



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL CON FINES  
DOCENTES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
ELECTRICISTA**

**PAULA CECILIA CARRILLO RAMÍREZ**

**PROFESOR GUÍA:  
NICOLÁS BELTRÁN MATURANA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
NESTOR BECERRA YOMA  
JULIO SALAS MANZUR**

**SANTIAGO DE CHILE  
AGOSTO 2008**

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL ELÉCTRICISTA  
POR: PAULA CARRILLO RAMÍREZ  
FECHA: 25/08/2008  
PROF. GUÍA: SR. NICOLÁS BELTRÁN

## **DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL CON FINES DOCENTES**

La presente memoria tiene como objetivo el diseño de un laboratorio de IPTV (*Internet Protocol Television*) que contribuye a la docencia del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile en la formación de ingenieros del área de las Telecomunicaciones.

El diseño se centra en el estudio de la arquitectura, componentes y funcionamiento de una plataforma IPTV básica. La metodología se basa en realizar un análisis de las diferentes alternativas de equipos, *software* y *hardware* disponibles actualmente en el mercado considerando sus ventajas, desventajas y principales características.

Sobre la base del análisis anterior se eligen las mejores alternativas para cada una de las etapas del sistema, se realiza una implementación de prueba que permita comprobar su funcionamiento en una red pequeña. Basado en esta experiencia se propone una topología, direccionamiento, dimensionamiento y método de instalación como formalización del diseño.

Para la plataforma propuesta se elaboran prácticas experimentales para el desarrollo de un curso de IPTV con un enfoque teórico y aplicado para el apoyo a la docencia. Estas experiencias se centran en los aspectos característicos de esta tecnología y se acompañan de diferentes herramientas de análisis para el uso por parte de los alumnos.

El diseño de esta plataforma IPTV se compara con una de un operador telefónico que actualmente ofrece además el servicio de Televisión Digital mediante banda ancha. De esta comparación se concluye que exceptuando las diferencias en costos de los equipos, la plataforma diseñada permite en forma didáctica conocer los aspectos básicos de esta tecnología.

*A mi madre  
que me ha dado todo...  
y  
a mi padre  
que me ha apoyado...*

## Tabla de Contenidos

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>2. CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS TELEVISIÓN DIGITAL</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Televisión Digital</b>	<b>10</b>
2.1.1 Descripción General	10
2.1.2 Plataformas de Televisión Digital	10
2.1.3 Experiencias en el Mundo	12
<b>2.2 Conceptos Básicos</b>	<b>15</b>
2.2.1 Modelo OSI y Modelo TCP/IP	15
2.2.2 Protocolos básicos	16
<b>2.3 Compresión de Video y Formatos Contenedores</b>	<b>17</b>
2.3.1 Compresión de Video	17
2.3.2 Formatos Contenedores	20
<b>2.4 Encapsulamiento y Trama de Transporte</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Técnicas de Transmisión</b>	<b>22</b>
2.5.1 <i>Unicast</i>	22
2.5.2 <i>Broadcast</i>	22
2.5.3 <i>Multicast</i>	23
<b>2.6 Video streaming</b>	<b>23</b>
2.6.1 Descripción	23
2.6.2 Arquitectura Sistema <i>Streaming</i>	24
2.6.3 Usos <i>Streaming</i>	24
<b>2.7 Calidad de Servicio QoS</b>	<b>24</b>
2.7.1 <i>Integrated Services</i>	25
2.7.2 <i>Differentiated Services</i>	26
<b>2.8 Televisión por Red IP: IPTV</b>	<b>27</b>
2.8.1 Descripción	27
2.8.2 Arquitectura y Funcionamiento	27
2.8.3 Componentes	30
2.8.4 Servicios que ofrece	31
<b>3. DISEÑO PLATAFORMA IPTV BÁSICA</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Parámetros Relevantes Plataforma</b>	<b>33</b>
3.1.1 Calidad de Imagen	33
3.1.2 Ancho de Banda	34
3.1.3 Capacidad de Procesamiento	34
3.1.4 Capacidad de Almacenamiento	35
<b>3.2 Alternativas Equipamiento Laboratorio</b>	<b>35</b>
3.2.1 Etapa Adquisición de Contenido	35
3.2.2 Etapa Codificación, Servidor <i>Streaming</i> y Reproductor	37
3.2.2 Etapa Distribución	40
3.2.3 Etapa Última Milla	43
<b>3.3 Estimación de Costos</b>	<b>44</b>
3.3.1 Costos Equipamiento	44
3.3.2 Costos Instalación	46
3.3.3 Gastos Mantención	46
<b>3.4 Selección Plataforma y Evaluación Económica</b>	<b>47</b>
3.4.1 Selección Equipos y <i>Software</i>	47
3.4.2 Evaluación Económica	48
<b>3.5 Implementación de Prueba</b>	<b>49</b>
3.5.1 Recursos Necesarios	49
3.5.2 Topología	49
3.5.3 Descripción Implementación	50

3.5.4 Resultados Obtenidos	54
<b>3.6 Topología de Red</b>	<b>61</b>
3.6.1 Diagrama Conexiones	61
3.6.2 Direccionamiento	62
<b>3.7 Lugar Físico Instalaciones</b>	<b>63</b>
3.7.1 Requerimientos Instalaciones	63
3.7.2 Definición Lugar Instalación	63
3.7.3 Diagrama Instalaciones	64
<b>3.8 Desarrollo Experiencias Prácticas</b>	<b>64</b>
3.8.1 Puntos de aprendizaje	64
3.8.2 Equipos y <i>Software</i> de Análisis	65
3.8.3 Diseño Experiencias Prácticas	66
<b>3.9 Estudio Plataforma Comercial</b>	<b>69</b>
3.9.1 Arquitectura Sistema WiTV	69
3.9.2 Componentes Principales	70
3.9.3 Características Sistema	71
3.9.4 Servicios Disponibles	71
3.9.5 Dimensionamiento y Escalabilidad	72
3.9.6 Arquitectura Laboratorio IPTV	72
<b>4. DISCUSIÓN</b>	<b>73</b>
<b>4.1 Cumplimiento de Requerimientos</b>	<b>73</b>
<b>4.2 Dimensionamiento y Características del Sistema</b>	<b>74</b>
<b>4.3 Evaluación Económica</b>	<b>75</b>
<b>4.4 Implementación de Prueba</b>	<b>75</b>
<b>4.5 Comparativa Plataforma Comercial</b>	<b>76</b>
<b>4.6 Prácticas Experimentales</b>	<b>77</b>
4.6.1 Experiencia I: Darwin Streaming Server	78
4.6.2 Experiencia II: QuickTime Player	82
4.6.3 Experiencia III: <i>Streaming</i> de Video y Audio	85
4.6.4 Experiencia IV: Codificación y Trama de Transporte	90
4.6.5 Experiencia V: Técnicas de Transmisión	94
4.6.6 Experiencia VI: Direccionamiento IP y Enrutamiento	97
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>103</b>
<b>6.1 Libros</b>	<b>103</b>
<b>6.2 <i>Papers</i> y Tesis</b>	<b>103</b>
<b>6.3 Documentos</b>	<b>103</b>
<b>6.4 Visitas a Terreno</b>	<b>104</b>
<b>6.5 Páginas Consultadas</b>	<b>104</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>106</b>
<b>7.1 Apéndice A</b>	<b>106</b>
7.1.1 Modelo OSI	106
7.1.2 Modelo TCP/IP	107
7.1.1 Datagrama IP	108
7.1.2 TCP	109
7.1.3 UDP	109
7.1.4 RTP	110
7.1.5 IGMP Version 1	111
7.1.6 IGMP Versión 2	111
<b>7.2 Apéndice B</b>	<b>112</b>
7.2.1 <i>Elementary Streams</i> (ES)	112
7.2.2 <i>Packetized Elementary Streams</i> (PES)	112
7.2.3 <i>Program Streams</i> (PS)	112
7.2.4 <i>Transport Streams</i> (TS)	112

<b>7.3 Apéndice C</b>	<b>114</b>
7.3.1 Direcciones <i>Multicast</i>	114
7.3.2 <i>Multicast Forwarding</i>	114
<b>7.4 Apéndice D</b>	<b>115</b>
7.4.1 Conceptos <i>Streaming</i>	115
7.4.2 Arquitectura <i>Streaming</i>	116
<b>7.5 Apéndice E</b>	<b>118</b>
7.5.1 InterServ	118
7.5.2 DiffServ	119
<b>7.6 Apéndice F</b>	<b>119</b>
7.6.1 SDTV ( <i>Estandar Definition Television</i> )	119
7.6.2 EDTV ( <i>Enhanced Definition Television</i> )	120
7.6.3 HDTV ( <i>High Definition Television</i> )	120
<b>7.7 Apéndice G</b>	<b>121</b>
7.7.1 Características Técnicas RealNetworks	121
7.7.2 Características Técnicas Windows Media	122
7.7.3 Características Técnicas QuickTime	124
<b>7.8 Apéndice H</b>	<b>125</b>
7.8.1 Instalación Active Perl	125
7.8.2 Instalación Darwin Streaming Server	126

## Índice de Figuras

Figura 1: Esquema Transmisión Televisión por Satélite	10
Figura 2: Esquema Transmisión por Cable	11
Figura 3: Esquema Transmisión TDT	11
Figura 4: Esquema Transmisión Banda Ancha	12
Figura 5: Comparación Modelos OSI y TCP/IP	15
Figura 6: Comparativa Formatos de Codificación	19
Figura 7: Multiplexión Transport Stream	21
Figura 8: Transmisión <i>Unicast</i>	22
Figura 9: Transmisión <i>Broadcast</i>	22
Figura 10: Transmisión <i>Multicast</i>	23
Figura 11: Arquitectura de un Sistema <i>Streaming</i> Típico	24
Figura 12: Sistema IPTV	27
Figura 13: Etapas Sistema IPTV	29
Figura 14: Esquema de Distribución 1	42
Figura 15: Esquema de Distribución 2	42
Figura 16: Esquema de Distribución 3	42
Figura 17: Topología Implementación	49
Figura 18 : Ventanas de Instalación QuickTime Player	50
Figura 19: Ventanas de Configuración QuickTime Player	51
Figura 20: Ventana Configuración Darwin Streaming Server	51
Figura 21 : Interfaz <i>Web</i> Servidor Darwin	52
Figura 22: Información Principal Servidor Darwin	53
Figura 23: Cuadro Selección Lenguaje en VLC	53
Figura 24: Cuadros de Instalación VLC	54
Figura 25: VLC Preparado para Reproducir	54
Figura 26 : Selección URL	55
Figura 27: Cuadro Abrir Archivo	56
Figura 28 : Cuadro Configuración Volcado de Salida	56
Figura 29: Estadísticas Usuarios Conectados	58
Figura 30: Estadísticas usuarios Escenario 1	58
Figura 31: Estadísticas usuarios Escenario 2	59
Figura 32 : Cuadro Configuración Cliente	60

Figura 33: Cuadro URL Windows Media	60
Figura 34 : Esquema Conexiones Plataforma Propuesta	61
Figura 35: Diagrama de Direccionamiento	62
Figura 36: Esquema Actual Laboratorio	63
Figura 37: Reestructuración Instalaciones	64
Figura 38 : Arquitectura Plataforma IPTV Telefónica del Sur	69
Figura 39: Red Acceso Usuario	71
Figura 40: Laboratorio IPTV	72
Figura 41: Capas Modelo OSI	106
Figura 42: Capas Modelo TCP/IP	107
Figura 43: Estructura Datagrama IP	108
Figura 44: Estructura Segmento TCP	109
Figura 45: Estructura Segmento UDP	109
Figura 46: Estructura Datagrama RTP	110
Figura 47: Formato Paquete IGMP versión 1	111
Figura 48: Formato Paquete IGMP versión 2	111
Figura 49: Generación de los paquetes TS a partir de los paquetes PES	113
Figura 50: Formato Dirección MAC IEEE 802.3	114
Figura 51: Arquitectura Básica IntServ	118
Figura 52: Marcado de Paquetes	119
Figura 53: Comparación HDTV y SDTV	120
Figura 54: Cuadro Instalación ActivePerl	125
Figura 55: Cuadro Instalación con Selección de Opciones	125
Figura 56: Solicitud de Nombre de Usuario	126
Figura 57: Solicitud de Clave de Acceso Administrador	126
Figura 58: Cuadro Funcionamiento Servidor	126
Figura 59: Ingreso a Interfaz de Configuración Servidor Darwin	126

## Índice de Tablas

Tabla 1: Ancho de Banda Típico Formatos Compresión	19
Tabla 2: Parámetros de Calidad Aplicaciones Multimedia	25
Tabla 3: Ancho de banda por Códec y Calidad de imagen	34
Tabla 4 : Costos Etapa Adquisición de Contenidos	44
Tabla 5: Costos Etapa Codificador, Servidor y Reproductor	44
Tabla 6 : Costos Etapa Distribución de Contenidos	45
Tabla 7: Costos Etapa de Acceso	45
Tabla 8 : Costos de Instalación	46
Tabla 9: Gastos de Mantenimiento	46
Tabla 10: Costos Selección por Etapa	47
Tabla 11: Costos Totales por Etapa	48
Tabla 12 :Costos Totales	48
Tabla 13: Características Equipos Disponibles	49
Tabla 14 : Direcciones IP Servidor y Cliente	57
Tabla 15: Direcciones IP <i>Routers</i> Red de Distribución	62
Tabla 16: Direcciones IP <i>Switch</i> Red de Distribución	62
Tabla 17: Campos Datagrama IP	108
Tabla 18: Funciones de Preparación del Contenido	116
Tabla 19 : Parámetros de Red	117
Tabla 20 : Requerimientos RealProducer	121
Tabla 21: Requerimientos Helix Server	122
Tabla 22: Requerimientos RealPlayer	122
Tabla 23: Requerimientos Windows Media Services	123

# 1. INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital se está implementando actualmente en el mundo dejando atrás la televisión analógica. Ésta ofrece nuevas experiencias para el usuario desde una mayor calidad y definición de la imagen hasta la interactividad permitiéndole elegir el programa que desea ver o incluso pausar y retroceder el contenido que está visualizando. Las ventajas sobre la televisión analógica impulsan la implementación de nuevos sistemas de televisión digital fomentando el estudio y desarrollo de esta tecnología.

El presente documento presenta el diseño de un laboratorio de Televisión Digital, en particular de IPTV (*Internet Protocol Television*) que tiene el objetivo de apoyar la docencia en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile. Este proyecto corresponde a la primera aproximación a esta tecnología dentro de la formación de ingenieros del área de las telecomunicaciones.

Este proyecto tiene como objetivos: estudiar y analizar las características de una plataforma IPTV; identificar las alternativas de equipos y *software* que se encuentran disponibles en el mercado; realizar una propuesta de laboratorio considerando requerimientos; elaborar prácticas experimentales para laboratorio docente y comparar el diseño con una plataforma comercial.

El documento se divide en cinco capítulos principales: el primer capítulo presenta la introducción al documento, un segundo capítulo donde se caracteriza la Televisión Digital, el tercer capítulo trata el diseño de una plataforma IPTV básica, un cuarto capítulo de discusiones de los temas más relevantes del trabajo y por último se realizan conclusiones del trabajo realizado.

El capítulo de Caracterización de la Televisión Digital entrega la descripción general y ventajas de este tipo de televisión por sobre la televisión analógica. Se describen las plataformas de medios de acceso: por satélite, cable, Televisión Digital Terrestre y banda ancha.

A continuación se analizan los conceptos básicos de la tecnología IPTV: codificación de audio y video; formatos contenedores; encapsulamiento y trama de transporte; técnicas de transmisión; *video streaming* y calidad de servicio.

Al final del capítulo se describen las características principales de una plataforma IPTV donde se describe su arquitectura de etapas y sus componentes. Además este sistema permite ofrecer diversos servicios entre los que se encuentran: video bajo demanda, guía electrónica de contenidos, *pay per view*, etc.

En el capítulo de Diseño de una Plataforma IPTV básica se encuentra el desarrollo del proyecto. El diseño comienza con determinar los requerimientos deseados para el sistema, luego se analizan las alternativas de equipos y *software* disponibles para cada una de las etapas de funcionamiento donde se señalan y analizan diferentes equipos que pueden ser utilizados dentro del sistema.



Para poder elegir entre las alternativas disponibles se analizan, además de los aspectos técnicos, los costos involucrados en la solución a proponer. Con la información anterior se seleccionan los equipos y *software* que mejor cumplen con los requerimientos técnicos y pueden financiarse con un presupuesto a nivel universitario. Realizada la elección se formaliza el diseño con una propuesta indicando: topología, direccionamiento y lugar de instalación de la solución.

A partir de la propuesta se realiza una implementación de prueba en una red pequeña que permita comparar el funcionamiento de dos soluciones de *streaming* de código abierto para encontrar cual se ajusta de mejor forma a las necesidades docentes del laboratorio. Se describen su instalación, configuración y resultados frente a diferentes escenarios.

Sobre la base del diseño se elaboran prácticas experimentales con el objetivo de ser utilizadas en el desarrollo de un curso de IPTV donde se proponen actividades prácticas que abordan los siguientes tópicos: uso del servidor Darwin Streaming Server y el reproductor QuickTime; codificación y trama de transporte de los contenidos multimedia; técnicas de transmisión como *unicast* o *multicast*; y direccionamiento IP incluyendo enrutamiento básico.

Para completar el estudio de una plataforma IPTV se realiza una visita a las instalaciones de Telefónica del Sur que presta servicios en las ciudades de Valdivia, Concepción, Osorno y Puerto Montt. Actualmente este operador ofrece televisión digital a través de banda ancha, particularmente a través de la línea telefónica. Se realiza una comparación entre la plataforma diseñada y la del operador observando sus semejanzas y diferencias tanto técnicas como económicas.

A modo de discusiones se analizan los aspectos relevantes identificados durante el desarrollo del proyecto: el cumplimiento de requerimientos; las características de la plataforma diseñada; la evaluación económica; la implementación de prueba; la comparativa entre el diseño y la plataforma visitada; y por último la elaboración de prácticas experimentales.

Como conclusiones se detallan los aspectos relevantes del desarrollo y término del proyecto, además de incluir propuestas que permitan la implementación del laboratorio y concretar la realización de un curso electivo que aporte una nueva arista a la malla curricular de Ingeniería Civil Eléctrica.

## 2. CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS TELEVISIÓN DIGITAL

### 2.1 Televisión Digital

#### 2.1.1 Descripción General

Televisión Digital corresponde a la televisión transmitida en un formato digital. Los datos se transmiten en un formato binario, de ceros y unos. Esta característica de transmisión potencia la calidad de la señal evitando interferencias o fallas de transmisión y también facilitando la interactividad con el televidente.

Las principales ventajas de la televisión digital por sobre la televisión analógica son: mayor calidad de imagen y sonido, mayor número de canales de televisión y mayor flexibilidad de las emisiones y disponibilidad servicios adicionales.

#### 2.1.2 Plataformas de Televisión Digital

Existen diversos medios de acceso para proveer de Televisión Digital a los usuarios dentro de los que se encuentran: Satélite, Cable, Televisión Digital Terrestre y Banda Ancha.

##### 2.1.2.1 Satélite

Son sistemas destinados a la distribución de señales audiovisuales y datos directamente a los usuarios desde satélites estacionarios. Estos sistemas aprovechan la amplia cobertura de estos satélites brindando un servicio a una gran cantidad de usuarios simultáneamente lo que permite lograr un servicio rentable a pesar del alto costo del satélite.

La televisión digital satelital cuenta con mayor ancho de banda, cobertura casi completa y unidireccional. Que sea unidireccional presenta la necesidad de utilizar la red telefónica básica como canal de retorno de interactividad con el usuario.

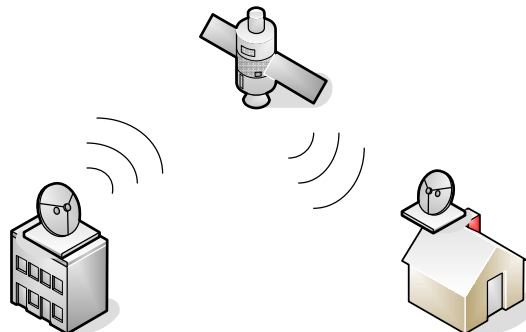


Figura 1: Esquema Transmisión Televisión por Satélite

### 2.1.2.2 Cable

El sistema de televisión por cable consta básicamente de un equipamiento central que recibe el nombre de *head-end* o cabecera y una planta externa que se llama red. En la cabecera se centraliza la recepción y generación de contenido.

La televisión digital por cable posee las siguientes características: gran ancho de banda, altos niveles de interactividad, puede ofrecer todo tipo de servicios de telecomunicaciones, implica un despliegue caro y lento, y posee altos costos de mantenimiento.

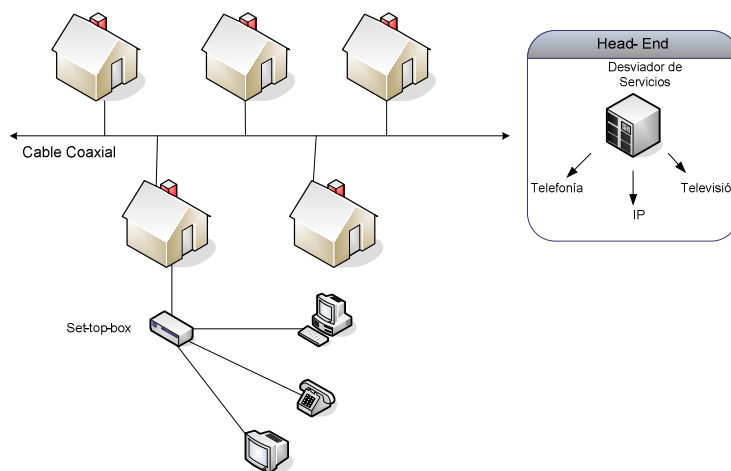


Figura 2: Esquema Transmisión por Cable

### 2.1.2.3 Televisión Digital Terrestre

La Televisión Digital Terrestre o TDT es la transmisión de contenidos a través de una antena área convencional. TDT se transmite a través del espectro electromagnético, al igual que la televisión analógica estándar, pero aumentando la cantidad de canales dentro de una misma frecuencia.

Esta plataforma se caracteriza por: un despliegue rápido utilizando antenas convencionales, escasa capacidad de ancho de banda y unidireccional, es decir se necesita utilizar la red telefónica básica como canal de retorno de la transmisión.

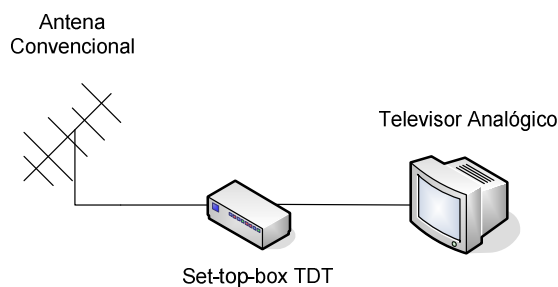


Figura 3: Esquema Transmisión TDT

#### 2.1.2.4 Banda Ancha

En esta plataforma el envío y recepción de datos se establece desde el terminal del servicio del usuario a través de un módem como puede ser un módem ADSL. Estos datos pasan a través de un filtro que permite la utilización simultánea del servicio telefónico junto con otros servicios por el mismo par telefónico.

ADSL<sup>1</sup> utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual. Los dos canales son asimétricos, no tiene la misma velocidad de transmisión de datos. El canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos, esta característica se adapta a los servicios como *Internet* en los que básicamente el flujo de información es de bajada hacia el terminal del usuario.

Dentro de esta categoría se encuentra IPTV (*Internet Protocol Television*) que utiliza la red IP<sup>2</sup> como plataforma de transmisión de televisión y se definirá posteriormente.

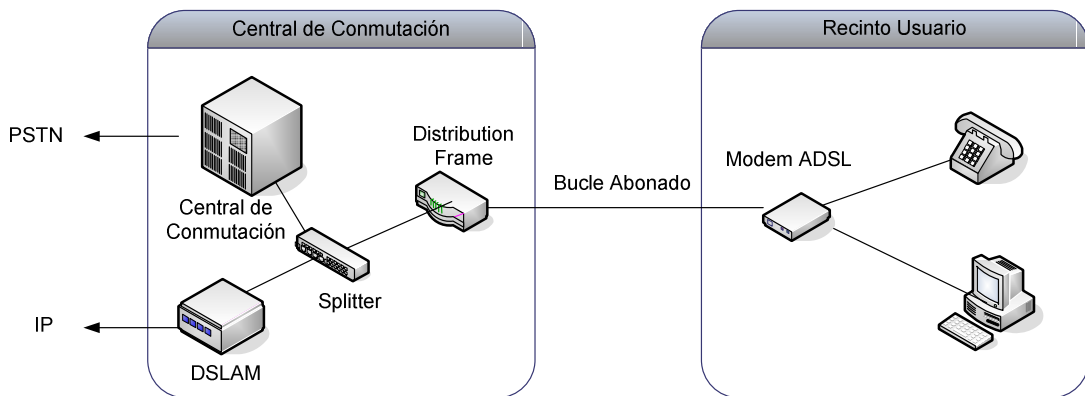


Figura 4: Esquema Transmisión Banda Ancha

#### 2.1.3 Experiencias en el Mundo

Dentro del ámbito mundial se pueden encontrar varias experiencias de implementación de laboratorios de Televisión Digital en diversas universidades europeas y americanas.

A continuación se señalarán las experiencias más relevantes encontradas:

##### 2.1.3.1 Laboratorio de Televisión Digital LTVD

Grupo de Tratamiento de Imágenes  
Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación  
Universidad Politécnica de Madrid



<sup>1</sup> ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line línea de alta velocidad por un par simétrico de cobre.

<sup>2</sup> Internet Protocol

El LTVD (Laboratorio de Televisión Digital) es una asignatura optativa de la especialidad de comunicaciones del plan de estudios de la ETSIT-UPM<sup>3</sup>. Se imparte durante el segundo semestre del quinto curso y los alumnos realizan, por parejas, varias prácticas, por lo general de cuatro horas cada una. Las experiencias se realizan en las máquinas reservadas para ello en el Laboratorio de Señales y Comunicaciones.

El Laboratorio imparte las siguientes prácticas, todas obligatorias, que tienen como objetivo adentrar a los alumnos en algunos conceptos fundamentales de la compresión de vídeo, sobre la que se sustenta la TV digital, y que determinan la evaluación:

1. Formatos de color: cuantificación y muestreo.
2. Codificación con pérdidas
3. Estimación y compensación de movimiento.
4. Codificación MPEG-2<sup>4</sup>.
5. Análisis de flujos de transporte DVB<sup>5</sup>.
6. Análisis de señales de TV digital.

#### 2.1.3.2 Laboratorio de Televisión LTVI

Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación  
Universidad Politécnica de Madrid



En este Laboratorio se imparten prácticas sobre receptores, transmisores y retransmisores de TV, incluyendo medidas de señales de TV digital generadas en el Laboratorio y recibidas vía terrena y vía satélite.

Las prácticas sobre receptores consisten en la realización de medidas en los circuitos de tratamiento de señal, especialmente los dedicados a la recepción y demodulación de la señal de radio frecuencias. Las prácticas sobre transmisores y retransmisores incluyen ajustes de los parámetros de modulación tanto de imagen como de sonido, medidas de calidad de las señales transmitidas, curvas de respuesta, etc.

