



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil Eléctrica

## “IPTV, ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA SOBRE DISTINTOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN E IMPACTO EN EL NÚCLEO DE LA RED CAUSADOS POR SERVICIOS UNICAST Y MULTICAST”

Tesis para optar al título de :  
Ingeniero en Electrónica

Profesor Patrocinante:  
Sr. Néstor Fierro Morineaud.  
Ingeniero Electrónico,  
Licenciado en ciencias de la Ingeniería,  
Diplomado en Ciencias de la Ingeniería.

GABRIEL ANDRÉS MARTÍNEZ ROSAS  
RODRIGO EMILIO JARAMILLO CARRASCO  
VALDIVIA – CHILE  
2008

Profesor Patrocinante

Néstor Fierro Morineaud

\_\_\_\_\_

Profesores Informantes

Pedro Rey Clericus

\_\_\_\_\_

Luís Vidal Vidal

\_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar queremos agradecer a los profesores que conforman esta comisión a Néstor Fierro Morineaud, Pedro Rey Clericus y Luís Vidal Vidal. Por el apoyo brindado durante este año de trabajo.*

*Rodrigo Jaramillo Carrasco.*

*Quiero agradecer en primer lugar a mi madre Rosa Carrasco, por el apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, guiándome más que con consejos y palabras, con amor. Todo lo que soy y he logrado se lo debo a ella, gracias mamá.*

*A Nelson Loiza, por ayudarme y cuidarme gran parte de mi vida, por los consejos y la ayuda prestada en forma desinteresada siempre.*

*A mi familia, mis tías y primas que siempre han sido como mis hermanas, y mucha otra gente que sin duda ha ayudado y guiado en mis decisiones.*

*A mi abuelito, Luis Carrasco, que no pasa un día sin que lo recuerde y extrañe.*

*A mis suegros por el apoyo este último tiempo y por su puesto a mi novia Constanz Ehrenfeld, que juntos hemos superado muchos obstáculos con mucho amor pero por sobre todo por darme una hija tan hermosa e inteligente, mi Catita, la luz de mi vida.*

*A Néstor Fierro, nuestro profesor guía, por el apoyo durante toda la carrera y este último año.*

*Y por último a Gabriel Martínez, compañero de siempre y gran amigo, por su perseverancia y comprensión en este año tan complicado.*

*Gabriel Andrés Martínez Rosas*

*Este trabajo de titulación esta dedicado especialmente a mi familia, a mi madre Maria Teresa Rosas, a mi padre Hernán Martínez y a mi querido Hermano Gerardo Martínez, ya que gracias a ellos he podido llegar a este momento donde se cumple un ciclo muy importante en mi vida y la realización de un sueño, el cual es llegar a ser un Ingeniero. Especialmente quisiera dar las gracias a mi mamá, por el gran esfuerzo que ha hecho todos estos años, para que nunca me faltara nada y pueda lograr ser un gran profesional, muchas gracias mamita.*

*A mis Tíos y primos que siempre estuvieron apoyando en todo momento, y un especial agradecimiento a mi tía Laly por creer siempre en nosotros y ayudarnos cuando lo necesitábamos incondicionalmente.*

*A mi polola Carola Campos por su apoyo y amor que me ha brindado en esta ultima etapa de mi vida como estudiante.*

*A mis amigos de toda la vida: Gato, Claudio, Fernando, Alexis, Mauro y Altidoro que siempre han estado cuando se les necesitaba, tanto en las buenas como en las malas. Además gracias amigos por ayudar a desestresarme después de largas horas de estudio y pruebas.*

*A mi amigo, compañero y colega Rodrigo Jaramillo por su gran esfuerzo que ha realizado este último año.*

*A mis compañeros y amigos de carrera, con los que compartimos la misma meta en estos años de estudio y las famosas cábalas que realizábamos cada semestre: Sebastián, Eduardo, Jaime, Reta, Fernando, Roberto, Rodrigo J, Rodrigo S y en especial a Mario que nos esta viendo desde el cielo.*

*A todas las personas que estuvieron a mi lado desde el comienzo de este proyecto les doy las gracias a todos.*

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación consiste en el estudio de una red IPTV general. Se presenta un trabajo teórico-practico donde en primer lugar se estudian las distintas tecnologías que se utilizan en el desarrollo de redes IPTV, analizando su arquitectura desde el head-end hasta el usuario final pasando por las etapas de almacenamiento y servidores de video, red de transporte (ATM, SDH y WDM) y Redes de Acceso (CATV, F.O. y xDSL).

En segundo lugar de forma práctica se implementó un laboratorio de transmisión de contenido multimedia, servidor de VoD, etc, en los laboratorios del Instituto de Electricidad y Electrónica, con el fin de simular un escenario y así poder realizar pruebas de transmisión de video streaming multicast con compresión MPEG-2 y MPEG-4, obteniendo como resultado una tabla con los bit-rate específico para videos con distinto tipo de programación tanto con compresión MPEG-2 como MPEG-4. Una segunda prueba realizada fue el análisis de la red debido al tráfico Unicast y Multicast, obteniendo parámetros de perdida de paquete con distinto tipo de transmisión simulando un ambiente real.

## **ABSTRACT**

This work consists of certification in the study of a network IPTV. We present a working teórico-practico where first looks at the different technologies that are used in the development of IPTV networks, analyzing their architecture from the head-end to end-user through the stages of storage and video servers, network transportation (ATM, SDH and WDM) and Access Networks (CATV, xDSL and FO).

Second was implemented in a practical way a laboratorio transmission of multimedia content, server VoD, etc., in the laboratories of the Institute of Electrical and Electronics, in order to simulate a scenario and well testing transmission of video streaming multicast with compression MPEG-2 and MPEG-4, getting results in a table with bit-rate specific for videos with different types of programming with both compression MPEG-2 and MPEG-4. A second test was carried out the analysis of the network due to traffic Unicast and Multicast, getting lost packet parameters with different types of transmission simulating a real environment.

## OBJETIVOS

- Estudiar una red de Televisión sobre IP, sus componentes y principales requerimientos.
- Conocer la estructura, equipos y dispositivos necesarios para el despliegue de la red.
- Estudiar la red a nivel general, desde el Head-end hasta la red de acceso.
- Estudiar las distintas posibilidades de acceso a la red (xDSL, Cable, F.O.)
- Analizar los formatos de compresión utilizados y establecer una comparación entre compresión y calidad de video percibida.
- Analizar el impacto en la red debido a los servicios actualmente ofrecidos por empresas de TVIP.
- Analizar la normativa que puede adoptar Chile frente a los diferentes estándares de televisión digital y su realidad comercial.

## **METODO DE TRABAJO**

La metodología de trabajo empleada es del tipo investigativa a través de material bibliográfico, principalmente disponible en Internet, debido al poco tiempo de aparición o masificación de esta tecnología. Para los capítulos de protocolos y tecnologías más asentadas en estos momentos en el mundo, se trabajo con material disponible en biblioteca de la Faculta de Ciencias de la Ingeniería y tesis de la Escuela de Ingeniería Electrónica.

También se recopiló información de empresas de telecomunicaciones consolidadas en TvIP en el mundo, algunas españolas con conocimiento en el tema y en la que existe gran disponibilidad de material y otras chilenas emergentes.

El análisis práctico se llevo a cabo usando material disponible en las webs de los fabricantes de equipos de networking y basados en experiencias realizadas por empresas de telecomunicaciones.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>OBJETIVOS</b> .....	7
<b>METODO DE TRABAJO</b> .....	8
<b>ÍNDICE</b> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPITULO I</b> .....	13
<b>DESCRIPCIÓN DE IPTV</b> .....	13
1.1 Historia de la tecnología IPTV .....	13
1.2 Definición de IPTV .....	13
1.2.1 Video-Streaming.....	14
1.3 Arquitectura básica de IPTV .....	15
1.4. IPTV e Internet Televisión .....	16
<b>CAPITULO II</b> .....	17
<b>DESCRIPCIÓN DE PROTOCOLOS ASOCIADOS A IPTV</b> .....	17
2.1.0 IP (Internet Protocol).....	17
2.1.1 Direccionamiento IP .....	21
2.1.2. Direcciones privadas o inválidas .....	22
2.1.3 NAT.....	23
2.1.4 Subnetting.....	26
2.2.0 ICMP (Internet Control Message Protocol) .....	28
2.3.0 RTSP (Real Time Streaming Protocol) .....	30
2.3.1 Peticiones RTSP .....	30
2.4.0 RTP (Real Time Protocol).....	31
2.5.0 RTCP (Real Time Control Protocol).....	33
2.6.0 Sistemas de Difusión Unicast y Multicast.....	34
2.6.1 Unicast.....	34
2.6.2 Broadcast .....	34
2.6.3 Multicast .....	35
2.6.4 Redes Ethernet.....	38
2.6.5 IGMP (Internet Group Management Protocol). .....	39
2.6.6.0 Protocolos de Enrutamiento Multicast .....	46
<b>CAPITULO III</b> .....	51
<b>GENERACIÓN DE IMAGEN Y ESTANDARES DE COMPRESION DE VIDEO Y AUDIO</b> .....	51
3.1 Principios de Generación de Imagen de Video y Audio. ....	52
3.1.1 Señal de vídeo en blanco y negro .....	52
3.1.2 Señal de Vídeo con color.....	54
3.1.3 Transmisor de imagen de color. ....	57
3.1.4 El Audio.....	58
3.1.5 Receptor de Imágenes de Color.....	59
3.2 MPEG (Moving Picture Experts Group) .....	61
3.2.1 Capas y Versiones de MPEG .....	61

3.3.0 DVB (Digital Video Broadcast) .....	62
3.3.1 El estándar DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) .....	62
3.3.2.0 El estándar DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable).....	67
3.3.3 El estándar DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestre).....	70
3.4.0 Descripción de Compresión de Video MPEG.....	74
3.5. MPEG-1.....	77
3.6. MPEG-2.....	77
3.6.1. Generación de MPEG-2 Stream (TS).....	79
3.7. MPEG-4.....	84
3.7.1 Codificación de MPEG-4 .....	85
3.7.2 Perfiles MPEG-4 .....	85
3.7.3 MPEG-4 Short Header y Long Header .....	86
3.7.4 MPEG-4 Parte 10 (AVC, Control de Video Avanzado) .....	86
3.7.5 Ventajas y Desventajas de MPEG-2 y MPEG-4 .....	87
3.8. Codificación de Audio.....	87
3.8.1 Codificación de Audio en MPEG-1 y MPEG-2 .....	88
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>89</b>
<b>SOLUCIÓN GENERAL END TO END PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IPTV.</b>	
.....	89
4.1.0. Adquisición y procesamiento de la señal de video.....	92
4.1.1.0. Head-end.....	92
4.1.2.0. DRM (Digital Rights Management).....	95
4.1.3.0 DVB-SI (Digital Video Broadcasting-Service Information).....	101
4.1.4.0. Guía Electrónica de Programa (EPG).....	105
4.2.0. Etapa de Almacenamiento y Servidores de Video. ....	107
4.2.1.0. Video Bajo Demanda (VoD).....	107
4.2.2. Grabador de Video Personal o Personal Video Recorder (PVR).....	109
4.2.3 nPVR (Network Personal Recorder) .....	111
4.3.0. Red de Transporte (ATM, SDH y WDM).....	111
4.3.1. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode)...	112
4.3.2.0 SDH/SONET .....	121
4.3.3.0. WDM (Wavelength Division Multiplexing) .....	123
4.4.0. Redes de Acceso (CATV, F.O y xDSL).....	126
4.4.1.0 Red de Acceso CATV. ....	126
4.4.2.0. Red de Acceso por Fibra Óptica (F.O).....	136
4.4.3.0 Red de Acceso xDSL.....	153
4.5.0. Acceso Usuario Final. ....	169
4.5.1. Set Top Box.....	170
4.5.2. Middleware del Set Top Box.....	172
4.5.3. Funcionalidad del Set Top Box. ....	174
4.5.4 Arquitectura de la red del usuario final (xDSL, CATV y F.O).....	176
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>178</b>
<b>REGULACIÓN SOBRE EL ESTÁNDAR DE TELEVISIÓN DIGITAL</b>	
<b>TERRESTRE EN CHILE. ....</b>	<b>178</b>
5.1.0 Análisis Comparativos de los Estándares ATSC, DVB-T y ISDB-T .....	178
5.1.1. Sistema de Datos. ....	178

5.1.2 Sistema de Compresión de Audio. ....	179
5.1.3 Televisión de alta definición (HDTV).....	180
5.1.4 Tasa de Datos y Cobertura. ....	180
5.1.5 Robustez ante Propagación de Multitrayectoria.....	181
5.1.6 Recepción bajo Condiciones de Movilidad. ....	182
5.1.7 Utilización del Espectro y Eficiencia Espectral. ....	182
5.1.8 Factibilidad de Operar con Bandas de 8 MHz en Chile. ....	183
5.2.0 Resumen según análisis comparativo sobre los estándares ATSC, DVB-T y ISDB-T.....	185
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>187</b>
<b>PRUEBAS EN TRANSMISION DE VIDEO STREAMING MULTICAST CON COMPRESION MPEG-2 Y MPEG4.....</b>	<b>187</b>
6.0 Descripción de la Arquitectura de la red utilizada. ....	187
6.1.0 Prueba de transmisión de video streaming con distinto tipo de programación. ....	191
6.1.1 Procedimiento utilizado en las pruebas de video streaming Multicast.....	192
6.1.2 Análisis de calidad de video percibida para distintos tipos de programación. ...	202
6.2. Análisis de la red debido al tráfico Unicast y Multicast.....	206
6.2.1 Red de transporte. ....	206
6.2.2 Configuración del servidor de VoD. ....	206
6.2.3 Configuración de Vlan: .....	207
6.2.4 IGMP Snooping.....	208
6.2.5 Configuración del monitoreo de la red.....	209
6.2.6 Instalación de Cacti. ....	212
6.2.7 Descripción de las pruebas .....	219
6.3.0 Medición ancho de banda máximo v/s distancia del loop (Dslam – MODEM)....	225
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>227</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>229</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>233</b>

# INTRODUCCIÓN

La difusión de televisión análoga nos ha acompañado por mucho tiempo siendo un importante medio de comunicación y entretenimiento. En los últimos años la televisión ha evolucionado considerablemente y la llegada de la televisión digital supone un cambio tan radical como el paso del blanco y negro al color, convirtiendo a la televisión tradicional en un servicio mucho más flexible y con una gran capacidad de interactuar con nuevas tecnologías.

Hoy en día las empresas de telecomunicaciones se han visto fuertemente influenciadas por la migración de los servicios hacia plataformas digitales, viendo la convergencia de la voz, video y datos sobre IP como un nuevo servicio emergente. Es aquí donde surge una nueva tecnología revolucionaria, la cual integra la televisión con las redes de paquetes conmutados, originándose un nuevo servicio de comunicación llamado “Televisión sobre el Protocolo IP”, IPTV.

A modo general, se puede decir que IPTV consiste en la distribución de una señal de audio, video y datos de banda ancha desde un servidor central, a cuyo contenido puede acceder un usuario permitido cuando y como lo desee. Con esto se podría pensar entonces que IPTV más que una tecnología sería otro uso de la banda ancha, de hecho se podría decir que IPTV es análogo a VoIP o cualquier otro servicio sobre ADSL, sin embargo IPTV tiene exigencias mucho más complejas y un número considerable de elementos de red, incluyendo: Head-end, Transporte, Middleware, Acceso, etc. Conjugando tanto hardware como software para ofrecer una variedad de servicios como: VoD, ToD, PVR. ITV, etc.

Con esta nueva tecnología se van ampliando las posibilidades comunicativas soportadas por las tecnologías tradicionales y por sobre todo está brindando una participación activa a los usuarios de este servicio.

# **CAPITULO I**

## **DESCRIPCIÓN DE IPTV**

### **1.1 Historia de la tecnología IPTV**

Las primeras investigaciones sobre si era posible transmitir televisión sobre el protocolo IP se remontan a fines de los años 80. Luego de haberse realizado varios intentos se logro hacer una transmisión exitosa. Las investigaciones siguieron en los años venideros en conjunto con un desarrollo exponencial de nuevas tecnologías e equipamientos, a mediados de los años 90 se ve la posibilidad de implementar este servicio, pero surge una dificultad, la necesidad de llegar con un gran ancho de banda a los abonados, obligando así a los prestadores de servicio a crear una red paralela para la transmisión de IPTV, quedando en tela de juicio la factibilidad económicas de este servicio.

IPTV llegaría a fortalecerse definitivamente a partir del año 2000 en adelante, con el surgimiento de nuevas tecnologías de acceso a Internet como xDSL (Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital) la cual es integrada a la arquitectura de esta red, aumentando considerablemente el ancho de banda en la ultima milla.

Otro hecho de relevancia es la gran evolución de las tecnologías en equipamientos de red que ha surgió a partir del año 2000, un ejemplo de ello, es la aparición del DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer o Multiplexor de Acceso a la Línea de Abonado Digital) el cual se encuentra en la central del operador proporcionando a los abonados acceso a los servicios xDSL.

Con estos hechos y la gran masificación que a tenido Internet en el mundo, se ha facilitado el despliegue de la televisión sobre IP en un entorno de maduras tecnológica y viabilidad económica.

### **1.2 Definición de IPTV**

IPTV, Televisión sobre el Protocolo de Internet, es la denominación mas común para sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y video, usando

conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. La televisión IP se ha desarrollado en base al denominado video-streaming.

El desarrollo de IPTV esta muy ligado al ancho de banda, ya que para obtener una imagen de calidad y en tiempo real es necesario poseer un gran ancho de banda. Por este motivo generalmente la entrega de este servicio es realizado por los operadores de banda ancha. Es utilizada una arquitectura de red cerrada, en donde el operador añade IPTV como otro servicio para el usuario residencial, es así que a menudo IPTV es proporcionado en conjunción con video en demanda y puede ser unido con la telefonía y servicio de Internet, trasmitiendo todo esto por la misma red, esto es llamado triple play, integración de voz, video y datos.

Quizás una definición más simple de IPTV seria la entrega de contenido de televisión que, en vez de ser entregada en forma tradicional, es recibida por el espectador por las tecnologías usadas para redes de computadores.

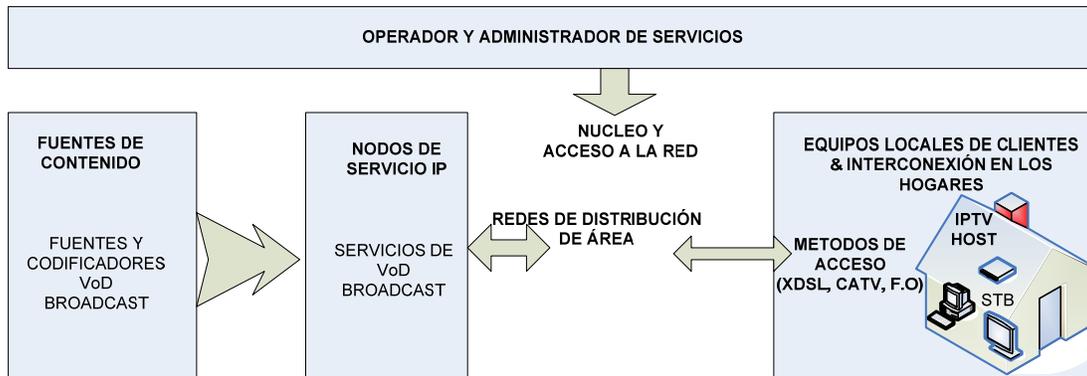
### 1.2.1 Video-Streaming.

Se define generalmente como flujo de video multimedia trasmitido por la red desde un servidor hacia el subscriptor, con la característica de que es posible visualizar el contenido en la medida que el flujo de datos es recibido.

En el uso de video-streaming en IPTV, se pueden diferenciar dos tipos de canales. El primero es de definición estándar (SDTV) y el segundo de alta definición (HDTV). Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 1.5 Mbps, y para un canal del segundo tipo 8 Mbps, si se tienen varios canales distintos (por tener varios receptores de televisión) se necesita más ancho de banda. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a Internet, por lo tanto, se necesitan 4.5 Mbps para tres canales de SDTV o bien 11 Mbps para dos canales SDTV y, al menos, un canal HDTV. En cualquier caso, la tecnología de compresión y codificación de video MPEG-2 o MPEG-4 son muy útiles para lidiar con los problemas de ancho de banda.

### 1.3 Arquitectura básica de IPTV

En la Figura N°1 se muestra un sistema de arquitectura básica de IPTV, soportando aplicaciones de difusión (Broadcast) de televisión y video bajo demanda (VoD). [1]



*Figura 1. Arquitectura básica IPTV*

**Fuentes de contenido (Content Sources):** Su función es recibir el contenido del video, codificarlo y almacenarlo en una base de datos (VoD).

**Nodos de Servicio:** Su función es recibir video streaming en varios formatos, luego reformatearlos y encapsularlos para poder transmitirlos con una calidad de servicio (QoS) apropiada. Estos nodos de servicio se comunican con el equipo local de clientes (CPE) para la distribución de servicio y con el servicio IPTV atienden al suscriptor, sesión y dirección de derechos digitales. Los nodos de servicio pueden ser centralizados o distribuidos.

**Redes de distribución:** proporciona la capacidad de distribución, la calidad de servicio, etc. Es necesaria para la distribución confiable y oportuna de flujo de datos IPTV desde los nodos de servicio a los clientes locales. El núcleo y acceso a la red incluye la distribución óptica del backbone de la red y varios accesos de línea de suscripción digital multiplexadas (DSLAM) localizado en la central del operador de servicio.

**Acceso de Clientes:** la entrega de IPTV a los clientes se realiza sobre la plataforma de lazo existente y las líneas telefónicas a los hogares usando altas velocidades.

**Equipos Locales de clientes o Customer Premises Equipment (CPE):** En IPTV, los CPE son todos los equipos terminales localizados dentro del hogar del suscriptor los cuales generalmente pueden ser router, set-top box, modem ADSL. Los cuales se encargan del ancho de banda y las interconexiones del hogar.

**Clientes IPTV:** Los clientes de IPTV son la unidad funcional, es donde el tráfico de IPTV termina en los hogares de los clientes. Esto son unos dispositivo, generalmente un set-top box, que realizan el tratamiento funcional, incluye control de conexión y calidad de servicio (QoS) con el nodo de servicio, la decodificación del video stream, el cambio de canal, el control de uso por usuario, conexión a interfaces de usuario como TV o monitores HDTV, etc.

#### 1.4. IPTV e Internet Televisión

Suele muchas veces confundirse IPTV con la Televisión por Internet, una de las grandes diferencias es que IPTV se basa en una arquitectura de red cerrada en cambio la televisión por Internet se trasmite por una red abierta, basándose en una estrategia sobre demanda para la distribución de contenido multimedia a través de Internet, es decir, IPTV se basa en el control y calidad del servicio mientras que la Internet televisión se preocupa de la variedad y cantidad de producción.

#### **Diferencias TV Internet e IPTV:**

##### **IPTV**

- Se Basa en una arquitectura de red cerrada.
- Sistema de TV propietarios ( Pay TV principalmente)
- Distribución y entrega en paquetes de Internet (IP) que permiten un alto grado de control y seguridad.

##### **Internet Televisión**

- Arquitectura de red abierta y disponible.
- Gran número de productores medianos y pequeños contribuyen con creación innovadoras en contenidos y canales de distribución.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DE PROTOCOLOS ASOCIADOS A IPTV

#### 2.1.0 IP (Internet Protocol)

El protocolo de Internet es probablemente el protocolo de comunicaciones más usado en la actualidad, tanto es así que el espacio de direccionamiento disponible es cada día más escaso, es por esto que se ha creado una nueva versión de la actual IPv4, la versión número seis cuenta con 128 bits disponibles para asignar direccionamiento a un sin fin de hosts. A pesar de esto existen técnicas que pueden hacer que la falta de direcciones no sea un gran problema, como es la creación de subredes, el NAT, etc. En este capítulo se tratarán algunos con la intención de conocerlos y entender las redes de paquetes conmutados. [2]

IP es un protocolo no orientado a conexión, y aunque parezca extraño, pese a su popularidad no garantiza la entrega de paquetes y es un protocolo no confiable, de esto se encargan protocolos de capas superiores.

El protocolo Internet implementa dos funciones básicas, direccionamiento y fragmentación. El direccionamiento se refiere a la información que contiene la cabecera del datagrama y que nos facilita el encaminamiento y reconocimiento del destino. La fragmentación es la manera en que los datagramas se dividen en fragmentos más pequeños, y reensamblan a su tamaño original, esta información también va impresa en la cabecera. Por lo tanto un paquete deberá incluir una cabecera, con información propia del protocolo, y los datos enviados.



*Figura 2- Datagrama IP básico, Compuesto por cabecera y datos.*

Para prestar su servicio IP utiliza cuatro mecanismos claves, estos son:

**Tipo de servicio (ToS):** Se utiliza para establecer la calidad de servicio que se desea. Este parámetro es utilizado por las pasarelas de Internet para seleccionar el modo de transmisión efectivo entre saltos, a otras pasarelas o en alguna red en particular.

**Tiempo de vida (TTL):** Lo fija el origen del datagrama y establece el tiempo en que el datagrama permanecerá en la red, se reduce cada vez que este haga un salto, y al llegar a cero se destruye.

**Opciones:** Incluyen marcas de tiempo, encaminamiento especial y seguridad. Por lo general no se incluyen, pero si están disponibles para su uso.

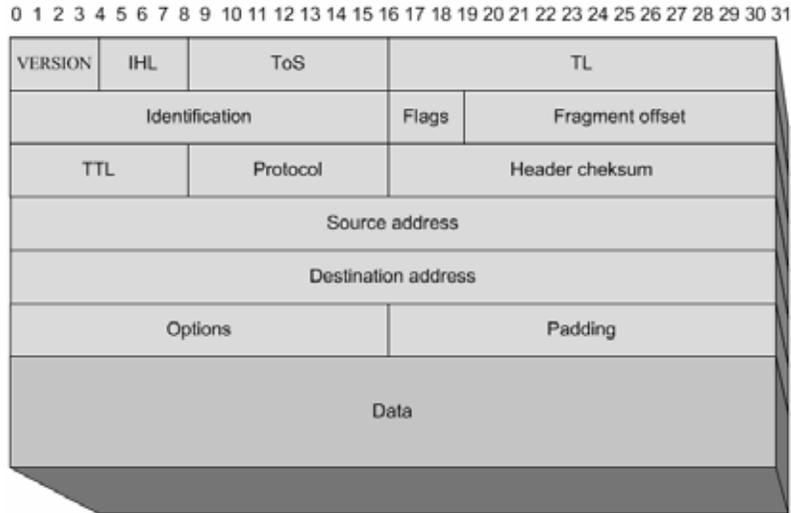
**Suma de control de cabecera:** Como se mencionó, IP no ofrece ningún mecanismo de transmisión fiable, no existen mensajes de confirmación que indiquen que el paquete ha llegado en buen estado ni existe control de errores, sólo una suma de control que va incluida en la cabecera, esta suma se es leída en cada salto, al procesar el datagrama se hace nuevamente la suma y se compara con el valor entregado, si coincide el datagrama podrá seguir su camino en caso contrario solo se descarta.

### **Formato de datagrama.**

Como se vio anteriormente el datagrama IP esta compuesto básicamente por una cabecera y el espacio destinado al contenido de información.

De manera mas detallada, el datagrama esta formado por palabras de 32 bits, con un máximo de 15 y un mínimo de 5, que es lo mas común.

En la figura se puede ver el contenido detallado y a continuación una descripción de cada uno.



*Figura 3. Detalle Datagrama IP.*

**VERSION:** Indica que versión del protocolo se está usando.

**IHL (IP Header Length):** Indica el tamaño de la cabecera, en palabras de 32 bits (mínimo 5).

**TOS (Type Of Service):** Proporciona un parámetro de la calidad de servicio deseada, se pueden asignar varios niveles de importancia aunque la gran mayoría de los routers y hosts lo ignoran. La estructura de este campo es la siguiente:



*Figura 4. ToS*

### Detalle del ToS

**Precedencia:** puede tomar los siguientes valores

- 111 - Control de Red
- 110 - Control Entre Redes
- 101 - CRITICO/ECP

100 - Muy urgente (Flash Override)

011 - Urgente (Flash)

010 - Inmediato

001 - Prioridad

000 – Rutina

**Los demás bits:**

Bits 0-2: Prioridad.

Bit 3: 0 = Demora Normal,                    1 = Baja Demora.

Bit 4: 0 = Rendimiento Normal,        1 = Alto rendimiento.

Bit 5: 0 = Fiabilidad Normal,        1 = Alta fiabilidad.

Bits 6-7: Reservado para uso futuro.

**Total Length:** Muestra la longitud total en bytes del paquete IP, incluidos headers y la data.

**Identificación:** En 16 bits el remitente escribe un número con el propósito de facilitar el reensamblaje del paquete.

**Flags:** Es un campo de 3 bits, el primero está reservado y debe ser cero, el segundo y tercero entregan información sobre la fragmentación.

Bit 1: si esta en uno indica no fragmentar.

Bit 2: si esta en cero indica que es el último fragmento del paquete.

**Fragment Offset:** aquí se indica a que parte del datagrama corresponde este fragmento. En 23 bits se indica el corrimiento que tiene este fragmento con respecto al original.

**TTL (Time To Live):** En el origen se introduce un valor, el cual se decrementa en cada salto, paso por router, gateway, etc. Si al momento de llegar a cero aun no encuentra el destino, el paquete se destruye.

**Protocol:** En este campo se indica el protocolo de siguiente nivel que se usa en la data del datagrama. Por ejemplo: 1 = ICMP, 6 = TCP, 17 = UDP, 88 = IGRP.

**Header Cheksum:** Ayuda a mantener la integridad del paquete. Se calcula haciendo el complemento a uno de cada palabra de 16 bits del encabezado, sumándolas y haciendo su complemento a uno. Este calculo se hace en cada nodo donde es revisado el paquete y se recalcula para comprobarlo, si el dato leído y el obtenido son iguales, el paquete continua su trayecto al siguiente nodo o a la siguiente capa si se encontró con el destino, en caso contrario se destruye.

**Source Address:** Dirección IP de la fuente.

**Destination Address:** Dirección IP de destino.

**Options:** En la cabecera se pueden agregar hasta 40 bytes con información extra acerca de distintos parámetros, como seguridad camino a seguir, registros de la ruta, etc. su uso es bastante poco frecuente.

**Data:** contiene los datos con el protocolo indicado en el campo Protocol.

### 2.1.1 Direccionamiento IP

Una dirección IP es un número de 32 caracteres binarios incluido en la cabecera del datagrama IP. Este numero identifica de manera lógica y jerárquica una interfaz, esto significa que un host con mas de una interfaz podría tener mas de un numero IP asignado a el. Para simplificar la notación, los 32 bits de la dirección son transformados regularmente a 4 octetos de número decimales separados por un punto, en donde se incluye un número de red y el número de hosts. Existen 5 formatos de direcciones IP, pero en la actualidad solo se utilizan 3 para asignar a redes y dispositivos, estos formatos son conocidos como clases.

En la clase A, el bit mas significativo es un 0, los 7 bits que le siguen corresponden a la red y los últimos 24 a hosts. La clase B tiene sus dos bits mas significativos en 1 0, los

siguientes 14 son la red y los últimos 16 los hosts. La clase C tiene sus tres bits mas significativos en 1 1 0, los 21 siguientes son la red y los últimos 8 los hosts. Las clase D y E son direcciones especiales, La E corresponde a direcciones de multicast y sus 4 bits mas significativos están en 1 1 1 0, la clase D tiene sus 4 bits de mayor peso en 1 1 1 1, y su uso esta destinado a aplicaciones futuras. Estos datos se pueden apreciar de mejor forma en la siguiente tabla.

Clase	Dirección IP (Red - Host)	Rango	Nº de redes	Nº de hosts
A	0RRRRRRR.HHHHHHHH.HHHHHHHH.HHHHHHHH	1.0.0.0 – 127.255.255.255	126	16.777.214
B	10RRRRRRR.RRRRRRRR.HHHHHHHH.HHHHHHHH	126.0.0.0 - 191.255.255.255	16.382	65.534
C	110RRRRRR.RRRRRRRR.RRRRRRRR.HHHHHHHH	192.0.0.0 - 223.255.255.255	2.097.150	254
D	1110 (DIRECCION DE MULTICAST)	224.0.0.0 - 239.255.255.255		
E	1111 (RESERVADO PARA USO FUTURO)	240.0.0.0 - 255.255.255.255		

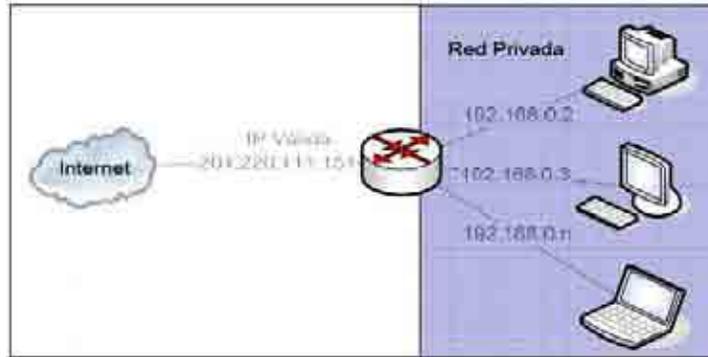
*Tabla 1. Clases de direcciones IP*

De estos datos se puede deducir que las clases A y B sólo permiten asignar un número inferior a 17000 redes, pero con un gran numero de hosts, sin embargo en la actualidad las instituciones que cuentas con este tipo de redes corresponden al 75 por ciento del espacio total de direcciones IP. Esto ha llevado al inminente agotamiento de direcciones y a problemas en la escalabilidad. Para subsanar este problema existen algunos métodos como la creación de direcciones privadas, NAT y subredes (subnetting).

### 2.1.2. Direcciones privadas o inválidas

Corresponden a direcciones de Internet que no tienen validez en la red, es decir, son direcciones que pueden estar detrás de alguna pasarela, la que sí cuenta con una dirección valida en Internet. Estas direcciones son asignadas por el administrador de la red interna, las direcciones IP validas son asignadas por NIC (Network Information Center).

Un ejemplo grafico podría ser el siguiente, donde el router cuenta con una dirección valida en Internet y la red privada detrás de él con direcciones invalidas, asignadas por el administrador de la red



*Figura 5. Redes publicas-privadas*

### 2.1.3 NAT

Traducción de direcciones de red. Funciona en conjunto o para apoyar a las redes privadas, haciendo que estas tengan conectividad con Internet.

Es un procedimiento que llevan a cabo los routers, trasladando la red inválida a una red valida y viceversa, también es posible que varias direcciones IP de una red sean trasladadas a una sola dirección y sacadas a la Internet, todo este procedimiento es transparente al usuario.

La principal función de NAT es hacer que los hosts en una red inválida puedan tener acceso a la Internet. Para esto existen dos opciones, contar con un rango de direcciones IP validas y asignarlas a los hosts para salir a la red o contar con una única dirección IP valida y enmascarar las IP de la red privada para sacarlas a la Internet. Esta funcionalidad también se puede aplicar a la seguridad de una red, pues es mucho más factible “cuidar” una sola puerta de entrada a una gran red por ejemplo, que tener que vigilar cada host, si todos tuvieran acceso independiente a Internet.

El dispositivo ubicado en la frontera de la red privada se conoce como Router, y realiza la función de NAT entre otras no menos importantes. El router se encarga de asignar las IP inválidas a cada host de la red y guardar una tabla con la asociación de esta IP con la dirección MAC de cada interfaz de red. La asignación de IPs puede ser estática o dinámica.

La asignación estática consiste en mantener en un mapa en la memoria del Router asociada la MAC de la maquina a una dirección IP dada, de forma que al recibir el router una petición de IP siempre le asignara la misma.

La asignación dinámica consiste en tener un pool de IPs y asignarlas en forma aleatoria a cada maquina al momento de presentarse con el router.

De esta misma forma son asignadas las IP validas a la red inválida; se mantiene un mapa asociando direcciones IP validas contenidas en el router y son asociadas a IP privadas dentro de la red, de forma estática o aleatoria según se requiera.

Este tipo de traducción de direcciones se conoce como NAT tradicional, del cual se desprenden dos variantes: NAT Básico y NAPT (Network Address Port Translation).

**La operación de NAT básico:** consiste en mapear un grupo de hosts pertenecientes a la red privada con un numero igual de direcciones IP validas, por lo que cada dirección invalida tendrá garantizada una dirección de red valida en Internet, existe la posibilidad de que el numero de dirección validas sea menor al número de hosts dentro de la red, pero se asume que no todos los hosts se conectan simultáneamente, por lo que no deberían existir problemas en la asignación, en caso contrario simplemente no se le asignaran IPs a los hosts que se conecten una vez agotadas las direcciones. Este proceso es transparente para los usuarios finales.

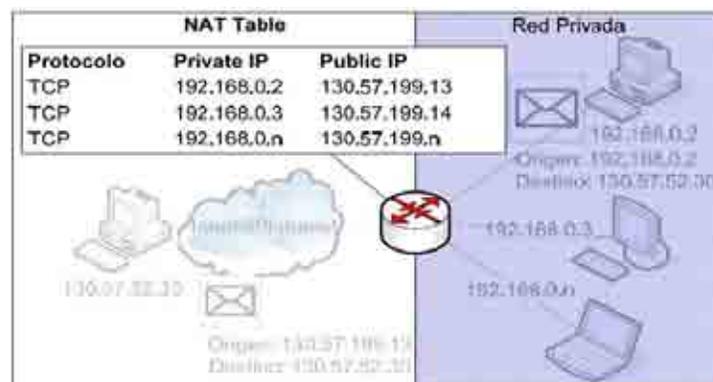
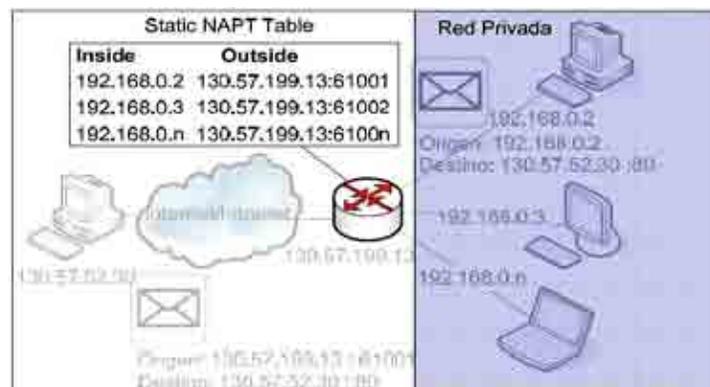


Figura 6. NAT

**La traducción de dirección de red y puerto (NAPT):** consiste en la asignación de todas las direcciones IP privadas con una única dirección válida, de forma que los usuarios puedan acceder a la red de forma simultánea y usando la misma dirección IP si tener problemas. Para lograr esto, se produce una asociación de IP y puerto en cada maquina, así las maquinas tendrán acceso a la red con la misma dirección IP pero con un puerto distinto, con lo que el router podrá discriminar a quien corresponden los paquetes dentro de su red.



*Figura 7. NAPT*

### 2.1.3.1 Fases de Traducción

**Ligado de la dirección:** Con NAT Básico, una dirección privada es ligada a una dirección externa cuando la primera sesión saliente es iniciada desde el host privado. Después de esto, todas las otras sesiones salientes originadas desde la misma dirección privada usarán la misma dirección unida por la traducción de paquete.

En el caso de NAPT, donde muchas direcciones privadas son mapeadas a una sola dirección globalmente única, la unión sería desde la tupla de (dirección privada, puerto privado) a la tupla de (dirección asignada, puerto asignado). Como con NAT Básico, esta unión es determinada cuando la primera sesión saliente es iniciada por la tupla de (dirección privada, puerto privado) en el host privado.

**Búsqueda y traducción de dirección:** Después de que una unión de dirección o unión de tupla (dirección, puerto) en el caso de NAPT es establecida, se puede mantener un estado para cada una de las conexiones usando la unión. Los paquetes pertenecientes a la misma sesión estarán sujetos a la búsqueda de sesión para propósitos de traducción.

**Desligado de la dirección:** Cuando la última sesión basada en una unión de dirección o de tupla (dirección, puerto TU) es terminada, su unión puede ser terminada.

**Manipulación de la cabecera IP:** Como la dirección IP ha sido cambiada, la suma de control de la cabecera IP debe ser corregida, pues en caso contrario el paquete será inmediatamente descartado. Para las sesiones TCP y UDP, las modificaciones deben incluir actualización de la suma de control en los encabezados TCP/UDP. En el modelo NAPT, las modificaciones al encabezado IP son similares a las del modelo NAT Básico. Para las sesiones TCP/UDP, las modificaciones deben ser extendidas para incluir la traducción del puerto (puerto origen para paquetes salientes y puerto destino para paquetes entrantes) en el encabezado TCP/UDP.

#### 2.1.4 Subnetting.

La división de redes en subredes, es usada principalmente por la falta de direcciones IP, aunque no es la única razón por la que se usa; la división de redes hace que una red de gran tamaño se vuelva más manejable, ayudan a reducir los dominios de broadcast, descongestionando grandes redes además brindar algo de seguridad extra, ya que el acceso a las otras subredes está disponible solamente a través de los servicios de un router.

El subnetting consiste en “pedir prestados” bits al campo de hosts para asignarlos a las nuevas subredes, luego haciendo una operación AND entre la dirección IP y la máscara de subred, el router podrá identificar a que subred corresponde dicha dirección. Se debe tener en consideración que ni la primera ni la última dirección IP de una subred se puede utilizar para asignarlas a los hosts, pues la primera corresponde a la IP de la red y la última a la dirección de difusión.

En la figura se ve una red, con su correspondiente dirección de red y dirección de hosts, la máscara de red nativa y la máscara de subred aplicada para dividir la red en dos subredes.

<b>Dirección de red</b>	192.168.1.0	11000000	10101000	00000001	00000000
<b>Máscara nativa</b>	255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
<b>Máscara de subred</b>	255.255.255.128	11111111	11111111	11111111	10000000
<b>Subredes</b>	<b>192.168.1.0</b>	<b>192.168.0.128</b>			

*Tabla 2. Subnetting*

Para poder realizar el correspondiente encaminamiento en Internet a través de las diferentes redes, y subredes creadas por las distintas organizaciones; se introduce el concepto de máscara. Una máscara es un número de 32 bits que contiene unos en los bits que identifican tanto a una red (máscara de red), como a una subred (máscara de subred), como a una máquina (máscara de máquina). Por consiguiente, existen tres tipos de máscara:

1. Una máscara de red es un número de 32 bits que contiene unos en los bits que identifican a esa red. Los ceros restantes a la derecha identifican a la parte de máquina de esa dirección de red.

2. Una máscara de subred es un número de 32 bits que contiene unos en los bits que identifican a esa subred. Los ceros restantes a la derecha identifican a la parte de máquina de esa dirección de subred.

En este contexto, es importante resaltar que una máscara permite distinguir la parte local de una dirección numérica. Por consiguiente, todo lo que está a la derecha a ceros, es lo que se considera como parte local para identificar máquinas en una red (o subred) o para la conveniente distribución de bits a la hora de crear subredes y conectar máquinas a dichas subredes.

3. Una máscara de máquina es un número de 32 bits que contiene todo a uno y que identifican a la máquina en cuestión. Por consiguiente, no aparece ningún cero ya que se necesitan los cuatro octetos de la dirección de dicha máquina para poder acceder a ella.

Para poder realizar las labores de encaminamiento hay que aplicar la operación lógica AND a la dirección de destino y máscara correspondiente. También se verá que en

una tabla de encaminamiento toda dirección (de red, subred o máquina) tiene asociada su máscara (de red, subred o máquina). De esta forma, y mediante esta operación se obtiene la dirección de red o subred en donde se supone que está conectada dicha máquina de destino o la dirección de una máquina contigua que se supone que está conectada mediante una línea serie o punto a punto con la que a su vez va a efectuar el pertinente encaminamiento.

<b>Dirección IP (subneteada)</b>	192.168.1.192	11000000	10101000	00000001	11000000
<b>AND</b>	255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	10000000
<b>Mascara de subred</b>					
<b>Red de procedencia</b>	192.168.1.128	11000000	10101000	00000001	10000000

*Tabla 3. Operación AND*

### 2.2.0 ICMP (Internet Control Message Protocol)

Debido a que el protocolo IP no es fiable, los datagramas pueden perderse o llegar defectuosos a su destino. El protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol, protocolo de mensajes de control y error) se encarga de informar al origen si se ha producido algún error durante la entrega de su mensaje además de transportar distintos mensajes de control.

ICMP no se encarga de reparar los errores que informa, esta es tarea de protocolos de capas superiores. Los mensajes ICMP viajan en datagramas IP y comienzan con un campo de 8 bits que contiene el tipo de mensaje.

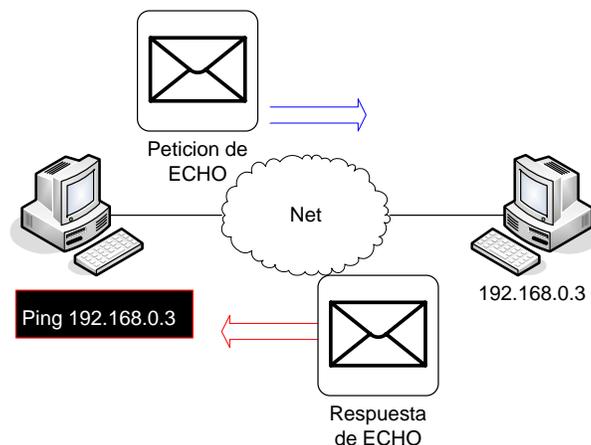
#### **Campo de tipo de mensaje ICMP:**

- 0 Respuesta de eco (Echo Reply)
- 3 Destino inaccesible (Destination Unreachable)
- 4 Disminución del tráfico desde el origen (Source Quench)
- 5 Redireccionar (cambio de ruta) (Redirect)
- 8 Solicitud de eco (Echo)
- 11 Tiempo excedido para un datagrama (Time Exceeded)

- 12 Problema de Parámetros (Parameter Problem)
- 13 Solicitud de marca de tiempo (Timestamp)
- 14 Respuesta de marca de tiempo (Timestamp Reply)
- 15 Solicitud de información (obsoleto) (Information Request)
- 16 Respuesta de información (obsoleto) (Information Reply)
- 17 Solicitud de máscara (Addressmask)
- 18 Respuesta de máscara (Addressmask Reply)

Los mensajes ICMP son enviados automáticamente por la red, salvo en dos herramientas utilizadas por los usuarios, PING y Traceroute.

**PING:** Los mensajes de solicitud y respuesta de eco, tipos 8 y 0 respectivamente, se utilizan para comprobar si existe comunicación entre 2 hosts a nivel de la capa de red y capas inferiores obviamente.



*Figura 8. PING*

**TRACEROUTE:** Los mensajes ICMP de tipo 11 se pueden utilizar para hacer una traza del camino que siguen los datagramas hasta llegar a su destino enviando una secuencia de datagramas con TTL ascendente. El primer datagrama caducará al atravesar el primer router y se devolverá un mensaje ICMP de tipo 11 informando al origen del router que descartó el datagrama. El segundo datagrama hará lo propio con el segundo router y así sucesivamente. Los mensajes ICMP recibidos permiten definir la traza.

### 2.3.0 RTSP (Real Time Streaming Protocol)

Este protocolo es usado principalmente en aplicaciones multimedia y se encarga de controlar la transmisión audio y video de tiempo real por parte de un cliente.

Existen otros protocolos que trabajan en conjunto con RTSP, pues este protocolo solo se preocupa del control y no lleva asociado un protocolo concreto de transporte. El transporte de los flujos de datos multimedia se realiza por ejemplo mediante el protocolo RTP. [3]

Aplicaciones multimedia muy difundidas como Windows Media Player o Real Player utilizan RTSP para los diálogos entre los clientes y los servidores.

Este protocolo tiene varias similitudes con HTTP, esto de forma que los mecanismos de expansión añadidos al HTTP pueden en muchos casos añadirse a RTSP, en cualquier caso RTSP difiere en un número significativo de aspectos del HTTP.

- RTSP introduce nuevos métodos y tiene un identificador de protocolo diferente.
- Un servidor RTSP necesita mantener el estado de la conexión al contrario de HTTP.
- Tanto el servidor como el cliente pueden lanzar peticiones.
- Los datos son transportados por un protocolo diferente.

#### 2.3.1 Peticiones RTSP

Las peticiones RTSP están basadas en peticiones HTTP, por lo general son enviadas desde el cliente al servidor.

Las más comunes son:

**Describe:** Esta solicitud/respuesta constituye la fase de inicialización del RTSP. Describe obtiene una descripción de una presentación o del objeto multimedia apuntado por una URL RTSP situada en un servidor. El servidor responde a esta petición con una descripción del recurso solicitado, entre otros datos la descripción contiene una lista de los flujos multimedia que serán necesarios para la reproducción.

**Setup:** Especifica como será transportado el flujo de datos, la petición contiene la URL del flujo multimedia y una especificación de transporte, esta especificación típicamente incluye un puerto para recibir los datos, y otro para los datos RTCP. El servidor responde confirmando los parámetros escogidos y llena las partes restantes, como los puertos escogidos por el servidor. Cada flujo de datos debe ser configurado con SETUP antes de enviar una petición de PLAY.

**Play:** Una petición de PLAY hace que el servidor comience a enviar datos de los flujos especificados utilizando los puertos configurados previamente.

**Pause:** Detiene los datos temporalmente, pueden ser reanudados por una petición Play.

**Teardown:** Detiene la entrega de datos y libera los recursos asociados.

RTSP es un protocolo de nivel de aplicación que se encarga de soportar las siguientes aplicaciones:

- Solicita la recepción de información multimedia desde un servidor multimedia. Un cliente puede solicitar que el servidor le transmita información.
- Solicita la participación de un servidor multimedia en una conferencia.
- Añade un flujo multimedia a una presentación ya existente.
- Tiene la capacidad de establecer y controlar uno o varios flujos sincronizados de información multimedia continua.

#### 2.4.0 RTP (Real Time Protocol)

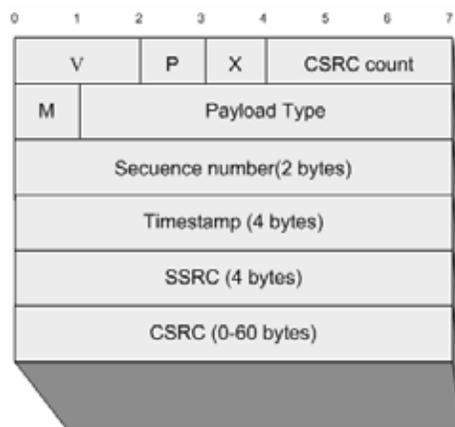
Corresponde a la capa de aplicación del modelo OSI, sin embargo presenta características de control y transporte; este protocolo fue creado debido a la necesidad de características diferentes a TCP y a la mayor funcionalidad que UDP ya que estos protocolos no satisfacían las cualidades necesarios para la transmisión en tiempo real.

Las funciones que ofrece RTP son las siguientes:

- Se encarga de la sincronización de los medios.
- Comunica el esquema de codificación de los datos.

- Comunica si se produce perdida de paquetes.
- Identifica al emisor.
- Permite la segmentación y el reensamblado del objeto multimedia.
- Tiene opciones de cifrado.

Lo paquetes RTP se encapsulan en datagramas UDP, el encabezado tiene la siguiente forma:



*Figura 9. Encabezado RTP*

- |       |          |  |
|-------|----------|--|
| V:    | 2 bits.  | Identifica el número de versión.   |
| P:    | 1 bit.   | Indica si hubo que efectuar un relleno de bits.  |
| X:    | 1 bit.   | Señala la presencia de extensiones del encabezado.   |
| CRSC: | 4 bits.  | Entrega la cuenta de CSRC.   |
| M:    | 1 bit.   | Se utiliza para indicar frames.  |
| PT:   | 7 bits.  | Corresponden al tipo de payload (Payload Type); es decir, indica el tipo de datos multimedia que transporta el paquete.  |
| SN:   | 2 bytes. | El número de secuencia (sequence number) permite al receptor de un stream RTP detectar paquetes perdidos o en desorden.  |
| TS:   | 4 bytes. | Corresponde a las marcas de tiempo (timestamp), permite al receptor la reproducción de las muestras en los intervalos apropiados, y ayuda a la sincronización de diferentes streams. |
| SSRC: | 32 bits. | La fuente de sincronización (SSRC) es un número que identifica la fuente (única) de un stream RTP.   |

CSRC: 0-60 bytes. Es usado sólo cuando streams RTP pasan por un mezclador. Éste puede ser usado para reducir los requerimientos de ancho de banda de una conferencia.

En el estándar RTP están definidos dos protocolos, RTP y RTCP. RTP como hemos visto está encargado del intercambio del contenido multimedia mientras que RTCP se encarga del envío de información de control para un determinado flujo de datos.

