temporales para cobertura de eventos deportivos, etc.); sin embargo hoy en día se la utiliza también para brindar servicio de Internet y Telefonía, con cobertura en las principales ciudades del país, todo esto gracias a la utilización de la infraestructura de red existente.

1.2.2.1 ARQUITECTURA DE LA RED HFC ^[24]

En la Figura 1.7 se puede observar un esquema general de la arquitectura de la red HFC del Grupo TVCable con sus respectivos componentes.

Resulta oportuno indicar que en la implementación de la red HFC se utilizó nodos ópticos unidireccionales siendo estos reemplazados, desde el año 1995, por nodos bidireccionales con la finalidad de prestar más y mejores servicios, entre los que se incluye el *Pay Per View* para el servicio de televisión por cable y el cable módem para el servicio de Internet.

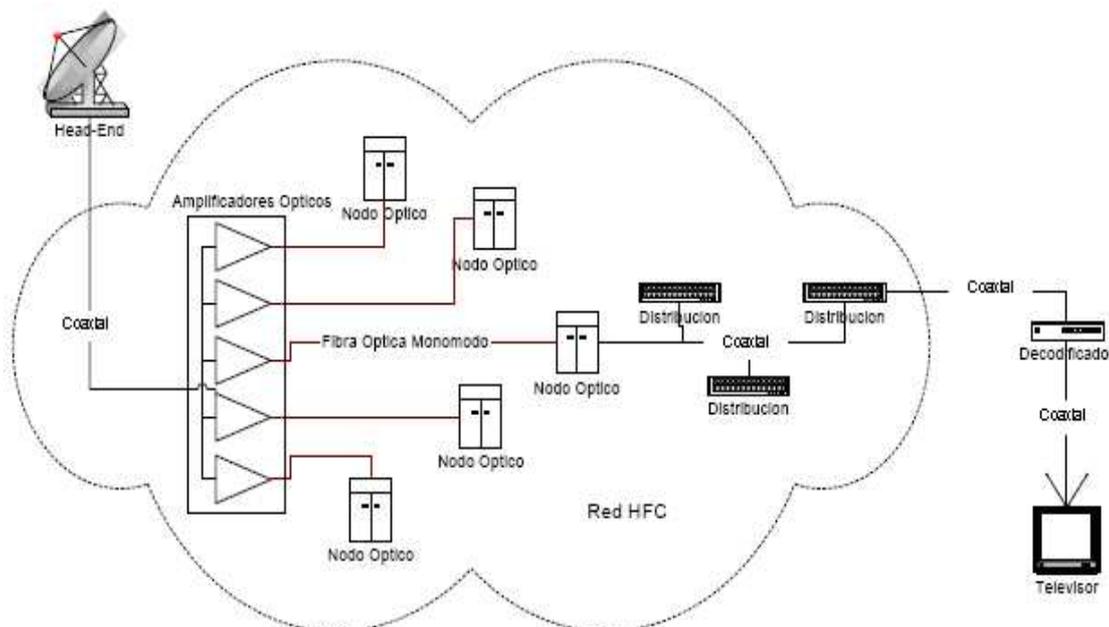


Figura 1.7: Arquitectura general de la red HFC [22]

A continuación se describen los componentes de la arquitectura de la red HFC:

1.2.2.1.1 Fibra Óptica

Es el medio de transmisión utilizado para el transporte de la información debido a sus grandes características, ya que permiten obtener mayores distancias con un gran ancho de banda en comparación al cobre.

Esto se traduce en una menor atenuación y menos pérdidas que las señales eléctricas, debido a que se utilizan ondas de luz en lugar de señales eléctricas.

Cabe recalcar que en la arquitectura de la red HFC del Grupo TVCable se emplea únicamente fibra óptica monomodo¹⁹ que opera en la ventana de transmisión situada en 1200 - 1310 nm para la interconexión entre nodos ya que este tipo de fibra permite alcanzar distancias de hasta 10 Km.

¹⁹ *Fibra Óptica Monomodo*: Transmite un solo haz de luz. Es más fina. Menos pérdida (atenuación). La señal llega a mayores distancias. Mayor capacidad y velocidad de TX.

1.2.2.1.2 Cable Coaxial

Es un medio de transmisión de señales de RF²⁰, compuesto de una envoltura plástica, una malla conductora, un material aislante y conductor central. Es apto para la transmisión de señales analógicas, sobre todo en aplicaciones de TV por cable.

1.2.2.1.3 Nodo Óptico

Es el elemento que transforma la señal óptica (fibra) en señal de radio frecuencia, para que pueda transmitirse por el cable coaxial.

1.2.2.1.4 Amplificadores de Radio Frecuencia

Elementos que recuperan el nivel de la señal a medida que ésta recorre largas distancias, es decir aumentan el nivel de señal de los sistemas de comunicaciones de radio o televisión. Operan generalmente en un rango de frecuencias comprendidas entre los 100 KHz hasta 1 GHz. Estos dispositivos se usan en la red de acometida, que es la parte de la red que está formada por cable coaxial y que necesita amplificar la señal para compensar la atenuación del cable.

1.2.2.1.5 Tap

Elemento encargado de distribuir la señal proveniente de la red a 2, 4 u 8 clientes y que, al ser un elemento pasivo, no requiere energía eléctrica de forma directa para su funcionamiento.

²⁰ *Radiofrecuencia*: se conoce así a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena

1.2.2.1.6 Decodificador

Es el equipo encargado de decodificar la señal de TV, para que pueda ser visible en los televisores de todos los clientes del servicio de televisión pagada.

1.2.2.1.7 Cable Módem

Es el equipo de usuario final, que le permite poder acceder a Internet a altas velocidades a través de la red CATV.

Para lograr los servicios de televisión por cable y cable módem para Internet, se realiza una segmentación el ancho de banda considerable que provee la red HFC, el mismo que se encuentra distribuido como indica la Tabla 1.3.

SERVICIO	FRECUENCIA	ANCHO DE BANDA	TRANSMISIÓN	MODULACIÓN
Video	55,25 – 575 MHz	6 MHz/canal	<i>Broadcast</i>	VBS ²¹
Cable Módem	597 MHz	6 MHz	<i>Upstream</i>	QPSK ²²
Cable Módem	31 MHz	6 MHz	<i>Downstream</i>	256QAM ²³
PPV	8,9 MHz	6 MHz	<i>Upstream</i>	
PPV	106,5 MHz	6 MHz	<i>Downstream</i>	

Tabla 1.3: Distribución del Espectro en la red HFC ^[22]

²¹ VBS: *Vestigial Side Band*, modulación lineal que consiste en filtrar parcialmente una de las dos bandas laterales resultantes de una modulación en doble banda lateral o de una modulación AM.

²² QPSK: *Quadrature Phase Shift Keying*. esquema de modulación lineal digital donde la información transportada por la señal transmitida está contenida en la fase. La fase de la portadora toma uno de cuatro valores igualmente espaciados.

²³ 256QAM: (*Quadrature Amplitude Modulation*), modulación digital de 8 bits por símbolo para transmitir información a través del canal de comunicaciones, donde la información se introduce en la amplitud y fase de la portadora.

En la transmisión, se puede alcanzar velocidades desde 27 Mbps hasta 38 Mbps en el *downstream* y desde 320 Kbps hasta 10 Mbps en el *upstream* con una eficiencia espectral²⁴ de 4.5 bps/Hz y 1.6 bps/Hz respectivamente.

1.2.2.2 CANALES DE TRANSMISIÓN

En la red HFC se emplean dos tipos de canales para la transmisión: canal *upstream* o canal de retorno y, canal *downstream*. Cada uno de estos canales ocupa un rango de frecuencias, el mismo que se muestra en la Figura 1.8:

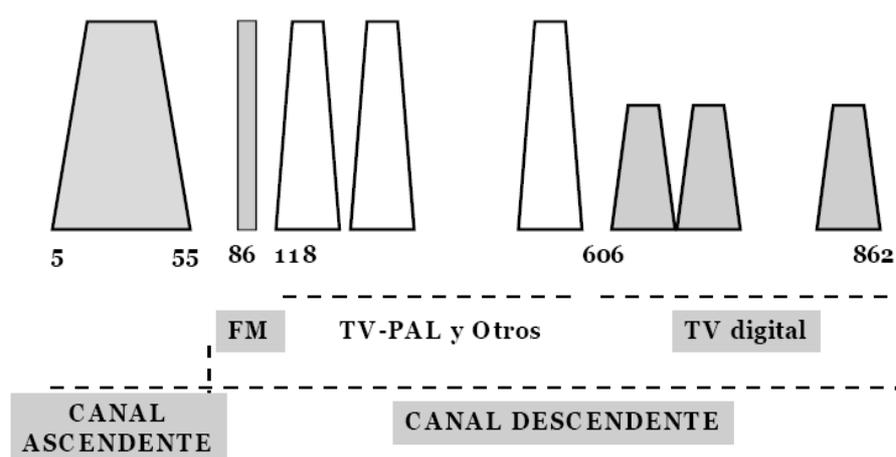


Figura 1.8: Distribución del espectro para redes HFC [25]

1.2.2.2.1 Canal de upstream o canal de retorno

El canal *upstream* es aquel que ocupa el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico. Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o

²⁴ *Eficiencia espectral*: hace referencia a la relación entre el tráfico evacuado y el ancho de banda consumido.

multiplexados (usando FDM²⁵) a distintas frecuencias. Una señal generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia el *HeadEnd*.

1.2.2.2.2 Canal de downstream

Los canales *downstream* se ubican en el mismo rango de frecuencia que los canales de video, en la porción de espectro entre 86 y 862 MHz (en una banda que no esté ocupada por otra señal). Se establece cierta canalización para el canal descendente:

1.2.3 ELEMENTOS DE LA RED HFC ^[22]

La red HFC del Grupo TVCable está compuesta básicamente de 4 elementos:

- *HeadEnd* o Cabecera
- Red Troncal o red de Transporte
- Red de Distribución
- Red de Acceso y usuario Final

En la figura 1.9 se muestra la red HFC con sus respectivos elementos:

²⁵ *FDM*: multiplexación por división de frecuencia, permite compartir la banda de frecuencia disponible en el canal de alta velocidad, al dividirla en una serie de canales de banda más angostos, de manera que se puedan enviar continuamente señales provenientes de diferentes canales de baja velocidad sobre el canal de alta velocidad. Este proceso se utiliza, en especial, en líneas telefónicas y en conexiones físicas de pares trenzados para incrementar la velocidad de los datos.

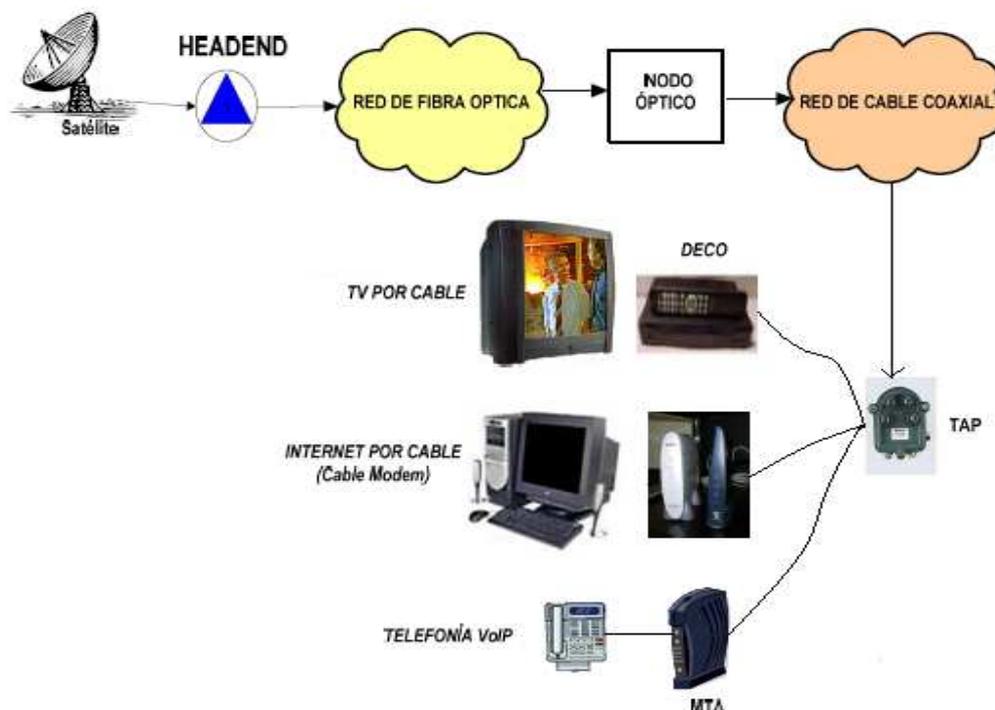


Figura 1.9: Red HFC con sus respectivos elementos [22]

1.2.3.1 HEADEND O CABECERA

Es el área donde se concentra la mayor parte de equipos de red y además es donde se procesan todas las señales de televisión, Internet y telefonía es por ello que se le conoce también como nodo principal.

En esta área se origina la señal que posteriormente reciben los clientes y es aquí donde se ejecutan las acciones como: recolección de datos, procesamiento, codificación, multiplexación, encriptación y transmisión. Para propósitos del presente proyecto, se analizará la estructura de la red HFC en cuanto se refiere a la entrega del servicio de televisión digital.

En la Figura 1.10 se observa la estructura básica de la cabecera o *HeadEnd*:

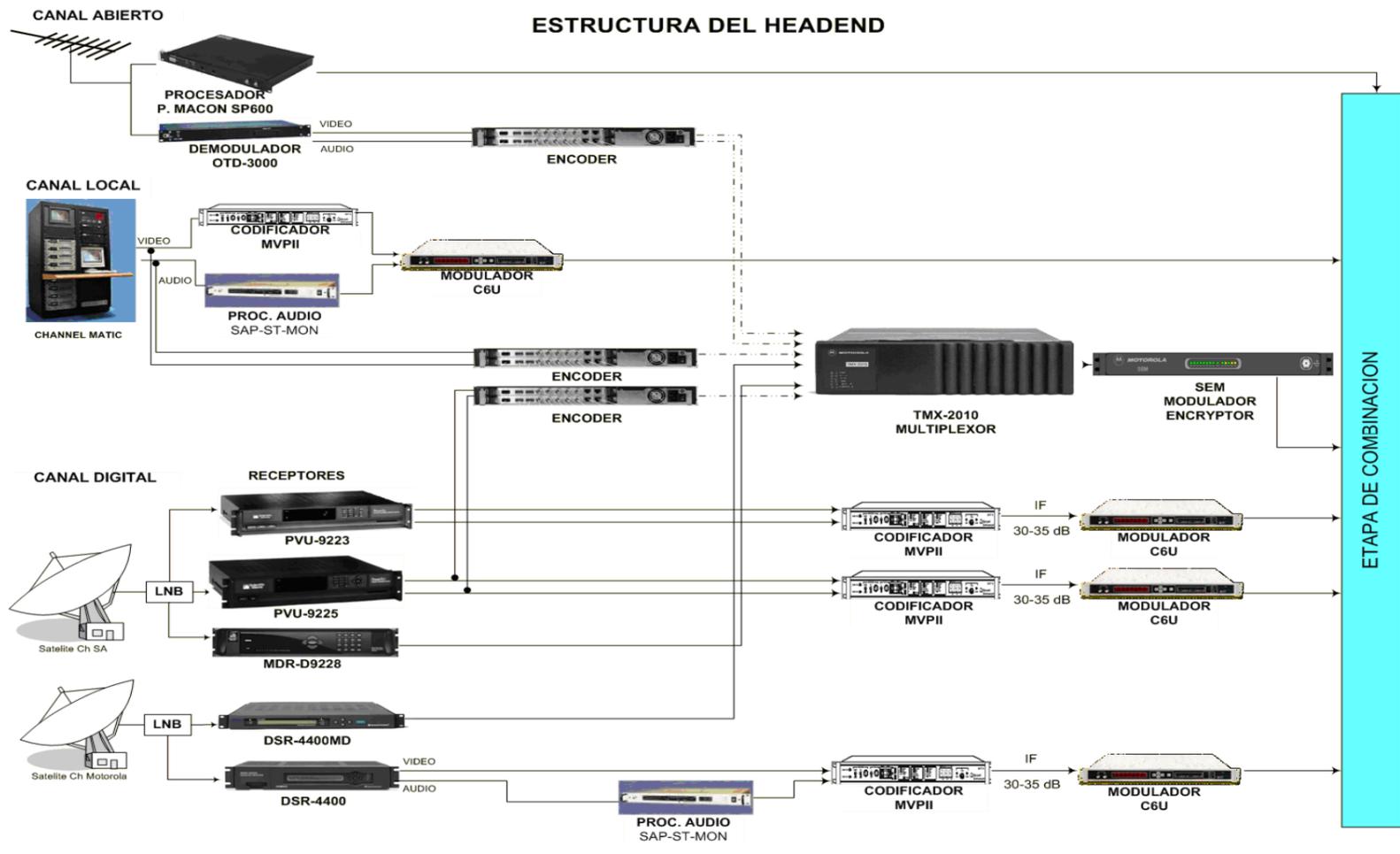


Figura 1.10: Estructura básica del *HeadEnd* ^[22]

1.2.3.1.1 RECOLECCIÓN DE SEÑALES

La primera acción del *HeadEnd* es recolectar las señales digitales de audio y video las mismas que se reciben en radiofrecuencia de los siguientes medios:

1.2.3.1.1.1 Microondas

Empleado para la recepción de canales nacionales. Se basa en la utilización de estaciones transmisoras, con antenas de alta directividad²⁶ siendo necesaria la existencia de LINEA DE VISTA entre las antenas como se indica en la Figura 1.11:

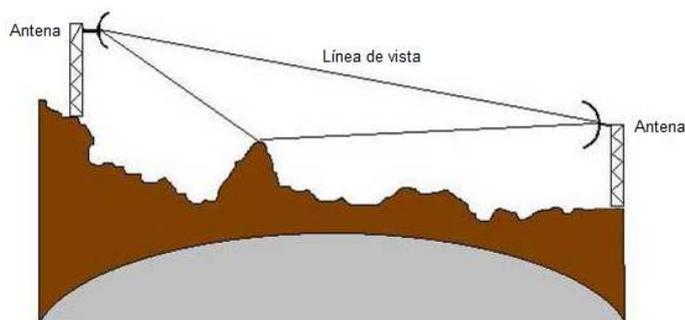


Figura 1.11: Línea de vista entre antenas [22]

1.2.3.1.1.2 Fibra Óptica

Es empleada para la recepción de canales locales, desde las estaciones transmisoras provenientes del “Cerro Pichincha”.

1.2.3.1.1.3 Satelital

Es empleado para la recepción de canales Internacionales. Consiste en un enlace entre un satélite geoestacionario²⁷ y estaciones terrenas de transmisión y recepción como se indica en la Figura 1.12.

²⁶ *Alta directividad*: buena capacidad de la antena para conducir la potencia radiada hacia un determinado emplazamiento.

El satélite actúa como estación repetidora y está posicionado en una órbita circular Ecuatorial.

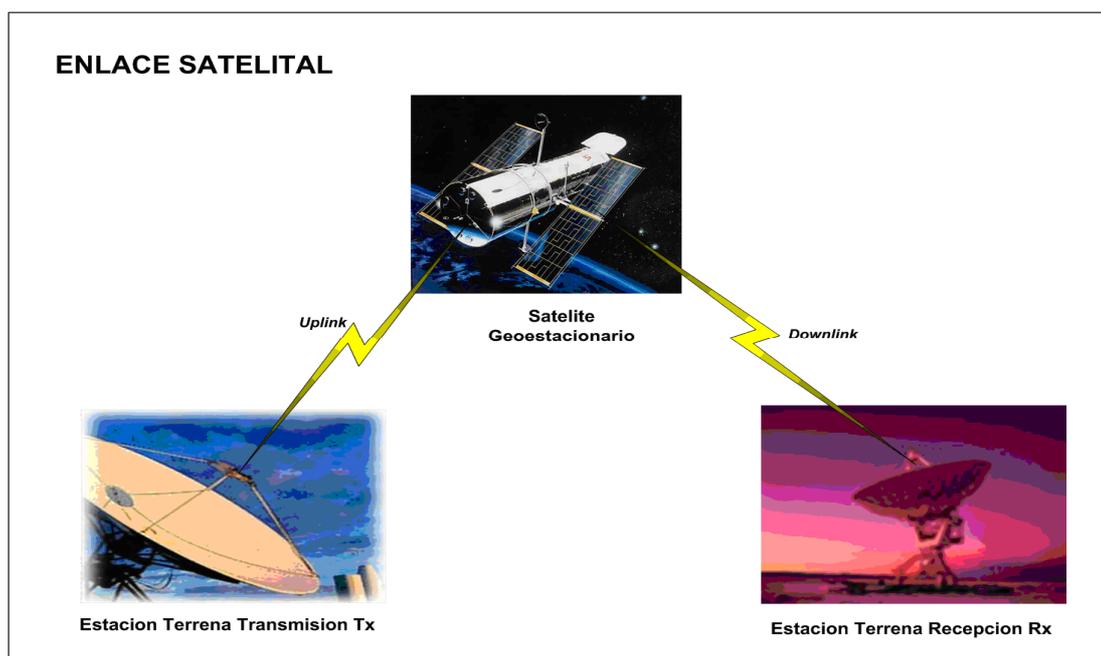


Figura 1.12: Enlace satelital para recepción de canales internacionales [22]

La estación terrena, consiste de antenas parabólicas. Cada antena apunta al satélite geoestacionario. La orientación de la antena está determinada en función de dos ángulos: Elevación y Azimuth. El primero es el ángulo entre el plano terrestre y la dirección a la que apunta la antena; y el segundo es el ángulo entre el eje Norte y la dirección a la que apunta la antena. (Figura 1.13).

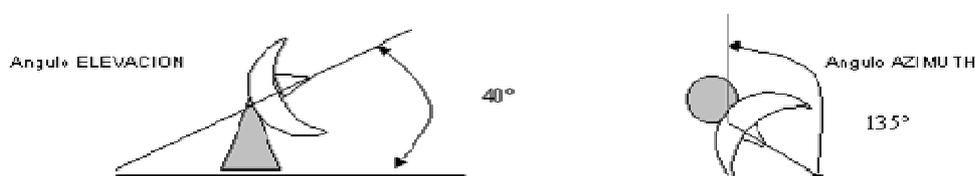


Figura 1.13: Ángulos que determinan la orientación de las antenas parabólicas [4]

²⁷ *Satélite Geoestacionario*: es aquel que se mantiene siempre en la misma posición con respecto a Tierra.

La señal de video es recibida desde las antenas para luego pasar a los receptores satelitales. Sin embargo, dado que las frecuencias de transmisión del enlace descendente del satélite (*downlink*) son imposibles de distribuir por los cables coaxiales, se coloca un dispositivo (LNB²⁸), situado en el foco de la antena parabólica, que convierta la señal de microondas (Banda KU²⁹), en una señal de menor frecuencia (frecuencia intermedia), para que sea posible su distribución a través del cableado coaxial. En la Figura 1.14 se puede apreciar la ubicación de este dispositivo.

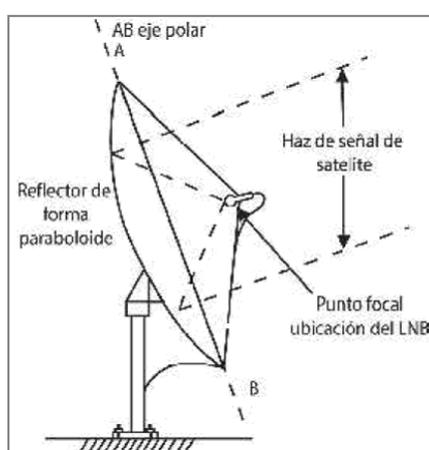


Figura 1.14: Ubicación del LNB [26]

El enlace descendente del satélite tiene pérdidas muy elevadas mayores de 200 dB y aunque las modulaciones elegidas para este servicio necesitan una relación señal/ruido muy baja, los niveles de señal recibidos por las antenas con dimensiones de consumo necesitan de dispositivos con muestras de ruido muy bajas, de ahí LNB.

Las señales provenientes del satélite son recibidas por los receptores satelitales, los cuales a su vez, entregan la señal en banda base (Audio + Video) a los codificadores.

²⁸ LNB: *Low Noise Block down-converter*

²⁹ Banda KU: Banda de satélite. La banda KU tiene dos rangos de frecuencia, el inferior para el tráfico descendente o de bajada (proveniente del satélite) de 11 GHz y el superior para el tráfico ascendente o de subida (hacia el satélite) de 14 GHz.

Para canales digitales, el *HeadEnd* UIO dispone de dos tipos de receptores satelitales, unos correspondientes al fabricante Motorola entre los cuales se tiene los receptores DSR 4400 y DSR 4400MD y otros correspondientes al fabricante S.A entre los cuales están los receptores *POWER VU 9223/9225/9834*, *POWER VU D9228* y *MRD D9228*.

Existen dos canales que se reciben mediante IP para lo cual se dispone del equipo VX8000 el mismo que recibe la señal de IP, extrae los canales deseados, y los entrega en forma de *Transport Stream ASI*³⁰ (secuencia de datos digital) al multiplexor.

1.2.3.1.2 PROCESAMIENTO

Esta etapa, la señal de RF, que contiene audio y video, proveniente de los receptores satelitales, se transmite a los equipos de comercialización y es en el área de Producción donde se introduce publicidad o anuncios comerciales a dichas señales mediante un Generador de Caracteres (equipo conocido como DUET).

1.2.3.1.3 CODIFICACIÓN

La señal de audio y video se codifica para que únicamente los receptores de clientes autorizados reciban la señal. Se utiliza el sistema MVP II (*Multi-View Profile II*³¹) el mismo que convierte la señal RF a IF (45.75 MHz). Este sistema se desarrolla en base a dos procesos: el primero es la codificación de audio en frecuencia, mientras que el segundo proceso permite la ejecución tanto de la inversión de video³² como la

³⁰ *ASI: Asynchronous Serial Interface*, o ASI, es el formato de transmisión de datos que a menudo lleva a un flujo MPEG. En general, la señal ASI es el producto final de la compresión de vídeo, ya sea MPEG2 o MPEG4, listo para su transmisión a un transmisor o un sistema de microondas u otro dispositivo.

³¹ *MVP II*: procesador de Video diseñado para codificar la señal de video y audio, además de proporcionar audio privado para un determinado canal del sistema de televisión por cable.

³² *Inversión de video*: se basa en la inversión de polaridad de los sincronismos y la propia señal activa de video, ésta, confunde literalmente al televisor, apareciendo en lugar de una imagen clara y estable, una especie de negativo visual.

supresión de sincronismo³³, para que la TV no muestre el contenido de la información.

Posteriormente, el decodificador restituye los valores originales para el usuario final autorizado.

En este proceso se convierte una señal analógica de video y audio en un flujo de datos digital en base al protocolo MPEG-2, norma de audio digital *DOLBY AC3*. Ésta señal se alimenta al multiplexor.

Los equipos utilizados para cumplir este proceso son: EGT, HEMI.

1.2.3.1.4 MULTIPLEXACIÓN

Es el proceso en que se combina los diferentes flujos de datos procedentes de los *encoders* o de los receptores digitales, a fin de optimizar el uso de la banda de salida y seleccionar los servicios de los MPTS (*Multiple Program Transport Stream*³⁴) a los que se tiene acceso. Es decir, las señales recolectadas son multiplexadas en frecuencia para la entrada en el sistema de distribución a través de los amplificadores de distribución.

El equipo encargado de la multiplexación es el TMX 2010 del fabricante Motorola.

1.2.3.1.5 ENCRIPCIÓN (SCRAMBLING) Y MODULACIÓN

El proceso de encriptación consiste en añadir claves al flujo de datos (MPTS) de TV Digital, a fin de que solo terminales autorizados puedan recibir los servicios a los que se hayan suscrito.

³³ *Supresión de sincronismo*: la imagen se presenta inestable y el color desaparece de forma aleatoria. A veces la imagen se transforma en un gran negativo y es difícil distinguir que hay detrás.

³⁴ *MPTS*: un conjunto de flujos elementales se combina sucesivamente en un flujo de transporte de programas múltiple (*MPTS Múltiple Program Transport Stream*) si los flujos elementales están asociados a distintos programas. Un número de flujos de transporte son transmitidos a través de la red del operador, necesitando por tanto una gran cantidad de ancho de banda.

Por otro lado el proceso de modulación es aquel en el que la señal digital se codifica en una portadora RF, a fin de transmitirse en la red de fibra óptica y coaxial. La señal de frecuencia intermedia (IF), se modula para asignarle una frecuencia a cada canal (2 - 78), según el estándar que utilice cada equipo. La señal IF se amplía a RF (Radiofrecuencia) en la banda de 50 - 750 MHz. Para el audio se utiliza modulación FM³⁵, mientras que para el video se usa AM³⁶. Para la modulación se usa el esquema 64QAM o 256 QAM.

El equipo que efectúa esta tarea es el SEM V8 del fabricante Motorola.

1.2.3.1.6 AUDIO DIGITAL

Los canales de audio digital se reciben vía satélite directamente de los proveedores. Se los recibe en tramas de datos MPEG-2 en multiplexación estadística con servicios de video. Estos canales de audio digital, que vienen comprimidos en formato *DOLBY AC3*, se enrutan para ser multiplexados (multiplexación fija) con otros servicios, para luego ser modulados en 64-QAM y transmitidos. Hasta 16 canales de audio se están transmitiendo en un canal de 6 Mhz compartiendo esa banda con canales de video. Los equipos involucrados en procesar el audio son: receptor DSR-4400MD, SEM V8 y DAC 6000, equipos pertenecientes al fabricante Motorola.

1.2.3.1.7 CONTROL

Dado que el acceso a los servicios digitales es condicional, se requiere mantener una base de datos de cada terminal y los servicios a los que estos están autorizados. Esta base de datos es actualizada en línea con el sistema de clientes y facturación por lo que la operación de los mismos es en tiempo real. La información de control es modulada en una portadora fuera de banda.

³⁵ *FM*: Frecuencia Modulada: modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia.