Las prácticas propiamente dichas se complementan con explicaciones teórico-prácticas en el mismo Laboratorio, antes del comienzo de cada sesión. La duración de cada práctica es de 2 horas, dedicándose los 30 primeros minutos a la explicación previa. Las prácticas que se realizan en el transcurso del curso son:

- 1.- Receptor de TV: Etapas de F.I., Demodulador de imagen y separador de sincronismos
- 2.- Receptor de TV: Barridos vertical y horizontal
- 3.- Receptor de TV: Ajustes y medidas en el procesador de vídeo
- 4.- Medidas de Calidad en Transmisores de TC analógica
- 5.- Medidas de Transmisión en TV digital terrena (DVB-T)
- 6.- Caracterización de la Trama de Transporte en el estándar DVB de TV digital

---

<sup>3</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones - Universidad Politécnica de Madrid

<sup>4</sup> Estándar de vídeo y audio para televisión del *Motion Picture Experts Group*

<sup>5</sup> *Digital Video Broadcasting*

### 2.1.3.3 Laboratorio IDTV

ETSE de Telecomunicación  
Campus Universitario de Vigo  
España



El grupo de trabajo que conforma el Laboratorio IDTV (*Interactive Digital TV*) comenzó en el año 2005. El Laboratorio ha desarrollado en los últimos años una importante labor de transferencia de la abundante tecnología que ha surgido en el campo de la TV digital a los estudiantes de postgrado de la Universidad de Vigo y a los profesionales de diversas empresas.

El Laboratorio IDTV imparte diversos cursos formativos en el campo de la TV Digital Interactiva y TV para dispositivos móviles. Estos cursos están especialmente orientados a profesionales del sector que deseen iniciarse en el desarrollo y programación de sistemas y servicios para estas nuevas plataformas de difusión. Todos los cursos incluyen una importante carga práctica, alrededor del 50% de las horas totales del curso utilizando equipos comerciales.

### 2.1.3.4 Laboratorio Televisión Digital

Grupo Procesamiento Digital de Señales  
Centro de Investigación y Desarrollo de  
Tecnología Digital. México



Este laboratorio tiene como objetivo principal implementar y desarrollar herramientas, técnicas y metodologías para el procesamiento de video digital. El laboratorio realiza tres actividades claramente definidas: investigación aplicada, docencia y servicios.

Las líneas de investigación que se abordan en el laboratorio son: Televisión Digital, análisis, diseño e implementación de sistemas de codificación de video digital, codificación MPEG-4<sup>6</sup> parte 10 y H.264<sup>7</sup>, y transmisión de video IP inalámbrico. La infraestructura del laboratorio permite realizar las siguientes aplicaciones: sistemas de transmisión de televisión digital de alta definición y satelital, IPTV, videovigilancia y videoconferencia

El laboratorio participa activamente en las actividades académicas que se desarrollan en el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, las que incluyen: cursos de maestría en ciencias con especialidad en sistemas digitales, seminarios de investigación y conducción de tesis de memoria. El laboratorio participa también en conferencias y talleres nacionales e internacionales y publicaciones de investigaciones.

En el caso de estos ejemplos de laboratorios ninguno de ellos posee un sistema IPTV dentro de sus instalaciones, debido a que son laboratorios con fines generales, es decir se cuenta con variadas tecnologías. Por lo cual, el proyecto actual se encuentra dentro de las primeras aproximaciones a un laboratorio de IPTV completo con objetivo docente.

---

<sup>6</sup> Normas de video y audio con nuevas características del *Moving Picture Experts Group*

<sup>7</sup> H.264/MPEG-4 AVC norma que define códec de video de alta compresión

## 2.2 Conceptos Básicos

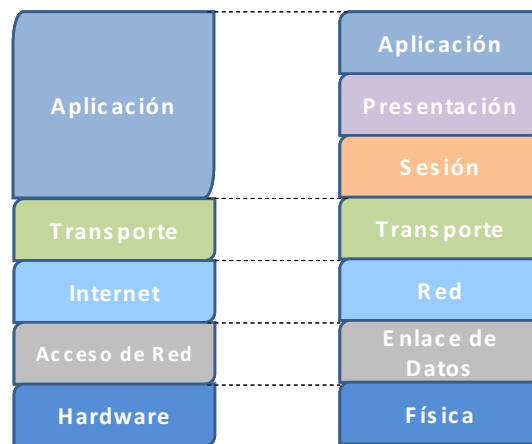
Para comenzar el estudio de una plataforma de IPTV es necesario establecer conceptos que permitan comprender el funcionamiento básico de un sistema de distribución de contenidos a través de la red IP.

### 2.2.1 Modelo OSI y Modelo TCP/IP

El modelo de referencia de Sistemas Abiertos OSI es un marco que se utiliza para comprender cómo viaja la información a través de una red. El modelo de referencia OSI explica de qué maneras los paquetes de datos viajan a través de varias capas a otro dispositivo de red, aún cuando el remitente y el destinatario poseen diferentes tipos de medios de red.

El modelo de referencia OSI se encuentra compuesto por siete capas numeradas del 1 al 7, donde cada una ilustra una función de red específica. Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y fáciles de manejar.

El modelo de referencia TCP/IP y el protocolo TCP/IP aplican la posible comunicación de dato entre dos computadoras de cualquier parte del mundo. Este modelo se creó con el objetivo de que la red pudiese sobrevivir en cualquier condición. El protocolo TCP/IP es la norma sobre la cual se ha desarrollado el crecimiento de *Internet*, por lo que el modelo gana credibilidad gracias a sus protocolos. Este protocolo está compuesto de 5 capas.



**Figura 5: Comparación Modelos OSI y TCP/IP**

En la figura se observa la comparación entre los modelos especificando la relación entre las capas de ambos modelos. Algunas de las capas del modelo TCP/IP tienen el mismo nombre que las del modelo OSI, pero la capa de aplicación tiene funciones diferentes en cada modelo. Durante el desarrollo del trabajo se utiliza el modelo TCP/IP como referencia para el modelamiento por capas.

## 2.2.2 Protocolos básicos

En un sistema IPTV existen diferentes protocolos que aportan funciones y atributos a su funcionamiento. A continuación se describen los principales protocolos que caracterizan el sistema y son necesarios de manejar durante el desarrollo del trabajo.

### 2.2.2.1 IP (*Internet Protocol*)

IP corresponde a un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. IP proporciona funciones para el direccionamiento, la especificación del tipo de servicio, la fragmentación, reensamblado y la seguridad.

El Protocolo de *Internet* provee un servicio de datagramas no fiable también llamado de mejor esfuerzo. IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Para proporcionar fiabilidad se utilizan los protocolos de la capa de transporte como es el caso de TCP.

### 2.2.2.2 TCP (*Transmission Control Protocol*)

TCP es uno de los protocolos fundamentales en *Internet*. Muchos programas dentro de una red de datos pueden usar TCP para crear conexiones entre ellos a través de los cuales enviarse un flujo de datos. TCP es un protocolo orientado a conexión y fiable del nivel de transporte.

El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto. TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de *Internet*, incluidas HTTP<sup>8</sup>, SMTP<sup>9</sup> y SSH<sup>10</sup>.

### 2.2.2.3 UDP (*User Datagram Protocol*)

UDP es un protocolo abierto, no orientado a conexión y por lo cual no establece un diálogo entre origen y destino ni tampoco algún mecanismo de detección de errores para garantizar la recepción correcta de los datos. UDP necesita que otros protocolos manejen el proceso de corrección de errores y retransmisión en caso de ser necesario. En general, este protocolo se emplea en lugar del protocolo TCP cuando no se necesitan fuertes controles en la comunicación de los datos. El protocolo UDP dadas sus características brinda mayor velocidad y menos complejidad.

---

<sup>8</sup> *Hypertext Markup Language*: Protocolo utilizado por los navegadores y servidores web para transferir archivos de texto y gráficos.

<sup>9</sup> *Simple Mail Transfer Protocol*: Protocolo de red basado en texto utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico.

<sup>10</sup> *Secure Shell*: Protocolo que sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red.



#### **2.2.2.4 RTP (*Real Time Transport Protocol*)**

Es un protocolo del nivel de transporte utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como es el caso del audio y video. Se usa frecuentemente en sistema de *streaming* junto con el protocolo RTSP y para videoconferencia.

#### **2.2.2.5 RTSP (*Real Time Streaming Protocol*)**

Es un protocolo no orientado a conexión que establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos de audio o de video. El RTSP actúa como un mando a distancia mediante la red para servidores multimedia y el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador.

En la mayoría de los casos RTSP utiliza TCP para datos de control del reproductor y UDP para los datos de audio y video aunque también puede usar TCP en caso de ser necesario. En el transcurso de una sesión RTSP, un cliente puede abrir y cerrar varias conexiones de transporte hacia el servidor para satisfacer las necesidades del protocolo.

En general el protocolo es similar en sintaxis y operación al HTTP, pero RTSP introduce nuevos métodos y tiene un identificador de protocolo diferente. Un servidor RTSP necesita mantener el estado de conexión al contrario del protocolo HTTP. Tanto el servidor como el cliente pueden lanzar peticiones y los datos son transportados por un protocolo diferente.

#### **2.2.2.6 IGMP (*Internet Group Management Protocol*)**

Es un protocolo utilizado para administrar la participación de usuarios en grupos IP *Multicast*. IGMP es utilizado por los *hosts* IP y *routers multicast* para establecer la participación dentro de un grupo *multicast*.

### **2.3 Compresión de Video y Formatos Contenedores**

#### **2.3.1 Compresión de Video**

Debido a que la mayoría de las redes tienen un ancho de banda limitado no es posible ni deseable transmitir las secuencias de video sin modificarlas para poder transmitir las por el ancho de banda disponible. Para solucionar este problema de ancho de banda se han desarrollado una serie de técnicas de compresión de video e imágenes. Estas técnicas permiten reducir el alto nivel de bits que son necesarios para la transmisión y almacenamiento del contenido.

La compresión de imágenes se aplica sobre una imagen individual haciendo uso de las similitudes entre píxeles próximos en la imagen y de las limitaciones del sistema de

visión humanas, JPEG<sup>11</sup> es un ejemplo de una técnica de compresión de imágenes. La compresión de video se aplica sobre series consecutivas de imágenes en una secuencia de video, haciendo uso de las similitudes entre imágenes próximas, un ejemplo de este tipo de técnicas es MPEG.

Cuanto más sofisticada sea la técnica de compresión utilizada, más complejo y caro resultará el sistema. Lo que ahorre en ancho de banda y almacenamiento encarecerá los costos de latencia, codificación y complejidad del sistema.

Una de las técnicas de video y audio más conocidas es el estándar denominado MPEG. Descrito de forma sencilla, el principio básico de MPEG es comparar entre dos imágenes para que puedan ser transmitidas a través de la red, y utiliza la primera imagen como imagen de referencia, enviando tan sólo las partes de las siguientes imágenes que difieren de la imagen original. Por lo tanto, el receptor reconstruirá todas las imágenes basándose en la imagen de referencia y en los datos diferentes. Existe un número de estándares MPEG diferentes: MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4.

### **2.3.1.1 MPEG-1**

Este estándar está dirigido a aplicaciones de almacenamiento de video digital en CD. Por esta circunstancia, la mayoría de los codificadores y decodificadores MPEG-1 necesitan un ancho de banda de aproximadamente 1.5 Mbit/segundo. Para MPEG-1 el objetivo es mantener el consumo de ancho de banda relativamente constante aunque varíe la calidad de imagen, que es comparable con la calidad de video VHS.

### **2.3.1.2 MPEG-2**

Este estándar fue diseñado para video digital de alta calidad DVD, Televisión digital de alta definición HDTV, medios de almacenamiento interactivo ISM, retransmisión de video digital DVB y Televisión por cable. El estándar MPEG-2 se centra en ampliar la técnica de compresión MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y de mayor calidad. MPEG-2 también proporciona herramientas adicionales para mejorar la calidad de video consumiendo el mismo ancho de banda. Esta característica indica que se producen imágenes de muy alta calidad cuando lo comparamos con otras tecnologías de compresión.

### **2.3.1.3 MPEG-4 Parte 2**

Cuando se habla de MPEG-4 generalmente se refiere a MPEG-4 parte 2. Este es el estándar de transmisión de video clásico MPEG-4. Este estándar incorpora muchas más herramientas para reducir el ancho de banda en la transmisión para ajustar una cierta calidad de imagen a una determinada aplicación o imagen.

Otra mejora de 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

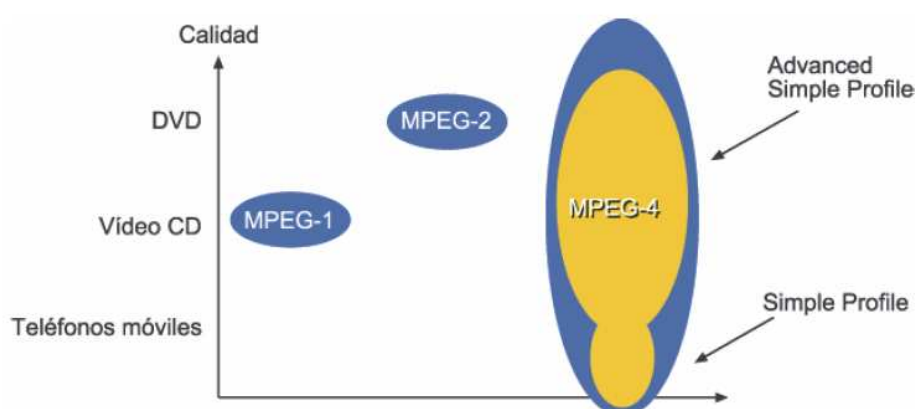
---

<sup>11</sup> *Joint Photographic Experts Group*: Algoritmo diseñado para comprimir imágenes con 24 bits de profundidad o escala de grises.

transmisiones con poco ancho de banda como para dispositivos móviles a aplicaciones con una calidad amplia y demandas casi ilimitadas de ancho de banda.

### 2.3.1.4 MPEG-4 Parte 10 AVC

MPEG-4 AVC también denominado como H.264 por la ITU<sup>12</sup>, corresponde a un desarrollo posterior en el que MPEG tiene un conjunto completamente nuevo de herramientas que incorporan técnicas más avanzadas de compresión para reducir aún 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 rendimientos y costos, especialmente para el codificador y al sistema de transmisión de video en red.



**Figura 6: Comparativa Formatos de Codificación**

La ilustración muestra que el espectro de MPEG-4 es mucho más amplio en relación a MPEG-1 y MPEG-2 que fueron desarrollados para aplicaciones más específicas. Mientras MPEG-1 fue desarrollado para video digital en CD-ROM, MPEG-2 fue desarrollado para DVD y la televisión de alta definición. Actualmente los codificadores satelitales utilizan MPEG-4 y la televisión digital terrestre está incorporando este formato (Norma Brasil-Japón).

**Tabla 1: Ancho de Banda Típico Formatos Compresión**

Estándar/Formato	Ancho de banda típico	Ratio de compresión
M-JPEG <sup>13</sup>	10-20 Mb/s	7-27:1
H.261	64 – 2000 Kb/s	24:1
H.263	28,8 – 768 Kb/s	50:1
MPEG-1	0,4- 2,0 Mb/s	100:1
MPEG-2	1,5-60 Mb/s	30-100:1
MPEG-4	28,8 -500 Kb/s	100-200:1

Existen diversos formatos de compresión propietarios donde los proveedores de sistema de distribución de contenidos establecen sus propios formatos con características particulares y no compatibles con otros formatos.

<sup>12</sup> International Telecommunication Union

<sup>13</sup> Motion JPEG

### 2.3.2 Formatos Contenedores

Un formato multimedia es un tipo de archivo que almacena información de video, audio, subtítulos e información de sincronización siguiendo un formato preestablecido. Un formato contenedor contiene uno o varios flujos ya codificados por códec. En general, hay un flujo de audio y uno de video. Los flujos que contengan pueden ser codificados utilizando diferentes códec.

Cuando se crea un contenedor, en primer lugar se produce la codificación de las pistas y posteriormente son multiplexadas siguiendo un patrón típico de cada formato. Cuando un archivo debe ser reproducido, en primer lugar actúa un divisor, él cual conoce el patrón del contenedor y demultiplexa o separa las pistas de audio y video. Una vez separadas las pistas, cada una de ellas es interpretada por el decodificador y es reproducida.

Es necesario que el reproductor cuente con los decodificadores necesarios para reproducir tanto el video como el audio, ya que de lo contrario la información no puede ser interpretada de forma correcta.

Existe un caso particular en MPEG, dado que MPEG es un códec y existen varias versiones que fueron mencionadas anteriormente. Pero MPEG es también un formato contenedor y existen varios tipos de MPEG: *Elementary Streams*, *Program Streams* y *Transport Streams*.

Cuando se reproduce por ejemplo un video MPEG de un DVD, el flujo MPEG está compuesto por varios flujos, denominados flujos elementales ES: uno para video, uno para audio, otro para subtítulos y así sucesivamente. Estos flujos distintos se juntan para formar un único flujo de programa PS. Pero este formato PS no se encuentra adaptado para la difusión de video a través de una red o por satélite. Esto generó la creación de otro formato llamado *Transport Stream* que fue diseñado para la difusión y videos MPEG a través de redes IP.

## 2.4 Encapsulamiento y Trama de Transporte

La televisión digital es viable si se cuenta con algoritmos de compresión de video y audio que permitan reducir el ancho de banda necesario. También es necesario definir cómo se va a enviar la información por el canal de transmisión de manera que los decodificadores sean capaces de recuperar el video y audio.

El encapsulamiento es el proceso de tomar un *stream* de datos, darle formato de paquetes, y adicionar las cabeceras y otros datos requeridos por el protocolo, por lo cual es fundamental para la transmisión de contenidos dentro de una red. En el caso de una red IP se realiza un encapsulamiento IP donde se toman los datos y se dividen en paquetes llamados comúnmente paquetes IP. El encapsulamiento es realizado en tiempo real justo después que el paquete es enviado a la red.

MPEG no es el único tipo de video que puede ser transportado sobre la red IP, es útil analizar los diferentes tipos de *stream* que han sido construidos por MPEG. Cada tipo

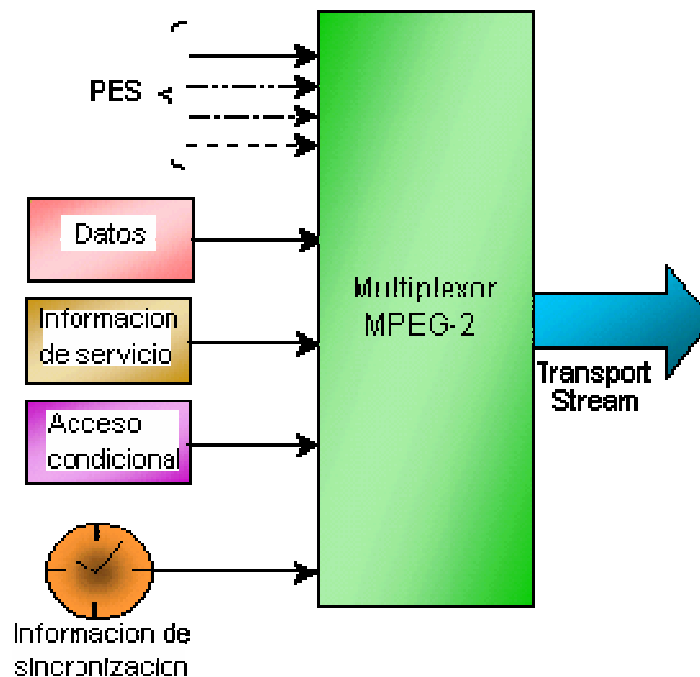
de *stream* tiene un propósito específico y no todos los tipos son aplicables en todas las situaciones. Como ya se señaló los tipos de *stream* son: *Elementary Streams* (ES), *Packetized Elementary Streams* (PES), *Program Streams* (PS) y *Transport Streams* (TS).

MPEG define como se tiene que multiplexar el video y el audio comprimido, además de los posibles datos adicionales para formar un único flujo de datos que permita ser transmitido y almacenado. MPEG define dos maneras de construir la trama de datos: por un lado el *Transport Stream* y por el otro lado el *Program Stream* que se definen a continuación:

El *Transport Stream* es la estructura que define para la transmisión en medios susceptibles a errores. Este formato utiliza paquetes de longitud constante llamados paquetes de transporte. El tamaño de estos paquetes es de 188 bytes. Este formato permite multiplexar varios programas dentro de un mismo flujo binario de datos.

El *Program Stream* es la estructura que define MPEG-2 para el almacenamiento de datos en medios libres de errores como pueden ser los DVDs, discos duros, CD-ROMs, etc. Este formato está formado por paquetes de longitud variable y de gran tamaño por ejemplo 2048 bytes. En este formato solo se pueden encontrar datos relativos a un único programa.

Debido a que IPTV es una plataforma en tiempo real es altamente sensible a pérdidas y retardos, por lo cual se utiliza una multiplexación del tipo *Transport Stream* para este tipo de transmisión de audio y video.



**Figura 7: Multiplexión *Transport Stream***

## 2.5 Técnicas de Transmisión

### 2.5.1 Unicast

El IP *unicast* o unidifusión corresponde a la comunicación directa *host* a *host*. El tráfico es enviado desde la fuente al destino agregando carga adicional en la fuente y en el receptor por cada conexión que se inicie, incrementando a su vez el uso de ancho de banda en la red. Cada usuario que se conecta a una transmisión consume el ancho de banda de acuerdo al tipo de codificación de contenido utilizada.

El método *unicast* se encuentra actualmente en uso en *Internet*. Este método se aplica para transmisiones en vivo y bajo demanda dado que es necesario conectar un único emisor con un único receptor. La Figura 8 muestra un esquema que ejemplifica la descripción de una transmisión *unicast*.

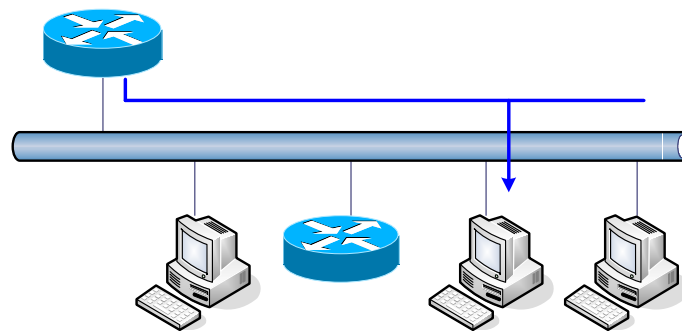


Figura 8: Transmisión *Unicast*

### 2.5.2 Broadcast

Una comunicación *broadcast* o difusión corresponde a la comunicación entre un *host* y todos los *hosts* de una red. El tráfico es enviado desde la fuente al destino sin multiplicar los paquetes nodo por nodo y es recibido por todos los *hosts* de la red.

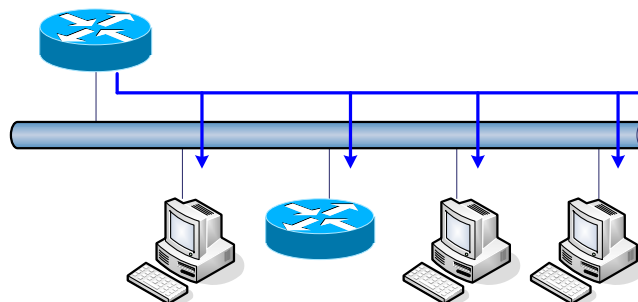
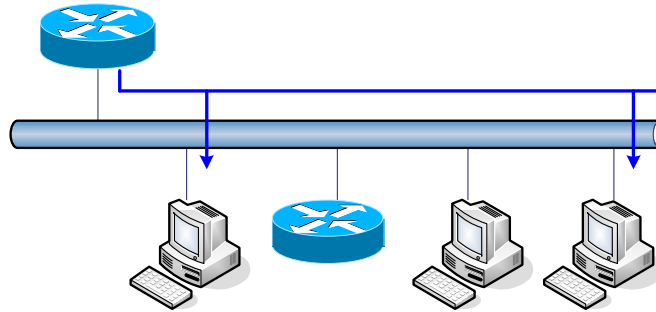


Figura 9: Transmisión *Broadcast*

### 2.5.3 Multicast

El IP *Multicast* o multidifusión es una tecnología de conservación de ancho de banda que reduce el tráfico para envío simultáneo de un flujo de información a múltiples receptores. IP *Multicast* envía tráfico desde la fuente a múltiples destinos sin agregar carga adicional en la fuente o en los receptores y sin incrementar ancho de banda en la red. La multidifusión utiliza un intervalo especial de direcciones denominado intervalo de clase D.



**Figura 10: Transmisión Multicast**

Todas las alternativas como *unicast* y *broadcast* requieren enviar más de una copia de los datos para entregarlos a múltiples receptores. En el caso del *unicast* se requiere que la fuente envíe una copia individual a cada uno de los receptores, esto en casos en que los receptores son miles consume un gran ancho de banda.

En el caso de aplicaciones que requieren gran ancho de banda como es el caso del video se necesita una gran porción de ancho de banda disponible para la transmisión de un solo *stream*. Para este tipo de aplicaciones, la única forma de enviar los datos a más de un receptor de forma simultánea es utilizando IP *Multicast*.

IP *Multicast* se encuentra basado en el concepto de grupo. Un grupo arbitrario de receptores expresa su interés en recibir un *stream* de datos en particular. Este grupo no posee límites físicos ni geográficos, el *host* puede estar localizado en cualquier lugar.

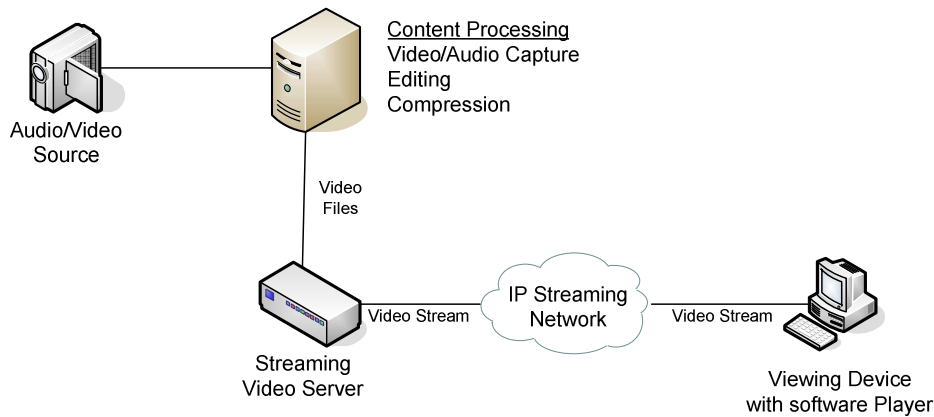
Los *hosts* que están interesados en recibir el flujo de datos deben unirse al grupo usando IGMP (Internet Group Management Protocol). Los *hosts* deben ser un miembro del grupo para recibir el *stream* de datos.

## 2.6 Video streaming

### 2.6.1 Descripción

El *streaming* es una técnica de distribución de video que no requiere la descarga del archivo completo al computador para visualizarlo. Es decir, el video se reproduce conforme se va recibiendo y se desecha posteriormente. Antes de esta tecnología la reproducción de contenido multimedia a través de *Internet* implicaba que era necesario descargar completamente el archivo al disco duro local.

Como los archivos de audio y en particular los archivos de video tienden a ser muy grandes, su descarga y acceso son procesos muy lentos. Sin embargo, con esta tecnología un archivo puede ser descargado y reproducido al mismo tiempo, con lo que el tiempo de espera se reduce considerablemente.



**Figura 11: Arquitectura de un Sistema *Streaming* Típico**

### 2.6.2 Arquitectura Sistema *Streaming*

Cuando se implementa un sistema *streaming* se requiere una determinada arquitectura. Una de las piezas fundamentales es el servidor de *streaming*, el cual tiene la responsabilidad de entregar el video justo cuando es requerido. Otra pieza fundamental es el *software* reproductor que recibe la señal de video entrante desde la red IP y genera la imagen en la pantalla del usuario. La pieza final del sistema es la estación de preparación del contenido y la red de transporte entre el servidor y el dispositivo de visualización.