### 2.5.0 RTCP (Real Time Control Protocol)

RTCP se encarga de entregar un stream de control asociado a un stream de datos en una aplicación a una presentación multimedia.

Las tres funciones básicas que realiza son:

1.- Entrega una retroalimentación del desempeño de la aplicación y la red. Es útil en aplicación que se adaptan a las tasas de transmisión, la información de desempeño se utiliza para decidir el esquema de compresión adecuado, por ejemplo si la red esta descongestionada será factible enviar un stream de mayor calidad.

2.- Sincroniza los distintos streams que provienen de una misma fuente, Además RTCP envía algunos paquetes como:

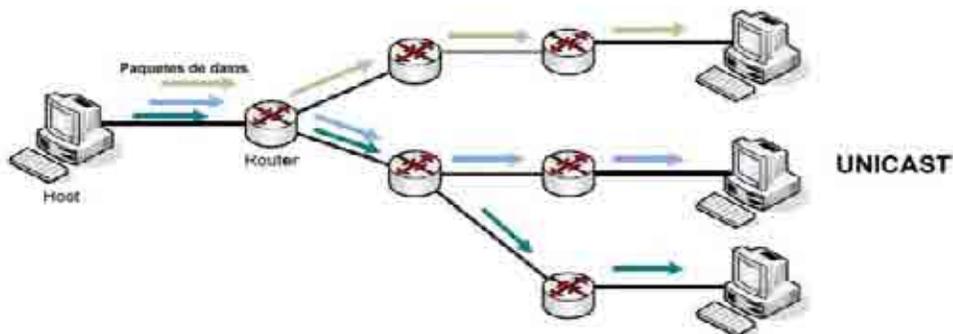
- Reportes del emisor, que permite a los emisores activos realizar un reporte de las estadísticas de transmisión y recepción.
- Reportes del receptor, que usuarios receptores utilizan para reportar las estadísticas de la recepción.
- Descripciones de las fuentes, que llevan CNAMEs (nombres canónicos) e información de descripción del emisor.
- Paquetes de control específicos a una aplicación.

3.- Proporciona un modo de transportar la identidad del usuario, permisos para el despliegue en la interfaz del usuario receptor. Estos paquetes son enviados a través de UDP.

## 2.6.0 Sistemas de Difusión Unicast y Multicast

### 2.6.1 Unicast

Unicast es el término usado para describir el envío de paquetes de datos a un solo destinatario. La información que habitualmente fluye a través de Internet lo hace en paquetes Unicast, esto significa que el destinatario de la información es un único host con una dirección IP concreta. Este tipo de paquetes se adapta bien para las necesidades de las aplicaciones tradicionales que los usuarios de Internet utilizan: ftp, telnet, http. Sin embargo este sistema plantea serios problemas cuando lo que se trata de transmitir son grandes cantidades de datos. Por ejemplo en una transmisión de videoconferencia se transmiten los paquetes de datos por unicast se tendría que emitir un paquete para cada uno de los participantes, multiplicando así el ancho de banda consumido por el número de participantes dándonos como resultado un enorme ancho de banda a utilizar. En casos como estos se utiliza un sistema llamado multicast.



*Figura 10. Unicast*

### 2.6.2 Broadcast

Broadcast es el término utilizado para describir el envío de paquetes de información desde un punto a todos los puntos conectados a la red. La transmisión por broadcast es utilizada en la mayoría de las redes LAN (ejemplo Ethernet), y se puede utilizar enviando el

mismo mensaje a todos los computadores conectadas en la red, como por ejemplo el “Address Resolution Protocol (arp)” utilizado para enviar una pregunta del Address Resolution a todos los computadores en una LAN. También los protocolos de capa de red (como IP) utilizan una forma de broadcast que permite que el mismo paquete sea enviado a cada sistema en una red lógica.

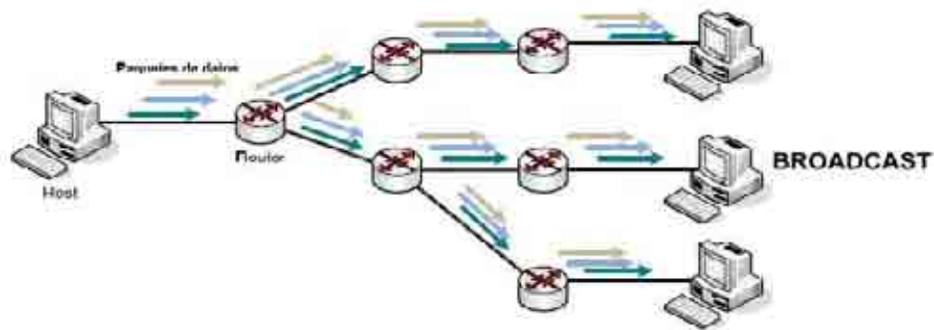


Figura 11. Broadcast

### 2.6.3 Multicast

Multicast es el termino utilizado para describir el envío de paquetes de información a un grupo específico de destinatarios, enviando los datos una sola vez por cada enlace de red que exista, creando así una copia de los datos sólo cuando estos se dividen en el camino hacia los destinatarios.

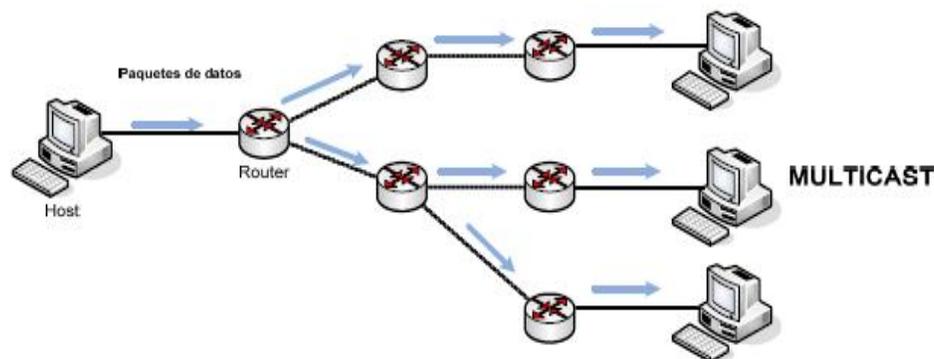


Figura 12. Multicast

### 2.6.3.1 IP Multicast (RFC-1112)

El servicio de IP Multicast brinda una manera eficiente de enviar paquetes a múltiples receptores. Un único paquete transmitido por la fuente es recibido por un número arbitrario de receptores a lo largo de un árbol de distribución (en cuya cima se encuentra el transmisor), mediante la replicación de los paquetes en determinadas interfaces de salida de los routers. [4]

La especificación del servicio multicast del protocolo IP aparece en el RFC-1112, donde se especifica un rango de direcciones IP reservado para el destino, utilizando las direcciones de clase D. Estas direcciones IP comprenden desde 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255. Los grupos definidos en este modelo pueden ser de cualquier tamaño y con sus miembros ubicados en cualquier lugar de Internet. La pertenencia a los grupos es dinámica, pudiendo adherirse o abandonar un grupo en cualquier momento. Los emisores de un grupo no necesitan ser miembros del mismo, de modo que un nodo cualquiera puede enviar datagrama a cualquier grupo definido en Internet. Los routers escuchan las direcciones multicast y utilizan protocolos de routing para gestionar la pertenencia a los grupos (IGMP) y por lo tanto tienen información sobre la necesidad de replicación de datagrama para que estos alcancen a cualquier miembro del grupo.

### 2.6.3.2 Direcciones IP Multicast

Las direcciones de clase D entre 224.0.0.0 y 239.255.255.255 están previstas en IP para el tráfico multicast. Asignando una dirección IP de clase D a un grupo de nodos que define un grupo multicast. Los cuatro bits más significativos de las direcciones de clase D se fijan a “1110” y los siguientes números de 28 bit, reciben la denominación de identificador del grupo multicast, por lo tanto, no estando estructuradas las direcciones como las direcciones IP unicast. A continuación se muestra el formato de dirección IP de clase D.



*Figura 13. Dirección Multicast*

Existen dos tipos de grupos multicast: temporales y permanentes. Algunos grupos permanentes han sido predefinidos por la IANA (Internet Assigned Numbers Authority) en el RFC 1700 para propósitos especiales como la dirección 224.0.0.0 que está reservada y el rango de direcciones desde 224.0.0.1 a 224.0.0.255 está reservado para el uso de protocolos de routing y otros protocolos de descubrimiento y mantenimientos de topologías de bajo nivel. Los routers multicast no deberían encaminar datagramas con dirección de destino dentro de este rango independientemente del valor TTL. El resto de los grupos van desde 224.0.1.0 a 239.255.255.255 estas están asignados a diversas aplicaciones multicast o permanecen sin ser asignadas. De este rango, las direcciones que van de 239.0.0.0 a 239.255.255.255 están reservadas para ser utilizadas para aplicaciones locales no extensibles a Internet. A continuación se muestra una tabla con los grupos especiales de multicast.

224.0.0.1	Todos los nodos en una LAN (all-systems.mcast.net). Si hace un “ping” a ese grupo, todos los ordenadores que soporten multicast en la red deben responder, ya que todos ellos deben unirse a este grupo en el arranque de todos sus interfaces que soporten multicast.
224.0.0.2	Todos los routers en una LAN (all-routers.mcast.net), es decir todos los routers de multicast deben unirse a este grupo en todas las interfaces de multicast.
224.0.0.4	Todos los routers DVMRP en una LAN
224.0.0.5	Todos los routers OSPF en una LAN
224.0.0.6	Todos los routers OSPF designados en una LAN
224.0.1.11	IETF-1 Audio
224.0.1.12	IETF-1 Video
224.0.0.13	Todos los routers PIM.

*Tabla 4. Direcciones Multicast*

En la emisión y recepción de datagrama en los servicios de IP multicast presentan algunas características específicas respecto del servicio unicast. El servicio de emisión utiliza la operación normal de emisión de datagramas IP, con una dirección IP multicast como destino, pero debe proporcionar a la aplicación emisora un modo de:

- Especificar la interfaz de red de salida, cuando hay más de uno.
- Especificar el tiempo de vida (TTL) del paquete emitido.
- Habilitar/deshabilitar el “loopback” si el nodo emisor es miembro del grupo de destino en la interfaz de salida.

Los protocolos usados en Multicast son:

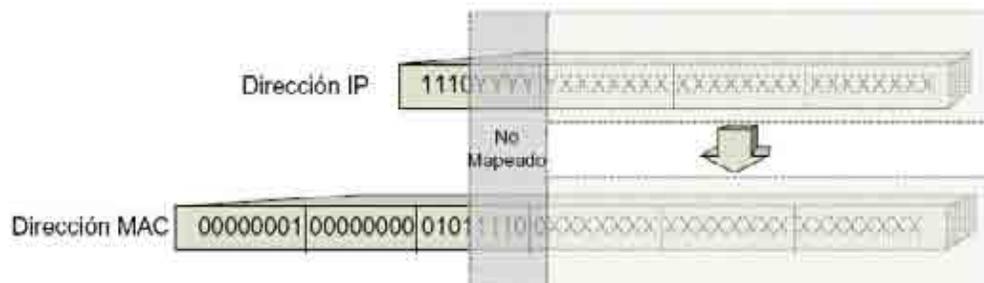
1. Protocolo de “membresía”: IGMP (Internet Group Management Protocol) permite conocer en todo momento los equipos pertenecientes a un grupo multicast.
- Protocolos de encaminamientos:
  1. DVMRP: Distance Vector Multicasting Routing Protocol.
  2. MOSPF: Multicast Open Shortest Path Factor.

#### 2.6.4 Redes Ethernet

Ethernet cuenta con un servicio de envío multicast que permite alcanzar todas las máquinas que pertenecen a un grupo dentro del segmento. El envío de datagramas IP multicast sobre ethernet requiere de la conversión de la dirección IP a una dirección MAC multicast, su encapsulamiento en una trama y el envío de la misma hacia el segmento. Todos los equipos pertenecientes al grupo multicast IP tendrán que configurar en su interfase Ethernet la atención a esa dirección MAC multicast en la que se ha mapeado la dirección IP.

Las direcciones MAC reservadas para multicast están comprendidas en el rango 01-00-5E-00-00-00 a 01-00-5E-7F-FF-FF-FF (hex), es decir en los 23 bit menos significativos de la dirección MAC.

La asociación entre ambas direcciones se realiza mediante un mapeo estático, solapando los 23 bits menos significativos de la dirección IP (de 32 bits) en la parte más baja de la dirección MAC 01-00-5E-00-00-00. Como la dirección IP multicast tiene 28 bits variables los 5 bits más significativos de la dirección IP no quedan reflejados en la dirección MAC. A continuación se muestra un ejemplo la asociación de direcciones.



*Figura 14. Conversión dirección IP multicast a dirección MAC multicast*

### 2.6.5 IGMP (Internet Group Management Protocol).

Los nodos que desean recibir datagramas multicast deben informar a los routers vecinos que están interesados en recibir datagrama dirigidos a ciertos grupos multicast. De este modo, cada nodo se convierte en miembro de uno o más grupos multicast y recibe los datagramas dirigidos a dicho grupo. El protocolo mediante el que los nodos comunican esta información a los routers se denomina Internet Group Management Protocol (IGMP). [5]

IGMP también es utilizado por los router para comprobar periódicamente si los miembros de los grupos conocidos están todavía activos. En caso de que exista más de un router multicast es una subred (LAN), uno de ellos es elegido para efectuar las consultas y asumir la responsabilidad de cuidar del estado de pertenencia de los grupos multicast con miembros activos en su subred. Basándose en la información obtenida de IGMP el router puede decidir si reenviar los mensajes multicast que recibe a sus subredes o no. Después de recibir un datagrama multicast enviado a un determinado grupo multicast, el router comprobará si existe al menos un miembro del grupo particular en su subred. Si ese es el

caso, el router reenviará el mensaje a la subred, en caso contrario descartará el datagrama. Obviamente, esto será la última fase del envío de un datagrama multicast.

Actualmente, existen tres versiones del protocolo IGMP.

- a. IGMP Versión 1 (RFC-1112): Este estándar es usado actualmente en Internet.
- b. IGMP Versión 2 (RFC-2236): Esta es la versión actualizada y mejorada de IGMPv1. Es compatible con IGMPv1 y se está difundiendo con rapidez.
- c. IGMP Versión 3 (RFC-3376): Es la versión actualizada y mejorada de IGMPv1 e IGMPv2.

En general el protocolo IGMP se puede dividir en dos fases:

#### 1ª Fase

Cuando una máquina o sistema final se une a un nuevo grupo de multidifusión, envía un mensaje o informe IGMP (tipo 2) de pertenencia a grupo (Host Membership Report) con la dirección IP conteniendo la dirección de multidifusión del grupo al que pertenece la máquina de origen. Este mensaje IGMP también lo escucha el router de multidifusión local, que está conectado a la misma red, para realizar el correspondiente registro de pertenencia. Asimismo, el datagrama IP que encapsula dicho informe lleva TTL = 1 para indicar expresamente que este tipo de mensaje IGMP se transmite directamente a la red de acceso y no debe ser reenviado por ningún otro router de multidifusión. A su vez, el router de multidifusión local se pone en contacto con otros routers de multidifusión vecinos por Internet, pasando la correspondiente información y registrando, en sus tablas, las oportunas rutas en función de dichas pertenencias para la posterior fase de transferencia de datos. Un sistema final sólo tiene que emitir un informe IGMP de pertenencia por cada grupo al que pertenezca. Cuando una máquina final o destinataria se une a un destinado grupo de multidifusión, envía inmediatamente un informe de pertenencia sin esperar al siguiente sondeo.

## 2ª Fase

Debido a que la pertenencia es dinámica, el router de multidifusión local sondea de forma periódica, mediante un mensaje IGMP (tipo1) de solicitud de pertenencia a grupos (Host Membership Query message) a las máquinas vecinas de su red de área local para determinar aquéllas que se mantienen como miembros activos de grupos. Este mensaje IGMP de solicitud o sondeo se envía en un datagrama IP con la dirección de destino conteniendo la dirección reservada de multidifusión, 224.0.0.1, que semánticamente quiere decir “a todas las máquinas en esta red de área local”. Asimismo, dicho datagrama IP lleva un TTL = 1 para indicar que este tipo de mensaje IGMP no debe ser reenviado a ninguna otra red por ningún otro router de multidifusión local que pudiera haber. En este tipo de escenario, para que un router de multidifusión local pueda difundir alguna información de pertenencia a otros routers de multidifusión intermedios por Internet, debe determinar si una o más máquinas, en su red de área local, han decidido unirse a un grupo de multidifusión. Si para un determinado grupo, no se reciben información de miembros después de varios sondeos, el router de multidifusión asume que no hay destinatario activos en su red y deja de anunciar miembros del grupo a otros routers de multidifusión vecinos en Internet. Cuando una máquina destinataria recibe una solicitud, debe responder con un informe por cada grupo al que pertenece. Asimismo, una máquina destinataria no emite ningún informe si quiere abandonar el grupo. Al router solo le interesa conocer qué grupos tienen miembros, pero no cuántos ni quienes son estos.

Como se puede observar, intercambiando solicitudes IGMP (entre routers y máquinas destinatarias en la misma red) e informes IGMP (entre máquinas destinatarias y routers en la misma red), un router de multidifusión local puede conocer los grupos de multidifusión que están activos en su propias redes. De esta manera, dichos routers pueden reenviar un datagrama IP de multidifusión entrante a la máquina o máquinas destinatarias, pertenecientes al grupo en cuestión.

### 2.6.5.1 Formato de Mensaje IGMP Versión 1

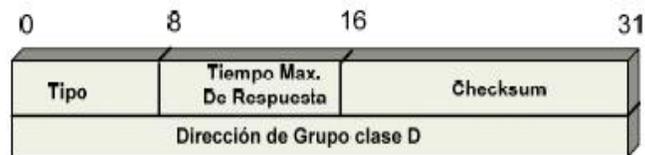


*Figura 15. Cabecera IGMP V1*

- Versión (4 bits): Identifica el número de versión
- Tipo (4 bits): Indica el tipo de mensaje. Existiendo dos tipos de mensaje:
  - Tipo 1 (Membership Query): Indica un mensaje, de solicitud de pertenencia a grupo, enviado por un router de multidifusión local a todas las máquinas vecinas conectadas a la misma red de acceso.
  - Tipo 2 (Membership Report): Indica un informe de pertenencia a grupo enviado por una máquina destinataria incluida en dicho grupo al resto de máquinas, también, pertenecientes al citado grupo en la misma red de acceso.
- Sin uso (8bits): Todos a cero.
- Checksum (16 bits): Se aplica a todo el mensaje IGMP (8 octetos). Se aplica el mismo algoritmo utilizado por IP.
- Dirección de Grupo (32 bits): Esta es la dirección IPv4 de la clase D. contiene todo a ceros en un mensaje de solicitud, o bien una dirección de grupo en un mensaje de informe.

### 2.6.5.2 Formato de mensaje IGMP Versión 2

La principal diferencia de IGMP Versión 2, que es una mejora del original, es la inclusión de un nuevo mensaje para indicar al abandono de un grupo, lo que reduce la latencia de abandono. Además se especifica un método de elección estándar para el router que genera las preguntas, el de menor dirección IP, algo que había quedado inconcluso en la versión anterior. Uniendo en un solo campo Versión y Tipo, pero manteniendo la compatibilidad con la versión 1 como se muestra a continuación.



*Figura 16. Cabecera IGMP V2*

- Tipo:
  - Membership Query (0x11)
    - General Query
    - Group-Specific Query
  - Membership Report Versión 1(0x12)
  - Membership Report Versión 2 (0x16)
  - Membership Leave Group (0x17)
- Tiempo de Respuesta máximo:
  - Se usa sólo en mensajes de tipo Membership Query
  - Especifica el valor, en décimas de segundo, que un host debe esperar como máximo para contestar a un Membership Query.
  - Por defecto es igual a 100 (10s)
  - Usada para controlar la expansionabilidad de las respuestas y la latencia.
- Checksum: Igual que en la versión 1.



- Tiempo Máximo de Respuesta:
  - Tiempo Máximo permitido antes de enviar un Report.
- Checksum (igual que en las versiones anteriores).
- Dirección de Grupo:
  - Igual a 0 en General Queries.
  - Dirección de grupo multicast en otras Queries.
- Resv:
  - Campo reservado.
- Flag S:
  - Cuando es igual a 1, indica a los routers multicast que tiene que suprimir las actualizaciones de los temporizadores cuando escuchen un Query.
  - Si no, elimina la elección del router multicast.
- QRV (Querier Robustness Variable).
- QQIC (Querier's Query Interval Code):
  - Especifica el intervalo del router para mandar Queries.
- Número de Fuentes:
  - Indica el número de fuentes presentes en el mensaje Query.
- Dirección de Fuente [i]:
  - Vector de N direcciones IP unicast, indicando las fuentes.

## 2.6.6.0 Protocolos de Enrutamiento Multicast

### 2.6.6.1 DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)

El protocolo Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), fue definido originalmente en el RFC 1075, basándose en el protocolo RIP, con la diferencia de que RIP envía los datagramas unicast basándose en la información del siguiente salto hacia el destino, mientras que DVMRP construye árboles de distribución basándose en la información del salto previo hacia el emisor. La versión inicial de este algoritmo de routing vector-distancia construye los árboles basándose en el algoritmo TRPB (Truncated Reverse Path Broadcasting) el cual a través del protocolo IGMP, un enrutador puede determinar si los miembros de un grupo multidifusión están en una subred. Las versiones posteriores han sido mejoradas para utilizar RPM (Reverse Path Multicast), en donde se construye el árbol únicamente si la subred y los enrutadores contienen miembros del grupo, en caso de que no presentan miembros de ese grupo emitirán un mensaje, el cual realiza la función de deshabilitar la recepción de mensajes a esa red. Estos algoritmos son habitualmente utilizados en los routers MBONE.

Cada router envía periódicamente su tabla de ruta (vector distancia) a los routers vecinos a través de la dirección 224.0.0.4 (que escuchan todos los routers DVMRP) y, con los vectores distancia recibidos, cada router calcula las rutas óptimas hacia las distintas redes de destino existentes. Pero para el intercambio de datagramas multicast se utiliza RPF, en donde al recibir un datagrama multicast por uno de sus interfaces, se extrae la dirección de origen de este mismo y si ha entrado por el interfase óptimo para llegar a esa dirección como destino, se reenvía por los restantes interfaces. En otros casos se descarta.

Con el envío de un primer datagrama multidifusión de un grupo se establece un árbol que alcanza todas las subredes, aunque no tengan miembros activos de este grupo. A continuación habrá que “podar” las ramas inactivas. Cada router que ha recibido un paquete de multidifusión de un grupo y no cuenta con miembros del mismo en sus interfaces enviará un mensaje de poda al router superior (por donde le llegó el datagrama). Lo mismo hará el superior si recibe mensajes de poda por todos los interfaces por donde reenvió el

datagrama, y así hasta cerrar el árbol para este grupo. Los routers tienen que recordar los mensajes de poda que han enviado, porque estas podas tienen una validez limitada, y tendrán que renovarse transcurrido ese tiempo. Igualmente, si se realiza la conexión de un nuevo equipo al grupo multidifusión (notificada por un Informe de Pertenencia IGMP) y está podada la rama, el router deberá enviar un nuevo mensaje de conexión o “injerto” que reconstruirá nuevamente la antigua rama podada.

#### 2.6.6.2 Protocolo MOSPF (Multicast OSPF)

Las extensiones multicast a OSPF (MOSPF) están definidas en RFC 1584 y se sitúan por encima de la versión 2 del protocolo Open Shortest Path First (OSPF) (RFC 1583). MOSPF utiliza la información de pertenencia a grupo, obtenida mediante IGMP y con la ayuda de la base de datos de OSPF construye árboles de distribución multicast. Estos árboles son árboles de camino más cortos construidos (bajo demanda) para cada pareja.

Los routers difunden dentro de cada área OSPF información sobre los grupos de multidifusión activos y sus miembros. De este modo, cada router de multidifusión cuenta con dicha información y puede calcular de forma independiente las rutas de camino más corto desde un origen hacia todos los receptores miembros del grupo y reenviar adecuadamente los datagramas multicast que reciba por cualquiera de sus interfaces.

Para el intercambio de información sobre grupos multicast (y sus receptores) con routers de otras áreas OSPF se utilizan los ABR (routers de borde de área). Para evitar la difusión innecesaria de tráfico multicast. Uno de los ABR asume la tarea de centralizar la información y distribuir los envíos multicast entre áreas. MOSPF se suele clasificar como un protocolo “denso” porque utiliza técnicas de difusión para el envío de los datagramas multicast a cada miembro del grupo, sino todo lo contrario. Los datagramas se envían exclusivamente a cada miembro del grupo y por el camino más corto. Desde este punto de vista puede considerarse un protocolo “esparcido”. Este es un protocolo con dependencia plena de OSF por lo tanto sólo se implementa en redes con routers uní envío OSPF.

### 2.6.6.3 Protocolo PIM (Protocol-Independent Multicast)

Los protocolos PIM han sido desarrollados por el grupo de trabajo Inter-Domain Multicast Routing (IDMR) de la IETF. IDMR se propuso desarrollar un conjunto de protocolos de routing multicast que independientes de cualquier protocolo de routing unicast pudieran proporcionar routing multicast escalable a nivel de Internet. Desde luego, PIM precisa la existencia de un protocolo de routing unicast para actualizar la tabla de información de encaminamiento y adaptarse a los cambios de topología. La mayoría de los protocolos multicast propuestos funcionan bien si los miembros de los grupos están densamente distribuidos y el ancho de banda no es un problema. Sin embargo, el hecho de que DVMRP inunde periódicamente la red y de que MOSPF envíe información de pertenencia a grupos a través de los enlaces, hace que estos protocolos no resulten eficientes en casos donde los miembros de los grupos se distribuyen de forma dispersa en distintas regiones de la red y donde el ancho de banda no es inagotable.

Para solucionar estos problemas, PIM contempla dos protocolos: PIM – Modo Denso (PIM-DM) que es más eficiente cuando los miembros están distribuidos densamente y PIM – Modo Disperso (PIM-SM) que tiene mejor rendimiento en los casos en que los miembros están dispersamente distribuidos. Aunque estos dos algoritmos pertenecen a PIM o comparten mensajes de control similares, son esencialmente protocolos distintos. El modo denso se refiere a un protocolo diseñado para operar en un entorno en el que los miembros del grupo están agrupados densamente y con un ancho de banda importante. El modo no denso se refiere a un protocolo optimizado para entornos donde los miembros de los grupos están distribuidos en muchas regiones de Internet y el ancho de banda disponible no es necesariamente muy grande. Es importante tener en cuenta que el modo-disperso no implica que el número de miembros sea pequeño sino que estos se encuentren dispersos a través de Internet.

#### 2.6.6.4 Protocolo PIM-DM (Protocol-Independent Multicast–Dense Mode)

Aunque la arquitectura PIM fue concebida por la necesidad de proporcionar árboles de distribución de modo disperso escalables. También define un protocolo nuevo en modo denso en lugar de los protocolos ya existentes como DVMRP y MOSPF. Se considera que PIM-DM se desplegará en entornos ricos en recursos, tales como un campus LAN donde la pertenencia a un grupo es relativamente densa y el ancho de banda disponible es importante.

PIM-DM implementa el algoritmo RPF. Para determinar si un datagrama multicast ha sido entregado por la ruta correcta se utiliza la información disponible. La tabla de encaminamiento mantenida con el protocolo uni envío adoptado en el sistema. De manera similar a la del protocolo DVMRP, PIM-DM construye inicialmente un árbol de difusión que lleva desde el origen a todos los routing multicast, y posteriormente se utiliza la información recolectada a través de IGMP y difundida desde los miembros del grupo hacia el origen para podar las ramas inactivas. Debe mantenerse información sobre las ramas para un grupo, por si hay que volver a reactivarlas (injertos).

#### 2.6.6.5 Protocolo PIM-SM (Protocol-Independent Multicast–Sparse Mode)

PIM Sparse Mode (PIM-SM) ha sido desarrollado como un protocolo de routing multicast que proporcione una comunicación eficiente entre miembros de un grupo distribuidos de modo disperso, por lo demás, el tipo de grupos más comunes en redes extensas. Sus diseñadores creyeron que una situación en la que varios nodos desean participar en una conferencia multicast no justifica la difusión del tráfico multicast en toda la red, y se temían que los protocolos de routing multicast existentes experimentarían problemas de escalado si se producían varios miles de pequeñas conferencias simultáneamente, creando gran cantidad de tráfico agregado que podría, potencialmente, saturar las conexiones de Internet. Para eliminar estos problemas potenciales de escalado, PIM-SM ha sido diseñado para limitar el tráfico multicast de modo que sólo aquellos routers interesados en recibir el tráfico dirigido a n grupo particular lo “vean”

PIM-SM está definido en RFC 2117, y presenta dos diferencias fundamentales con los protocolos de modo denso (DVMRP, MOSPF y PIM-DM). Los routers que emplean el protocolo PIM-SM necesitan anunciar explícitamente su deseo de recibir datagramas multicast de grupos multicast, mientras que los protocolos de modo denso asumen que todos los routers necesitan recibir datagramas multicast a menos que explícitamente envíen un mensaje de poda. La segunda diferencia es el concepto de “core” o “rendezvous point” (RP) que ha sido empleado en el protocolo PIM-SM.

PIM-SM tiene un enfoque similar al árbol Core-Based tree (CBT) en el sentido de que emplea el concepto de rendezvous point (RP) donde los receptores “se encuentran” con los emisores. El iniciador de cada grupo multicast selecciona un RP y un pequeño conjunto ordenado de RPs alternativos, conocido como la lista RP. Para cada grupo multicast hay un solo RP activo. Cada receptor que desea unirse a un grupo multicast contacta con su router directamente conectado, que por turno se une al árbol de distribución multicast enviando un mensaje explícito de adhesión al RP primario del grupo. El emisor utiliza el RP para anunciar su presencia y encontrar un camino a los miembros que se han unido al grupo. Este modelo precisa que los routers en modo disperso mantengan algún estado antes de la llegada de los datagramas. Por otro lado, los protocolos de routing multicast en modo disperso son dirigidos por los datos, puesto que no definen ningún estado para un grupo multicast hasta que llega el primer paquete de datos.

## **CAPITULO III**

### **GENERACIÓN DE IMAGEN Y ESTANDARES DE COMPRESION DE VIDEO Y AUDIO**

En la transmisión de video, audio y datos en forma digital se adquiere diversas características como por ejemplo: una mayor protección contra posibles fallos pudiendo introducir mecanismos de detección de errores, eliminar la interferencia, disminuir los efectos de ruido en los canales de comunicación, conseguir codificaciones más optimas, encriptar los datos para conseguir una mejor seguridad en la transmisión, etc.

En el proceso de digitalización del video cada cuadro de imagen es muestreado en unidades de píxeles, con lo que los datos a almacenar serán los correspondientes al color de cada píxel, siendo necesario tres componentes para representar el color y ser interpretados por el ojo humano.

A cada punto en la imagen se le asigna un determinado número de bits que representa el color de dicho punto. Si la imagen es en blanco y negro sólo se necesitará un bit para representarlo, mientras que para 256 colores es necesario 8 bits, el almacenamiento de esta información dependerá exclusivamente del número de píxeles utilizados por imagen. Por ejemplo una imagen de 640x480 puntos con 256 colores utiliza 300 KBytes, ocupando una secuencia de video de 25 fotogramas por segundo, obtenemos una tasa de transmisión de más de 61 Mbps sin contar el audio. Como se puede ver la información de video esta compuesta por una gran cantidad de información por lo cual, para su transmisión o almacenamiento se hace necesario utilizar formas de compresión de la imagen. Pero antes de introducirnos en el tema es importante comprender la generación de imagen de video como veremos a continuación.

### 3.1 Principios de Generación de Imagen de Video y Audio.

Es importante antes de referirnos a los diferentes estándares de compresión de imagen de video referirnos al proceso que lleva a cabo la generación de una imagen de video para comprender el proceso previo a la digitación de la imagen.

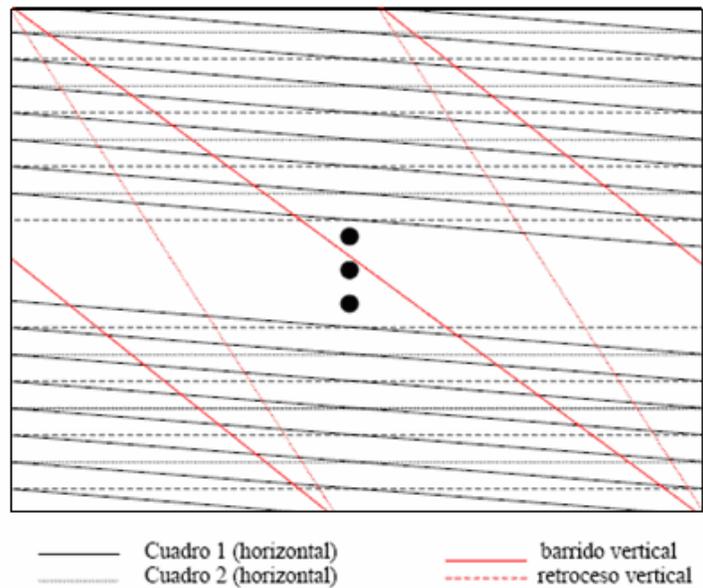
#### 3.1.1 Señal de vídeo en blanco y negro

Una señal de vídeo en blanco y negro esta compuesta básicamente por dos señales: señal de Luminancia y Sincronismo.

Una señal de vídeo compuesta es generada por la suma de la señal de vídeo con la señal de audio, pero que en generalmente son procesados en cada sector por separado.

La señal de luminancia es definida como la intensidad luminosa sobre el área aparente que ilumina. En una señal analógica representa la intensidad de la señal de vídeo de un punto de la imagen que se ha registrado. Por lo tanto en cada trama entre señales de sincronismo horizontal representa una línea de la imagen. La señal tiene una excursión entre el nivel de blanco y el nivel de negro, pasando por todos los valores intermedios que originan las tonalidades de grises.

La señal de sincronismo permite sincronizar la señal de luminancia de tal forma que secuencialmente se ordenen en el receptor de imagen y compongan la misma sobre una pantalla. Existen dos pulsos de sincronismo, horizontales y verticales, estos son los encargados de enclavar los osciladores de los receptores de imagen para que queden sincronizadas con la señal de luminancia a la cual corresponda. Los pulsos de sincronismos, a través de los osciladores de sincronismos, reproducen sobre la pantalla del receptor los dos barridos para generar la imagen como se puede ver a continuación.



*Figura 18. Formación de la imagen y entrelazado*

Los sincronismos horizontales permiten realizar los barridos horizontales (líneas llenas y líneas punteadas de la figura anterior). Durante el trazado horizontal de la línea, el punto varía su brillo de acuerdo con el valor de la luminancia del punto de la imagen analizada en ese momento.

Los sincronismos verticales permiten una vez terminado el barrido de una pantalla completa, iniciar nuevamente desde la parte superior de la pantalla, además el sincronismo vertical debe sincronizar para realizar los entrelazados de los cuadros (cuadro 1 y 2 de la figura 18).

Luego una imagen o un cuadro completo se envían en dos cuadros entrelazados. Debido a la persistencia de la imagen en la retina, hace que el ojo humano vea al cuadro con su definición completa, a pesar de tratarse de dos campos de mitad de líneas cada uno. Para aclarar se entiende por cuadro a la imagen completa con todas las líneas, indicado en la norma correspondiente. Se deduce que una imagen esta compuesta por un sistema secuencial de líneas, intentando con esto reproducir la cantidad de información transmitida y los factores de definición de una imagen.

### 3.1.2 Señal de Vídeo con color

La señal de video a color surge posteriormente de la señal de blanco y negro, siguiendo la misma filosofía al transmitir información con ciertos objetivos, acoplando dicha información a la ya existente imagen de blanco y negro.

Para entender el envío de información de color veremos sobre la respuesta de nuestro ojo a imágenes poli cromáticas.

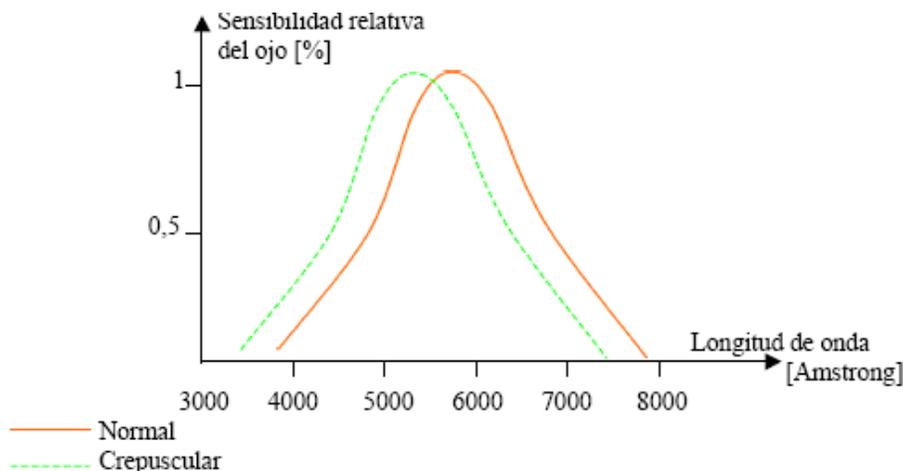


Figura 19. *Sensibilidad relativa del ojo para diferentes longitudes de onda.*

En la grafica anterior representa la sensibilidad del ojo para distintas longitudes de onda, cada longitud de onda representa un color con el máximo de pureza (por ejemplo rojo 7000 Amstrong, Verde = 5460 Amstrong, Azula 4360 Amstrong), mientras la sensibilidad del ojo nos esta indicando que un ojo medio tiene una sensibilidad mayor entre los 5000 y 6000 Amstrong, lugar donde se encuentra el color verde. Esta curva de sensibilidad espectral se ha obtenido sobre gran cantidad de sujetos y se llama también curva de visibilidad internacional. Dicha curva esta ocasionada por razones psicológicas y fisiológicas del ser humano.

Uno cree que una imagen de video esta transmitiendo una señal tal cual la original, referida a la información de cromo. Generalmente las técnicas de vídeo utilizaron la curva de sensibilidad del ojo para economizar la cantidad de señales que debía intervenir para la generación de una señal de vídeo que le permitiera a un ser humano captar la imagen sin observar los detalles. Debemos también remarcar que cada individuo tendrá una respuesta

individual del ojo, dependiendo de muchos factores, uno de ellos es la luz circundante, la curva de la figura anterior corresponde a una iluminación normal y se desplaza hacia la izquierda en el caso de iluminación crepuscular.

Cuando se desea obtener la información de color es importante ver los tipos de mezcla y los colores producidos por ellas. Las mezclas pueden ser aditivas y sustractivas o multiplicativas. Los resultados obtenidos, según sea la mezcla aditiva o sustractiva, son completamente diferentes.

Las mezclas sustractivas es la que se obtiene de la multiplicación de los espectros de los colores a mezclar y es la típica realizada cuando efectuando mezclas de pinturas. Mientras que la mezcla aditiva es la producida por ejemplo por la mezcla de luces, y es la que se utiliza en imágenes poli cromáticas.

El ojo humano muy rara vez se encuentra frente a una luz monocromática. Generalmente los colores que se generan en la naturaleza son originados por una mezcla de colores monocromáticos

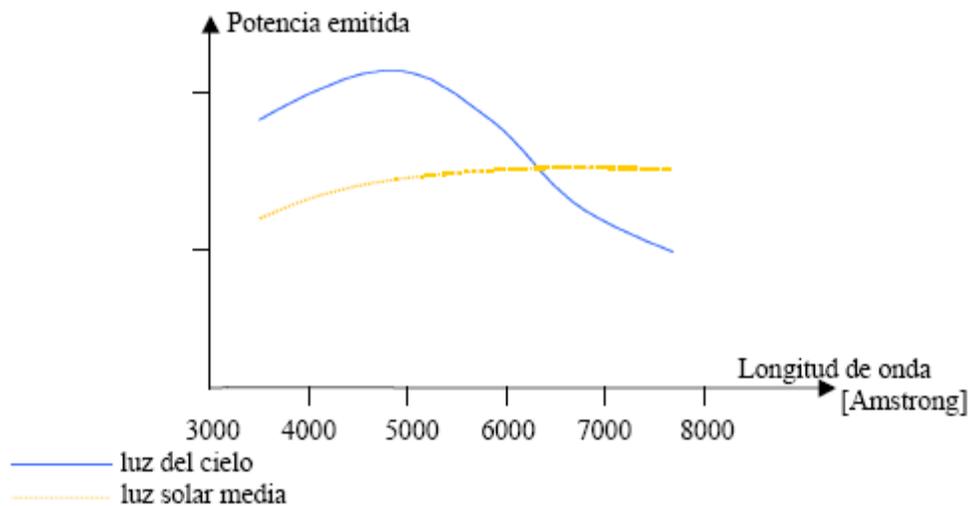


Figura 20. Distribución de potencia para distintas fuentes emisoras.

La elección de los colores básicos o primarios a ser utilizadas en imágenes de color fue consecuencia de un sinnúmero de experiencia y medidas, eligiéndose los siguientes tres colores:

Rojo: longitud de onda 7000 Amstrong

Verde: longitud de onda 5460 Amstrong

Azul: longitud de onda 4360 Amstrong

Podemos decir también que no existen tres colores primarios que con la mezcla aditiva permitan generar todos los colores existentes en la naturaleza. Este inconveniente se suple con la insuficiencia visual que posee el ojo humano, ya que este puede reconocer el color de una superficie extensa y no puede apreciar diferencias de color en una imagen de video entre pequeños detalles.

Sobre la base de estos criterios se conforma la señal de video con información de croma y con el objetivo de ahorro de transporte de información, en lugar de enviar la información por separado (luminancia, señal de información del rojo, señal de información del verde y señal de información del azul), se envían las siguientes ecuaciones:

1.  $Y = 0,11A + 0,59V + 0,30R$
2.  $I = 0,60R - 0,28V - 0,32^a$
3.  $Q = 0,21R - 0,52V + 0,31^a$

Donde Y es la señal de luminancia que cumple la misma función en receptores monocromáticos, A es la señal de información del rojo. I y Q son dos componentes en cuadratura que poseen la información de matiz y saturación del color de la imagen, estas señales se modulan en QAM (señal  $C = (I+Q\text{mod})$ ) y son insertadas con una portadora de croma (portadora de 3,58 MHz) sobre la información de luminancia, obteniendo de esa forma una superposición de espectros perfectamente recuperables.

La señal compuesta por luminancia, sincronismo e información de croma puede observarse en la siguiente figura.

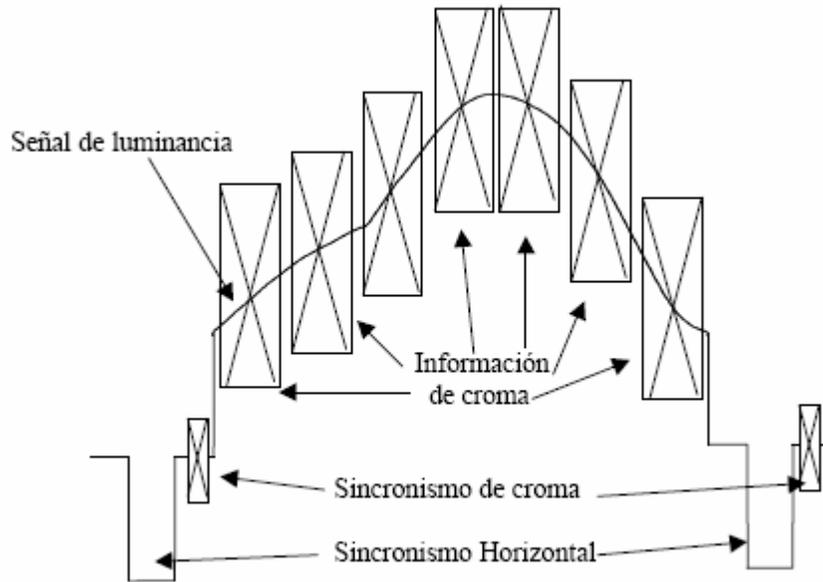


Figura 21. Espectro de la señal de luminancia con información de color.

### 3.1.3 Transmisor de imagen de color.

En el proceso de captura de la imagen por una cámara de video se efectúan los procesos para generar las señales dadas en la ecuaciones 1,2 y 3. La siguiente figura muestra el diagrama en bloques muy simplificado de una cámara mostrando como se realiza el proceso de compaginación de la señal de video.

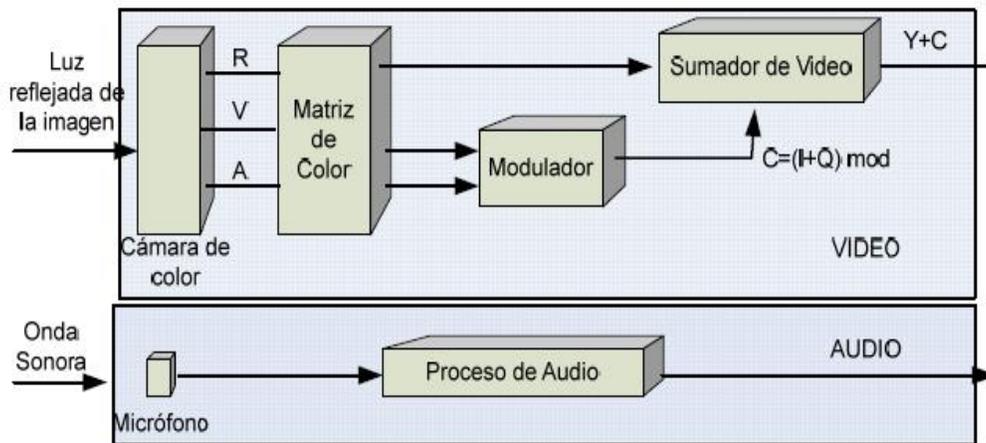


Figura 22. Transmisor de señal de video con color.

La información de video se limita a las frecuencias menores de 4Mhz, este es el mínimo aceptable para organizar una señal de video para su difusión, debemos remarcar que si deseáramos transmitir una señal de video con una mayor definición tendríamos que utilizar un ancho de banda espectralmente mucho mayor.

El espectro que ocupará una señal de video con su respectiva información de color es la observada en la siguiente figura.

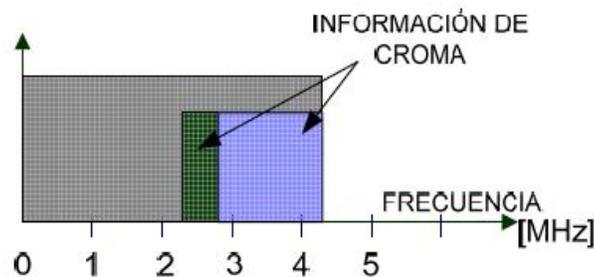


Figura 23. Espectro de video con color.

### 3.1.4 El Audio

El audio va siempre por separado de la imagen en todos los procesos y deberá ser organizado para que sucedan en forma simultánea con la imagen coordinando los tiempos de sucesos. La información de audio se limita a frecuencia menores de 15 KHz y son originadas por un micrófono en el transmisor de imágenes en forma separada de la señal de video, grabando la señal en un cassette de audio independiente y si es en una cinta de video en pistas separadas.

Aun más en cualquier proceso de teledifusión en donde el objetivo es enviar una imagen con sonido a una distancia lejana, utilizando técnicas de propagación pro rayo directo o comunicaciones satelitales, la imagen y el audio van en anchos de bandas diferentes y con procesos de modulación también diferentes. En el destino el receptor debe ser capaz de procesar el video y el audio, y ordenarlos.

Luego la señal de audio es modulada en FM con una desviación de  $\pm 25$  KHz de desviación para una modulación de 100%. En cuanto el video (luminancia) se modula en banda lateral vestigial y la señal con información de color (I y Q) se modulan en amplitud y fase (QAM) sobre dichas señal de video.

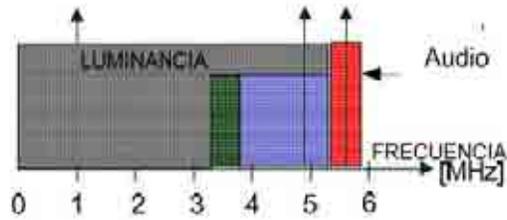


Figura 24. Espectro de la señal de video para radiodifusión.

El ancho de banda total es de 6MHz, estando la portadora de video en 1,25 MHz arriba de límite inferior del canal y la portadora de sonido a 0,25 MHz abajo del límite superior. Por lo tanto la portadora de video y sonido están separadas 4,5 MHz. La subportadora de color esta ubicada 3,58 MHz arriba de la portadora de vídeo.

### 3.1.5 Receptor de Imágenes de Color.

El proceso que debe realizar un receptor de video será el inverso al de una cámara y desamblando la señal procesada, con el fin de lograr obtener las componentes de Rojo, Verde y Azul generadas por la imagen real. En la siguiente imagen se puede apreciar un esquema en bloques muy simplificado de un receptor de imagen.

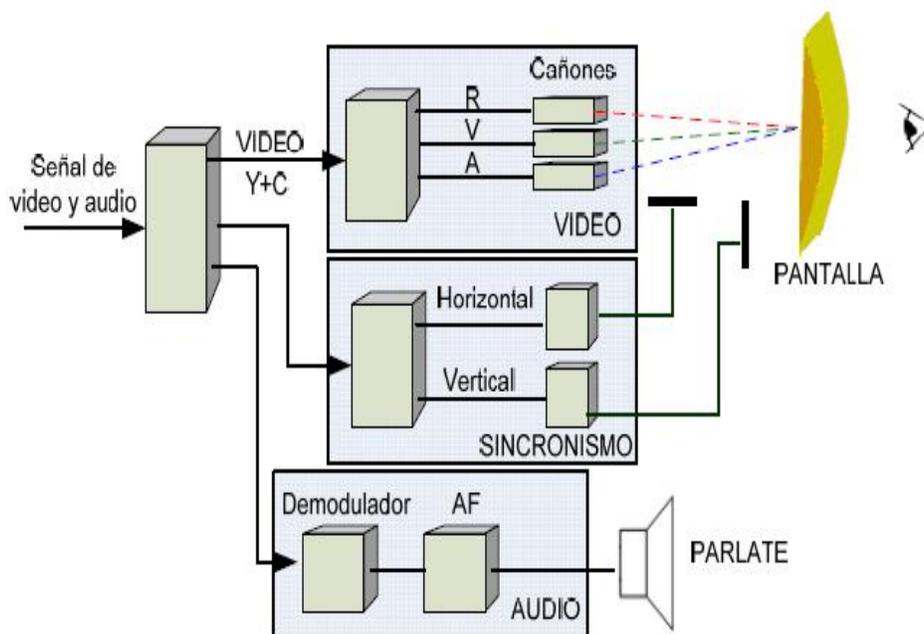


Figura 25. Receptor de imágenes de vídeo con color.

El receptor de video debe procesar las señales de sincronismo, las cuales serán los encargados de realizar el barrido en forma horizontal y vertical de los ases de los cañones del rojo, verde y azul, sincrónicamente con la señal de luminancia y croma. Por otro lado la señal de video deberá rescatar la información de rojo, verde y azul y excitar los cañones respectivos, para que impacten en un punto de la pantalla fosforescente y se genere por mezcla aditiva un color en la misma. Por otro lado el audio debe ser remodulado y amplificado para excitar un parlante que tratará de reproducir los sonidos sincrónicamente con el video.

Si los tiempos de sincronismos no son molestos para la recepción de la imagen sonora, el espectador en muchos casos no será capaz de detectar los paquetes retardados que se pueden originar al procesar las señales de audio y video.

## 3.2 MPEG (Moving Picture Experts Group)

MPEG es el grupo de trabajo del subcomité del ISO/IEC (International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission) encargados del desarrollo de las normas internacionales para compresión, descompresión, procesado y codificación de imagen animadas, de audio o la combinación de ambas.

El MPEG define la sintaxis de las señales digitales correspondientes a audio y video tanto de origen natural como sintetizado, describe su estructura, contenido y regula el funcionamiento de decodificadores estandarizados. El MPEG no define los algoritmos de codificación. Esto permite estar continuamente mejorando los codificadores y su adaptación a aplicaciones específicas dentro de la norma. Además de la codificación de audio y video, el MPEG también define sistemas para multiplexar la información de audio y video en una única señal digital, describe los métodos para verificar que las señales y los decodificadores se ajustan a la norma y publica informes técnicos con ejemplos de funcionamientos de codificadores y decodificadores. Los estándares MPEG fueron desarrollados para ser independiente de la red específica para proporcionar un punto de interoperabilidad en entornos de red heterogéneos.