³⁶ *AM*: Amplitud Modulada: modulación no lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

Los equipos involucrados en el control, todos ellos del fabricante Motorola, son: DAC 6000, RADD 6000, RPD 2000, OM 1000 y KLS 1000. (Este proceso se describe detalladamente en el capítulo 3).

1.2.3.1.8 TRANSMISIÓN

La señal RF, se combina en paquetes de 16 canales, y finalmente en un solo paquete. Esta señal, se amplifica y se transforma en luz en los transmisores ópticos, para distribuirse por la red primaria, constituida por fibra óptica.

1.2.3.1.9 CANAL DE RETORNO

Con el fin de permitir interactividad con el cliente (Compra de eventos) se ha implementado la funcionalidad de que los terminales de suscriptor (STB –*Set Top Box*) puedan transmitir información hacia la cabecera, para esto se ha configurado el uso de la frecuencia de 8.0960 MHz, en donde una portadora de 130 KHz de ancho de banda se levanta y modula en PSK por requerimiento. Esto implica que no está presente cuando no se usa.

El *Headend* es quien procesa todas las señales de retorno del sistema de distribución.

Los equipos del fabricante Motorola que procesan este canal de retorno son RPD2000 y DAC6000.

1.2.3.1.10 TERMINALES

Son los equipos que tienen la función de decodificar la señal digital de los servicios para los que están autorizados, y entregar a los receptores analógicos de TV sea en banda base (audio + video) o modulado con norma NTSC.

Los equipos utilizados son: DCT-1000, DCT-2000, DCT-3080 y DCT-700.

1.2.3.2 RED TRONCAL O RED DE TRANSPORTE ^[22]

Como Red Troncal se considera a aquella que conecta los nodos y de la cual se derivan hilos para atender a los diferentes sectores. Se utiliza cable de fibra 24 hilos para toda la red troncal. Cabe indicar que este tipo de cable de fibra se encuentra ya instalado como parte de la red del Grupo TVCable.

La infraestructura de la red de transporte del Grupo TVCable se basa en dos tecnologías diferentes de *Backbone*, estas son el *Backbone* SDH y el *Backbone* MPLS. Hoy en día la empresa trabaja simultáneamente con ambas tecnologías, éstas se transmiten sobre un mismo medio físico (fibra óptica), logrando así, optimizar y aprovechar recursos. De esta manera, proporcionan una mayor satisfacción a sus clientes por el servicio contratado.

Debido a que para el presente proyecto se utiliza como red de transporte la red MPLS, se enfatizará en la descripción de la misma.

1.2.3.2.1 BACKBONE MPLS

MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF³⁷. Se describe en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para redes basadas en circuitos y paquetes.

MPLS se caracteriza por ofrecer niveles de rendimiento diferenciado, priorización de tráfico, mayor velocidad de transmisión, facilita la gestión de recursos en la red y sobre todo es una tecnología que permite ofrecer calidad de servicio QoS independientemente de la red sobre la cual se implemente. MPLS es una

³⁷ IETF: *Internet Engineering Task Force* - Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet. Organización de técnicos que administran tareas de ingeniería de telecomunicaciones, principalmente de Internet (ejemplo: mejora de protocolos o darlos de baja, etc.)

arquitectura que provee una eficiente designación, enrutamiento, envío y conmutación de flujos de tráfico a través de la red.

Ventajas de la red MPLS:

- Especifica mecanismos (*DiffServ*)³⁸ para administrar flujos de tráfico de diferentes tipos y requerimientos (aplica Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicio (CoS)).es decir, aplica Ingeniería de Tráfico.
- Provee un medio para traducir las direcciones IP en etiquetas simples de longitud fija utilizadas en diferentes tecnologías de envío y conmutación de paquetes.
- Ofrece interfaces para diferentes protocolos como RSVP³⁹ (para gestionar los LSP⁴⁰ sobre MPLS con ingeniería de tráfico con reservas de ancho de banda y de manera opcional con rutas definidas por el operador) y OSPF⁴¹ (para enrutar tráfico IP dentro de una sola red central/de acceso).
- Soporte de protocolos de IP, ATM y *Frame Relay*.
- Permite VPN (IP) capa 3: basadas en BGP⁴² para distribuir rutas de clientes a través de la red del operador entre los puntos extremos del servicio y MPLS para implementar conectividad de capa 3 entre los sitios del cliente a través de la red del operador; así como también VPN capa 2: basadas en *pseudowires* para implementar conectividad de capa 2 punto a punto (TDM, ATM y *Ethernet*) entre sitios del cliente a través de la red del operador.

La implementación de la red MPLS en el Grupo TVCable se dio en el año 2006 de manera paralela a la red SDH, logrando así satisfacer los requerimientos de sus clientes, debido a que se aprovechó de mejor manera los recursos de fibra que ya

³⁸ *DiffServ*: Servicios Diferenciados

³⁹ *RSVP*: *Resource Reservation Protocol*.

⁴⁰ *LSP*: *Label Switched Path*. Trayecto conmutado de etiqueta.

⁴¹ *OSPF*: *Open Shortest Path First*.

⁴² *BGP*: *Border Gateway Protocol*.

tenía instalados así como también se optimizó el uso de equipos WDM⁴³ que permiten transmitir múltiples secuencias de información al mismo tiempo utilizando diferentes longitudes de onda a través del mismo hilo de fibra óptica. Maneja redundancia por lo que en todo momento hay un enlace de backup. En el backbone, que opera a una velocidad de 1 Gbps, se utiliza equipos Tellabs de la serie 8600 como se muestra en la Figura 1.15.

1.2.3.2.1.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA TELLABS 8600

Los productos Tellabs 8600 están diseñados para proporcionar transporte móvil 2G/3G gestionado, *Ethernet*, agrupación del servicio de banda ancha y servicios IP-VPN. De manera específica, esta familia de productos permite ampliar los servicios basados en MPLS hacia las redes de acceso desde la red central.

1.2.3.2.1.1.1 Tellabs 8660 Edge Switch

Tellabs 8660 *Edge Switch*, es un *switch* de capa 3 modular, escalable posicionado en sitios de RNC⁴⁴ y de grandes concentradores en redes móviles. Al ser un *switch* capa 3, en redes fijas puede actuar como un enrutador en el entorno de una red central MPLS o como un agrupador de acceso en una red de acceso basada en MPLS.

En un medio IP, este equipo se puede utilizar como un enrutador IP en una red central MPLS o como un enrutador IP de propósito general en lugares en que se requiere escalabilidad y redundancias óptimas.

El *rack* de Tellabs 8660 *Edge Switch* tiene 14 ranuras de las cuales las correspondientes a la ranura 1 y 14 están reservadas para dos tarjetas de alimentación/control redundantes. Las 12 ranuras restantes están disponibles para tarjetas de línea. Cada tarjeta de línea se puede equipar con dos módulos de interfaz separados.

⁴³ WDM: *Wavelength Division Multiplexing*, multiplexación por división de longitud de onda.

⁴⁴ RNC: Controlador de red radial.

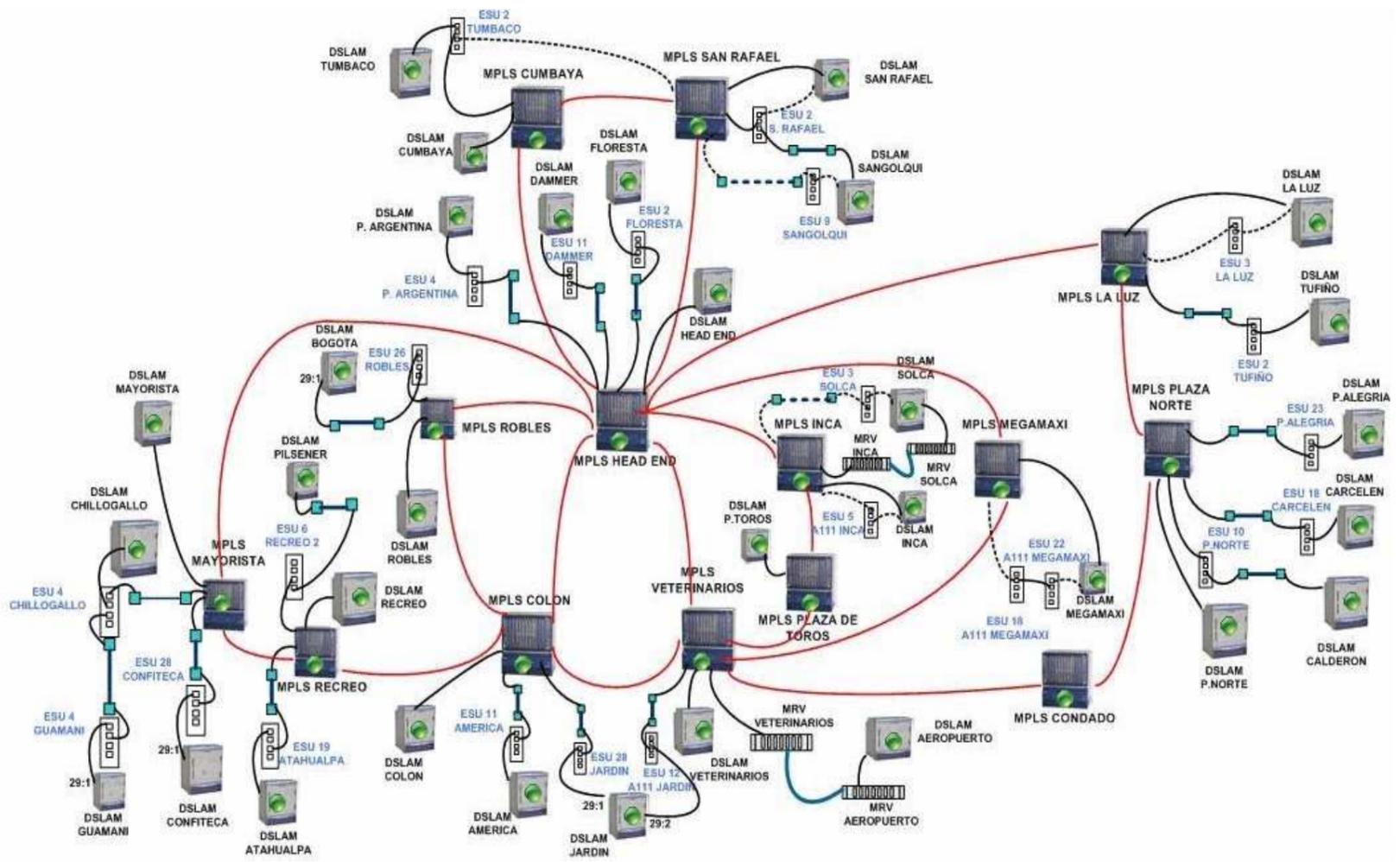


Figura 1.15: Diagrama MPLS del Grupo TVCable – Quito [22]

En este tipo de equipos se incluyen los nodos principales de la red MPLS del Grupo TVCable: *HeadEnd*, Colón, y Veterinarios.

1.2.3.2.1.1.2 Tellabs 8630 Access Switch

Tellabs 8630 *Access Switch*, es un *switch* modular compacto de capa 3, posicionado en sitios de concentradores en redes móviles. Tellabs 8630 *Access Switch* tiene 6 ranuras de las cuales dos están reservadas para tarjetas de alimentación/control redundantes. Las 4 ranuras restantes están disponibles para tarjetas de línea. Cada tarjeta de línea se puede equipar con dos módulos de interfaz separados.

Este tipo de equipos son usados en nodos secundarios, y los correspondientes a la red MPLS del grupo TVCable son: Robles, Recreo, Inca, Megamaxi, Cumbayá, Plaza Norte, y San Rafael.

1.2.3.2.1.2 TECNOLOGÍA MPLS

MPLS tiene la capacidad de soportar cualquier tipo de tráfico en una red IP sin tener que supeditar el diseño de la red a las limitaciones de los diferentes protocolos de ruteo, capas de transporte y esquemas de direcciones.

1.2.3.2.1.2.1 Componentes MPLS

La arquitectura MPLS diferencia dos tipos de *routers*:

- LER: *Label Edge Router*
 - *Routers* situados en la periferia o frontera de la red MPLS, a los que se pueden conectar diversas redes (*Ethernet*, *Frame Relay*, ATM).

- Envía el tráfico entrante a la red MPLS utilizando un protocolo de señalización de etiquetas y distribuye el tráfico saliente entre las distintas redes.
 - Se encarga de asignar y retirar las etiquetas a la entrada o salida de la red MPLS:
 - o *Ingress* LERs: clasifican los paquetes IP y añaden la etiqueta apropiada a los paquetes entrantes.
 - o *Egress* LERs: quitan la etiqueta y envían el paquete hacia su destino.
 - Su conmutación se basa en FECs⁴⁵ (*Forwarding Equivalence Classes*).
- LSR: *Label Switching Router*
 - Son equipos de conmutación (*routers* IP, *switches* ATM) habilitados para MPLS.
 - Es un *router* de gran velocidad que trabaja en el núcleo de la red.
 - Usan un protocolo de distribución de etiquetas (no necesariamente el mismo en todos los LSRs) y su función es encaminar paquetes en base a la etiqueta de dicho paquete.
 - Cuando los paquetes llegan a los LSRs, éstos intercambian las etiquetas existentes por otras y envía el paquete al siguiente LSR, y así sucesivamente (distribución de etiquetas).
 - LSP: *Label Switching Path*
 - Es un camino específico unidireccional a través de una red MPLS. Corresponde a la conexión *end-to-end* en la red MPLS entre LERs.

⁴⁵ *FEC: Forwarding Equivalence Classes*. Clase equivalente de envío. Es la representación de un grupo de paquetes que comparten los mismos atributos para su transporte: el mismo destino, la misma VPN, etc; y/o requieren el mismo servicio.

1.2.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN ^[22]

La Red de Distribución se conecta a la red troncal mediante amplificadores puente⁴⁶, esta red pasa por la parte delantera de las casas, generalmente a un costado de los cables de luz. Su propósito es llevar las señales hasta las instalaciones del suscriptor.

Desde el amplificador puente, la red de distribución entrega la señal a una serie de "taps" a los que se conectan las acometidas; si el nivel de la señal llegara a decrecer, se coloca un extensor de línea (también conocido como amplificador de distribución⁴⁷) para incrementar el nivel de la señal de forma que llegue adecuadamente al siguiente "tap".

1.2.3.4 RED DE ACCESO Y USUARIO FINAL ^[22]

La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios.

En ella se requieren básicamente 2 fibras ópticas para la comunicación *Full-Duplex*, una fibra óptica del *Headend* al nodo para la transmisión del *Broadcast* en la ruta de *forward* de video y/o datos y una fibra óptica del nodo al *Headend* para la transmisión de la ruta de retorno de datos.

La red de acceso cuenta con cable coaxial utilizado para llevar la señal desde el cable de distribución hasta la casa del usuario. Las acometidas requieren de una conexión al sistema de tierra de la construcción y de un cable flexible entre la entrada y el receptor (televisión); si hay múltiples receptores en una instalación se utiliza un divisor de señales.

⁴⁶ *Amplificador Puente*: amplificador cuya estructura está formada por dos etapas de potencia iguales excitadas por señales en oposición de fase, con la carga conectada entre las dos salidas.

⁴⁷ *Amplificador de distribución*: recibe una señal de entrada de video y reproduce la misma señal de amplitud a varias salidas.

Finalmente, el equipo terminal conocido también como caja decodificadora, acondiciona la señal para poder ser reproducida en una televisión no fabricada con la capacidad de desplegar todos los canales que el cable transporta, o bien, sirve como filtro para proporcionar al suscriptor únicamente los canales que ha pagado.

El uso de las cajas direccionables ("*addressables*") permite la provisión de distintos paquetes al usuario y, eventualmente, la desconexión de suscriptores que no paguen por el servicio. Las cajas decodificadoras también ayudan a evitar la piratería de las señales de cable.

1.3 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA RED DE ACCESO xDSL del GRUPO TVCABLE

1.3.1 BUCLE DIGITAL DE ABONADO (*xDSL*)^[27]

Se conoce como ***xDSL*** a la familia de tecnologías de acceso a Internet de banda ancha basadas en la digitalización del bucle de abonado telefónico (el par de cobre). La principal ventaja de *xDSL* frente a otras soluciones de banda ancha (cablemódem, fibra óptica, etc.) es precisamente la reutilización de infraestructuras ya instalada y con gran extensión entre la población.

xDSL contiene un grupo de tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico⁴⁸ como asimétrico⁴⁹ y de alta velocidad.

⁴⁸ *Simétrico*: tecnologías que proporcionan igual capacidad tanto en el canal descendente como en el canal ascendente.

⁴⁹ *Asimétrico*: tecnologías que presentan asimetría (diferentes velocidades) en la capacidad de los canales ascendente y descendente.

1.3.1.1 FUNCIONAMIENTO

El acceso *xDSL* se basa en la conversión del par de cobre de la red telefónica básica en una línea digital de alta velocidad capaz de soportar servicios de banda ancha además del envío simultáneo de voz. Para lograr esto se emplean tres canales independientes:

- Dos canales de alta velocidad (uno de recepción de datos y otro de envío de datos).
- Otro canal para la transmisión de voz

Cada uno de ellos ocupa una banda de frecuencia diferente, de manera que no interfieran entre sí. El canal de voz queda ubicado entre los 200Hz y los 3,4KHz se transmite en banda base, como el servicio telefónico tradicional, mientras que los canales de datos quedan aproximadamente entre los 24KHz y los 1,1MHz, distribuyéndose de forma variable entre el canal de subida y el de bajada según el tipo de tecnología *xDSL* empleada. Se transmiten mediante múltiples portadoras.

Para poder ofrecer servicios de voz compatibles con los terminales telefónicos convencionales, los usuarios deben disponer de un “*splitter*⁵⁰” que se sitúan entre la toma de red telefónica y los equipos terminales (módem y teléfono) para filtrar la voz de los distintos canales de datos.

Por su parte, los equipos de red del operador deben disponer de los denominados DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), que contienen un conjunto de tarjetas con varios módems de central de un número de usuarios, de manera que se

⁵⁰ *Splitter*: dispositivo que divide la señal de teléfono en varias señales, cada una de ellas en una frecuencia distinta. Este dispositivo se utiliza frecuentemente en la instalación de líneas ADSL, donde es necesario que la señal de datos y de voz convivan en la misma línea telefónica; esto se consigue dividiendo las señales de entrada de baja frecuencia para la transmisión voz y de las de alta frecuencia para datos, permitiendo un uso simultáneo de ambos servicios.

concentre y se enrute el tráfico de los enlaces *xDSL* hacia una red de área extensa.

1.3.1.2 TIPOS DE *xDSL*

La tecnología de mayor difusión actualmente es la tecnología *ADSL* pudiendo conseguir velocidades superiores a los 20 Mbps. Las principales tecnologías de este tipo son:

- *HDSL: High bit rate Digital Subscriber Line* o Línea de abonado digital de alta velocidad binaria.
- *SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line* o Línea de abonado digital simétrica.
- *ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line* o Línea de abonado digital asimétrica.
- *VDSL: Very high bit-rate Digital Subscriber Line* o DSL de muy alta tasa de transferencia.

1.3.2 RED DE ACCESO ADSL DEL GRUPO TVCABLE

El Grupo TVCable ofrece servicios de Internet, telefonía y datos mediante la tecnología *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*. La asimetría característica de este tipo de tecnología disminuye el efecto de la interferencia de las señales de un canal sobre el otro, especialmente reduce el efecto de las altas frecuencias del canal descendente sobre el canal ascendente debido al menor ancho de banda de este último.

Características principales de ADSL:

- Permite transportar el servicio de voz analógica *POTS*⁵¹ (*Plain Old Telephone Service*) junto con el transporte de datos.

⁵¹ *POTS: (Plain Old Telephone Service)*. - Conocido también como Servicio Telefónico Tradicional, que se refiere a la manera en cómo se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de hilos de cobre.

- Trabaja a nivel de capa física, soportando cualquier *stack* de protocolos de más alto nivel como ATM, *Ethernet*, etc.
- Ofrece servicios de banda ancha a usuarios residenciales y, de pequeñas y medianas empresas.

1.3.2.1 EQUIPOS DSLAM ^[23]

La tecnología ADSL necesita dos equipos por cada usuario, uno en el domicilio del cliente y otro en la central o nodo, complicando así el despliegue de la tecnología en el lado del nodo. Para solucionar este inconveniente surgió el DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). Este equipo contiene un conjunto de tarjetas que poseen varios puertos que sirven como módems, concentrando así los equipos y el tráfico, como se muestra en la Figura 1.17:

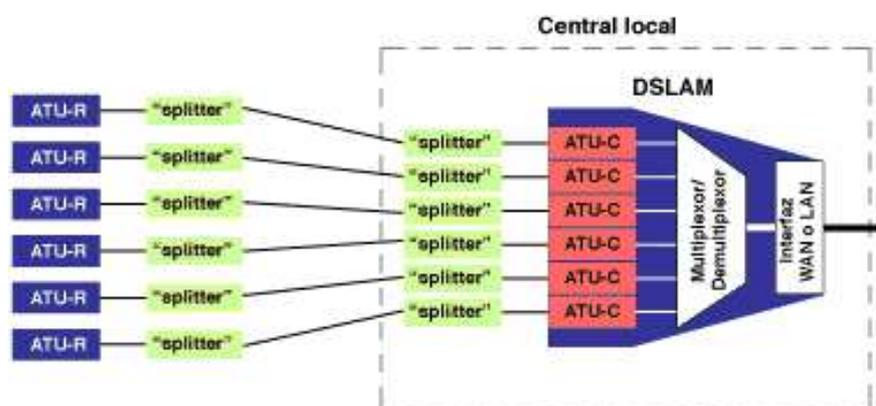


Figura 1.17: Estructura básica de la tecnología DSLAM ^[23]

El Grupo TVCable posee equipos IP DSLAM los mismos que trabajan con un protocolo de Internet sobre ADSL basado en IP. Los IP DSLAMs ofrecen ventajas sobre tecnologías tradicionales como el aumento de eficacia, velocidades superiores, y gestión mejorada. De esta manera, reducen la complejidad de conversión de formatos de datos, solucionan problemas de congestión de tráfico con alta velocidad,

tecnología de conmutación Ethernet anti bloqueo, y también proporcionan un buen mecanismo para aplicaciones *multicast* de video.

Entre las principales características de la tecnología IP DSLAM están:

- Tecnología de conmutación creada para proporcionar circuitos virtuales en las redes IP.
- Provee servicios confiables orientados a conexión.
- Posibilidades de rápido re enrutamiento.
- Ingeniería de tráfico y QoS.
- Distribución de tráfico en la red de acuerdo a la disponibilidad de los recursos, así como el tráfico actual y el esperado.
- Reserva de recursos a lo largo del camino para asegurar la QoS al tráfico de datos.

La red *xDSL* cuenta con dos tipos de IP-DSLAM provistos por la empresa Fiberhome de origen chino, estos se detallan a continuación:

1.3.2.1.1 AN2200-02 DSLAM

- Utilizados en un 95% de los nodos.
- Posee 18 *slots* de los cuales se utilizan 2 para las tarjetas de control, la una será la principal y la otra estará para respaldo, en el caso de que sea necesaria la conmutación del control por algún problema que se haya presentado.
- Los otros 16 pueden utilizarse para tarjetas de línea (XA-32) usadas para el enganche de los clientes, con lo que se tendría hasta 512 líneas ADSL.

En la Figura 1.18 se muestra una vista frontal y posterior de estos equipos.



Figura 1.18 Vista frontal y posterior del DSLAM AN2200-02 [22]

La parte posterior del DSLAM sirve para conectar tarjetas, aquí se encuentra la tarjeta de *UP Link*, la misma que permite que fluya el tráfico desde los clientes hacia el equipo. También están tarjetas *splitter* (ASP 32) con su respectivo cable *amphenol*, estas tarjetas reflejan los puertos a los que se engancharán los clientes.

1.3.2.1.2 AN2200-06 DSLAM

- Equipos utilizados en un 5% de los nodos.
- Consta de 5 slots, 1 se ocupa con la *core card*, es decir, con la tarjeta de control que permite la configuración del equipo mediante *hyperterminal*.
- Los otros 4 se pueden ocupar con tarjetas XA-32 para tener hasta máximo 128 líneas.
- En la parte posterior está la tarjeta de *Up link* y el espacio para las ASP 32.

En la figura 1.19 se muestra las vistas frontal y posterior de estos equipos:



Figura 1.19 Vista frontal y posterior del DSLAM AN2200-06 [22]

1.3.2.2 SERVICIOS MEDIANTE CPE (*CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT*) ACEDIENDO A LA RED DSLAM [22]

La comunicación entre el DSLAM y el CPE se realiza a través de dos interfaces llamadas ATU-R o "*ADSL Terminal Unit Remote*" del lado del cliente o abonado y ATU-C o "*ADSL Terminal Unit Central*" del lado del proveedor del servicio. Delante de cada uno de ellos se coloca un *splitter* con la finalidad de separar las señales transmitidas de baja frecuencia (telefonía) y las de alta frecuencia (datos).

En la Figura 1.20, se describe el proceso que sigue la red para ofrecer al usuario los servicios que requiere mediante la conexión de un CPE en su domicilio.

En el lado del cliente se instala un equipo CPE para brindar el acceso a Internet y mediante una interfaz Ethernet se puede conectar una caja SIP (*Session Initiation Protocol*) que proporcionará el acceso telefónico.

El CPE debe engancharse en un par de cobre de una caja de dispersión⁵² ubicada en un poste que quede lo más cercano a la vivienda del usuario; este segmento

⁵² *Caja de dispersión*: es el punto de terminación de la red secundaria y de iniciación de la red de abonado; estas cajas se ubican en los postes o en el sótano de los edificios

constituye la red de acometida. Las cajas se derivan de elementos conocidos como mangas que mediante cable multipar de 50 pares se conectan a dos nodos.

En el nodo se reflejan los pares en organizadores y mediante un cable directo se une el par asignado con el puerto asignado en el DSLAM.

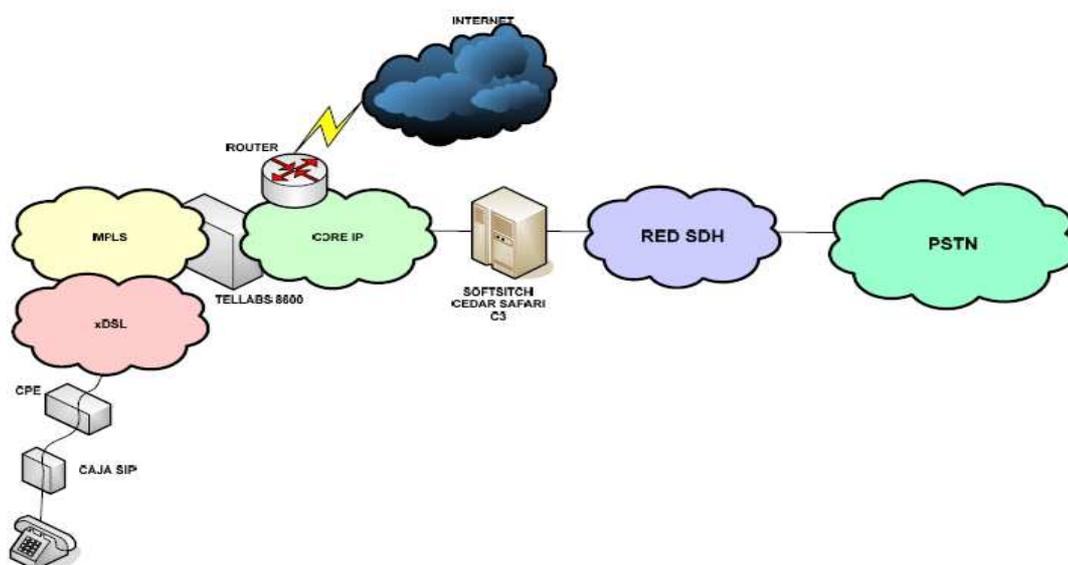


Figura 1.20 Esquemático general de la red DSLAM del Grupo TVCable ^[22]

El DSLAM se conecta a un equipo 8600 que es un *router* de borde de la tecnología MPLS en el mismo nodo geográfico mediante una interfaz *Fast Ethernet*.

Los nodos 8600 se encuentran enganchados entre sí mediante fibra óptica a través de troncales de 1 *Gigabyte* conociéndose esto como el *Backbone* de la red MPLS.

Este esquema se indica en la Figura 1.21 la misma que representa la red IP/MPLS del Grupo TVCable, en donde se observa que los nodos Colón, Veterinarios y *HeadEnd* se unen mediante enlaces STM-16 formando un anillo; los demás nodos se unen mediante enlaces STM-1 pero de igual forma en una topología de anillo para brindar la redundancia necesaria.

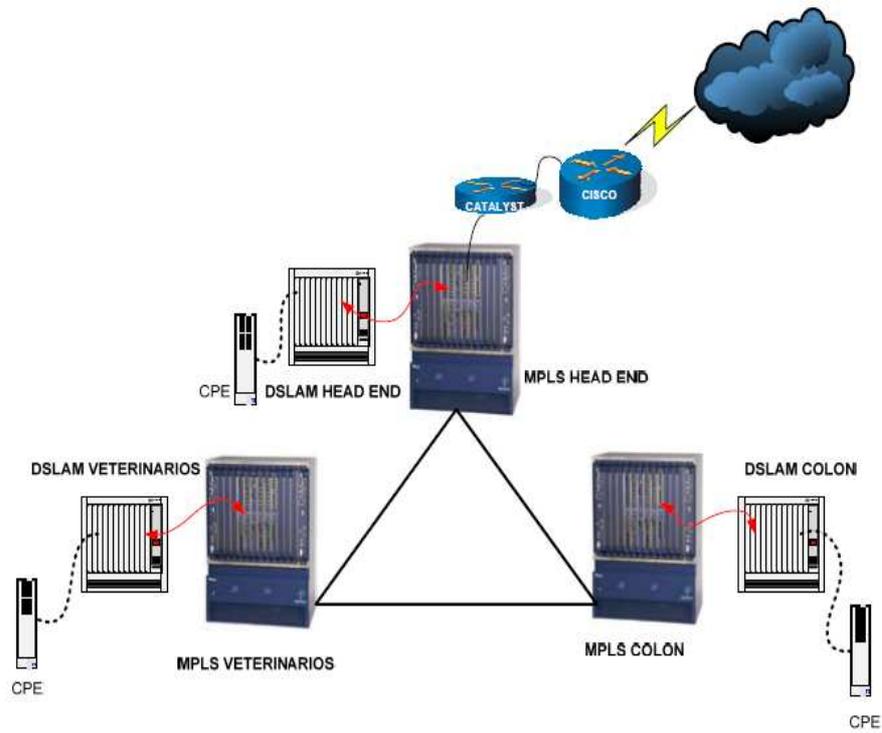


Figura 1.21 Red IP/MPLS [22]

CAPÍTULO II

EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IPTV Y APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV

2.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE IPTV (*INTERNET PROTOCOL TELEVISION*)^[28]

2.1.1 REDES IP

En la actualidad la tecnología digital disponible permite que diversos sectores, como por ejemplo: las telecomunicaciones, los datos, la radio y la televisión se unan en uno mismo. Este fenómeno es conocido como la convergencia. Debido a esta nueva característica las redes deben de mejorar para poder lograr congruencia de estos nuevos servicios multimedia.