### 2.6.3 Usos *Streaming*

El *video streaming* es una forma ideal de difusión de contenidos a audiencias particulares y especializadas. Existen cientos de aplicaciones en *Internet* hoy en día y miles más que se encuentran en redes corporativas. Algunas aplicaciones requieren de *streaming* en vivo, otras que usan contenido previamente grabado.

## 2.7 Calidad de Servicio QoS

Una plataforma IPTV requiere una transmisión en tiempo real lo que provoca que el sistema sea sensible a pérdidas y retardo. Esto se hace especialmente complicado sobre enlaces inalámbricos que son medios poco confiables. Esta característica de IPTV establece la necesidad de utilizar herramientas adicionales para garantizar que el usuario reciba las señales de video y audio que desea.

La calidad de servicio corresponde a la medida de rendimiento para un sistema de transmisión que refleja su calidad de transmisión y disponibilidad de servicio. Por lo tanto, para IPTV es necesario establecer parámetros de calidad de servicio. Existen parámetros de calidad de servicio en una red IP que se encuentran estandarizados: retardos, pérdidas,



ancho de banda disponible y otras prestaciones como el *jitter*. El *jitter* corresponde al cambio o variación de latencia entre paquetes de datos que se reciben dentro de la red. Si un flujo IP cumple con determinados niveles de estos parámetros, el flujo recibirá la calidad de servicio acordada.

Debido a que las redes pueden congestionarse es necesario establecer mecanismos de calidad de servicio debido a que no es posible sobredimensionar todos los enlaces de una red con congestión. Existen algunas ideas para proveer calidad de servicio:

- Controlar el número de usuarios que acceden al medio.
- Limitar el tráfico inyectado en la red por los usuarios.
- Gestión de colas inteligente en los *routers* intermedios.

Cada una de estas ideas posee ventajas y desventajas desde el punto de vista de aplicación del mecanismo sobre el sistema y el costo de proveer la calidad de servicio en cada caso. En el caso de aplicaciones multimedia como IPTV, cada aplicación requiere de parámetros de servicio particulares para que sea posible que establezca con las garantías suficientes. En el caso de IPTV para distintos servicios se tienen los siguientes parámetros:

**Tabla 2: Parámetros de Calidad Aplicaciones Multimedia**

Aplicación	Fiabilidad	Retardo	Jitter	Ancho de Banda
Audio Bajo Demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video Bajo Demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Un *router* dentro de la red permite implementar mecanismos de calidad de servicio. Los mecanismos de QoS de un *router* son: clasificación, marcado, manejo de colas, administración de tráfico, políticas de tráfico, eliminación de paquetes y eficiencia de enlace. Estos mecanismos son comúnmente utilizados dentro de la administración de redes donde es necesario garantizar la entrega de los datos dependiente del tipo de servicio entregado.

Existen nuevos mecanismos para implementar calidad de servicio en redes que se clasifican en: *Integrated Services* (IntServ) y *Differentiated Services* (DiffServ). Estos mecanismos se utilizan en aplicaciones de tiempo real como es el caso de IPTV.

### 2.7.1 *Integrated Services*

Se utiliza este término para un modelo en *Internet* que incluye el servicio de *best-effort* o mejor esfuerzo, y la reserva de recursos para los servicios en tiempo real. El usuario solicita con anterioridad los recursos que necesita. Cada *router* dentro de la red debe registrar y realizar la reserva solicitada. Posee como elementos principales: reserva de recursos y control de admisión. Dentro de esta clasificación se encuentran los servicios: garantizados, controlados y RSVP (ReSerVation Protocol).

- **Servicios Garantizados:** Este servicio proporciona un nivel de ancho de banda y un límite en el retardo, garantizando la no existencia de pérdidas en colas. Está pensado

para aplicaciones en tiempo real, tales como aplicaciones de audio y video. Cada *router* caracteriza el servicio garantizado para un flujo asignando un ancho de banda y un espacio en el *buffer*.

- **Servicios Controlados:** La red proporciona un servicio cercano al obtenido por una red *best-effort* en condiciones de baja carga, que no varía al aumentar la carga obteniéndose un alto porcentaje de los paquetes transmitidos recibidos correctamente y un retardo de los paquetes que no superará excesivamente el retardo mínimo.
- **RSPV (ReSerVation Protocol):** Protocolo de reserva de recursos que permite especificar la QoS que requiere la red para un flujo de datos y los *routers* reparten las peticiones a todos los nodos del camino del flujo de datos.

### 2.7.2 Differentiated Services

Este modelo permite asignar diferentes niveles de servicios a diferentes usuarios de *Internet*. El usuario marca los paquetes con un determinado nivel de prioridad. Los *routers* van agregando las demandas de los usuarios y propagándoles por el trayecto. Esto le entrega al usuario la calidad de servicio solicitada.

Este modelo intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ con el servicio RSVP agregando el concepto de Clase de Servicio que se basa únicamente en el marcado de paquetes. En este caso las garantías de calidad de servicio no son tan severas como en IntServ pero en algunos casos se consideran suficientes. DiffServ se caracteriza por:

- Fácil implementación
- Reserva de recursos de tráfico agregado y no individuales
- Garantía por priorización y no por reserva de recursos
- El control se realiza en los *routers* frontera y la transmisión se realiza por clase en el núcleo de la red
- Clases identificadas por marcas en los paquetes.
- Asignación de la marca a la entrada de la red, en función del tráfico.
- Es escalable y fácil interconexión de dominios de distintos ISPs.

IntServ fue desarrollado antes que DiffServ, pero DiffServ se ha extendido con mayor fuerza en la actualidad. Debido a las diferencias existentes entre estos dos nuevos modelos muchos fabricantes de *routers* implementan versiones eficientes de DiffServ pero no de IntServ. Estos dos modelos pueden ser complementarios dentro de un sistema como por ejemplo se pueden realizar reservar IntServ dentro de flujos DiffServ.

## 2.8 Televisión por Red IP: IPTV

### 2.8.1 Descripción

*Internet Protocol Television* IPTV corresponde a la distribución de señales de televisión y video usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. Esta forma de televisión se desarrolla basándose en el *video streaming*.

Es necesario destacar que IPTV es una tecnología diferente a la Televisión por *Internet*. Esta diferencia se basa en que una plataforma IPTV corresponde a un entorno cerrado donde el proveedor del servicio controla tanto la red de transmisión como los contenidos y el acceso a ellos. La televisión por *Internet* representa un entorno menos controlado en el cual los contenidos y el acceso a ellos es abierto a los usuarios.

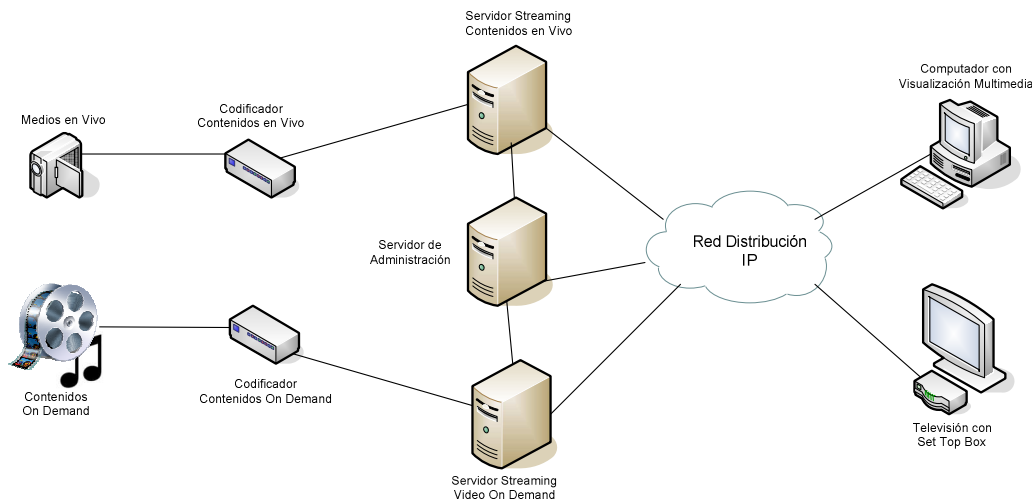


Figura 12: Sistema IPTV

### 2.8.2 Arquitectura y Funcionamiento

Existen diversas arquitecturas para la transmisión de servicios de video sobre diferentes tipos de redes de telecomunicaciones, pero cualquier red de distribución basada en IP requiere incorporar, al menos las siguientes etapas:

- A. Captura de señales de video
- B. Almacenamiento y servidores de video
- C. Distribución del contenido
- D. Equipo de acceso y de usuario
- E. *Software*

En forma general, en la primera esta se recopila el contenido para integrar la oferta programática; en la segunda se encuentran los servidores para almacenamiento de video; la tercera se ocupa de la distribución de las señales a través de la red de transporte de alta

capacidad y por último, la red de acceso entrega el contenido al usuario, que lo puede visualizar en su terminal.

#### **2.8.2.1 Captura de señales de video**

El contenido se puede recibir a través de *Internet*, de algún proveedor de contenidos o de un distribuidor de señales de televisión digital o analógica.

Para digitalizar, codificar y comprimir el video analógico, o procesar y convertir el video digital al formato empleado por el códec de video del sistema, se requieren codificadores que además permiten que el flujo de video pueda ser transportado por IP y recibido por el decodificador del usuario.

El codificador/decodificador es un dispositivo o módulo de *software* que habilita la compresión de video digital. La elección del códec de video determina el complejo balance entre la calidad de video, la cantidad de datos necesaria, la complejidad de los algoritmos de codificación y decodificación, la robustez ante las pérdidas de datos y los errores.

#### **2.8.2.2 Almacenamiento y servidores de video**

Los servidores realizan diversas funciones, entre ellas el almacenamiento y respaldo de los contenidos, la administración del video bajo demanda y del *video streaming*. Los sistemas de *streaming* requieren más capacidad de procesamiento del servidor y también requiere mayor ancho de banda.

Esta etapa se encuentra totalmente basada en plataformas de servidores IP con diferentes sistemas operativos Windows o Linux que son capaces de entregar múltiples flujos de video de manera simultánea. Es importante notar que en los sistemas IPTV no se hace combinación de señales porque el contenido se envía de manera independiente a cada usuario a través de flujos individuales de video.

#### **2.8.2.3 Distribución del contenido**

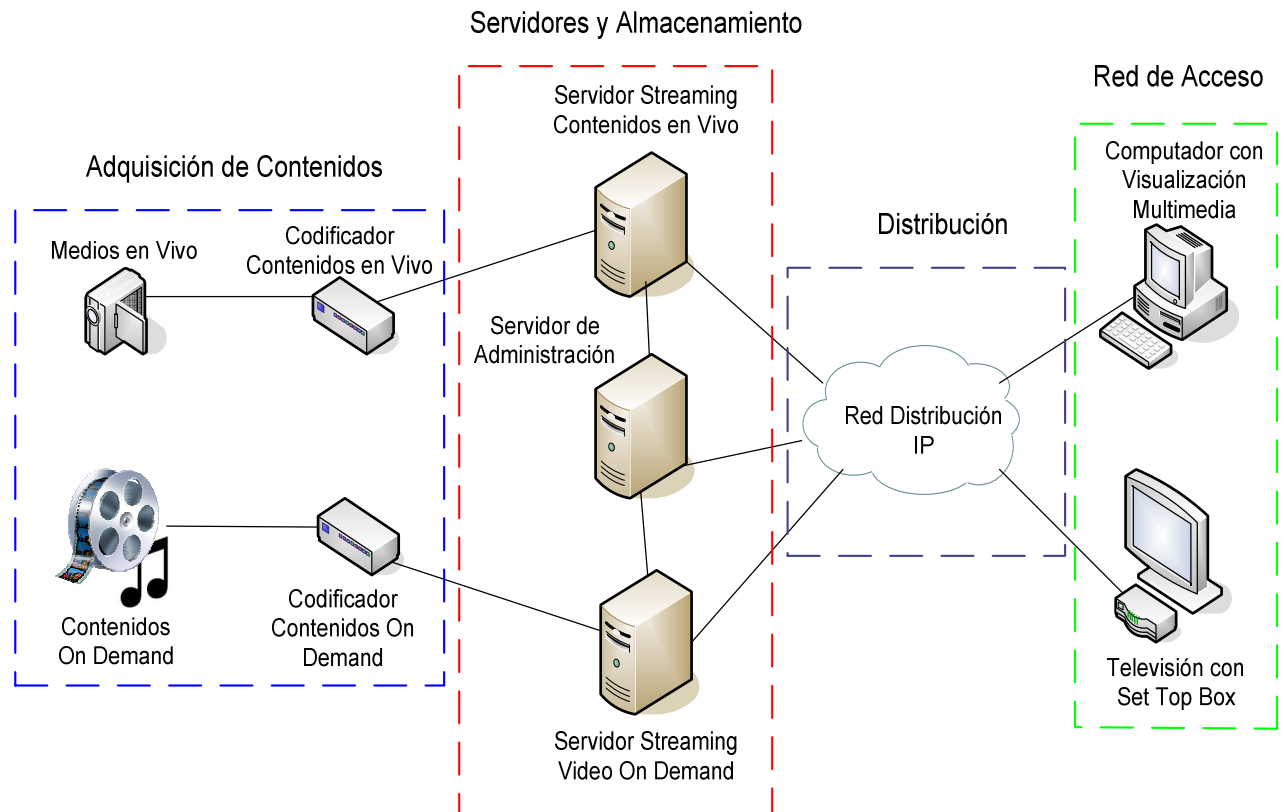
La red de transporte permite la transmisión bidireccional de contenido, control de sesiones, autenticación de usuario y generación de datos de facturación. Independiente de la arquitectura de red, es necesario que cuente con alta capacidad de transferencia de información para soportar tasas de transmisión estables y ofrecer calidad de servicio.

#### **2.8.2.4 Equipo de Acceso y usuario**

La red de acceso es aquella comprendida entre la terminación de la red de transporte de la compañía de telecomunicaciones y el domicilio de los usuarios. En el final se coloca el equipo receptor o decodificador para poder recibir el contenido en una televisión convencional o en un computador personal.

### 2.8.2.5 Software

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, 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 protección de derechos.



**Figura 13: Etapas Sistema IPTV**

Los contenidos de video típicamente son comprimidos con el estándar MPEG-2 o MPEG-4, que proporciona mayor grado de compresión, se transportan en un flujo IP *multicast*, por lo que pueden ser suministrados a múltiples equipos al mismo tiempo.

Para la prestación del servicio el televisor del cliente deberá disponer de las características técnicas necesarias para poder disfrutar de todas las prestaciones del servicio asociadas a los contenidos audiovisuales. El decodificador se conecta al equipo receptor de televisión mediante la correspondiente conexión de video.

## 2.8.3 Componentes

### 2.8.3.1 *Head End*

El *Head End* corresponde al punto primario donde el contenido es introducido a la red IPTV y donde se desarrollan un gran número de funciones relevantes para el funcionamiento del sistema.

Independiente de la plataforma que se utilice para proveer el contenido ya sea por un sistema digital de televisión por cable o por satélite un sistema IPTV requiere una cabecera de video. Es en esta parte del sistema donde la difusión y el contenido bajo demanda son adquiridos y se le da formato para la posterior distribución sobre la red IP.

El *Head End* abarca varios componentes incluyendo los decodificadores, *middleware*, servidores VOD, servidores y administradores de subscriptores, recursos, sesiones y aplicaciones.

### 2.8.3.2 *Middleware*

Un *Middleware* es un *software* que conecta componentes de *software* o aplicaciones para que puedan intercambiar datos entre ellas. También ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas. Esto incluye servidores *web*, servidores de aplicaciones, sistemas de gestión de contenido y herramientas similares.

Este *software* funciona como una capa de abstracción distribuida que se encuentra entre las capas de aplicaciones y las capas inferiores. El *middleware* proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) para la fácil programación y manejo de aplicaciones distribuidas. Existen diferentes tipos de *middleware* dependiendo del problema a resolver y de las funciones que se necesitan.

### 2.8.3.3 *Video Server*

Administrado por el *Middleware*, los servidores de *video streaming* o de *Video On Demand* corresponden a un *hardware* con una gran capacidad de almacenamiento y *streaming*. Los servidores de Video Bajo demanda (VOD) envían *streaming* de datos a usuarios a través de la red utilizando el estándar *Real- Time Streaming Protocol* (RTSP) que utiliza una transmisión de tipo *unicast*.

### 2.8.3.4 *Content Protection: CAS/DRM*

Un sistema de Acceso Condicional es un sistema de transmisión de medios digitales que se encuentra limitado sólo para los subscriptores o usuarios. Es comúnmente llamado acceso condicional.

La señal es encriptada produciendo que la señal no se encuentre disponible para recepciones no autorizadas. Este sistema se utiliza especialmente para los sistemas de televisión vía satélite en la actualidad.

Los *Set top boxes* contienen un módulo de acceso condicional que es necesario para que el usuario reciba y decodifique la señal para poder ser visualizada por el suscriptor. Este sistema de acceso permite controlar el acceso a la difusión de contenidos dentro de la transmisión de televisión digital.

#### **2.8.3.5 SET TOP BOX (STB)**

En español se denomina decodificador de televisión. *Set top box* es el nombre con el que se conoce al dispositivo encargado de la recepción y decodificación de una señal de televisión digital para luego ser mostrada en un dispositivo de televisión analógico.

Un STB básicamente se encarga de recibir una señal digital, comprueba que se tenga permiso para ver la señal, la demodula y envía la señal al televisor. También hace posible todas las ventajas que ofrece la nueva televisión digital como televisión interactiva o televisión de alta definición.

El funcionamiento de un *set top box* se basa en la siguiente secuencia de etapas que se desarrollan para establecer la transmisión y recepción de la señal de televisión: Primero se sintoniza la señal digital, la cual incluye información de video (MPEG-2 o MPEG-4), información de audio y datos. Luego se separan los tres tipos de información para ser tratados por separado. A continuación el sistema de acceso condicional decidirá cuales son los permisos que tiene el suscriptor para poder ver los contenidos que está recibiendo. Luego de ser descifrados los datos, los paquetes de video y audio son enviados al televisor. Los paquetes de datos se ejecutaran en caso de ser necesarios o solicitados por el usuario.

#### **2.8.4 Servicios que ofrece**

IPTV es el resultado de la convergencia de *Internet* y Televisión, solución que permite nuevas opciones de entretenimiento y servicios para los usuarios.

De forma general la modalidad de IPTV puede ser difusión en directo, al igual que la televisión analógica actual, también puede ser una descarga bajo demanda (VoD) o *pay per view*. Estas distintas modalidades pueden ser vistas en un computador o en un televisor convencional, al cual se le ha colocado un decodificador o *set top box* que permite descomprimir y decodificar la señal de video para presentársela al usuario.

Típicamente un sistema IPTV soporta un amplio intervalo de servicios de fácil uso que permiten obtener una experiencia superior al usuario, esto a través de una interfaz intuitiva para el suscriptor.

A continuación se describen algunos servicios para los usuarios finales que se encuentran actualmente en uso:

#### **2.8.4.1 *Electronic Program Guide (EPG)***

Corresponde a un portal interactivo y un programa avanzado de búsqueda que permite una fácil navegación por una lista de contenido de video y audio que se encuentra disponible para los usuarios a través del proveedor de servicios y que pueden ser seleccionados a través de un control remoto o algún dispositivo de entrada como puede ser un teclado.

#### **2.8.4.2 *Pay Per View (PPV)***

Este servicio permite al proveedor de servicios ofrecer programación en vivo y pregrabada a sus subscriptores en horarios programados a través de *multicast*, dado que todos los usuarios reciben la señal de forma simultánea y que es accesible sólo a través de un pago adicional. La compra se realiza de forma automática a través del mando a distancia propio del equipo decodificador.

#### **2.8.4.3 *Video On Demand (VoD)***

Permite a un usuario individual demandar una película o contenido de forma personalizada desde una librería con categorización del contenido. El usuario puede elegir el programa que desea ver y el momento en que desea verlo son depender de un horario fijo de programación, además es posible detener y reanudar el programa a voluntad del usuario. Este servicio es del tipo *unicast* dado que se transmite solo a un usuario por la red a diferencia del caso del PPV.

#### **2.8.4.4 *Network Personal Video Recording (NPVR)***

Permite la capacidad de grabar contenido difundido usando recursos de la red para una transmisión *unicast* del contenido de manera posterior. Funciona de la misma manera que VoD excepto que los usuario deciden que contenido grabar y no el operador.

#### **2.8.4.5 *Time Shifting***

Corresponde a la capacidad de grabar contenidos en un medio de almacenaje para ser reproducido en el momento en que el usuario lo desee. Es decir, se trata de tener a disposición del usuario contenidos que ya han sido reproducidos.

Los sistemas IPTV poseen soporte para nuevas y más desarrolladas aplicaciones en una arquitectura basada en *IP Multimedia Subsystem (IMS)*. IMS es un estándar que define una arquitectura genérica para ofrecer voz sobre IP y servicios multimedia. Los servicios basados en IMS permiten comunicaciones usuario a usuario y usuario a contenido tanto en voz, texto, fotos y videos.



## 3. DISEÑO PLATAFORMA IPTV BÁSICA

El diseño de una plataforma de televisión IPTV se base en el estudio y análisis de diversas alternativas de equipos, *software* y *hardware*. En primera instancia se analizarán los parámetros relevantes para el sistema. Posteriormente se estudia el *software* y *hardware* que son necesarios utilizar en cada etapa de funcionamiento de un sistema IPTV junto con la estimación de los costos asociados.

Luego del análisis de las alternativas se escogerán los equipos y *software* que se utilizarán considerando sus ventajas y desventajas. A partir de la elección se realiza una implementación de prueba y se especifican los procedimientos y el lugar de instalación. Después se diseñan experiencias prácticas para impartir un curso de esta tecnología.

### 3.1 Parámetros Relevantes Plataforma

#### 3.1.1 Calidad de Imagen

La calidad de imagen se determina esencialmente por la cantidad de líneas que se muestran. En general, la calidad se expresa como: la cantidad de puntos de imagen por línea X cantidad de líneas, por ejemplo 640x480. De acuerdo a esto existe la siguiente clasificación:

- **Definición Estándar (SDTV<sup>14</sup>):** corresponde a la calidad de imagen de los actuales televisores analógicos que puede visualizarse en formato 16x9 o 4x3 con 480 líneas entrelazadas.
- **Definición Mejorada (EDTV<sup>15</sup>):** corresponde a una calidad de imagen mejor que la SDTV con al menos 480 líneas progresivas (480p) en una presentación de 16x9 ó 4x3 la calidad que se utiliza en la mayoría de los reproductores de DVD.
- **Alta definición (HDTV<sup>16</sup>):** corresponde a la mejor calidad de imagen, con un mínimo de 720 líneas progresivas (720p) o 1080 líneas entrelazadas (1080i) con una presentación de pantalla ancha de 16:9.

Estas altas resoluciones se consiguen enviando la señal comprimida mediante algún códec como MPEG-2 o H.264. Los sistemas más habituales para ver HDTV serán el cable y el satélite, como también a través de banda ancha. Por supuesto es necesario un televisor o computador que soporte esta resolución, aunque muchos de los nuevos modelos de televisores ya empiezan a soportarlo.

---

<sup>14</sup> *Standard Definition Television*

<sup>15</sup> *Enhanced Definition Television*

<sup>16</sup> *High Definition Television*

Debido a las características de la clasificación de calidad de imagen se desea que la plataforma en diseño pueda soportar televisión de alta definición. La alta definición obliga a utilizar equipos con altas capacidades debido al mayor tamaño de los archivos en una mayor calidad.

### 3.1.2 Ancho de Banda

Un sistema IPTV con diferentes servicios como es el caso de VoD<sup>17</sup> requieren gran ancho de banda y funcionamiento confiable estableciendo requerimientos adicionales a la red. Dependiendo del tipo de codificación y compresión utilizadas se deben considerar diferentes tasas de transmisión en cada caso.

Calcular la cantidad de ancho de banda consumido por un *stream* MPEG es muy importante y también difícil. En la mayoría de los dispositivos MPEG, el usuario posee control sobre la tasa de un *stream* MPEG elemental.

Para los códec más utilizados se tienen los siguientes anchos de banda necesarios para la transmisión de video. MPEG-2 codifica los *streams* de VoD o IPTV por un canal de televisión de 3.5 – 5 Mbit/s, H.264 o MPEG-4 parte 10 codifica *streams* VoD o IPTV por un canal de televisión de sobre 2 Mbit/s y las señales de HD<sup>18</sup> necesitan 8 – 12 Mbit/s codificado en H.264.

A continuación se detallan los anchos de banda necesarios para la transmisión de video de los códec más utilizados considerando dos tipos de calidad de imagen, la definición estándar y en alta definición.

**Tabla 3: Ancho de banda por Códec y Calidad de imagen**

	SDTV	HDTV
MPEG-2	2 – 4 Mbps	16 – 19 Mbps
MPEG-4 o H.264	1.5 – 2 Mbps	6 – 8 Mbps
WM9 (VC -1)	1.5 – 2 Mbps	6 – 8 Mbps

### 3.1.3 Capacidad de Procesamiento

Los más recientes computadores personales son capaces de correr variados reproductores. Esta categoría incluye computadores *desktop* como laptop, como también sistemas operativos como Windows, Macintosh y Linux.

La determinación si una máquina en particular es capaz de descifrar un *stream* de video es difícil, el funcionamiento depende de la velocidad del procesador, cantidad de memoria de todos los tipos, como cache, RAM y de la tarjeta de video, y del número de otras tareas que el procesador esté realizando de forma paralela.

<sup>17</sup> *Video On Demand*

<sup>18</sup> *High Definition*

Generalmente, la capacidad de de disco duro no es un factor importante, desde que los *buffers* guardan en memoria los requerimientos de procesamiento de video y no en disco. Esto tiene sentido, al considerar que un *stream* de moderada calidad que se ejecuta a 1 Mb/s requiere sólo 2 Mbytes de memoria para mantener 16 segundos de video comprimido.

Por lo tanto, es necesario poseer altas capacidades de memorias y alta velocidad del procesador para que la reproducción de un video en alta calidad sea posible dentro de las instalaciones del sistema.

### **3.1.4 Capacidad de Almacenamiento**

Los servidores *streaming* al proveer un número simultáneo de espectadores requieren un almacenamiento de alta velocidad y conexión de red. Un servidor Pentium de 2 GHz puede fácilmente soportar *streams* de video simultáneos que lleguen a sobrepasar una conexión de 1.5 Mb/s varias veces y sobrepasar el link Ethernet 10BaseT. Dado esto se ha vuelto común el uso de interfaces Gigabit Ethernet que poseen una mayor tasa de transmisión de bits.

Dado que se desea que el sistema soporte video de alta definición es necesario poseer equipos de almacenamiento de contenido, como por ejemplo un servidor de VoD, de alta capacidad para almacenar una gran cantidad de contenidos que sean posibles de transmitir por la red bajo la demanda del usuario.

## **3.2 Alternativas Equipamiento Laboratorio**

### **3.2.1 Etapa Adquisición de Contenido**

Existen diversas formas de adquirir contenidos multimedia para ser transmitidos a través de una red IP. Las alternativas disponibles van desde contenidos en vivo o contenidos envasados en CDs o DVDs por ejemplo. A continuación se analizarán estas diferentes alternativas destacando sus ventajas y desventajas para la implementación dentro de las instalaciones del laboratorio.

#### **3.2.1.1 Contenido en Vivo**

Se desea disponer de contenido en vivo para poder visualizar directamente la adquisición de contenido y su posterior transmisión hasta el medio de visualización. Para poder adquirir contenido en vivo es necesario contar con una cámara digital de video y audio instalada dentro del laboratorio.