### 3.2.1 Capas y Versiones de MPEG

MPEG trabaja por fases y estas son identificadas por números como MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7. Estas fases no son distintas versiones para una misma norma sino que cada una se encarga de aspectos diferentes de la comunicación multimedia. Con esto podemos decir que cada fase no reemplaza a la anterior sino que la complementa. [6]

Tanto en MPEG-1 como en MPEG-2 se han definido tres capas diferentes, estas capas representan un conjunto de algoritmos de codificación. Estas capas se identifican con números romanos (Capa I, Capa II y Capa III).

El concepto de versiones solo es aplicada en MPEG-4, donde la versión 1 de MPEG-4 consta de una variada serie de herramientas para la codificación de audio, apareciendo posteriormente una versión 2 la cual no reemplaza la versión anterior solo

ingresa una nueva variedad de herramienta por lo tanto ambas versión son totalmente compatibles.

### 3.3.0 DVB (Digital Video Broadcast)

El DVB es un organismo encargado de regular y proponer los procedimientos para la transmisión de televisión digital compatibles. Está constituido por más de 220 instituciones y empresas de todo el mundo y los estándares propuestos han sido ampliamente aceptados en Europa y casi todos los continentes, con la excepción de Estados Unidos y Japón donde existen con otros sistemas propietarios.[7]

Este estándar esta basado en MPEG-2 el cual especifica todos los procedimientos de codificación de las fuentes de video y audio. Sin embargo solo cubre los aspectos y metodologías utilizadas en la compresión de las señales de audio y video y los procedimientos de multiplexación y sincronización de estas señales en tramas de programa o de transporte. Una vez definida la trama de transporte es necesario definir los sistemas de modulación de señales que se utilizarán para los distintos tipos de radiodifusión tales como:

#### 3.3.1 El estándar DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite)

El sistema DVB-S (Digital Video Broadcasting by Satellite) permite un gran incremento de la capacidad de transmisión de video digital vía satélite utilizando las técnicas de compresión de video basadas en el estándar MPEG-2 para la codificación de fuente y multiplexación. La única variación entre este estándar y los otros dos propuestos por el DVB (cable y radiodifusión terrestre), es el tipo de modulación y la codificación de canal empleadas. Para transmisiones vía satélite se adopta la codificación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), con un flujo binario variable de 18,4 a 48,4 Mbits/s. El sistema DVB trabaja en la PSI (Información específica de programa) de la trama MPEG, con tablas de sistemas independientes. Esto se denomina información de alimentación o servicio.

### 3.3.1.1 Conformación de la trama de transporte.

El estándar para la transmisión de televisión digital por satélite es el más ampliamente utilizado, probablemente su éxito ha sido el detonante de la progresiva implantación del resto de sistemas DVB. Actualmente está siendo utilizado por proveedores de servicios en todos los continentes.

Se puede considerar que el sistema DVB-S parte de la trama de transporte proporcionada por el MPEG-2, introduciendo distintas capas de protección a la señal para adecuarla a las características del canal por el que debe transmitirse. Las etapas sucesivas en las que se introducen nuevas características a la trama de transporte se resumen a continuación:

- a) Inversión de los bits de sincronismo en uno de cada ocho paquetes de la trama de transporte. Cada paquete de la trama de transporte es de 188 bytes, lo que significa que si la inversión de signo en los bits de sincronismo se repite cada 1504 bytes.
- b) Inserción de un código aleatorio a la trama resultante. La adición de éste código pretende garantizar que las características estadísticas de los datos sean prácticamente aleatorias. La aleatorización se obtiene realizando una suma OR exclusiva entre la secuencia de datos y una secuencia obtenida mediante un generador por registros de desplazamiento. La secuencia aleatoria se reinicializa cada 8 paquetes de la trama de transporte.
- c) Adición de un código de detección y corrección de errores de Reed-Solomon. Este código se denomina código externo y es común en todos los estándares del DVB. Introduce 8 bytes de redundancia para cada paquete de 188 bytes.
- d) Aplicación de un entrelazado convolucional (Furney) cuyo objetivo es dispersar las ráfagas de errores de canal. De este modo, si se produce una ráfaga de errores, debida a un desvanecimiento del canal, los errores afectarán a paquetes distintos y, probablemente, podrán eliminarse usando las propiedades correctoras de los códigos interno y externo.
- e) Inserción de un segundo código protector de errores. Este código recibe el nombre de código interno y es de naturaleza convolucional. El grado de redundancia que introduce éste código no está fijado de antemano y puede configurarlo el proveedor del servicio para

adaptarse a las características del sistema que desee utilizar (potencia de transmisión, tamaño de las antenas transmisoras y receptoras, tasa de datos disponible, etc.).

f) Modulación de la portadora mediante QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).

### Descripción del bloque transmisor

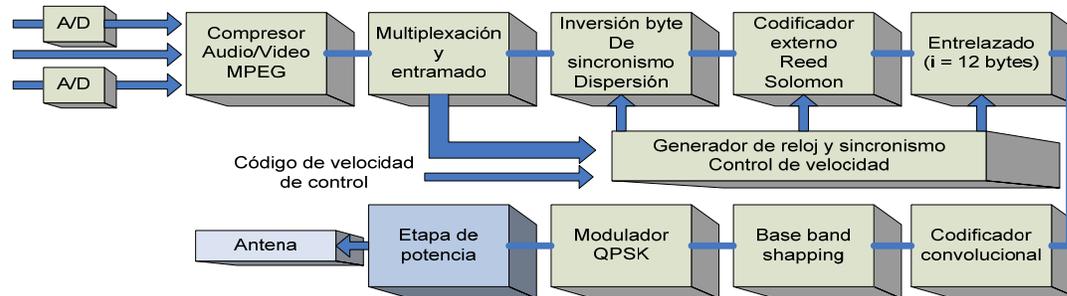


Figura 26. Diagrama de bloques transmisor DBV-S

El diagrama de bloques del transmisor es el mostrado en el esquema anterior, constando de las siguientes partes:

- Multiplexación y entramado (basado en la multiplexación de transporte de MPEG).
- Aleatorización de la señal.
- Protección contra errores avanzada (codificadores externos e internos).
- Proceso de entrelazado.
- Modulación digital.

La flexibilidad inherente del sistema permite un compromiso entre la eficiencia del espectro (uso de altas velocidades de transmisión) y la eficiencia de potencia (bajas relaciones portadora a ruido requeridas). Ambas características son de extrema importancia en los equipos vía satélite debido a la no linealidad del canal y la limitación en potencia de los equipos abordo. El elemento clave es la capacidad de operar eficientemente en canales de satélite afectados por ruido, interferencias y distorsiones.

### 3.3.1.2 Codificación de fuente y multiplexación

El sistema DVB-S está basado en la codificación de imagen y sonido MPEG-2. La estructura de la trama de transporte MPEG (TS) consiste en paquetes de longitud fija, y permite mezclar en una misma trama un gran número de servicios video, audio y datos. El paquete de transporte tiene una longitud de 188 bytes, incluyendo 1 byte de sincronismo, 3 bytes de cabecera y 184 bytes de datos. No se incluye protección contra errores, se añade posteriormente.

### 3.3.1.3 Codificación de canal y modulación.

Consiste en adaptar la señal en banda base a las características del canal de satélite. Los servicios DTH (Direct To Home) están particularmente afectados por las limitaciones de potencia por lo que se hace necesaria una gran protección contra el ruido y las interferencias, así como un aprovechamiento eficiente del espectro. A consecuencia de esto se utiliza una modulación QPSK asociada a un potente esquema de corrección de errores basado en la concatenación de códigos convolucionales y Reed-Solomon (RS). Aquí cabe destacar la flexibilidad de los códigos convolucionales frente a distintas tasas de compresión.

Una vez obtenida la trama de transporte se aleatorizan los bits para facilitar la recuperación de la señal de reloj en el receptor. Posteriormente los paquetes se codifican con el código Reed-Solomon RS (204,188), que añade 16 bytes de redundancia a cada paquete, proporcionando una capacidad de corrección de 8 errores aleatorios.

Para aumentar la capacidad de corrección de errores tipo ráfaga se aplica un entrelazado convolucional basado en la aproximación de Forney. Además se codifican de nuevo con un código convolucional flexible dependiendo de los requerimientos del servicio.

Finalmente, los bits codificados son mapeados utilizando un código Gray en la constelación QPSK y filtrados en banda base para generar un espectro en forma de raíz cuadrada de coseno alzado con un roll-off de 0,35.

## Diagrama de bloques receptor.

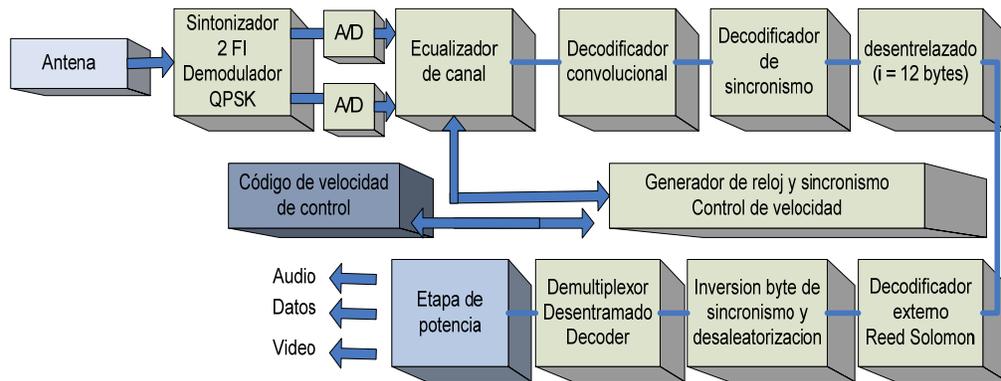


Figura 27. Diagrama de bloques receptor DBV-S.

Básicamente, la función principal del receptor digital (IRD) o Integrated Receiver Decoder, también llamado "Set Top Box", es descomprimir las señales de vídeo y audio digitales recibidas en formato MPEG-2 una vez han sido demoduladas y corregidas de posibles errores introducidos por el canal de transmisión, y transformarlas en dos señales de audio y vídeo analógicas. Estas señales ya podrán ser visualizadas en un receptor de televisión estándar.

La señal de RF proveniente del satélite, una vez captada en el foco de la antena parabólica, debe ser amplificada mediante un amplificador de bajo ruido, y posteriormente trasladada a una primera frecuencia intermedia. La banda de frecuencias de la portadora de RF debe estar, para difusión de TV digital vía satélite, entre 10,7 y 12,75 GHz, mientras que la banda de la primera FI resultante estará entre 950 y 2150 MHz. Todo esto se realiza en una etapa externa llamada LNB.

Existen dos posibles anchos de banda para cada canal:

- Banda FSS (Fixed Satellite Service): 26 MHz y 22 Msímbolos/s.
- Banda BSS (Broadcast Satellite Service): 33 MHz y 27,5 Msímbolos/s.

El sintonizador recoge la señal del LNB y la traslada a una segunda FI de 479,5 MHz. Ahora ya se puede demodular la señal. De esta forma se obtendrán de nuevo las señales de vídeo, audio, y datos comprimidos y multiplexados en el emisor en banda base para su

procesado posterior, que consiste en las operaciones inversas a las realizadas en el transmisor, para corregir los posibles errores.

El conjunto de todas estas técnicas suministra una salida prácticamente libre de errores con una tasa de error (BER) superior a  $1E-10$ , y un BER de  $7E-4$  o mejor en presencia de errores de ráfaga. Del demultiplexor se obtienen las tramas de audio y vídeo digital comprimido y se pasan al decodificador MPEG-2, obteniéndose las señales de video digital (4:2:2) y audio (PCM).

El decodificador también debe disponer de hardware adicional para posibilitar otro tipo de servicios como conexión a ordenadores personales, a la red telefónica, grabador de vídeo, etc.

### 3.3.2.0 El estándar DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable)

Es utilizado para la transmisión por cable, basado en el estándar europeo ETS 300 429 “Digital Broadcasting Systems for Televisión, Sound and Data services, Framing structure, Channel coding and Modulation for Cable systems” elaborado bajo el auspicio de la Unión Europea de Radiodifusión (EBU) y el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI). Para esta transmisión vía cable se adoptó la modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation o Modulación de Amplitud en cuadratura).

El proceso para comienza con la formación de la banda base de entrada, de acuerdo con la capa de transporte MPEG-2, a continuación se somete a un proceso de aleatorización para conformar su espectro, a la trama resultante se le aplica una codificación Reed-Solomon y un entrelazado convolucional, por último se conforma la banda base que es modulada en QAM. Este proceso se puede ver en forma gráfica en la siguiente figura y se describe a continuación.

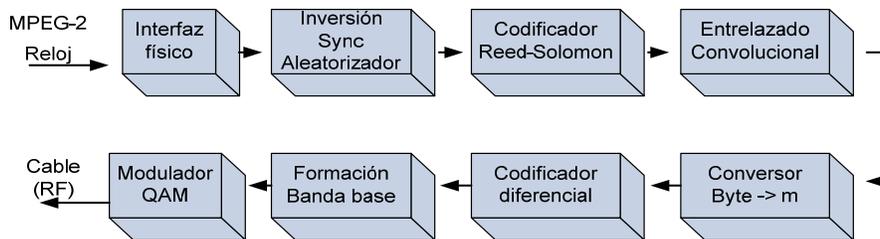


Figura 28. Modulación QAM de MPEG-2.

La formación de la trama MPEG-2 se explicó en el capítulo correspondiente.

### 3.3.2.1 Codificación de canal

La codificación de canal contempla tanto la Aleatorización (para la conformación del espectro), como un código de protección de errores tipo-FEC (el Reed-Solomon, concretamente), y un Entrelazado convolutivo (para la protección frente a errores en ráfaga).

### 3.3.2.2 Aleatorización

La finalidad de la aleatorización es conformar el espectro, tal que éste se distribuya uniformemente (espectro “blanqueado”, denso y limitado), en lugar de concentrarse en rayas espectrales periódicas (lo cual acentuaría la interferencia entre símbolos).

A tal fin, es necesario convertir el código fuente (el “Transport Stream”) en una señal casual (aleatoria), para lo cual la ETS 300 429 especifica una aleatorización tipo “set-reset”. Es preciso generar una secuencia binaria seudo aleatoria (“Pseudo Random Binary Sequence”, PRBS), lo cual se realiza merced a un registro de desplazamiento de varias etapas y con algún tipo de realimentación.

A fin de soportar la sincronización del proceso (básica en los aleatorizadores tipo “set-reset”), el byte de sincronismo del paquete MPEG-2/TS (el primero de los 188 bytes del paquete, con valor, prefijado, de 47HEX) no se aleatoriza. A tal fin, el proceso de aleatorización no se detiene, sino que se inhabilita mediante la operación AND.

En cambio, dicho byte se invierte cada ocho paquetes (pasando del valor 47HEX al valor B8HEX), con el fin de reinicializar el proceso de aleatorización. Efectivamente, al

llegar el byte de sincronismo invertido se carga la secuencia de inicialización en el registro de desplazamiento, y comienza el proceso de aleatorización con el byte que sigue al de sincronismo, manteniéndose dicho proceso hasta la llegada de un nuevo byte de sincronismo invertido (es decir, tras siete bytes de sincronismo no-invertidos). Para controlar la interferencia (evitando la emisión de una portadora no modulada), la norma ETS 300 429 especifica que el anterior proceso de aleatorización deberá estar activo también en ausencia de señal o, incluso, cuando ésta no responda al formato MPEG-2/TS.

### 3.3.2.3 Codificación Reed-Solomon

**Reed-Solomon** es un código cíclico no binario y constituye una subclase de los códigos BCH. Los códigos cíclicos son una subclase de los códigos de bloque estándar de detección y corrección de errores que protege la información contra errores en los datos transmitidos sobre un canal de comunicaciones. Este tipo de código pertenece a la categoría FEC (Forward Error Correction), es decir, corrige los datos alterados en el receptor y para ello utiliza unos bits adicionales que permiten esta recuperación a posteriori.

### 3.3.2.4 Entrelazado Convolutivo

El proceso de entrelazado, “interleaving”, se aplica a los paquetes ya codificados (Reed-Solomon) con objeto de segmentar y repartir las ráfagas prolongadas de errores, facilitando así su posterior detección y corrección en recepción

### 3.3.2.5 Modulación QAM

La modulación de amplitud en cuadratura, en inglés Quadrature Amplitude Modulation (QAM), es una modulación digital avanzada que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. Estas dos ondas, generalmente sinusoidales, están desfasadas entre si  $90^\circ$  en la cual una onda es la portadora y la otra es la señal de datos. Se

utiliza para la transmisión de datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido.

La modulación QAM consiste en modular en amplitud ASK de forma independiente, dos portadores que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí  $90^\circ$ . La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras están en cuadratura.

La inmunidad que tiene la señal modulada en cuanto a las perturbaciones y al ruido de la línea, es mayor cuanto más separados estén los puntos del diagrama de estados. Se trata pues de buscar una constelación de puntos con una coordenada de amplitud y fase que hagan máxima la separación entre ellos. EN DVB-C se utiliza una modulación 64-QAM, con 6 bits por símbolo.

### 3.3.3 El estándar DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestre)

Este sistema de TV digital DVB-T es regido por el estándar ETSI (European Telecommunications Standard Institute) EN 300 744, especifica los procesos de codificación de canal y de modulación para un adecuado funcionamiento cuando se usan los canales de transmisión terrestre. Como en el resto de los estándares DVB, la señal de entrada normalizada es la denominada “MPEG-2 Transporte Stream” (TS) o “flujo de transporte MPEG-2”.

DVB-T combina un potente método de codificación para corrección de errores y la modulación multiportadora, obteniendo como resultado una transmisión de tipo COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex).

El sistema DVB-T es muy flexible, disponiéndose de una serie de opciones:

- 2 modos de transmisión: 2k (1.705 portadora), 8k (6.817 portadora)
- 3 esquemas de modulación: QPSK, 16-QAM, 64QAM.
- 5 relaciones de codificación para protección interna de errores:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$ ,  $\frac{7}{8}$ .
- 4 longitudes para el intervalo de guarda:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$ .

- Modulación jerárquica o no jerárquica con diferentes valores del parámetro  $\alpha$

Es importante destacar de la técnica OFDM que permite la operación, tanto en áreas pequeñas como en grandes, de "Redes de Frecuencia Única" ("Single Frequency Networks - SFN"). Esto significa que mediante este sistema es posible la recepción cuando se radian idénticos programas desde diferentes transmisores que operan en la misma frecuencia. En estas condiciones se obtiene la máxima eficiencia del espectro, lo cual adquiere especial relevancia cuando se usa en las bandas de UHF asignadas para TV.

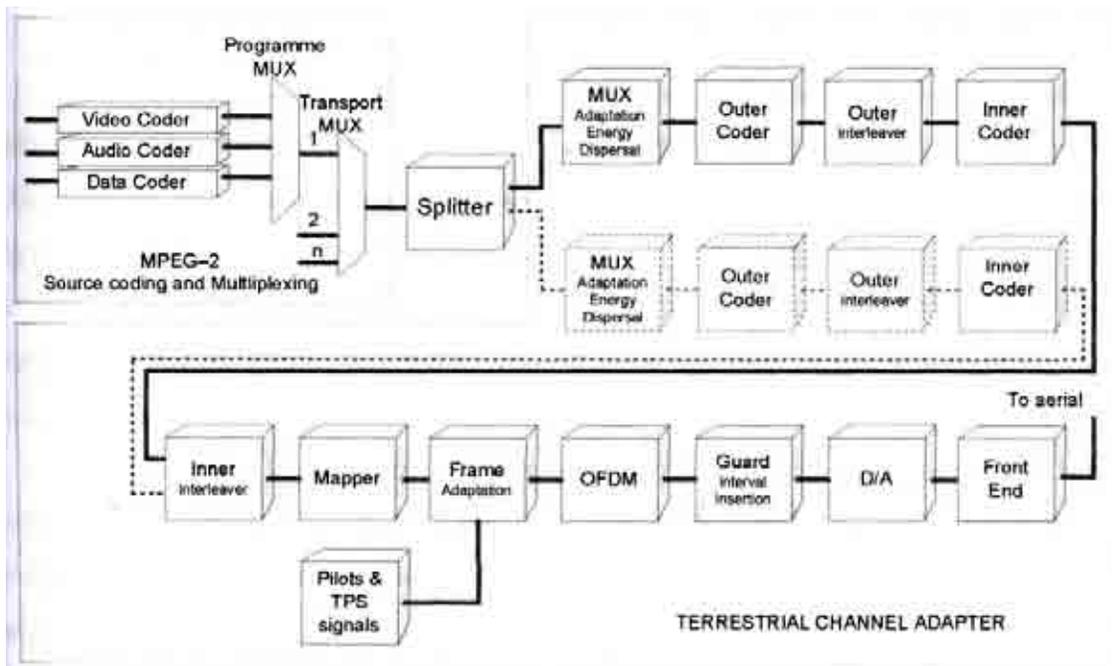


Figura 29. Sistema DVB-T

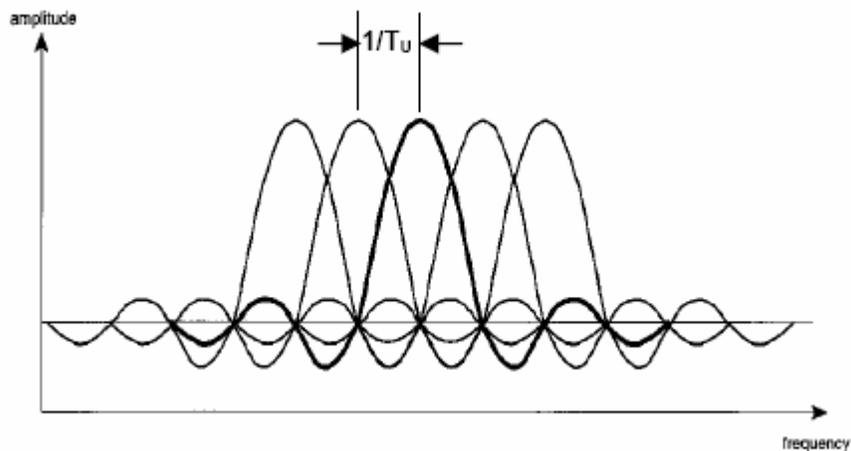
El sistema DVB-T permite transmisiones jerárquicas. En este caso hay 2 flujos de transporte, uno de ellos denominado de "alta prioridad" (HP) que tiene baja velocidad y por tanto menor calidad de imagen, modula las portadoras con un esquema de modulación muy robusto frente al ruido (QPSK) mientras que el segundo flujo de transporte, denominado de "baja prioridad" (LP) complementa al anterior en cuanto a velocidad y calidad de imagen y combina su información con el anterior de forma que las portadoras son moduladas finalmente con un esquema más exigente en cuanto a relación señal/ruido. En el caso de

que este último utilice 4 bits por cada 2 bits del de alta prioridad, se alcanzaría una constelación total para la señal emitida de 64-QAM. En la zona de área de cobertura donde se reciba la señal con buena relación S/N, la imagen recuperada, de alta calidad, corresponderá a la combinación de los dos flujos (alta y baja prioridad) mientras que en caso contrario la calidad de imagen recibida será peor, correspondiendo sólo al flujo de alta prioridad.

### 3.3.3.1 Modulación OFDM

El principio de la modulación OFDM consiste en distribuir el flujo binario de información que tiene un gran número de portadoras de forma que cada una maneje una velocidad de datos reduciendo con respecto a la del flujo total. En consecuencia, la duración “ $T_u$ ” de los símbolos aumenta respecto al caso de modular una sola portadora, haciendo de esta forma a la señal muy robusta frente a interferencias por trayectoria múltiples (ecos) ya que el retardo de éstos resulta ser muy pequeño comparado con la duración citada.

Por otra parte, la separación en frecuencia entre la portadora se hace igual al inverso de la duración “ $T_u$ ” de los símbolos, con lo que la posición de las portadoras en el espectro de frecuencia coincide con los nulos del espectro de las portadoras adyacentes (condición de portadoras ortogonales). En estas condiciones se consigue mínima interferencia entre símbolos.



*Figura 30. Espectro de portadoras adyacentes en la modulación OFDM.*

Para fortalecer todavía más a la señal transmitida frente a los ecos, se amplía la duración de los símbolos añadiendo un tiempo  $\Delta$  denominado “intervalo de guarda” a la duración útil  $T_u$  con lo que la duración total del símbolo pasa a ser:

$$T_s = \Delta + T_u$$

El intervalo de guarda es una continuación cíclica de la parte útil del símbolo, el cual se inserta delante de él. En estas condiciones, si la señal se recibe por 2 caminos diferentes con un retardo relativo entre ellas, siempre que este retardo no supere el intervalo de guarda, coincidirá en las dos la información contenida dentro del tiempo útil del símbolo de la señal principal.

Como los receptores ignoran la señal recibida durante el intervalo de guarda de la señal principal, el resultado es que no habrá interferencia inter símbolos. Sin embargo, la inserción de este intervalo de guarda supone una pérdida en la capacidad de transmisión del canal.

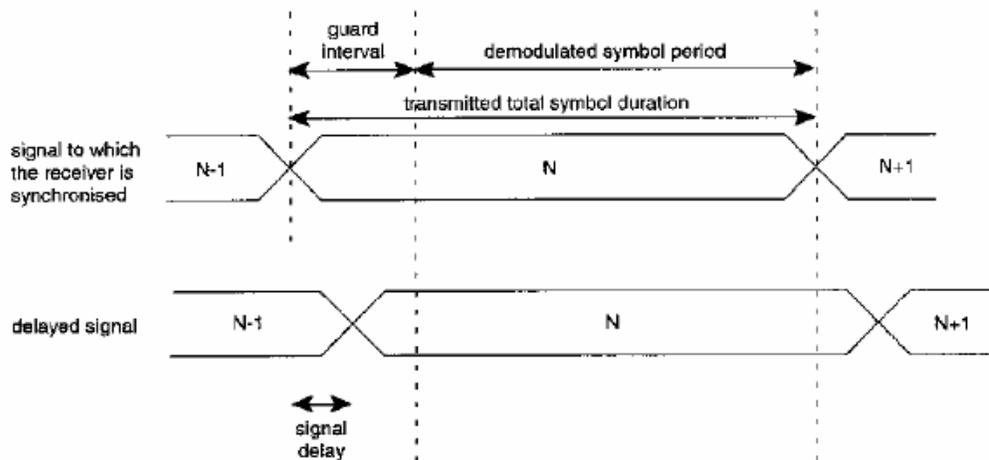


Figura 31. Multitrayecto con retardo inferior al intervalo de guarda.

El tiempo  $\Delta$  del intervalo de guarda se mide en fracciones de la duración útil  $T_u$  del símbolo, disponiéndose de 4 posibles valores:

$$\Delta / T_u = 1/4 \quad 1/8 \quad 1/16 \quad 1/32$$

### 3.4.0 Descripción de Compresión de Video MPEG

En MPEG el algoritmo de compresión de video utiliza dos técnicas fundamentales las cuales son compensación del movimiento y codificación.

#### I.-Compensación del movimiento

Esta compensación del movimiento esta basado en bloques para la reducción de la redundancia temporal. En cuanto a las técnicas de compensación de movimiento es aplicable en ambos sentidos, hacia delante o causal (forward) y hacia atrás o no causal (backward). La señal restante es codificada utilizando las técnicas basadas en transformaciones. Los vectores de movimiento son trasmitidos junto con la información espacial.

El sistema de Reducción de la Redundancia Temporal se utiliza para soportar el acceso aleatorio al video almacenado, se definen tres tipos fundamentales de imágenes o cuadrados:

- **Codificados Internamente (I):** Son imágenes que no requieren de información adicional para su decodificación. Son codificadas sin ninguna referencia a otras imágenes, conteniendo todos los componentes necesarios para su reconstrucción por el decodificador debido a esto es que son el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia. Su tasa de compresión es relativamente pequeña comparada con JPEG. Esta imagen se codifica como una imagen única usando solo la información de la imagen. Los bloques tienen una gran redundancia espacial por lo que MPEG trata de disminuir esta cantidad de datos.
- **Predictivos (P):** Son codificadas con respecto a las imágenes de tipo I o P anteriores, gracias a las técnicas de predicción con compensación de movimiento. Pero sin embargo el número de las imágenes I no se pueden multiplicar indefinidamente, ya que, como se utiliza para decodificar otras imágenes P o B, se propagan amplificando cualquier error de codificación. Su tasa de compresión es mayor que la de las imágenes I, donde generalmente una imagen P requiere aproximadamente la mitad de los datos de las imágenes I.
- **Interpolados Bidireccionalmente (B):** estas imágenes bidireccionales son codificadas por interpolación entre dos imágenes de tipo I o P precedentes y siguientes que las enmarcan. Como no se utilizan para describir otras imágenes, las imágenes B no propagan los posibles errores de codificación. Este tipo de imágenes son las que ofrecen el más alto factor de compresión, que generalmente es de una cuarta parte de los datos de las imágenes I.

La predicción para la compensación del movimiento supone que la imagen actual puede ser modelada como una traslación de las imágenes precedentes. En el estándar MPEG cada imagen es dividida en bloques de 16x16 píxeles denominados macrobloques. Donde cada macrobloque es predicho a partir del frame anterior o del siguiente estimando la cantidad de

movimiento en el macrobloque durante el intervalo entre frames. La sintaxis de MPEG especifica como representar la información de movimiento para cada macrobloque, utilizando para ello vectores de movimientos. Sin embargo no especifica como van a ser calculados estos vectores.

## II.- Codificación (DCT- Transformada Discreta del Coseno)

El concepto de DCT se basa sintéticamente en tomar cada píxel de un bloque de 8x8 píxeles que es una muestra de una señal variable en el tiempo, proporcional a la luminancia y de otra señal variable en el tiempo, proporcional a la crominancia. Estas dos señales son las que se pasarán, separadamente, al dominio de la frecuencia. La codificación DCT es utilizada para la reducción de la redundancia espacial.

El sistema de Reducción de la Redundancia Espacial es utilizado para la redundancia espacial en cada frame I o en la predicción de errores en frames P o B, el estándar MPEG utiliza técnicas de codificación basadas en DCT.

Se puede describir de forma más sencilla, el principio básico de MPEG, el cual es comparar entre dos imágenes para que puedan ser transmitidos a través de la red, y usar la primera imagen como imagen de referencia (denominada I-frame), enviando tan solo las partes de las siguientes imágenes (denominadas B y P-frame) que difieren de la imagen original. La estación de visualización de red reconstruirá todas las imágenes basándose en la imagen de referencia y en los “datos diferentes” contenidos en las B y P frames.

A continuación se puede observar una secuencia típica de I, B y P frames.

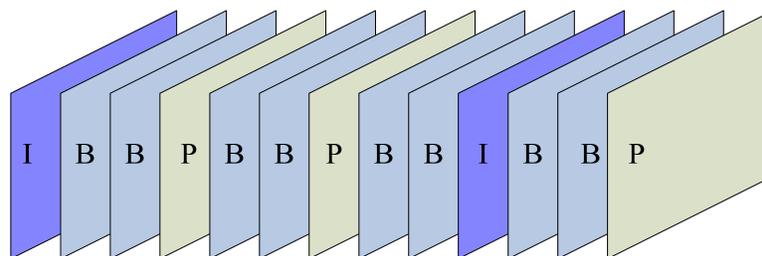


Figura 32. Secuencia típica de frames I, B y P

Hay tener en cuenta que un P- frame puede solo referenciar a un I o P frame anterior, mientras que un B-frame puede referenciar tanto a I o P frames anteriores y posteriores. Existen un número de estándares MPEG diferentes como MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4, los cuales se verán a continuación.

### 3.5. MPEG-1

El transcurso de desarrollo de MPEG-1 duró 4 años, desde 1988 hasta 1992, para finalmente convertirse en la norma ISO/IEC11172. Este fue el primer estándar normalizado por el grupo MPEG, el cual esta compuesto por un grupo de estándares de codificación de audio y video. Este estándar es usado para la compresión de video en CDs, empleando una baja tasa de bit. Para MPEG-1 el objetivo es mantener el consumo de ancho de banda relativamente constante aunque varíe la calidad de la imagen, que es típicamente comparable a la calidad del video cassette VHS.

MPEG-1 es considerado como un video progresivo alcanzando una tasa de 1.5Mbps a resolución CIF (352x288 píxeles). El número de imágenes por segundo (ips) en MPEG-1 está bloqueado a 25 (PAL) / 30(NTSC) ips.

En la parte del estándar relativa a la codificación de audio (ISO/IEC 11172-3) se describe un sistema flexible a diferentes aplicaciones. Se pueden describir tres capas distintas, en donde cada capa contiene un grado de complejidad distinta, siendo la más compleja la capa III ( el conocido sistema de archivos mp3), la cual está optimizada para proporcionar la máxima calidad a trazas binarias en torno a 128 Kbit/s para una señal estéreo.

### 3.6. MPEG-2

MPEG-2 fue aprobado en 1994 como estándar y fue diseñado para video digital de alta calidad (DVD), TV digital de alta definición (HDTV), medios de almacenamiento interactivo (ISM), retransmisión de video digital (Digital Video Broadcasting, DVB) y televisión por cable (CATV). El proyecto MPEG-2 se centró en ampliar la técnica de compresión de MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y de mayor calidad en

detrimento de un nivel de compresión menor y un consumo de ancho de banda mayor. MPEG-2 también proporciona herramientas adicionales para mejorar la calidad del video consumiendo el mismo ancho de banda, con lo que se producen imágenes de muy alta calidad cuando lo comparamos con otras tecnologías de compresión. El ratio de imágenes por segundo está bloqueado a 25 (PAL)/ 30(NTSC) ips. Al igual que MPEG-1.

MPEG-2 también consta de tres capas (o estándares), cubiertas por la: ISO/IEC 13818-1 Sistemas MPEG-2 (ITU-T Rec. H.222.0), ISO/IEC 13818-2 Video MPEG-2 (ITU-T Rec. H.262) y ISO/IEC 13818-3 Audio MPEG-2.

En MPEG-2 se define normalmente dos sistemas de capas, el flujo de programa y el flujo de transporte. Se usa uno u otro pero no los dos a la vez. El flujo de programa funcionalmente es similar al sistema MPEG-1. La técnica de encapsulamiento y multiplexación de la capa de compresión produce paquetes grandes y de varios tamaños. Los paquetes grandes producen errores aislados e incrementan los requerimientos de buffering en el receptor/decodificador para demultiplexar los flujos de bits. En contraposición el flujo de transporte consiste en paquetes fijos de 188 bytes lo que disminuye el nivel de errores ocultos y los requerimientos de buffering receptor.

### 3.6.1. Generación de MPEG-2 Stream (TS)

El proceso de generación de un stream de MPEG-2 se puede dividir en dos capas, llamadas capa de compresión y capa de sistema.

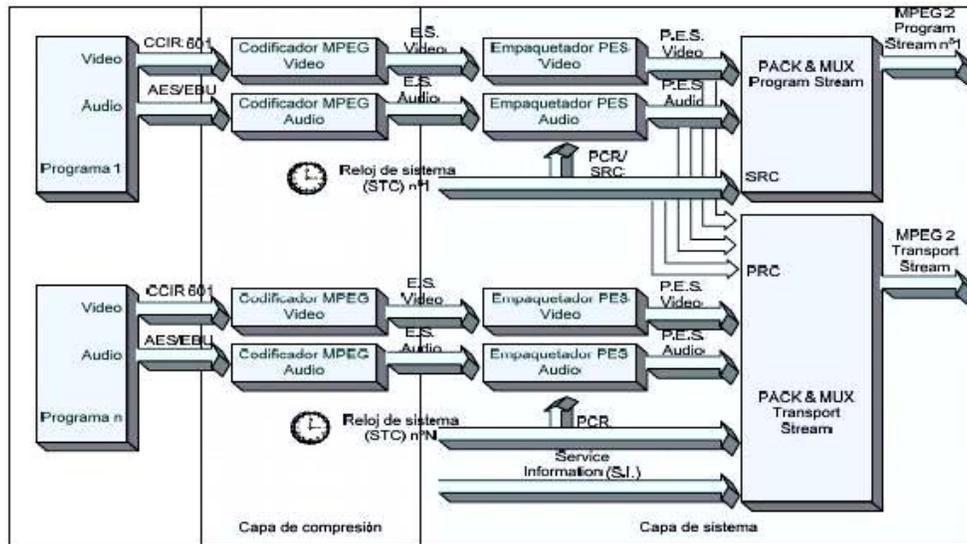


Figura 33. Generación MPEG PS y MPEG TS

La codificación MPEG propiamente tal se realiza en la capa de compresión, es aquí donde se aprovechan la correlación entre puntos cercanos, redundancia espacial y la menor sensibilidad del ojo humano; en el audio se aprovechan, la sensibilidad del oído humano, el enmascaramiento de frecuencias y temporal.

En la capa de sistema se realizan las operaciones para obtener el stream MPEG-2, organizando en paquetes los datos comprimidos y multiplexando las señales de audio, video y datos. Hay dos posibilidades en el multiplexado de las señales, incluir solamente la información de una presentación (audio, video y datos) en un flujo de programa MPEG-2, incorporando el reloj del sistema, el otro caso es el flujo de transporte MPEG-2, que multiplexa varias presentaciones, por lo que se debe añadir más información como: tabla de asociación de programas (PAT), información para el acceso condicional (CAT) mapa de programa (PMT), tabla de datos de red (NIT), etc.

### 3.6.1.1 Procesamiento de la señal de Video.

#### **Unidades de presentación de video.**

Para obtener una rejilla rectangular CCIR (International Radio Consultative Committee) recomienda una frecuencia de muestreo de 13,5MHz, con lo que se obtienen 720 muestras (píxeles) por línea, en un formato 4:2:2 con cuantificación de 8 bits. Para sistemas de 625 líneas el cuadro “unidad de presentación” es de 830 KB.

Se utiliza una frecuencia de muestreo de 13,5MHz, por lo tanto la señal Y (de crominancia) se muestrea a 13,5 MHz y las señales de color Cr y Cb a 6,75MHz, por lo tanto el flujo resultante es de 216 Mbps. la duración de cada línea es de 64 uS pero eliminando los intervalos de supresión (12 uS) quedarían 702 muestras de video por línea. En la práctica se emplean 720 muestras por línea activa digital para la señal de crominancia y 360 muestras por línea activa digital para las señales Cr y Cb. Así considerando que solo 576 líneas son útiles el flujo neto resultante para la señal digitalizada en formato 4:2:2 con cuantificación de 8 bits es:

$$216 \text{ Mbps} \times 720/864 \times 576/625 = 166 \text{ Mbps}$$

Teniendo en cuenta que se transmiten 25 imágenes por segundo:

$166 \text{ Mbps} \times 25/8 = 830 \text{ KB por cuadro.}$
---

#### **Unidades de presentación de Audio.**

La secuencia de audio consiste en bloques de 192 tramas, para una cuantificación de 20 bits. Estas tramas están compuestas por dos subtramas que corresponden a los canales de audio stereo, además de los 20 bit de las muestras cuentan con 4 bits de datos auxiliares. Cada subtrama comienza con un preámbulo de 4 bits que indica a qué canal pertenece la muestra y termina con 4 bits que aportan información sobre el canal incluyendo un bit de paridad, por lo tanto cada subtrama tiene 32 bits. El preámbulo de cada subtrama puede ser de tipo X, Y ó Z. Se emplea el tipo Z para indicar el comienzo de cada bloque de 192 tramas y después alternativamente los tipos X e Y para identificar las subtramas de los dos canales de audio.

### 3.6.1.2 Codificación MPEG

En la capa de sistema se reduce la velocidad binaria del flujo de la señal, sustituyendo las unidades de presentación por “unidades de acceso”. Estas unidades de acceso de video son los tres tipos mencionados, tipo I (Intra) la que contiene todos elementos necesarios para su reconstrucción (100KB), tipo P (Previstas) codificadas con respecto a las tipo I o P anteriores (33 KB) usando compensación con predicción de movimiento, tipo B (bidireccionales) codificadas por interpolación entre las dos imágenes tipo I o P precedente y siguiente (12 KB).

Las unidades de acceso de audio contienen decenas de milisegundos de audio comprimido.

La sucesión de unidades de acceso de audio o video se denomina stream elemental de audio o video (Audio/Video Elementary Stream).

### 3.6.1.3 Empaquetado P.E.S.

En esta etapa se convierte cada Elementary Stream Packetised Elementary Stream, un P.E.S. está compuesto íntegramente por PES-Packets, compuesto a su vez por una cabecera (Header) y una carga útil (Payload). El payload consiste en bytes de datos tomados secuencialmente desde el Elementary Stream original, los PES-Packets pueden tener una longitud hasta 64 KB.

### 3.6.1.4 PES-Packet Header

La cabecera incorpora datos para auto informar su propia longitud:

<b>Campo</b>	<b>Definición</b>	<b>Nº de bits</b>
Start code prefix	Código de inicio (0x00, 0x00, 0x01)	24
Stream id	Identificación del PES	8
Packet length	Longitud del PES-Packet	16
PES scrambling control	Indica si hay cifrado y su código	2
Flags	Marcadores	14
PES header length	Longitud restante de la cabecera (x+y)	8
PES header subfields	Campo variable, función de los flags	X
Stuffing	Relleno	Y

*Tabla 5. PES-Packet Header*

### 3.6.1.5 Multiplexado

Multiplexado tipo Program Stream. Se crea a partir de uno o varios PES pertenecientes al mismo Programa Audiovisual y comparten el mismo reloj de referencia.

El program stream esta compuesto por Packs, que a su vez está compuesto por un Pack Header, un número indeterminado de PES-Packets y opcionalmente una System-Header. Un Pack-Header debe aparecer al menos cada 0,7 segundos para mantener la sincronización. En este tipo de multiplexado el reloj se llama System Clock y todas las unidades de acceso de los “Elementary Streams” del programa tienen asignados “time stamps” basados en este System Clock. Las muestras de este clock, las System Clock References (SRC) se encuentran codificadas en los campos opcionales de los pack-headers, son números binarios de 42 bits que expresan unidades de 27MHz. En el system header se incluye un sumario de las características del Program Stream tal como: su velocidad binaria máxima, el número de Elementary Streams de vídeo y de audio que lo componen, información complementaria de temporización, etc.

El Program Stream está concebido para su empleo en entornos libres de errores, puesto que es bastante vulnerable a ellos. Hay dos razones para esto:

En primer lugar, el Program Stream comprende una sucesión de paquetes relativamente largos y de longitud variable.

Multiplexado tipo Transport Stream. Esta compuesta por Transport Packets de 188 bytes, estos incluyen un Header de 4 bytes, una carga útil (Payload) y opcionalmente un Adaptation Field usado como relleno.

Los Transport Packets se forman a partir de dos condiciones, el primer byte de cada PES-Packet debe ser el primer byte del “payload” de un transport packet y un transport packet solamente puede contener datos tomados de un PES-Packet.

El espacio sobrante del último paquete de transporte correspondiente a un PES-packet, se rellena deliberadamente mediante un adaptation field de longitud apropiada. Este campo de adaptación se usa también para la transmisión del Program Clock Reference (PCR).

Estas marcas de tiempo permiten sincronizar el reloj del decodificador con el Program Clock del Programa al que pertenecen los paquetes de transporte y deben aparecer

en el Transport Stream al menos una vez cada 0,1 segundos. Los paquetes de transporte pueden aparecer en cualquier orden en este tipo de múltiplex, sólo se debe respetar el orden cronológico de los paquetes de transporte pertenecientes a un mismo flujo elemental., además es necesario incorporar paquetes de transporte que contienen información sobre el servicio, así como paquetes de transporte “nulos” que se emplean para absorber eventuales reservas de capacidad del múltiplex.

La cabecera del Transport packet tiene una longitud de 4 bytes, en la siguiente tabla de definen sus campos.

<b>Campo</b>	<b>Definición</b>	<b>Nº de bits</b>
Sync byte	Byte de sincronización 01000111 (0x47)	8
Transport error indicator	Identifica un error detectado mas atrás	1
Payload unit start indicator	Inicio de PES en el paquete de transporte	1
Transport priority	Indicador de prioridad	1
PID	Identificador del paquete de transporte	13
Transport scrambling control	Tipo de cifrado de transporte	2
Adaptation field control	Control del campo de adaptación en el paquete	2
Continuity counter	Contador de continuidad entre paquetes afines	4

*Tabla 6. Header de paquete TS*

El Packet Identifier (PID) se emplea para distinguir los paquetes de transporte asociados a un determinado flujo elemental pues, un TS puede contener muchos programas diferentes. Para que el decodificador pueda recuperar un programa es necesario incluir información adicional dentro del flujo que relaciona estos PID con los programas a los que pertenecen, esta información se denomina Program Specific Information (PSI) e incluye dentro del flujo cuatro tipos de tablas:

- Program Association Table (PAT)
- Contitional Access Table (CAT)
- Program Map Table (PMT)
- Private

En Information Service (SI) se incluyen además otras cuatro tablas obligatorias y cuatro tablas opcionales:

Obligatorias:

- Network Information Table (NIT)
- Service Description Table (SDT)
- Event Information Table (EIT)
- Time & Date Table (TDT)

Opcionales:

- Bouquet Association Table (BAT)
- Running Status Table (RST)
- Time Offset Table (TOT)
- Stuffing Tables (ST)

### 3.7. MPEG-4

MPEG-4 fue aprobado a fines de 1998 como estándar y fue diseñado mejorar la calidad del video codificado de baja velocidad a través de la estandarización de nuevas técnicas mejoradas de compresión, orientada inicialmente a las videoconferencias e Internet.

MPEG-4 es visto como uno de los desarrollos principales de MPEG-2, incorporando más herramientas para reducir el ancho de banda preciso en la transmisión para ajustar una cierta calidad de imagen a una determinada aplicación o escena de la imagen. Además el ratio de imágenes por segundo no está bloqueado a 25 (PAL)/ 30 (NTSC) ips.

Una de las mejoras que a tenido MPEG-4 es el amplio número de perfiles y niveles de perfiles que cubren una variedad más amplia de aplicaciones desde todo lo relacionado con trasmisiones con poco ancho de banda para dispositivos móviles a aplicaciones con una calidad extremadamente amplia y demandas casi ilimitadas de ancho de banda. La realización de películas de animación es sólo un ejemplo de esto.

### 3.7.1 Codificación de MPEG-4

Los métodos de codificación en MPEG-4 son muy similares a MPEG-1 y MPEG2, como la compresión basada en la DCT (Discreet Cosine Transformation) con frames I, P y B, todos dentro del GOPs. MPEG-4 llega con una serie de mejoras principalmente para el bajo flujo de datos, conllevando a una mejor estimación de movimiento y filtraje de desbloqueo. Su calidad y flujo de datos (20Kbps hasta 1000Kbps) es mayoritariamente mejor que en MPEG-1, ofreciendo así mejores características a bajos flujos de datos típicos de las Web.

MPEG-4 se diferencia a otros codec para Web por soportar contenido entrelazado, resoluciones de hasta 4096x4096 y flujos de datos entre 5Kbps y 10Mbps en su versión1.

### 3.7.2 Perfiles MPEG-4

En la codificación y decodificación de video al formato MPEG existen diversas técnicas o herramientas (especialmente en MPEG-4) disponibles para reducir el consumo de ancho de banda en la transmisión. Sin embargo, debido a la complejidad que tienen estas herramientas podemos decir que no todos los codificadores y decodificadores MPEG soportan todas las herramientas disponibles. Por esto se han definido subconjuntos de estas herramientas para diferentes formatos de imágenes dirigidos a diferentes consumos de ancho de banda en la transmisión.

Existen diferentes subconjuntos definidos para cada una de las versiones de MPEG. Una de ella es un subconjunto de herramientas denominada MPEG Profile. Su función específica es establecer que herramienta debería soportar un decodificador MPEG. Además, para cada perfil existen diferentes niveles. El nivel especifica parámetros como por ejemplo el ratio de bits máximo a usar en la transmisión y las resoluciones soportadas. Al especificar el nivel y el perfil MPEG es posible diseñar un sistema que solo use las herramientas MPEG que son aplicables para un tipo concreto de aplicaciones.

MPEG-4 tiene un amplio número de perfiles diferentes. Entre ellos se encuentra el Simple Profile y el Advanced Profile que son los más utilizados en aplicaciones de

seguridad. Donde Simple Profile soporta I y P - VOPs (frames), mientras que Advances Simple Profile soporta los frames I, B y P – VOPs. Otras de diferencia entre ellos es el soporte a rango de resoluciones y a diferentes consumos de ancho de banda, especificados en un nivel diferente. Mientras que el Simple Profile alcanza resoluciones hasta CIF (352x288 píxeles en PAL) y precisa un ancho de banda de 384 Kbit/segundo (en el nivel L3), Advanced Simple Profile consigue la resolución 4CIF (704x480 píxeles en PAL) a 8000 Kbit/segundo (en el nivel L5).

### 3.7.3 MPEG-4 Short Header y Long Header

Algunos sistemas de transmisión de video especifican soporte para “MPEG-4 short header”, el cual es un trasmisor de video H.263 encapsulado con cabecera de transmisión de video MPEG-4. Este no aprovecha ninguna de las herramientas adicionales especificadas en el estándar MPEG-4. MPEG-4 short header está solo especificado para asegurar compatibilidad con equipos antiguos que emplean la recomendación H.263, diseñada para videoconferencia sobre RDSI y LAN. Es decir, MPEG-4 short header es idéntico a la codificación/decodificación H.263, que da un nivel de calidad menor que MPEG-2 y MPEG-4 a un ratio de bits determinados.

Para clasificar una especificación de un sistema de distribución de video, el soporte a MPEG-4 suele denominarse como “MPEG-4 long header” que en otras palabras es el método en el que se emplean las herramientas de compresión propias de MPEG-4.

### 3.7.4 MPEG-4 Parte 10 (AVC, Control de Video Avanzado)

MPEG-4 AVC, al que también es referido como H.264 es un desarrollo posterior en el que MPEG tiene un conjunto de nuevas de herramientas que incorporan técnicas más avanzadas de compresión para reducir aun más el consumo de ancho de banda en la transmisión con una calidad de imagen determinada. Pese a ser más complejo añade también requerimientos de rendimiento y costes, especialmente para el codificador, al sistema de transmisión de video en red.

### 3.7.5 Ventajas y Desventajas de MPEG-2 y MPEG-4

#### Ventajas:

- Número constante de imágenes por segundo: Si baja la disponibilidad del ancho de banda mantiene el número de imágenes por segundo en decremento de la calidad de las mismas (beneficioso para aplicaciones de monitorización pero no para las aplicaciones de vigilancia/grabación).
- Alto nivel de compresión: bajo requerimiento de ancho de banda en secuencias con más de 5 imágenes por segundo.
- Menores requerimientos para almacenamiento en secuencias con más de 5 ips.
- Ratio de bits constante (CBR).

#### Desventajas:

- Número de imágenes por segundo fijado a 25/30 ips (sólo valido para MPEG-2)
- Compresión compleja: los requerimientos de procesamiento de la descompresión realizada en el PC son bastante altos (pocos canales se pueden mostrar en directo y el análisis de las imágenes off-line es más lento).
- Menor fiabilidad antes la pérdida de paquetes: los frames I, B y P necesitan re-sincronizarse y se pierden datos.

### 3.8. Codificación de Audio

La compresión de audio se lleva a cabo realizando una trasformada de Fourier rápida sobre la señal de audio para trasformarla del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El espectro resultante es dividido en 32 bandas de frecuencia, cada una de las cuales es procesada por separado. La redundancia inherente al hecho de tener dos fuentes de audio solapadas también se explota. La secuencia de audio resultante es ajustable de 32 Kbps a 448 Kbps.

La compresión de audio puede manejar sonido estéreo disjunto (cada canal se comprime por separado) o sonido estéreo unido (como se mencionó con anterioridad, se explota la redundancia entre canales). La compresión de audio está organizada en tres

niveles, cada uno de los cuales aplica optimizaciones adicionales para obtener más compresión, aunque a un mayor costo.

- El nivel 1 es el esquema básico. Este nivel es utilizado, por ejemplo, en el sistema digital de cintas DCC.
- En nivel 2 agrega asignación avanzada de bits al esquema básico. Este nivel es utilizado para sonido en CD-ROM y bandas sonoras de películas.
- El nivel 3 agrega filtros híbridos, cuantificación no uniforme, codificación de Fuman y otras técnicas avanzadas.

### 3.8.1 Codificación de Audio en MPEG-1 y MPEG-2

#### **MPEG-1**

Contempla la codificación de uno (mono) o dos (estéreo/dual) canales de audio digital con frecuencias de muestreo de 32,44.1 ó 48 kHz. La velocidad de transmisión varía entre 32 y 448 Kbps en la Capa I y entre 32 y 384 Kbps en la Capa II, y entre 32 y 320 Kbps en la Capa III.

#### **MPEG-2 BC**

Es una ampliación retrocompatible (BC, Backwards Compatible) de la norma MPEG-1. Admite hasta 5 canales principales más un canal LFE (Low Frequency Enhancement o Refuerzo de Bajas Frecuencias). Aumento de la velocidad de transmisión hasta aproximadamente 1 Mbit/s. Permite el uso de frecuencias de muestreo menores 16, 22.05 y 24 KHz para velocidades de transmisión entre 32 y 256 Kbps (Capa I), y entre 8 y 160 Kbps (Capa II y Capa III).