Para poder soportar de manera adecuada estos servicios las redes están evolucionando hacia redes de siguiente generación (NGN⁵³). Según la ITU-T⁵⁴ en la norma H.323, una red NGN es una red basada en la transmisión de paquetes capaz de proveer servicios integrados, incluyendo los tradicionales telefónicos, y capaz de explotar al máximo el ancho de banda del canal haciendo uso de las técnicas de calidad del servicio (QoS) de modo que el transporte sea totalmente independiente

⁵³ NGN: Next Generation Networking

⁵⁴ UIT-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones

de la infraestructura de red utilizada. Además, debe ofrecer acceso libre para usuarios de diferentes compañías telefónicas y apoyar la movilidad que permite acceso multipunto a los usuarios.

El objetivo de esta norma, y de todos estos modos de convergencia, es proporcionar servicios multimedia con una calidad aceptable sobre redes no orientadas a la conexión y que no ofrecen una calidad de servicio determinada, es decir, redes basadas en IP⁵⁵, como por ejemplo Internet (ver Figura 2.1).

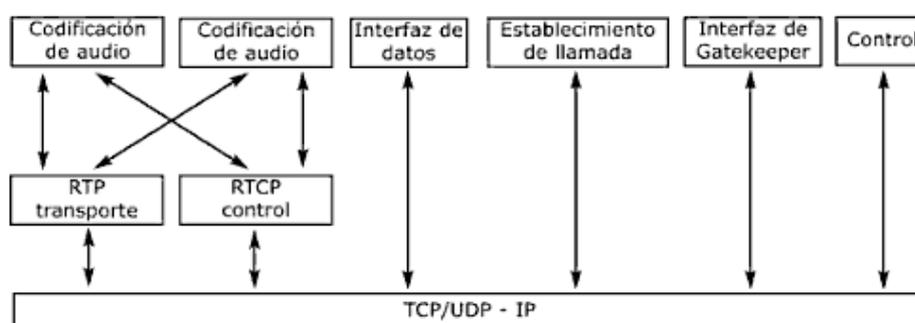


Figura 2.1: Arquitectura de las redes NGN ^[28]

Internet es el factor más importante que guía este proceso de convergencia. Esto se debe a que el conjunto de protocolos de Internet se ha convertido en el estándar utilizado en casi todos los servicios actuales. Internet está formado por varios protocolos, pero dos de ellos, TCP⁵⁶ e IP, son los más importantes. El protocolo IP pertenece a la capa tres del modelo OSI⁵⁷ que ofrece direccionamiento, encaminamiento de datagramas, etc. El protocolo TCP es la capa principal de transporte, capa 4 del modelo OSI, y se responsabiliza del establecimiento de conexiones y del transporte de datos, aunque a nivel de transporte también es posible utilizar UDP⁵⁸ cuando se está utilizando servicios que no requieren control de

⁵⁵ IP: Internet Protocol.

⁵⁶ TCP: Transmission Control Protocol.

⁵⁷ OSI: Open System Interconection.

⁵⁸ UDP: User Datagram Protocol.

la congestión. Por eso, cada vez más, las redes basadas en IP tienen una gran importancia en la sociedad de la información actual.

Debido a la gran utilización del protocolo IP, se va a describir brevemente sus principales características.

2.1.1.1 EL PROTOCOLO INTERNET ^[29]

El protocolo Internet (IP) es parte del conjunto de protocolos TCP/IP y es el protocolo de interconexión entre redes más utilizados. Como con cualquier protocolo estándar, IP se especifica en dos partes:

- La interfaz con la capa superior (por ejemplo TCP), especificando los servicios que proporciona IP.
- El formato real del protocolo y los mecanismos asociados.

2.1.1.1.1 SERVICIOS IP

Los servicios que se van a proporcionar entre las capas de protocolos adyacentes (por ejemplo, entre IP y TCP) se expresan en términos de primitivas y parámetros. Una primitiva especifica la función que se va a ofrecer y los parámetros que se utilizan para pasar datos e información de control.

IP proporciona dos primitivas de servicio en la interfaz con la siguiente capa superior. La primitiva *Send* (envío) se utiliza para solicitar la retransmisión de una unidad de datos. La primitiva *Deliver* (entrega) utiliza IP para notificar a un usuario la llegada de una unidad de datos. Los parámetros asociados con estas dos primitivas son los siguientes:

- **Dirección origen:** dirección global de la red de la entidad IP que envía la unidad de datos.
- **Dirección destino:** dirección global de la red de la entidad IP de destino.

- **Protocolo:** entidad de protocolo recipiente (un usuario IP).
- Indicadores del tipo de servicio: utilizado para especificar el tratamiento de la unidad de datos en su transmisión a través de los componentes de la red.
- **Identificador:** utilizado en combinación con las direcciones origen y destino y el protocolo usuario para identificar de una forma única a la unidad de datos. Este parámetro se necesita para reensamblar e informar de errores.
- **Indicador de no fragmentación:** indica si IP puede segmentar los datos para realizar el transporte.
- **Tiempo de vida:** medida en segundos.
- **Longitud de los datos:** longitud de los datos que se transmiten.
- **Datos de opción:** opciones solicitadas por el usuario IP.
- **Datos:** datos de usuario que se van a transmitir.

Cabe indicar que los parámetros identificador, indicador de no fragmentación, y tiempo de vida se encuentran presentes en la primitiva *Send* pero no lo están en la primitiva *Deliver*. Estos tres parámetros proporcionan instructivos a IP pero no son de incumbencia del usuario IP destino.

El usuario IP que hace el envío incluye el parámetro “*tipo de servicio*” para solicitar una calidad de servicio particular. El usuario puede especificar uno o más de los servicios enumerados en la Tabla 2.1. Este parámetro se puede utilizar para orientar en las decisiones de encaminamiento. Por ejemplo, si un dispositivo de encaminamiento tiene varias opciones alternativas para elegir el siguiente salto en el encaminamiento del datagrama, podría elegir una red con una tasa de transferencia de datos mayor si se ha elegido la opción de gran rendimiento. Este parámetro también se pasa al protocolo de acceso a la red para que se use en redes individuales en caso de que sea posible.

Precedencia	Una medida de la importancia relativa del datagrama. Se utilizan ocho niveles de precedencia. IP tratará de proporcionar un tratamiento
-------------	---

	preferencial a los datagramas con precedencias superiores
Seguridad	Se puede especificar uno de dos niveles: normal o alto. Un valor alto indica una petición para que se hagan intentos de minimizar la probabilidad de que este datagrama se pierda o resulte dañado.
Retardo	Se puede especificar uno de dos niveles: normal o bajo. Un valor bajo indica una petición para minimizar el retardo que experimentará este datagrama.
Rendimiento	Se puede especificar uno de dos niveles: normal o alto. Un valor alto indica una petición para maximizar el rendimiento para este datagrama.

Tabla 2.1: Opciones de calidad del servicio IP ^[29]

Los parámetros de *opciones* permiten futuras extensiones y la inclusión de parámetros que normalmente no se invocan. Las opciones actualmente definidas son:

- *Seguridad*: permite que se incorpore una etiqueta de seguridad al datagrama.
- *Encaminamiento por la fuente*: constituye una lista secuencial de direcciones de dispositivos de encaminamiento que especifica la ruta a seguir.
- *Registro de la ruta*: se reserva un campo para registrar la secuencia de dispositivos de encaminamiento visitados por el datagrama.
- *Identificación de secuencia*: identifica recursos reservados utilizados para un servicio de secuencia. Este servicio proporciona un tratamiento especial del tráfico volátil periódico (por ejemplo voz).
- *Marcas de tiempo*: la entidad IP origen y algunos o todos los dispositivos de encaminamiento intermedios incorporan una marca temporal (con una precisión de milisegundos) a las unidades de datos conforme van pasando por ellos.

2.1.1.1.2 PROTOCOLO IP

El protocolo entre entidades IP se describe mejor mediante la referencia al formato del datagrama IP, mostrado en la figura 2.2. Los campos son los siguientes:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
VERS				HLEN				Tipo de servicio				Longitud total																			
Identificación										Bandrs				Desplazamiento de fragmento																	
TTL				Protocolo				CRC cabecera																							
Dirección IP origen																															
Dirección IP destino																															
Opciones IP (si las hay)																								Relleno							
Datos																															
...																															

Figura 2.2: Cabecera IPv4 ^[30]

- **VERS** (4 bits). Indica la versión del protocolo IP que se utilizó para crear el datagrama. Actualmente se utiliza la versión 4 (IPv4) aunque ya se están preparando las especificaciones de la siguiente versión, la 6 (IPv6).
- **HLEN** (4 bits). Longitud de la cabecera expresada en múltiplos de 32 bits. El valor mínimo es 5, correspondiente a 160 bits = 20 bytes.
- **Tipo de servicio** (*Type Of Service*). Los 8 bits de este campo se dividen a su vez en:
 - **Prioridad** (3 bits). Un valor de 0 indica baja prioridad y un valor de 7, prioridad máxima. Los siguientes tres bits indican cómo se prefiere que se transmita el mensaje, es decir, son sugerencias a los encaminadores que se encuentren a su paso los cuales pueden tenerlas en cuenta o no.
 - **Bit D** (*Delay*). Solicita retardos cortos (enviar rápido).
 - **Bit T** (*Throughput*). Solicita un alto rendimiento (enviar mucho en el menor tiempo posible).

- **Bit R** (*Reliability*). Solicita que se minimice la probabilidad de que el datagrama se pierda o resulte dañado (enviar bien).
 - Los siguientes dos bits no tienen uso.
- **Longitud total** (16 bits). Indica la longitud total del datagrama expresada en bytes. Como el campo tiene 16 bits, la máxima longitud posible de un datagrama será de 65535 bytes.
- **Identificación** (16 bits). Número de secuencia que junto a la dirección origen, dirección destino y el protocolo utilizado identifica de manera única un datagrama en toda la red. Si se trata de un datagrama fragmentado, llevará la misma identificación que el resto de fragmentos.
- **Banderas** o indicadores (3 bits). Sólo 2 bits de los 3 bits disponibles están actualmente utilizados. El bit de *Más fragmentos* (**MF**) indica que no es el último datagrama. Y el bit de *No fragmentar* (**NF**) prohíbe la fragmentación del datagrama. Si este bit está activado y en una determinada red se requiere fragmentar el datagrama, éste no se podrá transmitir y se descartará.
- **Desplazamiento de fragmentación** (13 bits). Indica el lugar en el cual se insertará el fragmento actual dentro del datagrama completo, medido en unidades de 64 bits. Por esta razón los campos de datos de todos los fragmentos menos el último tienen una longitud múltiplo de 64 bits. Si el paquete no está fragmentado, este campo tiene el valor de cero.
- **Tiempo de vida** o TTL (8 bits). Este campo especifica el número máximo de *routers* por los que puede pasar un datagrama. Por lo tanto, este campo disminuye con cada paso por un *router* y cuando alcanza el valor crítico de 0, el *router* descarta el datagrama y se devuelve un mensaje ICMP de tipo "tiempo excedido" para informar al origen de la incidencia. Esto evita que la red se sobrecargue de datagramas perdidos.
- **Protocolo** (8 bits). Indica el protocolo utilizado en el campo de datos: 1 para ICMP, 2 para IGMP, 6 para TCP y 17 para UDP.
- **CRC cabecera** (16 bits). Contiene la suma de comprobación de errores sólo para la cabecera del datagrama. La verificación de errores de los datos corresponde a las capas superiores.

- **Dirección origen** (32 bits). Contiene la dirección IP del origen.
- **Dirección destino** (32 bits). Contiene la dirección IP del destino.
- **Opciones IP**. Este campo no es obligatorio y especifica las distintas opciones solicitadas por el usuario que envía los datos (generalmente para pruebas de red y depuración).
- **Relleno**. Si las opciones IP (en caso de existir) no ocupan un múltiplo de 32 bits, se completa con bits adicionales hasta alcanzar el siguiente múltiplo de 32 bits (recuérdese que la longitud de la cabecera tiene que ser múltiplo de 32 bits).

IGMP (Internet Group Management Protocol)

Desde el punto de vista de su ubicación en la arquitectura de comunicaciones TCP/IP, y según se muestra en la figura 2.2, el protocolo IGMP ocupa un mismo subnivel de comunicaciones por encima de IP en el nivel de red o Internet.

Además el protocolo IGMP está intrínsecamente ligado al protocolo IP (se ejecuta directamente sobre IP, en el campo "Protocolo" de la cabecera IP), que de hecho se puede ver como parte integral (no como protocolo separado) de IP, es decir, un módulo más dentro del propio módulo IP como se puede apreciar en la figura 2.3.

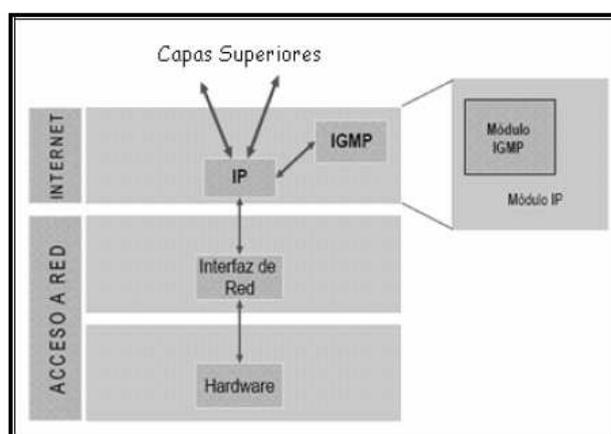


Figura 2.3: Ubicación del protocolo IGMP en la arquitectura TCP/IP [29]

IGMP (RFC 1112) es un protocolo utilizado entre una máquina y un *router* para informar al *router* que desea pertenecer a un grupo *multicast*, los datos de audio y video sólo deben transmitirse a una dirección IP *multicast* pero deben recibirse por cualquier usuario que desee ver la transmisión.

Multicast usa las direcciones IP de clase D que están en un rango de 224.0.0.0 a 239.255.255.255. Para cada dirección *multicast* hay un conjunto de cero o más hosts que están escuchando, este conjunto se llama el “grupo de *host*”.

Se encapsulan los mensajes de IGMP en los datagramas de IP como lo indica la Figura 2.4, la cabecera de IP siempre tendrá un número protocolar de 2.

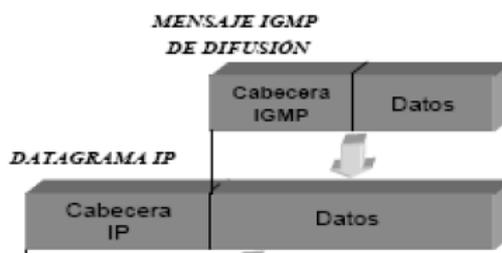


Figura 2.4: Encapsulamiento de un mensaje IGMP [29]

El campo de datos IP contendrá el mensaje IGMP de 8 bytes como se muestra en la figura 2.5.

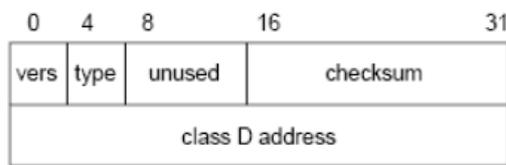


Figura 2.5: Cabecera de IGMP [29]

- *Vers*: corresponde a la versión, de 4 bits, siempre 1.
- *Type*: corresponde al tipo de dato, puede ser un “*join*” o un “*report*”.
 - 1: especifica un *join* enviado por un *router multicast*.

- 2: especifica un *join* enviado por un host.

Funcionamiento de IGMP

Las direcciones de *multidifusión* (clase D), sólo pueden emplearse como direcciones IP de destino, cuando se encapsula un mensaje IGMP en un datagrama IP para su transmisión, la dirección de destino en la cabecera IP es la dirección de multidifusión del grupo, por ejemplo, 224.0.0.14, 224.0.1.75, etc.

El *router* necesita conocer si hay alguna máquina interesada en recibir la información destinada a un cierto grupo *multicast*, en caso afirmativo, el *router* realizará una serie de acciones para conseguir que la información destinada a dicho grupo llegue a la subred donde existe al menos una máquina interesada en recibirla, para ello sigue el proceso que se observa en la figura 2.6.

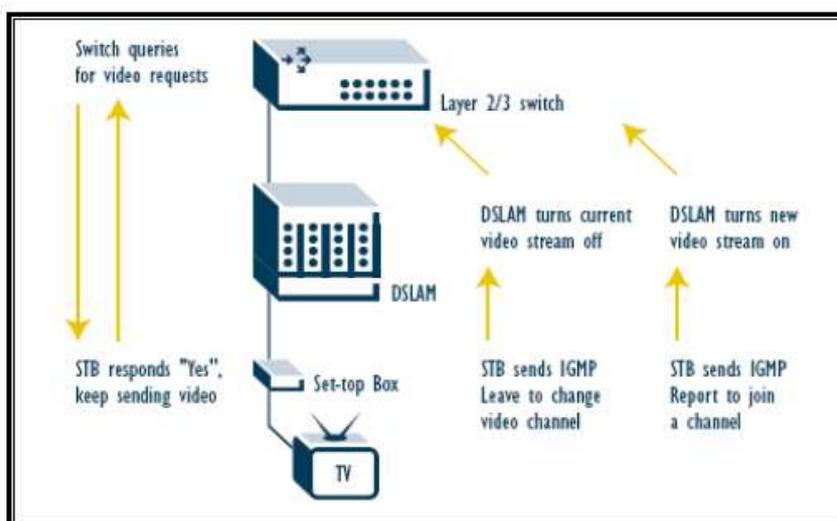


Figura 2.6: Señalización de IGMP [29]

- Un *router* envía periódicamente mensajes a la IP 224.0.0.1 (IGMP *Host Membership Join*) en su subred para consultar qué máquinas desean recibir tráfico *multicast*.

- Si hay alguna máquina que desea recibir el tráfico de un grupo, activa un temporizador con tiempo aleatorio para enviar mensajes (*IGMP Host Membership Join*) a los miembros de ese grupo que informa de que esa máquina está interesada en recibir dicho tráfico.
- Cuando el temporizador expira se tiene los siguientes casos:
 - El *router* (que está suscrito a todos los grupos) se entera de que existe una máquina que está interesada en ese grupo.
 - Otras máquinas de la misma subred, suscritas ya a ese grupo podrían cancelar sus temporizadores y no será necesario que envíen su mensaje de informe (*IGMP Host Membership Join*).
- Si una máquina quiere suscribirse a más de un grupo, debe enviar un mensaje de informe por cada uno de los grupos a los que desea suscribirse.

Por fiabilidad, la máquina envía el mismo informe 3 veces espaciado en el tiempo unos segundos.

- Las máquinas en IGMP-v2 enviarán explícitamente un mensaje para salirse de un grupo (*IGMP Host Membership Leave*) a 224.0.0.2. De esta forma se reduce la latencia en la salida de los grupos.

2.2 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE IPTV

La televisión digital en los últimos años, ha sido uno de los principales temas de discusión como resultado de las nuevas posibilidades de servicios y contenidos que surgen con el paso de este nuevo tipo de “hacer televisión” y explotación comercial. Es por ello que la industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de Televisión por IP, mejor conocida como IPTV (por sus siglas en

inglés: *Internet Protocol Television*). Esta tecnología se basa en la difusión de programas de televisión mediante redes de banda ancha, utilizando los protocolos IP de transmisión al uso en Internet. Es así que la televisión, al tratarse de imágenes en tiempo real, necesita un gran ancho de banda para su correcto funcionamiento, pues las imágenes necesitan llegar sin retraso al usuario.

Según la UIT-T, IPTV es el medio de comunicación para la entrega segura de video, sonido, texto y gráficos de alta calidad a los usuarios sobre cualquier dispositivo que tenga capacidades de audio/video que opere sobre una red IP gestionada.

Esta solución, a más de posibilitar nuevas opciones de entretenimiento y servicios para los usuarios, genera mayores ingresos para los operadores que brinden este servicio aprovechando la infraestructura existente.

La puesta en marcha de esta nueva plataforma surge como una necesidad de los operadores de telecomunicaciones de hacer frente a la convergencia de servicios como el "*triple play*" en las redes de cable, sin la cual los servicios individuales que se ofrecen parecerán incompletos ante los ojos del usuario.

Las principales ventajas que presenta la IPTV frente a la televisión digital terrestre TDT son:

- Video bajo demanda o VOD (*Video on Demand*), con lo cual el usuario solicitará los contenidos que desea ver, de esta forma el proveedor no emitirá sus contenidos esperando que el usuario se conecte, sino que los contenidos llegarán sólo cuando el cliente los solicite. Esto permitirá un mayor desarrollo del *Pay Per View* o pago por evento.
- Posibilidad de rebobinar o parar la emisión en el formato de VOD. El usuario dispondrá de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisión y a través de una guía podrá seleccionar los contenidos que desea ver o

descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee, rebobinar la información y darle el seguimiento que desee.

- Bidireccionalidad, ya que se tiene una televisión interactiva, con envío de información de las dos partes, tanto de los proveedores como por parte de los usuarios.
- Reducción del coste de las emisiones y, sobre todo, su alcance global, no limitado a una cobertura determinada como es el caso de las redes de difusión tradicionales (ondas terrestres, cable o satélite).

Algunos entornos IPTV pueden ser parecidos a los entornos de televisión más convencionales como el cable o el satélite, que tienen un conjunto de programas conocido. En los sistemas *multicast* el servicio es controlado por el operador de la red, para hacer llegar la señal hasta el usuario final. Esto permite que el proveedor del servicio pueda controlar la calidad de la señal, la oferta de contenidos o el acceso a los mismos. En ocasiones el operador suministra un "Set top Box" o caja decodificadora para que el usuario reciba los programas y seleccione la que desee ver entre una oferta muy amplia.

De esta manera, el operador tiene más control sobre el acceso a los contenidos ofrecidos permitiéndole desarrollar modelos de negocio asociados, como el de suscripción o PPV (*Pay per View*). Además, la información fluye también desde el usuario hasta el operador y este es el elemento diferencial entre las plataformas IPTV y otras plataformas de televisión más tradicionales. El hecho de poder contar con un canal de retorno a través del cual el operador puede comunicarse con el cliente en tiempo real, permite el desarrollo de servicios como el VoD (*Video On Demand*), la medición de audiencias "personalizada" y la generación de canales de contenidos a la carta.

Así pues, tanto el control sobre el acceso a los contenidos como la capacidad de comunicación bidireccional entre el cliente y el operador permiten el desarrollo de modelos de negocio directamente relacionados con el contenido ofertado. Es decir, el contenido se convierte en un elemento clave del negocio siguiendo la estela de los entornos de televisión más convencionales. La oferta de contenidos y la negociación de los mismos se convierten en factores clave para la captación de clientes, así como en una parte importante del presupuesto de la plataforma. El concepto de conjunto de programas y de canal de televisión queda muy difuminado.

La programación que ofrecen los difusores está basada tanto en los canales tradicionales, como en canales más específicos sobre un determinado tema, para que el cliente seleccione los que le interesan. Además se emiten eventos deportivos y películas de estreno bajo pago por visión, es decir abonando una cantidad adicional a la tarifa del servicio para poder verlas. Se trata de comprar los contenidos que se deseen ver para confeccionar una televisión a la carta. La IPTV gracias a sus características permitirá almacenar los contenidos para verlos tantas veces como se desee, pero además permitirá realizar pausas, avanzar, retroceder.

En el sector publicitario, al tratarse de información que llega a través de Internet, podrían personalizar los anuncios, para que el usuario con tan solo hacer un clic pueda acceder a la compra de los productos que desee. Adicionalmente se espera dentro de los servicios, métodos de búsqueda y restricciones, es decir que los padres pueden bloquear cierto contenido en IPTV que solo puede ser mostrado previa verificación de una clave parental, así mismo puede buscar por ejemplo todos los programas, series o películas en que actúe tal o cual autor o que sean de tal o cual género.

2.2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA STREAMING

El término *streaming*⁵⁹ tiene que ver con la transmisión de información y su inmediata interpretación. Antes, la única forma disponible de ver un video o escuchar un sonido desde Internet era bajar el fichero completo al ordenador y luego mediante un programa reproducir el audio/video.

Hoy en día, gracias al avance tecnológico en procesamiento de datos y redes, se puede transmitir un flujo continuo de paquetes multimedia transmitidos en tiempo real, distribuyendo el contenido multimedia a través del Internet.

2.2.1.1 PROTOCOLOS UTILIZADOS PARA EL TRANSPORTE DE VIDEO EN TIEMPO REAL ^[31]

Los protocolos son diseñados y estandarizados para la comunicación entre los clientes y los servidores de *streaming*. Se resumen los protocolos básicos utilizados para ofrecer el servicio de IPTV, como son los protocolos de transporte, entre ellos TCP, UDP y RTP/RTCP⁶⁰ (para el transporte de datos en tiempo real) y el protocolo de control de la sesión, como RTSP⁶¹.

2.2.1.1.1 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

2.2.1.1.1.1 Protocolos UDP y TCP

Como se puede apreciar en la gráfica Los protocolos UDP y TCP proveen las funciones básicas de transporte mientras que RTP y RTCP corren encima de estos. En la Figura 2.7 se puede apreciar la pila de protocolos para el transporte de video en tiempo real.

⁵⁹ *Streaming*: tecnología que hace posible escuchar música o ver videos sin necesidad de ser descargados previamente. No es más que la transmisión de archivos multimedia en tiempo real.

⁶⁰ *RTP/RTCP*: *Real-Time Transport protocol*// *Real-Time Control protocol*.

⁶¹ *RTSP*: *Real-Time Streaming Protocol*.

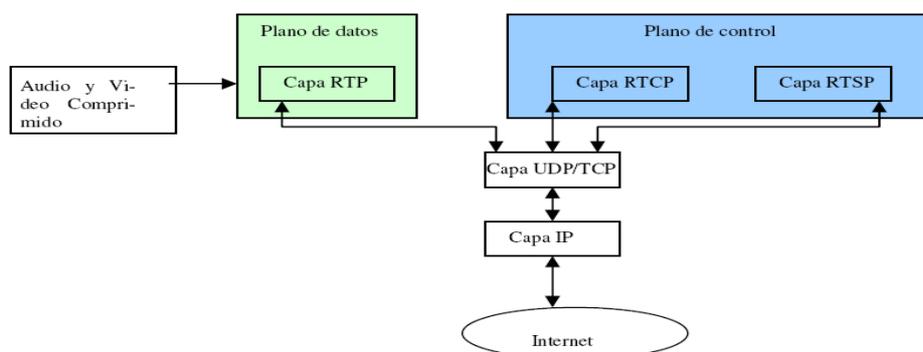


Figura 2.7: Pila de protocolos para streaming de video ^[31]

Los protocolos UDP y TCP realizan las funciones de multiplexado, control de error o control de flujo. Primero UDP y TCP multiplexan los flujos de datos de las diferentes aplicaciones corriendo en la misma máquina con la misma dirección IP. Luego, con el objetivo de control de error, las implementaciones de TCP y UDP realizan un control de paridad para detectar errores de bit. Si se detecta un error TCP/UDP descarta el paquete para que la capa superior (por ej. RTP) no lo reciba. A diferencia de UDP, TCP utiliza retransmisiones para recuperar el paquete descartado lo que hace a este un protocolo de transmisión confiable.

TCP también utiliza control de flujo para adaptar la tasa de transmisión según el nivel de congestionamiento de la red.

Dado que las retransmisiones de TCP provocan demoras, UDP es el protocolo más usado para *streaming* de video. Sin embargo, dado que UDP no asegura la entrega, el receptor deberá confiar en la capa superior (RTP) para detectar las pérdidas de paquetes.

2.2.1.1.1.2 Protocolo RTP

RTP es un protocolo estándar para Internet que provee transporte de punta a punta soportando aplicaciones de tiempo real. RTCP es el protocolo compañía diseñado para proveer realimentación sobre la QoS a los participantes de la sesión RTP. Se dice que RTP es un protocolo de transferencia de datos mientras que RTCP es un protocolo de control.

Las funciones que provee RTP son:

- *Marcado-temporal*: Las marcas temporales permiten sincronizar diferentes flujos de medios.
- *Numeración de secuencias*: Dado que UDP no envía los paquetes en secuencia, RTP los numera para que puedan ser ordenados a su llegada.
- *Identificación del tipo de carga*: Se identifica el tipo de carga útil en el paquete con un campo de cabezal RTP.
- *Identificación de fuente*: Cada paquete RTP se identifica con un cabezal llamado SSRC⁶² que actúa como identificador de la fuente.

2.2.1.1.1.3 Protocolo RTCP

RTCP es un protocolo de control diseñado para trabajar junto con RTP y provee los siguientes servicios:

- *Realimentación de QoS*: Es la función principal del RTCP. La información se envía a través de reportes de remitente y reportes de receptor. Estos reportes contienen la información de:
 - Fracción de paquetes RTP perdidos desde el último reporte,

⁶² SSRC: *Synchronization SouRCe identifier*

- Número de paquetes perdidos acumulado desde el comienzo de la recepción,
- *Jitter*⁶³ de paquetes y demora desde la recepción del último reporte de remitente.
- *Identificación del participante*: La fuente puede ser identificada por el campo SSRC en el cabezal RTP, pero este identificador para los humanos. RTCP provee mecanismo amigable para este servicio. RTCP SDES⁶⁴ son paquetes que contienen información de los participantes de la sesión incluyendo nombre de usuario, teléfono, e-mail y otros.
- *Escalado de control de paquetes*: Para escalar según el número de participantes se mantiene el número total de paquetes a un 5 % de ancho de banda total de la sesión. A su vez, dentro de los paquetes de control, un 25 % se utiliza para reportes de envío y un 75 % para reportes de recepción.
- *Sincronización entre medios e Información de control de sesión mínima*: Transporta información de la sesión.