### 3.2.1.2 Contenido Envasado

Para poder tener mayor cantidad de contenidos se debe disponer de un reproductor de contenidos envasados en diferentes formatos CDs, DVDs y VCDs. Se instalará un único reproductor que permita reproducir estos tres tipos de formatos y otros formatos adicionales para ampliar los tipos de contenidos dentro del sistema.



### 3.2.1.3 Contenido desde Televisión Abierta

Además es posible obtener contenidos multimedia a través de la televisión analógica abierta. Esto se puede realizar a través de la instalación de una televisión analógica que reciba la señal de televisión transmitida a través del aire y pueda ser ingresada a la plataforma.

### 3.2.1.4 Contenido desde Antena Satelital

También es posible obtener contenidos desde la transmisión de televisión satelital. Estos contenidos se pueden obtener desde una antena satelital instalada en un sector que permita la recepción de la señal respectiva junto con la incorporación del decodificador que permite la recepción de la señal en un televisor convencional.

### 3.2.1.5 Conversor Análogo/Digital

A través de estas cuatro formas se obtendrán contenidos multimedia tanto de forma analógica como de forma digital. Cuando el contenido multimedia adquirido se encuentra en formato analógico es necesario contar con un elemento adicional dentro de la red, se trata de un conversor análogo/digital. Este dispositivo permite convertir la señal de televisión analógica a un formato digital para poder ser transmitido posteriormente a través de la red IP. Existen numerosos tipos de conversores análogos/digital dentro del mercado. A continuación se detallarán las alternativas a analizar:

#### Canopus ADVC110

Conversor que permite la conversión del video y audio desde distintas fuentes, y de forma bidireccional tanto de video análogo/digital como de digital/análogo. Este conversor es portátil y de fácil uso, y es compatible con sistemas Windows y Mac OS.



#### Pyro AV/LINK

Conversor de Video bidireccional Análogo/Digital. Herramienta que permite capturar y convertir videos a formatos de calidad profesional así como exportar contenido de video digitales editados hacia video grabadoras analógicas.



### 3.2.2 Etapa Codificación, Servidor Streaming y Reproductor

Un número importante de compañías han desarrollado *software* para el *streaming* y reproducción de video y audio para diferentes plataformas. A continuación se analizarán diferentes soluciones que se encuentran entre las más utilizadas para la transmisión de contenido multimedia desde la fuente hasta el espectador.

#### 3.2.2.1 Real Networks

RealNetworks posee herramientas que permiten realizar la codificación, *streaming* y reproducción del contenido multimedia sobre una red IP. RealNetworks ofrece los siguientes productos para el proceso de transmisión de medios y reproducción:



##### RealProducer y Helix Producer

Este producto permite tomar el contenido de video y audio, y convertirlo en formatos RealAudio y RealVideo para almacenar y reproducción de contenido *streaming*.

##### Helix Server

Servidor de *Streaming* que posee variados modelos para manejar las funciones de *streaming* en redes de gran envergadura para proveedores masivos como también para redes privadas de menor tamaño.

##### RealPlayer

Corresponde a un *software* reproductor para codificar contenido en formatos RealAudio y RealVideo, y otros formatos adicionales. Existe una segunda versión llamada RealOne Player que posee de manera adicional un navegador de medios.

#### 3.2.2.2 Microsoft

Es una solución de transmisión de contenidos multimedia desarrollada por Microsoft que posee las siguientes herramientas para la codificación, transmisión y reproducción de contenidos.



##### Windows Media Encoder

Es un codificador de medios que se puede obtener de manera gratis desarrollado por Microsoft que permite convertir o capturar contenido de audio y video tanto en vivo como pregrabado a formato Windows Media para transmisión bajo demanda y en vivo. Este codificador permite capturar sonido multicanal de alta calidad, calidad de video de alta definición, compatibilidad para el contenido mixto de voz y música, entre otras aplicaciones.

### **Windows Media Services**

Servidor de *streaming* que permite a los administradores generar *streaming* de video y audio soportando los formatos Windows Media, JPEG y MP3. Soporta flujos *unicast* y *multicast*, posee autenticación, impone número límite de conexiones, genera estadísticas de uso, utiliza múltiples protocolos. Soporta IPTV y entrega de contenidos a través de *Wireless*.

### **Windows Media Player**

Reproductor multimedia con diferentes versiones compatibles con distintos sistemas operativos. El WMP permite reproducir diversos formatos digitales: audio CDs, DVDs Video y Audio, WMA, WMV, MP3, MPEG y AVI entre otros siempre que se disponga de los códecs.

### **3.2.2.3 QuickTime**

QuickTime ofrece una solución para la creación, difusión y reproducción de contenidos multimedia basada en estándares que se encuentra disponible para sistemas operativos Windows y Mac OS X.



#### **QuickTime Pro Encoder**

A través de esta versión se tienen las funcionalidades de edición de video y codificación a variados formatos como AVI<sup>19</sup>, MOV y MP4. Permite la creación de contenido MPEG-4 y los estándares mundiales para redes inalámbricas de alta velocidad: 3GPP y 3GPP2.

Permite importar y exportar video, audio e imágenes desde gran cantidad de formatos estándar o conversión de un formato a otro. Realiza la preparación y compresión de emisiones de audio y video para distribuir las a través de la *web* o a un teléfono móvil.

#### **QuickTime Streaming Server**

Corresponde a un servidor multimedia basado en estándares que combina compatibilidad con facilidad de uso. Este servidor permite ofrecer contenido bajo demanda o en directo por *Internet*. A través de la tecnología *Instant-On* permite reproducir el contenido tan pronto como se pulsa el enlace, por lo tanto no es necesario esperar que el contenido se descargue.

QuickTime es compatible con los estándares multimedia más recientes como H.264, MPEG-4 y 3GPP. También QuickTime es compatible con la emisión de archivos en estos formatos de forma nativa, lo cual permite que el contenido pueda ser visualizado con cualquier reproductor multimedia estándar, así como con numerosos dispositivos compatibles como móviles y decodificadores digitales.

---

<sup>19</sup> *Audio Video Interleave*: Formato de Archivo Contenedor de audio y video.

Existe una versión *open source* equivalente al QuickTime *Streaming Server* correspondiente al Darwin Streaming Server. Darwin Streaming Server es el primer servidor de *streaming open source*. Este servidor es capaz de transmitir medios RTSP/RTP en una gran variedad de medios incluyendo H.264/MPEG-4 AVC, MPEG-4 parte 2 y 3GP.

### QuickTime Player

Reproductor que permite abrir cualquier archivo de video de alguno de los formatos más populares como MOV, MP4, MPEG-4, archivos de audio y archivos de imágenes, y los reproduce en una pantalla según la resolución del archivos. También puede reproducir videos por *Internet* sólo indicándole su dirección URL<sup>20</sup>.

Además si se pierde la conexión y la bajada del video se detiene, cuando se reanuda la conexión el programa reanuda la descarga y la reproducción continúa desde el punto en que se detuvo. El uso de este reproductor es aconsejable dado que aprovecha las mejores tecnologías de codificación de video como H.264, DVD, HD, MPEG-4, etc. para ofrecer mejor calidad de imagen que los formatos de video convencionales.

### 3.2.2.4 VideoLAN Project

VideoLAN es una solución de *software* completa para realizar *video streaming* y reproducción de contenidos multimedia. VideoLAN está diseñado para transmitir flujos de video MPEG sobre redes de alta capacidad.



VideoLAN ha sido desarrollado por estudiantes y por desarrolladores de todo el mundo bajo la GNU (*General Public License*). Esta solución incluye dos *software* principales con diferentes funciones: *VideoLAN Client* (VLC) y *VideoLAN Server* (VLS).

### VLC Media Player

Corresponde al *software* principal de esta solución. VLC puede trabajar sobre diversas plataformas: Linux, Windows, Mac OS X, Solaris y bajo múltiples sistemas operativos.

Este reproductor permite reproducir archivos MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4 / DivX desde un disco duro, un CD-ROM, etc. También reproduce DVDs, VCDs y CD de audio.

VLC también puede ser utilizado como servidor para transmitir archivos MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4, DVDs y videos en vivo tanto en redes *unicast* y *multicast*.

### VLS

Corresponde un servidor de *streaming* que permite la transmisión de archivos MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4, DVDs, canales de televisión satelital digital, canales de televisión terrestre digital y videos en vivo sobre redes *unicast* o *multicast*.

---

<sup>20</sup> *Uniform Resource Locator*: Secuencia de Caracteres que se usa para nombrar recursos en Internet.

### 3.2.2 Etapa Distribución

Para la distribución de contenido dentro de la red se pueden considerar varias configuraciones y números de equipos para transmitir el contenido desde el servidor o servidores hacia el espectador.

Para la elección de la topología de red, tipos de dispositivos y número de equipos es necesario considerar la función que debe cumplir esta red de distribución IP tanto para la transmisión del contenido como también del punto de vista de potencialidad del sistema.

#### 3.2.3.1 Routers

El propósito de un *router* es examinar los paquetes entrantes, elegir la mejor ruta para ellos a través de la red, y después conmutarlos al mejor puerto de salida y así transmitir los paquetes de un extremo al otro extremo. Los *routers* son el dispositivo regulador de tráfico más importante en las redes IP.

Un criterio que resulta clave para seleccionar un *router* es saber qué funciones del *router* se necesitan. Entre los criterios de selección se encuentran: escala de la necesidad de características de enrutamiento, requisitos de variedad-densidad de puertos, capacidad, rendimiento e interfaz de usuario común.

Debido a que se trata de una red de baja cantidad de usuarios y pocos elementos se necesitan *routers* de baja densidad de puertos y de enrutamiento. Por lo tanto se utilizarán *routers* pequeños como las siguientes alternativas.

#### Cisco 851

Router diseñado para pequeñas redes y posee 4 puertos 10/100 Mbps FastEthernet, características de seguridad, soporta VPN con sobre 5 túneles, soporta protocolos 802.11b y g.



#### Linksys BEFSR41

Router por cable/DSL con 4 puertos FastEthernet. Permite compartir la conexión de Internet de alta velocidad entre varios computadores. Admite DHCP y el sistema universal *Plug-and-Play* e incluye un asistente de configuración de fácil uso.



#### Nortel Business Secure Router 252

Router diseñado para empresas pequeñas y medianas. Permite la conectividad a Internet a través de DSL o cable modem. Posee 4 puertos Ethernet LAN, 1 puerto WAN 10/100 Base-T y 1 puerto serial. También permite servicio VPN, *Firewall* y de autenticación.





### 3.2.3.2 Switch

Un *switch* es un dispositivo de capa 2, se le denomina a veces puente multipuerto. Los *switches* toman decisiones basándose en las direcciones MAC. Gracias a las decisiones que toman estos dispositivos las LAN son mucho más eficientes. Esto lo consiguen conmutando los datos fuera del puerto al que el propio *host* está conectado. El propósito de un *switch* es concentrar la conectividad mientras crea una transmisión de datos más eficiente. Conmuta las tramas de las interfaces entrantes a los puertos salientes mientras proporciona un ancho de banda completo.

#### Cisco Catalyst Express 500

Posee 24 puertos de 10/100 Ethernet y 2 puertos 10/100/1000BASE-T. Permite configurar sobre 32 VLANs.



#### D-link DES-1008D

Conmutador de 8 puertos Ethernet y FastEthernet, con velocidad de transferencia de 100 Mbps.



#### Linksys EZXS55W

Conmutador de 5 puertos 10/100 Mbps con modos Half y Full Duplex. Velocidades de transferencia a 10, 20, 100 y sobre 200 Mbps.



Estos dos dispositivos son los elementos básicos de una red de distribución del contenido y aseguran la conectividad de la plataforma si se encuentran correctamente configurados. Es necesario utilizar ambos elementos para la distribución del contenido.

### 3.2.3.3 Esquema distribución de contenido

Existen varias alternativas de utilizar elementos como *routers* y *switches* para interconectar la etapa de adquisición de contenidos y la etapa de acceso del usuario. Existen interconexiones simples y complejas para lograr el mismo objetivo de conectividad entre las etapas de funcionamiento de la plataforma.

La elección de la topología a utilizar dependerá del uso y escalabilidad deseada para el sistema. Dado que se trata de una plataforma con fines docentes es deseable que la red de distribución sea escalable y permita utilizar conocimientos básicos de *networking* ampliando de esta forma los tópicos tratados en el laboratorio.

A continuación se muestran algunas topologías propuestas para la distribución del contenido desde la más básica hasta una con mayor complejidad y número de dispositivos. Se analizará cada propuesta señalando sus ventajas y desventajas de implementación, uso y costos para posteriormente seleccionar una topología que mejor cubra los requerimientos y permita escalabilidad del sistema.

### Esquema 1

Este esquema corresponde a una configuración básica de conexión entre dos redes LAN a través de un *router* para poder direccionar los paquetes de una red local a la otra. La idea es que este dispositivo enrutador permita la interconexión entre las etapas de adquisición y almacenamiento de contenidos con el usuario.



Figura 14: Esquema de Distribución 1

Esta configuración permite conectar de forma simple las LAN pero no permite el uso de protocolos de enrutamiento más avanzados que actualmente son de amplio uso dentro de la configuración de redes de mayor envergadura.

### Esquema 2

Este esquema corresponde a una configuración más compleja que la anterior pero que permite el uso de herramientas más avanzadas de enrutamiento, lo cual permite un mayor uso de la red para fines pedagógicos y experiencias prácticas.

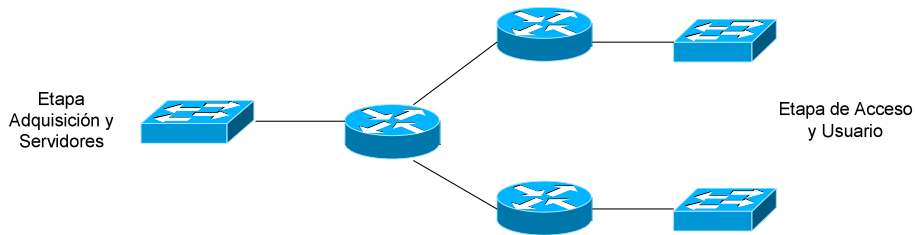


Figura 15: Esquema de Distribución 2

### Esquema 3

Al igual que el esquema anterior esta configuración es más compleja desde el punto de vista de configuración de los dispositivos pero permite obtener un mayor provecho de la plataforma.

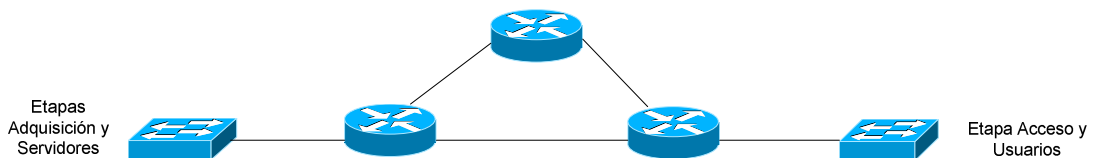


Figura 16: Esquema de Distribución 3

Por lo tanto se proponen estas tres configuraciones de la red de distribución de contenido a los usuarios y se debe seleccionar entre ellas para realizar la propuesta final de la plataforma IPTV en diseño.

### 3.2.3 Etapa Última Milla

Existen dos formas básicas de poder visualizar contenidos multimedia por parte del usuario o espectador: a través de un televisor analógico con un decodificador o un computador con capacidad de visualización multimedia.

El objetivo es tener la disponibilidad de estos dos medios de visualización dentro de las instalaciones para poder realizar actividades donde sea posible comparar estas dos alternativas, principalmente poder analizar el funcionamiento y características de un decodificador dentro del sistema.

#### 3.2.3.1 Televisor Analógico con Decodificador

Se instalará un televisor analógico para poder visualizar los contenidos enviados desde la fuente. Dado que se trata de una transmisión de datos en forma digital no es posible visualizar estos contenidos de forma directa en un televisor analógico, por lo tanto es necesario incluir un dispositivo extra dentro de la etapa del usuario que corresponde a un decodificador llamado también “*set top box*”.



Este decodificador permite recibir la señal digital transmitida por la red realizando las acciones necesarias para que el contenido pueda ser visualizado a través de un televisor que sólo permite ver contenidos en formato analógico.

A continuación se detallan la opción seleccionada como *set top box* que puede ser utilizado dentro de la plataforma:

#### **Amino AmiNet125 Series**

*Set top box* multi-codec que soporta los códec: MPEG-2 o MPEG\_4 AVC, H.264 y WMV9. Es un *set top box* diseñado para aplicaciones IPTV y VoD.

#### 3.2.3.2 Computador con Capacidad Multimedia

Un computador con capacidades multimedia en primer lugar debe contar con elementos tales como tarjetas de video y audio con capacidad suficiente para visualizar este tipo de contenidos.



En segundo lugar, este computador debe tener instalado un reproductor de este tipo de contenidos compatible con el tipo de codificación y transmisión utilizadas dentro la plataforma. Sin este reproductor o sin compatibilidad no será posible visualizar los contenidos de ninguna forma.

### 3.3 Estimación de Costos

Para poder elegir la mejor alternativa de equipos, *software* y todos los elementos pertinentes para el correcto funcionamiento de este laboratorio de IPTV es necesario analizar e identificar los costos asociados a cada alternativa disponible. Este análisis es necesario para poder seleccionar la mejor alternativa tanto desde el punto de vista técnico como económico. Para esto se analizarán los costos en equipamiento, instalación y mantención a los cuales se incurrirá en la implementación del sistema.

#### 3.3.1 Costos Equipamiento

A continuación se detallarán los costos en equipamiento para cada etapa del sistema: etapa de adquisición de contenidos, codificación, servidor de *streaming*, reproductor, etapa de distribución y la última milla al usuario. Los cálculos de valores que se encontraron en dólares o euros se realizaron con los tipos de cambio del día 9 de Junio de 2008.

Para la etapa de adquisición de contenidos se tienen las siguientes alternativas para obtener los contenidos y para convertir la señal analógica a digital para poder ingresarla a la red.

**Tabla 4 : Costos Etapa Adquisición de Contenidos**

I. Adquisición de Contenidos	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
<b>Contenidos en Vivo</b>				
Cámara de Video	Digital	1	110.000	110.000
<b>Contenido Envasado</b>				
Reproductor DVD, CD y VCD	Multiformato Samsung	1	27.990	27.990
<b>Contenido Televisión Abierta</b>				
Televisión Analógica	Color, 21" Samsung	1	77.490	77.490
<b>Conversor Análogo/Digital</b>				
	Canopus ADVC-110	1	111.044	111.044
	Pyro AV/LINK		137.600	137.600

A continuación se detallan las alternativas que se tienen para el servidor de *streaming*, reproductor y codificador considerando las versiones disponibles para cada caso:

**Tabla 5: Costos Etapa Codificador, Servidor y Reproductor**

II. Codificadores, Servidores y Reproductores <i>Software</i>	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [US\$]	Costo Total [US\$]
<b>RealNetworks</b>				
RealProducer Encoder	Plus	1	199,95	199,95
	Basic		Gratis	Gratis
Helix <i>Streaming</i> Server	Basic	1	Gratis	Gratis
	25		2.000	2.000
	100		5.000	5.000
	Unlimited		13.000	13.000
RealPlayer	Basic	4	Gratis	Gratis
	Plus		39,99	159,96

<b>Microsoft</b>					
Windows Media Encoder 9	SO Windows	1	Gratis	Gratis	
Windows Media Services		1			
Windows Media Player		4			
<b>Apple</b>					
QuickTime Pro Encoder	Basic	1	Gratis	Gratis	
	Pro		46,7	46,7	
QuickTime Streaming Server		1			
Darwing Streaming Server	Open Source	1	Gratis	Gratis	
QuikTime Player	Basic	4	Gratis	Gratis	
	Pro		46,7	46,7	
<b>Video Lan</b>					
VideoLan Client		5	Gratis	Gratis	
VideoLan Server		1	Gratis	Gratis	

Luego se detallan las alternativas evaluadas para integrar la red IP que corresponde a una a de las etapas fundamentales para la implementación de una plataforma IPTV.

**Tabla 6 : Costos Etapa Distribución de Contenidos**

III. Distribución de Contenido	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
<b>Router</b>		3		
	Cisco 851		152.385	457.155
	Linksys BEFSR41		26.671	80.013
	Nortel Secure Router 252		156.896	470.688
<b>Switch</b>		3		
	Catalyst Express 500		379.453	1.138.359
	D-link DES-1008		13.956	41.868
	Linksys EZXS55W		16.415	49.245

Para la última etapa que corresponde a la etapa más cercana al usuario se tienen los siguientes equipos y características.

**Tabla 7: Costos Etapa de Acceso**

IV. Última Milla	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
<b>Computador</b>				
Monitor	LCD Samsung 15.6"	4	94.148	376.592
Disco Duro	160 GB 7200 rpm	4	36.170	144.680
Memoria RAM	Kingston 2 GB 667 Mhz	4	30.638	122.552
Tarjeta Video y Audio	Sapphire HD2400	4	34.042	136.168
Accesorios	Teclado, Mouse, etc.	4	278.472	1.113.888
<b>Televisión Analógica con STB</b>				
Televisor Analógica	Color, 21` Samsung	1	77.490	77.490
Set top Box	Amino AniNET125	1	11.109	11.109
<b>Televisión Digital</b>				
LCD	20` Daewoo DLX-20J1	1	170.990	170.990
Plasma	32` LG 32PC5RV	1	339.490	339.490

Luego de analizar los costos de todos los equipos y alternativas para el funcionamiento de la plataforma se seleccionan los equipos y *software* que permiten el levantamiento del sistema como también en relación a sus costos y adaptabilidad a los requerimientos impuestos en un comienzo.

### 3.3.2 Costos Instalación

Dentro de los costos de instalación se deben considerar todos los costos a los que se incurre al montar los equipos dentro de las instalaciones. En primera instancia hay que considerar los costos en cableado al cual se incurrirá, es fundamental disponer de la cantidad de cables necesaria para la conexión entre equipos.

Se debe considerar el costo en hora-hombre para el encargado de la instalación, como se trata de un proyecto docente se puede encargar este trabajo a algún estudiante a través del sistema de becas que posee la universidad.

**Tabla 8 : Costos de Instalación**

Costos de Instalación	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
Cables de Red Categoría 6	Conector RJ-45, 1.5 m	15	5.573	83.595
Hora-Hombre Instalador	Unidad Becaria	20	6.899	137.980
<b>Total Instalación</b>				<b>221.575</b>

### 3.3.3 Gastos Mantención

Los costos de mantención del sistema son bajos debido a que no se justifica la presencia de un encargado del sistema para todo momento. Pero es necesario que se realicen mantenciones periódicas atentas a preservar tanto computadores como servidores para garantizar que el sistema funcione de acuerdo a las necesidades impuestas para su funcionamiento.

Por lo tanto, el costo de mantención se reduce al pago de un encargado para visitas semanales a las instalaciones. Este trabajo de mantención puede ser asignado a algún estudiante con los conocimientos suficientes para desarrollar esta tarea. Dado el sistema de becas impuestas por la Facultad para el pago de este trabajo se otorgará el pago de 3 unidades becarias (U.B) mensuales. Para el año 2008 una unidad becaria tiene un valor de \$6899, estableciendo un gasto de mantención mensual de \$20697. Por lo tanto, se estimará un gasto anual de \$206970 como parte de la evaluación total del proyecto.

**Tabla 9: Gastos de Mantención**

Gastos Mantención	Gasto Mensual [\$]	Gasto Anual [\$]
Encargado Mantención Semanal	20.697	206.970

Dentro de la evaluación se utilizarán los gastos de mantención a los que se incurren durante el primer año de operación.

### 3.4 Selección Plataforma y Evaluación Económica

#### 3.4.1 Selección Equipos y *Software*

Dentro de cada etapa que forma parte de una plataforma de IPTV se han considerado múltiples componentes y alternativas tanto comerciales como de libre uso. Dada la información recopilada es necesario elegir una o más propuestas que cumplan con los requerimientos y con ello llegar a una propuesta definitiva.

En la etapa de adquisición de contenidos se utilizarán tanto una cámara de video como también una televisión analógica que permita recibir las señales de televisión abierta que pueden ser captadas desde cualquier televisor. Adicionalmente se desea agregar una antena satelital que permita obtener señales libres desde algún satélite, esta opción se encuentra en estudio de factibilidad.

Todas las soluciones de *streaming* analizadas anteriormente son capaces de entregar audio y video a los usuarios. Debido al gran avance que existe en esta área tecnológica estos diferentes formatos se encuentran en constante avance y mejoramiento para realizar la transmisión de video y audio cada vez con una cantidad menor de bits. Se eligen dos opciones de *streaming* de código abierto y de libre uso que se encuentran disponibles en *Internet*: solución de Apple y VideoLan Client.

Tabla 10: Costos Selección por Etapa

Costos Equipos por Etapa	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
<b>Adquisición de Contenidos</b>			
Cámara de Video	1	110.000	110.000
Reproductor DVD, VCD y CD	1	27.990	27.990
Televisor	1	77.490	77.490
Conversor Análogo Digital	1	111.044	111.044
<b>Total Etapa I</b>		<b>326.524</b>	<b>326.524</b>
<b>Codificador, <i>Streaming</i> y Reproductor</b>			
QuickTime Encoder	1	Gratis	Gratis
Darwin Streaming Server	1	Gratis	Gratis
QuickTime Player	4	Gratis	Gratis
VideoLan Client	6	Gratis	Gratis
<b>Total Etapa II</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Distribución</b>			
Router Linksys BEFSR41	3	26.671	80.013
Switch Linksys EZS55W	3	16.415	49.245
<b>Total Etapa III</b>		<b>43.086</b>	<b>129.248</b>
<b>Última Milla</b>			
Computador con capacidad multimedia	4	473.470	1.893.880
<b>Total Etapa IV</b>		<b>562.069</b>	<b>2.071.078</b>

En la etapa de distribución se establece la necesidad de tener 3 *routers* y 3 *switch* para formar una red IP escalable y que permita utilizar herramientas de enrutamiento básico y más avanzadas. En la etapa del usuario o última milla se eligió utilizar computadores con capacidad de visualizar contenidos multimedia, es decir con altas capacidades de procesamiento y almacenamiento.

Por lo tanto los costos de equipos y *software* para cada una de las etapas del sistema se resumen en la tabla siguiente:

**Tabla 11: Costos Totales por Etapa**

<b>Costo Total Equipos</b>	<b>Costo Total [\$]</b>
Adquisición de Equipos	326.524
Codificador, <i>Streaming</i> y Reproductor	0
Distribución	129.248
Última Milla	2.071.078
<b>Total Equipos</b>	<b>2.526.850</b>

### 3.4.2 Evaluación Económica

Para evaluar económicamente el proyecto es necesario tener definidos todos los costos asociados al equipamiento, mantención e instalación de la plataforma.

**Tabla 12 :Costos Totales**

<b>Costos y Gastos</b>	<b>Costos [\$]</b>
Costos Equipamiento	2.526.850
Costos Instalación	221.575
Gasto Mantención	206.970
<b>Total</b>	<b>2.955.395</b>

El costo total del proyecto es de \$2.955.395 donde el mayor costo se incurre en la compra de computadores con características y capacidades técnicas que permiten reproducir y transmitir contenidos multimedia que requieren altas capacidades de procesamiento y almacenamiento para garantizar el funcionamiento del sistema.

Desde el punto de vista de una plataforma IPTV comercial, el diseño presenta un costo bajo comparado con los costos a incurrir en caso del diseño e implementación de una plataforma comercial donde se deben agregar equipos y *software* para proveer del servicio de televisión a un número de usuarios mayor.