#### **MPEG-2 AAC**

Es una norma de compresión de muy alta calidad. Admite hasta 48 canales de audio y frecuencias de muestreo desde 8 hasta 96 KHz. Con capacidad multicanal, multi-idioma y multiprograma. Sus velocidades de transmisión van desde 8 Kbps (señal vocal monofónica) hasta más e 160 Kbps/canal para señales de muy alta calidad que permiten ciclos múltiples de codificación-decodificación.

## **CAPITULO IV**

### **SOLUCIÓN GENERAL END TO END PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IPTV.**

Hoy en día, donde la entrega de servicios como voz, datos y video se realiza por un solo medio es necesario tener una gran capacidad para la calidad que se desea en los distintos tipos de servicios. Para lograr este objetivo, los proveedores de servicios deben hacer cambios significativos en sus redes, en su arquitectura y elegir la calidad que desean entregar a sus abonados. Los parámetros que influirán en la calidad son por ejemplo la compresión o la codificación de las señales y los servicios que desean entregar como servicios de próxima generación, VoD, red PVR, etc.

Son necesarias también herramientas para adquirir, procesar, codificar y manejar el contenido eficazmente con el fin de asegurar que las tecnologías análoga, digital e IP puedan ínter operar de forma correcta, posteriormente la experiencia de video necesita ser preservada correctamente en el trafico IP a través de la red, desde el head-end hasta el abonado, logrando esto con equipos de capa 2 y 3 de ultima tecnología fabricados por diferentes empresas y con diferentes cualidades, pero todos con un objetivo común, lograr el máximo de calidad de la experiencia (QoE)

Una experiencia de video excepcional requiere de soluciones avanzadas en el hogar del cliente, para decodificar, compartir y exhibir el contenido. Las redes y los dispositivos hogareños son la entrada, no solamente a contenidos de video, sino también a datos en información y a un mundo de diferentes posibilidades de comercio electrónico y demanda de productos.

Existen diversas arquitecturas para la transmisión de servicios de video sobre diferentes tipos de redes de telecomunicaciones, pero genéricamente cualquier red de distribución basada en IP requiere incorporarlos.

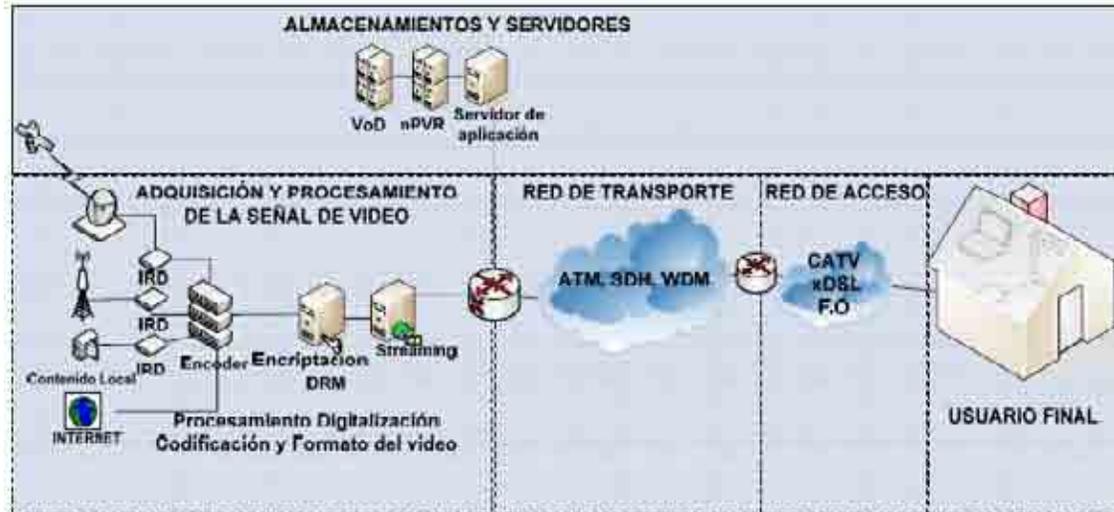


Figura 34. Etapas Red IPTV

Como se puede ver en la figura la arquitectura de IPTV esta dividida en las siguientes etapas:

1. Adquisición y procesamiento de la señales de video
2. Almacenamiento y servidores de video
3. Red de transporte.
4. Red de acceso.
5. Usuario final.

Se requiere una etapa en la que se recopila el contenido para integrar la oferta programática, servidores para almacenamiento de video, la distribución de las señales a través de la red de transporte de alta capacidad y, por último, la red de acceso para entregar el contenido al suscriptor.

Las etapas de adquisición y servidores se localizan en la cabecera del sistema, la cual a su vez está compuesta por distintos módulos para realizar diversas funciones. El contenido se puede recibir a través de Internet, de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión digitales y/o analógicas. Para digitalizar, codificar y comprimir el video analógico, o procesar y convertir el video digital al formato empleado por el codec de video del sistema, 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, comúnmente denominado codec (codificador/decodificador) es un dispositivo o módulo de software que habilita la compresión de video digital, típicamente sin pérdidas. La elección del codec de video es de suma importancia porque determina el complejo balance entre la calidad del video, la cantidad de datos necesaria para representarla (tasa de bits), la complejidad de los algoritmos de codificación y decodificación, la robustez ante las pérdidas de datos y los errores, la facilidad de edición, el acceso aleatorio, el tipo de algoritmo de compresión, el retraso por transmisión y un gran número de factores.

Los servidores realizan diversas funciones, entre ellas el almacenamiento y respaldo de contenido, la administración del video bajo demanda, del video 'streaming' de alta velocidad y licencias DRM (Digital Rights Management). Esta etapa está totalmente basada en plataformas de servidores IP con sistemas operativos tipo Linux y Windows, capaces de entregar múltiples flujos de video de manera simultánea. El video bajo demanda se puede almacenar en servidores de borde locales para ofrecer contenido a una porción específica de la red.

Es importante notar que a diferencia de un sistema de televisión por cable, en los sistemas IPTV no se hace combinación de señales porque el contenido se envía de manera independiente a cada suscriptor, a través de flujos individuales de video. El equipo está totalmente basado en plataformas de servidores con sistemas operativos tipo Linux y Windows y no tiene lugar el sistema de acceso condicional, porque la autenticación se hace a través de los servidores DRM.

La red de acceso es el punto en el que termina la red de transporte de la compañía telefónica 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. Algunos servicios tal vez requieran una computadora personal para realizar la decodificación, pero en general son la minoría.

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.

#### 4.1.0. Adquisición y procesamiento de la señal de video

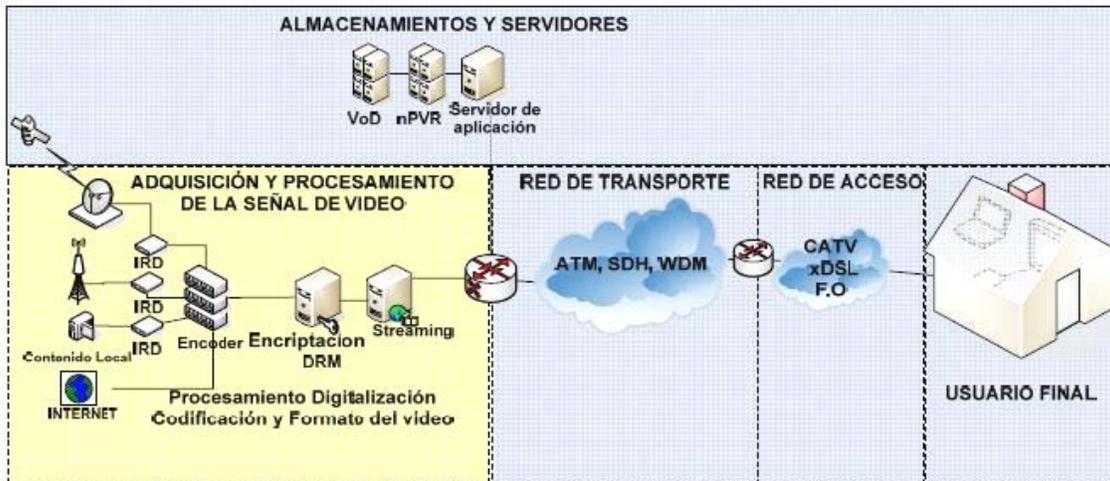


Figura 35. Adquisición y procesamiento de la señal de video

#### 4.1.1.0. Head-end

El Head-end de IPTV es la primera etapa de la red, constituido principalmente por equipos o combinación de equipos capaces de adquirir el contenido de distintas Fuentes, digitalizarlo si es necesario y codificarlo según el formato que se desee.

#### 4.1.1.1. Adquisición de Video

Los proveedores de IPTV adquieren la programación de diversas fuentes, incluyendo satélites (FM, QPSK), aéreo (AM, 8VSB/COFDM), y fibra (E3, DS3, ASI, SDI), con una gran cantidad de formatos (MPEG, A/V análogo, SDI) y protocolos de encriptación. Por esto, la descriptación, conversión y multiplexación de este contenido

requiere de un complejo proceso. El head-end debe ser capaz de trabajar sobre distintos escenarios de los mencionados y dar solución a los requisitos particulares.

Un diagrama de flujo combinando distintos formatos en la adquisición y procesamiento de las señales es el siguiente:

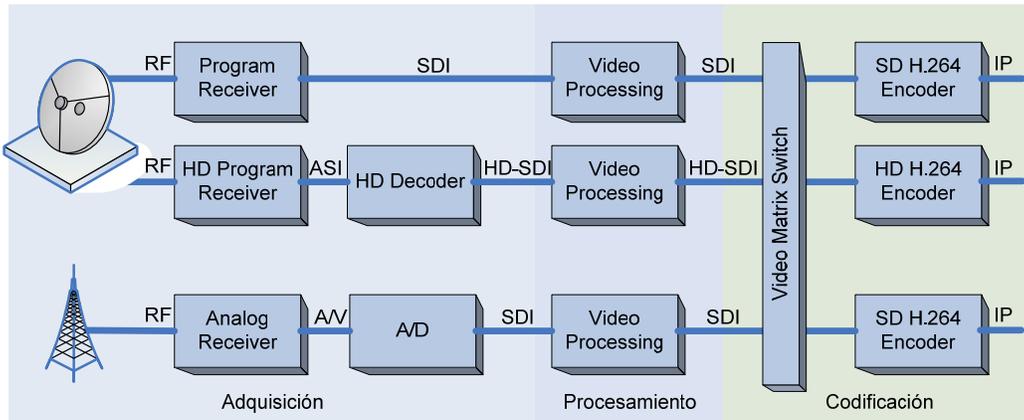


Figura 36. Diagrama de bloques etapa de adquisición

La adquisición de video es una parte muy personalizada del head-end y requiere de un diseño inteligente con muchas capacidades (opciones de redundancia, capacidad de muxing, etc.). La meta es adquirir y convertir el video de una amplia gama de fuentes y dispositivos, incluidos receptores satelitales en banda C, banda Ku y también receptores aéreos con una interfaz digital serial (SDI).

El segmento de adquisición cuenta con las siguientes interfaces:

**Sistema receptor satelital:** Antenas capaces de recibir programación de clientes específicos con la redundancia requerida. Si las antenas se encuentran ubicadas fuera del head-end, el transporte se realiza a través de un stream en banda L sobre Fibra óptica. Las antenas orientables (monitorizadas) o las antenas de alimentación múltiples utilizan un diseño de failover en caso de que un LNB falle o en caso de reemplazo de la antena primaria, las antenas orientables también se utilizan para servicios ocasionales, como acontecimientos en vivo.

**Sistema de recepción aéreo:** Los canales aéreos son recibidos por medio de antenas VHF o UHF, luego el contenido se filtra y transporta por fibra o cable coaxial hasta el head-end de IPTV. Algunos canales aéreos se pueden recibir mediante un circuito terrestre por razones de redundancia o por si la recepción fuera pobre o no estuviera disponible por tener baja calidad u otros factores.

**Receptores basados en satélites e IRDs:** Para una definición SD (Standard definition) el contenido recibido en formato digital es demodulado y decodificado dentro de un solo program stream MPEG a una salida SDI o interfase análoga. Un conversor A/D se utiliza para hacer la transformación de Audio/Video digital a SDI. Para el contenido de alta definición (HD) los receptores demodulan el stream MPG a una interfaz serial asíncrona (ASI) y lo envían a un decodificador HD externo. El decodificador HD cuenta con una interfaz HD-SDI (High\_Definition Serial Digital Interface), el stream HD\_SDI es procesado y encaminado antes de su codificación.

El contenido que se entrega en formato análogo es convertido a SDI digital antes de ser encaminado a un codificador

#### 4.1.1.2 Procesamiento del Video

Mientras se adquieren las señales de video, el head-end debe procesar cada señal para su distribución. En el pasado este proceso era casi directo, pues todo el contenido correspondía a un solo tipo de televisión con un solo formato de video, hoy la situación es más compleja, se debe tener en cuenta:

**Múltiples dispositivos de recepción:** Existen muchos dispositivos para ver la programación como, televisión SD, HDTV de 100 pulgadas, pantallas de bolsillo de 3 pulgadas, etc. Para servir con eficacia a todos estos existen herramientas de transrating con las que se puede entregar el contenido en múltiples resoluciones.

**Inserción de anuncios locales:** Los servicios IPTV cambian en cada proveedor, es decir, en cada zonal se pueden agregar anuncios o personalizar la programación. Por esto la

adición de contenido digital debe ser cuidadosa, procurando que la calidad de la imagen no se vea alterada. -- (ad insertion) método tradicional.

**Funcionalidad de trick-play:** Consiste en desplegar servicios de VoD y nPVR (Network Personal Video Recorder) para ofrecer la funcionalidad de detener, avanzar y rebobinar la programación. Estas capacidades requieren de múltiples velocidades y ancho de banda para la transmisión unicast, que dificulta más aun la entrega del contenido de buena calidad.

**Ajustes de Audio/Video:** Consiste en proveer audio y video correctamente ecualizados en los diferentes canales puesto que algunos de ellos pueden necesitar ciertos ajustes.

**Codificación de video:** El corazón del head-end y lo que hace la real diferencia en la calidad del video es la codificación que se le da al mismo, incluso cuando el despliegue de la adquisición del video, el procesamiento y la administración de las soluciones es optima, la instancia que realmente determina la calidad de la experiencia es la codificación. Mientras los proveedores se esfuerzan por obtener la mejor calidad por cuadro de imagen es necesario también procurar un ancho de banda mínimo. Los últimos avances en codificación apuntan a Advance Video Codecs (AVC), MPEG-4/AVC part 10 (H.264), resolviendo estos requisitos de alta calidad y bajo ancho de banda.

MPEG-4/AVC permite disminuir a la mitad el ancho de banda en comparación con la codificación MPEG. Sin embargo, para logra este mínimo de ancho de banda sin comprometer la calidad de la imagen los algoritmos de codificación deben ser implementados óptimamente, lo que no es una tarea trivial. La codificación de MPEG-4/AVC es un proceso extremadamente complejo, abarcando muchas más variables y un sistema mucho más grande que las técnicas de codificación de MPEG.

#### 4.1.2.0. DRM (Digital Rights Management)

Hasta hace algunos años la comercialización mas importante de contenido digital se hacia a través de medios físicos, sin embargo en el ultimo tiempo esta ha ido cambiando, es por esto que la protección de las copias digitales se ha hecho cada vez mas importante, lo que ofrece muchas ventajas, para el consumidor y las empresas que lo comercializan.

Los DRM están encargados de minimizar la piratería en la transmisión de contenido digital a través de la red, introduciendo un elemento más a la red con este mismo fin.

Los contenidos protegidos se diferencian de los contenidos abiertos en que poseen características propias que limitan su uso. Por lo tanto, a la hora de definir estos contenidos es preciso definir, por un lado, los rasgos del contenido digital (tipo de contenido, calidad, formato, etc.) y, por el otro, las condiciones en que puede ser disfrutado por el usuario.

Estas condiciones deben quedar reflejadas en una licencia. La información que se debe reflejar en la licencia de uso de un contenido protegido es:

- El tipo de uso que el usuario puede realizar con el contenido adquirido. Lógicamente, esta característica está íntimamente relacionada con la naturaleza de contenido: si es audio, vídeo, un documento, etc. (por ejemplo: reproducirlo, imprimirlo, copiarlo, etc., o varias de las operaciones anteriores).
- Limitaciones de uso del contenido: territoriales, temporales, cuantitativas (hacer un uso determinado del contenido un número limitado de veces), en un tipo específico de reproductor, en medios públicos o privados, etc.
- Obligaciones asociadas al uso del contenido (pago de una cantidad, registro en el sistema de DRM, etc.)

#### 4.1.2.1 Descripción básica del funcionamiento de un DRM.

Las implementaciones existentes de DRMs varían bastante en función del tipo de entorno para el que fueron diseñadas pero se pueden definir unas reglas generales de funcionamiento y una serie de elementos constitutivos del sistema que permitan definirlos a todos.

Algunas implementaciones existentes podrán contar con todos o algunos de los elementos que se muestran en esta descripción. A continuación se describe el funcionamiento básico de un DRM genérico completo y sus principales elementos.

##### **1. Empaquetado del contenido.**

El primer paso es el empaquetamiento del contenido. El contenido debe ser encriptado y se debe crear una licencia para su uso, esta licencia deberá contener la clave necesaria para desencriptar posteriormente el contenido, además definirá el derecho que el cliente ha adquirido. La definición del derecho está directamente relacionada con la manera en que los distintos actores del negocio han decidido comercializar el contenido. Lo más razonable es que el sistema disponga de herramientas de gestión que permitan al administrador del negocio o al proveedor de contenidos, introducir los nuevos contenidos y definir las reglas de uso y los precios con los que se va a comercializar el contenido de forma que la generación de las licencias sea automática.

##### **2. Descarga del contenido**

Los contenidos multimedia residen en algún medio de almacenamiento, el cual debe disponer de herramientas que faciliten al usuario la navegación y búsqueda del mismo, por lo general una interfaz Web, sin embargo también existen implementación que ofrecen protocolos distintos a HTTP. Cuando el usuario decide el contenido que quiere adquirir hace la solicitud bajo condiciones especificadas en su licencia. Dependiendo de lo flexible que sea el DRM, el gestor del negocio podrá escoger diferentes modos de tarificación por el

uso de los contenidos. Por otro lado, dependiendo de la manera en que un contenido es descargado se distinguen dos modos de descarga no necesariamente incompatibles entre sí.

**Descarga del contenido en modo stream:** Solo se necesita una pequeña porción de la presentación para empezar la reproducción además, este contenido no se almacenara localmente, solo se usara un buffer temporal. Este modo es el principal en los sistemas de reproducción de video en demanda.

Tiene el principal inconveniente de que precisa que el terminal de red que se emplea para la descarga esté conectado al servidor de contenidos y al equipo de reproducción del usuario (en el caso de que terminal de red y equipo de reproducción sean diferentes) en el momento de la reproducción. Además, si el contenido requiere ancho de banda elevado, se requiere una red capaz de garantizar la calidad del servicio (bit rate sostenido, latencia, etc.) durante el tiempo de reproducción.

Otro inconveniente asociado a este modo de descarga es que se precisa un servidor de streaming especialmente adaptado a un contenido que no está codificado en un formato estándar, sino que está siendo descargado codificado.

Por otro lado, esta modalidad de descarga permite mantener un control mayor sobre el contenido distribuido dificultando su violación.

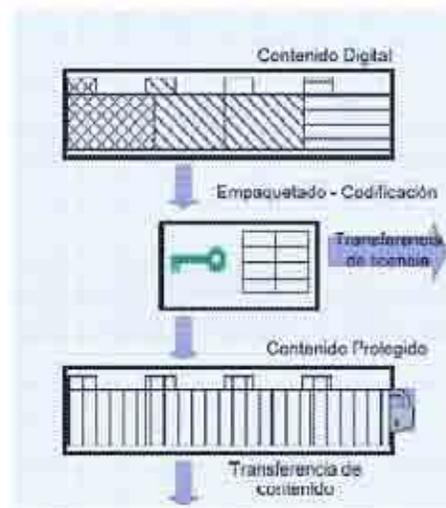
**Descarga local del contenido:** La presentación será almacenada en su totalidad en el cliente, para luego comenzar con la reproducción, la licencia deberá también almacenarse. Al descargarse el contenido localmente, el usuario puede usarlo sin necesidad de encontrarse conectado a la red. Además, puede realizar transferencias del contenido a equipos que no disponen de conexiones a la red.

### 3. Uso del contenido

En el caso de contenidos abiertos solo se necesita un reproductor compatible con el formato de la presentación, pero cuando se trata de un contenido protegido es necesario contar con un gestor de licencias de usuarios que nos permita validar e interpretar la licencia. Por lo general es el reproductor el que se encarga de hacer este trabajo y de esta forma permite hacer uso solamente del contenido al que se tiene autorización. Tanto el reproductor de usuario como el gestor de licencias que lleva incorporado y su disponibilidad para diferentes sistemas operativos son críticos para poder hacer uso del contenido.

#### 4.1.2.2 Descripción de los elementos básicos de un DRM

- a. Servidor de empaquetado: Se encarga de encriptar el contenido.



*Figura 37. Servidor de empaquetado*

- b. Servidor de contenidos (repositorio y streaming): Este es un elemento que forma parte de un sistema general de distribución de contenidos protegidos, el servidor de

streaming es muy importante pues debe tener la capacidad de distribuir el contenido encriptado según la tecnología DRM que se emplee.



Figura 38. Servidor de contenidos

- c. Servidor de licencias: Puede o no estar integrado al servidor de contenidos, se encarga de gestionar las licencias de usuarios.

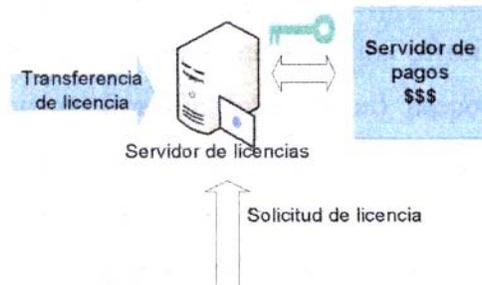
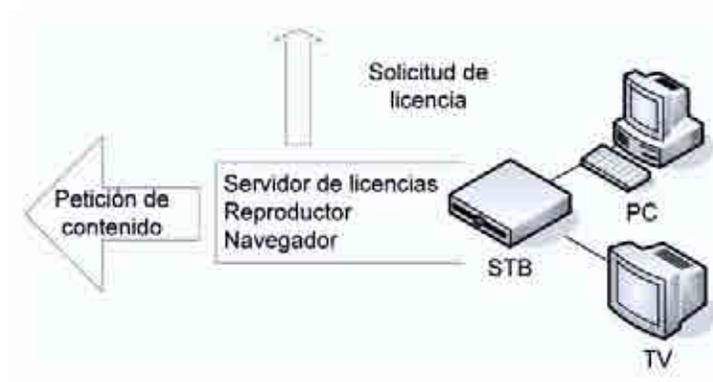


Figura 39. Servidor de licencias

- d. Reproductor (player): Debe ser lo suficientemente flexible como para permitir reglas de negocio muy variadas y de su disponibilidad para diferentes plataformas depende parte de la capacidad del producto para adaptarse al entorno del usuario.



*Figura 40. Reproductor*

#### 4.1.3.0 DVB-SI (Digital Video Broadcasting-Service Information)

Esta normativa está definida en el documento de la ETSI EN 300 468, creado en octubre de 1995. DVB-SI funciona sobre MPEG-2 como complemento a la Información Específica de Programa (PSI). Este servicio proporciona al usuario y al decodificador la facilidad de navegar a través de la cadena de servicios ofrecidos. El proceso comienza cuando MPEG-2 PSI (Program Specific Information) proporciona una clave al IRD (Integrated Receiver Decoder) o Set-Top-Box para que se configure automáticamente. Entonces DVB-SI añade información que permite al IRD del DVB sintonizar determinados servicios o mostrar agendas de programas de interés. Debido a la complejidad que supondrá para los usuarios navegar a través de los nuevos servicios de televisión digital, DVB-SI proporciona los elementos necesarios para desarrollar la Guía Electrónica de Programa (EPG). [11]

Al ser muy grande la cantidad de formatos de datos para la EPG se realizó por la EACEM una especificación con los formatos de datos más convenientes, contenida en

[ETS 300 707], así como un documento guía que facilita la interpretación de la especificación que está contenido en [ETR 288].

DVB-SI está formada fundamentalmente por cuatro tipos de tablas de información de servicio, así como un conjunto de tablas adicionales, que hacen posible su utilización. En diferencia con las tablas de MPEG-PSI que sólo suministran información del Transport Stream (TS) en las que están ubicadas, en cambio las tablas de DVB-SI también pueden suministrar información de servicios y eventos transportados por otros TS e incluso por TSs transmitidas por otras redes. Esto permite la conmutación del IRD entre diferentes TSs de manera indetectable por el usuario.

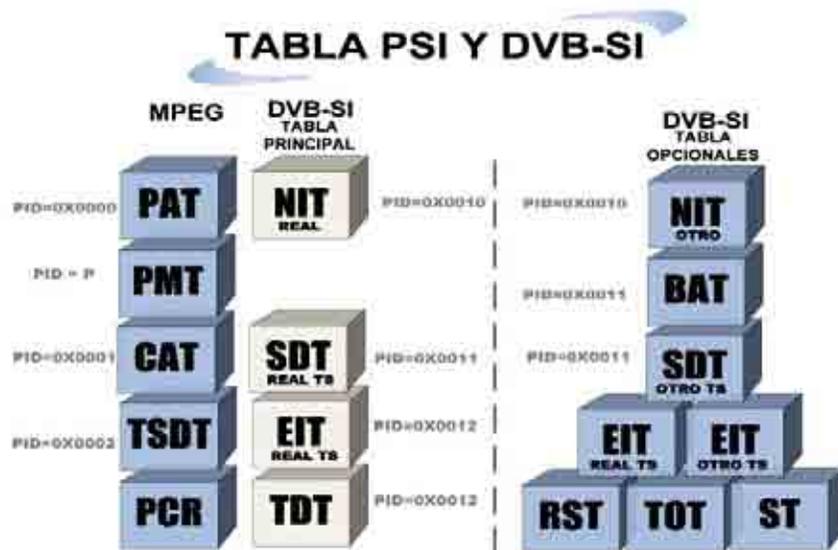


Figura 41. Tablas Principales de DVB-SI

**Network Information Table (NIT):** Esta tabla, si esta presente, constituye por definición el programa nº0 del múltiplex y está considerada de datos privados, es decir, definidos por el proveedor de servicio y no por MPEG. Se transporta por los paquetes identificados con PID=0x0010. Esta tabla proporciona información acerca de la red física usada para transmitir el “transporte Stream”, como por ejemplo: frecuencias del canal, detalles del transponder del satélite, características de modulación, detalles de redes alternativas disponibles, etc.

**Service Description Table (SDT):** Contiene datos que describen los servicios en el sistema, como por ejemplo: nombres de los servicios, nombre del proveedor y otros parámetros asociados a cada servicio de un mismo múltiplex. Se transporta por paquetes identificados con PID=0x0011.

**Event Information Table (EIT):** Se utiliza para transmitir información relativa a los acontecimientos en curso o futuros en el múltiplex MPEG recibido en la actualidad, y eventualmente sobre otros múltiplex MPEG, tal como: denominación, hora de comienzo, duración, etc. Se transporta por los paquetes identificados como PID=0x0012.

**Time & Date Table (TDT):** Esta tabla proporciona información relativa a la hora y fecha del momento, y se utiliza para poner en hora el reloj interno del receptor. La citada información se incluye en una tabla específica debido a las frecuentes actualizaciones de la misma. Se transporta por paquetes identificados mediante PID=0x0014.

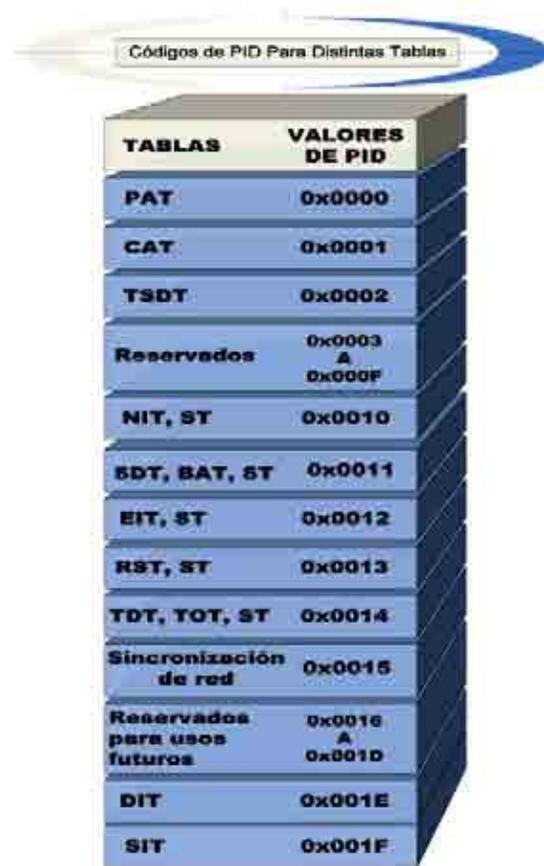
### **Tablas Opcionales de DVB-SI**

**Bouquet Association Table (BAT):** El término “bouquet” se usa para referirse a una “Colección de servicios comercializados como entidad única”. Las tablas BAT proporcionan información relativa a los “bouquets”. Además de informar del nombre del bouquet aportan la lista de los servicios disponibles en cada bouquet. Se transportan por paquetes identificados con PID=0x0011.

**Time Offset Table (TOT):** Proporciona información relativa a la fecha y hora real así como a la diferencia horaria local (“local time offset”). Se actualiza frecuentemente, siendo transmitida por paquetes identificados con PID=0x0014 (como las TDT).

**Stuffing Table (ST):** Estas tablas de “relleno” se emplean para invalidar tablas que ya sirven. Por ello usan paquetes que comparten valores de PID con otros tipos de tablas: 0x0010, 0x0011, 0x0012, 0x0013 y 0x0014. Código de PID especificados por DVB-SI

La figura que se muestra a continuación resume los valores de “Packet Identifier (PID)” que deben emplearse en los paquetes del múltiplex tipo “Transport Stream” que llevan secciones con la Información del Servidor (SI), de acuerdo con las especificaciones para DVB recogidas en el documento ETSI: ETS 300 468.



TABLAS	VALORES DE PID
PAT	0x0000
CAT	0x0001
TSDT	0x0002
Reservados	0x0003 A 0x000F
NIT, ST	0x0010
SDT, BAT, ST	0x0011
EIT, ST	0x0012
RST, ST	0x0013
TDT, TOT, ST	0x0014
Sincronización de red	0x0015
Reservados para usos futuros	0x0016 A 0x001D
DIT	0x001E
SIT	0x001F

*Figura 42. Valores del PID*

Las tablas de tipo “Discontinuity Information Table (DIT)” y “Selection Information Table (SIT)” se emplean solamente en flujos de transporte grabados, y por lo tanto parciales. Dichas tablas transportan la información requerida para describirlos.

#### 4.1.4.0. Guía Electrónica de Programa (EPG)

Esta es una de las múltiples prestaciones que ofrece IPTV, y ella encontramos organizados de manera rápida y sencilla todos los canales que nos ofrece un distribuidor de televisión. La EPG representa la evolución a la era digital del tradicional servicio de programación que nos ofrece el teletexto. Así el usuario puede hacer una elección de lo que desea ver por televisión sin necesidad de recurrir al habitual zapping, recurso que resultaría molesto debido a la gran cantidad de canales que presenta la IPTV.

En un EPG, además, podemos realizar una búsqueda exhaustiva seleccionando diferentes temáticas como: deportes, series, películas, informativos, e incluso cuando se trata de un largometraje nos muestra una sinopsis del mismo así como una detalla información sobre el título, director, personaje, año de producción, etc. Además, podemos utilizar la EPG para que el PVR nos grabe cualquier película perteneciente a un actor en concreto, director, género, etc.

**Transmisión:** La transmisión de la EPG se basa en el estándar de televisión digital DVB. Viene encapsulado dentro del Transporte Stream, donde además de los paquetes correspondientes a las emisiones de los diferentes canales de televisión, encontramos paquetes de datos correspondientes a servicios reinformación de las diferentes emisiones. Estos datos se encuentran estructurados en tablas, y en concreto los datos correspondientes a la EPG se encuentran en la Service Info Table (DVB-SI). Estos paquetes de datos llegan al Set-Top-Box donde son decodificados y procesados para extraer la información.

**Presentación en Pantalla:** La presentación en pantalla viene dada mediante un menú donde se estructura las diferentes opciones que se nos ofrece. Así, el usuario mediante su mando a distancia puede navegar y acceder a los diferentes servicios. Depende del operador que nos proporcione la EPG, el formato, colores, así como la organización pueden variar, pero siempre se busca la forma más fácil de presentarla para que su manejo resulte sencillo y eficaz. A continuación se mostrara un ejemplo de diversas presentaciones en pantalla de EPG.



Figura 43. Menú de Navegación



Figura 44. Guía Electrónica de programa (EPG)



Figura 45. Barra de Información sobre el Canal



Figura 46. Selección de los Canales Favoritos.

#### 4.2.0. Etapa de Almacenamiento y Servidores de Video.

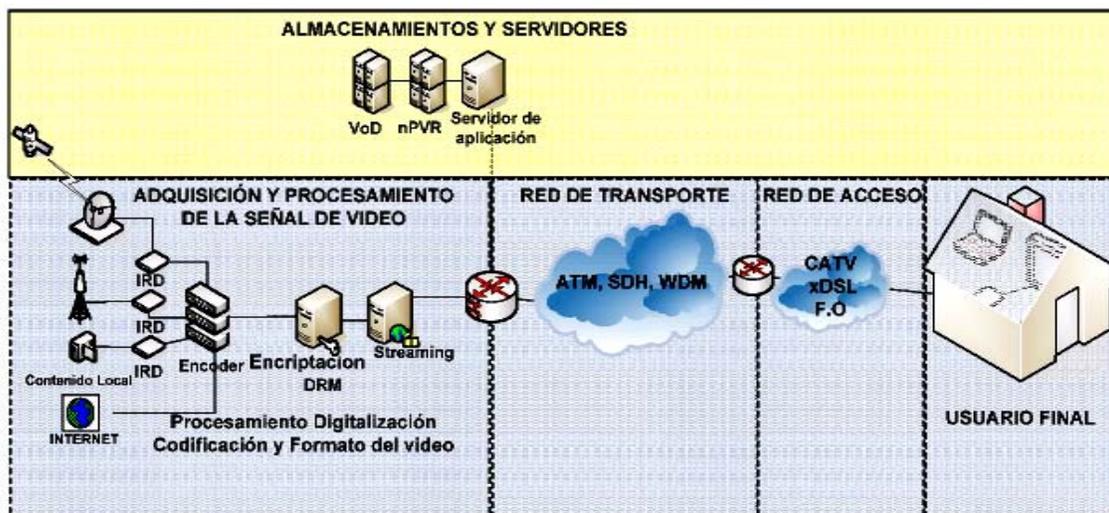


Figura 47. Almacenamiento y servidores

##### 4.2.1.0. Video Bajo Demanda (VoD)

Es también definido como televisión a la carta, este es un sistema de televisión que permite a usuarios el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada. El usuario puede elegir en cualquier momento el programa que desea ver, sin depender de un horario fijo de programación, del mismo modo puede detener el programa y reanudar a voluntad. El

usuario puede disponer de una oferta de programa para visualizar o realizar un pago por ciertos programas como en los sistemas de pago por visión.

El primer sistema de video bajo demanda comercial fue puesto en marcha en Hong Kong, durante 1990. La tecnología no estaba madura en este tiempo fracasando al poco tiempo. En la actualidad los servicios que ofrece VoD están disponibles en EE.UU., Europa y Parte de América Latina. Donde los proveedores son las grandes empresas de cable y ADSL que transmiten películas y programas de televisión.

#### 4.2.1.1 Arquitectura de VoD

La arquitectura básica del video bajo demanda consta en primer lugar de un cliente, el cual tendrá en su hogar un Set-Top-Box. Este aparato se conectará, por una parte, al router de acceso y, por otra, a la televisión. A través de su conexión ethernet, recibe la señal en formato IP y la decodifica en señal de televisión.

Por el lado opuesto nos encontramos con el proveedor de servicio que consta con un servidor de video. Este equipo se encarga de dos funciones básicas: el almacenamiento de los contenidos y el streaming a los clientes.

El almacenamiento de contenido consiste básicamente en un gran contenedor de vídeo que debe ser lo más robusto posible a fallos, pero siempre con el compromiso de la eficiencia. Este servidor de video llega a grabar varios terabytes e incluso decenas en algunos casos. Implementar sistemas de protección demasiado exigentes nos llevaría a presupuestos desorbitados lo que no es rentable para el proveedor. Por esta razón un RAID 4 ó RAID 5 suelen ser lo más habitual, ya que se pueden perder discos sin afectar a la integridad de los contenidos.

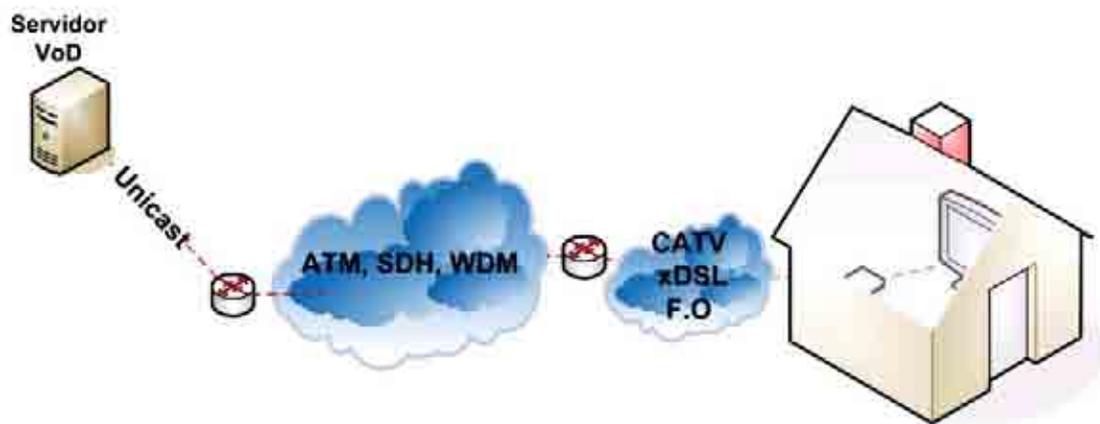
Una característica muy importante para el almacenamiento es la velocidad de acceso, puesto que definirá la necesidad de duplicar contenidos para que peticiones masivas a un mismo contenido no sature el sistema. Hay que tener en cuenta que en video bajo demanda un cliente es un stream, un flujo de datos, y que se dedica a él un ancho de banda exclusivo ya que se transmite por Unicast.

El Streaming es la más importante frente al cliente. Es donde el servidor recibe la petición del cliente mediante protocolos de comunicación estándar, (RTSP, RFC) y se

encarga de localizar el contenido, reservar los recursos necesarios y, una vez superados estos pasos se envía el contenido en paquetes MPEG en formato UDP Unicast. [16]

La función del protocolo RTSP en VoD es de controlar la comunicación entre el cliente y el servidor. Sus funciones principales son las de abrir y cerrar las sesión, pero también cumple la función de pausar el stream, retroceder y avanzar a alta velocidad.

En resumen la estructura básica para el Video Bajo Demanda es el Set Top Box y el servidor de video. Junto a ellas se integran otros sistemas que interconectan y complementan a los mismos como: equipos de red (routers, switches, DSLAM en caso de xDSL), herramientas de gestión y facturación, sistemas de distribución de contenidos, y de cara al usuario el servidor de aplicaciones.



*Figura 48. Red básica VoD*

#### 4.2.2. Grabador de Video Personal o Personal Video Recorder (PVR).

Este es el término genérico utilizado para describir un dispositivo interactivo de grabación en formato digital. Se podría considerar como un Set-Top-Box más sofisticado y con capacidad de grabación. Un PVR se compone, por una parte, del hardware, que consiste principalmente en un disco duro de gran capacidad, un procesador y los buses de comunicación, y por otra parte, se encuentra el software que proporciona diversas funcionalidades para el tratamiento de las secuencias de video recibidas, acceso a guías de programación y búsqueda avanzada de contenidos.

El PVR nace gracias al nuevo formato digital de la televisión, este hecho permite almacenar la información y manipularla posteriormente con un procesador. De modo que se podría calificar al PVR como un ordenador especializado en el tratamiento de imágenes digitales. Así el PVR se ha diferenciado de su predecesor analógico el VCR (Video Cassette Recording) en el cual tan solo se podían almacenar de forma pasiva, con la posibilidad de rebobinar hacia delante o hacia atrás, y por supuesto pausarlas.

Alguna de las funciones de PVR son las que se muestran a continuación:

- **Grabación auxiliar:** Es cuando el PVR detecta de forma automática la ausencia de disco o la falta de espacio y graban el programa directo en el disco duro desde el inicio hasta el final.
- **Grabación retroactiva:** Gracias al buffer de almacenamiento de datos con un PVR puedes grabar de forma continua los programas de televisión emitidos, de manera que si, al llegar a casa el cliente observa que se está emitiendo una gran película, pueda rebobinar hasta el principio de esta y verla hasta el final, omitiendo, si lo desea, los anuncios publicitarios, o bien grabar el inicio de la película y seguir viendo desde el punto actual, recuperando posteriormente el fragmento grabado.
- **Lista de Preferencias:** En un PVR se puede anotar un acto o el título de una película en la que estés interesado, aun cuando no esté en la guía de la televisión y si emite en algún canal en cualquier momento el PVR lo grabará de forma automática.
- **Archivar en Carpeta:** En un PVR los programas grabados pueden ser clasificados en función del nombre o de la fecha de grabación. Asimismo se pueden organizar en la misma carpeta todos los episodios de una serie, y a su vez formar otros grupos que incluyan estas carpetas, como puede ser el grupo series. Hay que resaltar que también se pueden almacenar imágenes y videos personales desde una cámara de fotos o una videocámara.

### 4.2.3 nPVR (Network Personal Recorder)

nPVR es un nuevo servicio que entregan los operadores de IPTV la función que cumple es muy parecida a PVR. Permitiendo a los suscriptores tener la facilidad de poder grabar sus películas o programas, adelantarlas y/o pausarlas a su voluntad. La diferencia a PVR es que no se guarda en un disco duro el cual se encuentra en el hogar del suscriptor si no que la película es grabada en un servidor administrado por el operador de servicio.

### 4.3.0. Red de Transporte (ATM, SDH y WDM)

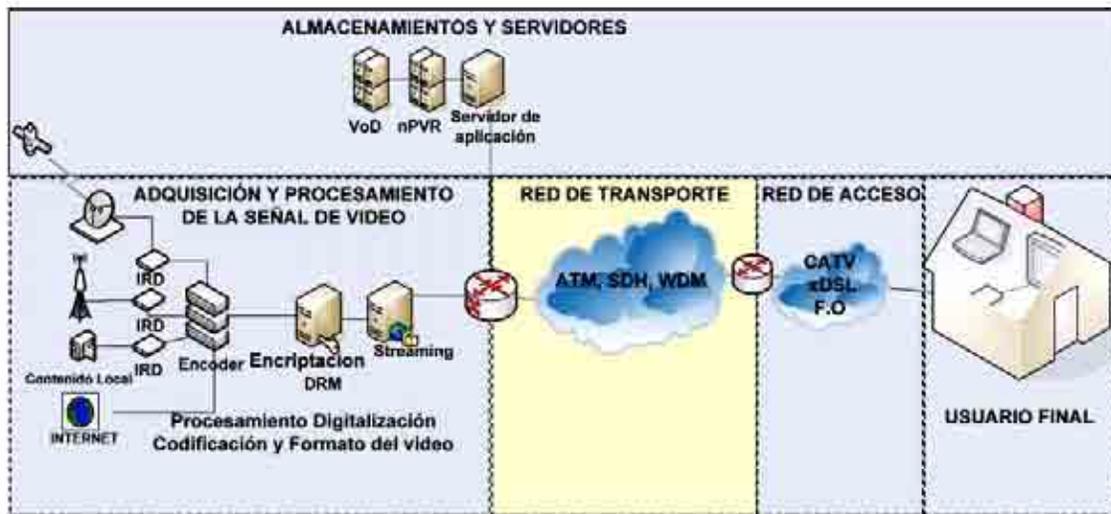


Figura 49. Red de Transporte

Con el creciente requerimiento de ancho de banda, especialmente para aplicaciones como la que se presenta en este trabajo, donde el tráfico por las redes es especialmente grande y delicado, en cuanto a pérdida de paquetes u otros fenómenos, se ha hecho evidente la necesidad de enlaces de alta capacidad además de equipos de conmutación y encaminamiento con mayor capacidad de procesamiento. Para lograr esto, últimamente se trabaja en el desarrollo de distintas tecnologías como, técnicas de transmisión óptica, mecanismos para garantizar calidad de servicio, equipamiento y técnicas de distribución de contenidos, entre otros.

En esta sección se comentaran las tecnologías de transporte más relevantes que sirven como apoyo a las redes IP como, ATM, SDH, WDM, etc.

### 4.3.1. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode)

Es un protocolo creado para dar soporte a redes servicios donde se pueden integrar tráfico de distintas aplicaciones de una manera muy flexible, sus principales características están que permite al operador de la red establecer distintos controles de tráfico y mecanismos que permiten garantizar la calidad de servicio en términos de pérdidas, retardo y variación del retardo. También permite la creación de redes privadas virtuales como subredes lógicas y ofrece una alta capacidad de gestión, sin embargo también tiene algunos inconvenientes, por el hecho de que los paquetes IP deben ser fraccionados para acomodarlos en las celdas ATM, este efecto se conoce como cell-tax. A nivel de proceso ocurre algo similar, en los routers enlazados por ATM se debe esperar a que lleguen todas las celdas correspondientes a un paquete, reconstruirlo y luego tomar las decisiones de encaminamiento, lo que obviamente se traduce en retardos. A pesar de estos factores negativos, aun se mantiene el uso de ATM debido a la necesidad de cierta calidad de servicio en algunas aplicaciones, principalmente las de tiempo real.

#### 4.3.1.1 Modos de Transferencia

Para comprender de mejor manera el Modo de Transferencia Asíncrona es conveniente repasar la definición y descripción de los modos de transferencia.

El modo de transferencia abarca aspectos de transmisión, multiplexación y conmutación aunque se caracterizan básicamente por la técnica de conmutación usada. Así podemos diferenciar los siguientes tipos de modos de transferencia:

- Conmutación de circuitos o Síncrono
- De paquetes
- Asíncrono

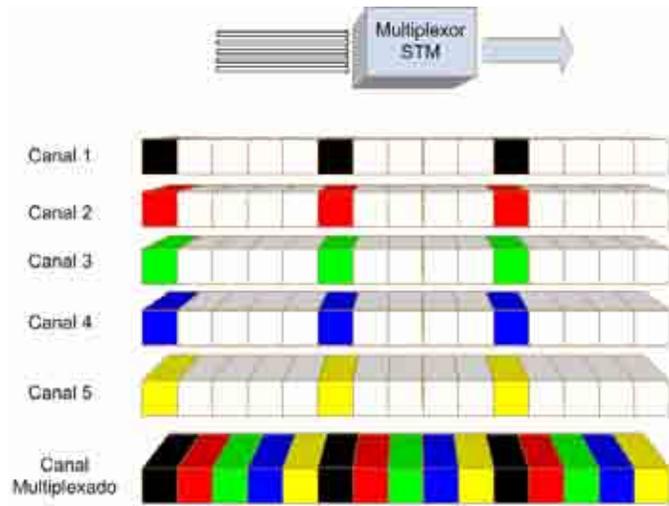


contenidos en el campo de carga útil en las unidades de datos que transmite hacia delante, agregando un nuevo encabezamiento o manteniendo la anterior en ciertos casos. Pueden ser orientadas o no orientadas a la conexión y se basan en la compartición flexible del ancho de banda disponible. Se pueden citar como protocolos:

- X.25 (capas 1, 2 y 3): de bajo throughput y para velocidades de acceso bajas o medianas sobre medio de calidad normal (9.6 a 64 Kbit/s, máximo 2 Mbit/s), con recuperación de errores y control de flujo en capa 2, soporta señalización, multiplexación y enrutamiento en capa 3, orientado a conexión y direccionamiento X.121 de longitud variable, con paquetes de longitud variable (4096 bytes máximo) y retardo alto. Aplicación típica: transmisión clásica de datos.
- Frame Relay (capas 1 y 2): también denominado Frame Switching, mejora del anterior dada la mayor calidad de medios de transmisión e inteligencia de equipos terminales, de throughput medio y velocidades de acceso mayores (56 Kbit/s a 2 Mbit/s y mayores), sin recuperación de errores ni control de flujo, multiplexación de canales lógicos, orientado a conexión y direccionamiento de longitud fija (DLCI de 10 bits), con paquetes de longitud variable (4096 bytes máximo) y retardo bajo. Aplicación típica: interconexión de LAN.
- SMDS (Switched Multi-megabit Data Service, en América) / CBDS (Connectionless Broadband Data Service, en Europa): para velocidades de acceso de 1.5 a 34-45 Mbit/s (previsto 155 Mbit/s), con corrección de errores a nivel de enlace (basado en DQDB, aunque existe definición de nivel 2 realizado por ATM y otros protocolos), no orientado a conexión, longitud de paquete variable (máximo 9188 bytes), direccionamiento E.164 de 64 bits estructurados. Aplicación típica: WAN, interconexión de LAN.
- IP (Internet Protocol): alma de INTERNET en capa 3-4 (aprox.), es no orientado a conexión con tamaño de paquete variable (máx. 64 Kbytes), velocidad típica 64-128 Kbit/s y direccionamiento estructurado de 32 bits.

#### 4.3.1.1.3 Modo de transferencia asíncrona (ATM)

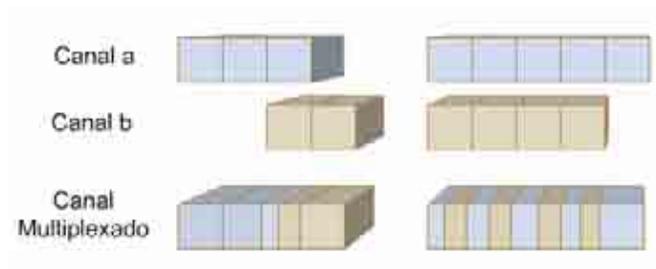
Para una mejor comprensión de ATM es conveniente ver como funciona STM (Modo de Transferencia Síncrona). STM es una tecnología que permite multiplexar varios canales de información asignando a cada uno de ellos un intervalo de tiempo concreto en una trama, por ejemplo una trama STM de 10 canales multiplexada sería de la siguiente forma:



*Figura 51. Transferencia canales STM*

Una de las limitantes, y como se ve en la figura, es que la velocidad de cada canal debe ser la misma, por lo que cada canal tiene su espacio reservado en la trama y produce al fin de cuentas un bajo rendimiento de la red, pues si un canal no transmite, su espacio en la trama será desperdiciado.

ATM en cambio permite aprovechar completamente la asignación de canales pues se ajusta dinámicamente a los cambios y las necesidades en el tráfico.



*Figura 52. Transferencia canales ATM*

#### 4.3.1.2 Multiplexación en ATM

Una conexión ATM está compuesta por “celdas”, provenientes de distintas fuentes, cada una de estas celdas esta compuesta por 53 bytes de los cuales 48 (en ocasiones 44) son para la data y los restantes para uso de campos de control (cabecera). Las celdas están identificadas por un VCI (Virtual Circuit Identifier) y un VPI (Virtual Path Identifier), estos caminos virtuales sirven para simplificar el control de la red agrupando en una sola unidad a conexiones que comparten el mismo camino, esta información ayuda al enrutamiento individual a través de los conmutadores.

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, lo que aumenta significativamente el rendimiento de la red.

En la figura se puede ver información de distintos medios asignada a diferentes circuitos virtuales, Los slots de celda no usados son llenados con celdas "idle", identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda.