2.2.1.1.2 PROTOCOLOS DE CONTROL DE LA SESIÓN

2.2.1.1.2.1 Protocolo de control de sesión RTSP

El protocolo de *streaming* en tiempo real RTSP es un protocolo de control de sesión para la realización de *streaming* de medios sobre Internet. Una de las funciones principales de RTSP es el soporte de comando de tipo VCR como parada, pausa, resumir, avance rápido y retroceso rápido. También RTSP permite la elección de los canales de envío (por ejemplo UDP, y multidifusión UDP o TCP) y los mecanismos de envío basados en RTP, RTSP funcionan tanto en difusión punto a punto como en multidifusión.

⁶³ *Jitter*: es la variación en el retardo, en términos simples la diferencia entre el tiempo en que llega un paquete y el tiempo que se cree que llegará el paquete.

⁶⁴ RTCP SDES: RTCP Source Description.

RTSP también provee:

- Recuperación de medios a solicitud del cliente
- Invitación de un servidor de medios a una conferencia
- Adición de medios a una sesión existente

RTSP debe proveer los mismos servicios para audio y video como lo hace HTTP⁶⁵ para texto y gráficos. En RTSP cada trama se identifica con un RTSP URL⁶⁶.

2.3 ARQUITECTURA DE LA RED IPTV ^[32]

En la figura 2.8 se puede observar la arquitectura para *streaming* de video. Esta arquitectura de red IPTV se puede analizar bajo 5 apartados:

- Adquisición
- Servidores
- Distribución
- Red de Acceso
- *Software*

⁶⁵ HTTP: *HiperText Transfer Protocol*.

⁶⁶ RTSP URL: *Universal Resource Locator*.

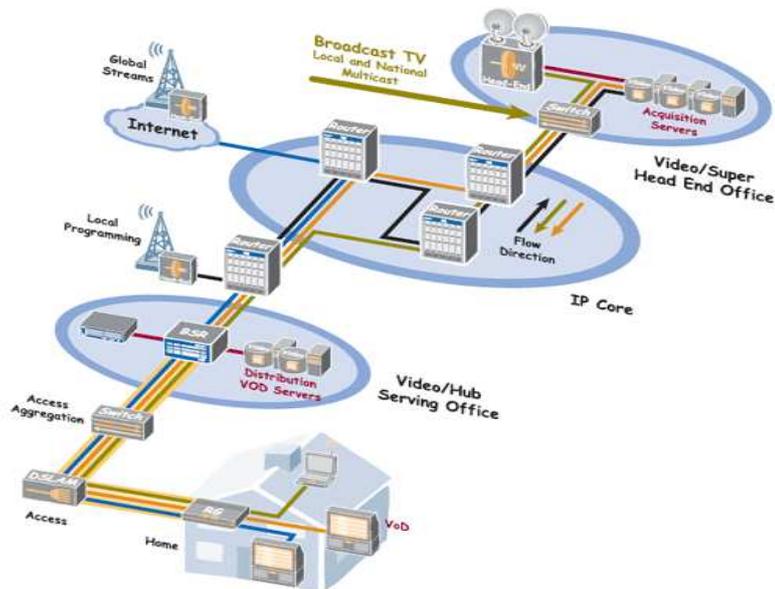


Figura 2.8: Arquitectura para *streaming* de video ^[32]

2.3.1 ADQUISICIÓN

Esta etapa consta de las siguientes subetapas:

- Recepción de contenidos
- Procesamiento, digitalización, codificación y formato de video
- Encriptación
- Generación de la guía de programación

El contenido se puede obtener a través de Internet de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión. Se utilizan unos dispositivos llamados codificadores para digitalizar y comprimir el video analógico obtenido. Este codificador, habilita la compresión de video digital habitualmente sin pérdidas. La elección del codificador tiene mucha importancia, porque determina la calidad del video final, la tasa de bits que se enviarán, la robustez ante las pérdidas de datos y errores, el retraso por transmisión, etc.

2.3.2 SERVIDORES

Esta etapa consta de las siguientes subetapas:

- Almacenamiento de contenidos
- Respaldo
- *Streaming* de video
- Licencias

Se tratan de servidores IP que permiten enviar distintos flujos de video a la vez. En estos servidores se realiza el almacenamiento temporal de paquetes durante la transmisión de información, para crear una reserva de paquetes que puede ser usada durante el retraso de una transmisión de paquetes o en las peticiones de reenvío de paquetes. Mientras un *buffer* de paquetes está comúnmente localizado en el aparato receptor, un *buffer* de paquetes también puede ser colocado en el aparato emisor, esto permite la rápida selección y reenvío de paquetes cuando sean solicitados por el receptor. El *buffering* de paquetes es usado en los sistemas de IPTV para reponer el retraso en envíos y la pérdida de paquetes que ocurre cuando se ven señales IPTV. Un *buffer* de paquetes recibe y añade pequeñas cantidades de retraso en los paquetes así que cuando los paquetes son recibidos parece que no han tenido retrasos.

La cantidad de *buffering* de paquetes para sistemas IPTV puede variar de décimas de segundos a decenas de segundos. La figura 2.9 muestra que durante la transmisión de paquetes desde el servidor de medios al televidente, algunos tiempos de transmisión varían (*jitter*) y algunos paquetes son perdidos durante la transmisión. El *buffer* de paquetes almacena temporalmente datos antes de proveerlos al reproductor de medios. Esto crea el tiempo necesario para sincronizar los paquetes y para hacer la petición de reenvío y reemplazar los paquetes perdidos durante la transmisión.

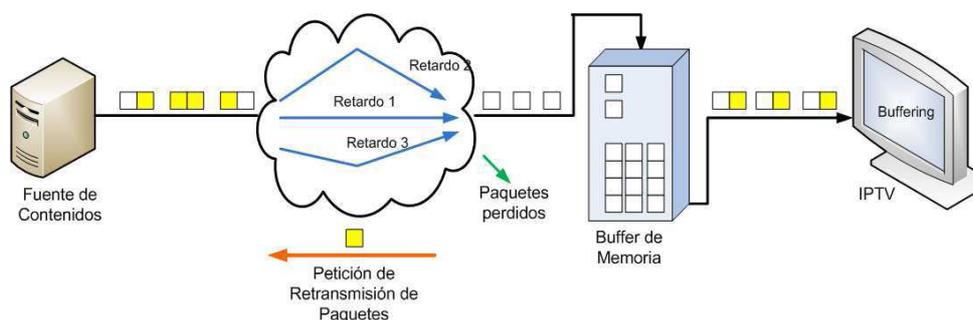


Figura 2.9 Almacenamiento de paquetes [6]

2.3.3 DISTRIBUCIÓN

En esta etapa se distinguen las siguientes etapas:

- Red de transporte de alta capacidad
- Direccionamiento del contenido
- Servidores Locales
- Conversión de última milla

La red de transporte ha de ser de alta capacidad para permitir el flujo bidireccional de datos, controlar los datos de sesiones, la facturación de los clientes, etc. Lo más importante es la alta capacidad de transferencia para poder ofrecer buena calidad a los clientes. En la red del proveedor del servicio se usan estándares como *Gigabit Ethernet*.

2.3.4 RED DE ACCESO

En esta red se encuentra los siguientes elementos:

- *Módem*
- Caja decodificadora
- Televisión o PC

La red de acceso es el punto donde termina la red del proveedor y comienza el equipo del usuario. En este punto hay un dispositivo encargado de decodificar la información para poder verla en un televisor convencional. El *software* se encarga de proporcionar al usuario los servicios a través de un sistema de menús en la pantalla de su televisor. Permite la interacción entre el cliente y el sistema.

2.3.5 SOFTWARE

En esta etapa se distinguen las siguientes subetapas:

- Administración del contenido
- Facturación
 - Administración de sesiones
 - Compra de contenido

El *Software* es el responsable de presentar algunas funcionalidades del servicio al usuario final, de modo gráfico y amigable, como la guía de programación interactiva que corre en la caja digital del suscriptor, la creación de ofertas de servicios y su respectiva entrega en la red de distribución, administración de interacciones con el cliente y cualquier sistema de administración y/o protección de derechos/copia digital.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE IPTV

El proceso de transmisión de la televisión sobre IP puede comenzar desde un servidor donde esté almacenado el video, desde una transmisión en vivo o puede ser una señal satelital. Para convertir la señal de la fuente en datos digitales, debe pasar por un codificador, luego estos datos digitales son encapsulados en paquetes IP. Antes de ser distribuidos al usuario final, la señal de IPTV debe ser encriptada; luego es transmitida para llegar a un *Set Top Box* que convierte los datos digitales en señal analógica para que pueda ser interpretada por el televisor.

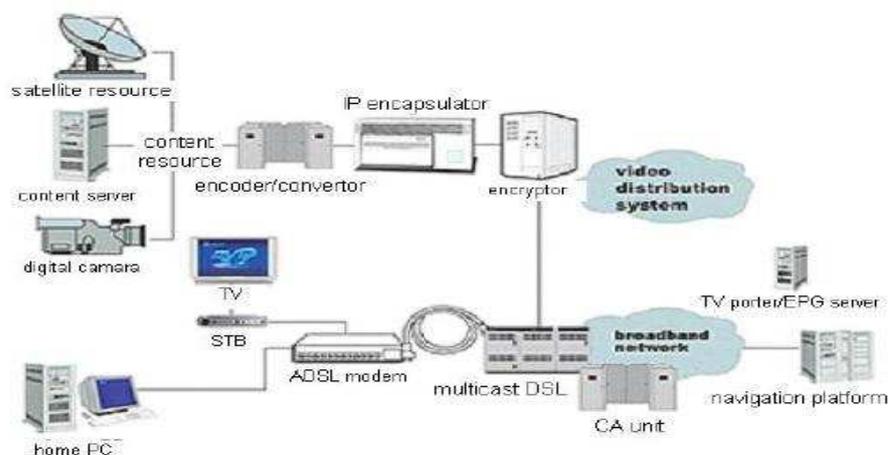


Figura 2.10: Esquema de IPTV [36]

2.4.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA IPTV

El sistema IPTV es básicamente un sistema de distribución de televisión que hace uso de las redes IP para entregar múltiples canales de audio y video.

Una red de televisión IP está constituida por los siguientes bloques principales:

- *HeadEnd* (HE),
- Video bajo demanda (VoD),
- *Middleware* (MW),
- Sistema de control de derechos (DRM),
- *Set Top Box* (STB),
- *Home Gateways* (HG),
- Servidores para la gestión de la red y de las direcciones IP de los STB.

2.4.1.1 *HeadEnd*

Como se mencionó en el capítulo I, en el *HeadEnd* o cabecera se concentra el conjunto de elementos que incluyen las funciones de recibir las señales en vivo

(transmitidas vía satélite o provistas por fuentes de contenido local) y convertirlas al formato necesario para su transmisión por la red y su posterior recepción por los STB⁶⁷. En la Figura 2.11 se muestra el sistema *HeadEnd* en donde se agrupan varias fuentes de información, se decodifica, selecciona y retransmite programación de video a la red de distribución IP.

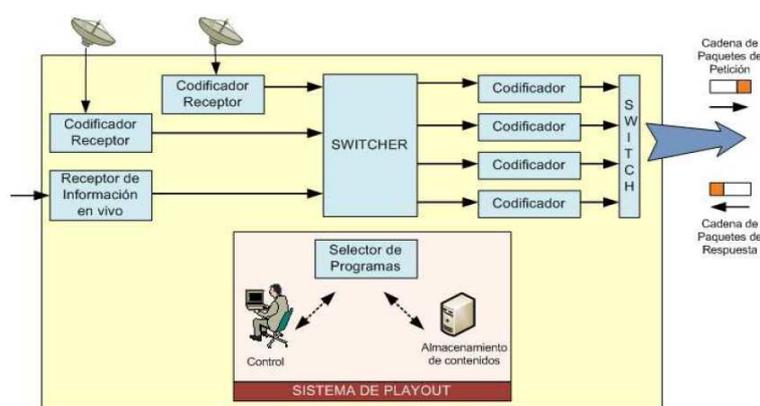


Figura 2.11 Sistema *HeadEnd* [6]

En el *HeadEnd* se encuentran los receptores integrados que combinan varias funciones receptoras, decodificadoras, descriptadoras en un solo montaje. Después de que el *HeadEnd* recibe, separa y convierte las señales entrantes en nuevos formatos estas son seleccionadas y codificadas (conversión a paquetes) para ser enviadas al sistema distribuidor de paquetes IPTV. Las señales de video son codificadas para prevenir el uso no autorizado de las mismas, antes de que sean enviadas al sistema de cable distribuidor. Los *HeadEnd* locales pueden estar conectados a *HeadEnd* regionales que a su vez pueden estar conectados a un súper *HeadEnd*. Para reducir el costo de un sistema IPTV, los sistemas *HeadEnd* pueden ser compartidos por varios sistemas de distribución.

2.4.1.1.1 COMPONENTES DEL HEADEND IP

2.4.1.1.1.1 Receptor Decodificador Integrado (IRD)

⁶⁷ STB: Set Top Box.

Es un equipo capaz de recibir, decodificar, descriptar y convertir las señales emitidas (como las de un sistema de satélite) a una forma que pueda ser transmitida o usada por otros equipos.

Los IRD son usados para demodular y descriptar los flujos de transporte multi-programas (MPTS) de una antena satelital. El IRD tiene un receptor que puede seleccionar y demodular un canal específico. El decodificador divide los canales entrantes en sus partes componentes. El descriptador puede convertir la información encriptada en un formato que el sistema pueda usar. Un convertidor de interface puede cambiar el formato del medio para que sea utilizado por otros dispositivos.

El IRD recibe señales provenientes ya sea de un receptor satelital o de una red de datos, procesa esta información y entrega a la salida señales de video análogo o a su vez señales digitales de alta definición, las mismas que serán entregadas a conexiones de datos IP de alta velocidad.

2.4.1.1.1.2 Receptor Off-Air

Un receptor off-air es un equipo que contiene un sintonizador, demodulador y decodificador para señales de televisión análogas o digitales. Este tipo de receptores son usados en sistemas de televisión por cable para recibir canales emitidos localmente haciendo posible retransmitirlos por el sistema de televisión. Se menciona este equipo, puesto que en algunos países puede ser un requerimiento regulatorio el tener que transmitir canales de televisión local en los sistemas de IPTV.

El receptor *off-air* contiene un sintonizador que permite seleccionar un canal específico de televisión. Estos pueden ser simples sintonizadores de televisión análoga (NTSC, PAL o SECAM) o pueden ser capaces de demodular y decodificar canales de televisión digital (TDT).

2.4.1.1.1.3 Switch de Paquetes

Dispositivo utilizado para enviar y recibir paquetes en una red de datos. Éste equipo recibe el paquete de datos, lee la dirección destino, busca en su base de datos, y los envía al destino correspondiente. Es usado en un *HeadEnd* de IPTV para seleccionar y enviar paquetes desde un flujo de programas de televisión a su destino en el sistema IPTV. El destino de estos puede ser un servidor o un *hub* de medios que redistribuye el flujo de paquetes a un grupo de receptores o a un aparato visual individual como un cliente que este viendo un video o programa bajo demanda.

3.4.1.1.1.4 Manejo de Contenidos

Equipo que cumple funciones similares a las realizadas en la etapa de adquisición detallada en la arquitectura de la red IPTV. Es decir, recepta contenidos, los procesa, digitaliza, codifica y encripta. Luego de que el contenido es adquirido o está siendo transferido, es adaptado y almacenado en servidores de video inicial, este contenido puede ser posteriormente editado. La adquisición de contenido puede requerir licencias, costos asociados y restricciones de mismo. Los términos de licenciamiento de contenido pueden definir el tipo específico de sistema (cable, Internet o video, el área geográfica donde se transmitirá el contenido, los tipos de usuarios así como también las limitaciones específicas de uso, como el número de veces que se puede transmitir un programa por mes. El sistema de adquisición de contenido se conecta a un sistema de facturación para calcular los costos de derechos de autor y otros costos por los medios. A su vez este equipo se encarga de la generación de la guía de programación.

2.4.1.1.1.5 Sistemas de Playouts

Sistemas usados para seleccionar y asignar programas en cierto orden y en determinados espacios de tiempo, en los canales de televisión que van a ser mostrados a los usuarios. Además, pueden ser capaces de seleccionar eventos

primarios o secundarios. Los primarios son los programas que van a ser transmitidos, los secundarios son medios que se usan o combinan con los primarios, por ejemplo: la inserción de logos, despliegue de texto, montaje de audio o efectos especiales.

2.4.1.1.1.6 Almacenamiento de Activos

El almacenamiento de activos se usa para guardar medios o datos de importancia en sistemas de memoria los mismos que son configurados en una estructura jerárquica para permitir la coordinación de medios guardados. Algunos de los diferentes tipos de almacenamiento incluyen memoria cache, memoria en línea, casi en línea y fuera de línea (*Offline*).

2.4.1.1.1.7 Procesamiento de Contenido

Sistema que hace referencia a la adaptación, modificación o combinación de medios en otros formatos. Este proceso puede incluir: procesamiento de gráficos (requerido para integrar imágenes con el programa de fondo), codificación del contenido (manipulación de la información o de los datos para cambiarlos a otros formatos), compresión de medios (para reducir el ancho de banda) y transferencia de códigos.

2.4.1.1.1.8 Inserción de Anuncios

Para insertar un anuncio se puede basar en un método que es introducir un tono el cual indica el inicio de un espacio publicitario en un programa. Cuando los medios entrantes son recibidos por el equipo de montaje, éste anuncia al servidor de anuncios que un medio de publicidad es requerido.

El servidor de medios coloca estos datos en el programa que lo requiere. El flujo resultante con el nuevo anuncio es enviado a los usuarios por el sistema distribuidor.

2.4.1.2 Video Bajo Demanda

El Sistema de video y audio bajo demanda, es el sistema encargado de almacenar y transmitir a la red videos y pistas de audio que podrán ser solicitados por los clientes para ser recibidos a demanda.

2.4.1.3 Middleware

Sistema cuyo objetivo es soportar la entrega de servicios de IPTV. El *Middleware* define y coordina la forma en que el usuario interactúa con el servicio de IPTV, y soporta la interacción de los distintos servidores de aplicaciones con el *HeadEnd*.

El *Middleware* también podrá contar con un módulo de prestación de servicios. El *Middleware* constituye una especie de servidor de portal que es accedido y utilizado por una aplicación “cliente” que se ejecuta en el STB.

2.4.1.4 Sistema de control de derechos

El sistema de control de derechos será el que se encargará de la encriptación de los contenidos de modo que no se vulneren los derechos de propiedad intelectual de los contenidos al ser transmitidos en la red.

2.4.1.5 Set Top Box

Los STB serán los equipos que se conectarán con el TV del cliente. Deberán decodificar las señales para que se transportan como flujos de información multimedia sobre el protocolo IP para hacerla compatibles con una TV.

Cada STB deberá disponer de un control remoto el cual será utilizado por los clientes para enviar las órdenes al sistema.

2.4.1.6 Home Gateways

Los “home gateways” serán los que permiten mapear diferentes calidades de servicio.

Así, una entrada es para conectar la red residencial de Internet (basada en servicios de mejor esfuerzo) y la otra para conectar a los STB de IPTV, que requieren de calidad de servicio.

2.4.1.7 Servidores para la gestión

Finalmente, se deberá contar con un Sistema de Gestión que permita realizar las tareas de Operación y Mantenimiento de los distintos elementos del sistema.

En la Figura 2.12 se muestra la topología del sistema IPTV mencionado:

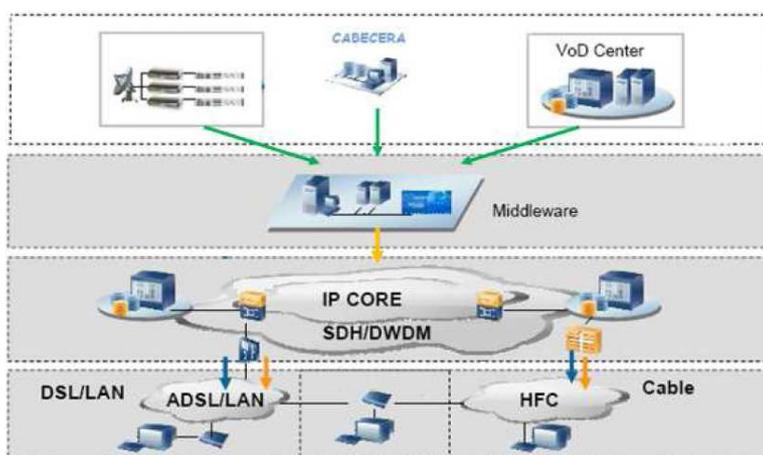


Figura 2.12: Topología del sistema IPTV [33]

2.5 ARQUITECTURA DE REFERENCIA DE UNA RED IPTV PARA EL DISEÑO DEL PRESENTE PROYECTO ^[33]

A continuación se muestra la arquitectura de referencia de una red IPTV según ATIS⁶⁸:

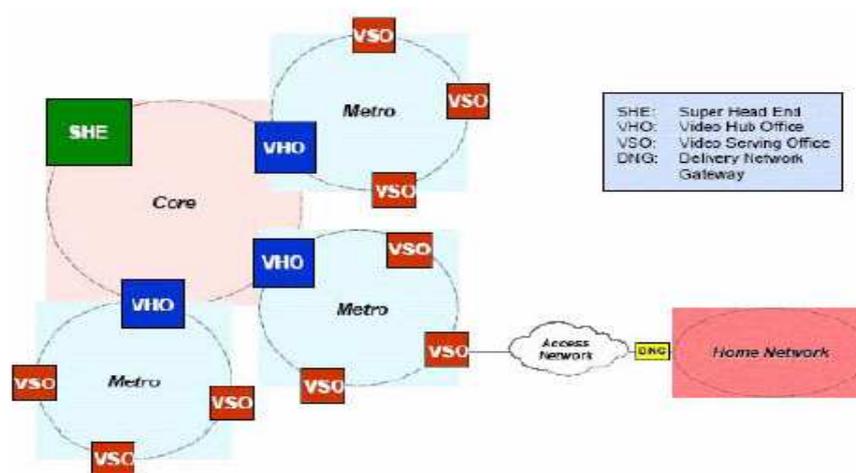


Figura 2.13 Arquitectura de referencia para IPTV ^[33]

Como se aprecia en la figura anterior, en esta arquitectura se definen los siguientes puntos de referencia:

- SHE (*Super Head End*)
- VHO (*Video Hub Office*)
- VSO (*Video Serving Office*)
- DNG (*Delivery Network Gateway*)

2.5.1 SHE (SUPER HEAD END)

⁶⁸ ATIS: *Alliance for Telecommunications Industry Solutions*.

Sitio donde se reciben las señales de *broadcast* desde diferentes medios, se agregan, se procesan, codifican y desde allí se distribuye al resto de la red. También puede ser un punto donde se realice un almacenamiento primario de contenidos a demanda.

2.5.2 VHO (VIDEO HUB OFFICE)

Sitio desde donde se distribuyen los contenidos a grupos definidos de usuarios finales a través de la red de agregación (también denominada Metro).

2.5.3 VSO (VIDEO SERVING OFFICE)

Sitio desde donde se accede a los usuarios a través de las redes de acceso. En este punto se ubican típicamente los nodos de agregación y equipos de acceso (DSLAMs, PON).

2.5.4 DNG (DELIVERY NETWORK GATEWAY)

Equipo de red que se instala en la casa del cliente. Tiene una interface WAN hacia la red del Proveedor de Servicio (típicamente *Ethernet* 10/100 Mbps que se conecta al equipo terminal del acceso, por ejemplo *módem* DSL) y una interface LAN hacia casa del cliente.

Entre los puntos de referencia mencionados, se definen segmentos (Figura 2.14) que se corresponden con la arquitectura general para *streaming* de video, teniendo así las siguientes correspondencias: segmento de acceso/capa de acceso, segmento de

agregación o metro/capa de agregación, segmento de *core*/capa de *core*. Cabe destacar que en esta arquitectura no se tiene la capa de distribución, pero las funciones de los equipos en esta capa están incluidas en el VHO.

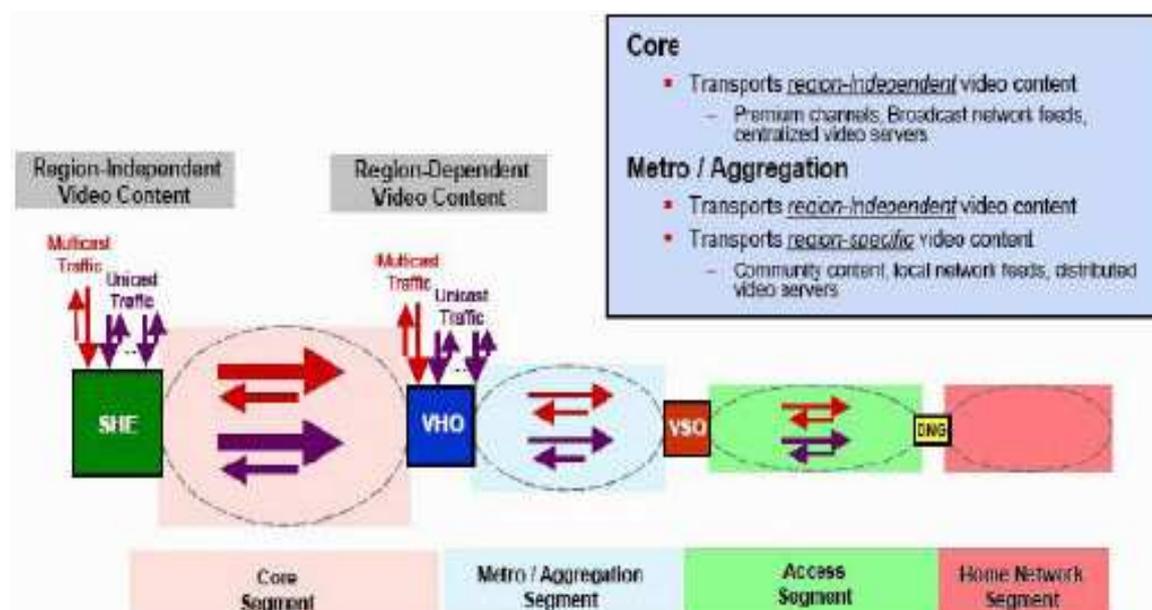


Figura 2.14 Segmentación de la arquitectura de IPTV [33]

Existen varias alternativas para el transporte en la red de agregación. Para fines del presente proyecto, la alternativa utilizada será *Ethernet* sobre MPLS (*MultiProtocol Label Switching*). Con MPLS en la red de agregación es posible conectar servicios *Ethernet* punto a punto y servicios *Ethernet* punto a multipunto o multipunto-multipunto.

La elección de la tecnología MPLS brinda escalabilidad, seguridad, rápida recuperación ante fallos y facilidades de OAM (Operación, Administración y Mantenimiento).

2.6 APLICACIONES QUE OFRECE EL SISTEMA IPTV

2.6.1 PORTAL DE TV

La capa Aplicación del sistema IPTV es el *Middleware*. Éste es el encargado de administrar la solución completa uniendo las distintas aplicaciones para crear un conjunto de servicios que serán suministrados, controlados y facturados de acuerdo a las definiciones del prestador del servicio.

A manera de facilitar a los usuarios el acceso a los servicios de IPTV, el middleware dispone de un portal de TV. En él se puede encontrar un menú principal con el fin de que los STB presenten a los suscriptores los diversos servicios y aplicaciones de middleware disponibles.

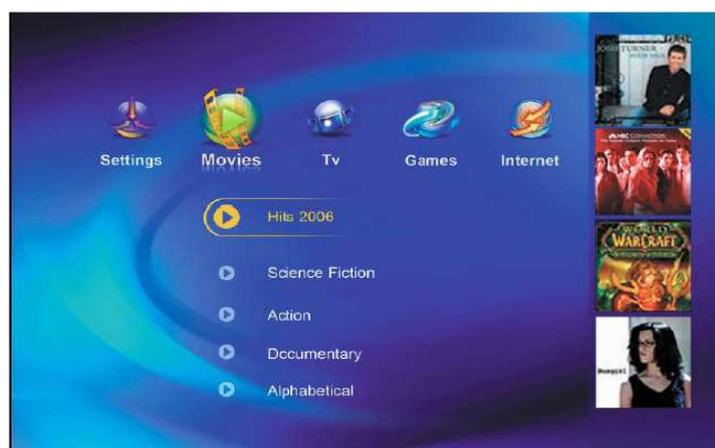


Figura 2.15 Portal de TV que dispone *Middleware* ^[34]

2.6.1.1 Guía Electrónica de Programación (EPG)

La guía electrónica de programación (EPG) es una de las herramientas principales que dispone el sistema IPTV. Consta básicamente de una agenda donde se presenta la programación prevista de los canales en vivo contratados. El alcance de la misma es de 7 días. A diferencia de la TV Guía (revista mensual que se hace llegar al usuario), la EPG constituye una manera más fácil y ágil en lo que respecta al cambio de canales. Existe un botón específico en el control del STB para ingresar a ella.

La EPG es configurada por el operador. Navegando por ella se puede acceder a una información más amplia de los programas actuales, pasados o futuros como: sinopsis, duración, género, origen; director, actores entre otras cosas. En la Figura 2.16 se puede apreciar la interfaz de la EPG:



Figura 2.16 Interfaz de la EPG [34]

2.6.1.2 Personal Video Recorder (PVR)

El PVR (*Personal Video Recorder*), permite a los suscriptores del servicio de IPTV la grabación de programas en vivo para ser reproducidos posteriormente emulando las funcionalidades de un video grabador. Durante la reproducción se dispondrá las funciones de *Play*, *Pause*, *Stop*, *REW* (reversa), *FF* (avance rápido).