Por lo tanto el diseño se ajusta a un presupuesto limitado, cumple con los requerimientos deseados para este laboratorio docente y permite conocer los aspectos básicos de la tecnología IPTV.



### 3.5 Implementación de Prueba

A continuación se realizará la implementación de las alternativas de libre uso que se analizaron dentro del diseño. Esta prueba permitirá identificar las ventajas y desventajas que poseen estas dos alternativas. También se analizarán los procesos de instalación, puesta en marcha y funcionamiento de cada alternativa al instalar y probar un servidor de *streaming* y reproductores de contenido para realizar la transmisión de contenidos de un extremo a otro.

#### 3.5.1 Recursos Necesarios

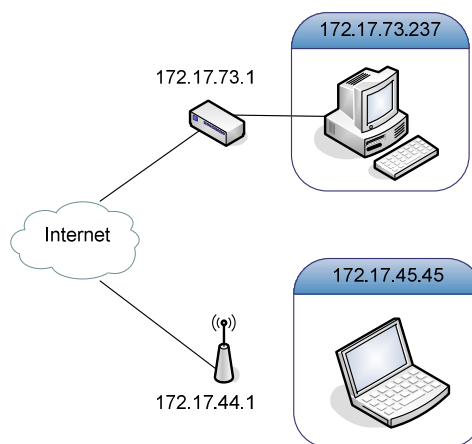
Para poder implementar este sistema con el mínimo de equipos se procederá a utilizar dos computadores con los recursos de memoria y disco, como también con recursos de visualización de contenidos multimedia que permitan realizar la transmisión de contenidos desde un computador al otro y también permitan realizar mínimas pruebas de funcionamiento.

Se utilizarán dos computadores que se tienen disponibles: un computador de escritorio que se encuentran ubicado en las instalaciones del Laboratorio de Sistemas de Instrumentación y un computador portátil que fue prestado por el Profesor Guía. Estos elementos poseen las siguientes características:

**Tabla 13: Características Equipos Disponibles**

	Computador Desktop	Computador Portátil
Procesador	Intel Pentium 4 1.80 GHz	Intel Celeron M 1.60 GHz
Memoria RAM	512 MB	1 GB
Disco Duro	27 GB	37 GB
Sistema Operativo	Windows XP Profesional	Windows XP Profesional

#### 3.5.2 Topología



**Figura 17: Topología Implementación**

### 3.5.3 Descripción Implementación

Dentro de la presente implementación se utilizarán dos alternativas de servidor y de reproductor con el objetivo de comparar sus procesos de instalación, configuración, funcionamiento y desempeño.

Se utilizará el computador *desktop* como servidor de *streaming* y el computador portátil como cliente esto de acuerdo a sus características de memoria y procesamiento. Se utilizarán los servidores de *streaming*: Darwin Streaming Server y VLC, como reproductor QuickTime Player y VLC.

Para la instalación del cliente y el servidor es necesario contar con computadores con Windows XP instalado y poseer permisos de administrador para poder realizar las configuraciones pertinentes para el funcionamiento del sistema.

#### 3.5.3.1 Instalación QuickTime Player y Darwin Streaming Server

Es posible descargar de forma gratuita la última versión de este reproductor desde la página de Apple. Después de bajar el programa la instalación del *software* es sencilla siguiendo las instrucciones del asistente de instalación.



Figura 18 : Ventanas de Instalación QuickTime Player

Al terminar la instalación existe la opción de configurar el tipo de archivos que pueden ser reproducidos, en esta etapa se configura para poder reproducir todo tipo de archivos.

Luego de instalar el programa, se ejecuta e inicia una sesión de *streaming* abriendo un URL desde el menú archivo. La dirección debe tener la forma `rtsp://servidor/contenido`, y luego se pulsa la tecla *play* para reproducir el contenido solicitado.

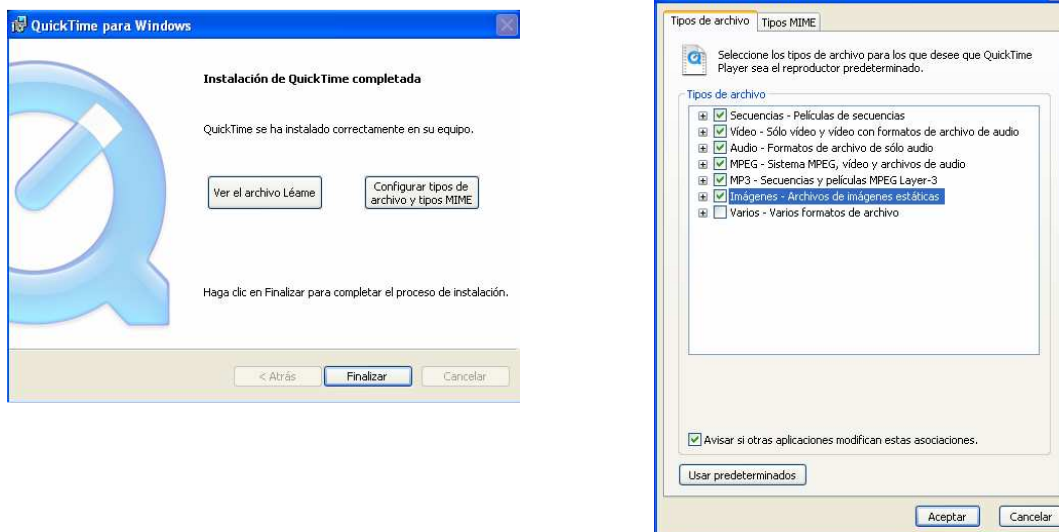


Figura 19: Ventanas de Configuración QuickTime Player

El servidor Darwin corresponde a la versión de código abierto de QuickTime Streaming Server que permite difundir contenidos multimedia de forma gratuita junto con el reproductor QuickTime.

Dado que se cuenta con sistema operativo Windows XP es necesario contar con un elemento extra para la instalación del servidor Darwin debido a que este sistema operativo no posee de forma nativa la aplicación Perl, aplicación que permite la instalación de este servidor.

Por lo tanto se instala Perl<sup>21</sup> para luego instalar el servidor Darwin dentro del entorno Windows disponible. A continuación se levanta el servidor dentro del sistema para poder volcar contenidos a la red y ser visualizados en el cliente que corresponde al computador portátil dentro de la red.

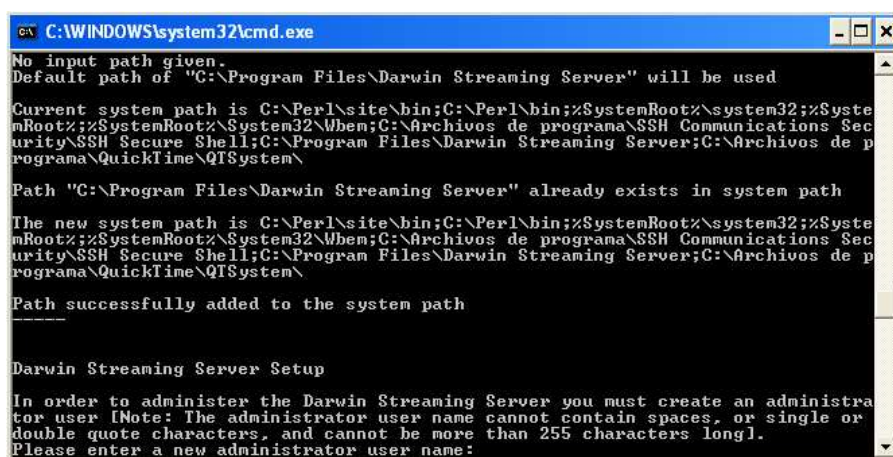


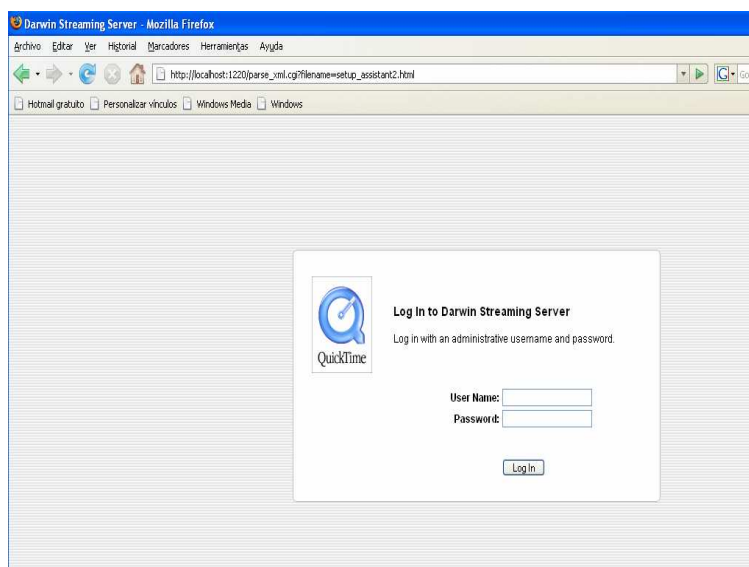
Figura 20: Ventana Configuración Darwin Streaming Server

<sup>21</sup> Instalación ActivePerl se describe en Apéndice H.

Luego de la instalación de Perl es necesario reiniciar el equipo, dado que en caso contrario el servidor Darwin no permite su instalación debido a que Perl no se encuentra correctamente instalado. Después de reiniciar se instala el servidor desde su archivo de instalación llamado install.bat.

Al finalizar la instalación se pide crear un usuario y contraseña para poder configurar y administrar el servidor por interfaz grafica por *web*. Creado el usuario queda una ventana abierta que se debe dejar abierta mientras se desee tener funcionando el servidor, en caso contrario el servidor no se ejecutará.

Luego por un browser *web* se accede al servidor a través de la siguiente dirección <http://localhost:1220>, se utiliza la dirección *localhost* debido a que el servidor se encuentra en el mismo equipo, en caso de querer acceder de forma remota se debe cambiar *localhost* por la dirección IP correspondiente al servidor, lo cual se probó desde el equipo de escritorio hasta el servidor corriendo en la dirección <http://172.17.45.45:1220>.



**Figura 21 : Interfaz *Web* Servidor Darwin**

Para poder realizar la conexión remota es necesario deshabilitar los cortafuegos o *firewall* que se encuentran ejecutando en ambos equipos, dado que en el caso de algún *firewall* funcionando no se tendrá conectividad entre los dos equipos.

Para poder ingresar al servidor vía *web* es necesario escribir el nombre de usuario y contraseñas creadas en la instalación del programa, luego se ingresa al servidor donde se entrega la información general de funcionamiento, tal como el nombre del servidor, estado, el número de conexiones servidas, etc. como se muestra en la figura siguiente.

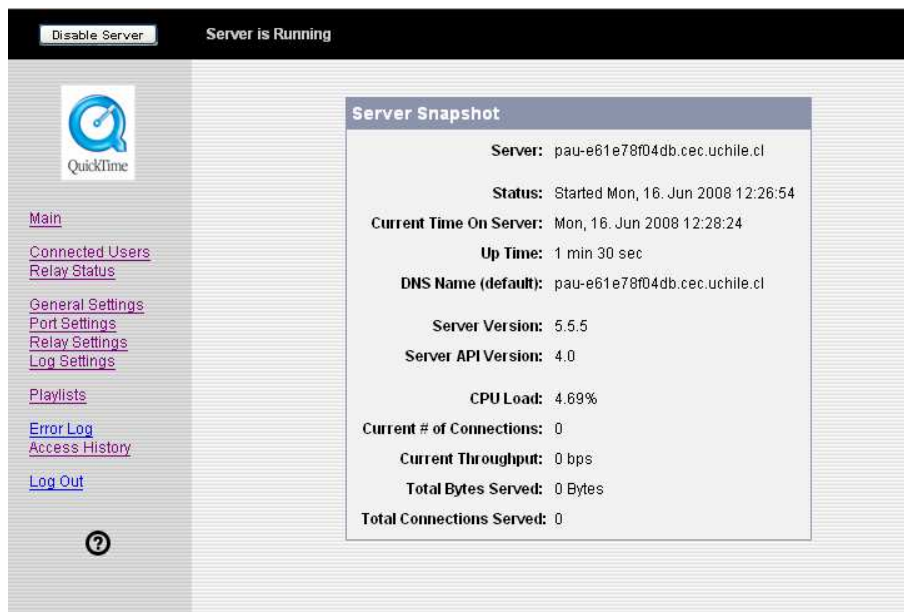


Figura 22: Información Principal Servidor Darwin

Existe un menú con variadas funcionalidades que son posible de configurar, además es posible observar los usuarios conectados señalando la dirección IP, tasa de transferencia, porcentaje de paquetes perdidos, tiempo de conexión y a que medio se accedió, lo cual permite tener toda la información sobre los usuarios que se conectan al servidor.

### 3.5.3.2 Instalación VideoLan Client (VLC)

Se descarga el *software* desde la página de VideoLan Project [www.videolan.org](http://www.videolan.org) donde se encuentra disponibles VLC media player tanto para Windows como para otros sistemas operativos.

El archivo descargado se guarda en el directorio principal del equipo y se ejecuta. Al ejecutar se despliega un cuadro que permite elegir el lenguaje de instalación, se selecciona español.



Figura 23: Cuadro Selección Lenguaje en VLC

Luego se despliegan los siguientes cuadros donde se debe seguir la instalación y seleccionar el directorio donde se guardarán los archivos. El asistente de instalación es intuitivo y sólo es necesario seguir las instrucciones. Se despliega el acceso directo al programa que permite ejecutar el programa de forma directa.



Figura 24: Cuadros de Instalación VLC

Al completarse la instalación el programa se ejecuta de inmediato con el siguiente cuadro para poder reproducir contenidos.

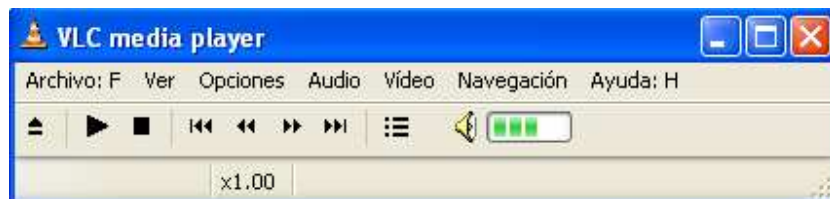


Figura 25: VLC Preparado para Reproducir

Para poder realizar transmisión de contenidos es suficiente instalar VLC en cada uno de los computadores, dado que VLC puede funcionar como servidor y como cliente. Instalando VLC en cada computador se realizan las pruebas para verificar su funcionamiento en la red descrita.

### 3.5.4 Resultados Obtenidos

Después de la instalación del servidor y reproductor es necesario realizar pruebas de funcionamiento de ambos componentes por separado y luego probar su interactividad dentro de una pequeña red, que en este caso corresponde a una red LAN.

En el computador portátil se instalaron el servidor de *streaming* y un reproductor para poder probar de forma local el funcionamiento del servidor y asegurar de esta forma que el servidor se encuentra sirviendo los videos a la red.

### 3.5.4.1 Prueba QuickTime Player y VLC Player

Para probar el funcionamiento del reproductor QuickTime y VLC se seleccionó un archivo de video que se encuentran en algún directorio del equipo. Se selecciona el archivo y se espera la reproducción. La reproducción se realiza sin problema tanto el video como el audio para ambos reproductores, se realizó la prueba con un archivo de extensión “.mov” llamado “simple\_300kbit.mov” que corresponde a una película en formato QuickTime.

### 3.5.4.2 Prueba Servidor Darwin y VLC

#### Prueba Servidor Darwin

Para probar el funcionamiento del servidor Darwin se selecciona un medio multimedia que se encuentre en la ubicación especificada en el servidor, que en este caso corresponde a “C:\Program File\Darwin Streaming Server\Movies”, donde se encuentran todos los contenidos disponibles desde el servidor.

En el reproductor que se encuentra instalado en el mismo equipo donde se encuentra el servidor se selecciona abrir un URL, en este caso se utilizó la siguiente dirección para especificar el servidor al cual se le hace el requerimiento y el contenido que se desea visualizar `rtsp://localhost/nombre.mov`, como se indica en la Figura 26.

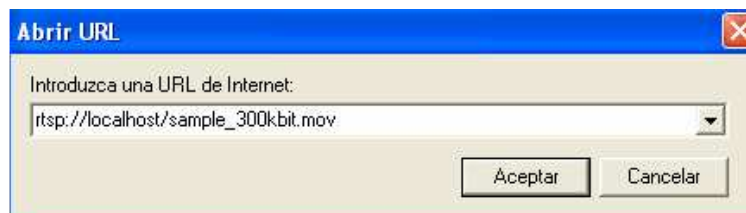


Figura 26 : Selección URL

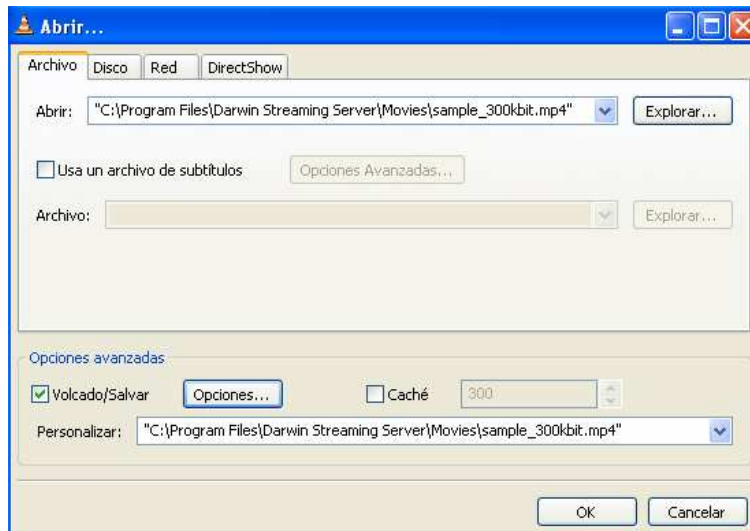
Con esta acción se abre un cuadro mayor que contiene la reproducción del archivo pedido, se utiliza la dirección localhost debido a que el servidor se encuentra en el mismo equipo, también se puede utilizar la dirección IP del servidor o el nombre del equipo. El archivo se visualizó correctamente tanto video como audio, lo cual comprueba que el servidor se encuentra activo y permitiendo acceder a sus contenidos.

#### Prueba Servidor VLC

Para probar el funcionamiento del reproductor VLC como servidor de *streaming* se selecciona un archivo que esté disponible para la reproducción. En este caso para poder volcar contenido a la red se debe seleccionar el archivo desde el equipo que funciona como servidor. No realizar esta función de forma predeterminada como es en el caso anterior donde sólo basta levantar el servidor para poder hacer un requerimiento.

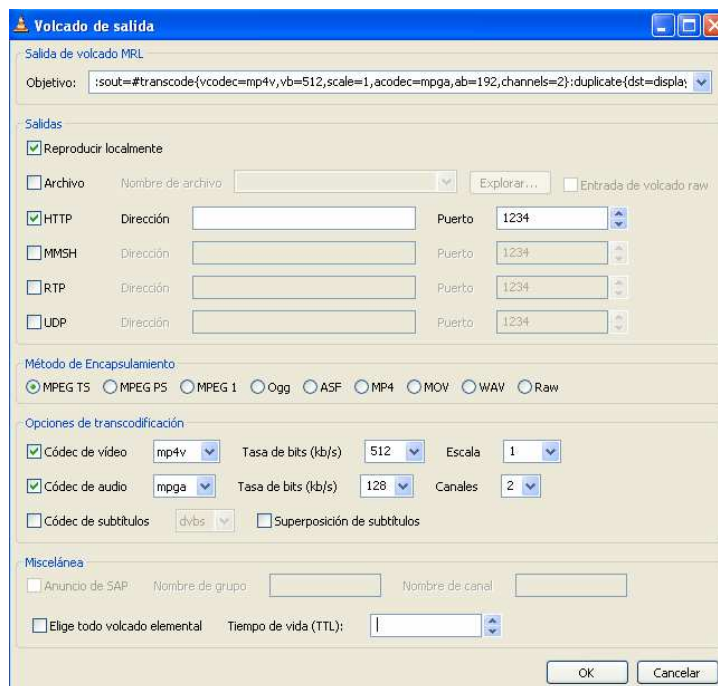
Se configura VLC para transmitir contenidos a la red. Se volcará a la red un archivo en formato MPEG-4 llamado “sample\_300kbit.mp4” a través de la configuración del volcado de salida. Primero se debe abrir el archivo y luego configurar las opciones de “Volcado/Salvar”.





**Figura 27: Cuadro Abrir Archivo**

Al configurar las opciones del Volcado de Salida se tiene un cuadro donde se activan las opciones de salida: Reproducir localmente que permite visualizar el contenido en el mismo equipo y HTTP que permite transmitir el video por la red a través del puerto 1234.



**Figura 28 : Cuadro Configuración Volcado de Salida**

Luego de configurar el volcado de salida se le da un OK al cuadro de abrir archivo y se reproduce el video y audio seleccionado en el equipo y se está volcando a la red. Esta prueba comprueba el funcionamiento de VLC como servidor, pero no de la transmisión por la red.



### 3.5.4.3 Prueba Servidor desde Equipo dentro de la Red

Se realizaron las pruebas de forma individual tanto de los servidores de *streaming* como de los reproductores en el cliente. Ahora es necesario probar el funcionamiento del servidor para requerimientos desde otro cliente ubicado en otro equipo que se encuentra dentro de la red donde se encuentra conectado el servidor.

Para poder realizar esta prueba ambos equipos deben estar en la misma red, por lo tanto el computador de escritorio se conectará a la red a través de la red de área local del Departamento y el equipo portátil a través de la red inalámbrica que existe dentro de las instalaciones del Departamento. Las direcciones IP asignadas corresponden a diferentes subredes pero a la misma red del Departamento.

Tabla 14 : Direcciones IP Servidor y Cliente

	Computador Desktop	Computador Portátil
Dirección IP	172.17.73.237	172.17.45.45
Gateway Predeterminado	172.17.73.1	172.17.44.1

Las direcciones IP y direcciones de puertos de enlaces predeterminadas se obtuvieron desde cada computador a través del comando “ipconfig”. Para probar la conectividad a nivel de capa de red se utilizó la herramienta del protocolo ICMP que permite mandar un requerimiento a otro equipo y comprobar la conectividad. Se mandó un comando ping<sup>22</sup> desde el computador *desktop* hacia la dirección IP 172.17.45.45 que corresponde a la dirección del computador portátil, se obtuvo una respuesta satisfactoria. Se realizó un ping de forma inversa desde el computador portátil hacia la dirección 172.17.73.237 pero no se obtuvo conectividad. El problema se solucionó al desactivar el *firewall* del computador.

Por lo tanto, para que exista conectividad entre los dos equipos es necesario desactivar los *firewalls* de ambos equipos, tanto los cortafuegos que posee el sistema operativo Windows como los *firewalls* que poseen los antivirus. Con esta nueva configuración de seguridad de ambos equipos se tiene comunicación entre ambos equipos a través de la red.

#### Prueba Servidor Darwin

Luego de comprobar la conectividad entre ambos equipos se procede a realizar un requerimiento al servidor Darwin de los contenidos que tiene disponible en su directorio. Se solicita a través de un URL de la siguiente forma `rtsp://172.17.45.45/simple_300kbit.mov` que corresponde a una película QuickTime.

Después de unos segundos se conecta al servidor desde el computador *desktop* permitiendo reproducir el contenido que se encuentra en el servidor. Desde la interfaz de

<sup>22</sup> Packet Internet Grouper comprueba estado conexión con uno o varios equipos

administración es posible observar al usuario conectado donde se indican los datos del usuario y como se está realizando el volcado a la red del contenido.

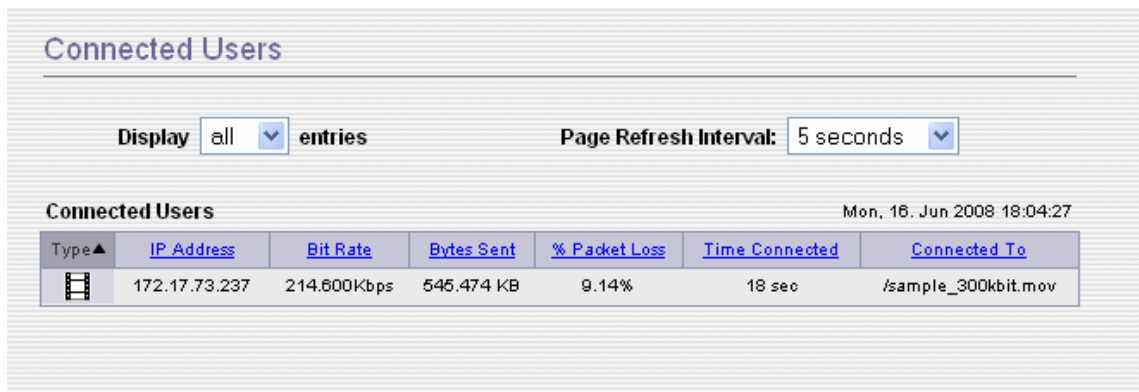


Figura 29: Estadísticas Usuarios Conectados

El video y audio se observan sin mayores problemas, pero en determinados momentos la imagen demora más tiempo en aparecer en pantalla o se ve poco nítida, y al observar la información del requerimiento existe un porcentaje importante de pérdida de paquetes, lo cual coincide con la reproducción de menor calidad en ciertos instantes.

Se realizaron pruebas bajo distintos requerimientos para el servidor, tanto de diferentes contenidos, como también contenidos codificados en distintos formatos y con dos requerimientos simultáneos, con el objetivo de observar el comportamiento del sistema frente a estos escenarios.

### Escenario 1

Dos requerimientos simultáneos de archivos con diferente codificación. Uno de los archivos solicitados es .mov y el otro se encuentra codificado en MPEG-4 es decir tiene extensión .mp4.

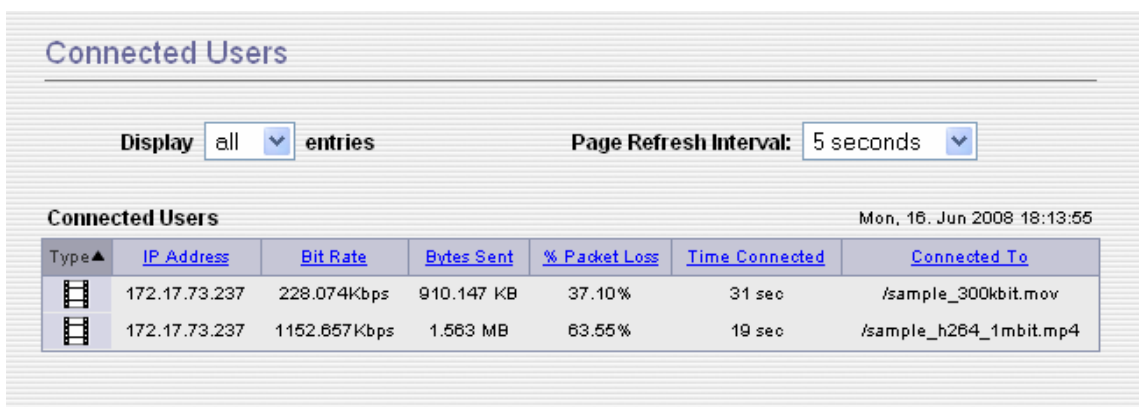


Figura 30: Estadísticas usuarios Escenario 1

Se observa que la pérdida de paquetes es importante en este escenario debido a que existe un mayor consumo de ancho de banda de la red, al mismo tiempo que las imágenes en ambos casos se observa desmejorada y poco nítida.

## Escenario 2

Dos requerimientos simultáneos de archivos de iguales características pero de distinta tasa de bits de codificación, ambos archivos son .mov.