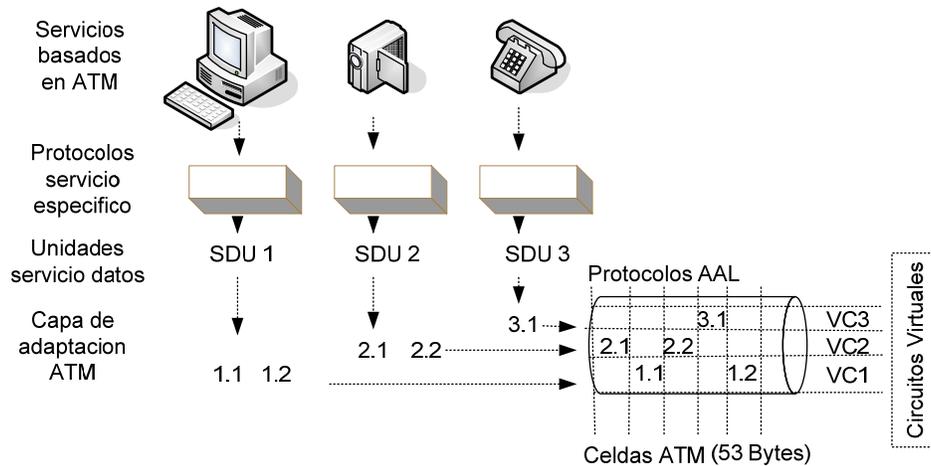


Figura 53. Transmisión ATM

#### 4.3.1.3 Protocolo ATM

Consiste de tres niveles o capas básicas:

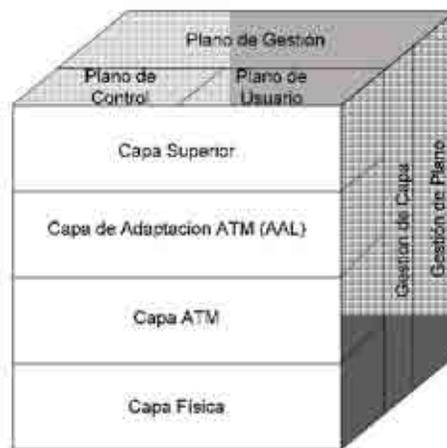


Figura 54. Niveles protocolo ATM

Capa física: especifica el medio de transmisión, el esquema de codificación de la señal y las velocidades de transmisión (155,52 Mbps y 622,08 Mbps), aunque es posible usar velocidades superiores e inferiores.

Capa ATM: común a todos los servicios de conmutación de paquetes

Capa de adaptación (AAL): esta capa depende de los servicios. AAL agrupa la información de capas superiores en celdas ATM, además extrae a información de las celdas y la transmite a capas superiores. Hace posible la adaptación por ejemplo de redes basadas en tramas y celdas, segmentándolas y agrupándolas respectivamente, para su transmisión. Se definen cuatro clases de servicios para cumplir con el amplio rango de requisitos

	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
Sincronización origen-destino	Requerido		No Requerido	
Tasa de bits	Constante	Variable		
Modo de conexión	Orientado a conexión			Sin conexión
Protocolo AAL	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3,4,5	Tipo 3,4

*Tabla 7. Clases de servicios*

#### 4.3.1.4 Protocolos AAL.

- **ATM Adaptation Layer 1 (AAL1):** AAL Tipo 1 soporta CBR, síncrono, orientado a conexión.
- **ATM Adaptation Layer 2 (AAL2):** AAL Tipo 2 soporta rt-VBR, de circuito orientado a la conexión de tráfico síncrono.
- **ATM Adaptation Layer 3 y 4 (AAL3 y AAL4):** Soportan al VBR, tráfico de datos, circuitos orientados a la conexión, tráfico asíncrono (por ejemplo X.25 de datos) o a los paquetes de datos no orientados a la conexión (ej: tráfico SMDS) con una cabecera (header) adicional de 4 bytes en el payload de la celda. Por ejemplo Frame Relay y X.25.
- **ATM Adaptation Layer 5 (AAL5):** Este AAL ha sido diseñado para utilizarse bajo TCP/IP y está normalizado en la RFC 1577. AAL Tipo 5 es similar a AAL 3/4 con un programa de simplificación de cabecera (header) de información. Este AAL asume que los datos son secuenciales desde el usuario final y usa el bit Payload Type Indicator (PTI) para indicar la última celda en transmitirse. Ejemplos de este

servicio son el clásico IP sobre ATM, Ethernet sobre ATM, SMDS, y emulación LAN (LANE).

En la figura mostrada anteriormente se ve que el protocolo hace referencia a tres planos, los cuales son:

- Plano de usuario: permite la transferencia de información de usuario, haciendo uso de los controles de flujo y errores.
- Plano de control: realiza el control de las llamadas y las funciones de control de conexión.
- Plano de gestión: realiza la gestión del sistema proporcionando coordinación entre los planos y gestión de capas.

#### 4.3.1.5 Formato de la celda ATM.

Como ya se menciono son estructuras de datos de 53 bytes, compuestas por los campos Header de 5 bytes y Payload de 48 bytes. El Header tienen tres funciones principales: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores, número de secuencia, etc. El payload tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como datos del usuario.

El uso de celdas pequeñas y de tamaño fijo se debe principalmente a que de esta forma se reduce el retardo de cola para otras celdas de alta prioridad, además permiten que la conmutación sea mas rápida y que la implementación física de los sistemas de conmutación seas mas sencilla.

El estándar define además el protocolo orientado a conexión que las transmite y dos tipos de formato de celda:

- NNI (*Network to Network Interface* o interfaz red a red) El cual se refiere a la conexión de Switches ATM en redes privadas

- UNI (*User to Network Interface* o interfaz usuario a red) este se refiere a la conexión de un Switch ATM de una empresa pública o privada con un terminal ATM de un usuario normal, siendo este último el más utilizado.

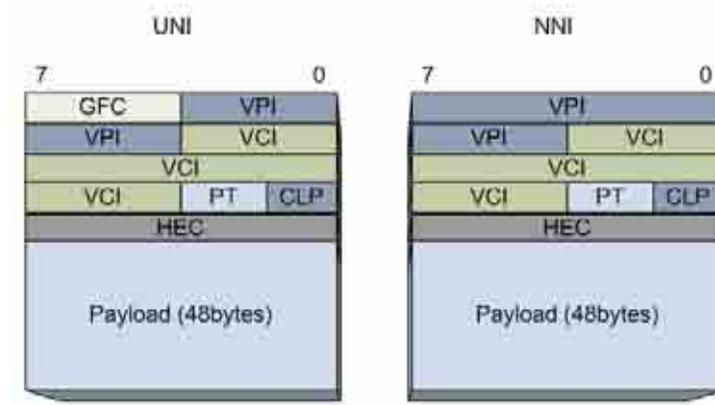


Figura 55. Formatos de celdas ATM

**Definición por campo:**

GFC, El campo de control de flujo genérico se utiliza por ejemplo, para ayudar en el control del tráfico para distintas QoS.

VPI, Es un campo de encaminamiento.

VCI, Se usa para encaminar hacia y desde el usuario final.

TP, el tipo de carga útil indica el tipo de información que contiene la celda.

CLP, puede tomar valores de 0, si la celda tiene una prioridad superior, y 1 si la celda tiene una prioridad inferior.

HEC, el control de errores de la cabecera corresponde a un CRC que ayuda a detectar errores y corregir algunos de ellos.

### 4.3.2.0 SDH/SONET

Los principales sistemas de comunicaciones analógicos estaban basados en multiplexaciones por división de frecuencia (FDM), los que con la llegada de los sistemas digitales fueron reemplazados por multiplexación por división de tiempo (TDM) y modulación por codificación de pulsos (PCM), este proceso trajo grandes avances en las telecomunicaciones, sin embargo no se llevaba a cabo en forma sincrónica, pero si se usaba una técnica de llamada surfing, que la hacia parecer sincrónica, es así como nace la jerarquía digital plesiosíncrona (PDH). La idea de PDH es hacer una serie de multiplexaciones proveniente de distintas fuentes para formar una señal con un mayor bit rate. Las velocidades estandarizadas en distintos países son las siguientes:

Europa Mb/s	USA Mb/s	Japón Mb/s
2	1.5	6
8	6	32
34	45	97
140		

*Tabla 8. Velocidades estandarizadas en Europa, USA y Japón.*

A continuación se muestra una tabla con las características típicas de cada jerarquía.

Jerarquía	Fuentes	2 Mb/s	8 Mb/s	34 Mb/s	140 Mb/s
Estado	0	1	2	3	4
Canales de 64kb/s	1	30	120	480	1920
Código	Binario	HDB3	HDB3	HDB3	CMI
Bit rate (Kb/s)	64	2048	8448	34368	139264

*Tabla 9. Jerarquías*

Para cada nivel de jerarquía son insertados bits adicionales, para la generación de la rama y/o insertar información adicional en la misma. Con los años la necesidad de interconectar las distintas jerarquías hizo ver la necesidad de crear un nuevo sistema, pues hasta el momento resultaba muy costosa la implementación de demultiplexores y multiplexores para conectar las redes, así como nace SDH (jerarquía digital síncrona).

Este estándar se definió en Europa por la ITU-T como SDH (Synchronous Digital Hierarchy), especificando una velocidad de 155Mbps, mientras que en EEUU fue definido por la ANSI como SONET (Synchronous Optical Network) con velocidades desde 51,8 Mbps.

Ambos protocolos fueron concebidos para permitir la multiplexación de flujos telefónicos de 64kb/s para posteriormente transmitirlos por F.O.

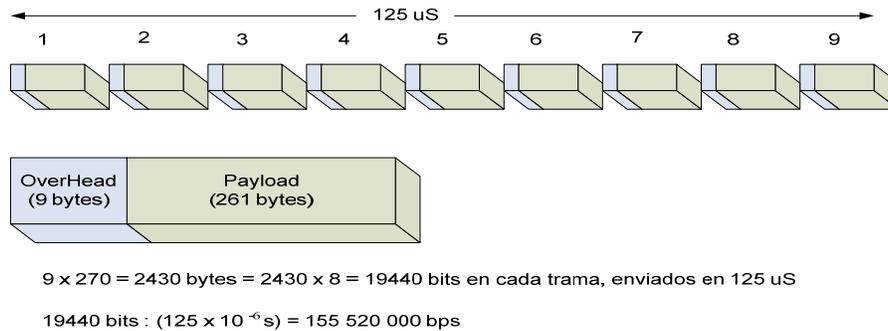
SDH trajo consigo ventajas como:

- Facilidad para insertar o extraer canales, esto se debe a que los canales están identificados perfectamente, por lo que se puede conocer la identificación individual de estos en cualquier momento.
- Capacidad de ser monitoreado y gestionado desde un punto centralizado de la red. Incluye mecanismos de protección y recuperación ante posibles fallos en el sistema.
- Los sistemas SDH actuales pueden lograr velocidades de 10Gbits/s (STM-64).

Características principales de SDH:

- Velocidad básica de 155Mb/s (STM-1)
- Estructura modular, A diferencia de PDH las velocidades multiplexadas son múltiplos enteros de la velocidad básica.
- Técnica de multiplexado a través de punteros, de esta forma se puede acceder a cualquier canal de 2Mb/s.
- Posee gran Cantidad de canales de overhead, utilizados para supervisión, gestión y control de la red.

Como se mencionó, la velocidad básica es llamada STM-1, conformada por 2430 bytes en serie. La estructura de STM-1 esta formada por una sección llamada Over head (SOH), puntero (PTR) y el Payload. La arquitectura de la trama se puede apreciar en la figura:



*Figura 56. Trama SDH*

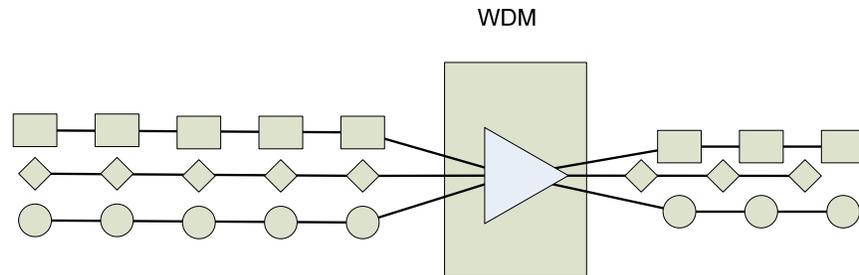
El inconveniente de SONET/SDH es su costo, a pesar de ser mucho mas barato de implementar que PDH y aunque últimamente se han realizado transmisiones de STM-256 (40Gb/s) es inminente la aparición de tecnologías de transmisión óptica como WDM, en donde es posible transmitir diferentes longitudes de onda a través del mismo medio físico.

#### 4.3.3.0. WDM (Wavelength Division Multiplexing)

La multiplexación por división de longitud de onda es una de las técnicas más estudiadas últimamente, consiste en multiplexar, sobre un mismo medio (fibra óptica mono-modo), varias longitudes de ondas pertenecientes a información de distintas fuentes, velocidades y formatos. Este mecanismo permite aumentar considerablemente la capacidad de la fibra.

Existen varias formas para lograr este objetivo, principalmente, para aumentar el numero de canales que se puedan transportar se incrementa el numero de longitudes de onda, hoy son valores típicos 16 a 256 longitudes de onda distintas en una misma fibra. También es posible aumentar la velocidad de transmisión que soporta cada longitud de

onda, esto gracias a fibra óptica de mayor calidad, actualmente se trabaja con valores de 2,5Gb/s (STM-16) y es común también 10 Gb/s (STM-64).



*Figura 57. Multiplexación por división de longitud de onda*

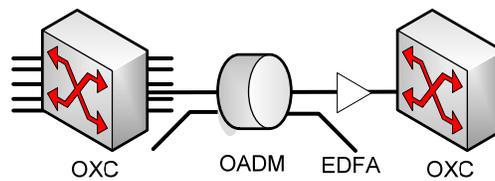
Es fácil darse cuenta de las ventajas que trae consigo el uso de esta tecnología, el aumento de la velocidad y la capacidad de transporte trae consigo ahorro en los costos. Además la capacidad de gestión facilita el escalamiento de la red, pues es posible activar nuevas longitudes de onda de la misma fibra cuando la demanda lo estime necesario. Para lograr estos objetivos es necesario contar con fibra de gran pureza y calidad, además de componente ópticos de gran performance como láseres y leds.

En distancias cortas, la atenuación de la fibra y la dispersión no presenta un gran problema, pero a distancias mayores, como las que se requieren en los enlaces de comunicaciones en redes de transporte realmente lo es y se requiere el uso de amplificadores/repetidores que regeneren la señal cada cierta distancia. Por ejemplo en los cable trasatlánticos se colocan repetidores cada 75 Km. que convierten la señal óptica degradada en eléctrica, la amplifican y la vuelven a convertir en óptica mediante un diodo láser, para inyectarla de nuevo en la fibra óptica, todo este proceso introduce retardos debido a los dispositivos electrónicos por los que ha de pasar la señal.

Esto sin embargo, estaría siendo corregido por la reciente aparición de amplificadores ópticos, que consisten en amplificar una señal óptica en una longitud de onda de 1,55  $\mu\text{m}$  haciéndola pasar por una fibra de 3 metros de longitud dopada con iones de erbio e inyectando en ella una luz de láser a 650  $\text{nm}$ . Los iones de erbio, que reciben la energía

del láser, se excitan cediendo su energía mediante un proceso de emisión estimulada, lo que proporciona la amplificación de la señal, consiguiéndose de esta manera hasta 125 dB de ganancia. También se presentan avances en conmutadores ópticos (OXC) y multiplexores de inserción/extracción, capaces de insertar o extraer la información de una longitud de onda dada, que contribuyen a lo mismo, convertir las redes del dominio eléctrico al óptico.

Gracias a este tipo de estudios e invenciones es que ya se comienza a hablar de redes totalmente ópticas, que reducirían la latencia en redes y los cuello de botella causados por la conversión opto-eléctrica.



*Figura 58. Conmutación*

#### 4.4.0. Redes de Acceso (CATV, F.O y xDSL).

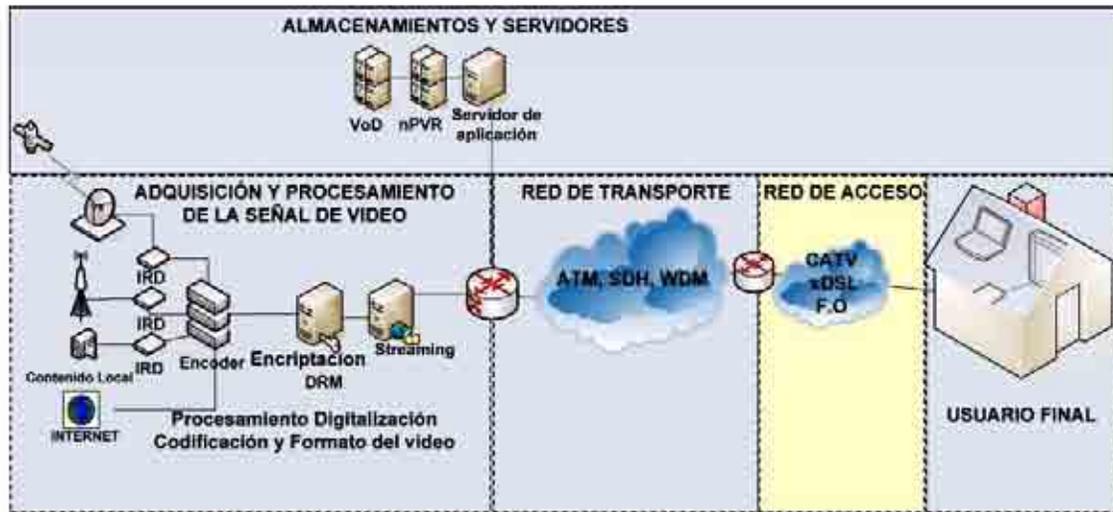


Figura 59. Redes de Acceso

##### 4.4.1.0 Red de Acceso CATV.

Las redes CATV nacieron por la necesidad de llegar con señales, que por medio de las ondas terrestres, no permitían una calidad aceptable de radio y televisión a las comunidades más alejadas con problemas de recepción (sin antenas en línea de vista, por ejemplo), de hecho CATV son las siglas de Community Antenna Television.

Este “Acercamiento” a las comunidades consistió en hacer redes de cable coaxial por los que se enviaban las señales desde la antena receptora a los usuarios. Este sistema de redes puramente coaxiales funcionó por mucho tiempo, hasta que las necesidades y demandas de los usuarios fueron creciendo. Fueron apareciendo más canales, dedicados exclusivamente a un tipo de programación, deportes, películas, etc. además de la necesidad de establecer una comunicación bidireccional.

El cable coaxial tiene limitaciones intrínsecas en cuanto a su ancho de banda requerido por la gran cantidad de abonados, es por esto que se introdujo la tecnología óptica.

#### 4.4.1.1 Redes de cable coaxial.

Las redes de cable coaxial deben contar con ciertas características, que las hacen poco eficientes, por ejemplo, es necesaria una zona de espectro radioeléctrico dedicada, además el empleo exclusivo de coaxial limita el ancho de banda a 1GHz.

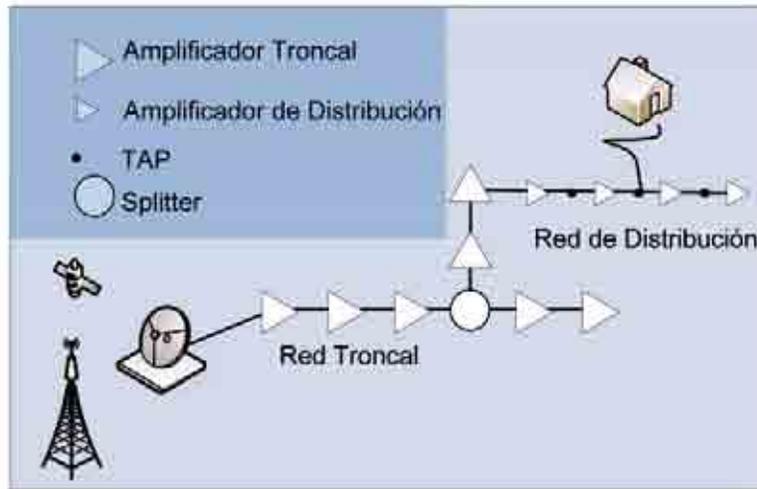
Los canales deben llegar a los usuarios con modulación AM-VSB, lo que implica una relación señal a ruido, difícil de mantener en el transporte. Las limitaciones principales están dadas por:

- Señales exteriores que ingresan al cable.
- Reflexiones de línea por desadaptaciones de impedancia del cable.
- Intermodulaciones y modulaciones cruzadas producidas por la no linealidad de los amplificadores.
- Ruido térmico.

Estas limitaciones determinan el máximo desempeño de la red, el ancho de banda y la máxima distancia (numero de repetidores).

En la red troncal, por ejemplo, los amplificadores deberán ir cada 700 m. aprox. en la red de distribución se deben compensar las energía derivaba a los usuarios y las pérdidas del cable (pues se usa un cable de menor diámetro) por lo que los amplificadores deben tener una gran ganancia, aunque se deben insertar cada 1 o 2 Km. en la acometida se usan taps para distribuir la señal a cada abonado, es en esta etapa donde se introducen la mayor parte de perturbaciones, debido a los blindajes de mala calidad en los sintonizadores o equipos receptores.

En la figura siguiente se muestra un esquema de una red de cable coaxial convencional.



*Figura 60. Red coaxial convencional*

#### 4.4.1.2. Redes HFC (Híbrid Fiber Coaxial).

La introducción de la fibra óptica hizo posible el transporte de señales bidireccionales y el aumento de ancho de banda, por lo que las redes CATV pasaron de ser un sistema de distribución a un sistema completo de telecomunicaciones y, gracias al empleo de laceres con características suficientemente lineales se redujeron las distorsiones en las señales AM-VSB, y la notable disminución de la atenuación, pudiendo alcanzar distancias sin amplificadores del orden de los 100 Km, además los dominios de interferencias quedan reducidos solo a la porción con cable coaxial y no a la red completa.

Con los sistemas híbridos se hizo posible también la comunicación del usuario al head-end, gracias a la multiplexación por división de frecuencia.

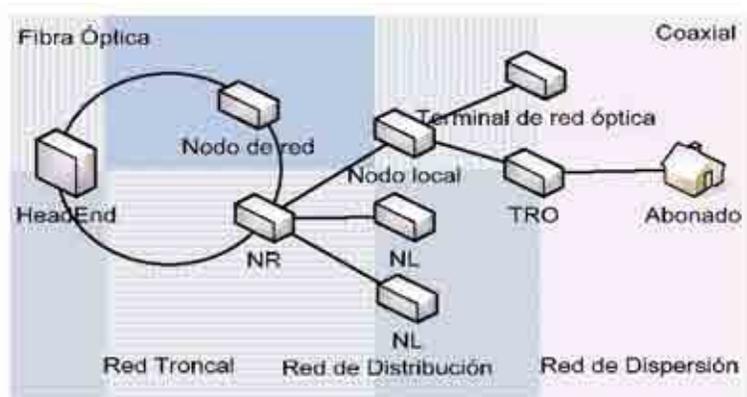
Una red HFC puede soportar las siguientes aplicaciones.

- Difusión de video analógico. Con canales de 6 y 8 MHz, utiliza modulación clásica AM-VSB.
- Difusión de video digital. Utiliza generalmente técnicas de compresión como MPEG-2 y eficientes técnicas de modulación (64, 128 o 256 QAM).
- Video bajo demanda.

- Televisión avanzada. HDTV, requiere de ancho de banda superior (10 Mbps).
- Telefonía. 600 Kbps de información bidireccional no comprimida.
- Redes de computadores.
- Etc.

#### 4.4.1.3. Arquitectura de la red HFC.

La arquitectura general de una red HFC se muestra en la figura en forma de bloques, existen variaciones en cada etapa, las que influyen directamente en los servicios que son capaces de proporcionar y la calidad de estos. A continuación se describen las etapas y su función.



*Figura 61. Red HFC*

#### 4.4.1.4. Head-end de red CATV.

El head-end de CATV se encarga de recibir las señales provenientes de distintas fuentes y formatos, satelital, terrestre, analógica, digital, etc.

Para la distribución de la programación en forma analógica, el head-end se debe encargar de tomar las señales de las distintas fuentes y ubicar los canales dentro del espectro del cable, modulada en AM-VSB de frecuencia fija, uno por canal de coaxial. La señales recibidas desde satélites vienen moduladas en FM, ocupando cada una un ancho de

banda de 27 MHz y es el LNB (Low Noise Block) quien se encarga de hacer este traslado a una banda de frecuencias más baja, además debido a la polarización ortogonal usada, es posible que una antena alimente a dos LNB con distinta polarización; desde aquí la señal viaja hasta el receptor satelital y se produce la salida de audio y video en banda base. Como sistema redundante se utilizan antenas motorizadas, que pueden ser orientadas en caso de falla de alguna de las principales.

Para la recepción de emisiones terrestres se usan antenas altamente direccionales y sintonizadas a cada canal en línea vista con los emisores. Como sistema de respaldo se utilizan antenas de banda ancha sintonizables, para sustituir la antena que presente fallas.

Otras fuentes pueden ser mediante SDH o recepción desde estudio local (en banda base o SDI), emisiones satelitales digitales, sistemas de fibra, coaxial o HFC.

Para la distribución de televisión digital, la técnica más común es hacer un puente para las transmisiones digitales satelitales moduladas en QPSK, codificadas en MPEG y multiplexadas, hacer un cambio de la modulación, de QPSK a 64-QAM y ubicar cada TS (Transport Stream) dentro de la banda correspondiente al cable. Hasta aquí el sistema solo funciona en una dirección, para lograr la bidireccionalidad en la red HFC se utiliza división de frecuencia en la banda de 5 a 50 MHz en sentido ascendente, desde los usuarios o CM (Cable-Modem) hasta las terminaciones opto-eléctricas. Para proporcionar el servicio telefónico se usa TDM (Modulación por división de tiempo) modulando 30 canales telefónicos de 2 Mbps en sentido ascendente y descendente, usando a banda de 5 a 50 MHz en sentido ascendente y de 550 a 860 MHz en sentido descendente. Los abonados deben contar con terminales para adaptar los teléfonos comunes a la red coaxial EMTA (Embedded Multimedia Terminal Adapters) o CNT (Cable Networks Termination). Por el lado del la cabecera un CMTS (cable Modem Termination System) es el encargado de enviar y recibir los flujos de datos, codificar, modular y gestionar el acceso al medio.

#### 4.4.1.5. Red Troncal.

Comúnmente las redes troncales son de tecnología óptica y están divididas en dos niveles. El head-end se conecta con el nodo primario en donde se amplifican y distribuyen las señales hasta las terminaciones de red óptica (TRO/ONT), donde se realiza la conversión opto-eléctrica.

Estos sistemas ópticos pueden trabajar en la segunda o tercera ventana óptica. Los sistemas que trabajan en tercera ventana tienen la ventaja de poder alcanzar una mayor distancia, pues la atenuación es menor a estas longitudes de onda, en la segunda ventana no existen amplificadores, es necesario entonces efectuar una doble conversión para amplificar en forma eléctrica y seguir transportando en forma óptica.

Para comunidades pequeñas, del orden de decenas de miles de abonados, la inserción se realiza en forma eléctrica, compartiendo los dominios de colisión, por lo que se ve afectado el ancho de banda total. En el caso de comunidades de miles o decenas de miles de abonados la solución es utilizar CMTS (Cable Modem Termination System) en cada nodo primario, accediendo a ellos a través de SDH por ejemplo.

La tendencia actual es utilizar CMTS en el head-end, utilizando DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) en sentido descendente y de apilamiento de frecuencias FSS (Frequency Stacking System) en sentido descendente.

#### 4.4.1.6. Red de distribución.

La red HFC de distribución esta basada en el uso de cable coaxial, los principales componentes son:

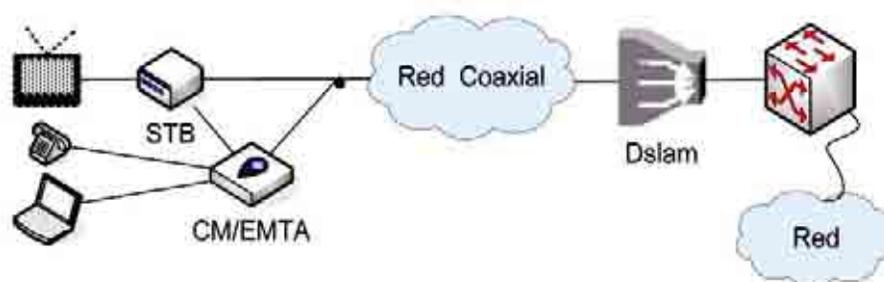
Amplificadores de línea, en sentido descendente se utilizan configuraciones de amplificación en paralelo (power doubling) o feed forward. En sentido ascendente en cambio se utiliza configuraciones más sencillas en push-pull. Los amplificadores de línea se alimentan del TRO.

Otros elementos son taps, usados para derivar parte de la energía que circula por el coaxial hasta las acometidas, divisores de potencia, etc.

#### 4.4.1.7. Equipos de abonado.

##### **Descripción de los equipos pasarelas.**

En esta sección se explica la función y algunas características de los equipos terminales que intervienen para agregar los equipos del usuario, la tecnología de acceso (HFC) y la red IPTV.



*Figura 62. Equipos de red HFC*

##### **CM (Cable Modem)**

El cable modem es el equipo necesario para conectar, modular y demodular las señales que se envían hacia y desde el medio de cable coaxial. Como comparación se puede decir que un modem (red conmutada) permite establecer una comunicación de 50 Kbps en una topología punto a punto, un modem ADSL permite velocidades de 10Mbps (Ethernet) y 100 Mbps (Fast Ethernet) usando PPPoE (Protocolo punto a punto sobre Ethernet) y permite conexiones limitadas a 1 Km. EL CM (Cable Modem) permite conexiones entre 3 y 50 Mbps y se puede alcanzar una distancia de hasta 100 Km.

De estas cifras se puede ver que un modem ADSL a pesar de ofrecer grandes velocidades sobre la red, el alcance de este está limitado y aun usando amplificadores y reconstructores de la señal, no puede superar a la distancia que es capaz de cubrir un modem de cable.

El CM establece una conexión entre los dispositivos dentro del hogar hasta el Head-end usando como punto intermedio un CMTS. El espacio usado dentro del cable coaxial para establecer la comunicación ocupa 6 MHz para la bajada de información y 2 MHz para el envío de esta, esto siguiendo la lógica de ADSL (DSL asimétrico) que los datos bajados de la red superan por mucho a la información enviada.

Los datos subidos o Upstream ocupan un canal comprendido entre los 5 y 65 MHz y los datos de bajada o downstream desde los 850 MHz hacia arriba, como se puede ver en la figura.

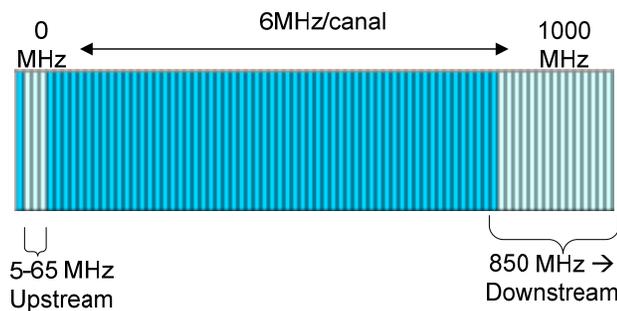


Figura 63. Frecuencias asignadas para Upstream y Downstream

Los CM pueden ser internos o externos pero su arquitectura interna sigue siendo la misma, Sintonizador, modulador, demodulador, MAC y las interfaces de conexión hacia los dispositivos.

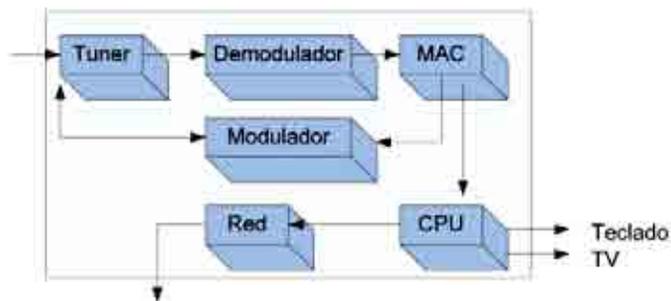


Figura 64. Esquema interno CM

### **Sintonizador (Tunner).**

Se encarga de recibir la señal modulada y enviarla al demodulador, es normal que vaya acompañado de un splitter para separar la señal de televisión de los datos, también puede contar con un diplexor que permite, al sintonizar, usar un conjunto de frecuencias para el downstream (42-850 MHz) y otro para el upstream (5-42 MHz). Este sintonizador debe ser de suficiente calidad para recibir la señal modulada en QAM

### **Demodulador.**

Esta etapa debe tener la capacidad de llevar a cabo cuatro funciones:

- Transformar la señal de analógica a digital
- Demodular la señal QAM 64/356
- Sincronizar las tramas MPEG
- Corregir errores (Red Solomon)

### **Modulador.**

El modulador lleva a cabo las siguientes funciones:

- Hace la conversión de la señal digital a una señal de RF para su transmisión
- Genera información para el chequeo de errores
- Modula la señal en QAM

### **MAC (Control de acceso al medio).**

Todos los dispositivos de red cuentan con un control de acceso al medio, en este caso se reparte las tareas (por ser muy complejas) con la CPU, dentro de estas tareas esta encargarse de protocolos para:

- Compensar las pérdidas del cable
- Asignar las frecuencias a los CM
- asignar los Time Slots para el upstream

## **EMTA (Embedded Multimedia Terminal Adapter).**

El terminal adaptador multimedia es nada más que un modem con funciones ampliadas, se encarga fundamentalmente de implementar las funciones para realizar llamadas telefónicas (VoIP) sobre la red coaxial. Por el lado del cliente actúa con el CPE (Equipo local del cliente) y por el lado de la red con los elementos que hacen el control de la llamada.

Dentro de estas funciones están la codificación, señalización y encapsulamiento necesarias para poder convertir la voz en un paquete del tipo IP, por lo tanto debe poseer como mínimo conexiones hacia el lado cliente (1 puerto de voz, línea POTS) y un puerto de datos (RJ-45 ó USB). A continuación se muestra una tabla con las codificaciones, el bit rate, tamaño de tramas, etc.

	<b>G.711</b>	<b>G.728</b>	<b>G.729<sup>a</sup></b>	<b>G.723</b>	<b>G.726</b>
<b>Tipo</b>	<b>PCM</b>	<b>LD-CELP</b>	<b>CS-ACELP</b>	<b>ACELP</b>	<b>ADPCM</b>
<b>Bit rate Voz (Kbps)</b>	64	16	8	5.3	32
<b>Tamaño de tramas Voz (bytes)</b>	80	20	10	30	40
<b>Paquetes por segundo</b>	100	100	100	22	100
<b>Bit rate de paquetes (Kbps)</b>	96	48	40	12.3	64

*Tabla 10. Codificaciones*

## **CMTS (Cable Modem Termination System).**

EL Sistema de Terminación de Cablemodems es el equipo encargado de recibir y enviar las señales desde y hacia los Cable modem y los Multimedia Terminal Adapter, tanto para los datos como para las llamadas de VoIP a alta velocidad, generalmente se encuentra ubicado en el head-end o en la terminación de la red coaxial. Dependiendo del CMTS, el número de CM que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000 o incluso más, la cabecera por su parte puede contener 12 o mas CMTS.

La mayoría de CMTS tienen tantas conexiones Ethernet (u otras interfaces de alta velocidad más tradicionales) como interfaces RF. De esta forma, el tráfico que llega de

Internet puede ser enrutado (o puentado) mediante la interfaz ethernet, a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la compañía de cable.

Los CMTS normalmente solo manejan tráfico IP. El tráfico destinado al CM enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que normalmente se modulan en señales QAM. El tráfico de subida (upstream) se transporta en tramas ethernet, típicamente en señales QPSK. El CM de un abonado no puede comunicarse directamente con otros módems en la misma línea. Un CMTS proporciona casi las mismas funciones que el DSLAM en sistemas DSL.

#### 4.4.2.0. Red de Acceso por Fibra Óptica (F.O).

Como se ha podido ver anteriormente en el uso de IPTV incluye una gran cantidad de servicios como VoD, nPVR, iTV, etc. Todos estos servicios requieren una gran demanda de ancho de banda para que sean posibles entregar al abonado una buena calidad de servicio. Por lo tanto uno de los medios de transmisión utilizados por los operadores de servicio de IPTV es la fibra óptica por su gran capacidad de ancho de banda.

##### 4.4.2.1. Conceptos básicos de F.O.

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, es conveniente resaltar ciertos aspectos básicos de óptica.

La luz se mueve a la velocidad de 300.000 km/s aproximadamente en el vacío, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor. Así, cuando la luz pasa de propagarse por un cierto medio a propagarse por otro determinado medio, su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión (la luz rebota en el cambio de medio) y de refracción (además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación). Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se le asigna un Índice de Refracción "n", un número deducido de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en dicho medio. Los efectos de

reflexión y refracción que se dan en la frontera entre dos medios dependen de sus índices de refracción. La ley que se utiliza es la Ley de Snell

$$n \cdot \text{sen}(\alpha) = n' \cdot \text{sen}(\alpha')$$

Es decir, que dados dos medios con índices  $n$  y  $n'$ , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite (que se determina con la anterior ecuación) el haz siempre se reflejará en la superficie de separación entre ambos medios. De esta forma se puede guiar la luz de forma controlada tal y como se puede apreciar en la figura siguiente.

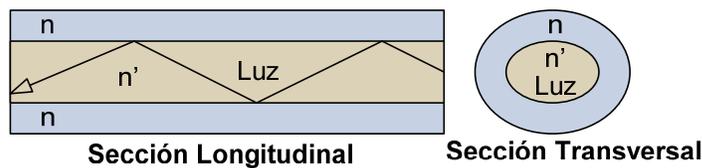


Figura 65. Representación secciones de F.O.

Como se ve en el dibujo, tenemos un material envolvente con índice  $n$  y un material interior con índice  $n'$ . De forma que se consigue guiar la luz por el cable. La Fibra Óptica consiste por tanto, en un cable de un tipo de material mucho más ligeros, y más finos que los de cobre, de modo que pueden ir muchos más cables en el espacio donde antes solo iba un cable de cobre.

#### 4.4.2.2. Concepto de Fibra Óptica.

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas) sin interrupción. Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).



*Figura 66. Fibra óptica real.*

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total, la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor, las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

#### 4.4.2.3. Funcionamiento de la Fibra Óptica.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generado por el transmisor led y láser. Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

#### 4.4.2.4. Transmisión en Fibra Óptica.

Los bloques principales de un enlace de comunicaciones de fibra óptica son: transmisor, guía de fibra y receptor.



*Figura 67. Fibra óptica real.*

El transmisor consiste de una interfase analógica o digital, un convertor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra.

La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico. El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un foto-detector, un convertor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interfase analógica o digital. En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal análoga o digital. Acoplando impedancias y limitando la amplitud de la señal o en pulsos digitales. El convertor de voltaje a corriente sirve como interfase eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz.

La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz led o un diodo de inyección láser (ILD), la cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el convertor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz. La conexión de fuente a fibra es una interfase mecánica cuya función es acoplar la fuente de luz al cable.

La fibra óptica consiste de un núcleo de fibra de vidrio o plástico, una cubierta y una capa protectora. El dispositivo de acoplamiento del detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico.

El detector de luz generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un conversor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

#### 4.4.2.5. Tipos de fibra óptica.

Básicamente, existen dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo. La fibra óptica multimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN o sistemas de video vigilancia, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.

##### 4.4.2.5.1 Fibra óptica multimodo.

Este tipo de fibra fue el primero en fabricarse y comercializarse. Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada. El mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos de estas fibras son 50/125 y 62,5/125 mm.

Existen dos tipos de fibra óptica multimodo: de salto de índice o de índice gradual. En el primer caso, existe una discontinuidad de índices de refracción entre el núcleo ( $n_1 = \text{cte}$ ) y la cubierta o revestimiento de la fibra ( $n_2 = \text{cte}$ ). Por el contrario, en el segundo caso la variación del índice es gradual. Esto permite que en las fibras multimodo de índice gradual los rayos de luz viajen a distinta velocidad, de tal modo que aquellos que recorran mayor distancia se propaguen más rápido, reduciéndose la dispersión temporal a la salida de la fibra.

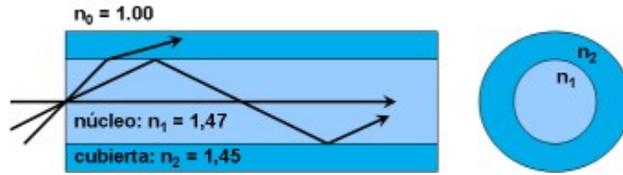


Figura 68. Fibra óptica multimodo de salto de índice

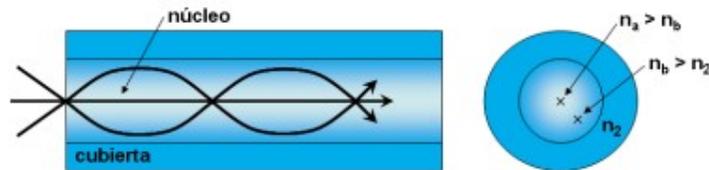


Figura 69. Fibra óptica multimodo de índice gradual

#### 4.4.2.5.2 Fibra óptica monomodo.

Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor, lo que permite que se transmita un único modo y se evite la dispersión multimodal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos para estas fibras son de 9/125 mm. Al igual que las fibras multimodo, las primeras fibras monomodo eran de salto de índice, si bien en la actualidad existen diseños bastante más complejos del perfil de índice de refracción que permiten configurar múltiples propiedades de la fibra. Las fibras monomodo también se caracterizan por una menor atenuación que las fibras multimodo, aunque como desventaja resulta más complicado el acoplamiento de la luz y las tolerancias de los conectores y empalmes son más estrictas. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit, las cuales vienen limitadas principalmente por la dispersión cromática y los efectos no lineales.

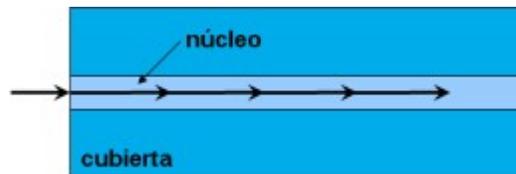


Figura 70. Fibra óptica monomodo

#### 4.4.2.6. TECNOLOGIAS FTTX (Fiber to the X).

FTTX es una expresión genérica para asignar arquitecturas de redes de transmisión de alto desempeño, basada en tecnologías ópticas. Dentro de la familia de tecnología FTTX se agrupan una serie de técnicas de acceso basadas en el empleo de fibra óptica hasta las proximidades del abonado. Los miembros de esta familia se diferencian fundamentalmente en el grado de proximidad alcanzado como:

- FTTH (Fiber to the Home): Esta tecnología es cuando el despliegue de la fibra llega hasta la casa del abonado.
- FTTC (Fiber to the Curb): Esta tecnología es cuando el despliegue de la fibra llega hasta la cuadra del abonado.
- FTTB (Fiber to the Building): Esta tecnología es cuando el despliegue de la fibra llega hasta el edificio del abonado.

Las tecnologías FTTX se basan, en definitiva, en instalaciones de cable de fibra óptica directa hasta los hogares o edificios (escuela, empresa, oficina, etc.). Estas infraestructuras de acceso de alta capacidad, permiten ofrecer a los usuarios servicios de banda ancha tales como video bajo demanda o acceso de alta velocidad a Internet.

Las tecnologías líderes de acceso residencial en la actualidad son HFC (Híbrido Fibra Coaxial) y xDSL. Si embargo con el abaratamiento de la fibra óptica y la gran demanda de ancho de banda se está masificando la utilización de fibra óptica para llegar al usuario residencial. [20]

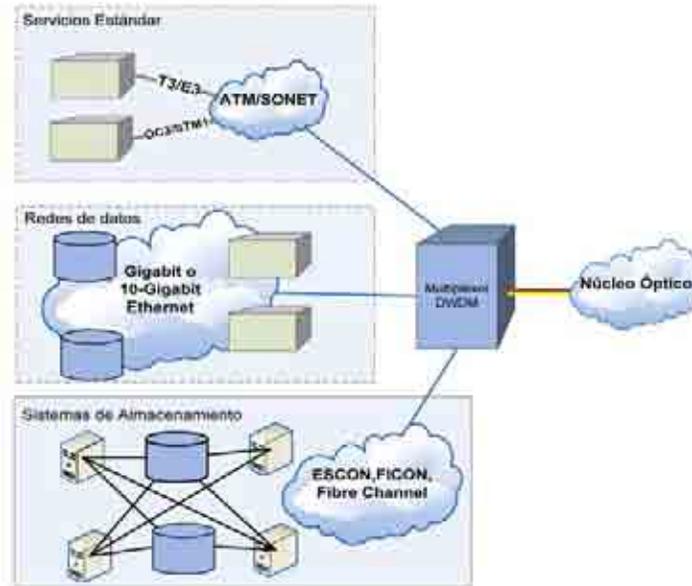
En la historia de las telecomunicaciones los operadores de servicio han utilizado sistemas de distribución híbridos de fibra y coaxial (HFC). En este tipo de redes, la fibra óptica queda confinada al núcleo de la red (BackBone), recurriéndose al empleo de cable coaxial PARA llegar hasta los usuarios finales. La capacidad de este medio de transmisión es varios órdenes de magnitud inferior a la de la fibra óptica, por lo que se produce un efecto de “cuello de botella”. Para aliviar el problema, los operadores han comenzado a reemplazar porciones de cable coaxial por fibra óptica.

El empleo de fibra óptica en redes troncales, redes de área extensa (WAN), redes de áreas metropolitana (MAN) e incluso en redes de áreas (LAN), está cada vez más extendido. Con la implementación de estas redes directas pretenden eliminar los cuellos de botella existentes en la primera milla/última milla de las redes de acceso actuales, basadas en pares de cobre o cable coaxial. Para ello, se recurre a la sustitución total o parcial del bucle local por fibra, de manera que se disponga de un medio de transmisión de alta capacidad hasta el usuario final.

#### 4.4.2.7. Arquitectura de FTTX.

Las tecnologías FTTX proponen la utilización de fibra óptica empleando una multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Las arquitecturas más habituales para el despliegue de redes FTTX en la interconexión entre el abonado y el nodo de distribución son las configuraciones punto-punto y las redes ópticas pasivas (PON, Passive Optical Network) que reparten la información entre varios usuarios.

**Configuraciones punto a punto:** Para el transportar fibra directa hasta las empresas, existe un amplio abanico de soluciones disponibles. Como se ha indicado, hoy en día cada vez es más frecuente el empleo de conexiones directas sobre fibra, vía sistemas DWDM, para el despliegue de redes ópticas privadas. En la figura siguiente se puede ver que estas redes pueden transportar cualquier protocolo y a distintas velocidades.



*Figura 71. Topologías de fibra directa en empresas.*

Así existen soluciones basadas en SONET/SDH, ATM, Gigabit Ethernet, ESCON (Enterprise System Connection) o FICON (Fiber Connectivity). Esto permite ofrecer al usuario la solución que mejor se adapte a sus necesidades.

La solución de SONET/SDH se tacha de anticuada por ser una tecnología TDM optimizada para tráfico de voz. Sin embargo se trata de una solución muy extendida para el transporte de datos a alta velocidad, ampliamente utilizada en Internet y redes de datos de grandes empresas. Los canales ESCON proporcionan enlaces bidireccionales de 17 Mbit/s en distancias de 3 Km sobre fibra óptica. Los canales FICON proporcionan enlaces bidireccionales de 100 Mbit/s en distancias de más de 20 Km sobre fibra óptica y sin repetidores. En escenarios de fibra hasta la Oficina (FTTO), cabe optar por diversas soluciones, como la conexión de módem de fibra a múltiples puertos o la concentración de múltiples enlaces de fibra a puertas E3 o T3. Un ejemplo típico de aplicaciones son los servicios transparentes en la última milla, en los que se instala un rack de módems gestionables por SNMP en la oficina central.

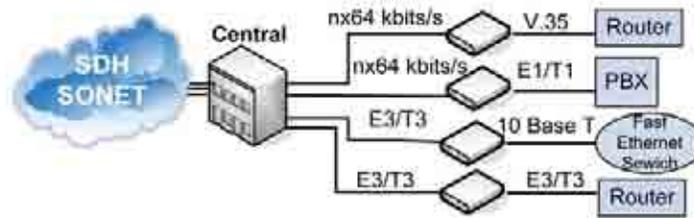


Figura 72. Servicios transparentes en la última milla.

En los escenarios de FTTB/FTTC pueden cubrirse mediante un simple enlace de fibra desde la central, proporcionándose sobre éste una amplia variedad de servicios. Un ejemplo típico es la utilización de un multiplexor o un nodo de acceso multiservicio (situado en una cabina de la calle), que integre múltiples canales E1/T1 y varios puertos de datos sobre un enlace de fibra para distancias de 110 Km.

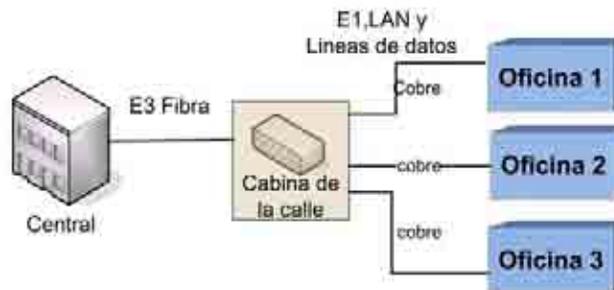


Figura 73. FTTB/FTTC

Las soluciones basadas en ATM se utilizan en escenarios de fibra hasta el edificio o la cuadra (FTTB, FTTC), o incluso hasta la oficina (FTTO). En la siguiente figura se pueden apreciar dos escenarios los cuales son:

- a) Se muestra un enlace de fibra con STM-1/OC-3 o STM-4/OC-12 que termina en un conmutador ATM.
- b) Se muestra un escenario FTTO basado en el empleo de equipos ATM concentradores de acceso multiservicio que proporcionan conectividad para LANs y

Pbs. Esta tecnología resulta especialmente apropiada para usuarios empresariales y operadores de red.

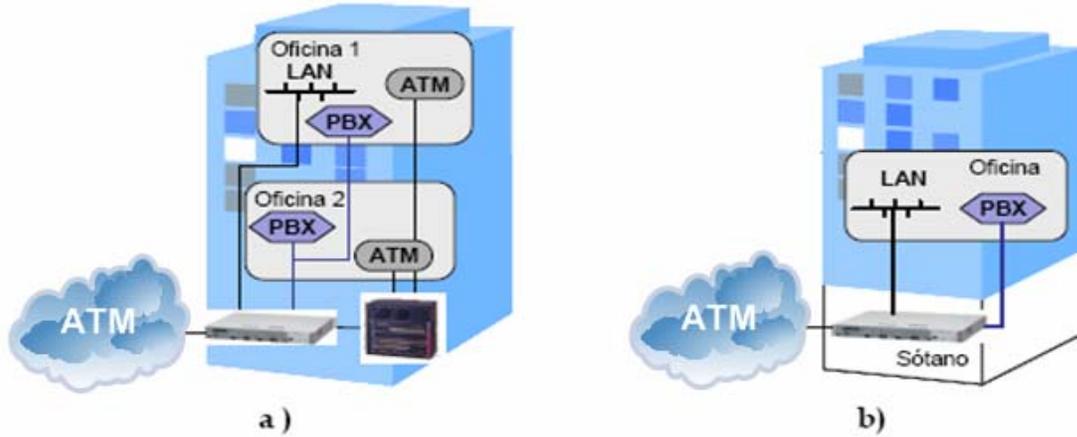


Figura 74. Soluciones Basadas en ATM.

Otra solución mas económica a la hora de extender en enlace de fibra óptica hasta el abonado en redes ATM y SDH/SONET, puede ser la utilización de convertidores/repetidores, tales como se muestra en la figura a continuación.

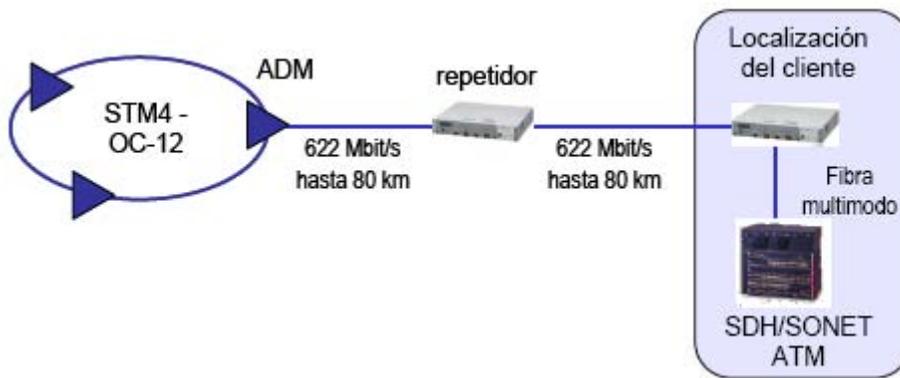


Figura 75. Enlace de fibra óptica con repetidores

Otro escenario dentro de las soluciones punto a punto es la conexión a redes de área metropolitana mediante tecnología Ethernet sobre fibra. Esta configuración es una de las consideradas dentro del estándar Ethernet en la primera milla (EFM) como se muestra a

continuación un ejemplo típico de aplicación para la interconexión de usuarios corporativos a través de redes metropolitanas.