Dependiendo de la solución de IPTV que se adopte, el almacenamiento de los programas grabados pueden realizarse esencialmente de dos modos. En discos rígidos que pueden disponer STB de gama alta o en discos rígidos que se dispongan en la red para este fin.

En caso que se utilice como recurso de almacenamiento discos rígidos en la red (llamado en algunos casos *Network PVR*) se tiene la ventaja que los mismos son compartidos por todos los clientes, provocando un mayor aprovechamiento de este

recurso. Además, aplicando esta técnica, se deja menos expuesto el contenido a la piratería.

Si se almacena lo grabado con el PVR en discos rígidos ubicados en los STB, se tiene la limitante que solamente podrán hacer uso de la facilidad los suscriptores que tengan acceso al costo de un STB de alta gama (con disco rígido). En contraste al tipo de almacenamiento anterior, esta modalidad, no provoca el exceso de tráfico en la red como ocurre con el *network* PVR.

2.6.1.3 Time Shift TV (TSTV)

El TST (*time Shift TV*) o pausa de TV en vivo es una novedosa funcionalidad que permite “congelar” una imagen de un programa en vivo o repetir (*Replay*) alguna escena que fue reproducida recientemente. Luego de la pausa o replay se puede continuar viendo el programa que se está transmitiendo en vivo pero desfasado en el tiempo de acuerdo a la duración de la pausa o replay que se hubiera hecho.

A esta funcionalidad también se accede con un botón especial del control remoto del STB.

La implementación de esta funcionalidad se basa en almacenar en discos rígidos un tiempo estipulado de la programación en vivo que se esté presenciando. Esa “porción de historia” de programa permitirá realizar un replay de lo ocurrido como máximo en ese tiempo almacenado o permitirá que durante la pausa o reproducción de replay se almacenen las escenas que se continúan emitiendo en el canal en vivo.

En el caso que se almacene en discos rígidos de la red, el exceso de tráfico puede llegar a ser muy grande si no se controla esta funcionalidad. Por ejemplo, en caso de que se esté transmitiendo un evento deportivo, muchos usuarios requerirán al mismo tiempo la repetición de una misma escena provocando esto un pico de tráfico en la red. Por otro lado, si existen muchos usuarios que estén viendo un programa desplazado en el tiempo también penalizaría la red salvo que se disponga de discos rígidos en los STB.

2.6.2 APLICACIONES DISPONIBLES EN IPTV

Las aplicaciones que puede ofrecer el sistema IPTV vienen dadas en función de la Tipología de servicios de los mismos. Es así que, se tiene los siguientes tipos de servicios:

- *Broadcast* (actualización periódica)
- Interactivo
- Transaccional

2.6.2.1 *Broadcast* (Actualización Periódica)

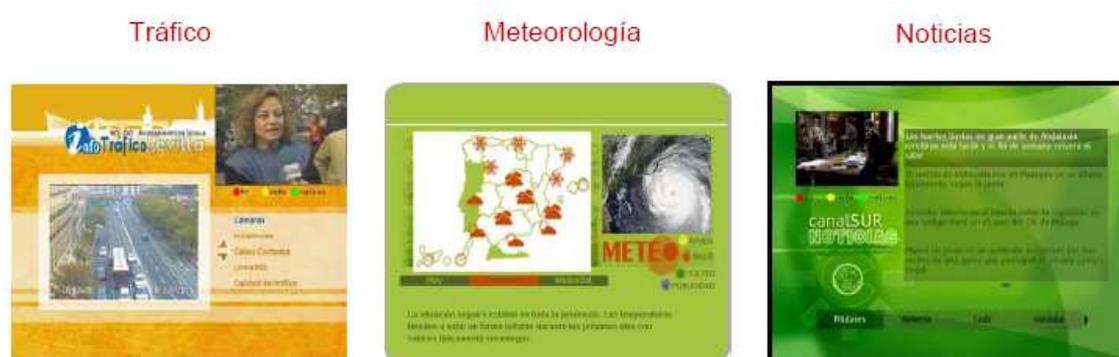


Figura 2.17: Aplicaciones de *Broadcast* (actualización periódica) [35]

Dentro de este grupo servicios se encuentran las siguientes aplicaciones:

- *Video On Demand* (VOD)

Mediante el servicio de VOD (*video on demand*) el sistema de IPTV permite arrendar películas para ser visualizadas por los suscriptores. Estas están almacenadas por el operador y pueden ser reproducidas cuando las solicita el suscriptor generalmente a un costo adicional al paquete contratado.

El operador clasifica aquí la EPG las películas que dispone. Cada película es acompañada por información de: sinopsis, año, género, director, actores entre otros datos.

- *Near Video on Demand (NVOD)*

El NVOD (*Near Video On Demand*) es una alternativa al *video on demand*. Debido a que para el *video on demand* cada suscriptor inicia la visualización de la película a tiempos distintos no es posible economizar el uso de ancho de banda en la red en este tipo de aplicaciones.

En caso de películas que son muy vistas (estrenos, lanzamientos, etc.) se puede tener la alternativa de emitir la misma como un canal más. De este modo varios clientes estarán sincronizados con una misma emisión y se puede ahorrar en uso de ancho de banda de la red. El inconveniente de esta alternativa se da porque los clientes se deben adaptar a los horarios que se inicia la emisión de cada una de ellas. Para minimizar el problema se puede tener varias emisiones de la misma película separadas por ejemplo cada media hora en distintos canales.

- *Pay Per View (PPV)*

Mediante el servicio PPV (Pague Por Ver) se brinda a lo suscriptores la facilidad de contratar la posibilidad de ver un programa en particular. Es una característica que generalmente es utilizada para eventos deportivos o conciertos que están siendo emitidos en vivo. La modalidad conjuga características de transmisión de TV en vivo y exige una contratación del contenido como en los casos de VOD o NVOD.

2.6.2.2 Interactivo



Figura 2.18: Aplicaciones Interactivas [35]

Como su nombre lo indica son aplicaciones interactivas entre el usuario y el *middleware*. Entre estas aplicaciones se tiene:

- *Compras*

Como el sistema incluye un PIN para la compra de servicios también se puede extrapolar para la compra de otros artículos.

Puede haber canales especiales para esto o sencillamente opciones de menú para compra de comida rápida, medicamentos, entradas a conciertos, etc.

- *Web TV y E-Mail*

Algunas implementaciones de IPTV incluyen la capacidad de contar con un acceso a Internet desde el STB. Esta funcionalidad permite que un cliente que no dispone de un PC pueda navegar por Internet desde su televisor. .

El principal inconveniente de este servicio es el que la pantalla de los televisores no cuenta con la misma calidad que la de los monitores por lo que la visualización de una página *WEB* diseñada para ser vista en el monitor de un PC, con una resolución

igual o mayor a 800x600 píxeles, va a ser visualizada parcialmente en un TV resultando en inconvenientes de desplazamiento.

Del mismo modo es posible que se cuente con un cliente de correo que permita revisar y enviar correos desde un TV.

- *Juegos*

Dado que el crecimiento de la industria de los juegos tiene un futuro prometedor, las plataformas de IPTV pueden incluir juegos para la TV.

A pesar de que en la actualidad sólo se ha implementado juegos sencillos, la potencialidad que existe es muy grande y los fabricantes de STB están trabajando para disponer de STB que funcionen como consolas de juegos.

2.6.2.3 Transaccional

- *Consulta de factura*

Es posible implementar esto con la factura del servicio de IPTV o con otras facturas de otras cuentas.

- *Pago de facturas/cuentas*

Es un modo más de pago/compra que integra la consulta de factura con el mecanismo de pago.

- *Votación*

Es una opción que puede ser fácilmente implementada y puede ser aprovechada en programas de noticias o de entretenimientos.

- *Apuestas*

El mecanismo de pago permite implementar esta facilidad. Puede ser creado para apostar en resultados de eventos deportivos que se televisarán o como un modo de juego.



Figura 2.19: Aplicaciones del tipo Transaccional [35]

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UNA RED DE VIDEO IP CON ARQUITECTURA REDUNDANTE PARA LA EMPRESA TVCABLE

3.1 ANTECEDENTES

Actualmente la red de televisión digital de Grupo TVCable, presenta la siguiente estructura:

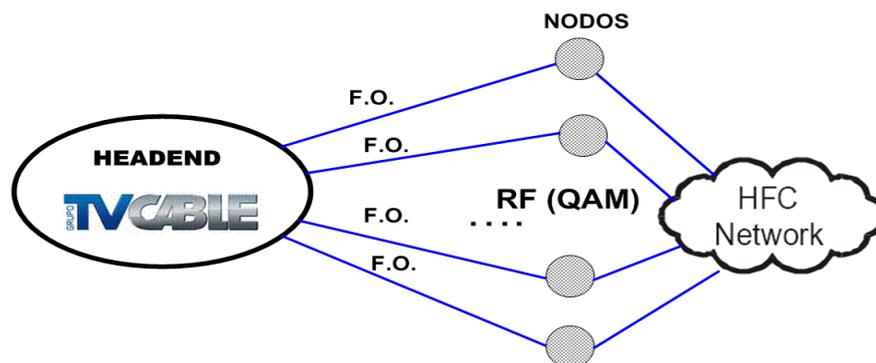


Figura 3.1: Arquitectura actual de la red de televisión digital ^[22]

Esta arquitectura, podría presentar falencias en porcentajes de disponibilidad, ya que no existe redundancia entre las rutas.

Por otro lado, el video transportado entre el *HeadEnd* y la red HFC, continúa en RF bajo modulación QAM⁶⁹.

⁶⁹ QAM: combinación de modulación en fase y en amplitud. En QAM se aprovecha el hecho de que es posible enviar simultáneamente dos señales diferentes sobre la misma portadora, utilizando dos réplicas de la misma desplazadas entre sí 90°. En QAM cada una de las dos portadoras es modulada usando ASK. Las dos señales independientes se transmiten sobre el mismo medio.

3.2 ANÁLISIS DE LA ACTUAL INFRAESTRUCTURA INSTALADA EN EL GRUPO TVCABLE SOBRE LA CUAL SE PROPONE EL DISEÑO

Por las razones mencionadas en el apartado anterior, se propone la conversión de video sobre IP debido a que se podría aprovechar las ventajas de la televisión digital siendo éste el primer paso para la futura implementación de IPTV.

La transmisión de televisión sobre redes IP brinda las siguientes ventajas:

- Flexibilidad de transmisión en redes híbridas (terrestre, par telefónico, cable y satélite).
- Eficiencia en el uso de ancho de Banda.
- Mejora en la calidad del video (variable según el ancho de banda).
- Transmisión *Multicast*, permitiendo el envío de video a múltiples destinos simultáneamente.
- Direccionamiento de transmisiones (VoD), posibilidad de control en el envío de señal a varias sitios de acuerdo a la necesidad y servicios ofrecidos.

En base a las ventajas que presenta la transmisión de televisión sobre redes IP se propone la siguiente solución que cuenta con un diseño tanto para *HeadEnd* con salida de video sobre IP así como también la respectiva configuración a implementarse en *HUBs*.

En cuanto al anillo redundante, se utilizará la red MPLS para el transporte del video en IP hacia los *HUBs* en conjunto con los tráficos de Internet, Telefonía y de control.

En la Figura 3.2 se muestra la estructura del diseño mencionado:

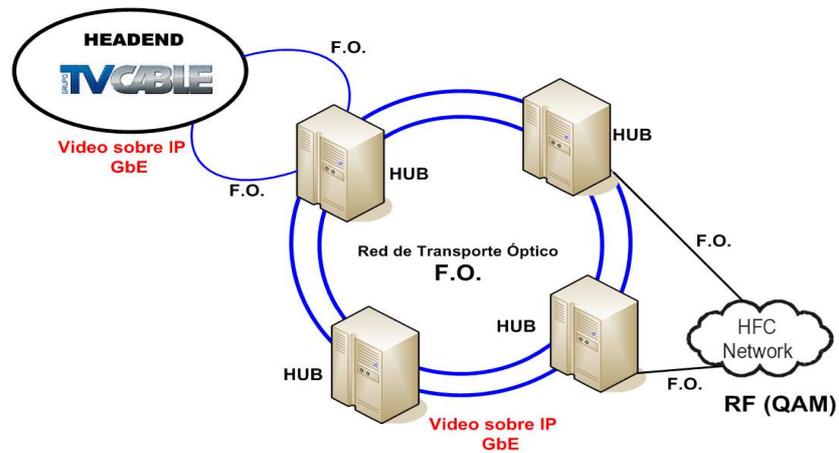


Figura 3.2: Estructura del diseño propuesto

3.3 DISEÑO DE LA RED PLANTEADA PARA LA TRANSMISIÓN DE VIDEO IP

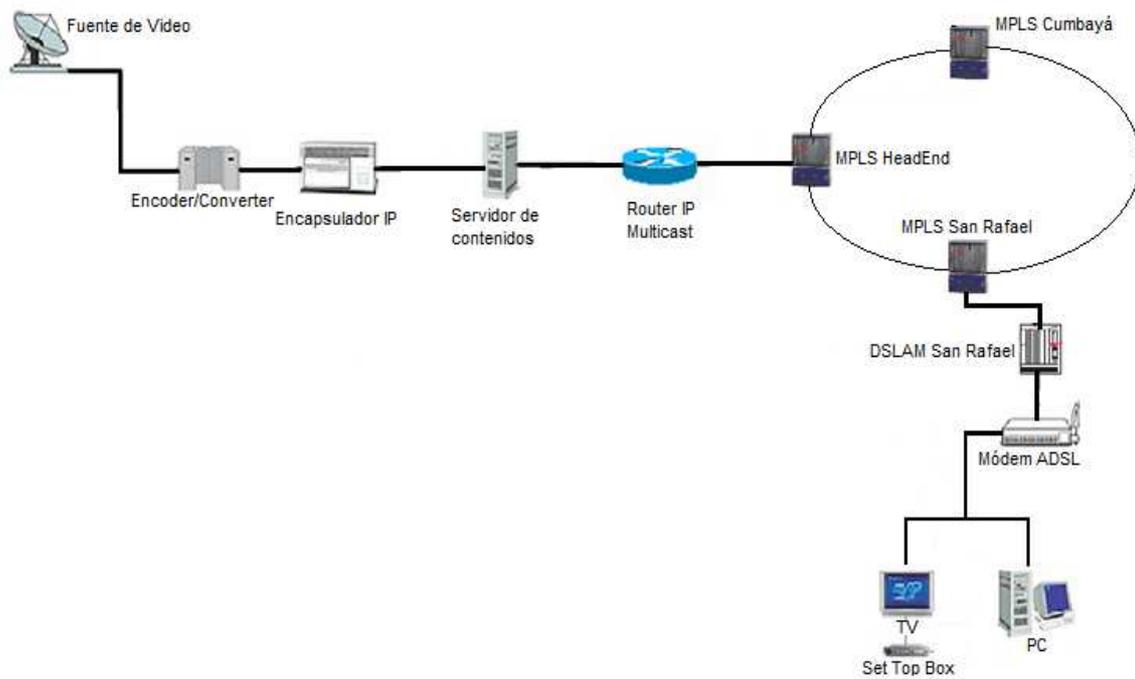


Figura 3.3: Infraestructura planteada

En la primera etapa se recopila el contenido para integrar la oferta programática; en la segunda se encuentran los servidores para almacenamiento de video; la tercera se ocupa de la distribución de las señales a través de la red de transporte de alta capacidad y, por último, la red de acceso entrega el contenido al usuario, que lo puede visualizar en su terminal.

3.3.1 REQUERIMIENTOS FÍSICOS DE LA RED DEL GRUPO TVCABLE

En base al diseño indicado en el apartado anterior, es necesario considerar los requerimientos físicos de la red a utilizarse. Actualmente, la Red Actual del Grupo TVCable cuenta con las siguientes capacidades:

- Red de Core: 10 Gbps
- Red de Distribución: 1Gpbs
- Red de Acceso: 100 Mbps

Las capacidades mencionadas son suficientes para brindar el servicio de IPTV en el sector, sin embargo, si el servicio fuese brindado en todo el distrito metropolitano, sería necesario considerar el incremento de estos valores pudiendo ser los siguientes:

- Red de Core: 40 Gbps
- Red de Distribución: 10 Gbps
- Red de Acceso: 1 Gpbs

3.3.2 NÚMERO DE USUARIOS Y ANCHO DE BANDA PROMEDIO POR USUARIO

Para determinar el número de usuarios asociados al MPLS San Rafael, se utilizó la herramienta ANMS, en donde se puede apreciar los usuarios configurados en cada equipo DSLAM que pega al MPLS San Rafael.

En la Figura 3.4 se muestran los equipos DSLAM conectados al MPLS San Rafael entre los que se tiene: DSLAM San Rafael y DSLAM Sangolquí.

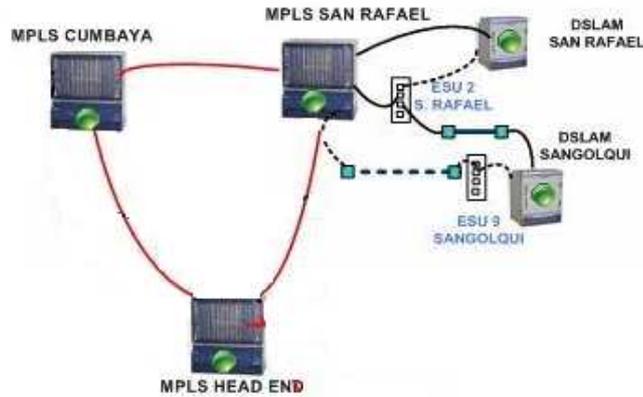


Figura 3.4: Equipos DSLAM asociados al MPLS San Rafael [22]

Mientras que en la Figura 3.5 se tiene un esquemático de la herramienta ANMS en donde constan los clientes configurados en cada DSLAM. De lo analizado, se tiene un total de 98 clientes distribuidos de la siguiente forma: DSLAM San Rafael: 47 usuarios y DSLAM Sangolquí: 51 usuarios

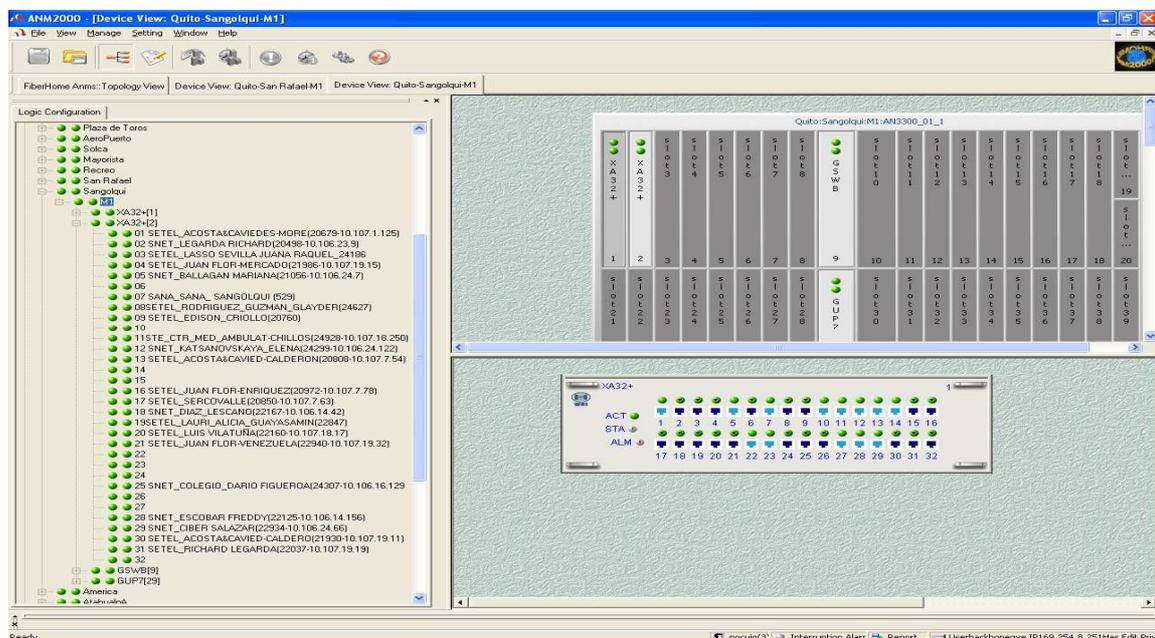


Figura 3.5: Clientes configurados en los DSLAM asociados al MPLS San Rafael

[22]

IPTV se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o video usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. A menudo se suministra junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por el operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado para tal propósito (tal es el caso del Grupo TVCable). Por ello, se requiere un mínimo de al menos unos 4 Mbps para poder recibir la señal de TV comprimida según el formato MPEG-2 o MPEG-4, algo que se consigue fácilmente con los nuevos estándares de ADSL, como son ADSL2 y ADSL2+, que pueden llegar hasta 20 Mbps en bajada, sobre el bucle de abonado, si la distancia a la central telefónica que provee el servicio no es muy elevada.

La capacidad estimada para servicios IPTV se asume entre 1 y 2 Mbps por cada canal de definición estándar (SDTV) y 7-8 Mbps por cada canal de alta definición (HDTV). Para dos canales simultáneos el ancho de banda bruto resultante es de 2-4 Mbps para un servicio básico u 8-10 Mbps si se incluye un canal HDTV. A esta capacidad habrá que añadirle el ancho de banda contratado para la conexión a Internet que por bajo que sea ya implica la necesidad de manejar tasas de acceso de muy alta capacidad como se muestra en la tabla 3.1:

SERVICIO	TASA BÁSICA	CONEXIÓN A INTERNET	CAPACIDAD TOTAL REQUERIDA
Paquete básico (2 canales SDTV)	2-4 Mbps	1 Mbps	3-5 Mbps
Paquete básico con 1 canal SDTV+1 canal HDTV	8-10 Mbps	2Mbps	10-12 Mbps

Tabla 3.1 Ancho de banda por usuario para IPTV

Inicialmente se tiene una proyección de distribución de la señal de IPTV a un promedio de 50 usuarios por nodo. Así, con 50 suscriptores y tomando como

referencia un consumo de 5 MB por cada uno para el caso de SDTV, se obtiene un total de 250 Mbps, lo cual está dentro de los niveles aceptables ya que la conexión entre la Red de Distribución y la Red de Core tiene una capacidad de 10 GB.

El paquete de canales a implementarse para la oferta de este servicio en el sector de San Rafael es el paquete *Super Premium* que contiene 96 canales de televisión por el precio de \$41.20 mensuales. Se eligió este paquete de canales puesto que el paquete superior a este, contiene canales de música (sin video) adicional a los canales incluidos en el paquete *Super Premium*.

De esta manera, cualquier usuario que actualmente tenga una conexión a Internet con el Grupo TVCable puede hacer uso del servicio de IPTV, siempre y cuando su Ancho de Banda contratado sea 5 Mbps o mayor, o a su vez, solicitar un incremento del mismo, al proveedor.

Dentro de este paquete se tiene los siguientes canales mostrados en la Figura 3.6:

96 canales			SUPER PREMIUM		
CANAL 2 Gamatv	CANAL 3 Cablenoticias	CANAL 4 Telemazonas			
CANAL 5 RTS	CANAL 6 Telerama	CANAL 7 Cabledeportes			
CANAL 8 Ecuavisa	CANAL 9 Informativo PPV/Teletexto	CANAL 10 TC Televisión			
CANAL 11 Ecuatv	CANAL 12 Canal Uno	CANAL 13 EWTV			
CANAL 14 Disney XD	CANAL 15 Disney Channel	CANAL 16 Discovery Kids			
CANAL 17 CBeebies	CANAL 18 Cartoon Network	CANAL 19 Nickelodeon			
CANAL 20 E! Entertainment	CANAL 21 Warner Channel	CANAL 22 Fox			
CANAL 23 Sony	CANAL 24 Universal Channel	CANAL 25 AXN			
CANAL 26 TCM	CANAL 27 Fox Life	CANAL 28 Cosmopolitan TV			

CANAL 29 Fashion TV	CANAL 30 Utilísima	CANAL 31 Casa Club TV
CANAL 32 El Gourmet	CANAL 33 Fox Sports	CANAL 34 ESPN
CANAL 35 ESPN +	CANAL 36 Discovery Channel	CANAL 37 Discovery Home & Health
CANAL 38 Discovery Travel & Living	CANAL 39 People & Arts	CANAL 40 Animal Planet
CANAL 41 National Geographic	CANAL 42 The History Channel	CANAL 43 A&E Mundo
CANAL 44 Films & Arts	CANAL 45 The Film Zone	CANAL 46 MGM
CANAL 47 TNT	CANAL 48 Europa Europa	CANAL 49 Cinecanal Oeste
CANAL 50 De Película	CANAL 51 TVN Chile	CANAL 52 América TV
CANAL 53 TVE	CANAL 60 DW	CANAL 61 TV5
CANAL 62 Canal de las Estrellas	CANAL 63 BBC Entertainment	CANAL 64 Red 2
CANAL 65 Red 3	CANAL 66 TV Hoy	CANAL 67 CNN Español
CANAL 68 CNN International	CANAL 69 RTU	CANAL 70 TV+
CANAL 71 Andivisión	CANAL 72 TV Satelital	CANAL 73 Telesucesos
CANAL 74 Unsión TV	CANAL 75 HTV	CANAL 76 MTV
CANAL 77 Infinito	CANAL 78 Antena 3	CANAL 79 FX
CANAL 80 Bloomberg Television	CANAL 81 Voice of America	CANAL 97 CityMix Este
CANAL 98 CityVibe Este	CANAL 99 CityVibe Oeste	CANAL 100 CityFamily Este
CANAL 101 CityFamily Oeste	CANAL 102 Movie City Este	CANAL 103 Movie City Oeste
CANAL 104 CityStars	CANAL 105 Cinemax Este	CANAL 106 Cinemax Oeste
CANAL 107 HBO Este	CANAL 108 HBO Oeste	CANAL 109 HBO Plus Este
CANAL 110 HBO Plus Oeste	CANAL 111 HBO Family Este	CANAL 112 HBO Family Oeste
CANAL 113 Max Prime Este	CANAL 114 Max Prime Oeste	CANAL 151 Telesur
CANAL 163 SCI FI Channel	CANAL 164 Animax	CANAL 200 Promocional PPV

Figura 3.6: Canales incluidos en el Paquete *Super Premium* ^[22]

3.3.3 ESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA LA RED IPTV DEL GRUPO TVCABLE

Como se pudo apreciar en la Figura 3.3, la red planteada está formada por las siguientes redes: *Headend*, Red de *Core* o *Backbone*, Red de Distribución, Red de Acceso y Red de Usuario.

Esta arquitectura requiere de etapas en las que se recopila el contenido para integrar la oferta de programación, servidor para almacenamiento de video, distribución de las señales a través de la red de transporte de alta capacidad (en este caso utilizando la tecnología MPLS) y finalmente la red de acceso para entregar el contenido al suscriptor.

Las etapas de adquisición y servidores se localizan en la cabecera (*HeadEnd*) del sistema.

Para digitalizar, codificar y comprimir el video se requieren codificadores que además permiten que el flujo de video pueda ser transportado por IP y recibido por la caja decodificadora del suscriptor. El codificador denominado comúnmente como códec es un dispositivo o módulo de *software* que habilita la compresión de video digital, típicamente sin pérdidas.

La red de transporte de alta capacidad permite la transmisión bidireccional del contenido, control de sesiones, autenticación de suscriptores y generación de datos de facturación. En este caso se utiliza la tecnología MPLS ya que esta se encuentra implementada en la empresa, ésta red cuenta con alta capacidad de transferencia de información capaz de soportar tasas de transmisión estables y ofrecer calidad de servicio a los suscriptores. Los equipos MPLS permiten extender el alcance de las redes de acceso. Está ubicado en la capa 4 del Sistema OSI y permite aplicar Calidad de Servicio (QoS) y Clases de Servicio (CoS).

Como se puede observar en el modelo planteado en la Figura 3.3, se utilizará dentro de la red de distribución la red de transporte MPLS por tener alta capacidad de transferencia así como también por tener redundancia entre sus nodos al estar conectados mediante un anillo de fibra óptica. Así, en base a la Figura mencionada, se puede apreciar que si se ve afectada la ruta *HeadEnd* – San Rafael, ésta se verá respaldada por la ruta *HeadEnd* Cumbayá.

Estos anillos basados en tecnología MPLS, permiten brindar localmente disponibilidades de los servicios cercanas al 100%, ya que al momento de ocurrir alguna falla en alguna ruta, el servicio se restablece a través de la otra dirección activa en el anillo y utilizando la inteligencia de los equipos de detectar las rutas en falla y las rutas activas.

La Red MPLS local de Quito se ha diseñado para tener la mejor cobertura de toda la ciudad. Las conexiones hacia el *HeadEnd* UIO tienen redundancia por dos rutas de fibra óptica separadas físicamente.

La red de transporte MPLS del Grupo TVCable se ha desarrollado con el objetivo de entregar servicios basados en la tecnología IP y de alta velocidad y con gran disponibilidad para poder entregar de manera rápida y oportuna, circuitos por fibra óptica a velocidades de 1 Gbps, 100 Mbps y 10 Mbps, en las principales ciudades del país.

En particular las soluciones de alta velocidad MPLS, se caracterizan por entregar al puerto soluciones en IP (*Internet Protocol*) optimizando las configuraciones del equipo del cliente, permitiendo administrar más fácilmente las configuraciones de redundancia, y facilitando los enrutamientos e interacción de la red del Grupo TVCable con la redes de los clientes.

La red multiservicios MPLS está en capacidad de brindar a los clientes servicios en Capa 2, o sea equivalentes a *Clear Channel*, en tecnología IP, además de dar

servicios en Capa 3, completamente administrados para los clientes que deseen este tipo de productos.

En TVCable, este sistema, es usado como la red de *backbone* que permite el desarrollo de las redes de acceso para servicios de Datos, Internet y Telefonía y además facilita la interacción con las plataformas de las demás redes acceso de la Red de TVCable, como SDH, *Wimax* y DSLAM.

Para la red de acceso se utilizará la red DSLAM basada en la tecnología ADSL. El DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), es un equipo que contiene algunas tarjetas las mismas que poseen varios puertos que a su vez sirven como módems, concentrando así los equipos y el tráfico.