Type▲	IP Address	Bit Rate	Bytes Sent	% Packet Loss	Time Connected	Connected To
	172.17.73.237	550.532Kbps	752.212 KB	18.36%	43 sec	/sample_300kbit.mov
	172.17.73.237	91.887Kbps	388.414 KB	9.66%	37 sec	/sample_100kbit.mov

Figura 31: Estadísticas usuarios Escenario 2

Se observa al igual que el caso anterior un aumento significativo del porcentaje de paquetes perdidos y de problemas en la reproducción. Estas mismas pruebas se realizaron en una red privada pero con acceso a *Internet* por un enlace predeterminado, pero en este caso no se observan pérdidas de paquetes.

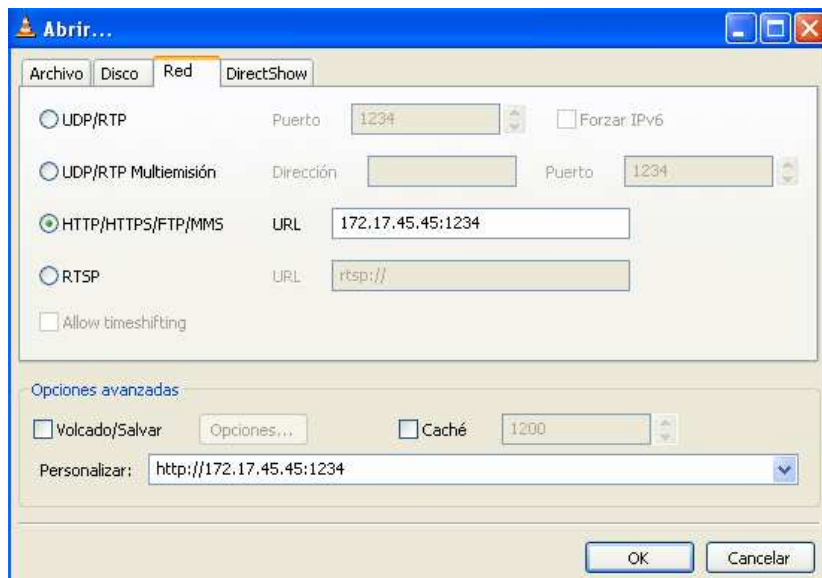
## Prueba VLC

Para el volcado de red se realiza la misma configuración realizada en la prueba del servidor. Para poder visualizar el contenido volcado a la red desde el equipo que funciona como servidor es necesario configurar parámetros en el cliente.

En el reproductor del cliente se abre desde el menú archivo la opción de Abrir Volcado de Red donde se configura dentro del parámetro Red. En este menú se configura la opción HTTP/HTTPS/FTP<sup>23</sup>/MMS y se especifica el URL donde se debe poner la dirección IP del equipo que funciona como servidor y el puerto configurado.

Después de configurar estos parámetros comienza la reproducción del video que se configuró para ser transmitido en la red. Al comienzo se tuvieron problemas con la reproducción debido a que es necesario que el equipo que recibe el video y audio no deba estar volcando contenidos a la red, es decir no debe estar funcionando a la vez como servidor. Uno de los equipos debe estar configurado como servidor y el otro como cliente, en caso contrario no se pueden visualizar los contenidos.

<sup>23</sup> *File Transfer Protocol*



**Figura 32 : Cuadro Configuración Cliente**

Se probaron archivos codificados MPEG-4 y MOV que se reprodujeron sin problemas. Se intentó con un archivo del tipo H.264 pero VLC no puede reproducir este tipo de contenidos.

También es posible reproducir el contenido con el reproductor Windows Media. Se ejecuta este reproductor en el cliente abriendo un URL con la dirección <mms://172.17.45.45:1234> que corresponde a la dirección del equipo servidor y al puerto por donde se transmite el contenido.



**Figura 33: Cuadro URL Windows Media**

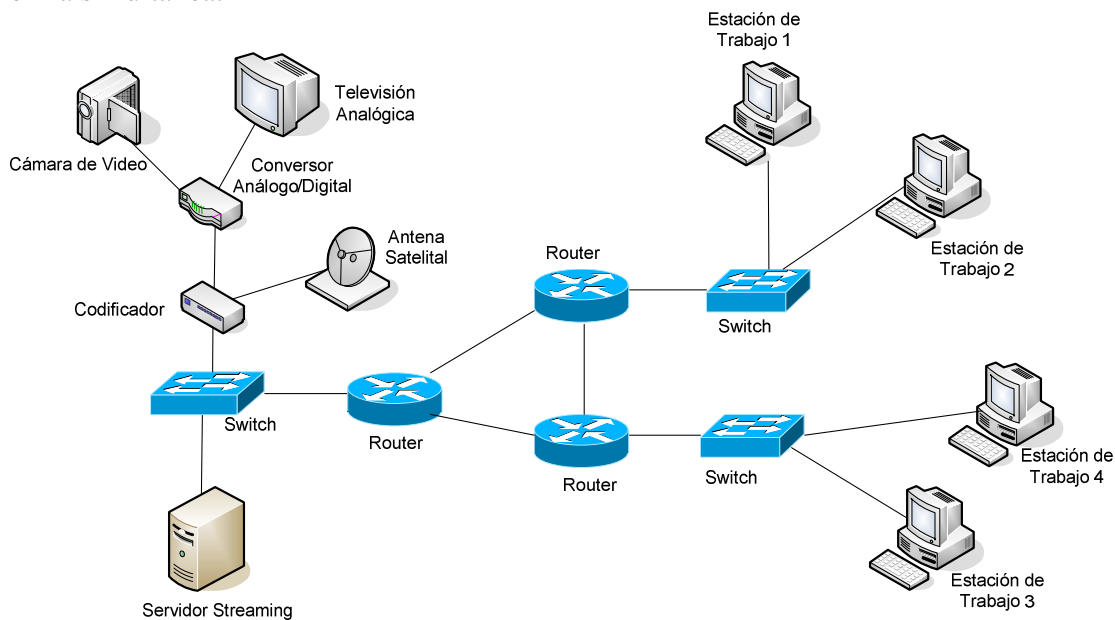
La reproducción se realiza sin problemas a través de este reproductor. La imagen se ve nítida y el audio se transmite sincronizado con la imagen. Por lo tanto VLC es compatible con otros reproductores como es el caso del Windows Media Player.

## 3.6 Topología de Red

### 3.6.1 Diagrama Conexiones

Luego de establecer el equipamiento que se utilizará para la implementación del laboratorio y el número que se necesitan de cada uno de ellos se continúa con la especificación del diagrama de conexiones que se implementará en el laboratorio. Este diagrama muestra todas las conexiones entre equipos que deben realizarse para que el sistema funcione de acuerdo al diseño realizado.

Se propone el siguiente diagrama de conexiones considerando 4 estaciones de trabajos para la etapa de acceso al usuario que permite 8 alumnos utilicen el sistema de forma simultánea.



**Figura 34 : Esquema Conexiones Plataforma Propuesta**

La topología mostrada en la figura representa una de las alternativas posibles para la implementación de esta plataforma. Se eligió esta topología debido a su escalabilidad para integrar nuevos clientes a la red y por poseer una red IP de distribución que permite utilizar herramientas adicionales como protocolos de enrutamiento más sofisticados y que permiten ampliar las áreas de aprendizaje de los alumnos de este laboratorio.

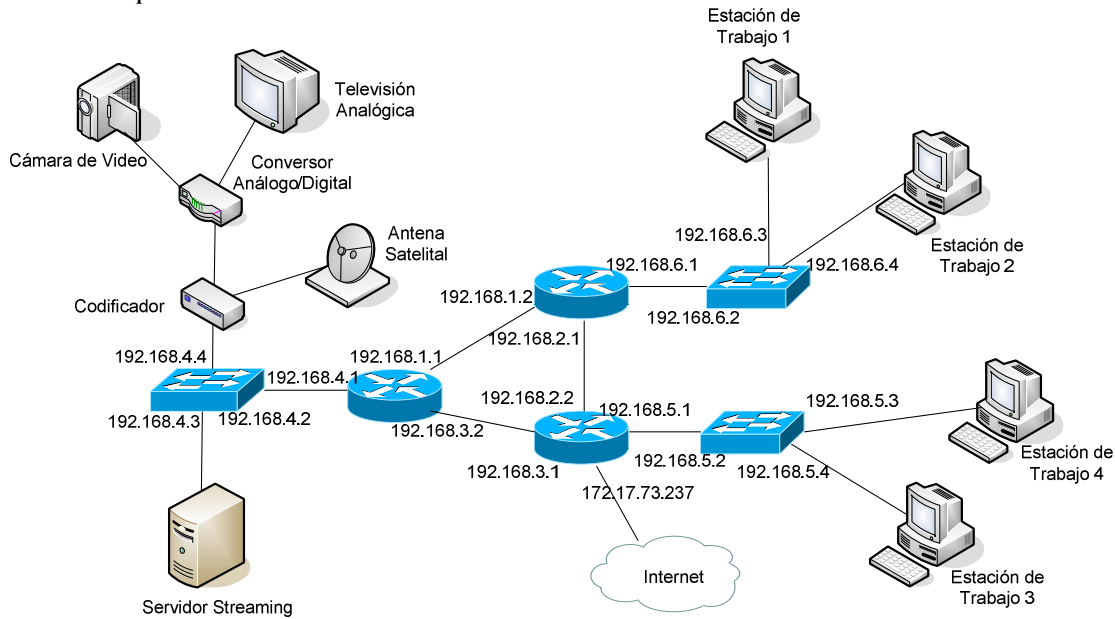
Para la etapa de adquisición de contenidos se utilizó topología de estrella desde el convertidor analógico/digital para el televisor analógico y la cámara de video. También se incluyó en la topología una antena satelital conectado al codificador dado que se obtienen señales digitales desde esta fuente de contenidos.

En la etapa del usuario o última milla se eligió una topología en estrella para tener menos dominios de colisión al tener presente un *switch* conectando a las estaciones de trabajo.

### 3.6.2 Direccionamiento

Para el funcionamiento del sistema es necesario configurar el direccionamiento IP de todos los *routers* presentes dentro de la plataforma para garantizar que la transmisión del contenido multimedia sea recibida por los usuarios. Se deben configurar las interfaces en uso de cada uno de los *routers* que conforman la red de distribución del sistema.

Se propone el siguiente direccionamiento de *routers* y *switch* para cada una de las interfaces que se encuentran en uso.



**Figura 35: Diagrama de Direccionamiento**

Se utilizan direcciones privadas y subredes dentro de la red 192.168.0.0. Se incluirá una conexión a *Internet* utilizando uno de los *routers* de la red de distribución como enlace predeterminado. Se configuran 6 subredes 192.168.1.0/24, 192.168.2.0/24, 192.168.3.0/24, 192.168.4.0/24, 192.168.5.0/24 y 192.168.6.0/24. Esta configuración permite conectar más equipos dentro de cada subred.

**Tabla 15: Direcciones IP Routers Red de Distribución**

Router	Interfaz FE 0	Interfaz FE 1	Interfaz 2	Interfaz 3
Router 1	172.17.73.237	192.168.2.2	192.168.3.1	192.168.5.1
Router 2	192.168.1.1	192.168.3.2	192.168.4.1	
Router 3	192.168.1.2	192.168.2.1	192.168.6.1	

**Tabla 16: Direcciones IP Switch Red de Distribución**

Switch	Interfaz FE 0	Interfaz 1	Interfaz 2
Switch 1	192.168.4.2	192.168.4.3	192.168.4.4
Switch 2	192.168.5.2	192.168.5.3	192.168.5.4
Switch 3	192.168.6.2	192.168.6.3	192.168.6.4

### 3.7 Lugar Físico Instalaciones

Dentro del diseño de un plataforma de IPTV que consta básicamente de elementos de red, servidores y estaciones de trabajo, es necesario determinar los requerimientos mínimos para su implementación debido a que es fundamental contar con instalaciones que poseen todas las características que permitan el buen funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte de esta plataforma.

#### 3.7.1 Requerimientos Instalaciones

En primera instancia dado que se trata de un sistema electrónico es necesario establecer la necesidad de contar con suministro eléctrico para la activación de servidores y computadores. Dado que no se trata de un sistema que deba cumplir con altas condiciones de disponibilidad se utilizará sólo el suministro básico dado por la red eléctrica dentro del edificio del Departamento de Ingeniería Eléctrica, no es necesario contar con elementos de seguridad energética como una UPS<sup>24</sup>.

Por otra parte, todos los elementos electrónicos cuando se encuentran en funcionamiento liberan calor por lo cual el lugar de instalación debe cumplir con condiciones de ventilación que permitan la liberación del calor y los equipos no se vean perjudicados por ello.

Estos dos puntos son las condiciones básicas que deben cumplir las instalaciones donde se implementará este laboratorio: suministro eléctrico para todos los elementos electrónicos y suficiente ventilación.

#### 3.7.2 Definición Lugar Instalación

Dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica se encuentran pocos lugares disponibles para la instalación de este laboratorio. Por lo cual, se diseñará la instalación de los equipos y estaciones de trabajo dentro del Laboratorio de Sistemas de Instrumentación, lugar que cumple con las condiciones de suministro eléctrico y ventilación necesarios para el funcionamiento del sistema.

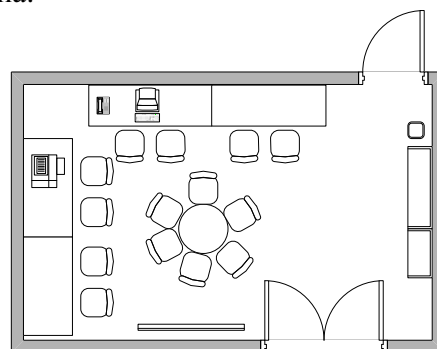


Figura 36: Esquema Actual Laboratorio

<sup>24</sup> *Uninterruptable Power Supply*

El Laboratorio de Sistemas de Instrumentación se encuentra en el 5° piso del Departamento y se encuentra actualmente mobiliario y equipos de trabajo como se indica en la figura siguiente:

### 3.7.3 Diagrama Instalaciones

Al observar la situación actual dentro de las instalaciones deja claro que es necesario disponer de mayor espacio para la instalación de las estaciones de trabajo que se deben agregar para poder contar con al menos 4 estaciones de trabajo para grupos de al menos 2 personas por estación.

Además es necesario contar con espacio para la instalación de servidores y elementos de proyección como se indican en la figura a continuación.

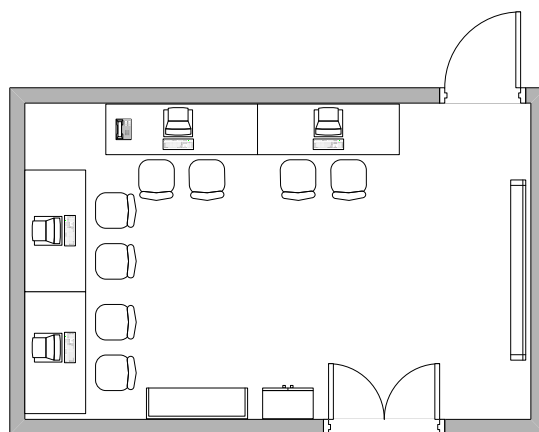


Figura 37: Reestructuración Instalaciones

## 3.8 Desarrollo Experiencias Prácticas

### 3.8.1 Puntos de aprendizaje

Dentro de la plataforma diseñada existen diversos temas que pueden ser estudiados de forma teórica y aplicada. Los puntos de aprendizaje en este tipo de laboratorio son amplios y se describen a continuación:

#### 3.8.1.1 Codificación y Encapsulamiento

Por medio de *software* especializado los alumnos podrán aprender sobre los distintos parámetros involucrados en el encapsulado MPEG-2 TS, así como también podrán estudiar conceptos relacionados con la codificación de Audio y Video caracterizando diferentes formatos de compresión usados actualmente como es el caso de los estándares MPEG a través de su requerimiento de ancho de banda y relación de compresión.



### **3.8.1.2 Streaming**

Se entenderán los conceptos de *streaming* para distribución de señales del tipo broadcast, *multicast* y *unicast* destacando sus similitudes y diferencias. Estos métodos de transmisión son utilizados en servicios como la televisión abierta o en servicios como *pay per view* o video bajo demanda determinados por la cantidad de usuarios que requieren la transmisión.

Se dispone de un servidor de *streaming* para que el alumno se familiarice con las características de este tipo de servidor, su configuración, estado, tipos de formatos soportados y la medición de estadísticas que permitan cuantificar el funcionamiento de las transmisiones dentro de la red para diferentes requerimientos desde los clientes.

### **3.8.1.3 Networking**

El diseño posee una red de distribución que permite la aplicación de conceptos básicos de *networking* gracias a la presencia de equipos de enrutamiento que deben poseer una configuración adecuada para poder realizar la transmisión de video desde los servidores hasta el usuario. Se desea realizar prácticas experimentales que permitan aplicar conocimientos de direccionamiento IP y enrutamiento con el objetivo de ampliar los conceptos tratados dentro del laboratorio.

## **3.8.2 Equipos y Software de Análisis**

Para el desarrollo de experiencias prácticas dentro de la plataforma diseñada es necesario disponer de herramientas que permitan realizar mediciones, obtener estadísticas y realizar monitoreo de la transmisión de contenidos multimedia. Se dispone de *software* y equipos para ser incluidos dentro de las actividades prácticas a diseñar.

### **3.8.2.1 TS Reader**

Corresponde a un analizador de trama de transporte, decodificador, codificador y manipulador de *streams* en sistemas con codificación MPEG-2. Este *software* permite al usuario obtener una visión global del contenido de una trama de transporte MPEG-2. Conocer esta información permite poder encontrar errores y problemas asociados a la transmisión.

Existen tres ediciones del *software* con diferentes características. Existen las ediciones Lite, Standard y Professional. Se utilizará la versión Lite por su característica de acceso libre y con características reducidas pero contiene las propiedades deseadas.

### **3.8.2.2 Sonda Bridgetech VB10**

Punta de prueba portátil para inspección de televisión *multicast* tanto en sistemas de transmisión por fibra óptica como para redes IPTV. Utilizando esta punta de prueba o sonda permite al usuario caracterizar la calidad de la señal sobre 10 canales *multicast*

simultáneos en cualquier parte de la red, desde la cabecera hasta el *set top box* del usuario. Permite detectar y analizar paquetes MPEG-2, H.264 o AVC y WM9/VC-1.

### **3.8.2.3 Iperf**

Iperf es una herramienta para medir el máximo ancho de banda sobre los protocolos TCP y UDP. Este *software* permite modificar y optimizar diferentes parámetros. Iperf permite obtener el ancho de banda, pérdidas de paquetes en UDP y el retardo causado por *jitter*. Se utiliza generalmente en ambientes Linux pero posee ejecutables en Windows.

### **3.8.2.4 Traceroute**

Traceroute es una herramienta de diagnóstico de redes que permite hacer un seguimiento de los paquetes que van desde un punto de red a otro. Es posible obtener además una estadística de las velocidades de transmisión de esos paquetes.

### **3.8.2.5 WireShark**

Corresponde a un analizador de protocolos denominados comúnmente como *Sniffers* que se utiliza para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones y también se utiliza como herramienta didáctica. Wireshark antes era conocido como Ethereal.

Este *software* permite ver todo el tráfico que pasa a través de una red Ethernet estableciendo la configuración en modo promiscuo. También examinar datos de una red o de un archivo de captura. Es posible analizar la información capturada a través de los detalles de cada paquete. También incluye un lenguaje para filtrar la información y la habilidad de mostrar el flujo reconstruido de una sesión TCP. Wireshark es un *software* libre y puede ser ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos: Linux, Solaris y Windows entre muchos otros.

## **3.8.3 Diseño Experiencias Prácticas**

La idea principal de este laboratorio es realizar varias experiencias prácticas que permitan a los estudiantes la familiarización e integración con las distintas tecnologías que constituyen esta plataforma.

Por lo tanto las experiencias prácticas a integrar dentro del desarrollo del laboratorio deben tratar de incluir los tópicos más relevantes dentro del funcionamiento básico de esta plataforma como es el caso de las tecnologías *streaming*; compresión de video y audio; y *networking* entre otras.

Todas las prácticas propuestas se acompañan de una guía de laboratorio que entregue a los alumnos las instrucciones del desarrollo de las actividades y los requerimientos teóricos que debe poseer el alumno antes de realizar la experiencia.

Para cada práctica de laboratorio se solicitará a los alumnos realizar un informe previo con los antecedentes que son necesarios para realizar las actividades y un informe final donde se incluye el informe previo junto con la descripción de las actividades realizadas, su desarrollo y resultados obtenidos. Dentro del informe final se deben incluir discusiones y conclusiones de los tópicos relevantes en cada una de las prácticas elaboradas.

A continuación se detallan los aspectos principales de cada una de las prácticas que se proponen para la realización de un curso docente de esta tecnología.

### **3.8.3.1 Práctica I: Darwin Streaming Server**

La práctica tiene como objetivo principal familiarizar a los alumnos al uso del Darwin Streaming Server, correspondiente al servidor instalado en el sistema. Dentro de la experiencia se estudiará el desempeño del servidor ante distintos requerimientos de contenidos tanto a nivel de cantidad de usuarios como al tipo de formatos y codificación a reproducir y transmitir dentro de la red del Laboratorio. También se establecerán los tipos de formatos de codificación soportados por el servidor.

Las pruebas del servidor se realizarán de forma local para comprobar el funcionamiento del servidor dentro del mismo equipo. Luego de comprobar el funcionamiento del servidor se procederá a realizar una prueba dentro de la red IP del Laboratorio.

### **3.8.3.2 Práctica II: QuickTime Player**

La práctica tiene como objetivo familiarizar a los alumnos con el uso y configuración del reproductor QuickTime. Esto se realiza a través de actividades que permiten identificar los modos de reproducción que posee el *software*, los tipos de formatos soportados y observar los requerimientos de reproducción en cada caso.

Las pruebas del reproductor se realizarán de forma local en un sólo equipo para comprobar el funcionamiento del reproductor antes de realizar pruebas dentro de la red. Se realizan observaciones cualitativas de las reproducciones para diferentes formatos identificando requerimientos en cada caso.

### **3.8.3.3 Práctica III: *Streaming* de Video y Audio**

Esta práctica tiene como objetivo realizar transmisiones desde el servidor a varios clientes dentro de la red y observar el desempeño del sistema ante diferentes escenarios y requerimientos. Para poder comenzar con la actividad se realizan prueba de conectividad entre el servidor y el cliente con el objetivo de asegurar que en caso de existir problemas con la transmisión no se deba a problemas de capas inferiores ni a problemas de conectividad impuestos por la seguridad de cada uno de los equipos.

Con las pruebas de conectividad realizadas se realizan diferentes requerimientos al servidor con un único requerimiento y comparando la reproducción con diferentes formatos

de codificación, luego se realizan pruebas con requerimientos simultáneos de diferentes tipos de formatos y se realizan mediciones de desempeño del sistema considerando parámetros como el nivel de paquetes perdidos o la tasa de transmisión entre otros. Sobre la base de los resultados anteriores se realizan comparaciones entre las pruebas realizadas y se determinan justificaciones a estos resultados.

#### **3.8.3.4 Práctica IV: Trama de Transporte MPEG y Codificación**

Esta práctica tiene como objetivo estudiar la trama de transporte que se utiliza para enviar el contenido de video y audio que se encuentra codificado a través de algún algoritmo de codificación dentro de la red.

La práctica se basa en la observación de los paquetes que se encuentran en transmisión de extremo a extremo y a través de esta observación destacar los parámetros relevantes dentro de una trama de transporte. También se desea que el alumnado observe las diferencias de requerimientos de ancho de banda para diferentes formatos de codificación de los contenidos de forma cuantitativa y comparar esta información con la teoría.

#### **3.8.3.5 Práctica V: Técnicas de Transmisión**

La idea principal de esta práctica es comparar como se realiza la transmisión de contenidos en estos tres casos diferentes. Es importante comparar y definir de forma clara para los alumnos las diferencias y similitudes entre estos tres tipos de transmisión para aclarar confusiones al respecto.

Para esto se utilizará una herramienta de captura de tramas de red para observar su estructura para cada uno de las técnicas de transmisión utilizadas para los diferentes servicios ofrecidos por esta plataforma. Es importante destacar también la necesidad de identificar las aplicaciones importantes que utilizan estos tipos de transmisión y puedan observarse dentro del sistema, comparar su funcionamiento y sus requerimientos de ancho de banda.

#### **3.8.3.6 Práctica VI: Direccionamiento IP y Enrutamiento**

Esta práctica se encuentra enfocada a la realización real de direccionamiento IP y enrutamiento dentro de la red IP implementada. La idea es ampliar las áreas de desarrollo y conocimiento no sólo a la tecnología IPTV sino aprovechar el equipamiento e instalaciones para reforzar los conocimientos básicos de *networking* para los estudiantes del departamento.

Para poder realizar actividades prácticas que permitan el aprendizaje de los conceptos básicos de enrutamiento y también protocolos de enrutamiento más avanzados es necesario contar con al menos más de dos *routers* que permitan su configuración y permitan la escalabilidad de la red. Debido a esta necesidad se eligió la alternativa de topología de red que permita realizar este tipo de actividades pedagógicas.

### 3.9 Estudio Plataforma Comercial

Para realizar un estudio completo de una plataforma IPTV se realiza un estudio y análisis de un sistema actualmente en funcionamiento y un laboratorio de pruebas con el objetivo de realizar un análisis comparativo respecto a la plataforma diseñada anteriormente.

A través de la empresa consultora HyC Tv se tuvo acceso al Laboratorio IPTV y sistema actual de televisión que posee la empresa chilena Telefónica del Sur en sus oficinas ubicadas en Valdivia. Este laboratorio se utiliza como entorno de pruebas por parte de la empresa para los proveedores de equipos y para los ingenieros de la empresa con el objetivo de probar los equipos y nuevas aplicaciones que se desean implantar dentro del sistema actualmente en funcionamiento.

Actualmente Telsur ofrece un servicio de Televisión Digital en particular IPTV aprovechando la conexión de *Internet* Banda Ancha de los hogares ubicados en el sur del país a través de ADSL. Este sistema se caracteriza por un acceso por parte de los usuarios dentro de sus hogares de forma inalámbrica, por lo cual este sistema se denomina WiTV<sup>25</sup>.

Fue posible tener acceso a las instalaciones del sistema de Televisión Digital que actualmente la empresa tiene disponible incluyendo las áreas: cabecera, nodos de la red y sector de recepción.

#### 3.9.1 Arquitectura Sistema WiTV

A continuación se detalla la arquitectura general del sistema implementado por Telefónica del Sur.