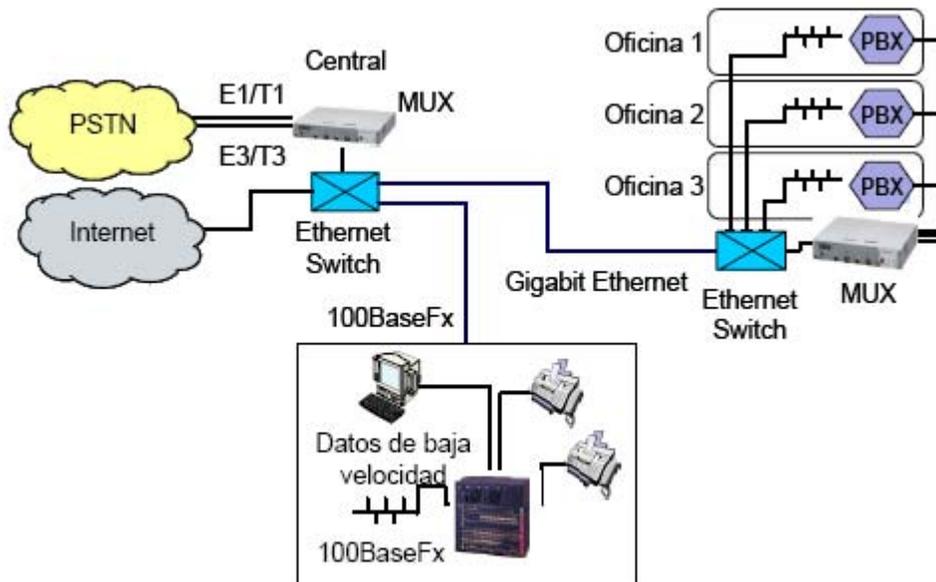
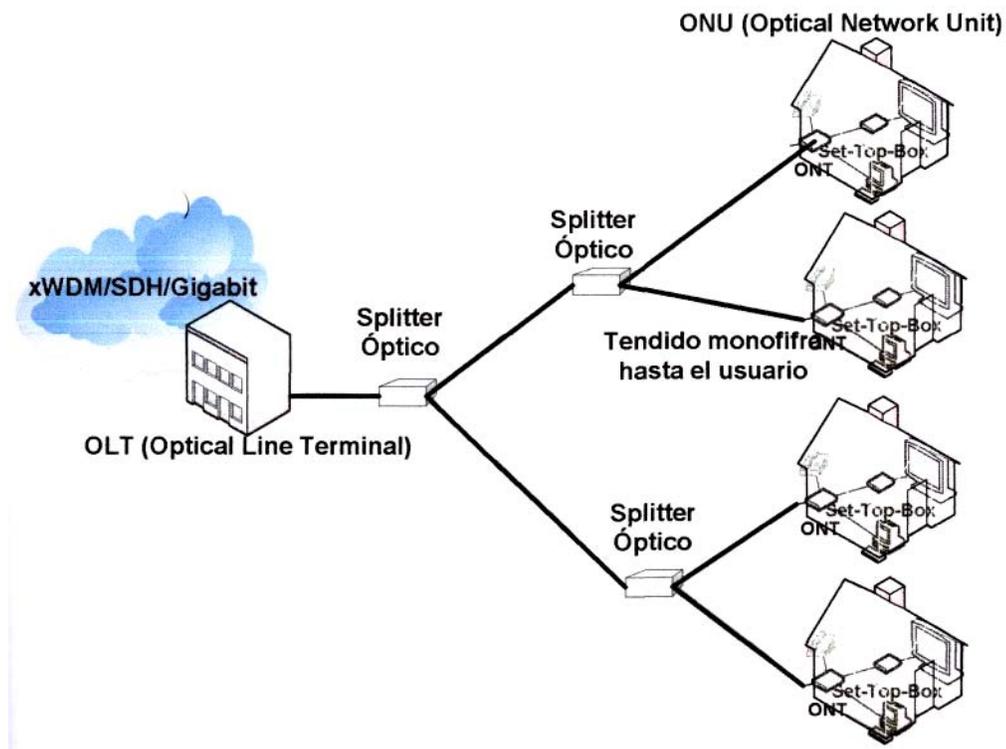


Figura 76. Fibra hasta el edificio o cuadra.

#### 4.4.2.8. Redes ópticas pasivas (PONs)

Este tipo de configuración de redes permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costos y son utilizados en las redes FTTH. Este tipo de configuraciones, permite el despliegue de una sola fibra desde la cabecera de red (un solo transceptor óptico), a partir de la cual se pueden derivar un cierto número de ramificaciones (típicamente hasta 32) para dar servicio a otros tantos abonados. Los elementos básicos de una PON son:

- El Terminal Óptico de Línea u OLT (Optical Line Termination): ubicado en la cabecera de red.
- Los Terminadores ópticos de red u ONT (Optical Network Termination): situados en las instalaciones del abonado.
- La red de distribución óptica u ODN (Optical Distribution Network): compuesta por cables de fibra, divisores pasivos y acopladores.

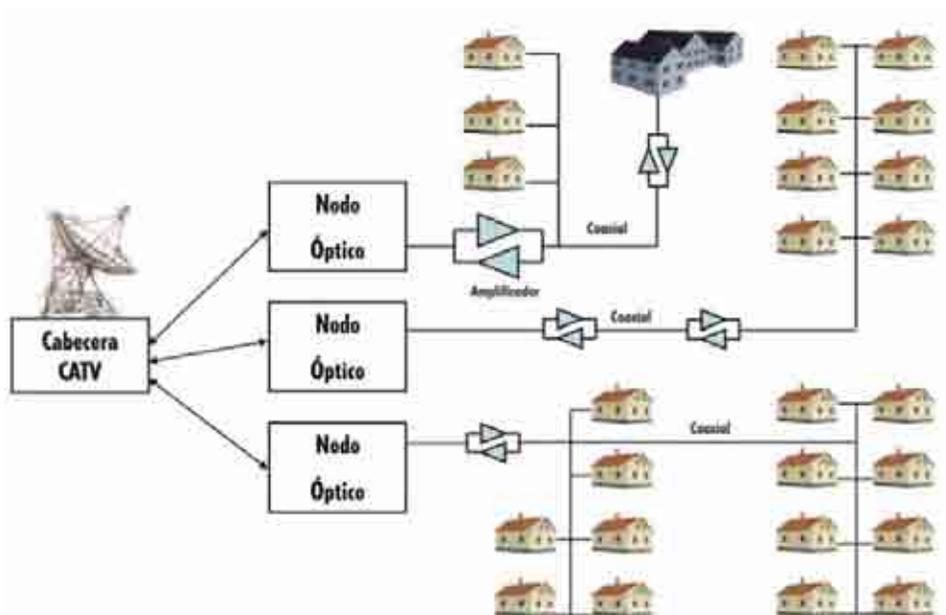


*Figura 77. Diagrama de una red PON.*

Desde 1995, compañías operadoras de telecomunicaciones han venido trabajando en una red de servicios integrada de acceso al abonado, que permitiendo al usuario un acceso en banda ancha a través de fibra óptica, contuviera los costes de un despliegue tradicional punto a punto (como hace ADSL con el bucle de abonado en cobre, o bien en fibra óptica).

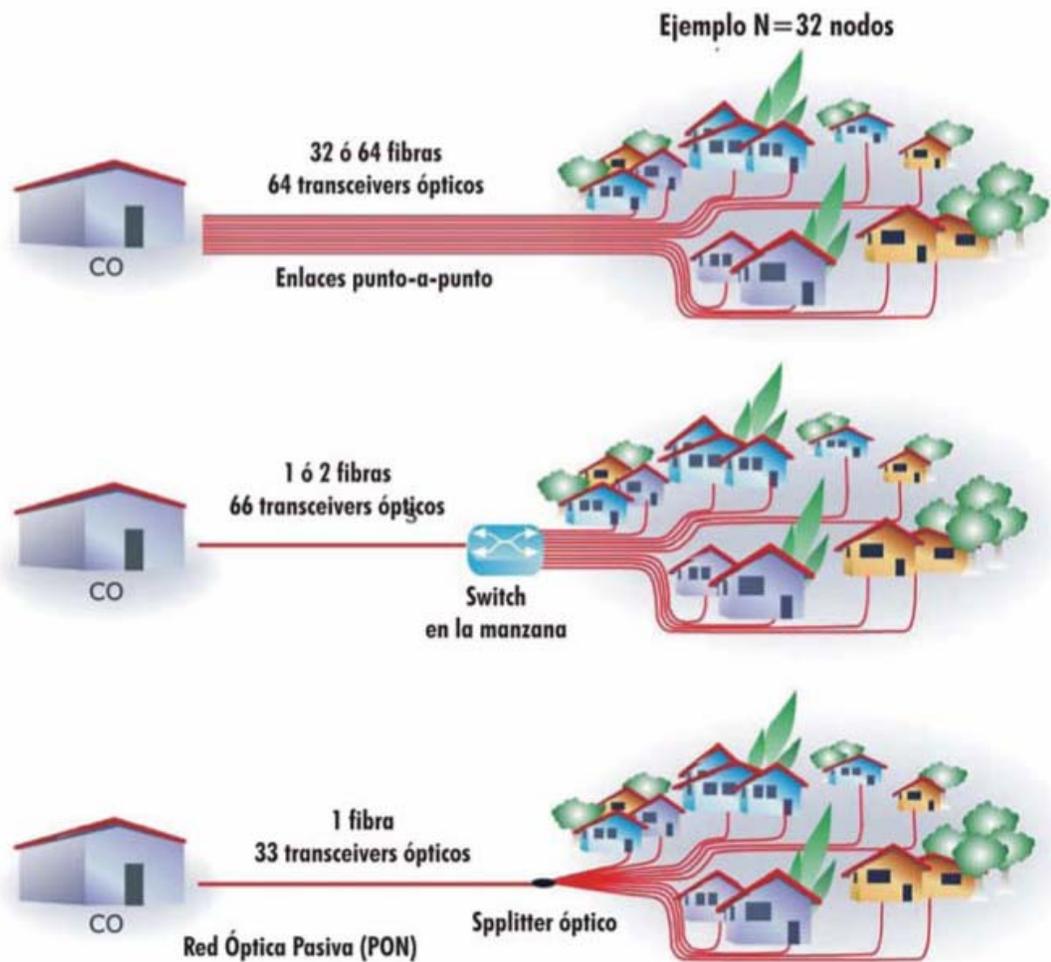
Las Redes Ópticas Pasivas toman su modelo de las redes CATV recicladas para ofrecer servicios de banda ancha mediante la habilitación del canal de retorno. Una red CATV está compuesta por varios nodos ópticos unidos con la cabecera a través de fibra

óptica, de los cuales se derivan, mediante una arquitectura compartida de cable coaxial, los accesos a los abonados. Habitualmente en CATV cada nodo óptico ataca a un determinado número de usuarios (en función del ancho de banda que se quiere asignar a los usuarios) utilizando cable coaxial y splitters (divisores) eléctricos. Las redes ópticas pasivas sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los derivados eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, la mayor capacidad de la fibra permite ofrecer unos anchos de banda mejorados, en canal descendente y sobre todo en canal ascendente, superando la limitación típica de 36Mbps de los sistemas cable-modem por nodo óptico.



*Figura 78.Arquitectura CATV.*

Esta nueva arquitectura es una evolución de menor coste a alternativas tradicionales como las redes punto a punto o las redes conmutadas hasta la manzana, puesto que reducen el equipamiento necesario para la conversión electro-óptica y prescinden del equipamiento de red de alta densidad necesario para la conmutación.



*Figura 79. Arquitectura punto a punto v/s punto-multipunto con switch en la manzana v/s PON.*

Las arquitecturas PON están centrando la atención de la industria de las telecomunicaciones como una manera de atacar a la problemática de la última milla, puesto que presenta evidentes ventajas:

- Las redes PON permite atacar a usuarios localizados a distancias de hasta 20 Km desde la central (o nodo óptico). Esta distancia supera con creces la máxima cobertura de las tecnologías DSL (máximo 5Km desde la central).
- Las redes PON minimizan el despliegue de fibra en el bucle local al poder utilizar topologías árbol-rama mucho más eficientes que las topologías punto-a-punto.

Además este tipo de arquitecturas simplifica la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.

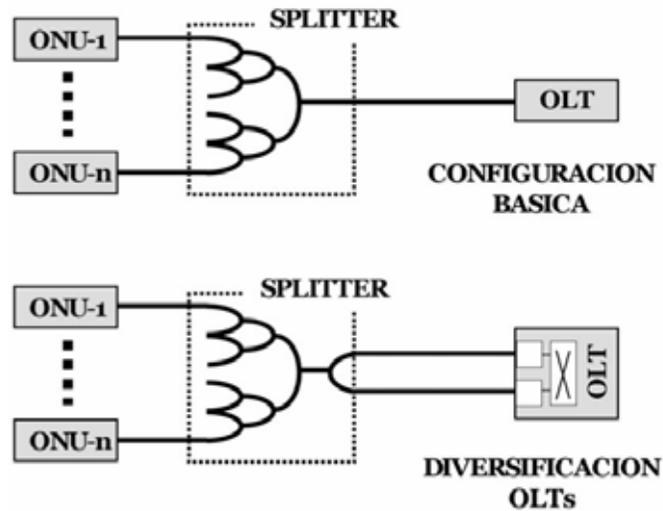
- Las redes ópticas pasivas ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL y CATV)
- Como arquitectura punto-multipunto, las redes ópticas pasivas permiten superponer una señal óptica de Televisión procedente de una cabecera CATV en otra longitud de onda sin realizar modificaciones en los equipos portadores de datos (ver apartado: tecnología VPON)
- Las redes PON elevan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos, etc.
- PON permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales.

Aunque las redes PON como concepto existen desde la década de los 90, solo en los últimos dos o tres años han alcanzado una madurez tecnológica que permiten que numerosos operadores comiencen a utilizarlas en forma masiva. En estos momentos parecen la opción preferida para edificar la futura red de acceso al abonado, una vez agotadas las posibilidades de crecimiento de las tecnologías xDSL.

### **Descripción de la topología PON.**

PON es una tecnología punto-multipunto. Todas las transmisiones en una red PON se realizan entre la unidad Óptica Terminal de Línea (OLT –Optical Line Terminal-), localizada en el nodo óptico o central y la Unidad Óptica de Usuario (ONU). Habitualmente la unidad OLT se interconecta con una red de transporte que recoge los flujos procedentes de varias OLTs y los encamina a la cabecera de la red. La unidad ONU se ubica en domicilio de usuario, configurando un esquema FTTH (fibra hasta el usuario, Fiber To The Home).

Existen varios tipos de topologías adecuadas para el acceso a red, incluyendo topologías en anillo (no muy habituales), árbol, árbol-rama y bus óptico lineal. Cada una de las bifurcaciones se consiguen encadenando divisores ópticos 1x2 o bien divisores 1xN. En algunos casos, dependiendo de la criticidad del despliegue, a red de acceso puede requerir protección.



*Figura 80. Topología de una red PON.*

Todas las topologías PON utilizan monofibra para el despliegue. En canal descendente una PON es una red punto multipunto. El equipo OLT maneja la totalidad del ancho de banda que se reparte a los usuarios en intervalos temporales. En canal ascendente la PON es una red punto-a punto donde múltiples ONUs transmiten a un único OLT. Trabajando sobre monofibra, la manera de optimizar las transmisiones de los sentidos descendente y ascendente sin entremezclarse consiste en trabajar sobre longitudes de onda diferentes utilizando técnicas WDM (Wavelength Division Multiplexing). La mayoría de las implementaciones superponen dos longitudes de onda, una para la transmisión en sentido descendente (1290nm) y otra para la emisión a la cabecera (1310nm) –sentido ascendente-. La evolución de la tecnología óptica ha permitido miniaturizar los filtros ópticos necesarios para esta separación hasta llegar a integrarlos en los transceivers ópticos

de los equipos de usuario. Se utilizan estas portadoras ópticas en segunda ventana (en lugar de trabajar en tercera ventana) para contener al máximo los costes de la opto-electrónica.

Al mismo tiempo las arquitecturas PON utilizan técnicas de multiplexación en tiempo TDMA para que en distintos instantes temporales determinados por el controlador de cabecera OLT, los equipos ONU puedan enviar su trama en canal ascendente. De manera equivalente el equipo de cabecera OLT también debe utilizar una técnica TDMA para enviar en diferentes slots temporales la información del canal descendente que selectivamente deberán recibir los equipos de usuario (ONU).

Las arquitecturas PON también han tenido que resolver otro aspecto importante: la dependencia de la potencia de transmisión del equipo OLT con la distancia a la que se encuentra el equipo ONU, que como se ha detallado anteriormente, puede variar hasta un máximo de 20Km. Evidentemente un equipo ONU muy cercano al OLT necesitará una menor potencia de su ráfaga para no saturar su fotodiodo. Los equipos muy lejanos necesitarán que su ráfaga temporal se transmita con una mayor potencia. Esta prestación también ha sido introducida recientemente en los transceptores ópticos PON, que han simplificado notablemente la electrónica anteriormente necesaria para actuar sobre un control de ganancia externo al transceptor. La nueva óptica miniaturiza, integra y simplifica el trabajo con ráfagas de diferente nivel de potencia.

#### 4.4.3.0 Red de Acceso xDSL

##### 4.4.3.1. Descripción de la tecnología DSL.

DSL (Digital Subscriber Line) es una tecnología de transmisión por par de cobre que resuelve el problema de “cuello de botella” generalmente asociado con la parte de la última milla o acceso del cliente hacia el proveedor de servicio de Red (NSP) y usuarios de esos servicios de red. DSL logra velocidades de banda ancha bastante considerables sobre lo más común y ordinario que tienen todos los usuarios, el par de cobre.

Mientras DSL ofrece incrementos de velocidad dramáticos (hasta 8 Mbit/s) comparando con otros métodos de acceso a la red. La fortaleza real de los servicios basados en DSL descansa en las siguientes características:

- Aplicaciones multimedia requeridas por los usuarios actuales.
- Desempeño y confiabilidad.
- Economía.

Unos de los mayores beneficios de la tecnología DSL es que permite al Proveedor de Servicios de Red (NSP) y el usuario del servicio tomar toda la ventaja de infraestructuras existentes, protocolos de capa 2 y capa 3 como Frame Relay, ATM e IP. Cabe destacar aquí que la tecnología ADSL trabaja sobre lo que es capa 1 del modelo de referencia OSI siendo el medio de transmisión el cobre instalado. En un mercado emergente tal como lo es el de la tecnología DSL, sobre servicios de paquetes o celdas como Frame Relay, IP o ATM, la inversión de infraestructura está protegida.

Habiendo sido probada (y en muchos casos marcialmente desarrollada) ambas aplicaciones de alta velocidad (ADSL) o simétrica (HDSL), los NSP's han reconocido que la tecnología DSL no es realmente la "siguiente generación" de acceso digital a red sino que es la "generación actual" de acceso digital a la red.

#### 4.4.3.2. Acceso a la red.

DSL es realmente una tecnología de acceso (última milla) y el equipo que se despliega para dar servicio DSL se encuentra en el acceso a la red local. La red de acceso consiste de loops locales y equipos asociados que conectan al usuario con la oficina central. Esta red típicamente consiste de cables que trasportan millones de pares trenzados a interfaces de distribución. Estas interfaces son puntos donde un cable dedicado se extiende al usuario final del servicio. Algunos usuarios se encuentran muy lejos de la central por lo que requieren de un loop de mayor distancia, siendo entonces el problema que las señales eléctricas disipan energía mientras recorren el loop, haciendo débil a la señal por lo que mientras más débil llega la señal da como resultado niveles bajos de relación señal a ruido. Proyecciones actuales estiman que se tienen aproximadamente 700 millones de pares de cobre instalados entre oficinas y casas hacia la red telefónica o PSTN (Public Switched

Telephone Network) alrededor del mundo. Más del 95 % de los loops re acceso locales consisten de un solo par soportando a POTS (Plain Old Telephone Service). Por definición POTS está diseñada para trasportar conversaciones de voz que requieren señales puramente análogas de frecuencias de entre DC hasta 3,400 Hz. Esta banda de frecuencia ha permitido velocidades de transmisión con módem de hasta 56 Kbits/s.

#### 4.4.3.3. Conceptos básicos para DSL.

La red PSTN y redes de acceso local han sido diseñadas para soportar conversaciones de voz con frecuencias máximas de 3.4kHz. la tasa de información más alta utilizando el espectro de frecuencia de los 3.4kHz ha sido menor a 56 Kbit/s, entonces para que la tecnología DSL trasmita mayores volúmenes de información sobre el mismo par de cobre se trabajo sobre dos factores dominantes que influyen para esto, atenuación y crosstalk (intermodulación o diafonía).

Con señales eléctricas trasmitidas sobre el par de cobre, el uso de altas frecuencias para soportar servicios de alta velocidad también da como resultado en menor alcance de loop. Estos es porque las señales con frecuencias altas trasmitidas sobre el par metálico atenúan señales (disipan energía) más rápidamente que las frecuencias bajas.

Avances en procesamiento de la señal y códigos de línea doblaron la efectividad del código AMI enviando 2 bits de información con cada símbolo o baudio. El código de línea se llamó entonces 2B1Q o 2 binarios en 1 cuaternario. Una implementación 2B1Q para ISDN utiliza frecuencias de 0 a 80,000 Hz aproximadamente teniendo menor atenuación y dando lugar a distancias deseadas de loop de 5.5 km.

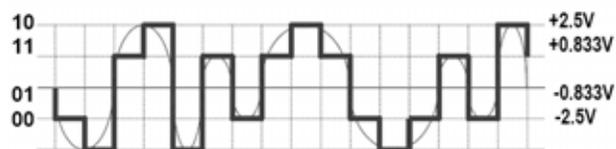


Figura 81. Código 2B1Q (primer bit indica polaridad, segundo bit indica valor de voltaje).

En paralelo con 2B1Q se empezó el desarrollo de una técnica de modulación llamada CAP (Carrierless Amplitude and Phase). Tal como 2B1Q CAP fue una técnica de codificación de línea avanzada permitiendo que múltiples bits de información fueran representados por un solo símbolo o baudio. Finalmente como técnica de codificación de línea se definió un estándar llamado DMT (Discrete Multi Tone). DMT fue patentado (pero no implementado) por los laboratorios Bell hace 20 años y se definió entonces como el estándar para ADSL. DMT utiliza hasta 15 bits por cada tono basándose en capacidades de línea. Un rango de tono con frecuencias bajas se utiliza para la transmisión de usuario a red “subida” (upstream) mientras que los restantes son utilizados para la “bajada” (downstream) de la red a usuario. Los siguientes pasos describen el proceso de conversión de una ráfaga de datos a tonos.

1. La señal digital se convierte a dato.
2. La ráfaga de datos sigue una ruta de chequeo y corrección de errores.
3. La ráfaga de datos es modulada en los bits de tonos disponibles.
4. La calidad de cada uno de los 256 tonos es medida.
5. Mapea hasta 15 bits por tono.
6. Ocurre modulación QAM por tono.
7. La señal es convertida de digital a analógica.
8. Como resultado se trasmite una señal analógica por el par de cobre.

Otro efecto que puede afecta la transmisión de DSL es la diafonía, la cual se puede definir como la interferencia que se produce entre señales eléctricas que se propagan por pares contiguos de un mismo cable. Este es, sin duda alguna, el principal factor externo que puede limitar las prestaciones de los sistemas DSL. Esta perturbación limita el número máximo de pares metálicos que pueden dedicarse a sistemas DSL dentro de un mismo cable, siendo esta limitación dependiente del número y la combinación de sistemas DSL presentes.

Existen dos tipos de diafonía: la telediafonía o FEXT (Far End Crosstalk) y la paradiafonía o NEXT (Near End Crosstalk).

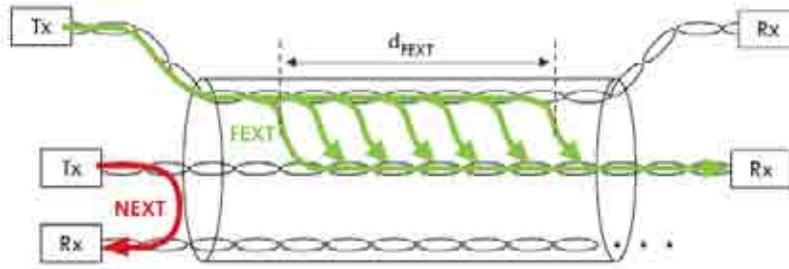


Figura 82. Diafonía NEXT y FEXT.

La paradiafonía (NEXT) se produce por el acoplamiento entre dos señales que se propagan en sentido opuesto a través de pares contiguos, produciéndose únicamente cuando ambos sistemas (interferente e interferido) transmiten en el mismo intervalo de frecuencia. El lugar donde el efecto de la paradiafonía es máximo es en aquel punto en el que la señal interferida tiene la mínima potencia y la señal interferente tiene potencia máxima, esto es en el repartidor (MDF) de la central.

Dentro de la diafonía esta es la modalidad que más limita el despliegue de sistemas DSL sobre pares de un mismo cable. Su efecto depende de:

- El número de sistemas perturbadores (N) que coexistan en el mismo cable.
- La frecuencia (f).
- La potencia con la que esté transmitiendo el sistema interferente.

La telediafonía (FEXT) se debe al acoplamiento entre dos señales que se propagan en el mismo sentido a través de dos pares contiguos. Su efecto es menor que la paradiafonía dado que la perturbación se produce por parte de una señal con una potencia similar a la interferida. Su efecto depende de:

- El número de sistemas perturbadores (N) que coexistan en el mismo cable.
- La frecuencia (f).
- La longitud del par a lo largo de la cual se está produciendo el acople ( $d_{FEXT}$ ).
- La potencia con la que esté transmitiendo el sistema interferente.

### Márgenes de dB.

Una relación S/N de 6 dB significa que existen aprox. 4 veces más señal que ruido. Un puerto DSLAM puede ser configurado para requerir mayor o menor margen de ruido en dB.

$$\text{dB} = 20 \cdot \log \left( \frac{\text{Voltaje de salida}}{\text{Voltaje de entrada}} \right) \text{ o } \text{dB} = 10 \cdot \log \left( \frac{\text{Potencia de Salida}}{\text{Potencia de entrada}} \right)$$

$$\text{Decibel} = 10 \cdot \log (A/B)$$

$$\text{dBm} = 20 \cdot \log (A/1\text{mW})$$

#### 4.4.3.4. Tecnología xDSL.

Bajo las siglas xDSL se agrupan un conjunto de tecnologías que, utilizando códigos de línea y técnicas de modulación adecuados, permiten transmitir regímenes de datos de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico. A continuación se describirá las diferentes tecnologías que componen xDSL. [21]

##### 4.4.3.4.1. HSDL (High Speed Digital Subscriber Line).

En HDSL proporciona enlaces primarios E1 a 2 Mbit/s (o T1 a 1,5 Mbit/s, en países que siguen normativa ANSI) sobre uno o varios pares telefónicos convencionales evitando el empleo de repetidores. Como se puede apreciar en la tabla siguiente, existen diversas variantes de esta tecnología, que difieren en cuanto a códigos de línea, velocidades de transmisión, distancias máximas alcanzables, así como el número de pares requeridos, el cual puede variar entre uno y tres.

	ETSI				ANSI	
Código de línea	128 CAP Cód. Trellis	64 CAP Cód. Trellis	4 PAM, 2B1Q no codificado			
Nº de pares	1	2	2	2	3	2
Velocidad aplicación	1x 2,320 Kbit/s	2x 1,168 Kbit/s	1x 2,320 Kbit/s	2x 1,168 Kbit/s	3x 784 Kbit/s	2x 784 Kbit/s
Frecuencia De Nyquist	2,1 Km	2,8 Km	2,0 Km	2,4 Km	2,8 Km	2,8 Km
Principal Aplicación	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1

*Tabla 11. ETSI y ANSI*

### **Características de HDSL**

Los sistemas HDSL se emplean para proporcionar accesos primarios RDSI, así como para el suministro de líneas alquiladas. Otra aplicación habitual de este tipo de sistemas es la interconexión de equipos de red situados en la planta exterior de acceso del operador (por ejemplo, estaciones base de telefonía móvil o concentradores remotos de abonados). Debido a que los sistemas HDSL emplean distintos sistemas de transmisión de línea, así como a la existencia de realizaciones propietarias de la operación y mantenimiento, los equipos de central y de usuario han de ser suministrados por el mismo proveedor.

#### **4.4.3.4.2 SHDSL (Symmetric High Speed Digital Subscriber Line).**

El SHDSL está diseñado para el transporte de datos de forma simétrica, a regímenes que se adaptan a las características del canal y que van desde 192 Kbit/s hasta 2,3 Mbit/s (o desde 384 Kbit/s hasta 6 Mbit/s sobre dos pares). El código de línea utilizado es TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation), utilizando 16 niveles en línea (4B1H). Además, la señal se conforma en frecuencia para mejorar la compatibilidad espectral respecto a otros sistemas que compartan el mismo mazo.

	ANSI	ITU G. SHDSL G. 991.2	
		ANSI Anexo A	ETSI Anexo B
Un par	HDSL2	MultiRate HDSL2	ETSI-SDSL TS 101524-1
Código de línea	16 PAM, 4B1H, 3 bits de información, 1bit redundante para código Trillis.		
Velocidades de aplicación	1,552 Kbit/s fijo	144-1,552 Kbit/s	192-2,320 Kbit/s
Frecuencia de Nyquist	260 Khz.	-260 Khz.	-387 Khz.
Máx. alcance para máx. vel.	2,8 km	2,8 km	2,4 km
Aplicación principal	Sustitución T1	SOHO	SOHO

*Tabla 12. SHDSL*

### **Características de SHDSL.**

Mientras las aplicaciones de HDSL se limitan al transporte de servicios de Múltiplex por División en el Tiempo (TDM), desde un principio SHDSL está siendo utilizado para transportar cargas tanto TDM como ATM. Existen también repetidores para aumentar el alcance de estos sistemas de línea.

#### **4.4.3.4.3 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).**

El ADSL es una tecnología de banda ancha que permite que el ordenador reciba datos a una velocidad elevada, todo ello a través de la línea de teléfono convencional mediante la modulación de la señal de datos utilizada por el ordenador.

Una de las características del ADSL, que ha contribuido a la utilización de esta tecnología al uso de Internet ha sido que se trata de un sistema asimétrico, en el cual la velocidad de transmisión en ambos sentidos no es el mismo. En una conexión a Internet normalmente la velocidad de transmisión de bajada (Internet → Host) suele ser mayor que la de subida (Host → Internet). Un ejemplo de ello esta en un acceso a una pagina Web, para realizarlo debemos hacer una petición al servidor correspondiente de que queremos acceder

a la pagina en cuestión, todo ello se realiza con una transmisión de unos pocos Bytes, mientras que el servidor a nosotros nos manda la pagina entera que puede ocupar de uno KBytes has varios MBytes, con lo que vemos que es necesaria una mayor velocidad de bajada.

La primera especificación sobre la tecnología xDSL fue definida por Bell Communications Research, compañía precursora del RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) en 1987. En un principio esta tecnología fue desarrollada para el suministro de video bajo demanda y aplicaciones de televisión interactiva. En el 89 se desarrollo la actual ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica).

#### 4.4.3.4.4 Funcionamiento de ADSL.

El ADSL es una técnica de modulación de la señal que permite una transmisión de datos a gran velocidad a través de un par de hilos de cobre (conexión telefónica).

La primera diferencia entre la modulación de los módems de 56K y los de ADSL es que esto modulan a un rango de frecuencias superior a los normales [24... 1.104] KHz para los ADSL y [300... 3.400] Hz. para los normales la misma que la modulación de voz, esto supone que ambos tipos de modulación pueden estar activos en un mismo instante ya que trabajan en rangos de frecuencia distintos.

La conexión ADSL es una conexión asimétrica, con lo que los módems situados en la central y en casa del usuario son diferentes. En la siguiente figura vemos un extracto de cómo es una conexión ADSL.

Vemos que los módems son diferentes y que además entre ambos aparece un elemento llamado 'splitter', este esta formado por dos filtro uno paso alto y otro paso bajo, cuya única función es separar las dos señales que van por la línea de transmisión, la de telefonía vocal (bajas frecuencias) y la de datos (altas frecuencias).

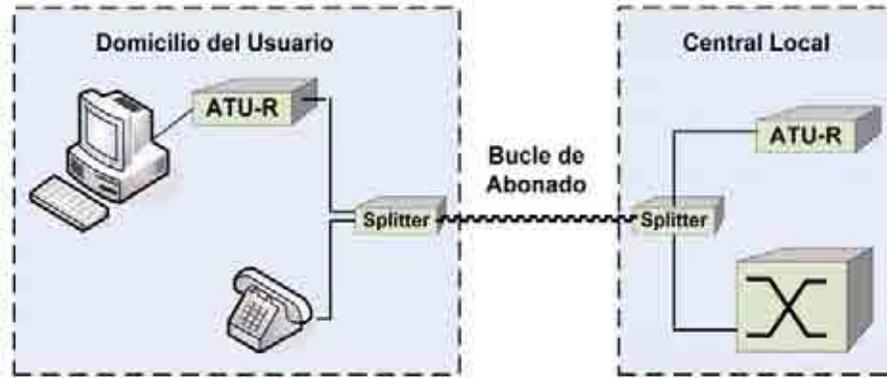


Figura 83. Conexión ADSL

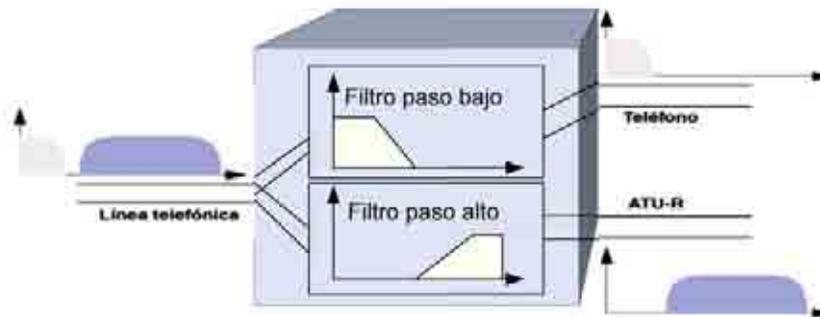


Figura 84. Funcionamiento del Splitter.

#### 4.4.3.4.5. Evolución de la tecnología ADSL.

Durante la primera etapa existían dos tipos de modulación para el ADSL:

- CAP: Carrierless Amplitude/Phase (Modulación por amplitud de fase sin portadora).
- DMT: Discrete MultiTone (Modulación por Multitonos Discretos).

Los organismos de estandarización se decidieron por la DMT, que lo que hace es usar varias portadoras en vez de una sola que es lo que hace la modulación vocal. Cada una de estas portadoras se modula en cuadratura, es decir, igualmente separadas entre ellas y cada

una tiene una banda asignada independiente y diferente de la de las demás. La cantidad de datos que conducirá cada portadora es proporcional a la relación Señal/Ruido, en cada una de las bandas de las portadoras, cuanto mayor sea este valor mayor cantidad de datos transportaran, puesto que el motivo por que este valor sea elevado viene de que la cantidad de Ruido en esa zona es bajo, con lo cual los datos transmitidos por esa zona tendrán menor probabilidad de llegar corruptos a su destino. Esta estimación se calcula en el momento de establecer la conexión a través de una 'secuencia de entrenamiento'.

La técnica de modulación de ambos módems es idéntica, la diferencia viene en que el MODEM de la central (ATU-C) puede disponer de 256 subportadoras, mientras que el del usuario (ATU-R) sólo dispone de 32. Lo cual nos demuestra que la velocidad de bajada siempre es superior a la de subida.

Cabe destacar que en un cable formado por pares de hilos de cobre la atenuación de la señal por culpa del cable aumenta con la longitud del mismo, por ello vemos que dependiendo de la distancia del abonado con respecto a su central urbana, la velocidad máxima que ésta es capaz de suministrar al usuario será diferente.

#### 4.4.3.4.5.1 ATM sobre ADSL.

Las ventajas del ADSL son el gran ancho de banda en el acceso, dicho ancho de banda se encuentra activo de forma permanente y finalmente que aprovecha la infraestructura ya desplegada para el sistema telefónico.

Pero para obtener el máximo rendimiento que esa tecnología nos proporciona las redes de comunicación de banda ancha utilizan el ATM ('Asynchronous Transfer Mode') para la comunicación. Desde el principio, dado que el ADSL se concibió para el envío de información a gran velocidad, se pensó en el envío de dicha información en celdas ATM sobre los enlaces ADSL.

Esto tiene una sencilla explicación, puesto que si usamos en un enlace ADSL el ATM como protocolo de enlace podemos definir varios canales virtuales permanentes (PVC), cada uno dedicado a un servicio diferente. Esto aumenta la potencia de esta tecnología, pues añade flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda. Finalmente otra ventaja añadida es que en ATM se contemplan diferentes velocidades de transferencia con

distintos parámetros para la calidad del servicio, así podemos dar un tratamiento diferente a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito mas adecuado por sus parámetros de calidad de servicio a cada tipo de aplicación, ya sea voz, video o datos.

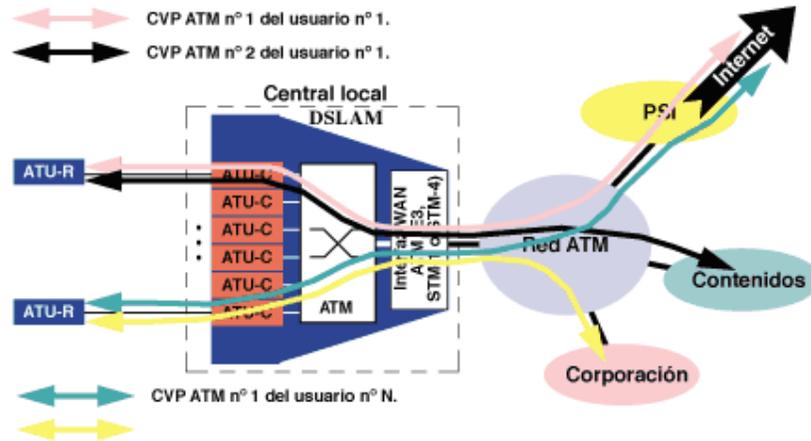


Figura 85. ATM. Sobre ADSL.

En los módems ADSL se pueden definir dos canales:

- 'Fast': usado para comunicaciones por voz, más sensibles al retardo.
- 'Interleaved': usado para aplicaciones sensibles a la pérdida de información.

#### 4.4.3.4.6 Evolución de la red de acceso

Los nuevos estándares del ADSL han conseguido unas velocidades de transferencia espectaculares, teniendo en cuenta el medio físico por el que circulan. En concreto los módems son capaces de transmitir a 8,192Mbps en sentido descendente y 0,928 Mbps en sentido ascendente.

Con estas cifras el despliegue de esta tecnología supone una autentica revolución en la red de acceso de la operadoras del servicio telefónico dichas líneas pasan de ser de banda estrecha capaces de transmitir voz o datos con módems de bajas velocidades, a ser redes de banda ancha multiservicio.

La red de acceso deja de ser el gran obstáculo que tenían las operadoras para el desarrollo y oferta de nuevos servicios, inimaginables hasta hace pocos años.

#### 4.4.3.4.6 DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer).

Como hemos visto antes el ADSL necesita una pareja de módems para cada usuario, el que tiene el usuario en su casa y el correspondiente en la central del operador. Esta duplicidad complicaba el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales locales donde estaba conectado el bucle de abonado.

Para solucionar esto surgió el DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Consistente en un armario que contiene varios Módems ATU-C y que concentra todo el tráfico de los abonados del ADSL hacia una red WAN. Gracias a la aparición de esta tecnología el despliegue de los módems en las centrales ha sido mucho más sencillo, lo que ha conseguido que el ADSL se haya extendido tanto. Podemos ver la estructura de uno de estos ‘armarios’ en la siguiente figura.

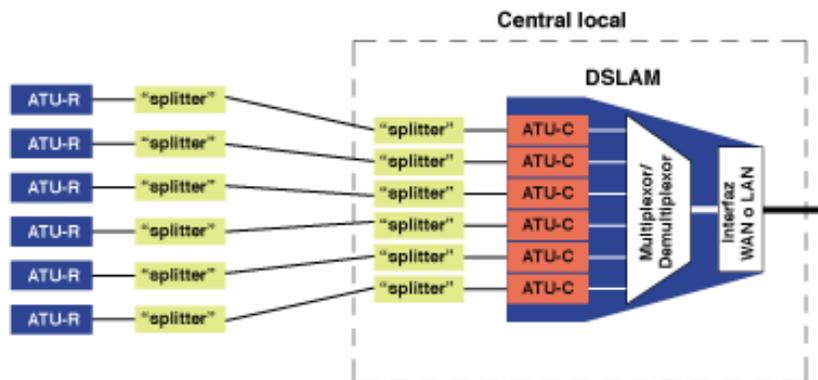


Figura 86. Estructura de un armario DSLAM

#### 4.4.3.4.7 ADSL2 y ADSL2+

En realidad el ancho de banda necesario para transmitir señales de televisión por la red ADSL es necesario un ancho de banda mayor (8Mbps teórico en ADSL), sobre todo cuando en el hogar se necesita acceder a más de un canal a la vez, por tener más de un televisor. En esta situación se necesita un ancho de banda superior, por ejemplo 3,5M por 3 canales y 1M para el canal de datos sumaran aproximadamente 12M, estos sin contar con en canal de subida. Para remediar esta situación se utiliza la tecnología ADSL2+, Para llegar a esto la evolución fue desde ADSL a ADSL2 y ADSL2+.

#### **ADSL2**

En realidad ADSL2 surge como una necesidad de proveer a la red de banda ancha de una protección contra las interferencias y atenuación propias de las redes de cobre. Gracias a la solución a estos problemas las redes crecieron además en capacidad de transporte, 12M para bajada y 1M para subida, aunque estos valores al igual que con su antecesor ADSL también son afectados por la distancia.

#### **ADSL2+**

La evolución de ADSL2 es ADSL2+, y su principal avance consiste en el ancho de banda disponible para hacer descargas. En esta tecnología la velocidad que se logra alcanzar esta alrededor de los 24Mbps para descargas y 2Mbps para subidas, además es posible contar con más de una línea ADSL2+ simultaneas en un PC para multiplicar las velocidades. Además se dispone de una optimización del buffer que almacena los datos recibidos a través del router, lo que implica una mejora en la velocidad, así como la capacidad para dividir el ancho de banda total en varios pequeños anchos de banda para las diferentes aplicaciones que lo necesiten.

En términos generales, este gran aumento de la velocidad se logra gracias a la ampliación del espectro, trabajando en un margen de frecuencias que va desde los 0,14 MHz hasta los 2,2 MHz, de tal manera que duplica el ancho del espectro utilizado en el

ADSL y el ADSL2, esto gracias a una mejor eficiencia de modulación/codificación (codificación Trellis de 16 estados y modulación QAM con constelaciones de 1 bit) y una serie de algoritmos mejorados de tratamiento de la señal que los ofrecidos por ADSL.

El espectro de frecuencias para estas tecnologías se muestra en la figura siguiente:

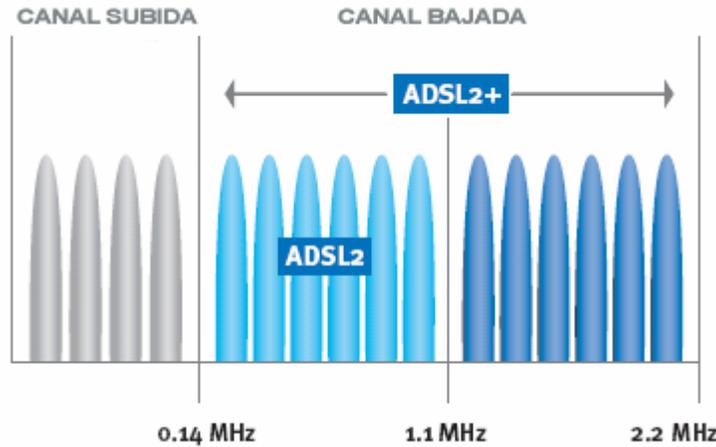


Figura 87. Espectro de frecuencia de ADSL2 y ADSL2+.

Las recomendaciones de la ITU G.992.5 establecen que el ADSL2+ es ideal para ser utilizado en distancias cortas, ya que se trata de una tecnología que se ve gravemente penalizada por la distancia. Como consecuencia, cuanto más lejos esté el abonado de la central que le proporciona la conexión, menor será la velocidad de que disponga. Así, a partir de los 2.850 metros, la diferencia de prestaciones entre el ADSL2+, el ADSL2 y el ADSL es prácticamente inexistente.

Un cuadro de la velocidad alcanzada por la conexión de banda ancha versus la distancia desde el abonado hasta la central ADSL se puede ver en la figura siguiente:

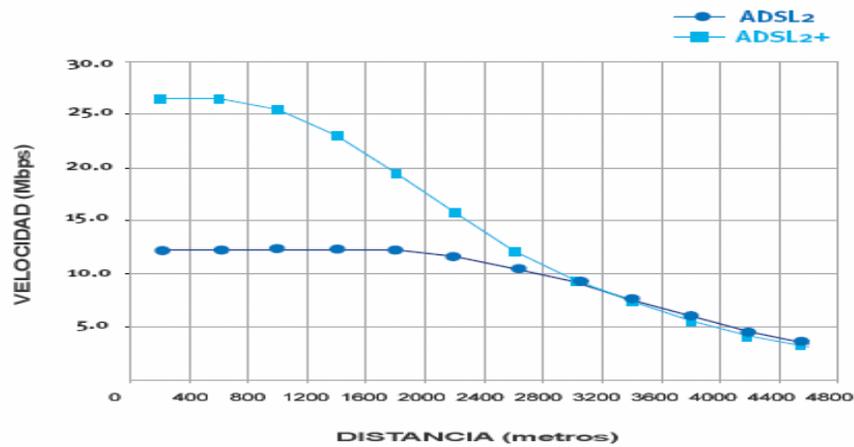


Figura 88. Velocidad de conexión v/s distancia desde el abonado a la central.

Otras características de los tres tipos de tecnologías se resumen en el siguiente cuadro.

CARACTERÍSTICAS			
Tecnología	ADSL	ADSL2	ADSL2+
Frecuencia (MHz)	0,5	1,1	2,2
Velocidad máxima de subida (Mbps)	1	1	1,2
Velocidad máxima de bajada (Mbps)	8	12	24
Distancia (Km.)	2	2,5	2,5
Tiempo de sincronización (S)	10 a 30	3	3
Corrección de errores	No	Si	Si

Tabla 13. ADSL v/s ADSL2 v/s ADSL2+.

#### 4.5.0. Acceso Usuario Final.

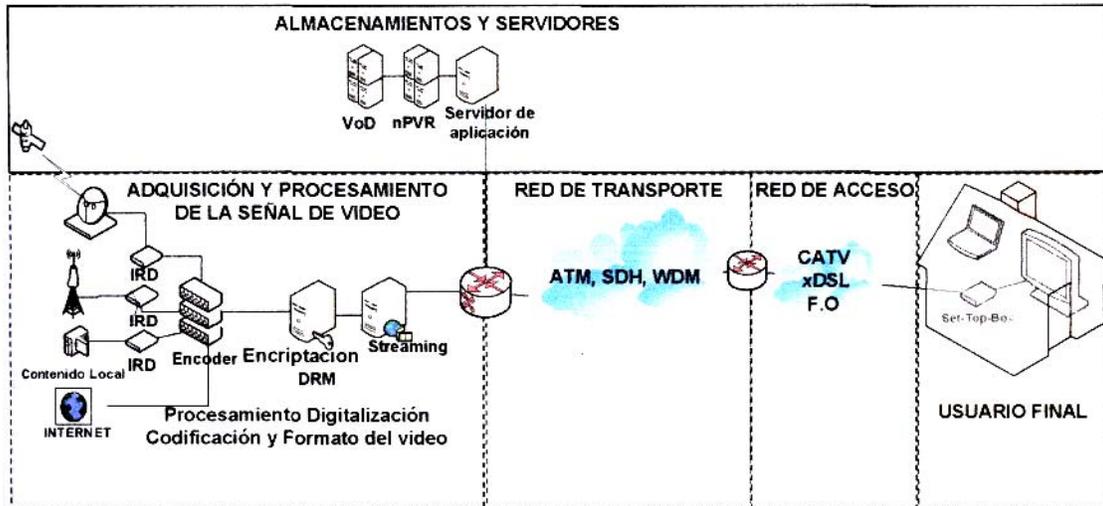


Figura 89. Acceso Usuario Final.

La etapa de acceso del usuario final a la red de televisión IP y datos depende de la tecnología de acceso al medio que este disponible y/o la red desplegada por la empresa que presta el servicio de IPTV. Sin embargo los elementos principales son comunes para cualquier tecnología o arquitectura presente en el abonado, esto no quiere decir que se use el mismo equipamiento para los distintos casos, sino que en cualquiera de estos deben estar presentes las etapas que se muestran en la figura siguiente.



Figura 90. Última etapa de la red. Usuario final

#### 4.5.1. Set Top Box.

Un Set Top Box puede ser visto como un dispositivo que permite realizar ciertas operaciones como el acceso a Internet o la recepción de video digital desde el hogar, utilizando un televisor convencional como interfaz de salida y (posiblemente) un mando a distancia como dispositivo de entrada. En algunas ocasiones se denomina a los Set-Top-Box como decodificadores, o IRDs. Internamente, un Set-Top-Box es similar a un computador personal convencional, pero con algunas modificaciones para adaptarlo específicamente a la ejecución de aplicaciones multimedia, como pueden ser decodificadores MPEG, hardware, salidas de televisión digital, salida de audio estéreo, puerto de infrarrojos para el mando a distancia, etc. Como medios de almacenamiento secundario pueden disponer de un disco duro y/o memoria flash. También disponen de dispositivo de red para recibir la información multimedia, receptores de señal de televisión y un dispositivo de acceso condicional para controlar la utilización de servicios de pago tales como el pago por visión.

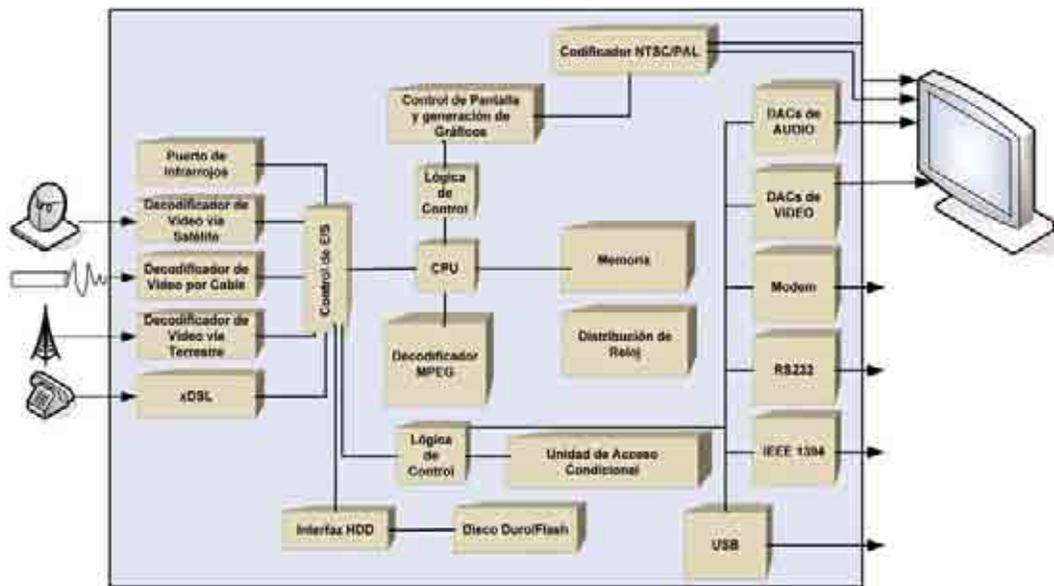


Figura 91. Configuración Interna de un Set-Top-Box

Sobre la capa hardware se apilan las capas software necesarias para el correcto funcionamiento del Set-Top-Box, de forma similar a como se haría en un PC, como se puede ver en la figura que se muestra a continuación.