Las líneas de transmisión digital envían información digital a gran velocidad usando como medio de transmisión generalmente el par de cobre, el mismo que es un portador de señales análogas que son moduladas por la señal digital.

ADSL, *Asymmetric Digital Subscriber Line* (Línea de Abonado Digital Asimétrica) es un tipo de línea DSL y consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando el alcance no supere los 5,5 km. medidos desde la Central Telefónica.

Esta tecnología de acceso a Internet de banda ancha, implica transmitir más datos a parte de las llamadas telefónicas, lo que, a su vez, se traduce en mayor velocidad. Esto se consigue mediante la utilización de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300- 3.400 Hz) por lo que, para disponer de ADSL, es necesaria la instalación de un filtro llamado *splitter* que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que será usada para la conexión mediante ADSL.

Los sistemas DSL tienen tasas de transmisión que van desde 1 Mbps a 52 Mbps. Poseen conexiones dedicadas entre sistemas de módems de acceso a líneas de

subscripción digitales (DSLAM) y el *Modem* DSL del usuario. Múltiples líneas DSL a la misma dirección (múltiples pares de cables) pueden ser combinados para proveer tasas de transmisión de datos sobre los 100 Mbps.

En el caso de la transmisión de datos para televisión IP el sistema se maneja principalmente desde el sistema al usuario por lo que se usa sistemas asimétricos ADSL. Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la velocidad de descarga (desde la Red hasta el usuario) y de subida de datos (en sentido inverso) no son iguales. En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación, que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal.

Debido a que el par de cobre que utiliza DSL no transfiere adecuadamente las señales de alta frecuencia (mayor pérdida de señales a mayor frecuencia) la distancia máxima de transferencia en DSL es limitada. La distancia máxima típica de operación de los sistemas DSL es de 3 km a 3.6 Km aproximadamente de distancia del DSLAM, lo que también acarrea una reducción en la tasa de transmisión de datos a medida que la distancia hacia el DSLAM crece. Mientras mayor es la distancia entre el cliente y el DSLAM, mayor es la pérdida en la tasa de transmisión de datos.

Alcanza una velocidad descendente de 52 Mbps sobre distancias de 300 metros, y de sólo 13 Mbps si se alarga hasta los 1.500 metros, siendo en ascendente de 1,5 y 2,3 Mbps respectivamente.

El número de televisores IP simultáneos por casa en el área de servicio geográfica puede variar según la capacidad de transmisión de datos del proveedor. Por ejemplo, si cada usuario de televisión IP requiere de 3-4 Mbps de transferencia de datos comúnmente, para un operador de sistema de teléfono que usa un servicio ADSL sensitivo a la distancia, el servicio será limitado a una televisión IP cuando las tasa de transferencia de datos sean limitadas a 3-4 Mbps. Cuando sean mayores de 5-7 Mbps, el número de televisores IP puede subir a 2 simultáneamente, si las tasas van de 10 a 14 Mbps se puede usar hasta 3 televisores IP a la vez.

Cabe recalcar que la red de acceso es el punto en el que termina la red de transporte y comienza el sitio del suscriptor. En esta interfaz se coloca el equipo receptor o caja decodificadora habilitada para desplegar el contenido en una televisión convencional.

3.3.3.1 DISEÑO PROPUESTO PARA EL HEADEND

El diseño propuesto se lo realizó en base a la estructura que presenta el *HeadEnd* actualmente, la misma que se muestra a continuación en la Figura 3.7:

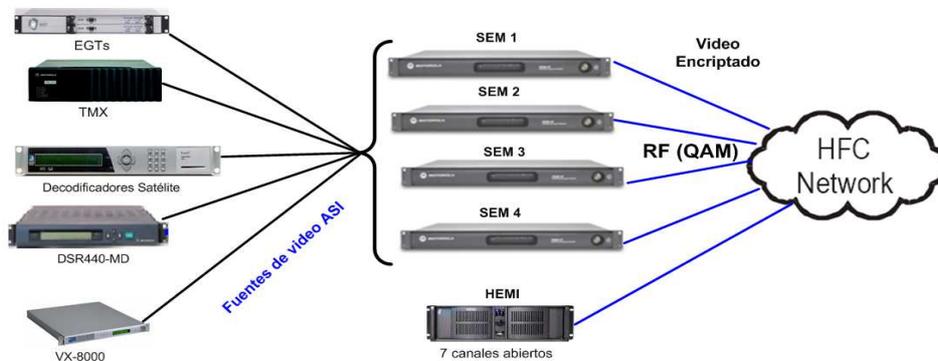


Figura 3.7: Estructura en *HeadEnd* actual [22]

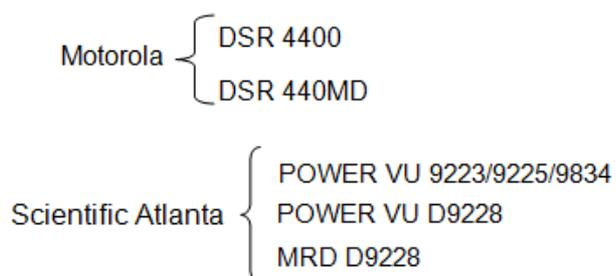
Todos los equipos encargados de procesar la señal de televisión digital cuentan a la salida con fuentes de video ASI, estas señales de video ingresan a los equipos SEM para ser moduladas (mediante la técnica QAM) y encriptadas, para luego enviarlas a la red HFC.

Dentro de este grupo de equipos se encuentran los que se detallan a continuación:

3.3.3.1.1 RECEPTOR SATELITAL

Equipo encargado de recibir la señal proveniente de la antena satelital. Los receptores pueden recibir 1, 2 ó 4 canales a la vez, denominándose a estos dos últimos como receptores multicanal.

En el *HeadEnd* se trabaja con receptores pertenecientes a los fabricantes Motorola y Scientific Atlanta.



- *Receptor Satelital Motorola DSR-4400MD*

El receptor DSR-4400MD de Motorola es un potente producto del *HeadEnd* Digital, capaz de descifrar simultáneamente hasta 24 servicios/72 PIDs. Este equipo es utilizado para alimentar canales ya sean estos de 256QAM o 64QAM. Con el equipo Motorola DSR-4400MD, se puede tener salidas MPEG-2 multiplexadas a una velocidad de 38.8 Mbps 26.97 Mbps, dependiendo de la necesidad.



Figura 3.8: Receptor Satelital DSR-4400MD de Motorola ^[37]

- *Receptor Satelital Scientific Atlanta*

Este equipo está diseñado para aplicaciones de distribución de contenidos que requieran decodificación de video con una estructura de muestreo 4:2:0. El receptor ofrece la capacidad de recibir video digital cifrado, audio, datos de utilidad, VBI⁷⁰.

⁷⁰ *VBI: Vertical Blanking Interval.* Intervalo Vertical en Blanco, es la parte de la señal de televisión que no transporta información visual, y aparece como una barra negra horizontal entre los cuadros, en situaciones que un aparato de televisión requiere ajustes en la sintonía vertical.



Figura 3.9: Receptor Satelital marca Scientific Atlanta [38]

Características

- Variables tasas de transmisión de símbolos con modulación QPSK⁷¹, desde 1 a 45 Msímbolos/segundo.
- Acceso condicional haciendo uso del algoritmo DES⁷² (*Data Encryption Standard*) para descifrar los datos.
- Estructura de muestreo 4:2:0 para decodificar señales de video en formato NTSC.
- Utiliza la técnica *Dolby AC-3* para decodificar señales de audio.
- Dos pares de salida de audio estéreo balanceado.
- Herramienta de datos vía RS-232.
- VBI.
- Tonos DTMF⁷³ y salidas de activación de señal para inserción de anuncios.
- *Software* de seguridad actualizable en campo.
- Panel control LCD para control y monitoreo.

3.3.3.1.2 EGT

Digitaliza la señal analógica para luego enviarla al multiplexor o al SEM. Se pueden formar cascadas de hasta 8 EGT.

⁷¹ *QPSK: Quadrature Phase Shift Keying*. Es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases, 45, 135, 225, y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. La modulación QPSK es equivalente a la 4-QAM.

⁷² *DES: Data Encryption Standard*. Algoritmo que toma un texto en claro de una longitud fija de bits y lo transforma en otro texto cifrado de la misma longitud. El tamaño del bloque es de 64 bits.

⁷³ *DTMF: Dual Tone Multifrequency*. Multifrecuencia de doble tono. Tonos en diferentes *hertz* que utiliza una telefonía para marcar números. Cada número u opción del teléfono tiene su tono que es identificado en la telefonía.



Figura 3.10: Fotografía de un EGT ^[22]

El EGT es un codificador en tiempo real modular diseñado para aplicaciones de cabecera de cable y transmisión de video. Usando la última tecnología, este equipo ofrece un excelente rendimiento, mientras va cumpliendo con todos los estándares de la industria. La Figura 3.10 muestra una fotografía de dicho codificador.

Este equipo se basa en el estándar de compresión de video MPEG-2, algoritmo (4:2:0) a tasas de 1.5-15 Mbps. El EGT codifica y multiplexa señales de audio/video MPEG-2 compatible con el flujo de transporte. El codificador consiste en un chasis de rack montable que incluye el procesador y las tarjetas de interfaz. El EGT cuenta con dos canales de codificación de video sobre una unidad de espacio de *rack* (RU). La interfaz de usuario dispone de un diseño HTML fácil de usar que permite configurar y administrar el equipo desde cualquier navegador *Web*. También soporta administración y reporte de datos mediante el servicio SNMP⁷⁴.

Características

- Ofrece codificación de video MPEG-2 en tiempo real.
- Doble Densidad: Permite un máximo de dos canales por un chasis RU.
- Ofrece una calidad superior a las tasas de bits bajas.
- Administración de parámetros mediante un navegador web.
- Salidas *Fast Ethernet* y DVB-ASI: permite una fácil integración dentro de redes basadas en IP y el legado de ASI. Soporta configuraciones *unicast* y *multicast*.
- Formatos de audio: Incluye tanto MPEG-1 *Layer II* o *Dolby Digital* (AC-3). (*Dolby Digital* (AC-3) es opcional).

⁷⁴ *SNMP*: Simple Network Management Protocol, es un conjunto de aplicaciones de gestión de red que emplea los servicios ofrecidos por TCP/IP.

- SNMP: proporciona MIB SNMP v2 para integrarse fácilmente a las herramientas de administración de SNMP actuales.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CASCADA

En la Figura 3.11 se muestra un esquema del funcionamiento básico de una cascada conformada por EGTs.

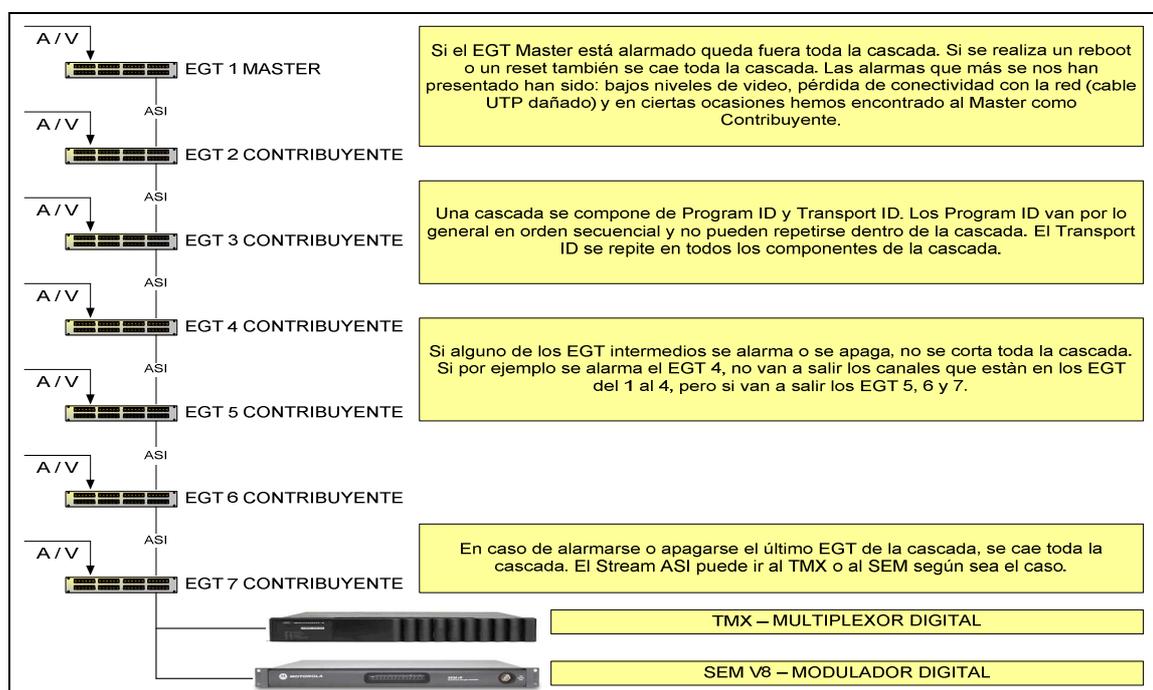


Figura 3.11: Funcionamiento de una cascada [22]

3.3.3.1.3 TMUX – 2010



Figura 3.12: Fotografía de un TMUX-2010 [22]

El TMX-2010 es una solución modular para multiplexación de servicio MPEG-2, *grooming* de video, codificación de video, empalme de video, y encapsulación en el protocolo de Internet (IP), especialmente adecuado para difusión *broadcast* ATSC y distribución de transporte MPEG-2/DVB.

El TMX-2010 acepta flujos de transporte MPEG-2 empaquetados a través de interfaces estándar, tales como DVB-ASI y UDP / IP.

Grooming es el proceso de tomar contenidos en formato digital, ya sean de difusión satelital o terrestre, y añadir o *droppear* programas para adaptarlos al ancho de banda disponible en el sistema de cable, y para adaptarse a las preferencias de visualización de la base de suscriptores locales.

Características

- Gran Ancho de banda con la multiplexación Add/Drop.
- Multiplexación estadística⁷⁵ para definición estándar (SD) y alta definición (HD).
- Para datos IP utiliza encapsulación multiprotocolo (MPE).
- Dependiendo de la configuración, el TMX-2010 puede soportar hasta: 30 entradas ASI utilizando tres tablas de RIM-ASI y seis salidas MPEG-2.
- Tipos de salida: ASI, DHEI, SMPTE-310M, y DS3.
- Configuración SE-1010 y SE-2000 para Video / Audio.
- Sincronización al servidor NTP.

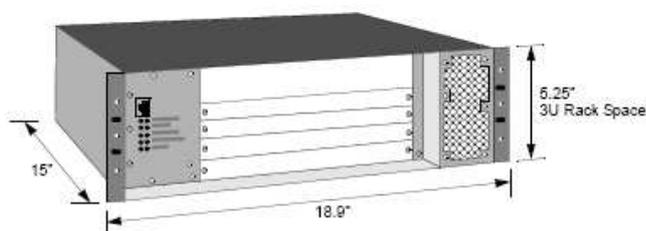


Figura 3.13: Chasis del TMUX-2010 (vista frontal) [22]

⁷⁵ *Multiplexación estadística*: en la multiplexación estadística, un canal de comunicaciones se divide en un número arbitrario de las secuencias de datos de velocidad de transmisión de bits variables de los canales digitales.

3.3.3.1.4 VX8000



Figura 3.14: Fotografía de un equipo VX8000 [22]

El VX8000 ofrece la posibilidad de enviar flujo de transporte MPEG desde su origen hasta su destino a través de una red IP.

El VX8000 ofrece las siguientes ventajas:

- ✓ Encapsula el flujo de transporte MPEG en paquetes IP.
- ✓ Agrega los operadores *DiffServ* para ofrecer calidad de servicio.
- ✓ Añade *Forward Error Correction* para disminuir condiciones no deseadas en la red antes de enviar los paquetes IP a través de la misma.
- ✓ El transmisor VX8000 recibe señales ASI o IP, y emite salidas IP a través de un puerto *Gigabit Ethernet*. El receptor VX8000 recibe flujos de transporte MPEG encapsulados en IP/UDP y, restaura al formato ASI, y los imprime a través de sus puertos de salida ASI, o a su vez restaura al formato IP (elimina el FEC) y sale IP a través de su puerto *Gigabit Ethernet*. Fecha y el formato de los paquetes TS, tal como se recibió en la transmisión de VX8000, se conservan a través de la red y a través del receptor VX8000.

Características

- Proceso de alta densidad de flujo de hasta ocho puertos ASI que pueden ser configurados como puertos de entrada o de salida el rendimiento total de 675 Mbps sin FEC (FEC reduce la capacidad de rendimiento total en una cantidad que se determina por la configuración FEC aplicada).

- Dos puertos *Gigabit Ethernet* (módulos SFP⁷⁶ o conectores RJ-45) soportando conexión eléctrica u óptica, con un puerto de protección contra fallos de los otros puertos.
- Administración fuera de banda a través del puerto *Ethernet* 10/100 o administración en banda a través del puerto activo *Gigabit Ethernet*.
- Cumple con las normas aplicables de video *broadcast*.
- Soporta la adquisición y la sincronización rápida de reloj.
- Cuando se habilita FEC, proporciona protección contra la pérdida de paquetes, así como también la recuperación de los mismos.
- Soporta Calidad de Servicio basado en IP.
- Soporta difusión IP *Multicast* a través del protocolo IGMP⁷⁷ v1, v2 y v3.
- Soporta administración remota vía Telnet, SNMP v1 y HTTP (Web GUI).
- Configuraciones de alimentación eléctrica flexible: disponible en 100-240VAC⁷⁸ y -48VDC⁷⁹.

3.3.3.1.5 HEMI

El EGT *HeadEnd Micro* (EGT HEMi™) es otro equipo de enfoque inteligente para procesamiento de video. Es la solución integrada de video digital para canales locales. El EGT HEMi™ es un equipo en el que se integra el codificador, multiplexor, modulador y *upconverter*. EGT HEMi™ inserta perfectamente canales codificados a nivel local dentro de una red digital existente permitiendo a los operadores optimizar la red agregando nuevos canales o reemplazando canales digitales existentes dentro de un QAM. El *switch bypass* RF integrado protege la red contra interrupciones en el servicio. EGT HEMi™ habilita a los operadores a cumplir obligaciones contractuales básicas.

⁷⁶ SFP: *Small Form Factor Pluggable*.

⁷⁷ IGMP: *Internet Group Management Protocol*. Protocolo *multicast* entre los *host* (*Set-up Boxes*) y *routers*.

⁷⁸ VAC: tensión corriente alterna.

⁷⁹ VDC: tensión corriente continua.



Figura 3.15: Fotografía de un equipo HEMI [22]

Características

- Codificador multicanal que soporta de 1 hasta 8 canales.
- Modo bypass RF (a través de lazo pasivo).
- Protección inteligente QAM.
- Codificación CBR⁸⁰ MPEG-2.
- Un par de codificador de audio estéreo *Dolby Digital* por canal de video.
- Multiplexado y remultiplexación de flujos de datos codificados.
- Administración, monitoreo y la capacidad de actualización de manera remota.
- Salidas 64 o 256 QAM (Recepción y modulación).
- Ágil *downconverter* y *upconverter* de frecuencia.
- GUI para la configuración y administración.
- SNMP basado en alarmas y *traps*.
- Protección de contraseña.
- Bloqueo de puertas frontales con filtros de polvo extraíble.
- Sensor y alarma interna de temperatura.

Actualmente se tiene equipos HEMI con salida en RF que digitalizan siete canales análogos abiertos de UHF.

3.3.3.1.6 SEM

Equipo encargado de la modulación y la encriptación de datos. Equipo de frontera que permite revisar las entradas y salidas de RF.

⁸⁰ *CBR*: señales de tasa de bit constante. Las señales CBR tienen calidad variable ya que muchas veces la tasa de bit es insuficiente para acomodar la complejidad de la señal de video.

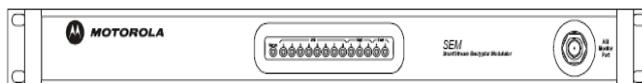


Figura 3.16: Vista frontal de un SEM [22]

Este equipo ofrece la capacidad de encriptar un gran número de servicios a través de 8 canales de cable separado en canales de 64QAM o 256QAM en una sola unidad de *rack* de espacio. Con soporte para tecnologías GiEth y ASI, este diseño es un enfoque práctico para la entrega de cientos de flujos individuales directamente a los suscriptores. La encriptación SEM es parte del galardonado *Motorola MediaCipher*™ sistema de acceso condicional, que actualmente protege el contenido enviado a más de 20 millones de suscriptores.

Características

- Tres interfaces *Gigabit Ethernet* (GigEth1-3).
- Tres interfaces *full duplex Gigabit Ethernet* compatibles con IEEE 802.3z⁸¹.
- Ocho entradas ASI (ASI 1-8) con *software* configurable, de las cuales cuatro (ASI 5-8) puede ser configurados como entradas o salidas.
- Dos interfaces *Ethernet* 10/100 Base-T (ENET1 y ENET2) compatible con IEEE 802.3u⁸².
- Protocolos de red (interfaz dependiente) que consiste en: IP/ICMP/IGMP⁸³ en la Capa de Red, UDP/TCP en la capa de transporte, y SNMP, DHCP⁸⁴, BOOTP⁸⁵, TFTP⁸⁶, SNTP⁸⁷, y la HTTP⁸⁸ en la capa de aplicación.
- Flujo de transporte MPEG de recepción y transmisión a través de puertos *Gigabit Ethernet* o ASI.

⁸¹ IEEE 802.3z: estándar sobre fibra óptica y cobre apantallado

⁸² IEEE 802.3u: 100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX *Fast Ethernet* a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad.

⁸³ IP/ICMP/IGMP: *Internet Protocol/Internet Control Message Protocol/Internet Group Management Protocol*.

⁸⁴ DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol*.

⁸⁵ BOOTP: *Bootstrap Protocol*.

⁸⁶ TFTP: *Trivial file transfer Protocol*.

⁸⁷ SNTP: *Simple Network Time Protocol*.

⁸⁸ HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*.

- Creación de hasta dieciséis salidas de flujo MultiPrograma de Transporte (MPTS).
- Extracción de Información específica de programa (PSI⁸⁹) para el procesamiento interno.
- Inserción de mensajes en la salida PSI y la salida de acceso condicional (CA).

Con el objeto de obtener un *HeadEnd* totalmente sobre IP con el aprovechamiento de las fuentes (equipos) con salida Ethernet que actualmente se dispone, se propone el esquema mostrado en la Figura 3.17:

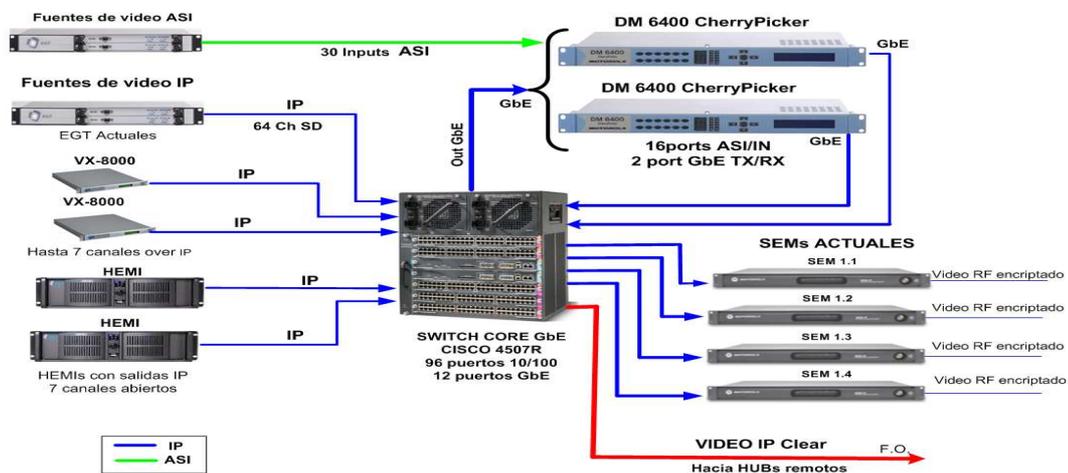


Figura 3.17: Propuesta de estructura en *HeadEnd*

Para las fuentes de video en ASI, se necesitará un equipo que realice la conversión entre fuentes de video en ASI hacia IP. Este equipo es el DM 6400 *Cherry Picker* de Motorola, que además de cumplir con este requerimiento, posee características avanzadas e innovadoras para un *Master HeadEnd*.

⁸⁹ PSI: Información Específica de Programa.

3.3.3.1.7 DM 6400 CHERRY PICKER DE MOTOROLA

El DM 6400 *CherryPicker* 6400 ofrece incomparable calidad y fiabilidad para la creación de redes, distribución y procesamiento, tanto de señales con definición estándar (SD) así como señales de alta definición (HD).

Ofrece amplia gama de aplicaciones de video digital, incluyendo la preparación de listados de programas personalizados, formación de tasas y remultiplexación estadística, inserción de anuncios digitales localizados y superposición de gráficos y de *SqueezeBack*.

El DM 6400 es un chasis compacto (1RU) con cinco ranuras que pueden ser equipadas con 4 módulos ASI o puertos GiEth. Una nueva poderosa tarjeta DSP (opcional) ahora soporta movimiento y superposición de gráficos estáticas *SqueezeBack* utilizando fuentes internas y externas a través de SDI (Serial Digital Interface) y el número de relleno de video.



Figura 3.18: Vista frontal de un DM 6400 [22]

Características

- Programa de empalme sin fisuras y de conmutación.
- Variable número de programas por salida.
- Mínimo Configurable y una velocidad de bits máxima por programa.
- Prioridades configurables de grabado relativo entre programas.
- La inserción de anuncios digitales (opcional).
- Filtrado y reasignación de PID.
- Agregación de DVB-ASI.
- Procesamiento SI y PSI.

- Multiplexación estadística.
- Inserción de datos.
- Sincronización de datos y video.
- Conversión CBR a VBR⁹⁰ y VBR a CBR.
- Conversión de tasa de bits de CBR a CBR, VBR a VBR.
- Soporte para SD / HD.

Además es necesario disponer de un *Switch* de *Core* GiEth robusto que concentrará y manejará todo el tráfico de video en nuestro *HeadEnd*. Este *switch* conmutará las fuentes de video IP hacia los SEMs actuales que se encuentra en producción y hacia los *Hubs* remotos.

3.3.3.1.8 SWITCH DE CORE GiEth 4507



Figura 3.19: Switch de Core GiEth 4507 ^[22]

El *Switch Cisco Catalyst 4507R* proporciona escalabilidad sin bloqueo y con seguridad, flexible, comunicación sin parar, permitiendo la flexibilidad de negocios para las pequeñas y medianas empresas (*pymes*), y clientes Metro Ethernet desplegando aplicaciones de negocio. Sus especificaciones técnicas se muestran en el Anexo A.

⁹⁰ *VBR*: señales de tasa de bit variable.

3.3.3.1.9 SERVIDOR DE VIDEO

El servidor de video almacena los contenidos que pueden ser solicitados por los usuarios. Es el encargado de gestionar el servicio a los clientes, garantizando una cierta calidad de servicio a lo largo del camino que tiene que seguir la información desde el disco hasta los usuarios.

Un servidor de Video está compuesto por tres subsistemas: El subsistema de control, el subsistema de almacenamiento y el subsistema de comunicación.

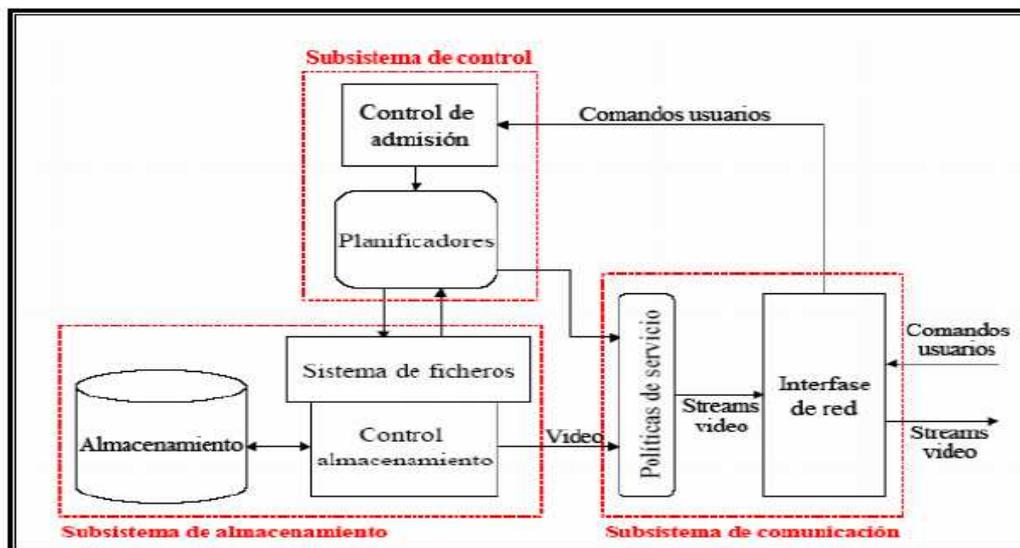


Figura 3.20: Estructura de un servidor de Video [15]

- *Subsistema de control*

El subsistema de control es el encargado de recibir las peticiones de los usuarios y ordenar las acciones que se tienen que llevar a cabo para poder atenderlas.

Este módulo debe decidir si la nueva petición puede ser servida por el sistema sin que ello implique un deterioro de las peticiones activas.

Estas decisiones son tomadas por la política de control de admisión en función de los recursos disponibles en el sistema y de los requisitos de la nueva petición.

Otras funciones del módulo de control son la gestión de las estadísticas de utilización del sistema (contabilidad y facturación) y realización de tareas de optimización para incrementar la eficiencia del sistema.

- *El subsistema de almacenamiento*

Este módulo es el responsable de almacenar y recuperar la información multimedia desde los dispositivos de almacenamiento. Las principales dificultades a la hora de conseguir este objetivo estriban en el volumen de información que se debe gestionar y que ésta debe ser entregada de acuerdo a las estrictas especificaciones de la calidad de servicio (QOS) requeridas por las aplicaciones de video bajo demanda.