Diagrama General Plataforma IPTV

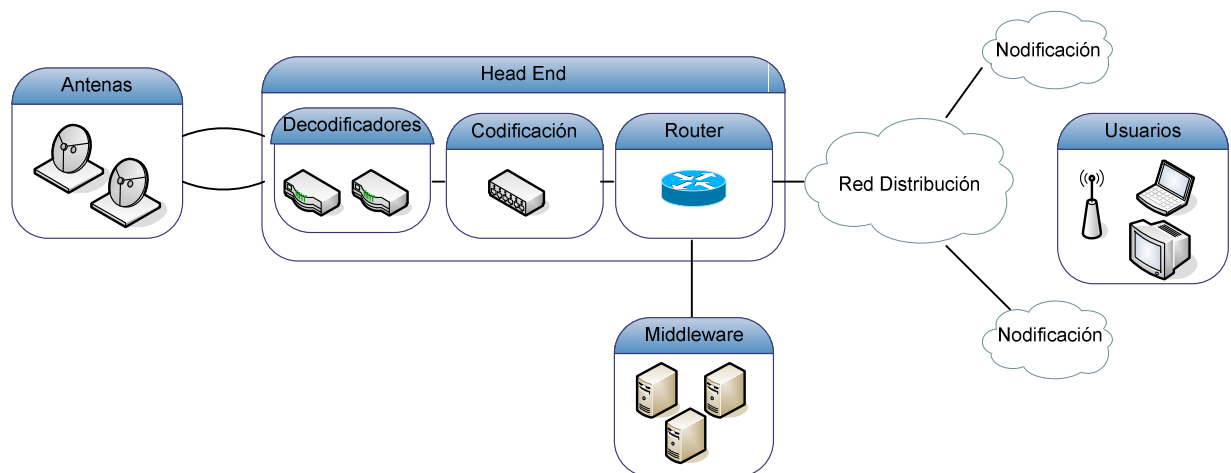


Figura 38 : Arquitectura Plataforma IPTV Telefónica del Sur

<sup>25</sup> *Wireless Television*

Del esquema anterior se observa claramente varias etapas dentro de la arquitectura general del sistema. Se tienen al menos 8 etapas diferentes dentro del sistema: Antenas, Enlace, Decodificadores Satelitales, Video Codificación, *Middleware*, *Core* de Distribución, Red de Notificación y Usuarios.

### **3.9.2 Componentes Principales**

A continuación se detallan las descripciones de los componentes principales de la plataforma implementada por este operador.

#### **Antenas**

Corresponde al lugar donde se recibe la señal satelital desde el satélite a través de antenas instaladas con dirección determinada para la recepción de las señales de televisión deseadas. Estas antenas tienen dos posiciones posibles tanto de forma vertical como horizontal y la señal es recibida en banda L.

#### **Enlace**

Conexión de fibra óptica en forma de anillo que conecta las antenas tanto de ida como de vuelta hasta donde se recibe la señal satelital hasta la cabecera (*Head End*) ubicado en otro sector de Valdivia donde se tienen todos los elementos fundamentales del sistema.

#### **Decodificadores Satelitales**

Dentro de la cabecera se encuentran esos decodificadores que reciben las señales de salida de un multiplexor que permite obtener los diferentes canales de televisión que se ofrecen. Se tiene un decodificador satelital por canal de televisión.

#### **Video Codificación**

Luego de que cada canal sale de los decodificadores satelitales cada señal ingresa a *encoders* MPEG-2, para transformar la señal analógica recibida a una señal digital y comprimir la señal para ser transmitida por la red.

#### ***Middleware***

Es un conjunto de servidores que realizan la administración del sistema, tal como la gestión de usuarios, base de datos, facturación, etc. Dentro de esta etapa se incluyen servidores de encriptación del contenido debido al requerimiento de los proveedores de contenido para proteger los contenidos de posibles intrusos.

#### ***Core* de Distribución**

Corresponde a los *router* principales que permiten la distribución del video desde la cabecera hasta los usuarios. Este núcleo está formado por 3 *routers* principales que permiten la conectividad con las distintas ciudades donde se ofrece el servicio.

#### **Red de Nodificación**

Corresponde al red de nodos que permite conectar el *head end* con los usuarios, se encuentra conformado por un gran número de *switch* de agregación y de acceso, junto con

los dispositivos DSLAM que permiten el acceso del abonado a los servicios DSL en Concepción, Temuco, Osorno, Puerto Montt y Valdivia.

### Usuarios

Corresponde a la red de acceso del usuario. Se caracteriza por tener un modem ADSL y un *router* inalámbrico para el acceso a la red y en los televisores se instala un receptor inalámbrico junto con un *set top box* para poder decodificar la señal.

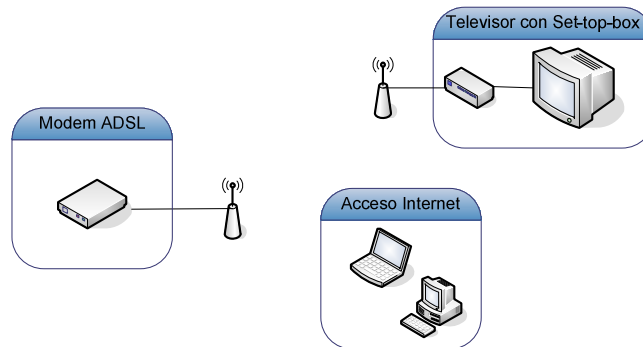


Figura 39: Red Acceso Usuario

### 3.9.3 Características Sistema

Este sistema posee características bien definidas que se describen a continuación:

- **Formato Codificación:** Las señales satelitales obtenidas llegan a la cabecera en formato digital y codificadas en formato MPEG-2. Dentro de la cabecera se vuelve a codificar con los *encoders* presentes dentro del sistema.
- **Última Milla:** el medio de acceso al usuario es a través de ADSL y la señal de televisión es recibida por el usuario de manera inalámbrica dentro de sus hogares.
- **Cantidad de Usuarios:** el sistema ofrece el servicio a múltiples usuarios ubicados en diferentes ciudades del sur del país.
- **Proveedores de Equipos:** se utiliza *hardware* dedicado para todas las funciones del sistema. Entre los proveedores de equipos se encuentran: Minerva Networks con su *Middleware*, Amino con su *Set top box* y *Scientific Atlanta* con sus decodificadores satelitales entre otros.

### 3.9.4 Servicios Disponibles

Una plataforma de televisión digital permite ofrecer servicios adicionales a la televisión convencional. Actualmente el sistema WiTV ofrece los siguientes servicios para los usuarios:

- Menú en Línea
- Control Parental
- Guía Electrónica Parental
- Inserto de Recordatorios
- VoD
- PPV
- PVR
- NPVR

### 3.9.5 Dimensionamiento y Escalabilidad

El servicio WiTV se encuentra disponible en las ciudades de Concepción, Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt. La velocidad de conexión para los usuarios de Televisión debe ser de al menos 4 Mbps sólo para esta señal debido al tipo de codificación utilizada MPEG-2.

El requerimiento de ancho de banda determina que los enlaces troncales y el core de distribución posean un ancho de banda que permita la transmisión a todos los usuarios y permita escalabilidad para futuros usuarios, por lo cual los enlaces troncales son de 10 Gbits/seg, lo cual permite cumplir con los requerimientos del funcionamiento del sistema.

### 3.9.6 Arquitectura Laboratorio IPTV

Dentro del laboratorio IPTV se encuentran varias áreas de pruebas relacionadas con los equipos involucrados. Existen dos áreas específicas: la primera para pruebas de la red ADSL y la otra para las pruebas del CAS, *Middleware*, *Set top boxes*, VoD, encriptación y codificación.

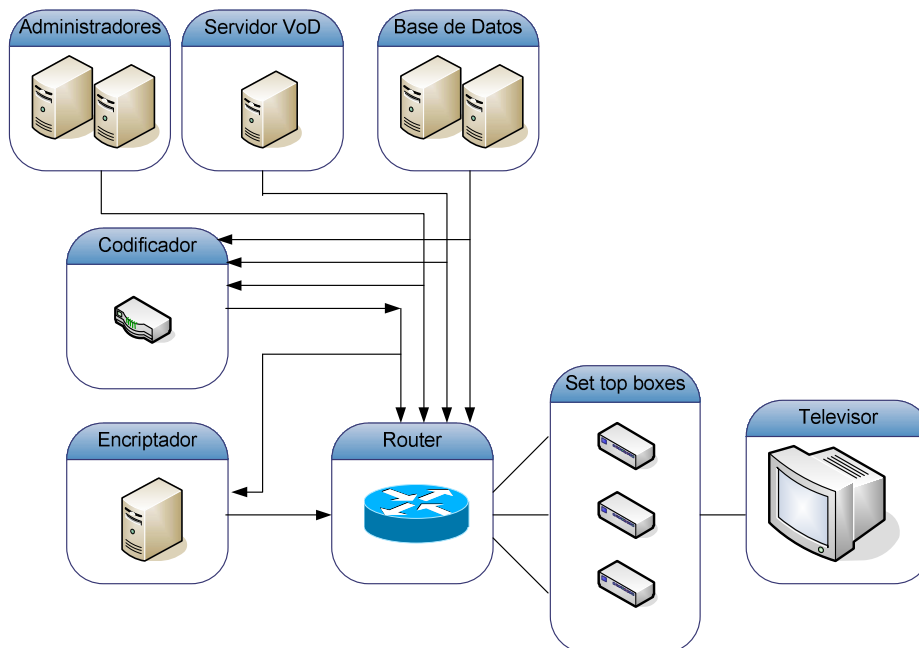


Figura 40: Laboratorio IPTV

Este laboratorio se utiliza para realizar pruebas de servidores, video bajo demanda, codificación y encriptación utilizando variados *set top boxes* para poder visualizar la señal y con esto comprobar el funcionamiento de los elementos anteriores antes de ser implantados dentro de la red en funcionamiento. En este laboratorio se realizan pruebas de encriptación que es un proceso importante dentro del sistema dado que es requerido por los proveedores de contenido para protegerlos de posibles intrusos.



## 4. DISCUSIÓN

A continuación se realiza un análisis detallado de las principales actividades desarrolladas durante el proyecto que corresponden a la base del estudio realizado para concretar el diseño y todas sus características adicionales.

### 4.1 Cumplimiento de Requerimientos

El diseño de una plataforma IPTV debe cumplir con determinados requerimientos para poder satisfacer las necesidades de los usuarios. Las necesidades de los usuarios se basan en la visualización de contenidos multimedia en el momento y con la calidad que estos lo deseen.

Para poder cumplir con las necesidades de los usuarios es necesario determinar los parámetros que permiten caracterizar la entrega de contenidos multimedia. Desde el punto de vista de los usuarios se determinaron los parámetros fundamentales: calidad de imagen, ancho de banda, capacidad de almacenamiento y procesamiento del sistema.

Los contenidos multimedia como es el caso del video se caracterizan por consumir gran cantidad de recursos tanto de memoria como de procesamiento dentro de un equipo para poder realizar su reproducción. Este tipo de contenido también se caracteriza por necesitar una alta capacidad de almacenamiento debido a la cantidad de información, de datos que son necesarios para entrelazar una imagen y sobre todo para un video donde es necesario correlacionar un conjunto de imágenes.

Por lo tanto se determinó que para garantizar que los contenidos se recibirán y reproducirán lo mejor posible tanto el cliente como el servidor deben tener alta capacidad de almacenamiento reflejada en su disco duro y memoria RAM. Para poder determinar niveles mínimos de disco y memoria se realizaron pruebas con los equipos disponibles en el Laboratorio de Instrumentación: un computador de 512 MB de RAM y 27 GB de disco; y un *notebook* de 1 GB de RAM y 30 GB de disco. Se realizaron pruebas para diferentes formatos de compresión realizando su reproducción en cada uno de los equipos.

De las pruebas se obtuvo que para contenidos en formato MPEG-2 la reproducción no presenta problemas, pero al variar a un formato de mayor compresión como es el caso de MPEG-4 se visualizaron problemas de reproducción que se observaron en congelamientos de la imagen que se explican por una posible falta de memoria RAM. La prueba realizada indica que es necesario poseer una memoria RAM de al menos 1 GB para que no se produzcan problemas de reproducción al momento de la transmisión, dado que fue claro que se observaron mayores problemas en el equipo con menor memoria. Esto se puede solucionar incorporando una tarjeta de video con una capacidad mínima de 128 MB para garantizar la correcta reproducción.

En relación a la capacidad de disco duro se determinó que basta con una alta capacidad para poder almacenar gran cantidad de contenidos de prueba y en diferentes

formatos. Se estima que con un disco duro de al menos 120 GB es posible almacenar diversos contenidos que permitan el funcionamiento del laboratorio.

Para poder reproducir contenidos de alta calidad de imagen es necesario que los requerimientos de almacenamiento y procesamiento anteriores se cumplan. Las imágenes y videos en alta definición o calidad requieren mayores recursos. Por lo tanto, de forma adicional es necesario contar con una velocidad de procesador que permita el manejo de una alta cantidad de datos como es el caso del video en alta definición proponiéndose una velocidad de 2.0 GHz que corresponde a un valor promedio dentro del mercado.

## **4.2 Dimensionamiento y Características del Sistema**

El diseño de la plataforma IPTV se ha basado en consideraciones técnicas de funcionamiento pero también es necesario considerar la cantidad de usuarios que se desea trabajen de forma simultánea en las instalaciones. Esto determina la cantidad de equipos, recursos e instalaciones físicas que serán necesarias para la implementación final del laboratorio.

Se estima que un número adecuado de alumnos por estación de trabajo corresponde a 2 alumnos, dado que una cantidad mayor establece condiciones para que se produzcan problemas entre los integrantes y por consecuencia un trabajo de grupo menos eficiente. Por lo tanto, al considerar el universo de alumnos que pertenecen al área de Telecomunicaciones dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica se establece un número de 4 estaciones de trabajo que permitan el trabajo de al menos 8 alumnos dentro del laboratorio. Este número de estaciones de trabajo determina que son necesarios 4 computadores con altas capacidades.

En la etapa de adquisición de contenidos existen diversas fuentes de contenidos que pueden ser utilizadas dentro del laboratorio. Se estableció el uso de contenidos envasados, contenido en vivo y contenidos satelitales. El contenido envasado se obtendrá a partir de elementos de almacenamiento como DVDs, CDs o VCDs que puedan estar disponibles. El contenido en vivo se obtendrá a partir de una cámara de video digital a disposición de los alumnos para grabar videos en el momento de realizar las actividades y por último se propone utilizar una antena satelital que permita obtener señales libres que se encuentran en algunos satélites. Esta antena se instalaría en la parte superior del edificio de Ingeniería Eléctrica.

Todas las soluciones de *streaming* analizadas son capaces de entregar *streams* de audio y video a los usuarios. Debido al gran avance que existe en esta área tecnológica estos diferentes formatos se encuentran en constante avance y mejoramiento para realizar la transmisión de video y audio cada vez con una cantidad menor de bits. Entre las soluciones analizadas se elige las soluciones de código abierto y de libre uso que corresponden a las soluciones propuestas por Apple y VideoLan Project que combinan diversas características que se desean estudiar en el laboratorio y soportan diversos formatos de compresión.

Por último para la etapa de distribución la red IP se utilizan 3 *routers* que forman un núcleo que permite el uso de herramientas de enrutamiento básicas, además se utilizan 3 *switch* que segmentan la red en 3 LAN (*Local Area Network*) diferentes: una para la etapa de adquisición de contenidos y las restantes para 4 estaciones de trabajo conectadas en topología estrella para disminuir los dominios de colisión y mejorar el funcionamiento de la red.

### **4.3 Evaluación Económica**

La elección de equipos y *software* debe realizarse principalmente desde el punto de vista técnico pero también debe incluirse la estimación de costos dentro del análisis para encontrar una solución que combine el aspecto técnico con el económico.

Se estableció que las principales fuentes de costos de la solución son: equipamiento, instalación y mantenimiento. Se estimaron los costos de las alternativas de equipos y *software* para cada una de las etapas del sistema. Sobre la base de lo anterior se eligieron las alternativas que cumplen con las consideraciones técnicas deseadas y tienen bajos costos. Para los costos de instalación se consideraron los costos en cableado y en hora-hombre de la persona encargada de la instalación. Para estimar los costos de mantenimiento se determinó que es necesario realizar mantenimientos periódicos al laboratorio para mantener los equipos y configuración de la plataforma.

Se observa que los mayores costos se producen en los equipos dado que el *software* en general es de libre uso que no es necesario comprar y se encuentra disponible en *Internet*. El mayor costo se incurre en la compra de las estaciones de trabajo con altas capacidades de almacenamiento y procesamiento.

Sobre la base de la información anterior se obtiene el costo total de la implementación de la plataforma que corresponde a una solución económica a la problemática impuesta de diseñar e implementar un laboratorio IPTV dentro del Departamento de Ingeniería Eléctrica utilizando diferentes herramientas tanto de tipo comercial como de libre uso.

### **4.4 Implementación de Prueba**

Se realizó una implementación de prueba con el objetivo de comparar dos soluciones de *streaming*. Estas dos alternativas en estudio corresponden al *software* de libre uso actualmente disponible en el mercado: Apple que ofrece Darwin Streaming Server acompañado de QuickTime Player y por otra parte VideoLan Project con su solución VLC (*VideoLan Client*) que funciona como reproductor y servidor.

Al realizar la instalación, configuración y pruebas se identificaron ventajas y desventajas desde el punto de vista docente para cada una de las soluciones. En primer lugar, la solución de Apple a través de su servidor Darwin permite obtener estadísticas de la transmisión que se lleva a cabo. Se puede obtener: la dirección IP del cliente, el recurso multimedia al cual está accediendo, la tasa de pérdidas de paquetes, la tasa de transmisión y

el tiempo de conexión. Esta información permite comparar y cuantificar el funcionamiento del servidor, de la red y del cliente bajo diferentes escenarios.

Para el servidor y reproductor se realizaron pruebas con archivos codificados con diferentes formatos. Se obtuvo que esta solución permite visualizar diferentes formatos entre los que se encuentran: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 o H.274, H.261, H.263, JPEG, MP3, RTP, RTSP, 3GPP, 3GPP2, MIDI, entre otros.

Esta solución posee una desventaja que se centra en la dificultad de instalación. Esta dificultad se debe a que este servidor se encuentra soportado para un sistema operativo Windows 2003 server, pero se puede instalar en otros sistemas operativos como el caso de Windows XP utilizando una herramienta adicional llamada Perl. Para poder instalar el servidor Darwin primero se debe instalar el *software* Perl y luego el servidor, dado que en caso contrario no será posible activar el servidor.

Por otra parte, la solución ofrecida por VideoLan Project posee dos ventajas claras: posee una instalación simple donde sólo se debe descargar el *software* y se instala de forma intuitiva; y esta solución posee un *software* que funciona como servidor y como reproductor. Las desventajas de esta solución son: no es posible obtener estadísticas de la transmisión por lo cual es imposible realizar comparaciones cuantitativas del funcionamiento del sistema y no soporta el formato H.264 que se encuentra estandarizado por la ITU.

Considerando las ventajas y desventajas de ambas soluciones se elige utilizar la solución ofrecida por Apple. Desde el punto de vista docente se desea tener herramientas que permitan el análisis del funcionamiento del sistema, en este caso el servidor Darwin ofrece herramientas de monitoreo de las transmisiones y del estado del servicio. Por lo tanto, esta solución se ajusta a los requerimientos docentes deseados. La elección de esta solución no impide el uso de la solución VLC de forma adicional permitiendo poder utilizar ambas soluciones en caso de ser requerido.

## **4.5 Comparativa Plataforma Comercial**

Durante la visita a las instalaciones de Telefónica del Sur fue posible observar las similitudes y diferencias entre la solución diseñada y esta plataforma comercial.

Las plataformas poseen las mismas etapas dentro de su arquitectura con algunas variaciones que se deben principalmente a la diferencia en la cantidad de usuarios a los cuales transmiten los contenidos. Ambas plataformas poseen una etapa de adquisición de contenidos, etapa de distribución y acceso al usuario.

La plataforma concentra en un *Head End* o cabecera la codificación, digitalización y servidores tanto de *streaming* como de administración del sistema. En la plataforma diseñada esta cabecera no existe propiamente tal pero estas funciones se realizan tanto en la etapa de adquisición como en la etapa de servidores, no se incluyen servidores de administración debido a que se tiene un número pequeño de usuarios dentro del laboratorio.

Por otra parte una diferencia importante corresponde al tipo de codificación utilizada. En el caso de la plataforma comercial se utiliza codificación MPEG-2 tanto para la señal satelital como para la transmisión para los usuarios, la plataforma diseñada soporta varios formatos de codificación entre los que se encuentra: MPEG-, MPEG-2, MPEG-4, H.263 y H.264 entre otros.

Desde el punto de vista de los contenidos la plataforma comercial obtiene canales satelitales, en cambio el diseño permite obtener contenidos desde diferentes fuentes lo cual permite ampliar la gana de contenidos tanto a películas, música, etc.

Una de las diferencias importantes corresponde al uso de *hardware* dedicado, el diseño establece que no es necesario el uso de *hardware* dedicado para el servidor de *streaming* que puede ser instalado y ejecutado en un equipo que se encuentre conectado dentro de la red y permita almacenamiento de contenidos. La plataforma comercial usa exclusivamente *hardware* dedicado.

Por lo tanto, existen diferencias y semejanzas entre ambas plataformas donde las diferencias vienen dadas por la forma en que se realizan algunos procesos y los equipos que se utilizan para ello, pero en general ambas soluciones realizan la función de transmitir contenidos multimedia a través de una red IP.

#### **4.6 Prácticas Experimentales**

A partir del diseño realizado se elaboraron prácticas experimentales que permiten el estudio desde el punto de vista teórico y aplicado de los aspectos básicos de una plataforma IPTV. Estas prácticas son acompañadas por guías de laboratorio que entregan la descripción de las actividades propuestas y las exigencias del desarrollo para cada uno de los tópicos tratados.

Las experiencias abordan los siguientes tópicos: familiarización con servidor Darwin y reproductor QuickTime; *streaming* de video y audio dentro de la red; codificación y trama de transporte; técnicas de transmisión; por último direccionamiento IP y enrutamiento básico. Estas actividades se acompañan con el uso de diferentes herramientas de análisis y monitoreo como por ejemplo: TSReader, WireShark, Traceroute entre otros.

La idea principal de estas actividades es familiarizar a los alumnos con las herramientas disponibles dentro del laboratorio desde el punto de vista de su configuración, características y capacidades. Estas actividades permiten realizar comparaciones de funcionamiento del sistema ante diferentes requerimientos, tipos de codificación y técnicas de transmisión entre otras características.

Estas prácticas experimentales entregan el enfoque docente que posee este proyecto con el objetivo de contribuir a la docencia del Departamento de Ingeniería Eléctrica a través de un curso docente de carácter electivo que se implementará en el futuro para los ingenieros del área de las telecomunicaciones.

## 4.6.1 Experiencia I: Darwin Streaming Server

### 1. Objetivos

- Familiarizarse al uso de Darwin Streaming Server
- Estudiar desempeño servidor ante distintos requerimientos de contenidos.
- Establecer tipo de formatos de codificación soportados por el Servidor.

### 2. Introducción

Darwin Streaming Server corresponde a la versión de código abierto del QuickTime Streaming Server. El servidor Darwin permite transmitir contenidos multimedia a través de *Internet* y red IP en tiempo real. Los usuarios pueden visualizar contenidos en vivo o pregrabados también bajo demanda. Los usuarios pueden ver los contenidos a medida que éste llega al computador no deben esperar a que el archivo se descargue completamente.

### 3. Descripción de la Experiencia

#### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La actividad tiene un enfoque experimental que permita manejar el estado, configuración y transmisión del servidor desde las herramientas que posee el servidor Darwin. A la vez evaluar el funcionamiento del servidor en un entorno local. Las actividades tienen como objetivo estudiar el funcionamiento del servidor desde el punto de vista del administrador del sistema.

#### 3.2 Material que se requiere para la experiencia

- Darwin Streaming Server
- QuickTime Player 7.0
- *Web Browser* Firefox o Internet Explorer
- Contenidos multimedia en diferentes formatos de codificación

#### 3.3 Descripción de la Experiencia

El servidor Darwin Streaming Server posee una herramienta de administración y monitoreo a través de una interfaz gráfica disponible vía *web* por un *Web Browser* como puede ser Firefox Mozilla o Internet Explorer.

A través de esta herramienta de monitoreo se estudiará el desempeño del servidor ante diferentes requerimientos de contenidos. Este estudio permitirá establecer las capacidades del servidor y al mismo tiempo identificar los parámetros relevantes al momento de realizar este tipo de transmisión de contenidos en un red IP.

#### **4. Informe Previo**

Como informe previo se deben investigar los siguientes conceptos para el desarrollo de la actividad.

- Características Darwin Streaming Server
- Formatos de codificación soportados por servidor
- Requerimientos de disco duro, memoria y tarjetas de video y audio.
- Protocolos RTSP y RTP

#### **5. Desarrollo de la Sesión**

El servidor se encuentra actualmente en funcionamiento dentro de la red del Laboratorio. El servidor se ejecuta en el computador con dirección IP 172.17.73.237. El desarrollo de la actividad se detalla a continuación:

##### **5.1 Entrada Interfaz Gráfica Servidor**

Existen dos maneras de poder acceder a la interfaz gráfica del servidor, la primera es a través del mismo equipo donde se encuentra ejecutándose el servidor o en forma remota a través de la siguiente dirección <http://direcciónIPservidor:1220>. En este caso se puede reemplazar la dirección IP por la dirección localhost dado que se desea acceder desde el mismo equipo <http://localhost:1220>. El acceso se realiza a través de un *Web Browser* tal como Firefox o Internet Explorer.

##### **5.2 Estado Servidor y Menú Opciones**

Luego de acceder al servidor por su interfaz gráfica se despliega el estado del servidor en ese momento. Es necesario observar si el servidor se encuentra activo o no para poder realizar la actividad.

Dentro de la información de estado del servidor se encuentra el equipo donde se ejecuta, servidor DNS donde se hospeda el servidor y número de conexiones servidas. Es necesario especificar todas las variables de estado observadas que permitan obtener información relevante del funcionamiento del servidor.

También se debe observar el menú de opciones que permite configurar y observar del funcionamiento del servidor, destacando opciones del servidor y estadísticas que se pueden obtener al momento de realizar una transmisión. Se deben especificar las estadísticas que el servidor permite obtener de una transmisión cualquiera.

##### **5.3 Prueba Local**

Para poder comprobar el funcionamiento del servidor se realizará una prueba local del mismo. Para esta prueba es necesario contar con un cliente puede ser tanto en el mismo

equipo donde se ejecuta el servidor como en algún equipo remoto. En este caso se realizará la prueba desde un cliente QuickTime instalado en el mismo equipo del servidor.

El requerimiento del contenido se realiza a través del siguiente URL en el menú Archivo – Abrir URL, `rtsp://localhost/nombres extensión`. Para que el requerimiento se realice de forma correcta es necesario escribir de forma correcta el nombre y extensión del contenido que se desea visualizar, en caso contrario no se encontrará el archivo.

Se debe realizar la prueba para un requerimiento de cada tipo de formato y también para dos requerimientos simultáneos tanto de archivos de iguales formatos como de diferentes formatos y comparar el desempeño del servidor ante estos diferentes escenarios. Se deben comparar considerando la tasa de transferencia de bits y la pérdida de paquetes como parámetros fundamentales.

## **6. Informe Final**

Para finalizar la actividad se debe realizar un informe final donde se especifiquen todas las actividades realizadas como también sus resultados o pruebas realizadas. Este informe debe incluir toma de datos, gráficos, imágenes y análisis de resultados para poder realizar discusiones de las actividades realizadas.

### **6.1 Informe Previo**

En el informe final se debe incluir al comienzo el informe previo realizado con el objetivo de utilizar esta información como un marco de contextualización a las actividades y características del servidor en estudio.

### **6.2 Actividades Realizadas**

En el informe final se deben incluir la descripción de todas las actividades realizadas especificando materiales, configuración, direccionamiento y topología utilizados en cada actividad.

#### **6.2.1 Entrada Interfaz Gráfica**

Se debe especificar las utilidades de esta herramienta gráfica de administración y monitoreo dentro de un sistema de *streaming* de video y audio.

#### **6.2.2 Estado y Opciones Servidor**

En esta actividad se debe incluir toda la información proporcionada por la interfaz *web* tanto para el estado del servidor como para los usuarios conectados y toda la información relevante que proporciona esta herramienta. Se deben destacar las funcionalidades que posee la herramienta que permiten monitorear el funcionamiento del sistema.