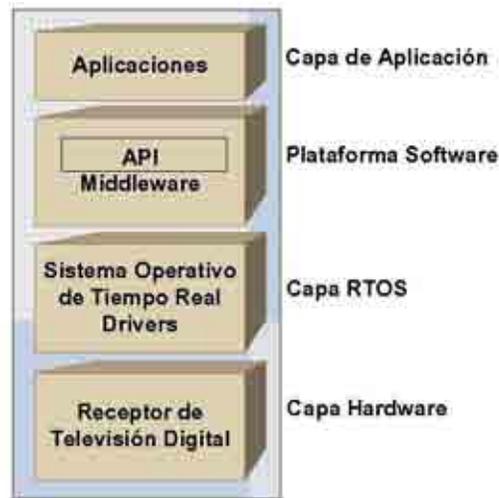


Figura 92. Capas de un Set-Top-Box [3]

1. Receptor de televisión digital: Dispositivos hardware necesarios para la recepción de la información necesaria. En la capa hardware también se contemplan los dispositivos básicos para el funcionamiento del sistema (memoria, CPU, etc), pero se denomina receptor de televisión digital para señalar que no es una plataforma hardware genérica, sino que esta orientada a esa tarea en particular.
2. Sistema Operativo: Se utilizan sistemas operativos de tiempo real (RTOS) como pSOS, Windows CE, Linux, VxWorks, OS20 o Nucleus.
3. Plataforma software: También conocido como middleware. Conjunto de módulos que facilitan un desarrollo más eficiente. Proporciona un API para cada lenguaje de programación soportado. Para la implementación del API, el middleware puede incluir un gestor de aplicaciones, una maquina virtual, las bibliotecas, el motor interactivo y las bases de datos.

[2] Amino STB

4. Aplicaciones: Esta capa no necesita estar residente permanentemente, sino que puede ser descargada bajo demanda.

#### 4.5.2. Middleware del Set Top Box.

En la actualidad existen varias organizaciones desarrolladoras de estándares para el desarrollo de plataformas middleware como las que se verán a continuación.

- DVB: El proyecto DVB es un consorcio compuesto por alrededor de 300 operadores de video, operadores de red, desarrolladores de software, fabricantes, etc. Creado para el desarrollo de estándares para la transmisión de televisión digital y servicios de datos.
  - DVB-S Estándar para la transmisión de video digital vía satélite.
  - DVB-T Estándar para la transmisión de video digital por vía terrestre. Actualmente no está instaurado en América, en donde se utiliza ATSC, ni en Japón, en donde se sigue el estándar ISDB-T.
  - DVB-C Estándar para la transmisión de video digital por cable.
  - MHP Estándar de televisión digital interactiva. Define un interfaz genérico entre las aplicaciones interactivas y el terminal que las debe ejecutar. Un middleware que proporcione el interfaz MHP podría ejecutar las aplicaciones desarrolladas de acuerdo con este estándar independientemente de la plataforma hardware que utilice.
- ATSC: Es una organización internacional sin ánimo de lucro para desarrollar estándares voluntarios para televisión digital. ATSC ha desarrollado numerosos estándares para transmisión de video, codificación, compresión de audio digital, acceso condicional, etc. En cuanto a estándar de middleware, ATSC ha propuesto el estándar DASE.

- OpenCable: Es una iniciativa para dotar a la industria de televisión por cable de los estándares necesarios para desarrollar servicios interactivos. Como estándar de middleware propone OCAP.
- JavaTV [24]: Especifica un API que proporciona una plataforma ideal de desarrollo y utilización de aplicaciones sobre la plataforma Java. Dicho API proporciona operaciones para realizar streaming tanto de audio como de video, acceso condicional, control de canales y control de gráficos en pantalla.

Algunas de las plataformas más utilizadas son:

- OpenTV: Es la plataforma mas utilizada en la actualidad para el desarrollo de sistemas de televisión digital sobre Set-Top-Boxes. Es una solución comercial ampliamente utilizada por compañías de televisión interactiva. Proporciona la plataforma middleware, aplicaciones, herramientas de desarrollo y soporte técnico. Las aplicaciones proporcionadas por OpenTV abarcan campos como el t-commerce, el streaming, tele banca, juegos, navegadores, etc. Es la tecnología utilizada por el Set-Top-Box de Vía Digital y QueroTV.
- Media Highway: Es un middleware propietario desarrollado por Canal+ Technologies. Soporta los estándares DVB, OpenCable, y ATSC. Puede ejecutar aplicaciones interactivas escritas en lenguajes soportados por dichos estándares como Java, HTML o XDML. Es el middleware que utiliza el Set-Top-Box de Canal Satélite.
- Alticast: Construye aplicaciones de televisión digital para una cantidad importante de proveedores en Asia. Su middleware soporta los estándares de aplicación MHP y DASE. Como maquina virtual en la que ejecutar las aplicaciones utiliza AltiJVM, que es una implementación de la maquina virtual de Java.

- TV Navigator: Desarrollado por Liberate, es un middleware con una representación importante en los Set-Top-Boxes de Estados Unidos. Soporta Java y HTML.
- MSTV: Es el middleware desarrollado por Microsoft. Engloba varios productos como WebTV, PersonalTV y UltimateTV. Estos productos permitieron obtener a Microsoft el liderazgo en el mundo de la televisión interactiva, pero con el tiempo han ido perdiendo viabilidad comercial y están siendo abandonados. Ahora, Microsoft concentra sus esfuerzos en un middleware basado en su sistema operativo Windows CE para compañías de cable.
- NDS Core: Middleware desarrollado por NDS, principalmente instalado en Set-Top-Box de América Latina y Asia. Pretende ser compatible tanto con MHP como con OCAP y soporta Java y HTML.

#### 4.5.3. Funcionalidad del Set Top Box.

Además de la recepción y reproducción de canales de audio y video digital, los Set Top Boxes pueden realizar otro tipo de actividades como pueden ser la utilización de Internet, descarga de juegos, telecompra, tele banca, tienda virtual, solicitud de información de forma interactiva. Para los Set Top Boxes comerciales, las funcionalidades van desde la más básica del Set Top Box hasta las más avanzadas ofrecidas por Canales Satelitales. Como Set-Top-Box que simplemente decodifica la señal recibida para permitir al abonado visualizar la programación que no se distribuye de forma abierta y otros Set Top Boxes que ofrecen servicios interactivos, además de proporcionar el acceso a los diferentes canales de vídeo. Algunas de las operaciones que permiten realizar son:

- Compra de estrenos o partidos.
- Consulta de información bursátil.
- Operaciones bancarias.
- Recarga de telefonía.

- Servicios de mensajes a móviles.
- Información deportiva.
- Guía de programación.
- Comercio por televisión (t-comercio).

Teniendo en cuenta las posibilidades ofrecidas por un Set-Top-Box, se puede establecer la siguiente clasificación:

Set-Top-Box para TV por broadcast: Es el nivel más básico de Set Top Box. No dispone de canal de retorno, simplemente recibe una señal de vídeo que decodifica para que el usuario pueda disfrutarla.

Set-Top-Box para TV digital: Dispone de un canal de retorno para permitir la interacción del usuario con el proveedor del servicio de TV.

Set-Top-Box avanzado: Tiene características muy similares a un PC, tienen una CPU potente, disco duro de gran capacidad, acceso de alta velocidad a Internet, posibilidad de grabación digital de vídeo, juegos, capacidad para el envío y recepción de correo electrónico, etc.

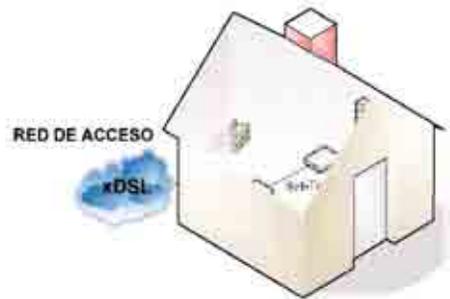
Sidecar: Proporciona un nuevo canal de recepción de datos para trabajar conjuntamente con el canal recibido por el cliente en su Set-Top-Box original.

Set-Top-Box híbrido: Set-Top-Box especializado para televisión por cable y que incluye otras funciones, por ejemplo, reproducción de DVDs.

A continuación se verá la arquitectura básica de red de acceso final para las distintas redes de acceso.

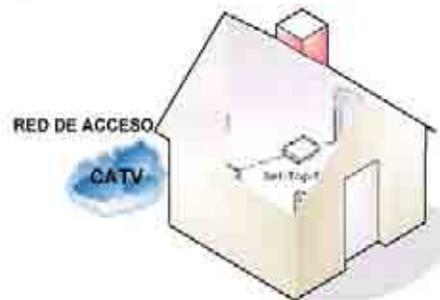
#### 4.5.4 Arquitectura de la red del usuario final (xDSL, CATV y F.O).

##### Red usuario final de xDSL.



*Figura 93. Acceso por xDSL*

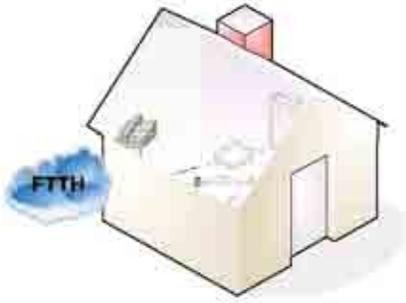
##### Red usuario final CATV.



*Figura 94. Acceso por Coaxial*

La red final de CATV es similar a la de ADSL, la principal diferencia es el tipo de modem utilizado y las interfaces que este y el STB presentan.

**Red usuario final FTTH.**



*Figura 95. Acceso por Fibra*

## **CAPITULO V**

# **REGULACIÓN SOBRE EL ESTÁNDAR DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN CHILE.**

En Chile no existe regulación del transporte en redes IP en la televisión sobre el protocolo IP (IPTV), pero sí en la televisión abierta. En estos momentos en Chile se está analizando que estándar adoptara el país para la televisión digital terrestre el cual será regularizado por la subsecretaría de telecomunicaciones. En el siguiente capítulo se dará a conocer un resumen de las conclusiones de análisis comparativo de los tres estándares realizados por la subsecretaría de telecomunicaciones de Chile.

### **5.1.0 Análisis Comparativos de los Estándares ATSC, DVB-T y ISDB-T**

Estos tres estándares están operando comercialmente en varios países, con éxito. Cada uno de los tres sistemas de TV digital presentan fortalezas y debilidades en diversos aspectos, y ninguno destaca en forma absoluta. La decisión de seleccionar uno u otro estándar debe entonces basarse en el contexto del país o región de aplicación, y en el rol que las fortalezas y debilidades de cada estándar juegan en dicho contexto.

#### **5.1.1. Sistema de Datos.**

Los tres estándares de televisión digital utilizan actualmente un sistema de paquetización y multiplex de programas que está basado en el estándar MPEG-2, con algunas restricciones y especializaciones en cada uno de los estándares. Una ventaja de esta elección es que, en la actualidad, la mayor parte de los sistemas de distribución de contenidos audiovisuales emplean el estándar MPEG-2 para la codificación de éstos. Este estándar permite la codificación de contenidos audiovisuales en un rango de velocidades entre 3 y 6 Mbps para obtener “calidad estándar” y de entre 18 y 20 Mbps para obtener calidad de “alta definición”. Dada esta flexibilidad del estándar MPEG-2, es posible la transmisión de varios contenidos audiovisuales simultáneos de calidad o definición estándar

(SDTV) utilizando un sólo flujo de transporte MPEG-2 (por ejemplo, cinco contenidos distintos, de 4 Mbps cada uno, con una tasa de datos total de 20 Mbps). Esta modalidad está siendo la que se usa de preferencia en Europa.

Por otra parte, los estándares DVB e ISDB utilizan el concepto de Modulación Jerárquica. La modulación jerárquica permite mezclar modos de transmisión distintos en una sola transmisión. El uso de cada modo es de libre decisión de cada operador. En el sistema ISDB-T es posible combinar hasta tres modos, por ejemplo, radio digital, televisión digital con recepción fija y televisión digital móvil. En el sistema DVB-T la modulación jerárquica permite dos modos, por ejemplo, para recepción fija y móvil, o para Alta Definición y Definición Estándar. El sistema ATSC no considera el uso de modulación jerárquica.

No hay diferencias substanciales entre los estándares en lo que respecta a la codificación de los contenidos mediante la norma MPEG-2 o la transmisión de contenidos de definición estándar (SDTV) o de alta definición (HDTV). Los estándares DVB e ISDB, sin embargo, usan el concepto de Modulación Jerárquica, pudiendo ISDB-T transmitir en tres modos simultáneos, mientras que DVB puede hacerlo en dos modos, siendo estos dos estándares más flexibles que el estándar ATSC, el que no tiene esta capacidad.

### 5.1.2 Sistema de Compresión de Audio.

ATSC utiliza el sistema de compresión de audio AC3, que es propietario de los laboratorios DOLBY y está incluido en prácticamente todos los equipos de alta fidelidad que se comercializan actualmente para uso doméstico. ISDB-T utiliza AAC (parte de la norma MPEG-2), mientras que DVB usa el estándar MPEG-2, pero puede operar también con AC3.

Entre los tres estándares no parece haber diferencias de calidad o precio substanciales entre los sistemas de audio utilizados. Si bien el estándar ISDB-T codifica audio surround a una tasa ligeramente menor y más eficiente (320 Kbps comparado con 448 de AC3 en ATSC), esta diferencia no es significativa.

### 5.1.3 Televisión de alta definición (HDTV)

Los tres estándares son capaces de transmitir contenidos audiovisuales de definición estándar (SDTV), pudiendo ser transmitidos hasta 4 programas SDTV simultáneamente en un mismo flujo de transporte. Alternativamente, los sistemas pueden ser usados para la transmisión de un flujo HDTV.

El sistema ATSC fue desarrollado con el propósito de permitir transmisiones de televisión de alta definición usando una banda de 6 MHz. ISDB-T considera la transmisión de HDTV utilizando 12 de los 13 segmentos de la banda de 6 MHz (el decimotercer segmento es reservado para recepción portátil). DVB-T, en cambio, puede usar anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz. Si bien se ha dicho que el estándar europeo no es capaz de transmitir HDTV en un ancho de bandas de 6 MHz, varias demostraciones en terreno han desmentido esta limitación.

A diferencia de los otros estándares ATSC tiene la ventaja de haber sido diseñado con el propósito específico de transmitir HDTV, pero los otros dos estándares también tienen dicha capacidad.

### 5.1.4 Tasa de Datos y Cobertura.

ATSC opera con una tasa de datos única de 19,39 Mbps, usando un mecanismo de codificación de canal y modulación cuyos parámetros son fijos y que no pueden ser configurados por el operador. En DVB-T y ISDB-T ofrecen una alta variedad de tasas de datos en función de los parámetros de modulación y codificación. Permitiendo así ajustar la tasa de datos en función de la cobertura deseada. DVB-T

En ISDB-T, al igual que DVB-T, ofrece gran flexibilidad en el compromiso entre tasa de datos y cobertura, lo cual no está presente en ATSC. Una de las ventajas de esta flexibilidad es que permite hacer la transición desde el régimen de TV analógica con definición estándar a TV digital con alta definición en forma costo-eficiente. En un primer paso, se migra de transmisiones analógicas a digitales manteniendo las transmisiones en definición estándar. Ello no obliga a los operadores hacer grandes inversiones en equipamiento de estudio de alta definición, ni reajustar sus planes de negocios, puesto que

emitirían las mismas señales SDTV únicas del modelo actual. Asimismo, este primer paso requiere esencialmente sólo instalar nuevos equipos transmisores en sitios existentes, puesto que la alta codificación posible para transmitir digitalmente programas únicos en calidad estándar asegura grandes áreas de cobertura. Similarmente, en el lado receptor, los usuarios podrían reutilizar sus televisores actuales, debiendo solamente adquirir un STB. En un segundo paso, los operadores podrían comenzar a experimentar con el nuevo modelo de negocios basado en la flexibilidad de transmitir alta definición, o varios programas paralelos de definición estándar, invertir en infraestructura, etc. Los usuarios, por su parte, comenzarían en esta etapa a adquirir televisores HDTV en la medida que se hace disponible la programación correspondiente.

Frente a los otros dos estándares ATSC presenta una leve ventaja sobre DVB-T en términos de tasas de datos para coberturas similares y en condiciones de propagación muy benignas (canal Gaussiano). No obstante, varias pruebas de campo realizadas no muestran con claridad dicha ventaja. A su vez, simulaciones y pruebas de campo muestran que DVB-T supera a ISDB-T en este sentido. Destaca, asimismo, el contraste entre la tasa única de ATSC y la gran variedad de tasas posibles con DVB-T e ISDB-T, algunas de las cuales son incluso superiores a la de ATSC. Finalmente, los tres estándares tienen las tasas de datos necesarias para transmitir señales HDTV en bandas de 6 MHz.

### 5.1.5 Robustez ante Propagación de Multitrayectoria.

En DVB-T e ISDB-T la inmunidad a propagación de multitrayectoria es intrínseca a la modulación OFDM, y es de responsabilidad de los operadores configurar la transmisión tal que se neutralice la distorsión por multitrayectoria. En ATSC, en cambio, la modulación 8-VSB no es intrínsecamente inmune a la propagación de multitrayectoria, y está en manos de los fabricantes, y del presupuesto de los consumidores, el ofrecer y/o comprar receptores con buena capacidad para revertir los efectos de propagación por multitrayectoria. Esto es una desventaja para la operación de ATSC en Chile, país en el que el costo de los equipos es un factor preponderante en la decisión de compra de equipos que realizan los consumidores de TV abierta. También se identifica una incertidumbre sobre la

disponibilidad de receptores ATSC adecuados para la geografía chilena. Finalmente se establece que ATSC es menos robusto para recepción en ambientes interiores.

#### 5.1.6 Recepción bajo Condiciones de Movilidad.

ISDB-T y DVB-T tienen ambas capacidades similares para recepción tanto móvil como portátil<sup>24</sup>. ATSC, en cambio, no ha presentado a la fecha soluciones convincentes para uso móvil. Se identifica además que canales de baja frecuencia (banda VHF) permiten recepción móvil a velocidades mayores que canales de alta frecuencia (banda UHF), haciendo comercialmente más atractiva la banda VHF para transmisión a móviles. También destaca la potencial importancia a futuro del mercado de televisión terrestre en terminales móviles y portátiles.

#### 5.1.7 Utilización del Espectro y Eficiencia Espectral.

Los tres estándares cuentan con especificaciones para operar en bandas de 6 MHz. ATSC e ISDB-T están especificados únicamente para ese ancho de banda, mientras que DVB-T cuenta adicionalmente con las especificaciones para operar en bandas de 5 (con limitaciones), 7 y 8 MHz. Para canales de 6 MHz, el ancho de banda activamente utilizado con DVB-T es de 5,71 MHz, mientras que ATSC tiene un ancho de banda activo de 5,38 MHz e ISDB-T ocupa 5,57 MHz. En los tres casos, sin embargo, la transmisión contiene energía fuera de estos rangos, aunque en todos los casos es despreciable fuera del rango de 6 MHz.

En la práctica ATSC y DVB-T son muy similares en términos de eficiencia espectral, puesto que en anchos de banda idénticos ofrecen tasas similares y con coberturas similares. ISDB-T presenta cierta desventaja, lo cual es consistente con el menor ancho de banda efectivamente utilizado dentro de los 6 MHz disponibles. Pero en definitiva en condiciones realistas de propagación, DVB-T es el estándar espectralmente más eficiente gracias a la fortaleza de la modulación OFDM.

### 5.1.8 Factibilidad de Operar con Bandas de 8 MHz en Chile.

La factibilidad de operar en un ancho de banda de 8 MHz en Chile sólo tiene sentido para el caso DVB-T. Los otros dos estándares no especifican este modo de operación, lo que limita seriamente la disponibilidad de equipos de aquellos estándares para 8 MHz. Esto puesto que el atractivo comercial para fabricantes de equipos es virtualmente inexistente. El mercado chileno es demasiado pequeño para justificar el diseño y fabricación de equipos que no conforman 100% con alguno de los estándares oficiales.

La ventaja principal de operar con bandas de 8 MHz es que el sistema gozaría de mayores tasas de datos, las que podrían alcanzar hasta 30 Mbps. Esto permitiría transmitir, por ejemplo, una señal de alta definición (HDTV) junto a una de definición normal (SDTV) en un mismo canal, lo que facilitaría la migración de equipamiento SDTV a HDTV tanto para operadores como tele-espectadores. Una modalidad de este tipo no es factible con ATSC. Una visión alternativa de la ventaja de tasa de datos obtenida al usar bandas de 8 MHz es considerarla como un sacrificio de eficiencia espectral a cambio de una cobertura más amplia. Lograr tasas similares que en 6 MHz a cambio de una codificación de canal más robusta y más inmune a ruido e interferencias. Así, para una tasa dada, la pérdida de eficiencia espectral se traduce en un menor requerimiento de razón señal a ruido o, equivalentemente, una mayor cobertura. En este caso, para lograr una tasa similar a ATSC (19,39 Mbps) con DVB-T a 8 MHz, DVB-T tendría aproximadamente una ventaja de 2-3 dB en razón señal a ruido.

Es importante señalar que lo anterior no debe ser confundido con la idea que la operación de DVB-T en bandas de 8 MHz es ineficiente espectralmente. En efecto, las configuraciones de DVB-T en 8 MHz con altas tasas de datos son espectralmente más eficientes que ATSC. Por ejemplo, la tasa de 29,03 Mbps, tiene una eficiencia espectral de 3,63 bits/s/Hz, mientras que la eficiencia espectral de ATSC es 3,23 bits/s/Hz. Esta ventaja de DVB-T es la que permitiría las transmisiones simultáneas HDTV y SDTV mencionadas con anterioridad.

El sacrificio de eficiencia espectral mencionado arriba no necesariamente es un factor fuerte en contra de optar por canales de 8 MHz, puesto que en la actualidad existe una gran cantidad de espectro no utilizado en la banda UHF. En este sentido, el

inconveniente de asignar bandas de 8 MHz en vez de 6 MHz es principalmente de tipo regulatorio, específicamente:

- La migración a TV digital tendría que ser obligadamente en la banda UHF, cuya partición en canales concesiones existentes tendrían que ser revisadas, con la probable objeción de concesionarios existentes que han invertido en equipos de 6 MHz.
- Una vez llegada la fecha del shutdown analógico, la partición y concesiones de la banda VHF tendrían que ser revisadas para extender la banda al modo de 8 MHz ello, desde luego, sólo en caso que se decidiera seguir explotando la banda VHF para transmisión de TV. Las condiciones de propagación de esta banda (pérdida de potencia por distancia) son menos severas que en UHF, lo cual las hace económicamente más atractivas, puesto que permiten mayor cobertura con una misma estación transmisora.
- Asimismo, la recepción en móviles de canales con frecuencias más bajas es más benigna, debido a que una menor dispersión Doppler permite recepción en móviles a velocidades más altas. Por lo tanto, es esperable un alto nivel de resistencia por parte de concesionarios existentes a cualquier propuesta de cambios en la asignación actual. No obstante, también es importante destacar que los canales en la banda VHF sufren de mayor “interferencia urbana” producto de radiaciones espurias de electrodomésticos, maquinaria industrial, vehículos, etc.

Optar por el estándar DVB-T con bandas de 8 MHz tiene el potencial de ofrecer tasas de datos superiores a ATSC e ISDB-T, o tasas similares con un menor requerimiento de razón señal a ruido. Ello abre posibilidades interesantes para la estrategia de migración hacia HDTV. El mayor desafío para la operación en bandas de 8 MHz es de tipo regulatorio.

## 5.2.0 Resumen según análisis comparativo sobre los estándares ATSC, DVB-T y ISDB-T

1. Los tres estándares no presentan diferencias importantes en cuanto a resoluciones de video posibles, pudiendo todos operar en definición estándar y alta definición.
2. Los tres estándares no presentan diferencias importantes en cuanto a la calidad de las señales de audio posibles.
3. Que a diferencia de ATSC, ISDB-T y DVB-T tienen gran flexibilidad para configurar las transmisiones en función de tasas de datos deseadas y cobertura requerida, la que permite suavizar la transición desde TV analógica de definición estándar a TV Digital en alta definición.
4. Que dicha flexibilidad permite, además, que cada operador configure, en cada momento, sus transmisiones de acuerdo a su propio plan de negocios.
5. Que a diferencia de ATSC, ISDB-T y DVB-T permiten organizar las transmisiones en flujos jerárquicos.
6. Que pruebas de terreno no son concluyentes en cuanto a que ATSC logra mejor cobertura que DVB-T, y que la cobertura de ISDB-T a tasas de datos comparables es levemente menor.
7. Que DVB-T tiene la mejor inmunidad a propagación de multitrayectoria, y a que este aspecto es crítico en un entorno geográfico como el chileno.
8. Que dicha inmunidad por parte de ATSC requiere complejos diseños en los receptores, lo cual es regulado por fuerzas de mercados de contextos geográficos y socioeconómicos diferentes al chileno.
9. Que mediante la introducción del estándar DVB-H, DVB-T ha resuelto sus limitaciones originales para transmisión a terminales portátiles, logrando desempeños equivalentes a ISDB-T.
10. Que ATSC no tiene la capacidad de recepción en terminales móviles ni portátiles.
11. Que los tres estándares operando en bandas de 6 MHz presentan eficiencias espectrales similares.
12. Que, no obstante, la eficiencia espectral de DVB-T operando en bandas de 8 MHz es mayor.

13. Que DVB-T operando en bandas de 8 MHz permite tasas de datos que pueden entregar transmisiones HDTV y SDTV simultáneas, facilitando de esta forma la introducción de HDTV.

14. Que en Chile hay gran disponibilidad de espectro en la banda UHF.

15. Que el tamaño del mercado mundial de equipos DVB-T es superior al de ATSC, y muy superior al de ISDB-T, garantizando gran variedad de dispositivos a costos competitivos.

16. Que ISDB-T, además de poseer un mercado mundial pequeño, requiere de dispositivos (set-top-boxes y televisores) comparativamente más complejos que DVB-T.

Tabla de resumen comparativo de los tres Estándares (En Banda de 6MHz).

En la siguiente tabla se comparan los estándares en términos de sus fortalezas y debilidades. La nomenclatura es:

AA Fortaleza sólida

A Fortaleza Leve

0 Comparativamente Neutral

B Debilidad leve.

<b>Criterio</b>	<b>ATSC</b>	<b>DVB-T</b>	<b>ISDB-T</b>	<b>Importancia</b>
Fuente de datos	0	0	0	Media
Sistema de transporte y multiplex	0	A	A	Media
Audio	0	0	0	Media
Televisión de alta definición	0	0	0	Media
Compatibilidad con equipamiento NTSC	0	0	0	Baja
Tasas de datos y cobertura	0	A	0	Alta
Movilidad y multitrayectoria	B	AA	A	Alta
Coexistencia con transmisiones analógicas	0	0	0	Baja
Costo y disponibilidad de equipos	0	AA	SS	Alta

*Tabla 13. Comparación de los estándares*

## CAPITULO VI

### PRUEBAS EN TRANSMISION DE VIDEO STREAMING MULTICAST CON COMPRESION MPEG-2 Y MPEG4

El trabajo práctico fue dividido en dos partes debido a las características de las pruebas llevadas a cabo en laboratorio. En primer lugar se desarrollará un análisis de rendimiento de la red debido al tráfico unicast y/o multicast proveniente de una fuente de video, como justificación del uso de esta tecnología en las redes de IPTV, posteriormente se hará un análisis de la calidad de video percibida para distintos tipos de programación, como justificación de la necesidad de aplicar un bit rate específico para estos.

#### 6.0 Descripción de la Arquitectura de la red utilizada.

La red utilizada para realizar las pruebas que se incluyen en el desarrollo este práctico, está basada en una red de IPTV general, donde la mayoría de los dispositivos son transparentes para el usuario y el análisis de la red se lleva a cabo en un punto de esta, por lo que para nuestro estudio se redujo al esquema de la figura 96.

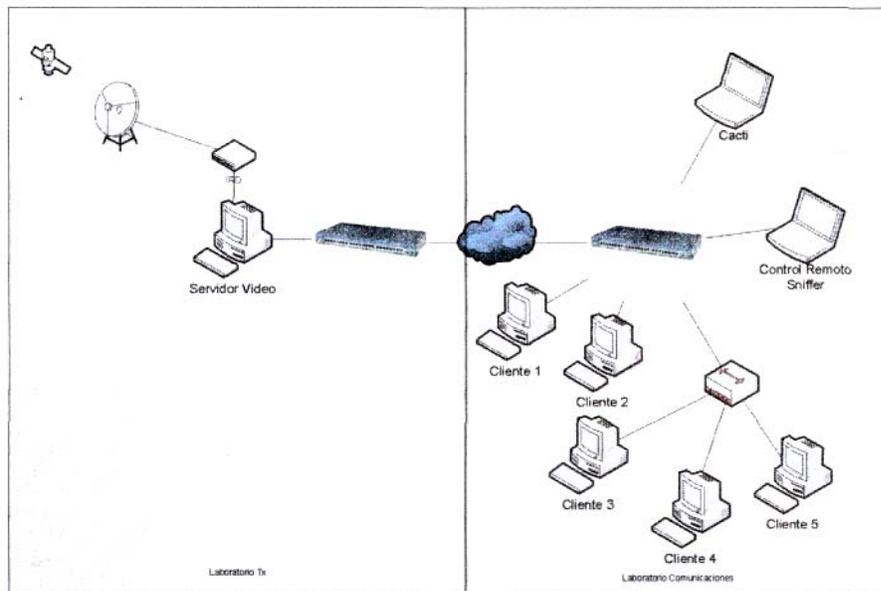


Figura 96. Arquitectura de la Red de Prueba.



Figura 97. Switch Cisco Catalyst 2950, Hub, Pc de Monitoreo.



Figura 98. PCs de Recepcion de video.

Para la realización de estas pruebas se utilizaron dos laboratorios del Instituto de Electricidad y Electrónica los cuales cumplieron una función específica. Uno es el laboratorio de señales de transmisión, el cual se utilizó para la transmisión de la señal de video streaming. El segundo fue el laboratorio de comunicaciones, el cual fue utilizado para la recepción de la señal de video streaming.

Las características de los equipos utilizados son las siguientes:

PC codificador y servidor de Video en demanda y multicast:

- Ubicación: Laboratorio de líneas de transmisión:
- Sistemas Operativos: Windows XP y Ubuntu Linux.
- Procesador: Intel Pentium 4 CPU 3.00 GHz
- Memoria RAM: 768Mb
- Tarjeta Capturadota de video.

PCs utilizados como clientes ubicados en laboratorio de comunicaciones:

PCs clientes:

- Sistema Operativo: Windows XP
- Procesador: Pentium (4) 1,8 GHz
- Memoria RAM:256 Mb

Notebook de Monitoreo de la Red:

- Sistemas Operativos: Ubuntu Linux
- Procesador: 1,8 GHz
- Memoria RAM: 512 Mb

Notebook de control vía-remota del PC servidor de video y monitoreo de trafico.

- Sistemas Operativos: Windows XP
- Procesador: AMD 1,8 GHz
- Memoria RAM: 1Gb

## Switch Cisco Catalyst 2950:

La familia Catalyst de Cisco es una completa línea de Switches de alto rendimiento diseñados para ayudar a los usuarios a que pasen de forma sencilla de las redes LAN compartidas tradicionales a redes completamente conmutadas.

Los Switchs Catalyst ofrecen alto rendimiento, administración y escalabilidad, se puede encontrar equipos Ethernet, Fast Ethernet y con opciones modulares las cuales permiten adaptarlos a las distintas necesidades de los usuarios.

### Especificaciones:

- Tipo de dispositivo: Conmutador
- Factor de forma: Rack montable en bastidor
- Dimensiones: (Ancho x Profundidad x Altura) 44.5 cm. x 24.2 cm. x 4.4 cm.
- Peso: 3kg
- Memoria RAM: Instalado (máx.) 16 MB
- Memoria Flash: Instalado (máx.) 8MB Flash
- N° de puertos de red: 24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX
- Tecnología de conectividad: Cable.
- Velocidad de transferencia de datos: 100 Mbps
- Protocolo de interconexión de datos: Ethernet (802.3), Fast Ethernet
- Protocolo de conmutación: Ethernet
- Protocolo de administración remota: SNMP, RMON.
- Modo comunicación: Semidúplex, dúplex pleno.
- Características: Auto-sensor por dispositivo, negociación automática, manejable.
- Cumplimiento de normas: IEEE 802.3-LAN, IEEE 802.3U-LAN, IEEE 802.1D-LAN, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.1x.
- Alimentación: AC 110/220V 10%(50/60 Hz)
- Requisitos del sistema: Cisco IOS.

Para el desarrollo de estas pruebas se utilizaron PCs con sistema operativo Windows XP, Ubuntu Linux y los softwares necesarios los cuales debieron instalarse en cada PC fueron los siguientes:

- El software wireshark, que es un analizador de tráfico o Sniffer. Este software es de dominio público y se puede obtener en [www.wireshark.com](http://www.wireshark.com)
- El software VideoLAN, que sirve para enviar y recibir video IP. Es un software de libre distribución que puede enviar o recibir tanto video unicast o multicast y se puede obtener de [www.videolan.org](http://www.videolan.org)
- El software RTP Tools, consta de una serie de pequeñas aplicaciones que son utilizadas para el procesamiento de datos RTP, en nuestras pruebas utilizamos la herramienta Rtpplay la cual es de libre adquisición la cual se puede obtener de [www.cs.columbia.edu/IRT/rtptools/software/download](http://www.cs.columbia.edu/IRT/rtptools/software/download).

#### 6.1.0 Prueba de transmisión de video streaming con distinto tipo de programación.

Esta prueba consistió en transmitir cuatro tipos de contenido de video, con el objetivo de simular una parrilla programática general, cada uno comprimido en mpeg-2 y mpeg-4 correspondientemente. El principal objetivo es establecer el bit-rate específico, con el cual cada tipo de contenido puede establecer un equilibrio entre calidad percibida y ancho de banda utilizado.

Las características de los videos que se van a transmitir son las que se muestran a continuación:

<b>Videos SD</b>	<b>Duración</b>	<b>Bit rate (Kbps)</b>	<b>Formato</b>	<b>Size</b>	<b>Frame rate (fps)</b>	<b>Formato Audio</b>
<b>Dibujo Animado SD</b>	5 minutos	3092	mpeg-4	720x480	29,97	mpeg4aac
<b>Dibujo Animado SD</b>	5 minutos	4787	mpeg-2	720x480	29,97	mp2
<b>Serie Lost SD</b>	5 minutos	3804	mpeg-4	720x480	29,97	mpeg4aac
<b>Serie Lost SD</b>	5 minutos	3626	mpeg-2	720x480	29,97	mp2
<b>Videos Musicales SD</b>	5 minutos	6225	mpeg-4	720x480	29,97	mpeg4aac
<b>Videos Musicales SD</b>	5 minutos	6475	mpeg-2	720x480	29,97	mp2
<b>Futbol SD</b>	5 minutos	4752	mpeg-4	720x480	29,97	mpeg4aac
<b>Futbol SD</b>	5 minutos	4787	mpeg-2	720x480	29,97	mp2

*Tabla 14. Características de los videos SD con distinta programación.*

El video fue transmitido primero en formato Mpeg-2, con un bit-rate de: 1Mb-1,5Mb-2Mb-2,5Mb-3Mb-3,5Mb-4Mb-4,5Mb-5Mb. Luego se repite el mismo procedimiento para los videos en formato Mpeg-4.

### 6.1.1 Procedimiento utilizado en las pruebas de video streaming Multicast

Para la realización de nuestras pruebas de video streaming multicast se escogió un dirección IP multicast, como se explicó anteriormente se debe utilizar el rango de direcciones IP de clase D la cual está designada para la transmisión Multicast que es 224.0.0.0 a 239.255.255.255, para asegurarnos que no exista alguna duplicidad de direcciones. Por lo tanto nuestro rango de IP será 239.255.0.0 a 239.255.255.255, escogiendo la dirección IP 239.255.2.25 para transmitir las señales de video multicast.

Procedimiento de recepción de la señal:

- 1.- En primer lugar se abre el sniffer wireshark en el PCs en donde se recibirá la señal de video, esto dejará la tarjeta de red en modo promiscuo, por lo que se verá todo el tráfico por el segmento.
- 2.- Se abre el VLC dejándolo en modo de recepción con la IP 239.255.2.25.
- 2.- En el PC de transmisión se abre el VLC y se transmite con el formato correspondiente y bit rate específico.
- 3.- La captura de wireshark se guarda para su posterior análisis.

#### 6.1.1.1 Transmisión de Video Streaming Multicast con VideoLAN (VLC)

Como se mencionó anteriormente el PC donde se realizaron las transmisiones de las señales de video streaming multicast fue en el laboratorio de “Líneas de Transmisión”. Debido a la distancia que existe entre los dos laboratorios y la necesidad de realizar transmisiones constantemente para las distintas señales de video, se decidió controlar este PC por escritorio remoto utilizando el software “Logmein” desde un PC del laboratorio de recepción de la señal ya especificado.

El procedimiento para la transmisión de señal de video streaming multicast que se realizó en las pruebas se muestra a continuación:

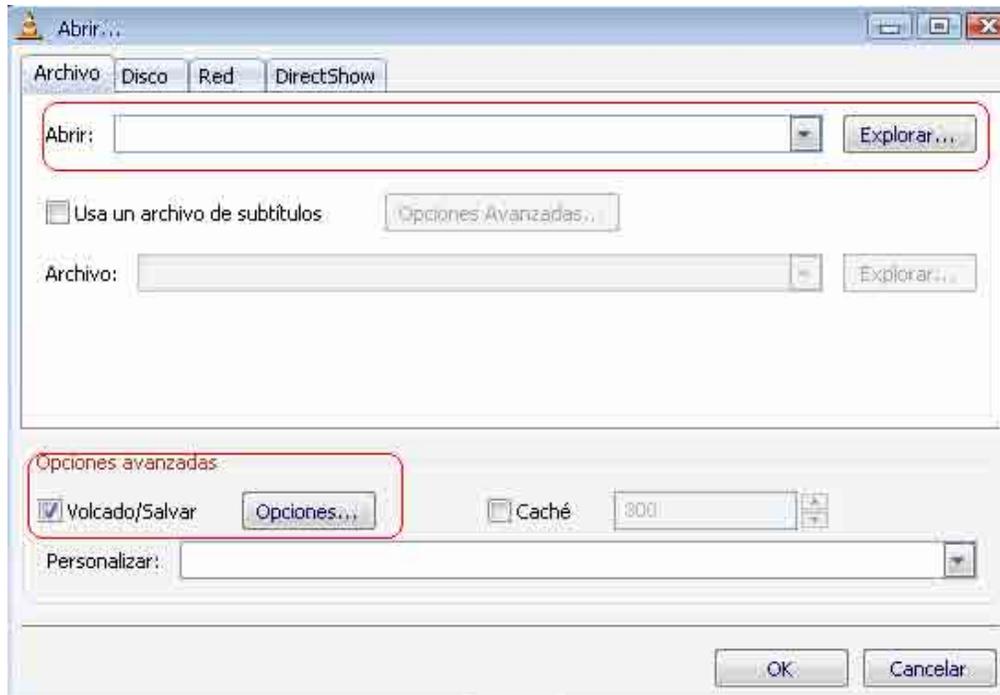
1° PASO

Ejecutamos “VLC media player” y seleccionamos “abrir” como lo muestra la siguiente imagen:



*Figura 99. Menú de VLC*

Nos muestra una ventana con varias pestañas en donde podemos obtener nuestra fuente de video a transmitir.



*Figura 100. Campos de obtención de video.*

En “Opciones” se abre una ventana que nos pide especificar la dirección IP multicast a transmitir, el puerto que se utilizará, el formato del video, el formato de audio, el bit rate y el tiempo de vida de los paquetes TTL. Como se muestra a continuación.

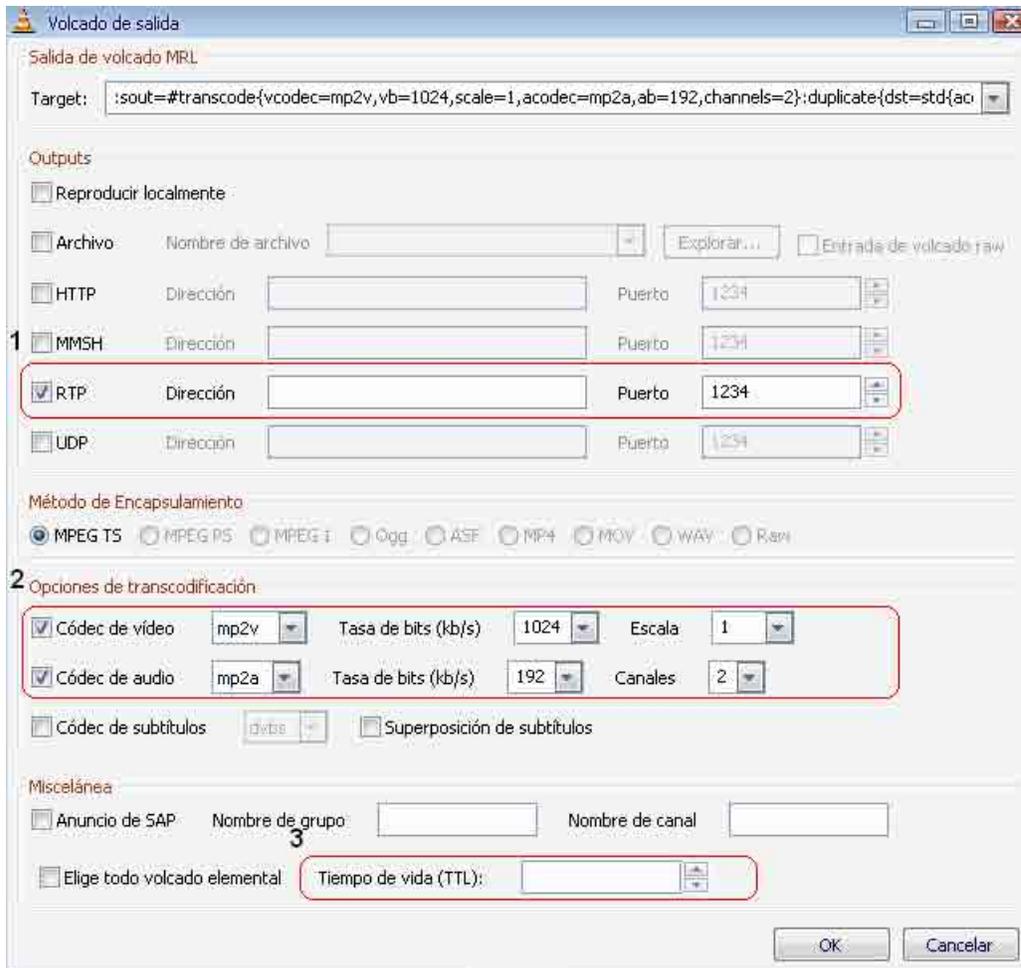


Figura 101. Campos de configuración del video.

1.- En este campo se especifica la dirección IP multicast en la cual realizamos nuestras pruebas la cual fue **239.255.2.25** con puerta **1234**.

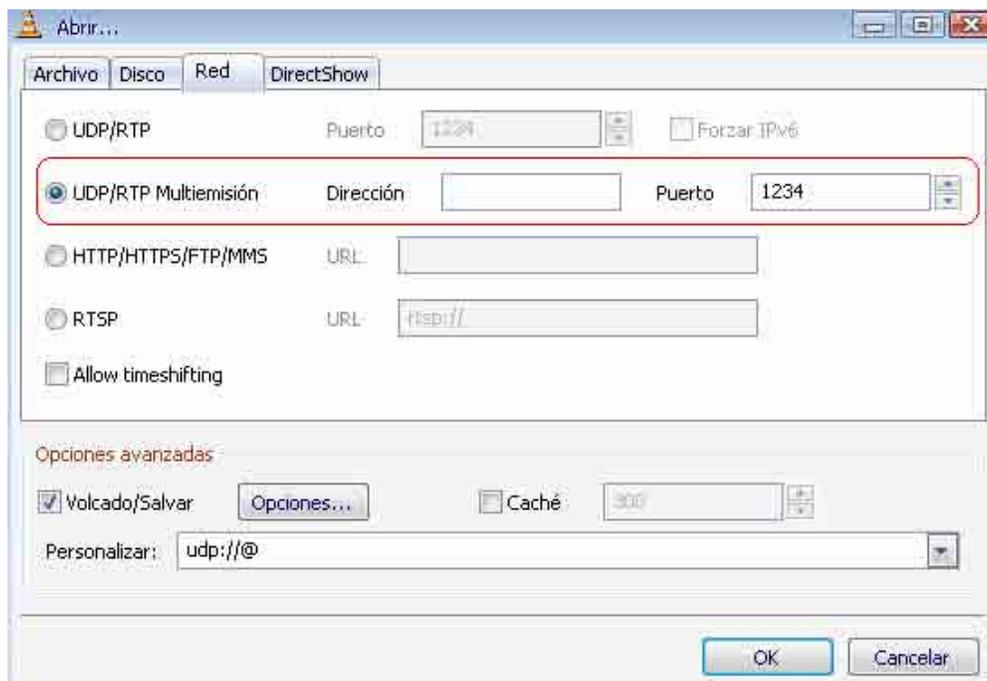
2.- En este campo se especifica el formato del Audio/Video y la tasa de bit rate que se desea transmitir. En nuestras pruebas como se explicó anteriormente utilizaremos video mp2v/mp4v, audio mp2a/mp4a, tasa de bit rate 1Mb/1,5Mb/2Mb/2,5Mb/3Mb/3,5Mb/4Mb/4,5Mb. Variando el formato como el bit rate para los distintos tipos de videos a transmitir.

3.-En este campo se selecciona el tiempo de vida de los paquetes.

Luego de completar los puntos anteriores se deja la demás configuración por defecto, así se finaliza el proceso de configuración del VLC para transmitir video multicast.

### 6.1.1.2 Recepción de Video Streaming Multicast con VideoLAN

Para la recepción de video multicast se realizará en los PCs del laboratorio descrito anteriormente. Para esto se abre el VLC explicado anteriormente y se selecciona la pestaña 'RED', El protocolo UDP/RTP Multiemisión es el seleccionado, por lo que se elige e ingresa la IP 239.255.2.25 con puerto 1234. Para finalizar se presiona OK y la señal de video se comienza a visualizar en el VLC.



*Figura 102. Campo de dirección de recepción Multicast.*

### 6.1.1.3 Captura de los Paquetes de Datos con el Sniffer Wireshark

Este software se utiliza en el proceso de captura de paquetes de datos, en cada transmisión de video multicast realizada. El procedimiento que se siguió lo podemos ver a continuación:

#### 1º PASO

En primer lugar se abre el software, luego se selecciona en la barra de herramientas “**List the available capture interfaces**” como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 103. Menú de Wireshark

Se abrirá una ventana donde se especifica la tarjeta de red por la cual se quiere capturar los datos y **Start**.



Figura 104. Interface de captura.

Comenzando así la obtención de paquetes de datos, para poder ver sólo el tráfico de video multicast el cual se esta recibiendo, se escribe en el campo de Filter “UDP” filtrando solo los paquetes UDP que es el protocolo utilizado para la transmisión de video multicast.

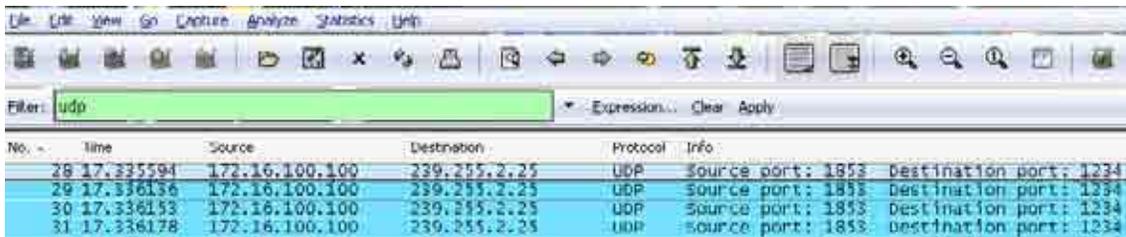
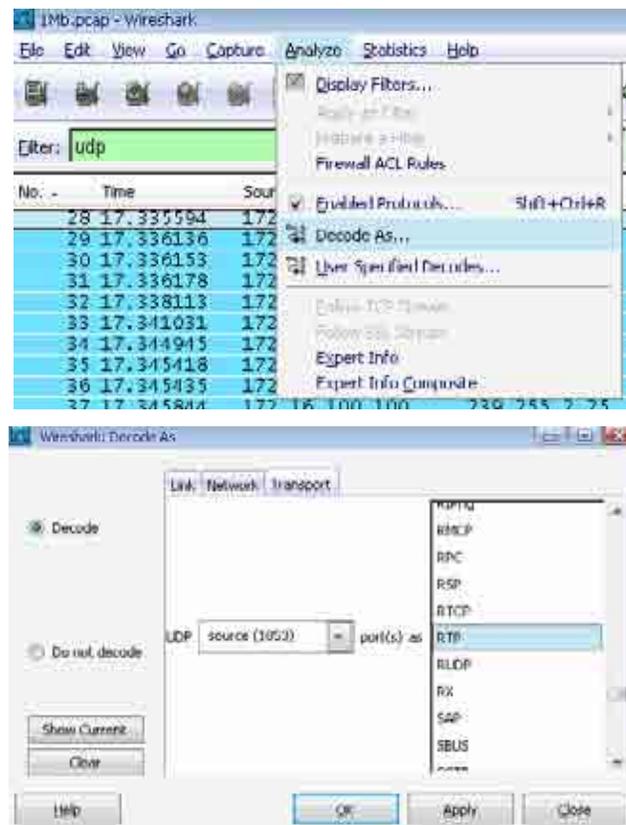


Figura 105. Visor de captura de Wireshark

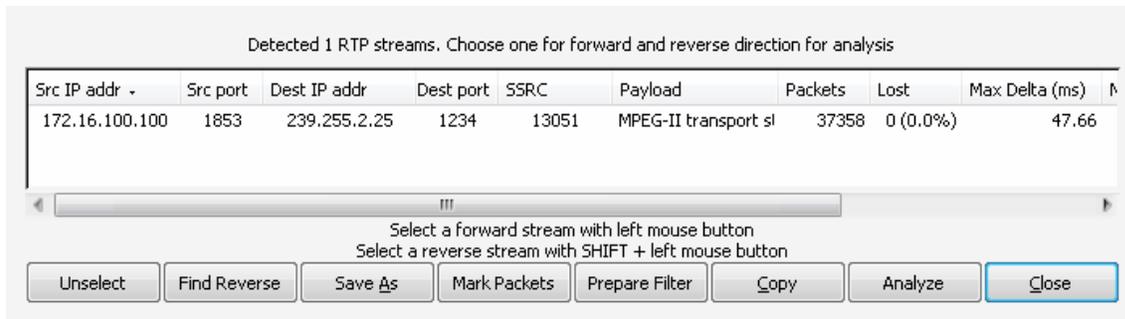
## 2º PASO

Después de haber sido transmitida toda la señal de video, se para la captura en la barra de herramientas. Luego se selecciona en la barra superior de herramientas **Analyze-> Decode As..** Se abrirá una ventana donde seleccionaremos RTP y finalizamos en OK. En este momento se puede apreciar que bajo el protocolo UDP se transmite el video por el protocolo RTP, visualizando con mayor información los paquetes de datos.



*Figura106. Decode As a RTP.*

Para analizar los paquetes de datos recibidos se va a **Statistics** seleccionar **RTP** y **Show All Stream** se abrirá una ventana donde aparece un resumen de la transmisión de video entregándonos varios datos como se muestra a continuación:



*Figura 107. Show all Stream RTP.*

**Src IP Addr:** es la dirección IP del PC de donde se está transmitiendo.

**Dest IP Addr:** es la dirección IP multicast por la cual se está transmitiendo el video.

**Dest port:** es el puerto por donde se transmite el video multicast.

**Payload:** es el medio que transporta el video.

**Packets:** es el número de paquetes transmitidos.

**Lost:** número de paquetes perdidos.

**Máx. Jitters:** es el máximo Jitters obtenido.

### 3° PASO

En este paso se guardará la transmisión RTP del video con el fin que posteriormente con la herramienta rtpplay, podremos volver a reproducirla para su posterior análisis. Para esto se selecciona **Save As** y luego se selecciona el lugar donde se quiera guardar el archivo.

### 4° PASO

En este cuarto paso se analizan los paquetes de datos con mayor detalle mostrándonos una ventana con cada paquete transmitido con su respectivo jitter y ancho de banda, para esto en la ventana que se mostró al final del 2° paso se selecciona **Analyze** y para ver el gráfico del jitter se selecciona en **Graph**. Como se muestra a continuación:

Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	IP BW (kbps)	Marker	Status
28	5834	0.00	0.00	10.85		[ Ok ]
29	5835	0.54	0.04	21.70		[ Ok ]
30	5836	0.02	0.11	32.54		[ Ok ]

Analysing stream from 172.16.100.100 port 1853 to 239.255.2.25 port 1234 SSRC = 13051

Max delta = 0.047664 sec at packet no. 2513  
 Total RTP packets = 37358 (expected 37358) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0

*Figura 108. Datos de captura.*

#### 6.1.1.4 Recuperación de Video por Captura de Paquetes RTP

Se utiliza el software RTP Tools para poder recuperar el video transmitido por medio de los paquetes RTP capturados por el wireshark, los cuales fueron guardados.