- *El subsistema de entrega de comunicación*

Es el encargado de planificar la inyección de los contenidos multimedia en la red de transmisión. Este módulo se encarga de gestionar las distintas políticas de servicio que permiten optimizar los recursos de ancho de banda de la red y del servidor.

El servidor de video en tiempo real entrega información de audio y video en formato MPEG-TS, cada uno de estos flujos debe pasar a un dispositivo con funcionalidades de capa 4 y 3 (*router IP*), para que sean segmentados y empaquetados en UDP, posteriormente cada flujo de segmentos UDP se empaquetará en paquetes IP, como lo indica la Figura 3.21.

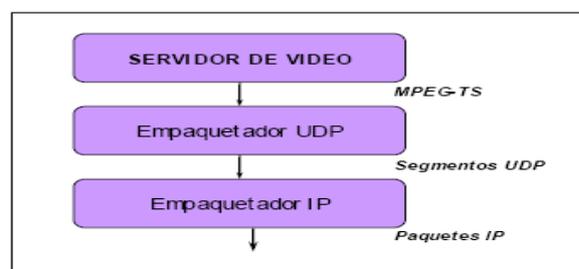


Figura 3.21: Trayectoria del flujo de datos ^[15]

Para fines del presente proyecto, se utilizará la configuración centralizada puesto que se utilizará un solo servidor de video. Esta configuración se basa en la conexión de todas las redes de usuarios del sistema a una red principal a la cual se conecta un servidor (ver Figura 3.22).

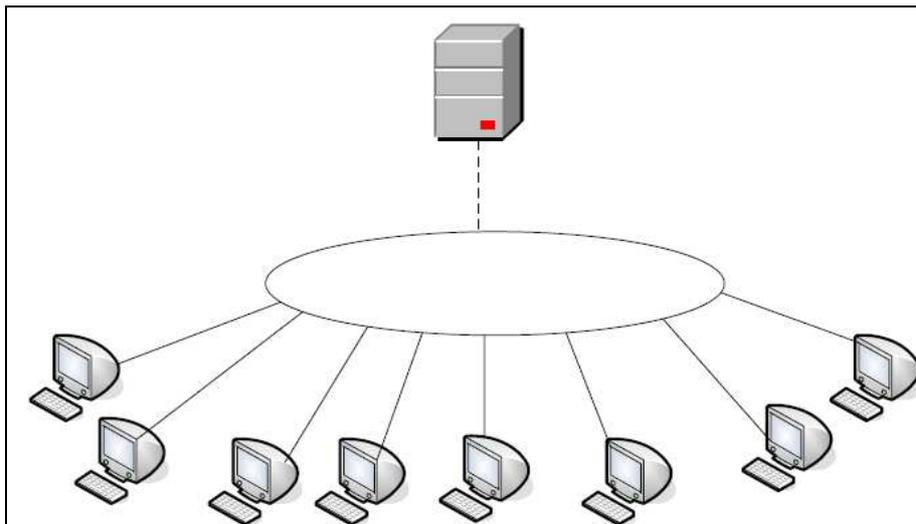


Figura 3.22: Arquitectura de servidor de video centralizado ^[15]

Para servidor de video se utilizará el equipo **DELL 2950** cuyas especificaciones se adjuntan en el Anexo B.

3.3.3.1.10 ROUTER IP

Para el *router IP* el puerto de salida deberá permitir una conexión directa en STMn con el equipo MPLS, el *router* deberá poseer su tabla interna de enrutamiento para dirigir la información descendente a los destinos respectivos.

El *router* a ser adquirido debería tener las siguientes características:

- 2 interfaces STM-4
- 2 interfaces 100/1000 *Gigabit Ethernet*

Las interfaces STM-4 para conexión con el DSLAM, y las interfaces 100/1000 *Gigabit Ethernet* para conexión con el servidor IP y el servidor para software de Administración.

El *router* a ser utilizado y que cumple con dichas características es el *router* CISCO 2801 cuyas características técnicas se especifican en el Anexo C.

3.3.3.2 ESPACIO FÍSICO REQUERIDO EN UNIDADES DE RACK (1RU) NECESARIAS PARA EL *HEADEND*

HEADEND	
DM 6400 <i>CherryPicker</i>	3
<i>Switch</i> CORE	9
HEMI 4 <i>channel</i>	6
Servidor de Video	2
<i>Router</i> IP	2
TOTAL	22 RU

Tabla 3.2 Distribución de equipos en rack

3.3.3.3 DISEÑO A IMPLEMENTARSE EN LOS *HUBS*

Se tiene pensado tener un primer *HUB* de pruebas, el cual será en San Rafael, proponiendo la siguiente estructura que se podría implementar para otros *HUBS* remotos:

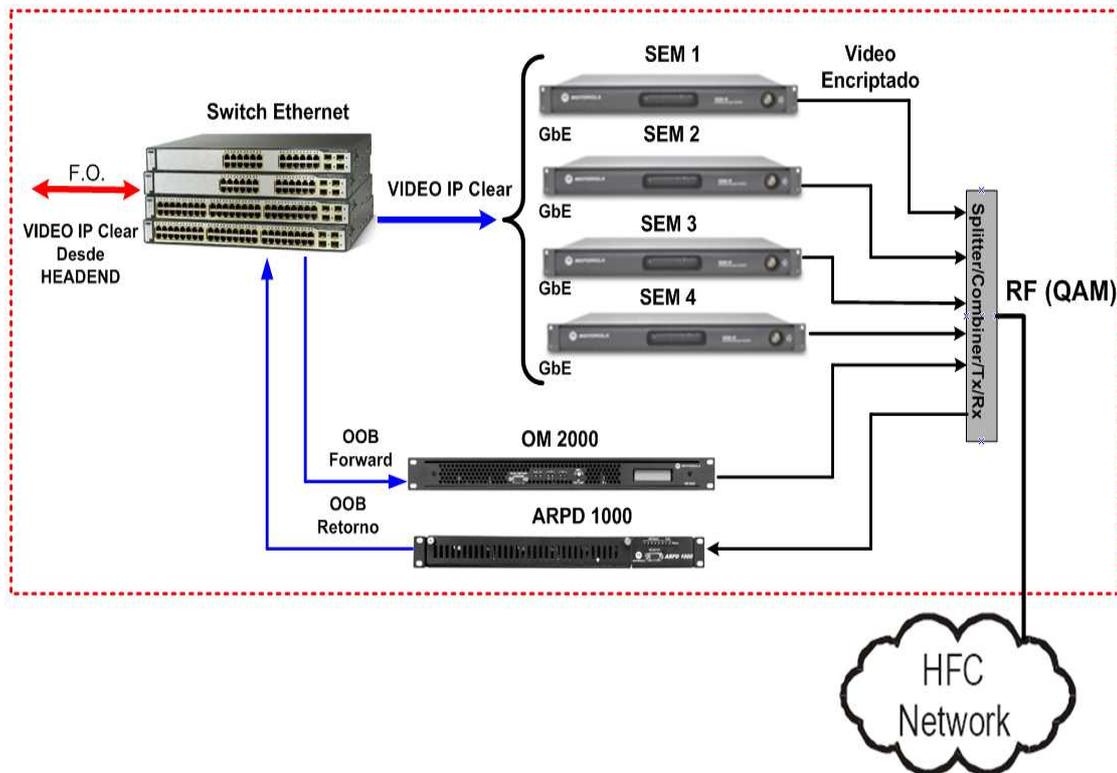


Figura 3.23: Diseño a implementarse en el *HeadEnd* San Rafael

Se requiere para cada *Hub*, un grupo de SEMs, un *switch* GiEth para la conmutación IP entre el *Hub* remoto y el *HeadEnd* y además el equipamiento OOB (control fuera de Banda).

El grupo de SEMs cumplirán la función de encriptación y modulación RF de la señal de video IP, la cual finalmente será distribuida a la red HFC.

3.3.3.3.1 SWITCH CISCO CATALYST 3750

El *switch* Cisco Catalyst 3750 es la próxima generación de eficiencia de energía en el Nivel 3 de *switch* apilables *Fast Ethernet*. Estos *switches* de Cisco soportan la tecnología inteligente de energía, que ayuda a las empresas a administrar el

consumo de energía de su infraestructura de red y la red de dispositivos conectados, reduciendo así sus costos de energía y huella de carbono.

El *Cisco Catalyst 3750* consume menos energía que sus predecesores, y es la capa de acceso ideal para las empresas, comercio minorista, y la rama de entornos de oficina.

Aumenta la productividad y proporciona protección de las inversiones ayudando a habilitar una red unificada de datos, voz y video.



Figura 3.24: Switch Catalyst 3750 ^[22]

Las especificaciones técnicas de este equipo se muestran en el Anexo D.

Con respecto a los equipos OOB, se requiere para el canal de envío (*Forward*), un dispositivo OM 2000 y para el canal de retorno dependerá de la cantidad de nodos que el HUB tenga, por lo que se podría necesitar uno o varios equipos ARPD1000.

Para el presente proyecto en el que se analiza el caso particular (*Hub San Rafael*), se necesita un ARPD1000 con 6 tarjetas para el manejo de los nodos.

3.4 PROCESO DE CONTROL PARA TELEVISIÓN DIGITAL

A continuación se describen cada uno de los equipos involucrados en este proceso:

3.4.1 BILLING SYSTEM

Sistema de facturación, contiene información para aprovisionamiento de decodificadores, el B.S, envía tres comandos, extracción, borrado de compras y actualización de cupo de crédito y adicionalmente realiza la recolección masiva e individual de la información.

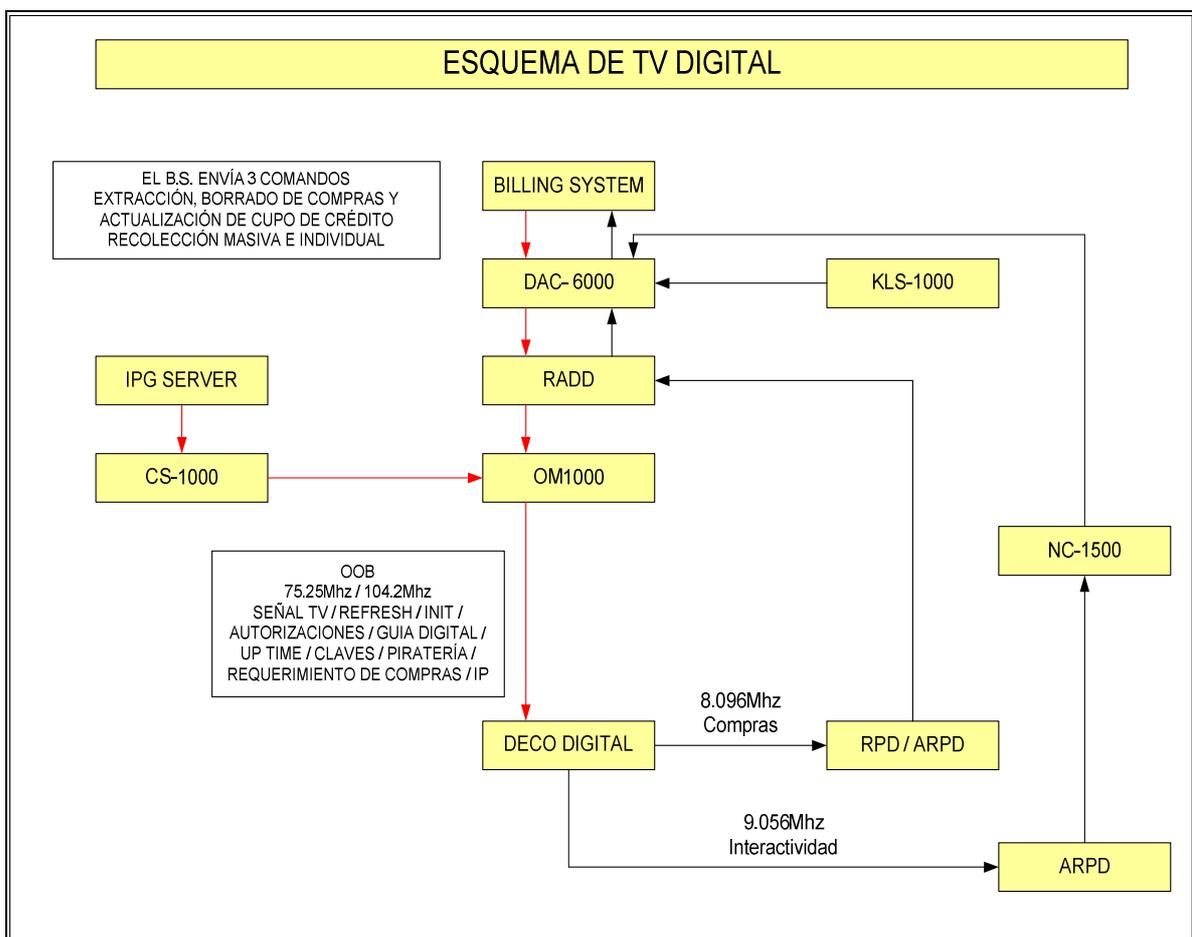


Figura 3.25: Esquema del proceso de control [22]

3.4.2 DAC-6000

Realiza el control de decos digitales para lo cual, continuamente envía *refresh* con información de programación asignada a cada DCT (Cliente), este proceso se lo denomina *Uptime*. Adicionalmente realiza la creación de paquetes de servicios, eventos programados (fútbol), a partir de las 8:00 pm hasta las 10:00 pm se realiza la recopilación de datos sobre compras realizadas por el cliente.

3.4.3 RADD

Es un servidor que contiene información de decos digitales, e interactúa tanto con el DAC así como con OM-1000, para realizar la extracción de información de eventos contratados por el cliente y enviarlos hacia el sistema de facturación.

3.4.4 OM-1000

Modulador de datos digitales, este equipo permite interactuar directamente con el cliente, mediante la red HFC y por un puerto RF, las frecuencias usadas para este tipo para realizar varios procesos son: 75.25MHz/104.2MHz. Depende de los modelos de decos digitales.

Los procesos que son posibles realizar son los siguientes: Señal de TV, *Refresh*, *Init*, Autorizaciones. Dentro de las actualizaciones se encuentran las siguientes subprocesos: Guía Digital, *Up Time*, claves, piratería, requerimientos de compras IP (direcciones IP que son asignadas a los decos digitales, par realizar mediciones de *ranking*).

3.4.5 DECO DIGITAL

Es el equipo Terminal que se encuentra en el domicilio del cliente.

3.4.6 RPD Y ARPD

El primero maneja una frecuencia, mientras que el segundo maneja tres frecuencias, 8.096 MHz, 9.056 MHz, Estos dos equipos permiten recibir información de compras de cliente en RF y transmitir las hacia el RADD para que sean registradas.

3.4.7 NC1500

Genera las direcciones IP para los decos digitales, permite un máximo de 75000 IPs, actualmente se lo está utilizando con las cajas DCT-700, y de esta forma obtener *ranking* de programación.

3.4.8 KLS-1000

Almacena información de claves de validación de nuevos decodificadores y de esta forma validarlos en la red para su posterior aprovisionamiento legal, estas validaciones es para los decos de marca Motorola exclusivamente, de esta forma se combate la piratería.

Si este equipo presentara alguna falla, la afectación se presentaría en la desautorización paulatina de decos digitales dentro de las doce horas subsiguientes, lo cual provocaría pérdida de servicio. Únicamente se encuentra en GYE.

3.4.9 IPG SERVER

Es parte de un conjunto de servidores (descarga la programación y las actualizaciones de servidores ubicados en el exterior) que permiten realizar la carga de programación de guías digitales, se encuentra en UIO únicamente.

3.4.10 CS-1000

Ordena los datos que son enviados por el servidor IPG y trasforma la información a RF para ser enviada al OM-1000 y este a su vez, lo envíe hacia la red HFC para ser distribuida a los clientes.

Todos los equipos relacionados al proceso de control se encuentran ubicados en el *HeadEnd* principal de la ciudad de Quito del Grupo TVCable ubicado en el sector de Bellavista.

Mientras que los equipos adicionales a instalarse en el *HeadEnd* Sal Rafael son únicamente el OM-2000 y el ARPD-1000

3.5 ESPACIO FÍSICO REQUERIDO EN UNIDADES DE RACK (1RU) NECESARIAS

HUBs	
SEM V8	5
<i>Switch HUBs Catalyst</i> 3750	1.5
OM-2000	1
ARPD-1000	1
TOTAL	8.5 RU

Tabla 3.3 Distribución de equipos en rack

Una vez especificado en espacio físico requerido, se propone 1 *rack* de 42 RU, para efectos de mejor distribución, ventilación y crecimiento de la red.

En la Figura 3.26 que se muestra a continuación, se establece la división del *rack* en donde se ubicarán los equipos antes mencionados.

3.5.1 CONFIGURACIÓN DEL RACK

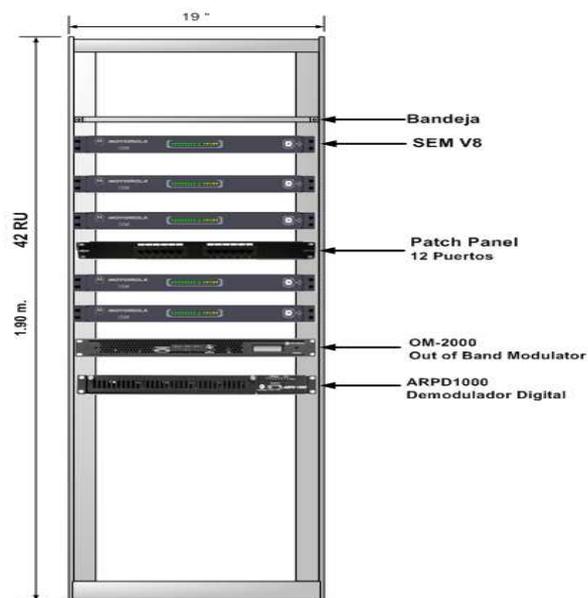


Figura 3.26: Configuración del *rack*

3.6 COSTOS REFERENCIALES DE TODO EL EQUIPAMIENTO QUE SE REQUIERE

3.6.1 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO EN EL *HEADEND*

HEADEND				
	Precio Unit	Cant.	Total	
Conversión a Video IP				
Chassis sin tarjetas	\$ 6.375,00	3	\$ 19.125,00	

DM 6400 CherryPicker	instaladas. Precargado con las siguientes licencias: PSIP Aggregation, Stat Mux Pools, External PSI/SI Spooling			
Input Module 4 ports DVB-ASI	All ports active	\$ 2.125.00	12	\$ 25.500,00
Ethernet Module 2 port GbE	2 ports GiEth Input/output with electrical connectors. One DMGIGE licence. Included to enable one port. Requires one more DMGIGE license to enable second port.	\$ 4.250.00	3	\$ 12.750,00
DMGIGE	Software license to enable additional port on DMIOGIGEPLUS I/O card	\$ 2.125.00	3	\$ 6.375,00
DM-SW-FAC	Additional software application which enables client PCs running the DM GUI to communicate to a single DM device through a firewall. One copy of the FAC installation CD is required per DM.	\$ 320,00	3	\$ 960,00
DM-SLK	Transfer software license keys from one	\$1.950,00	2	\$ 3.900,00

	data flash card to another. Fee is per data flash card.			
SWITCH CORE 4507				
<ul style="list-style-type: none"> • Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable • Catalyst 4500 10/100 Auto Module, 48-Ports (RJ-45) • 3 WS-X4148-RJ Catalyst 4500 10/100 Auto Module, 48-Ports (RJ-45) • Catalyst 45xxR Supervisor V-10GE, 2x10GE (X2) or 4x1GE (SFP) • Catalyst 4500 6-Port 10/100/1000 PoE or SFP (Optional) • 7 GLC-SX-MM GE SFP, LC connector SX transceiver • Catalyst 4500 6-Port 10/100/1000 PoE or SFP <ul style="list-style-type: none"> • GE SFP, LC connector SX transceiver • Cisco CAT4500 IOS ENTERPRISE SERVICES SSH • Catalyst 4500 1400W AC Power Supply 	<p>SWITCH CORE 4507R CISCO</p> <p>96 puertos 10/100 RJ-45</p> <p>12 puertos GbE</p>	\$ 62.579.00	1	\$ 62.579.00

(Data Only)				
<ul style="list-style-type: none"> Catalyst 4500 1400W AC Power Supply Redundant(Data Only) AC POWER CORD (110V) Cat 4500 IOS-based Supervisor, Compact Flash, 128MB Option SOPORTE Proveedor 24X7X4 				
CANALES ABIERTOS A IP (HEMI)				
HEMI 4 channel with IP Outputs	Digital Video encoder, modulator.	\$ 6.000,00	2	\$12.000,00
ESPACIO FÍSICO (RACKS)				
Rack		\$ 960,00	1	\$ 960,00
Subtotal				\$ 144.149,00
Importación				\$ 35.838,18
Total				\$ 179.987,18

Tabla 3.4: Costos referenciales para el equipamiento del *HeadEnd*

3.6.2 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA EL *HUB* (SAN RAFAEL)

HUB (SAN RAFAEL)				
		Precio Unit	Cant.	Total
GigEthernet RF				
SEM V8		\$ 7.000,0	5	\$ 35.000,00
Transceiver 3COM 1000BASE-T SFP	Transceiver GiEth	\$ 157,40	6	\$ 944,40
SWITCH HUBS				

Catalyst 3750 24 10/100/1000 + 4 SFP Std Multilayer; 1.5RU, Power Cord,110V	Switch Cisco GiEth	\$ 5.261,19	2	\$ 10.522,38
FORWARD Y RETORNO (OOB)				
OM-2000 (AC)	Out of Band Modulator	\$2.945,00	1	\$2.945,00
ARPD1000	Demodulador Digital	\$ 5.210,00	1	\$ 5.210,00
ADM4000	Tarjeta demoduladora	\$ 2.471,00	6	\$ 14.826,00
ESPACIO FÍSICO (RACKS)				
Rack		\$ 960,00	1	\$ 960,00
Subtotal				\$ 70.407,78
Importación o IVA				\$ 21.784,56
Total				\$ 92.192,34

Tabla 3.5: Costos referenciales para el equipamiento de HUB San Rafael

3.6.3 COSTOS DEL EQUIPAMIENTO TOTAL

HEADEND Y HUB (SAN RAFAEL)	
HEADEND	\$ 179.987,18
HUB (San Rafael)	\$ 92.192,34
Total	\$ 272.179,52

Tabla 3.6: Costos referenciales del equipamiento total

3.7 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS EN EL LADO DEL USUARIO FINAL

En el lado del usuario será necesario disponer de decodificadores digitales tanto para recibir la señal emitida por el proveedor así como también para desarrollar funciones de interactividad.

¿Por qué DIGITAL?

Se elige el sistema digital debido a las siguientes ventajas:

- Dificulta la piratería y permite un mayor control del acceso a los servicios.
- Maximiza el ancho de banda: 12 a 18 canales digitales ocupando el mismo espacio que un canal analógico (6 MHz).

La señal comprimida en MPEG2, incluye:

- *Video*: canales con mayor resolución y formatos.
- *Datos*: Guía de Programación y Servicios Interactivos.
 - Opciones de subtitulación en varios idiomas.
 - Opciones de PPV, IPPV y VOD (*Video On Demand*).
 - Opción de Control Paterno.
- *Audio*: canales de música en formato MPEG (MP3/4).

Comparación de Bandas

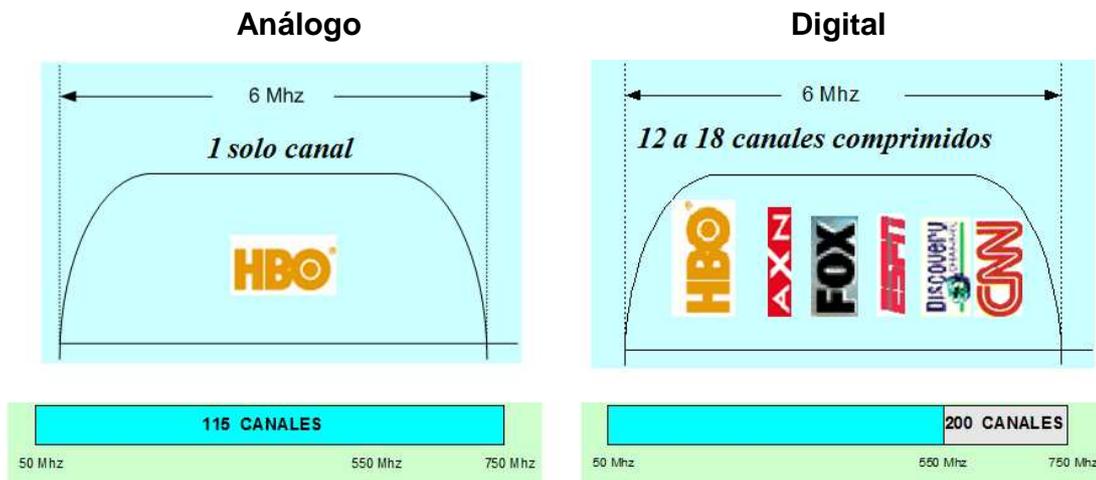


Figura 3.27: Comparación de banda para sistema análogo y digital

3.7.1 DECODIFICADOR DIGITAL

EL decodificador digital que ofrece la empresa y que permite obtener las prestaciones mencionadas es el DCT 3080, el mismo que se muestra en la Figura 3.28.



Figura 3.28: Decodificador Digital DCT 3080

El Grupo TVCABLE pone a disposición de sus clientes el servicio DVR Digital, con el nuevo decodificador Motorola DCT 3080 (*Digital Consumer Terminal*), el cual estará

disponible exclusivamente para el sistema de cable en las ciudades de Quito y Guayaquil.

Este decodificador permitirá realizar las siguientes funciones:

- Pausar, grabar y retroceder la programación en vivo de TVCable.
- Grabar un programa mientras se está viendo otro.
- Tener hasta 35 horas de Video grabación digital.
- Acceder al sistema *Audio Stereo Dolby Digital*.
- Almacenar programas ya que cuenta con un Disco duro de 80GB.
- Disponer del control de programación en vivo.

3.7.1.1 DETALLES SOBRE EL SERVICIO

- El valor por concepto de instalación del decodificador Motorola DCT 3080 será de \$ 70 + impuestos.
- El cliente podrá financiar el costo de instalación con la tarjeta de crédito de su elección.
- Se cobrará \$ 5 + impuestos mensuales por la utilización del servicio DVR Digital (por cada caja).
- Los clientes actuales deberán firmar un *adendum* al contrato original y una nueva solicitud de suscripción para la contratación de este servicio.
- Los clientes nuevos deberán firmar el contrato, la solicitud de suscripción y el *adendum*.

Instalación Típica al televisor

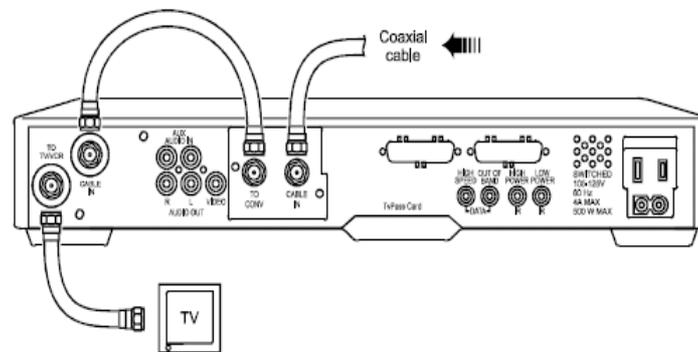


Figura 3.29: Instalación del DCT al televisor

Instalación con VCR

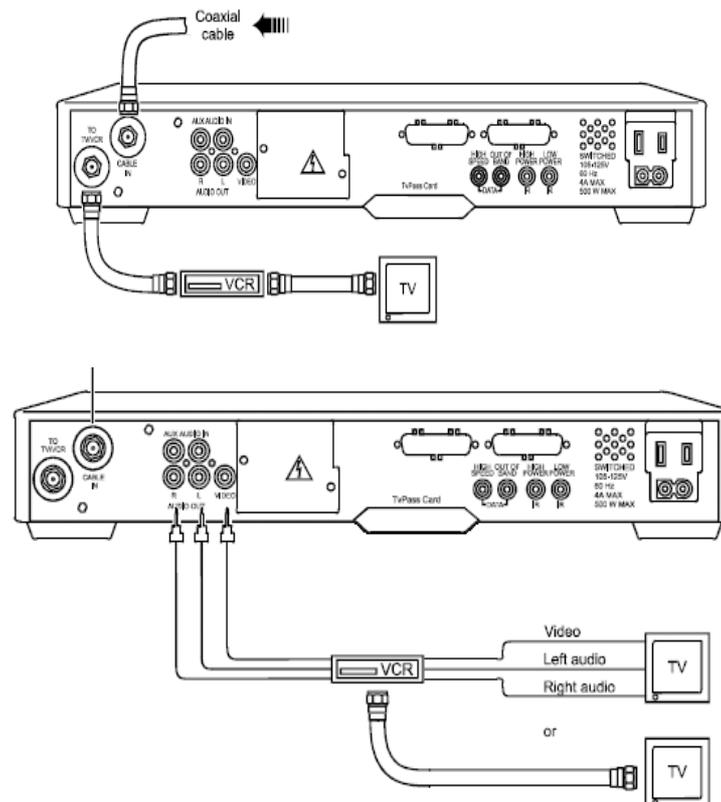


Figura 3.30: Instalación del DCT al VCR

3.7.2 GUÍA DIGITAL

Todos los decodificadores mencionados tienen acceso a la Guía Digital informativa, la misma que es descargada desde el servidor donde se almacena la misma, denominado IPG *server*.

La guía digital se presenta visualmente en la pantalla del televisor del suscriptor como se indica en la siguiente gráfica:



Figura 3.31: Guía Digital

Una derivación de la guía digital informativa, es la guía comercial que presenta funcionalidades interactivas.

3.7.2.1 GUÍA COMERCIAL

Este servicio cuenta con el 100% de disponibilidad de canales, agrupados en paquetes por género o temática. A continuación se muestran los costos que implica adquirir la guía digital así como el servicio PPV.

- *Guía Digital Opcional*: \$1.50
- *PPV películas*: canales 201 a 214 \$4.00 + IVA

Paquetes Opcionales

BASICO DIGITAL TV Colombia 150 Animax 151 Xclusive Television NTW 152 Outdoor Channel 153 Discovery Turbo 154 Discovery Science 155 Discovery Civilization 156 Soundtrack Channel 157 MTV Hits 158 MTV Jams 159 VH1 Soul 160 Eurochannel 161 Speed 162 FX 163 por solo \$ 5.00 + IVA NUOVO	HBO DIGIplex Cinemax Este 105 Cinemax Oeste 106 HBO Este 107 HBO Oeste 108 HBO Plus Este 109 por solo \$ 10.00 + IVA
HBO MAX DIGITAL Cinemax Este 105 Cinemax Oeste 106 HBO Este 107 HBO Oeste 108 HBO Plus Este 109 HBO Plus Oeste 110 HBO Family Este 111 HBO Family Oeste 112 Max Prime Este 113 Max Prime Oeste 114 por solo \$ 13.00 + IVA	CABLE PLUS ABC 63 NBC 64 CBS 65 CNN Internacional 68 CNBC 69 por solo \$ 4.00 + IVA
MOVIE PACK Cinecanal Classics 101 Movie City Este 102 Movie City Oeste 103 Cinecanal 2 104 por solo \$ 8.00 + IVA	AUDIO PACK 50 Canales de música (Audio) por solo \$ 3.00 + IVA
EUROPA DW 60 TV5 61 por solo \$ 2.00 + IVA	FOX SPORTS PREMIUM FOX Sports Premium 90 por solo \$ 3.00 + IVA
ADULTOS PPV Playboy TV Movies 250 Venus XXI 251 Private Gold 252 Venus 253 por solo \$ 5.00 + IVA	ADULTOS Play Boy 254 por solo \$ 9.00 + IVA

Figura 3.32: Formato PPV

3.7.2.2 BENEFICIOS DE LA GUÍA DIGITAL

- Ordenar películas y programación PPV mediante el Deco.
- Control de padres (impedir el acceso a programación de adultos).
- Proporcionar mayor información sobre la programación.
- Permitir búsqueda de programas.
- Recibir mensajes del operador de Cable.
- Programar recordatorios.

Consulta de programación

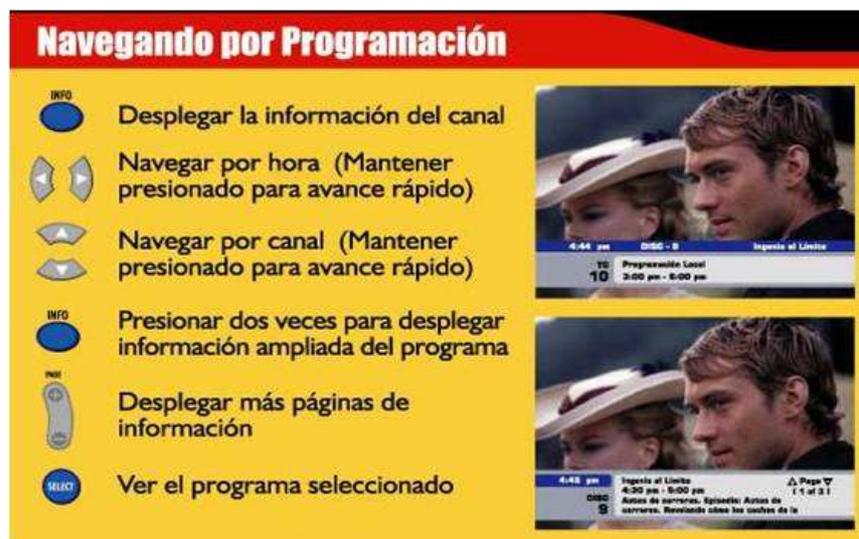


Figura 3.33: Navegando por Programación



Figura 3.34: Consulta de Programación

Compras mediante PPV

- Busque el programa por tema o título.
- Escoja la hora de inicio de la película.
- Confirme la compra.

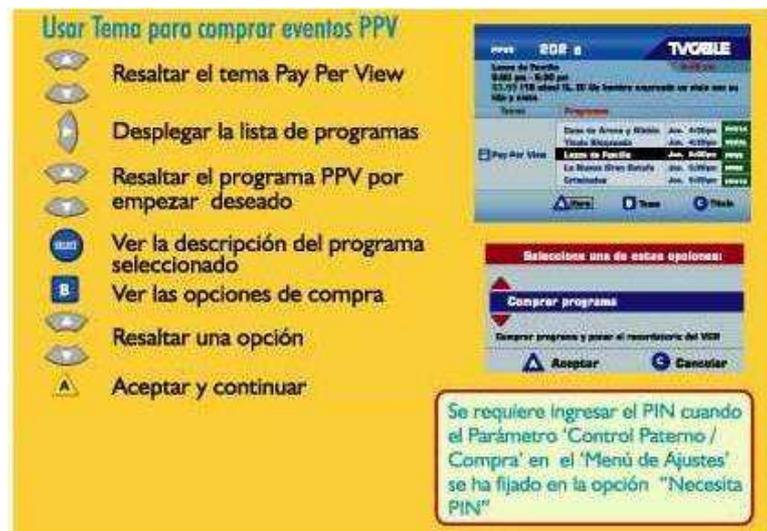


Figura 3.35: Compras de eventos PPV

3.8 ESTUDIO DEL TRÁFICO DE VIDEO SOBRE IP

3.8.1 CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA

3.8.1.1 ANCHO DE BANDA POR FUENTE DE VIDEO MPEG-2

- Para televisión con definición estándar (SDTV) = 3 - 4 Mbps.
- Para televisión con alta definición (HDTV) = 12-15 Mbps.

Para fines del presente proyecto, todos los equipos soportan compresión MPEG-2, para video en definición estándar (SD) para este análisis se ha optado por usar la tasa de bit de **4 Mbps** y **14 Mbps** para video en alta definición (HD).

3.8.1.2 ENCAPSULAMIENTO IP

El tráfico a calcularse será MPEG-2 *transport stream* (TS) *packets* encapsulado en IP/*Ethernet*.

Por lo tanto la encapsulación IP y proceso de conmutación añaden alrededor de 3.5 % *overhead* al ancho de banda del transporte MPEG-2. Pero por sugerencia de Motorola se tendrá presente que los servicios sobre IP generan un *overhead* de +6% aprox. en Ancho de Banda.

3.8.2 FUENTES DE VIDEO IP

ENCODERS VX-8000

Características:

- Operación: IP to IP.
- Distribución: *Multicast*

- Cantidad actual: 2, cada uno con 3 canales.

WB ESTIMADO POR CADA VX-8000

Actual

WB estimado = (3 SPTS (audio y video) x 4 Mbps) + 6% (Overhead WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado = 12,72 Mbps.

Máximo

WB estimado = (7 SPTS (audio y video) x 4 Mbps) + 6% (Overhead WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado = 29,68 Mbps.

WB ESTIMADO TOTAL

Actual

WB estimado = (6 SPTS (audio y video) x 4 Mbps) + 6% (Overhead WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado = 25,44 Mbps

Máximo

WB estimado = (14 SPTS (audio y video) x 4 Mbps) + 6% (Overhead WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado = 59,36 Mbps

ENCODER HEMI 7 CANALES CON SALIDA IP

WB estimado = (7 SPTS (audio y video) x 4 Mbps) + 6% (*Overhead* WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado = 29,68 Mbps

DIGITAL VIDEO ENCODER EGTS CON SALIDA IP

Características:

Salidas IP EGT

- Puertos: 10/100 base T media *outputs* MPEG-2 over streaming media (7 MPEG-2 transports packets/1IP/UDP packet) usando *Ethernet* /IP/UDP protocols, *Unicast* y *multicast*.
- Formato: SPTS o MPTS.
- *Audio Output Rate*: Rango desde 64-384 for MPEG-1 Layer II. El rango es 96-640 para AC-3. Por defecto es 192kbps.
- *Max. Video PES Rate* (Mbps): 1.5-15Mbps.

Tráfico de video desde *Encoder* EGTs (Ancho De Banda estimado WB)

- Cascada de EGTs (193.2.1.11) = 23 Mbps. → 5 Canales SD

ENCODERS											
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status
1	RAI	3.000	32	33	34/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.11
2	Speed	5.000	64	65	66/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.19
3	Eurochannel	5.000	96	97	98/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.20
4	EVT_UIO CH 9	5.000	128	129	130/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.25
5	EVT_UIO 2 CH 13	5.000	160	161	162/ 334	163/ 335	--	--	--	--	193.2.1.26
Total:		23.000 Mbps									

- EGTs (193.2.1.24) = 5 Mbps. → 1 canal SD

ENCODER RATES	
Transport Rate	5.000 Mbps

- Cascada de EGTs (193.2.1.14) = 16,50 Mbps. → 5 canal SD

ENCODERS											
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status
4	CNNI	3.000	64	65	66/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.14
5	BLOOMBERG	3.000	80	81	82/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.15
6	DW	3.000	96	97	98/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.16
7	FOX Sports Norte	4.500	112	113	114/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.17
8	TV5	3.000	128	129	130/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.18
Total:		16.500 Mbps									

- Cascada de EGTs (193.2.2.135) = 26,60 Mbps. → 7 canal SD

ENCODERS											
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status
1	GAMAVISIÓN	3.800	32	33	34/ 934	--	--	--	--	--	193.2.1.135
2	TELEAMAZONAS	3.800	64	65	66/ 634	--	--	--	--	--	193.2.1.136
3	RTS	3.800	96	97	98/ 734	99/ 735	--	--	--	--	193.2.1.137
4	TELERAMA	3.800	128	129	130/ 434	--	--	--	--	--	193.2.1.138
5	ECUAVISIA	3.800	160	161	162/ 534	--	--	--	--	--	193.2.1.139
6	TC Televisión	3.800	192	193	194/ 834	--	--	--	--	--	193.2.1.140
7	Canal 1	3.800	224	225	226/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.142
Total:		26.600 Mbps									

- Cascada de EGTs (193.2.1.101) = 28,00 Mbps. → 8 canal SD

ENCODERS											
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status
1	EWTN	3.000	32	33	34/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.101
2	Discovery Kids	3.300	64	65	66/ 334	67/ 335	--	--	--	--	193.2.1.102
3	Boomerang	3.300	96	97	98/ 334	99/ 335	--	--	--	--	193.2.1.103
4	Cartoon network	3.500	128	129	130/ 334	131/ 335	--	--	--	--	193.2.1.104
5	Nickelodeon	5.000	160	161	162/ 334	163/ 335	--	--	--	--	193.2.1.105
6	MTV	3.300	192	193	194/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.106
7	FOX	3.300	224	225	226/ 334	227/ 335	--	--	--	--	193.2.1.107
8	SONY	3.300	256	257	258/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.108
Total:		28.000 Mbps									

- Cascada de EGTs (193.2.1.109) = 26,40 Mbps. → 8 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
1	RETRO CHANNEL	3.300	32	33	34/ 334	35/ 335	--	--	--	--	193.2.1.109	
2	E!	3.300	64	65	66/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.110	
3	COSMOPOLITAN	3.300	96	97	98/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.111	
4	FASHION TV	3.300	128	129	130/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.112	
5	UTILISIMA SATELITAL	3.300	160	161	162/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.113	
6	Casa Club	3.300	192	193	194/ 334	195/ 335	--	--	--	--	193.2.1.114	
7	Gourmet	3.300	224	225	--	227/ 335	--	--	--	--	193.2.1.115	
8	Infinito	3.300	256	257	258/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.116	
		Total: 26.400 Mbps										

- Cascada de EGTs (193.2.1.117) = 26,40 Mbps. → 8 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
1	Discovery	3.300	32	33	34/ 334	35/ 335	--	--	--	--	193.2.1.117	
2	Discovery Health	3.300	64	65	66/ 334	67/ 335	--	--	--	--	193.2.1.118	
3	DISCOVERY TRAVEL	3.300	96	97	98/ 334	99/ 335	--	--	--	--	193.2.1.119	
4	PEOPLE & ARTS	3.300	128	129	130/ 334	131/ 335	--	--	--	--	193.2.1.120	
5	ANIMAL PLANET	3.300	160	161	162/ 334	163/ 335	--	--	--	--	193.2.1.121	
6	National Geographic	3.300	192	193	194/ 334	195/ 335	--	--	--	--	193.2.1.122	
7	FILM & ARTS	3.300	224	225	226/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.123	
8	DISNEY CHANNEL	3.300	256	257	258/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.124	
		Total: 26.400 Mbps										

- Cascada de EGTs (193.2.1.125) = 26,40 Mbps. → 8 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
1	CABLE NOTICIAS	3.300	32	33	34/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.125	
2	CABLE DEPORTES	3.300	64	65	66/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.126	
3	MGM	3.300	96	97	98/ 334	99/ 335	--	--	--	--	193.2.1.127	
4	TNT	3.300	128	129	130/ 334	131/ 335	--	--	--	--	193.2.1.128	
5	TVN Chile	3.300	160	161	162/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.129	
6	Antena 3	3.300	192	193	194/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.130	
7	WORLDNET	3.300	224	225	226/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.131	
8	FX	3.300	256	257	258/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.132	
		Total: 26.400 Mbps										

- Cascada de EGTs (193.2.1.151) = 15,60 Mbps. → 4 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Audio PID 1	Audio PID 2	Audio PID 3	Audio PID 4	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
1	WARNER CHANNEL	3.300	32	33	34	35	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	193.2.1.151	
2	FOX SPORTS	4.500	64	65	66	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	193.2.1.152	
3	ESPN	4.500	96	97	98	99	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	193.2.1.153	
4	CNN Español	3.300	128	129	130	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	193.2.1.154	
Total:		15.600 Mbps										

- Cascada de EGTs (193.2.1.188) = 10,00 Mbps. → 2 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
8	CANAL 26	5.000	32	33	34/ 36	35/ 37	--	--	--	--	193.2.1.188	
9	BIOGRAPHY CHANNEL	5.000	51	52	53/ 55	54/ 56	--	--	--	--	193.2.1.190	
Total:		10.000 Mbps										

- Cascada de EGTs (193.2.1.143) = 18,60 Mbps. → 6 canal SD

ENCODERS												
Program ID	Service Name	Transport Rate	PMT PID	Video PID	Aud1 PIDs	Aud2 PIDs	Aud3 PIDs	Aud4 PIDs	VBI PID	DPI PID	Encoder Status	
1	KBS Word (Korea)	3.000	32	33	34/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.143	
2	SUN CHANNEL	3.300	64	65	66/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.146	
3	MANAGENT TV	3.000	96	97	98/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.147	
4	CCTV	3.000	128	129	130/ 334	--	--	--	--	--	193.2.1.148	
5	NHK	3.000	160	161	162/ 334	163/ 335	--	--	--	--	193.2.1.149	
6	ESPN + (PLUS)	3.300	192	193	194/ 334	195/ 335	--	--	--	--	193.2.1.150	
Total:		18.600 Mbps										

- EGTs (193.2.1.144) = 5 Mbps. → 1 Canal SD

ENCODER RATES	
Transport Rate	5.000 Mbps

DSR440-MD

Flujo de tráfico desde dispositivos DSR440-MD

- 23 canales (7 CH PPV + 16 CH Música) \approx 27 Mbps \rightarrow In ASI
- 16 canales (7 CH PPV + 9 CH Música) \approx 27 Mbps \rightarrow In ASI.
- 16 canales (3 CH PPV + 3 CH Video + 10 CH Música) \approx 27 Mbps \rightarrow In ASI.
- 17 canales (3 CH PPV + 3 CH Video + 10 CH Música) \approx 27 Mbps \rightarrow In ASI.

WB estimado de entrada para este tráfico = (4 ASI x 27 Mbps) + 6% (*Overhead* WB empaquetamiento de Video/IP)

WB estimado DSR440-MD = 114,48 Mbps

Por lo tanto WB total que va desde los DM6400 hacia el *Switch* de *core* es de:

Ancho de Banda de salida Total DM6400 (*Video over IP*) = 25,44 Mbps + 29,68 Mbps + 246,45 Mbps + 237,44 Mbps + 114,48 Mbps.

Ancho de Banda de salida Total DM6400 (Video IP) = 653,49 Mbps

Este tráfico de video será conmutado hacia los *HUBs* y además será distribuido a cada dispositivo DM6400.

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO VIDEO IP EN DM6400 (CHERRY PICKER)

Primer Cherry Picker

- IN ASI = 39 Ch SD, 1 Ch HD, 25 Ch Audio.
- IN GiEth= 39 SPTS.

Encoders con salida ASI (IRD)

Tráfico IRD SD= (25 Ch SD x 4 Mbps) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico IRD SD= 106 Mbps.

Tráfico IRD HD= (1 Ch HD x 14 Mbps) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico IRD HD= 14,84 Mbps.

DSR440-MD

Tráfico desde DSR440-MD = (27Mbps x 2 tráficos) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico desde DSR440-MD = 57,24 Mbps.

Fuentes de Video en IP

In GiEth = 39 SPTS = 151 Mbps

Tráfico de Cherry Picker # 1 = 329,08 Mbps

Segundo Cherry Picker

- IN ASI = 32 Ch SD, 1 Ch HD, 25 Ch Audio.
- IN GiEth= 38 SPTS.

Encoders con salida ASI (IRD)

Tráfico IRD SD= (24 Ch SD x 4 Mbps) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico IRD SD= 101,76 Mbps.

Tráfico IRD HD= (1 Ch HD x 14 Mbps) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico IRD HD= 14,84 Mbps.

DSR440-MD

Tráfico desde DSR440-MD = (27Mbps x 2 tráficos) + 6% (*Overhead* empaquetamiento de Video/IP)

Tráfico desde DSR440-MD = 57,24 Mbps.

Fuentes de Video en IP

In GiEth = 39 SPTS = 150,57 Mbps

Tráfico de Cherry Picker # 2 = 324,41 Mbps

Tráfico Total de los equipos Cherry Picker = \sum (Tráfico de Cherry Picker # 1 + Tráfico de Cherry Picker # 2)

Tráfico Total de los equipos Cherry Picker = 329,08 Mbps + 324,41 Mbps

Tráfico Total de los equipos Cherry Picker = 653,49 Mbps

3.8.4 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO DE VIDEO SOBRE IP

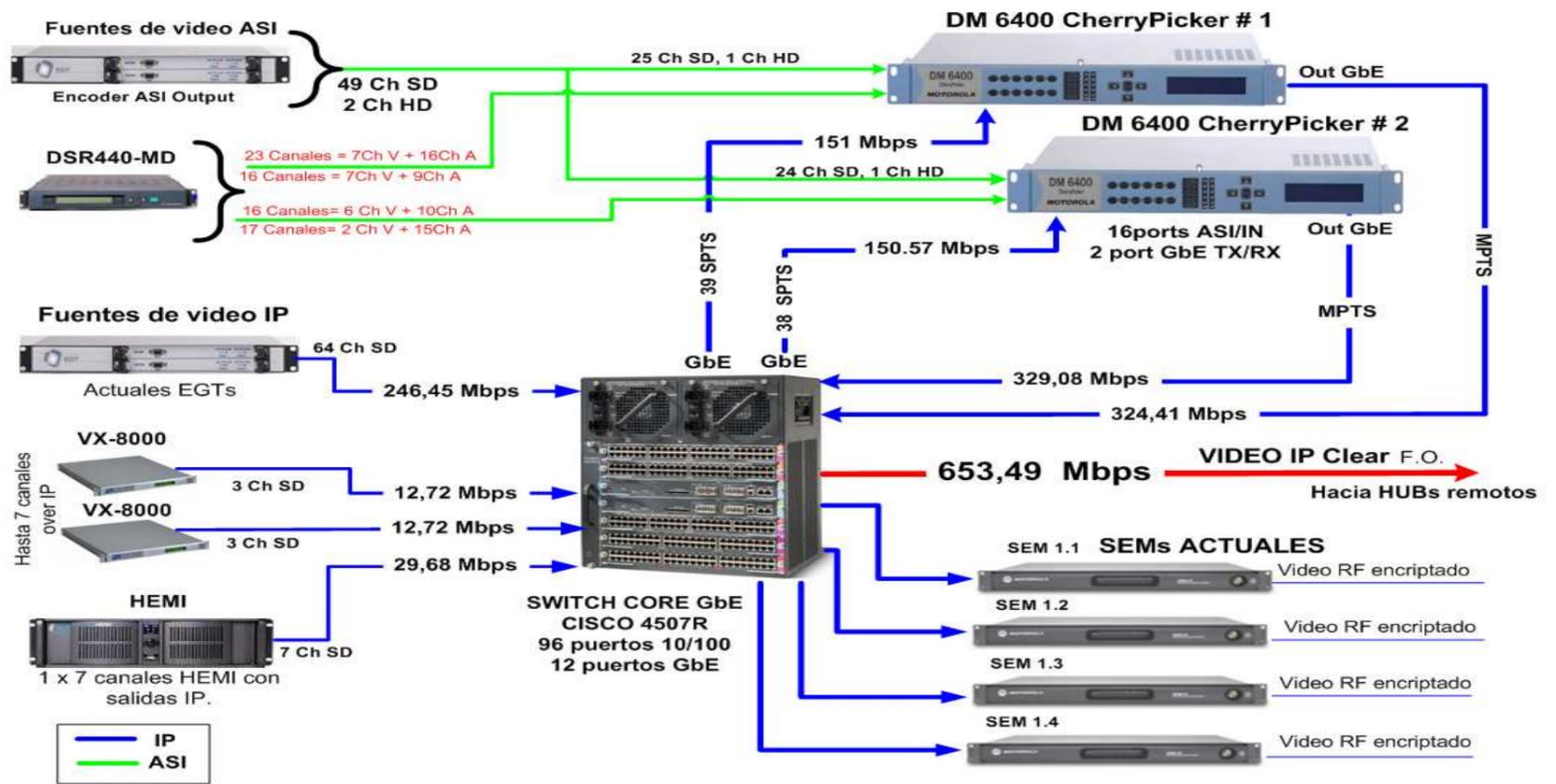


Figura 3.36: Distribución del Tráfico de Video sobre IP

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Como conclusión de lo analizado y aprendido en este trabajo, se puede decir que a medida que aumente el ingreso de usuarios conectados a Internet será mucho más fácil el cambio hacia una entrega de servicios de forma integral, esquema conocido también con el nombre de *triple play* (telefonía, televisión, Internet). Este cambio se dará en función de la disminución de los costos de estos servicios, lo cual produce un crecimiento mucho mayor de las personas dispuestas a contratar estos servicios.
- La Televisión IP revoluciona la forma de ver la televisión, puesto que aporta más canales y más calidad, una mejora de imagen y de sonido, la posibilidad de visualizar los contenidos en formato panorámico (16:9), de disfrutar del sonido Dolby Digital 5.1 y el acceso a servicios y aplicaciones interactivas, como es la guía electrónica de programación, teleinformación (educación, deportes, clima, mercadeo, etc).
- La Televisión IP está orientada en aumentar la interactividad con los usuarios y proveerlos del control de lo que realmente desean ver y cuando hacerlo, gracias a los servidores IP usados en la entrega de este servicio. Por otra parte se hace más partícipe al consumidor de la información que se requiere como lo son por ejemplo: las estadísticas de equipos de futbol, servicio de compra de videos bajo demanda, y la publicidad que el cliente desea ver.

- Debido a la personalización de entrega de servicios en el esquema de Televisión IP, se tiene una disminución en los actos fraudulentos de conexión sin permiso hacia los servicios de televisión, dado que los servicios son entregados a una dirección IP fija además del hardware necesario para realizar la descompresión de la información recibida.
- Un aspecto importante de IPTV es que está pensado para transmitir videos en distintos formatos lo cual hace más flexible el envío de información, además gracias a los servidores IP se pueden almacenar en estos gran cantidad de archivos que estarían disponibles para los clientes desde cualquier parte del mundo, solo sería necesario una conexión a internet y si es necesario del hardware adecuado.
- IPTV está enfocado a crecer enormemente, debido a que no se encasilla en interactuar con ella a través de un solo medio (televisor) sino más bien se puede conectar a través de computadores. Por otra parte la comunicación ya no sería unidireccional, es decir IPTV nos brindaría un medio de interactuar con ella y hacerla más acorde a las necesidades del cliente.
- El uso de fibra óptica en la red de transporte para el servicio de televisión incluido en el paquete *triple play*, permite optimizar su funcionamiento puesto que al alcanzar distancias de hasta 20 Km, se ve minimizado considerablemente los problemas de ruido, atenuación e interferencia en la red gracias al tipo de elementos pasivos contenidos en ella.
- La implementación del diseño propuesto, no implica en gran medida una fuerte inversión, puesto que el Grupo TVCable, al tener ya una infraestructura de red de datos IP definida (IP/MPLS), podrá hacer uso de la misma para el transporte de tráfico de audio y video de la tecnología IPTV.

- El mayor obstáculo para reducir el costo en la industria de las tecnologías de cable de hoy en día es el uso de sistemas propietarios en la recepción de contenidos. Si bien los formatos de transporte son estándares abiertos, sus componentes y sistemas de proceso en medios de comunicación son casi siempre basadas en arquitecturas propietarias. El resultado es que los equipos de diferentes fabricantes a menudo no pueden ser combinados sin un prolongado y costoso trabajo de integración, y es difícil y hasta imposible de modificar el comportamiento de las "cajas negras" que componen estos sistemas sin tener que recurrir al fabricante original.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario tener claro el concepto de IPTV, ya que muchas veces se produce una confusión entre IPTV e Internet TV, puesto que ambos términos son usados indistintamente para hablar de Televisión a través de Internet. Si bien es cierto que los dos hacen referencia a la misma idea, se puede encontrar diferentes puntos que los diferencian, ya que mientras Internet TV sugiere el uso de Internet para la transmisión de contenidos de Vídeo, siendo un entorno menos controlado, en el que el acceso tiene un carácter más abierto, IPTV por el contrario usa redes privadas dedicadas para llevar el contenido al usuario final, en un entorno más cerrado en el que el proveedor controla todo el proceso.
- Dado que el proceso tecnológico se encuentra en constante evolución, es necesario ir a la par con personal técnico capacitado con la finalidad de explotar al máximo los recursos y servicios con los que cuenta el Grupo TVCable.
- La elección del fabricante de los equipos a utilizarse en la implementación, se la debe hacer en función a las prestaciones anteriores que hayan tenido de

una forma u otra con la empresa, puesto que el Grupo TVCable al brindar ya el servicio de televisión digital, mantiene vínculos comerciales con varios proveedores de equipos de televisión como es el caso de Motorola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Direcciones electrónicas

- [1] <http://www.monografias.com/trabajos11/tvdigi/tvdigi.shtml>
- [2] <http://eprints.ucm.es/tesis/inf/ucm-t29476.pdf>
- [3] <http://www.monografias.com/trabajos5/tv/tv.shtml>
- [5] <http://en.dtvstatus.net/>
- [7] http://www.supertel.gov.ec/pdf/tdt/31_preguntas_tdt.pdf
- [8] http://www.supertel.gov.ec/pdf/revista_supertel4.pdf
- [10] http://www.teleina.com/dvd/dolby_ac-3.htm
- [11] <http://www.cs.ucl.ac.uk/teaching/GZ05/08-h261.pdf>
- [12] <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/codif/material/monografias/2002-02.pdf>
- [13] <http://www.monografias.com/trabajos10/vire/vire.shtml>
- [14] <http://gps-tsc.upc.es/imatge/Main/TEI/hibridos.pdf>
- [16] <http://www.topbits.com/wmv.html>
- [17] <http://www.javvin.com/protocolH261.html>
- [18] <http://virtual.uaeh.edu.mx/riv/videoconferencia.php>
- [19] <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/JRozada.html>
- [20] <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0803/ICT000800304.pdf>
- [21] http://es.wikipedia.org/wiki/Hybrid_Fibre_Coaxial
- [25] http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf
- [26] http://www.sec-sonora.gob.mx/telesecundaria/inf_tecnica/LNB.pdf
- [27] <http://wikitel.info/wiki/XDSL>
- [30] <http://www.saulo.net/pub/tcpip/a.htm>
- [31] <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/codif/material/monografias/2004-01.pdf>
- [32] http://wikitel.info/wiki/Televisi%C3%B3n_IP_multicast
- [33] www.atis.org
- [34] www.tmira.com
- [35] <http://www.ramonmillan.com/documentos/tdt.pdf>
- [36] www.mediaschool.ohiou.edu/its/imgs/iptv.jpg

[37] www.amt.com/images/products/DSR-4400MD.pdf

[38] www.scientificatlanta.com

Libros y publicaciones

[9] Tanenbaum, Andrew. "Redes de computadoras". Cuarta Edición. Editorial Pearson Educación. 2003. México

[22] Información referencial del Grupo TVCable, 2009

[28] Lloret Mauri, Jaime. Boronat Seguí, Fernando. García Pineda, Miguel. "IPTV: la televisión por Internet". Publicaciones Vértice.

[29] William Stallings. "Comunicaciones y redes de computadores". Prentice Hall. Sexta edición.

Proyectos De Titulación

[4] López Carrillo, Ángel Fabricio. "ESTUDIO TECNICO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UN CANAL DE TELEVISION DIGITAL EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA". Escuela Politécnica Nacional, 2008

[6] Melaños Salazar, Carla Verónica. "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEVISIÓN SOBRE IP PARA LA EMPRESA PORTADORA TELCONET, PARA LA ZONA URBANA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO". Escuela Politécnica Nacional, 2009

[15] Lalangui Aldeán, Diana Marivel. "DISEÑO DE UNA RED PARA PROVEER EL SERVICIO DE VIDEO BAJO DEMANDA VOD SOBRE IP". Escuela Politécnica Nacional, 2008

[23] Pabón Taco, Diana Patricia. "DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA PROVEER SERVICIOS TRIPLE PLAY (TV, INTERNET Y TELEFONÍA) EN EL SECTOR DE LA CAROLINA A TRAVÉS DE LA RED DEL GRUPO TVCABLE". Escuela Politécnica Nacional, 2009

[24] Chávez Paredes, Diego Lenin. Montero Revelo, Silvana Fernanda. "DISEÑO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED DE SETEL HACIA UN CARRIER QUE UTILIZA TECNOLOGÍA MPLS, PARA PROVEER SERVICIOS DE VoIP EN TODO EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO". Escuela Politécnica Nacional, 2008