La herramienta ocupada es rtpplay la cual por medio de los paquetes RTP, anteriormente guardados, es capaz de recuperar el video transmitido y así poder transmitirlo nuevamente pero no se puede guardar como archivo de video en su formato original, para esto ocupamos el VLC por medio de comandos para grabar la señal transmitida. El procedimiento es el que se muestra a continuación.

- 1.- En primer lugar tenemos que dejar el VLC en modo record, para que cualquier video que sea enviado en la dirección IP designada lo pueda grabar dejándolo en su formato de video original, para esto nos vamos a 'Inicio->Ejecutar' digitamos allí **cmd**, abriéndonos una ventana en modo DOS en este lugar nos vamos a la carpeta donde se encuentra el VLC y digitamos el comando que permite dejarlo en modo record especificando la IP multicast donde queremos grabar, como se muestra a continuación.

```

Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrador>cd..
C:\Documents and Settings>cd..
C:\>cd "Archivos de programa"
C:\Archivos de programa>cd VideoLAN
C:\Archivos de programa\VideoLAN>cd VLC
C:\Archivos de programa\VideoLAN\VLC>vlc -vvv udp:@239.255.2.25 --sout file/ts:
stream.xyz._

```

**File:** es donde se quiere guardar el archivo

**Ts:** es transporte stream

**Stream:** es el nombre del video

**.xyz:** es la extensión del video original

2.- En segundo lugar se debe llevar el archivo que se había guardado anteriormente con la captura de paquetes RTP a la carpeta de rtptools\_1\_18\_win\_bin. Luego nos vamos a 'Inicio->Ejecutar' y digitamos el comando cmd, abriéndonos una ventana en modo DOS. Se procede a digitalizar el siguiente comando como se muestra a continuación

```

Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrador>cd..
C:\Documents and Settings>cd..
C:\>cd rtptools_1_18_win_bin
C:\rtptools_1_18_win_bin>rtppplay -T -f filename 239.255.2.25/1234_

```

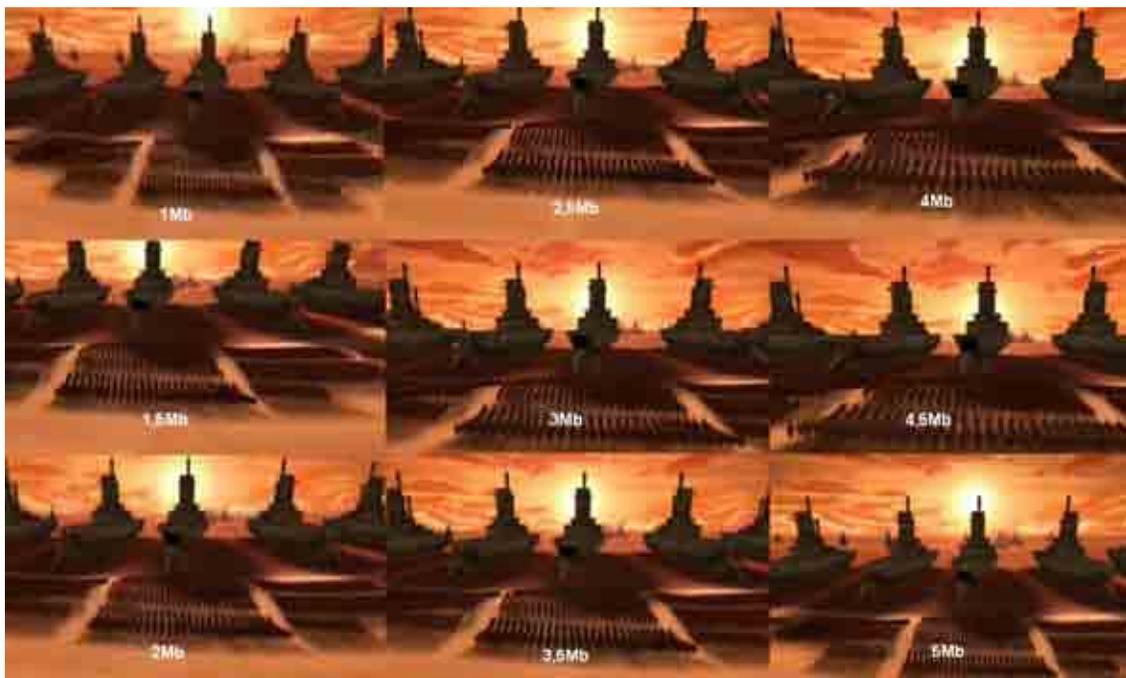
Como podemos ver, se especifica la dirección IP multicast y la puerta por la cual queremos enviar el video anteriormente capturado.

De esta manera con el rtppplay transmite la captura de video y con el VLC en modo record la graba en su formato de video original para su posterior análisis.

### 6.1.2 Análisis de calidad de video percibida para distintos tipos de programación.

En la realización de estas pruebas donde se hizo variar el bit rate en los videos con distinto tipo de programación, se analizo la calidad de video percibida obteniendo un parámetro específico de transmisión para cada tipo de video, como se muestra a continuación.

#### Video de Dibujos animados



*Figura 109. Video de Dibujos animados con Diferentes Bit rate.*

Como se puede ver en la imagen anterior, la calidad de la imagen percibida con un bit rate superior a 2,5 Mb, no se percibe mayor aumento de la calidad de imagen percibida, por lo que se dejó el parámetro de transmisión en 2,5 Mb necesario para transmitir videos de dibujos animados con buena calidad de imagen. Este tipo de programación no requiere un bit rate muy alto para su transmisión por su bajo movimiento en los cuadros de imagen.

## Video de serie de Televisión



*Figura 110. Video de Serie de TV con diferente Bit rate.*

En este tipo de programación de video se pudo apreciar que con un bit rate superior a 3,5 Mb, la calidad de la imagen percibida no varía, por lo que se dejó como parámetro para la transmisión de video.

## Video Clips musicales.



*Figura 111. Video Clips musicales con diferente Bit rate.*

En esta prueba se pudo apreciar que con un bit rate superior a 4Mb, la calidad de la imagen no varía por lo que se dejó este como parámetro de transmisión. En este tipo de programación de video existe gran cantidad de movimiento, cambios de imagen y variación de luz. Por lo que se requiere un mayor bit rate del video para ser percibido con buena calidad de imagen.

### Video de Fútbol



*Figura 112. Video de Fútbol con diferente Bit rate.*

Se pudo apreciar que en este tipo de programación requiere un bit rate de 4Mb para una transmisión con buena calidad, ya que el factor principal para que requiera un alto bit rate de transmisión es el gran movimiento que existe en este tipo de programación.

En la siguiente tabla se resume el bit rate específico para los videos con diferente tipo de programación y en dos tipos de compresión distinta.

	<b>BW Mpeg-2</b>	<b>BW Mpeg-4</b>
<b>Dibujo animados</b>	2,5Mb	2Mb
<b>Serie Lost</b>	3,5Mb	3Mb
<b>Fútbol</b>	4Mb	3,5Mb
<b>Videos Musicales</b>	4Mb	3,5Mb

*Tabla 15. Bit rate específico para cada video.*

Parámetros que se asignaron en el análisis de la calidad del video percibida fueron:

- Pixelación de la imagen frente al movimiento.
- Nitidez en la imagen.
- Perdida de imagen.

Con la tabla anterior podemos comprobar la necesidad de designar un ancho de banda específico para cada tipo de programación ya que uno de los factores principales en el requerimiento de ancho de banda son: el movimiento, variación de luz e imagen de fondo.

#### 6.1.2.1 Mpeg-2 v/s Mpeg-4

En el desarrollo de estas pruebas se pudo observar y comprobar que la compresión en mpeg-4 es mayor a mpeg-2, ya que en la transmisión de los distintos tipos de videos en formato mpeg-4 requirieren un menor bit rate que en mpeg-2. También se pudo observar que la transmisión en formato mpeg-4 debido a su alta tasa de compresión disminuye la calidad de la imagen del video percibida frente a la transmitida en mpeg-2.



*Figura 113. MPEG-4 – MPEG-2.*

## 6.2. Análisis de la red debido al tráfico Unicast y Multicast.

En esta parte se pretende analizar una red, en la cual se transmite tráfico de video. Se realizará el análisis para la transmisión unicast y multicast, por lo que además de lograr una visión de la incidencia de esto en una red, se logra establecer una comparativa de estos dos modos de transmisión y por supuesto demostrar por que el uso de multicast ha sido uno de los principales aportes a las redes de video de alta calidad. A continuación se presenta la red utilizada para las pruebas y la configuración necesaria para simular una red de TvIP general.

### 6.2.1 Red de transporte.

La red de transporte esta simplificada en una red eléctrica con un Switch catalyst modelo 2950. El switch está principalmente destinado a disminuir los dominios de broadcast, pues para los elementos de capa 2 los stream multicast son tomados como broadcast. El video es enviado a través de la red en una Vlan llegando al switch de laboratorio, el que es encargado de enviarlo al cliente que este haciendo la petición usando IGMP Snooping.

La configuración de la red esta principalmente basada en capa 2, por lo que lo único necesario para aislar nuestras pruebas del tráfico normal del instituto, haciendo que en la toma de muestras (paquetes ip) no intervenga tráfico externo, fue crear una Vlan desde el servidor de video hasta los clientes y sniffer.

### 6.2.2 Configuración del servidor de VoD.

En linux, es necesario establecer desde CLI (command line interface) los parámetros para configurar el servidor de video en demanda.

Desde la consola ingresamos la siguiente línea:

```
vlc --ttl 1 -vvv --color -I telnet --telnet-password prueba --rtsp-host 172.16.100.100:5554
```

Que básicamente setea los parámetros para ingresar por telnet a configurar la programación:

Un ttl de 1

Habilita telnet con password “prueba”

Setea la IP del servidor y el puerto.

Desde otra consola ingresamos por telnet a la Ip del servidor o si estamos en la misma máquina a localhost y el puerto 4212 por defecto para VLC.

```
telnet localhost 4212
```

```
new Prueba vod enabled
```

```
setup Test input videoX.mpg
```

Para visualizar el video, desde el cliente escribimos:

```
vlc rtsp://172.16.100.100:5554/Prueba
```

Y comienza la visualización del VoD.

### 6.2.3 Configuración de Vlan:

La configuración de Vlan en Router y Switch Cisco es bastante simple, a continuación se presenta el log de la configuración y su explicación:

*Laboratorio>* ; Laboratorio es el nombre del switch, el prompt (>) indica que no se tienen privilegios de configuración

*Laboratorio>enable* ; Habilitando los privilegios

*Laboratorio#* ; El prompt cambia a (#)

<i>Laboratorio # configure terminal</i>	; Entrando al modo de configuración
<i>Laboratorio#</i>	
<i>Laboratorio (config) #interface fastethernet 0/1</i>	; Entramos a la interfaz que queremos agregar a la vlan
<i>Laboratorio (config) #switchport mode access</i>	; Especificamos que el puerto queda con modo de acceso (en el pc no se puede especificar otro modo)
<i>Laboratorio (config) #switchport access vlan 100</i>	; Agregamos la vlan 100 (si no esta creada, lo hace automáticamente)
<i>Laboratorio (config) #speed auto</i>	; Negocia la velocidad con el dispositivo que este conectado (En este caso con el pc Fastethernet 100 Mbps).
<i>Laboratorio (config) #duplex full</i>	; Transmisión Full Duplex.
<i>Laboratorio (config) #no shutdown</i>	; Y levantamos la puerta administrativamente.

Esto se hace en todos los switches, incluyendo los switches del servidor de video, intermedios y final.

#### 6.2.4 IGMP Snooping.

Es muy importante configurar IGMP Snooping en el switch final (Antes que los clientes), Este protocolo permite enviar el tráfico difundido a través de la red sólo a los clientes relacionados a la multidifusión y funciona básicamente asociando direcciones MAC a los canales multicast previamente pedidos por el cliente.

Configuración de IGMP Snooping:

Laboratorio>

Laboratorio>enable

Laboratorio#

Laboratorio # configure terminal

Laboratorio#

Laboratorio (config) #ip igmp snooping ; Habilitamos IGMP Snooping a modo global

Laboratorio (config) #ip igmp snooping vlan 100 ; Habilitamos IGMP Snooping en la vlan correspondiente

### 6.2.5 Configuración del monitoreo de la red.

La parte más importante es sin duda poder notar los cambios y beneficios que trae el usar multicast o unicast para hacer las transmisiones de video.

Para ver de mejor manera el tráfico a través de la red y por lo tanto ver el ahorro de ancho de banda, se optó por instalar cacti.

**Cacti:** es un sistema de monitorización de redes, esto quiere decir con el que podamos tener controlados los servicios que presta nuestra red en todo momento casi en tiempo real.

Siguiendo con la configuración del switch, para enviar los mensajes de monitoreo se necesita configurar SNMP. SNMP (Simple Network Management Protocol) es un protocolo ampliamente utilizado en la administración de redes y equipos de networking.

La configuración en el switch catalyst, para enviar los mensajes SNMP al gestor es la siguiente:

*Laboratorio>enable*

*Laboratorio # configure terminal*

*Laboratorio (config) #snmp-server community pruebas rw 10 ; Habilitamos SNMP y definimos el nombre de la comunidad que podrá recibir los mensajes, le damos permisos de lectura y escritura (rw) y además especificamos y una lista de acceso, donde incluiremos las direcciones IP que podrá recibir los mensajes.*

*Laboratorio (config) #access-list 10 permit host 192.168.0.1 ; Definimos las direcciones IP de la lista de acceso*

*Laboratorio (config) #access-list 10 deny any log ; Denegamos todas las que no sean la Ip especificada anteriormente*

*Laboratorio (config) #snmp-enable traps* ; Habilitamos el envío de traps en forma global

*Laboratorio (config) #snmp-server host 192.168.0.1 pruebas* ; Especificamos la IP que recibirá los traps y el nombre de la comunidad

*Laboratorio (config) #snmp-server trap-source 192.168.0.5* ; Especificamos la fuente de las alarmas

*Laboratorio (config) #snmp-server trap-timeout XX* ; Definimos el tiempo de envío

*Laboratorio (config) #snmp-server group prueba v1* ; SNMP version 1

*Laboratorio (config) #snmp-server community public RW* ; comunidad “publica” de lectura/escritura

*Laboratorio (config) #snmp-server trap-source FastEthernet0/17*

*Laboratorio (config) #snmp-server host 192.168.0.6 public* ; Necesario para configurar Cacti

Con esta configuración básica, tenemos configurado el switch para comunicarse con el gestor. El gestor es necesario para visualizar de mejor forma el tráfico, para esto escogimos el software cacti, que presenta una interfaz gráfica muy amigable y su instalación es medianamente sencilla. Cacti se instaló sobre Ubuntu Linux, debido a que la instalación es mucho más sencilla que en una plataforma Windows. La instalación se describe a continuación (se asumen conocimientos básicos de linux):

Para instalar cacti, en cualquier plataforma (Linux o Windows) es necesario tener configurado un servidor Apache – PHP – Mysql, pues a este gestor se entra a través de una interfaz WEB dinámica y por supuesto es necesario crear bases de datos, graficarlas editarlas, etc. Se ha escogido las versiones de Apache 2, PHP 5 y Mysql 5.

La instalación de un servidor LAMP (Linux – Apache – Mysql – PHP) resulta bastante sencilla si se siguen los siguientes pasos.

Desde la consola ejecutar:

*Apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5*

El archivo de configuración de Apache está en `/etc/apache2/apache2.conf` y debemos colocar nuestras carpetas web en `/var/www/`. Si por ejemplo queremos que al entrar a `http://localhost/blog` entremos a nuestro blog, debemos crear la carpeta `/var/www/blog/` y dentro de ésta colocar los archivos respectivos.

Para instalar el motor de base de datos MySQL, ingresamos en consola:

```
apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql php5-cli
```

El archivo de configuración está en `/etc/mysql/my.cnf`

Para administrar de una manera más sencilla la base de datos es recomendable instalar PhpMyAdmin, que es una aplicación con interfaz web capaz de crear/borrar y gestionar nuestra base de datos, la instalación se hace ingresando:

```
apt-get install phpmyadmin
```

Los archivos de configuración están en `/etc/phpmyadmin/`

Para poder usar PhpMyAdmin con Apache, editamos el archivo `/etc/apache2/apache2.conf` y agregamos la siguiente línea:

```
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

Ahora debemos reiniciar Apache, desde consola:

```
/etc/init.d/apache2 restart
```

## 6.2.6 Instalación de Cacti.

El software esta disponible en su última versión (con fecha 02/01/08) desde el siguiente link: <http://www.cacti.net/downloads/cacti-0.8.7.tar.gz>

Los pasos a seguir para la instalación y configuración de cacti son los siguientes:

1. Instalar RDDTOOL: RRDtool es el acrónimo de *Round Robin Database tool*. Se trata de una herramienta que trabaja con una base de datos que maneja planificación según Round-Robin. Esta técnica trabaja con una cantidad de datos fija, definida en el momento de crear la base de datos, y un puntero al elemento actual.

El funcionamiento es el siguiente: se trata la base de datos como si fuese un círculo, sobrescribiendo los datos almacenados con anterioridad una vez alcanzada la capacidad máxima de la misma. Esta capacidad máxima dependerá de la cantidad de información que se quiera conservar como historial.

Su finalidad principal es el tratamiento de datos temporales y datos seriales como temperaturas, transferencias en redes, cargas del procesador, etc

```
apt-get install rddtool
```

2. Instalar soporte SNMP.

```
apt-get install snmp
```

3. Crear la base de datos y asignarle permisos a nuestro usuario, usando PhpMyAdmin.

Ingresamos al programa usando un navegador web.

```
http://localhost/phpmyadmin
```

Ingresamos el nombre de nuestra base de datos, en este caso “cacti” y pinchamos en “crear”.

Luego podremos verla en la lista de base de datos existentes.



Figura 114. Ventana del Localhost.

#### 4. Instalar cacti desde el archivo comprimido.

```
tar xzvf cacti0.8.7..tar.gz C /var/www/ ; Descomprimos el archivo en la
ubicación indicada
# mv /var/www/cacti0.8.6h /var/www/cacti ; Renombramos la carpeta a /cacti
# cd /var/www/cacti/ ; Entramos a esa ubicación
# mysql user=root cacti < cacti.sql ; Copiamos la base de datos por defecto a
nuestra base de datos creada en el punto
anterior
# chown R root rra/ log/ ; Nos aseguramos que las carpetas de log
tengan los permisos necesarios para ser
modificadas
```

#### 5. Editamos el archivo de configuración de cacti para permitir el acceso a nuestra base de datos.

```
# gedit /var/www/cacti/include/config.php
```

y cambiamos las siguientes líneas:

```
$database_default = "cacti";  
$database_hostname = "localhost";  
$database_username = "root";  
$database_password = "cacti";
```

El usuario y password deben coincidir con el que autorizamos al crear la base de datos con PhpMyAdmin

Para esto, en PhpMyAdmin entramos a la base de datos y editamos los privilegios

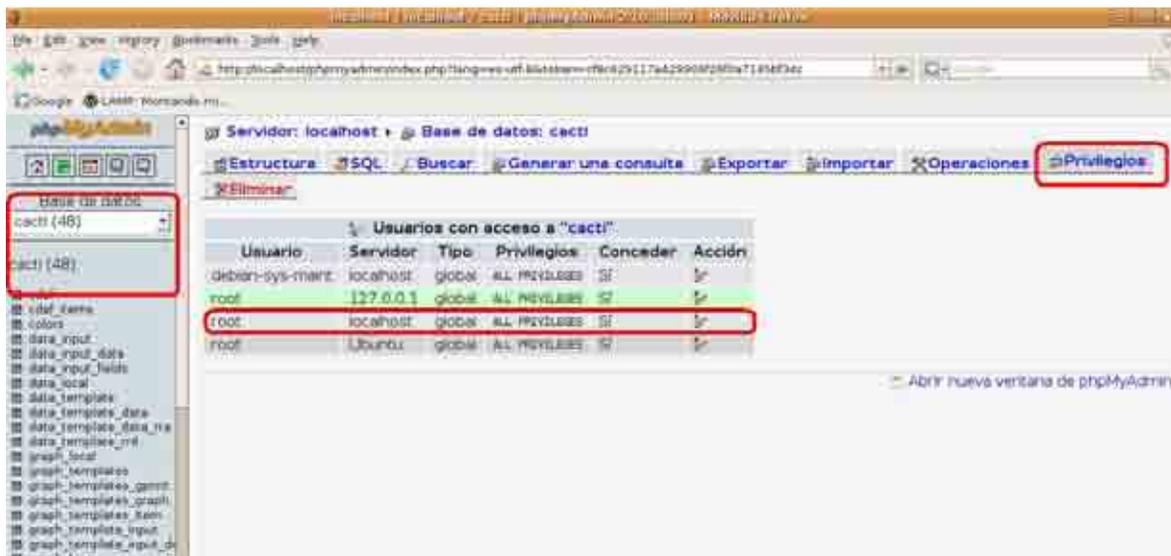


Figura 115. PhpMyAdmin.

Al usuario (root en nuestro caso) le asignamos todos los permisos y establecemos una contraseña (cacti).



http://localhost/cacti/install/

### Cacti Installation Guide

Thanks for taking the time to download and install cacti, the complete graphing solution for your network. Before you can start making cool graphs, there are a few pieces of data that cacti needs to know.

Make sure you have read and followed the required steps needed to install cacti before continuing. Install information can be found for [Unix](#) and [Win32](#)-based operating systems.

Also, if this is an upgrade, be sure to reading the [Upgrade](#) information file.

Cacti is licensed under the GNU / General Public License, you must agree to its provisions before continuing:

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY, without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

**Next >>**

Seleccionamos una nueva instalación

http://localhost/cacti/install/index.php

### Cacti Installation Guide

Please select the type of installation

New Install

The following information has been determined from Cacti's configuration file. If it is not correct, please edit 'include/config.php' before continuing.

Database User: cactiuser  
Database Hostname: localhost  
Database: cactidb  
Server Operating System Type: unix

**Next >>**

Y deben aparecer todos los componentes previamente instalados, si no es así revisar la instalación.



Desde aquí ya podremos acceder al gestor y agregar los dispositivos de red que necesitamos monitorear.

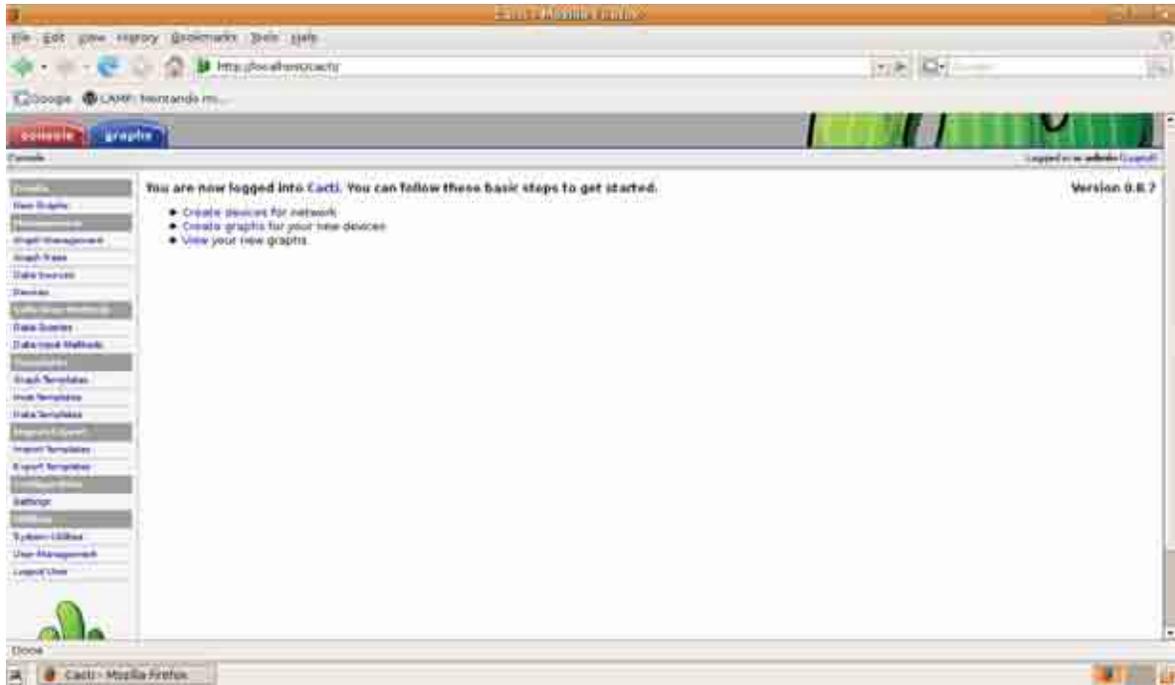


Figura 117. Cacti.

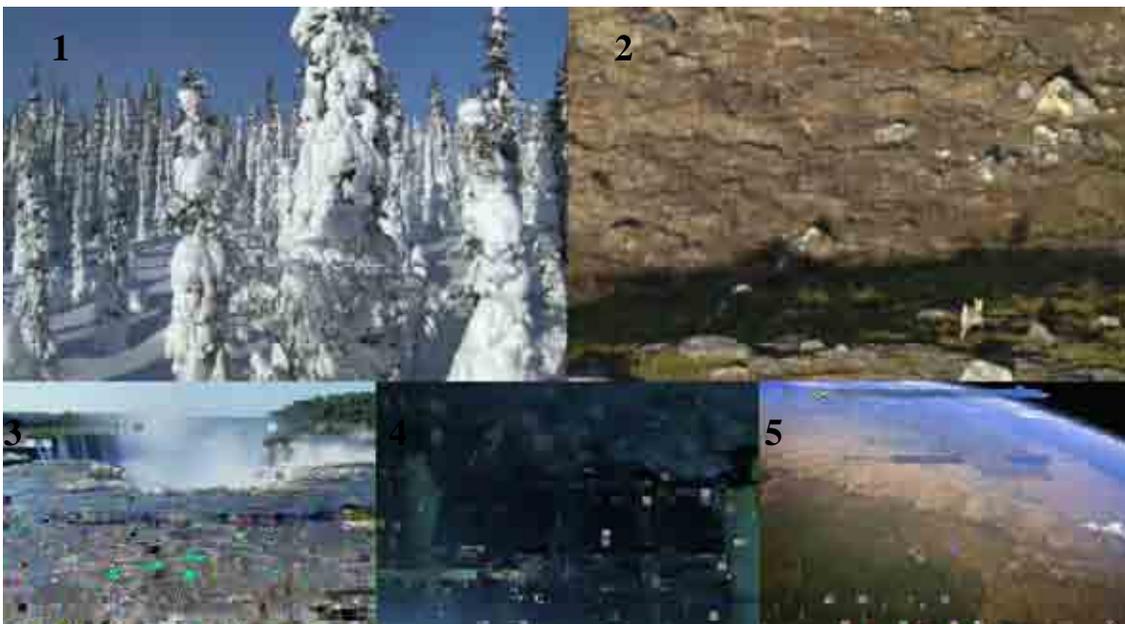
## 6.2.7 Descripción de las pruebas

Se realizaron pruebas de tráfico y mediciones en la red usando unicast y multicast, en ambos casos de forma independiente y con una transmisión FTP, con el fin de simular una red con tráfico normal sumado al de video. Recordar el esquema de la red, en que las puertas 14 y 15 del switch mantienen únicamente un cliente de video y la puerta 16, tres clientes conectados con un hub a esta.

### 6.2.7.1 Trafico Unicast a través de la red.

Se realizo transmisión únicamente de video punto a punto a través de la red, con el fin de visualizar el ancho de banda utilizado en las puertas Fastethernet del Switch, además de ver la calidad percibida del video, tomando muestras en cada uno de los clientes.

Muestras de video recibido por cliente.



*Figura 118. Muestras de videos recibidas.*

Los clientes 1 y 2 que se encuentran en las puertas 14 y 15 respectivamente presentan claridad en la imagen y velocidad normal.

Los clientes 3, 4 y 5 que se encuentran en la puerta 16, por lo tanto comparten un ancho de banda (ver grafico), presentan pixelaciones y congelamientos.

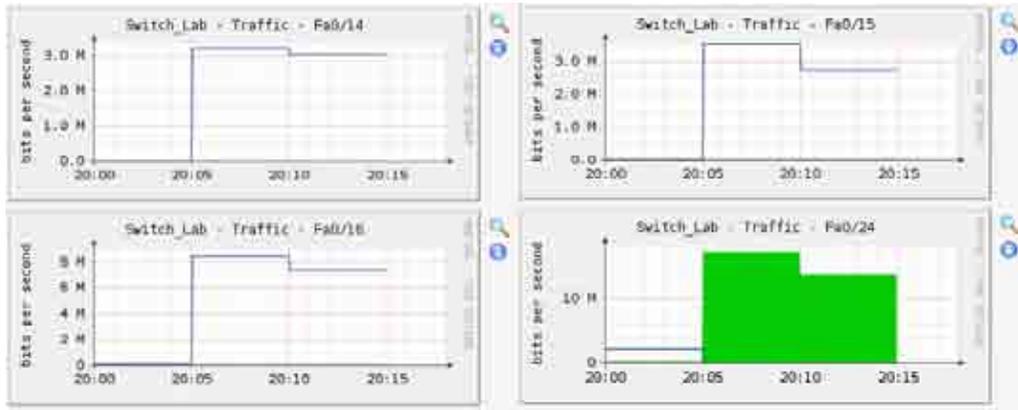


Figura.119. Grafico ancho de banda consumido por puerta.

Como es de esperar, en la transmisión unicast, el ancho de banda ocupado por puerta es igual a la suma de los canales que recibe dicha puerta. La puerta 24, que es el uplink en este caso, muestra un ancho de banda igual a la suma de los 5 clientes (con los 3 M aprox. Por canal)

### 6.2.7.2 Trafico Multicast a través de la red.

Al igual que en el caso anterior se analizó el tráfico multicast proveniente de la fuente de video streaming hacia los clientes, pasando por el switch para su visualización (BW) en cacti.



Figura 120. Muestras de videos por clientes.

Se ve claramente que el video se presenta limpio, sin pixelaciones y se aprecia a velocidad normal, no importando si el cliente tiene el ancho de banda disponible de una puerta (1 y 2) o si comparten el ancho de banda (2, 4 y 5).

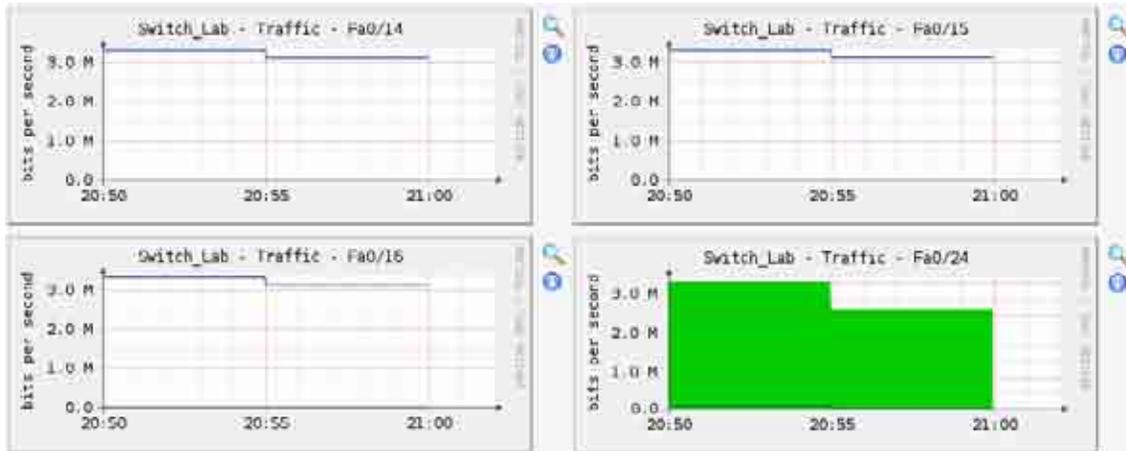


Figura 121. Grafico ancho de banda consumido por puerta.

En este caso (multicast) se puede apreciar claramente el ahorro de ancho de banda en la puerta de uplink, en donde el tráfico es sólo el del canal solicitado aunque este sea visualizado por más clientes.

### 6.2.7.3 Análisis de la red debido al tráfico Unicast/Multicast.

Para esta prueba se efectuó una transmisión de video unicast/multicast en paralelo con una descarga de archivo por ftp, el tráfico se visualizará de la misma forma anterior y se debe considerar que el transporte de ftp se lleva a cabo por TCP, lo que agrega tráfico a la red debido a que se debe enviar una confirmación de que el paquete ha sido recibido.

En el servidor de video se creó un servidor FTP “vsftpd”, dejándolo con acceso a usuario anónimo, puesto que para estas pruebas no es necesario agregar seguridad al servidor.

Se omitieron los “pantallazos” de los clientes, puesto que la calidad apreciada se asemeja a las obtenidas anteriormente (unicast), con un incremento en la pérdidas de

cuadros y la calidad de la imagen, debido a que el switch al verse disminuido en capacidad, descarta paquetes sin importar la fuente o el tipo.

Gráfico de ancho de banda transmisión FTP.

Se visualizó el ancho de banda ocupado por la transmisión ftp con el fin de establecer cual es el consumo de este para un enlace “dedicado”, y apreciar la confirmación (AKC) de la llegada del paquete IP.



Figura 122. Ancho de banda por transmisión ftp.

De aquí se aprecia claramente la velocidad alcanzada por la transmisión (recuadro rojo 30 Mbps aprox.) y el acuse de recibo que envía el cliente ftp (recuadro azul)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4942	8.616986	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=8943765 Win=65535 Len=C
4943	8.617217	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4944	8.617285	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4945	8.617311	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=8946885 Win=65535 Len=C
4946	8.617327	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4947	8.617368	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=8948145 Win=65535 Len=C
4948	8.617646	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4949	8.617710	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4950	8.617737	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=8951065 Win=65535 Len=C
4951	8.654906	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Previous Sequence Error: FTP Data: 1460 bytes
4952	8.654240	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=9281765 Win=65535 Len=C
4953	8.654251	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4954	8.654330	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=9283225 Win=65535 Len=C
4955	8.654338	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4956	8.654372	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Previous Sequence Error: FTP Data: 1460 bytes
4957	8.654708	172.16.100.10	172.16.100.100	TCP	2284 > 45430 [ACK] Seq=1 Ack=9387605 Win=65535 Len=C
4958	8.654719	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes
4959	8.654752	172.16.100.100	172.16.100.10	FTP-DATA	FTP Data: 1460 bytes

Figura 123. Captura de paquetes.

Se puede apreciar por ejemplo, el envío de información (paquete 4947), la confirmación de su recepción (paquete 4950) y el reenvío de un paquete que no llegó al destino (paquete 4951). El porcentaje de perdida para este caso fue de 0,56 % de los más de medio millón de paquetes enviados.



Figura 124. Grafico de ancho de banda unicast-ftp.

De los gráficos se puede apreciar que el ancho de banda total en la puerta 24, corresponde a la suma de los canales individuales recibidos por los clientes de video más el trafico ftp, el cual no alcanza su máximo valor, como lo hizo para el envío dedicado.

### Captura de paquetes.

De la captura se puede apreciar que la perdida de datos fue del 0,7 %, sólo un poco más que para el caso de la transmisión de datos únicamente. Mientras que la pérdida de paquetes de video fue de 13,9 %. Esto debido a que ningún componente de la red puede diferenciar si los paquetes corresponden a datos o ha contenido multimedia. Aunque estos valores parezcan bajos, hay que considerar que el protocolo de transporte es TCP, por lo que la retransmisión afecta de gran manera al rendimiento de esta.



Figura 125. Grafico ancho de banda multicast-ftp

En este caso, como era de esperar, el BW baja considerablemente, además el tráfico a través de la red que no es video, alcanza un valor muy superior al caso anterior, lo que se traduce en mayor fluidez de los datos a través de la red, una menor pérdida de paquetes y por lo tanto menor número de peticiones de reenvío.

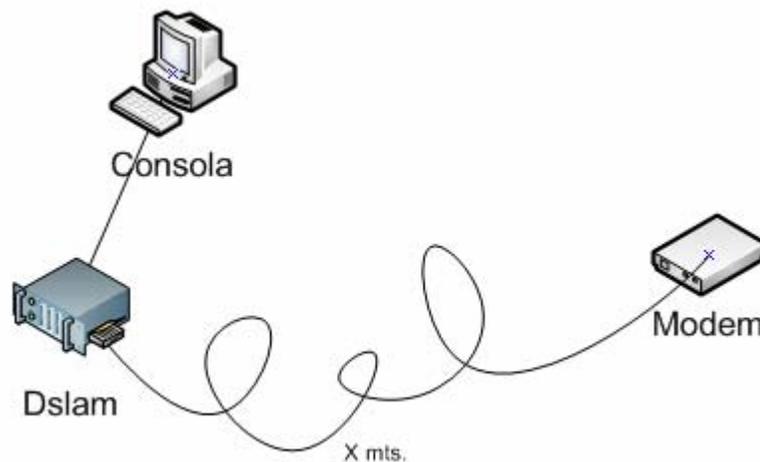
### Captura de paquetes.

De la captura de paquetes se puede ver que la pérdida de paquetes ftp, corresponde a un 0,59 % del total, sólo 0.03 puntos porcentuales más que en el envío exclusivo de ftp a través de la red. La pérdida de paquetes de video solo fue del 0,4 %, lo que se traduce en pequeñas pixelaciones muy aisladas que, aunque son casi imperceptibles, son muy indeseadas. En condiciones de una red con QoS esto no debería ocurrir.

### 6.3.0 Medición ancho de banda máximo v/s distancia del loop (Dslam – MODEM).

Para la medición del ancho de banda máximo se empleó la información entregada por el Dslam y tomando muestras para diferentes loop. La línea ADSL se configuro con un BW de subido entre 320000 bps y 2000000 bps, y de bajada entre 1000000 y 30000000 bps, con el objetivo de que negocie la velocidad máxima posible con el MODEM.

El esquema del laboratorio implementado es el siguiente.



*Figura 126. Esquima implementado en laboratorio.*

Los datos tomados son los que se ven en la siguiente tabla y gráfico.

loop (mts)	BW máximo	
	Up	Down
5	1107400	24451900
370	1139400	24316100
740	1099600	23513800
1110	1111300	22811100
1480	1095700	21629500
1850	1031700	18232100
2220	1095700	12172000
2590	987000	6799900
2960	775600	5707900

*Tabla. 16 Bw maximo.*

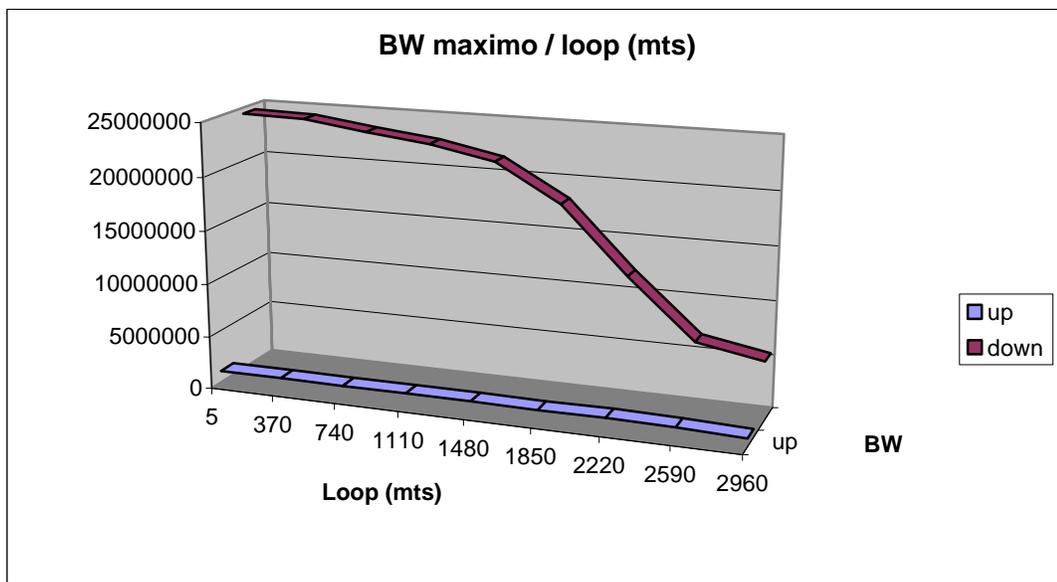


Figura 127. Bw maximo v/s. Loop (mts).

Se puede apreciar una notable caída para una distancia de 1500 mts hacia arriba, el ancho de banda máximo de subida se mantiene alrededor de 1Mbps.

## CONCLUSIONES

Se estudió una red de TvIP general, conociendo sus componentes y requerimientos, además de la estructura y equipos que hacen posible la disposición de ancho de banda para el usuario final.

Se estudió la red de extremo a extremo, conociendo sus partes y funcionamiento, así como la etapa de acceso al medio para distintas tecnologías (xDSL, Cable, F.O.)

Se analizaron los formatos de compresión y se establecieron parámetros que optimizan el ancho de banda disponible sin afectar la calidad de video percibida.

Se comprobó que la tasa de transmisión necesaria para una buena calidad de video y sonido percibidos es específica para cada contenido o programación, la elección del bit-rate correcto se traducirá en un ahorro de ancho de banda de la red de transporte, como así también de los recursos del usuario final.

Mpeg4 presenta un ahorro de ancho de banda en la transmisión, sin embargo este ahorro no esta cerca de ser el 50 % como es posible encontrar en alguna literatura, además para la recepción de Mpeg4 es necesario más recursos de los decodificadores, por lo que Mpeg2 sigue siendo el estándar de compresión que mejor se ajusta a las variables de calidad, compresión y recursos considerando costos asociados.

Si bien es cierto la transmisión de multicast y no unicast a través de la red presenta grandes ventajas, es necesario contar con mecanismos que aseguren una calidad de servicio necesaria para mantener la perdida de paquetes y los retardos en valores óptimos, pues si estos valores fallan en algún punto de la red no abra forma de repararlo o retransmitirlos y se verán afectados todos los usuarios aguas abajo.

El cobre sigue siendo un medio de transmisión adecuado para el transporte de contenido multimedia, gracias a ADSL2+ y otras tecnologías es posible conseguir el ancho de banda necesario para recibir contenido de alta calidad.

Las pruebas realizadas en laboratorio concuerdan con valores adquiridos en un ambiente real, por lo que pueden ser tomadas como experiencias válidas para el reforzamiento de cátedras y el fortalecimiento en asignaturas relacionadas con redes de datos, codificación, telecomunicaciones y sistemas digitales, etc.

En las experiencias de laboratorio es posible apreciar que el conocimiento de electrónica es indispensable para la comprensión de las redes de datos, por lo que consideramos que es necesario el fortalecimiento y el incentivo por parte de los docentes hacia los estudiantes para la ocupación del laboratorio de comunicaciones, pues es posible ver con facilidad que el mundo cada vez más globalizado y “digitalizado” necesita de profesionales con los conocimientos apropiados para enfrentársele.

Se pudo analizar los diferentes estándares de televisión digital que puede adoptar Chile los cuales son ATSC, ISDB-T y DVB-T. Viendo la realidad comercial en Chile podemos decir que los estándares más adecuados para adoptar en Chile son el ATSC o el DVB-T, no existiendo mucha diferencia en cuanto a resoluciones de video posibles. La gran lucha en estos momentos es entre las cadenas de televisión y las empresas de telecomunicaciones, donde ANATEL opta por el estándar ATSC ya que su fundamento principal es la difusión de televisión con alta definición (HD), en tanto las empresas de telecomunicaciones optan por el estándar DVB siendo su mayor fundamento la gran flexibilidad de sus estándares como DVB-S, DVB-W y DVB-T. En estos momentos Chile necesita definir una normativa para la televisión digital lo antes posible para su evolución y correcto funcionamiento.

Como conclusión final podemos decir que hemos cumplido con nuestros objetivos planteados al principio de este trabajo, estudiando las diversas tecnologías de forma teórica y comprobándolas en forma práctica. También podemos decir que este trabajo de titulación a sido un gran desafío como estudiantes y nos a servido para reforzar nuestros conocimientos en tecnologías en el ámbito de las telecomunicaciones, viéndolas en una forma aplicada.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

### **PAPERS**

- [1] “IPTV- Distribution in Home Networks, Intellon Corporation.
  
- [2] Pedro J, Ponce de León – “Internet Protocol”, Darpa Internet Program Protocol Specification, Septiembre 1981.
  
- [3] Jon Goñi Amatriain – “IPTV Protocolos empleados y QoS”
  
- [4] Jose Luis Arceiz – “Multicast MBONE”.
  
- [5] “Multidifusión IP en Internet: Protocolo IGMP de Gestión de grupos de Internet”.
  
- [6] Norma ISO de compresión de Contenido Audiovisual.
  
- [7] Alejandro Delgado - “Flujo de Programa y de Transporte MPEG-2 Aplicación a DVB”, Universidad Politécnica de Madrid.
  
- [8] Giovanna Sabogal Alfaro, José Vega Stavro – “Análisis de Trazas de Video MPEG-4”, Fundación universitaria Manuela Beltrán, Bogota-Colombia 2006.
  
- [9] Mauricio Venegas M, Aquiles Yañez C, Agustín J, González – “Transmisión de Video de Alta calidad a Través de redes IP utilizando herramientas de código abierto”, Universidad técnica Federico Santa María, Valparaíso-Chile.
  
- [10] Domingo Sánchez Ruiz – “Protocolo de Datagrama de Usuario”, Diciembre 1999.

- [11] Meter Macavock – “DVB-SI”, Venezuela, Agosto 2005.
- [12] William Cooper y Gram. Lovelace – “IPTV Delivering audio and video over broadband”.
- [13] “The IPTV Revolution: New Opportunities”, new Challenges for Satellite Communications Systems, Junio 2006.
- [14] Bernadin Amason - “IPTV and the Evolution of Video Delivery”, NTCA (Nacional Telecommunications cooperative association).
- [15] OpenTV IPTV Solutions, Septiembre 2005.
- [16] D. Melendi, X. Pañeda, V. García, R. García, A. Neira – “Métricas para el Análisis de Calidad en Servicios de Vídeo Bajo Demanda”, Departamento de Informática, Universidad de Oviedo, España.
- [17] Daniel Rijo Sciara – “Fundamentos de Video Streaming”, Instituto de Ingeniería Eléctrica - Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, Diciembre de 2004.
- [18] Menascé, Daniel A, schwabe, Daniel- “Redes de computadores: aspectos técnicos y operacionales”. 1998.
- [19] Guillermo Dalla Vecchia, Diego Corbo, Florencio Alonso - “Modelado de la Tipología de una red Multicast: Análisis e implementación”, 2005.
- [20] David Mazzaresé “FTTX- Frieria Optica Mono-modo”, Informe Técnico de OFS, Junio 2006.

[21] M. polo – Subset xDSL, Sunrise Telecom Incorporated, Enero 2002.

[22] Eduard Sanz Peris – “Tutorial Tecnología ADSL”, Enero 2001

[23] “Análisis de los Standares de Transmisión Digital Terrestre y su Aplicabilidad al medio Nacional”, Subsecretaria de Telecomunicaciones, 10 de Octubre de 2006.

## TRABAJOS DE TESIS

[23] Cifuentes Horn, Mauricio- “Técnicas digitales de compresión de video para videoconferencia y HDTV”, Universidad Austral de Chile.

[24] Jaime Andrés Uribe Aylla – “Diseño e Implementación de Servicio de TV educativa de origen Satelital a través de red corporativa de la UACH”, Universidad Austral de Chile, Diciembre 2006.

[25] Carlos Eduardo Contreras – “Diseño, Operación y Gestión de una red de Video IP”, Universidad Austral de Chile, 2006.

[26] Rywaczuk, A Hill, MPEG sobre CATV, Tesis, Universidad Católica de Uruguay, Montevideo, Uruguay, Marzo 2003.

[27] Julián Hernández Martínez – “Diseño Avanzado de Instalaciones comunes de Telecomunicación”, Universidad Politécnica de Catalunya, 23 de Febrero 2006

[28] M. Celeste Campo Vázquez – “Tecnologías Middleware para el desarrollo de servicios en entornos de computación ubicua”, Universidad Carlos III de Madrid, 2004.

[29] Toni Martínez Pereda – “Desarrollo de software de descubrimiento de servicio y protección en redes DVB-IP”, Universidad Politécnica de Catalunya, Octubre 2006.

## PAGINAS WEB.

Soluciones IPTV:

<http://www.aminocom.com>

<http://www.jdsu.com>

<http://www.cisco.com>

<http://www.gobacktv.com>

<http://www.zhone.com>

<http://www.huawei.com>

<http://www.opentv.com>

Documentos e Información:

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.monografias.com>

<http://www.videolan.org>

<http://www.wireshark.org>

<http://www.cacti.net>

<http://www.subtel.cl/>

## GLOSARIO

2G	2ª generación de teléfonos móviles
3G	3ª generación de teléfonos móviles
4G	4ª generación de teléfonos móviles
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
ARPU	Average Revenue Per User (media de ingresos por usuario)
ASP	Application Service Provider
BI	Business Intelligence
BPO	Business Process Outsourcing
BWA	Broadband Wireless Access
CDMA	Code Division Multiple Access
CEP	Consumer Electronics Products (productos de electrónica de consumo)
CRM	Consumer Relationship Management (GRC, Gestión de las Relaciones con los Clientes)
DAS	Disk Attached Storage
DECT	Digital Enhanced (former European) Cordless Telecommunications
DMB	Digital Mobile Broadcast
DMB-T	Digital Mobile Broadcast - Terrestrial
DRM	Digital Rights Management (Gestión de Derechos Digitales)
DSI	Directeur des Systèmes d'Information (Director de Sistemas Informáticos)
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Multiplexer DTT, Digital Terrestrial Television (TDT, Televisión Digital Terrestre)
DVB-H	Digital Video Broadcast - Handheld
DVB-S2	Digital Video Broadcast - Satellite 2
DVB-T	Digital Video Broadcast - Terrestrial
DVD	Digital Video Disc
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EDI	Electronic Data Interchange

EGP	Electronique Grand Public (electrónica de consumo)
ERP	Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)
ETTx	Ethernet To The x
FAI	Fournisseur d'Accès Internet (proveedor de acceso a Internet)
Flash-OFDM	Flash - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
FOD	Free on Demand
FOMA	Freedom of Mobile Multimedia Access (servicios 3G ofrecidos por NTT DoCoMo)
FTTC	Fiber To the Curb
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	Fiber To The Node
FTTx	Fiber To The x (Home, Building, Premises, Curb)
GED	Gestion Electronique de Documents (Gestión Electrónica de Documentos)
GPON	Giga-capable Passive Optical Network
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HDTV	High Definition Television (televisión de alta definición)
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
ILM	Information Lifecycle Management
IM	Instant Messaging (mensajería instantánea)
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol security
IPTV	Televisión por IP
ISP	Internet Service Provider (proveedor de servicios de Internet)
ITO	Information Technology Outsourcing
J2EE	Java Platform, Enterprise Edition
KM	Knowledge Management
LAN	Local Area Network (red de área local)
LCD	Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido)
M2M	Machine to Machine

MBWA	Mobile Broadband Wireless Access
MMS	Multimedia Message Service
MPEG4	Motion Pictures Experts Group 4
MP3	MPEG Audio Layer 3
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MVNO	Mobile Virtual Network Operator (operador móvil virtual)
NAS	Network Attached storage
NGN	Next Generation Network
OS	Operating System (sistema operativo)
P2P	Peer to Peer
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PDA	Personal Digital Assistant
PHS	Personal Handyphone System
PLM	Product Lifecycle Management (gestión del ciclo de vida del producto)
PME	Petites et Moyennes Entreprises (PYME, Pequeñas Y Medianas Empresas)
PON	Passive Optical Network
PPV	Pay Per View
PVR	Personal Video Recorder
RBOC	Regional Bell Operating Company
RFID	Radio Frequency Identification
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services (RDSI, Red Digital de Servicios Integrados)
RSSI	Responsable de la Sécurité des Systèmes d'Information (Responsable de la Seguridad de los Sistemas de Información)
SAN	Storage Area Network
SCM	Supply Chain Management (Gestión de la Cadena de Suministro)
S-DMB	Satellite - Digital Multimedia Broadcasting
SFO	Search-Find-Obtain
SIP	Session Initiation Protocol
SMP	Significant Market Power
SMS	Short Message Service

SOA	Service Oriented Architecture (Arquitectura Orientada a Servicios)
STB	Set Top Box
SVOD	Subscription Video On Demand
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time Division Multiplex
THD	Tres Haut Débit (banda ancha de alta capacidad)
TMT	Telecom Media Technology
TNT	Télévision Numérique Terrestre (TDT, Televisión Digital Terrestre)
TPE	Trés Petites Entreprises (MicroPYME)
TVHD	Télévision Haute Définition (televisión de alta definición)
UHF	Ultra High Frequency
UMA	Unlicensed Mobile Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VHS	Very High Speed
VOD	Video On Demand (vídeo bajo demanda)
VoIP	Voice over IP (voz sobre IP)
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
W-CDMA	Wideband- Code Division Multiple Access
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network