### 6.2.3 Prueba Local

En esta actividad se deben especificar las estadísticas para cada uno de los escenarios propuestos que definen diferentes requerimientos para el servidor. Se deben incluir todos los valores que se pueden obtener y realizar una comparación cuantitativa de los resultados obtenidos utilizando gráficos o herramientas gráficas.

También se debe incluir una comparación cualitativa de las reproducciones realizadas en cada uno de los requerimientos señalando calidad de imagen, tiempo de reproducción y pérdidas de imagen o problemas de reproducción en caso que éstas se produzcan.

## 7. Bibliografía

Se recomienda la lectura de los siguientes documentos:

- Guía de Administrador. Darwin y QuickTime *Streaming Server*  
Apple Computer, Inc.
- Sitio *web* Apple en sección Productos  
[www.apple.com](http://www.apple.com)

## 4.6.2 Experiencia II: QuickTime Player

### 1. Objetivos

- Familiarizarse al uso del reproductor QuickTime.
- Establecer formatos de reproducción soportados por el *software*.
- Establecer fuentes de contenidos permitidas por el reproductor.
- Estudiar requerimientos de ancho de banda al momento de reproducción.

### 2. Introducción

QuickTime es un reproductor que permite abrir cualquier archivo de video de alguno de los formatos más populares como MOV, MP4, MPEG-4, archivos de audio y archivos de imágenes, y los reproduce en una pantalla según la resolución del archivo.

También puede reproducir videos por *Internet* sólo indicándole su dirección URL. Además si se pierde la conexión y la bajada del video se detiene, cuando se reanuda la conexión el programa reanuda la descarga y la reproducción continúa desde el punto en que se detuvo.

El uso de este reproductor es aconsejable dado que aprovecha las mejores tecnologías de codificación de video como H.264, DVD, HD, MPEG-4, etc. para ofrecer mejor calidad de imagen que los formatos de video convencionales.

### 3. Descripción de la Experiencia

#### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La experiencia se enfoca a utilizar el reproductor QuickTime que es compatible con el Darwin Streaming Server. Se realizarán pruebas de funcionamiento para distintos formatos de archivos y se evaluará su desempeño en las instalaciones del Laboratorio.

#### 3.2 Material que se requiere para la experiencia

- QuickTime Player 7.0
- Contenidos multimedia en diferentes formatos

#### 3.3 Descripción de la Experiencia

Las actividades se centran en el uso de este reproductor para distintos tipos de formatos a través de la prueba directa de cada tipo de archivo que se tengan disponibles.

### 4. Informe Previo

Para el desarrollo de la actividad es necesario estudiar de forma previa los siguientes conceptos básicos que se desarrollarán durante la actividad.

- Codificación MPEG
- Formatos Contenedores
- Formatos soportados por QuickTime
- Requerimientos del reproductor para diferentes formatos
- Traer diferentes archivo multimedia en diferentes formatos

## **5. Desarrollo de la Sesión**

Durante la sesión de desarrollarán las siguientes actividades:

### **5.1 Instalación Archivos en diferentes formatos contenedores y de codificación.**

Para esta experiencia de laboratorio es necesario disponer de diferentes contenidos multimedia codificados en diferentes formatos y también en diferentes formatos contenedores. Estos diferentes archivos de guardarán en alguna ubicación de fácil acceso dentro del equipo utilizado, en este caso se recomiendo utilizar una ubicación dentro de mis documentos donde se creará una carpeta con el nombre de los integrantes del grupo donde se guardarán todos los archivos utilizados durante la experiencia.

### **5.2 Formas de Reproducción de Contenidos**

El reproductor QuickTime permite obtener contenidos de diferentes formas tales como abrir un archivo desde alguna ubicación dentro de equipo donde se desea realizar la reproducción y a través de una dirección URL de *Internet*.

Se pide probar las dos formas de reproducir contenidos a través de este reproductor señalando sus diferencias y características. En el caso de utilizar una dirección URL se debe especificar que información debe contener la dirección para poder acceder al contenido deseado. Para el caso de abertura de un archivo desde esta opción se pide identificar desde que tipo de fuentes de almacenamiento es posible reproducir archivos multimedia.

### **5.3 Reproducción Archivos Diferentes formatos**

Para poder identificar de forma concreta que tipo de formatos son soportados por el reproductor es necesario tratar de reproducir diferentes archivos que se encuentre en diferentes formatos para poder comprobar que la reproducción se realiza de acuerdo a lo esperado.

Se probarán al menos tres formatos diferentes. Se proponen los siguientes formatos: MPEG-4, MP3 y H.264, además de los archivos .MOV que son del tipo QuickTime que son reproducidos por este reproductor.

Para estas pruebas se deben identificar que formatos son soportados, cuales no lo son y las características de reproducción, tales como pérdidas de imagen o problemas de

reproducción en caso que éstas se produzcan y la calidad de reproducción para cada formato.

## **6. Informe Final**

En el informe final se deben incluir todos los tópicos tratados en el informe previo y desarrollar las actividades señaladas para el desarrollo de la sesión indicando todos los montajes realizados y datos medidos. Todos los desarrollos deben ser acompañados de gráficos y tablas de datos, además de un análisis de estos resultados.

### **6.1 Instalación Archivos Multimedia**

Es necesario especificar el tipo de archivos multimedia instalados en el equipo indicando las características relevantes del tipo de formato y de la codificación para poder identificar estas características dentro de la reproducción de cada uno de los archivos, como por ejemplo la tasa de calidad de reproducción entre otras características.

### **6.2 Formas de Reproducción de Contenidos**

Se deben identificar de forma clara todas las formas de reproducir contenidos a través de este reproductor como también desde las posibles fuentes donde los contenidos multimedia pueden ser reproducidos. Con esta caracterización es posible identificar el nivel de flexibilidad que posee el reproductor frente a otros.

### **6.3 Reproducción Archivos Diferentes Formatos**

Se deben comparar cualitativamente las reproducciones realizadas de todos los formatos que se tienen disponibles, señalando la calidad de reproducción y requerimientos de procesamiento del computador donde se realizan las pruebas. Además se deben especificar los formatos soportados por el reproductor y compararlos con los formatos señalados en sus especificaciones técnicas y de uso.

## **7. Bibliografía**

- Resumen Técnico QuickTime 7
- Sitio *web* Apple  
[www.apple.com](http://www.apple.com)

### 4.6.3 Experiencia III: *Streaming* de Video y Audio

#### 1. Objetivos

Al realizar esta actividad los alumnos podrán:

- Realizar *Streaming* de Video y Audio desde servidor a clientes.
- Establecer requerimientos de conexión para realizar streaming.
- Estudiar el desempeño del sistema ante diferentes requerimientos.

#### 2. Introducción

El *streaming* de video y audio es una tecnología que permite publicar contenidos multimedia en la red sin que el usuario deba esperar que se descargue completamente. Esta tecnología permite ver el contenido antes que termine la transmisión y sin tener que grabar la información en disco.

Cuando se implementa un sistema *streaming* se requiere una determinada arquitectura. Una de las piezas fundamentales es el servidor de *streaming* él cual tiene la responsabilidad de entregar el video justo cuando es requerido. Otra pieza fundamental es el *software* reproductor que recibe la señal de video entrante desde la red IP y general la imagen en el *display* del usuario. La pieza final del sistema es la estación de preparación del contenido y la red de transporte entre el servidor y el dispositivo de visualización.

#### 3. Descripción de la Experiencia

##### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La experiencia se enfoca a la realización de pruebas de funcionamiento de un servidor de *streaming* dentro de una red IP. En estas pruebas los clientes realizan diferentes requerimientos de contenidos multimedia al servidor para estudiar el desempeño del sistema.

##### 3.2 Material que se requiere para la experiencia

- Darwin Streaming Server
- QuickTime Player 7.0
- Contenidos multimedia en diferentes formatos
- Instalaciones Laboratorio

##### 3.3 Descripción de la Experiencia

La experiencia consta de 4 actividades principales que tienen como objetivo ir variando los escenarios de prueba sobre el sistema y con la información obtenida realizar comparaciones tanto cualitativas como cuantitativas del desempeño del servidor y

reproductor ante diferentes requerimientos de ancho de banda como también de diferentes formatos de video y audio.

#### **4. Informe Previo**

Como informe previo se solicita al alumno investigar y analizar los siguientes tópicos:

- Procedimientos de pruebas de conectividad en capa 3 y capa de aplicación.
- Definición de Parámetros de calidad en transmisión de video.
- Requerimientos de ancho de banda de los formatos de codificación video y audio.

#### **5. Desarrollo de la Sesión**

Durante la sesión se realizarán las siguientes actividades para poder estudiar el desempeño del sistema ante distintos escenarios donde se podrán obtener datos que permitan realizar comparaciones y análisis del funcionamiento del sistema.

##### **5.1 Prueba de Conectividad**

Para poder realizar de forma correcta la actividad es necesario comprobar la conectividad de la plataforma para la correcta transmisión del video y audio desde el servidor hasta el usuario.

Una prueba básica de conectividad se realiza a través de un ping del protocolo ICMP que permita realizar un requerimiento al servidor desde otro equipo con la especificación de la dirección IP del destino. Es necesario conocer la dirección IP del servidor y del cliente para poder realizar un ping en ambos sentidos, ya que un ping correcto en una dirección no asegura la transmisión entre los equipos que se desean conectar.

La dirección IP de ambos equipos se obtiene a partir del Panel de Control - > Conexiones de Red, se ingresa a las propiedades de la Conexión de Área Local. Dentro del Menú se selecciona Protocolo Internet TCP/IP y propiedades. Luego se observa la dirección IP especificada. En el caso que se encuentre configurada la opción “Obtener dirección IP automáticamente” se debe realizar otro procedimiento para obtener la dirección perteneciente al equipo.

Se debe comprobar el funcionamiento de ambos ping. En caso que alguno de los dos ping no funcione se deben tomar medidas adicionales para poder garantizar la transmisión de datos en la red. Para esto es necesario revisar las medidas de seguridad que se tienen impuestas en los equipos que se están utilizando.

Generalmente los equipos se encuentran protegidos con *Firewalls* que bloquean cualquier tipo de conexión del equipo hacia el exterior o en sentido inverso. Se deben revisar las configuraciones de estas medidas de seguridad y en caso extremo desactivarlos temporalmente para poder realizar la prueba. Luego de revisar esta configuración se realiza

nuevamente la prueba de conectividad. En caso de observar que existe conectividad entre los equipos se procede con la siguiente actividad.

## **5.2 Prueba único requerimiento**

Para poder realizar un requerimiento al servidor es necesario tener claro los contenidos multimedia que se encuentran disponibles en el directorio del servidor. Primero es necesario identificar el directorio donde se almacenan los contenidos dentro del servidor, esta información se obtiene desde la interfaz gráfica de administración del servidor en el menú de **General Settings** donde se obtiene el **Media Directory**. Desde este menú es posible también modificar la ubicación a otra donde se posean otros contenidos multimedia.

Después de obtener el directorio de ubicación de los contenidos se procede a identificar los contenidos que se encuentran disponibles en el servidor. Con esta información se procede a realizar un requerimiento al servidor desde un cliente ubicado en la red. En este caso se puede utilizar contenidos multimedia de prueba: sample\_300kbit.mov o sample\_300kbit.mp4 que corresponde al mismo ejemplo pero en diferentes codificaciones.

El requerimiento al servidor se realiza de la siguiente forma: “rtsp://direcciónIPservidor/nombrecontenido.extension”, donde la dirección IP del servidor se reemplaza por la dirección que posee en el momento el equipo donde se encuentra en ejecución el servidor, y el nombre de contenido corresponde al nombre del archivo junto con su extensión que corresponde al tipo de formato del archivo. Como ejemplo se puede utilizar **rtsp://172.17.73.237/sample\_300kbit.mp4**.

Durante la reproducción se deben observar las estadísticas que entrega el servidor, se deben mostrar la dirección IP del cliente, bit rate, bytes sent, % Packet Loss, tiempo de conexión y el contenido al cual se está accediendo. También se debe observar la reproducción e identificar problemas en caso de producirse. Se pide realizar la misma prueba pero con un contenido codificado en otro formato y comparar tanto de forma cualitativa como cuantitativa las dos pruebas.

## **5.3 Requerimientos Simultáneos**

Se pide realizar la misma actividad anterior pero desde dos clientes en forma simultánea y observar el funcionamiento del servidor y la reproducción para ambos requerimientos. Se pide realizar comparaciones cuantitativas y cualitativas de la transmisión para ambos requerimientos al mismo instante. Se pide probar con dos requerimientos simultáneos de archivos con la misma codificación y luego dos requerimientos de archivos con diferente codificación.

## **5.4 Compatibilidad otros Reproductores**

En cada equipo del laboratorio se encuentran instalados más de un tipo de reproductor de contenidos. Se pide probar si es posible realizar requerimientos desde otros

reproductores como puede ser el caso de Windows Media Player o VideoLan Client (VLC). Se realiza esta prueba para diferentes archivos y diferentes codificaciones.

### **5.5 Diagnóstico de Red**

Con la herramienta Traceroute es posible hacer un seguimiento de los paquetes que van desde un *host* a otro. Con este *software* se obtendrá el camino que recorre los paquetes de video y audio dentro de la red cuando se realiza un requerimiento desde un cliente hacia el servidor. Además de deben obtener las estadísticas de velocidades de transmisión de los paquetes. Se deben realizar estas mediciones para los escenarios anteriores: sólo un requerimiento, requerimientos simultáneos y para diferentes formatos de codificación.

## **6. Informe Final**

Al final de la experiencia se debe entregar un informe final que incluya el informe previo realizado, la descripción de las actividades realizadas con esquemas e imágenes y los resultados obtenidos mediante tablas y gráficos. Además se pide realizar comparaciones entre las actividades realizadas y los diferentes requerimientos realizados sobre el servidor.

### **6.1 Prueba de Conectividad**

Se solicita especificar de forma clara las direcciones IP de los equipos involucrados en las actividades, además de indicar los resultados de los ping realizados y de todas las pruebas de conectividad realizadas, señalando resultados y medidas para resolver posibles problemas de conectividad.

### **6.2 Prueba único requerimiento**

Se deben indicar todos los resultados obtenidos desde el servidor y observaciones realizadas de cada una de las reproducciones realizadas. Además se deben indicar tablas de datos de las estadísticas que se pueden obtener desde el servidor para los distintos requerimientos. Realizar al menos dos requerimientos con archivos con diferente codificación. Indicar gráficos comparativos del porcentaje de pérdida de paquetes en función del tiempo para cada requerimiento.

### **6.3 Requerimientos Simultáneos**

Indicar tablas de datos con las estadísticas obtenidas desde el servidor. Graficar la pérdida de paquetes en función del tiempo para ambos requerimientos. Indicar observaciones realizadas a la transmisión simultánea y observar si se producen variaciones de las pérdidas de paquetes al comparar los requerimientos simultáneos para archivos con diferentes codificaciones.



#### **6.4 Compatibilidad otros Reproductores**

Realizar la prueba con dos reproductores diferentes se propone WMP y VLC. Se pide indicar si existe compatibilidad con estos reproductores y con diferentes codificaciones.

#### **6.5 Diagnostico de Red**

Se deben especificar los caminos recorridos por los paquetes para al menos dos escenarios distintos y comparar las semejanzas y diferencias en cada caso. Indicar las velocidades de transmisión para todos los escenarios probados y realizar comparaciones entre los escenarios identificando diferencias y similitudes; y relaciones entre velocidades y requerimientos. Acompañar estos análisis con gráficos y tablas de datos correspondientes.

#### **7. Bibliografía**

- Video over IP: A practical Guide to technology and applications.

## 4.6.4 Experiencia IV: Codificación y Trama de Transporte

### 1. Objetivos

Al realizar esta actividad los alumnos podrán:

- Estudiar y analizar el proceso de codificación de contenidos multimedia para los formatos de codificación más utilizados en la actualidad.
- Familiarizarse con la estructura de la trama de transporte de un *stream multimedia* sobre la red IP.

### 2. Introducción

Para la realización de esta actividad es necesario familiarizarse con algunos conceptos esenciales como los que se indican a continuación.

#### 2.1 Codificación MPEG

El *Moving Picture Experts Group* llamado comúnmente como MPEG es un grupo encargado de desarrollar estándares de codificación de audio y video. Los formatos de compresión que MPEG ha formalizado son: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7 y MPEG-21.

Estos códec se caracterizan por utilizar compresión con bajas pérdidas de datos. En estos códec las muestras tomadas de imagen y sonidos son divididas en fragmentos, luego son transformadas en espacio y frecuencia; y finalmente cuantificadas.

#### 2.2 Trama de Transporte

Corresponde a la combinación de múltiples programas en un sólo *stream*. Estos programas pueden o no pueden tener un tiempo base común. Posee un largo de paquete fijo lo que permite tener menores probabilidades de error, permite detección de comienzos y fines de tramas con mayor facilidad y permite recuperar de manera fácil paquetes corruptos o pérdida de paquetes.

### 3. Descripción de la Experiencia

#### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La experiencia se enfoca principalmente en visualizar como se realiza el encapsulado de la trama de transporte MPEG-2 TS y a los conceptos relevantes de la codificación de video y audio.

#### 3.2 Material que se requiere para la experiencia

- Instalaciones Laboratorio IPTV

- TS Reader
- Sonda Bridgetech VB10
- WireShark
- Iperf

### **3.3 Descripción de la Experiencia**

La experiencia se basará en realizar mediciones del tráfico dentro de la red y de esta forma observar los parámetros que permiten caracterizar el tipo de codificación utilizada e identificar la trama de transporte que se transmite dentro de la red.

### **4. Informe Previo**

Para la realización de esta experiencia es necesario realizar un informe previo antes de realizar la sesión experimental. Este trabajo permite a los alumnos interiorizarse con los conceptos que se tratarán en cada parte experimental y además asegurar el trabajo personal de los alumnos antes de la sesión.

Se debe entregar un informe previo a la realización de la experiencia con el desarrollo de los siguientes tópicos y conceptos:

- Codificación MPEG, descripción códecs MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4.
- Descripción Trama de Transporte MPEG-2
- Requerimientos Ancho de Banda Formatos de Codificación

### **5. Desarrollo de la Sesión**

Durante la sesión se utilizarán diferentes herramientas de análisis y monitoreo de varios parámetros de la transmisión como es el caso de la trama de transporte; encapsulamiento y calidad de la señal en diferentes etapas de la transmisión.

#### **5.1 Análisis Trama de Transporte MPEG-2**

A través del analizador TSReader disponible en cada uno de los equipos del laboratorio se procederá a analizar las tramas de transporte de las transmisiones realizadas.

#### **5.2 Caracterizar calidad de la señal**

A través de la Sonda VB10 es posible caracterizar la señal en cualquier parte de la red. Se medirá la señal en diferentes etapas de la red para poder observar e identificar si existen cambios en la calidad de la señal durante la transmisión. Se propone realizar mediciones en las 4 etapas definidas para un sistema IPTV: adquisición de contenidos, servidor, distribución y acceso del usuario. Se deben identificar las características de la señal en estas 4 etapas y señalar las diferencias o similitudes encontradas. Se propone realizar esta prueba para diferentes requerimientos al servidor, tanto variando el número de clientes como el tipo de codificación utilizada.

### **5.3 Encapsulamiento**

Con la herramienta Wireshark se debe capturar el tráfico que se produce en la red para poder identificar el tipo de encapsulamiento que se produce con los datos de video y audio para poder ser transmitidos por la red. Se debe identificar claramente cada cabecera de protocolo y la extensión de cada una.

### **5.4 Ancho de Banda**

Se realizarán mediciones de ancho de banda máximo para cada uno de los formatos de codificación que se tienen disponibles para transmitir por la red. También se puede obtener el retardo de los paquetes dentro de la red. Se deben realizar estas mediciones de ancho de banda y de retardo para diferentes requerimientos con el objetivo de realizar comparaciones cuantitativas del desempeño de la red ante diversos escenarios y con esta información caracterizar los diferentes formatos de codificación en uso actualmente.

## **6. Informe Final**

Al final de la experiencia se debe entregar un informe final que incluya el informe previo realizado, la descripción de las actividades realizadas con esquemas e imágenes y los resultados obtenidos mediante tablas y gráficos. Además se pide realizar comparaciones entre las actividades realizadas y los diferentes requerimientos realizados al sistema.

### **6.1 Análisis Trama de Transporte MPEG-2**

Indicar de forma gráfica como se compone la trama de transporte MPEG-2 señalando sus partes principales y que la caracterizan. Realizar una comparación con la información teórica obtenida de esta trama.

### **6.2 Caracterización de la señal**

Identificar la calidad de la señal en cada etapa de funcionamiento del sistema señalando características y análisis de los resultados obtenidos. Realizar comparaciones cuantitativas y cualitativas entre etapas identificando diferencias y similitudes, además identificar las razones de las diferencias en caso de producirse.

### **6.3 Encapsulamiento**

El sniffer Wireshark permite capturar los paquetes dentro de la red y permite visualizar el contenido de cada paquete. Se debe especificar la información obtenida de los paquetes para diferentes escenarios a través de imágenes y especificando esta información de forma clara. Además se pide analizar si existen diferencias o semejanzas en cada caso identificando las razones de las diferencias en caso de producirse.

## **6.4 Ancho de Banda**

La herramienta Iperf permite medir el máximo ancho de banda dentro de la red, se deben identificar estos anchos máximos para diferentes formatos de codificación identificando la razón de estos máximos y las diferencias entre los datos obtenidos. También se deben tabular los retardos medidos para cada formatos y realizar comparaciones identificando las causas de los retardos. Realizar gráficos de comparación y tablas con los datos obtenidos para cada formato.

## 4.6.5 Experiencia V: Técnicas de Transmisión

### 1. Objetivos

Esta experiencia permitirá a los alumnos:

- Identificar claramente cuando una transmisión es del tipo *unicast*, *multicast* o *broadcast* a través de la información de los paquetes dentro de la red.
- Comparar estos tipos de transmisión dentro de una red real en funcionamiento en relación al uso de ancho de banda en cada caso y al recorrido de los paquetes dentro de la red.

### 2. Introducción

#### 2.1 Unicast

*Unicast* corresponde a la comunicación directa *host to host*. El tráfico es enviado desde la fuente al destino agregando carga adicional en la fuente y en el receptor por cada conexión que se inicie, incrementando a su vez el uso de ancho de banda en la red.

#### 2.2 Multicast

El IP *Multicast* es una tecnología de conservación de ancho de banda que reduce el tráfico para envío simultáneo de un flujo de información a múltiples receptores. IP *Multicast* envía tráfico desde la fuente a múltiples destinos sin agregar carga adicional en la fuente o en los receptores y sin incrementar ancho de banda en la red.

#### 2.3 Broadcast

Una comunicación *broadcast* corresponde a la comunicación entre un *host* y todos los *hosts* de una red. El tráfico es enviado desde la fuente al destino sin multiplicar los paquetes y es recibido por todos los *hosts* de la red.

### 3. Descripción de la Experiencia

#### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La práctica se basa en comparar la estructura de los paquetes dentro de la red para cada uno de las técnicas de transmisión. También comparar desde el punto de vista del requerimiento de ancho de banda en cada caso y para diferentes contenidos codificados con varios formatos de compresión.

#### 3.2 Material que se requiere para la experiencia

- Instalaciones Laboratorio
- Iperf

- Traceroute
- Wireshark

### **3.3 Descripción de la Experiencia**

Se realizarán 3 actividades que medirán diferentes parámetros del sistema: estructura paquetes, ancho de banda requerido e identificar el camino recorrido por los paquetes junto con su velocidad de transmisión. Estas mediciones se realizan con las herramientas señaladas en el material necesario para la experiencia que se encuentran disponibles en cada uno de los equipos del laboratorio.

## **4. Informe Previo**

Para el desarrollo de la sesión se deben investigar los siguientes tópicos:

- Analizar métodos de uso de cada una de las herramientas de mediciones.
- Identificar las mediciones que pueden realizarse con las herramientas: Iperf, Traceroute y Wireshark.
- Describir diferencias entre transmisiones *unicast*, *multicast* y *broadcast*.
- Investigar las aplicaciones o servicios que utilizan estos diferentes tipos de transmisión.

## **5. Desarrollo de la Sesión**

Durante el desarrollo de la sesión se realizarán las siguientes tres actividades que se acompañarán de los resultados en tablas y gráficos que permitan realizar comparaciones posteriormente. Para partir se debe identificar como realizar transmisiones *unicast*, *multicast* y *broadcast* para poder realizar mediciones posteriores.

### **5.1 Captura de Paquetes**

Se realizan las diferentes técnicas de transmisión y se realizan capturas en cada caso obteniéndose la estructura de los paquetes a través de Wireshark. Esta herramienta permite obtener la estructura de los paquetes para todos los protocolos que intervienen en el proceso de transmisión de los paquetes. Se pide observar los paquetes para cada transmisión y obtener esta información de forma clara para poder comparar esta información en cada caso.

### **5.2 Identificación Camino Recorrido y Velocidad de Transmisión.**

A través de la herramienta Traceroute se identifican los caminos recorridos por los paquetes para cada técnica de transmisión. Se obtiene la información en cada caso para compararla con la teoría y realizar comparaciones entre los casos estudiados. También se pide obtener la velocidad de transmisión en cada caso y observar si se producen diferencias.

### **5.3 Requerimiento Ancho de banda**

La herramienta Iperf permite obtener el ancho de banda máximo dentro de la red para los tres tipos de transmisión permitiendo comparar los requerimientos de ancho de banda debido a las diferentes técnicas que permiten adecuar esta característica de acuerdo a la cantidad de usuarios que reciben la transmisión.

## **6. Informe Final**

Al final de la experiencia se debe entregar un informe final que incluya el informe previo realizado, la descripción de las actividades realizadas con esquemas e imágenes y los resultados obtenidos mediante tablas y gráficos. Además se pide realizar comparaciones entre las actividades realizadas y la relevancia que tienen estas mediciones para comparar las técnicas de transmisión en estudio.

### **6.1 Captura de Paquetes**

Se realiza una captura de paquetes con la herramienta Wireshark se debe identificar cada parte del paquete para transmisiones del tipo *unicast*, *broadcast* y *multicast*. Identificar cada parte del paquete y tabular esta información, e identificar las diferencias en cada caso y para cada protocolo observado dentro del paquete capturado.

### **6.2 Identificación Camino Recorrido y Velocidad de Transmisión.**

Presentar el camino recorrido en cada caso de forma clara y apoyado por un esquema que presente esta información. Se deben tabular las velocidades de transmisión medidas y observar posibles diferencias explicando las razones en caso de producirse.

### **6.3 Requerimiento Ancho de banda**

Se miden los ancho de banda máximos obtenidos por la herramienta de medición se tabulan respecto al tipo de transmisión y se comparan con la teoría en cada caso.

## **7. Bibliografía**

- Cisco Systems. *Internet Protocol Multicast*. Technology Overview
- Apuntes Redes de Computadores EL64E. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Jorge Sandoval. Otoño 2008.



## 4.6.6 Experiencia VI: Direccionamiento IP y Enrutamiento

### 1. Objetivos

- Identificar las principales características de configuración del direccionamiento IP dentro de una red privada básica.
- Configurar protocolos de enrutamiento en los *routers* de la red como es el caso de RIP y OSPF
- Comparar el funcionamiento de ambos protocolos respecto a consumo de ancho de banda, criterios búsqueda de mejor ruta y características de configuración.

### 2. Introducción

#### 2.1 Direccionamiento IP

El direccionamiento ayuda al *router* a identificar la ruta dentro de la red. El *router* utiliza la dirección IP para identificar la red de destino de un paquete dentro de una red IP. Sin el direccionamiento de red no puede haber enrutamiento. Los *routers* necesitan direcciones de red para asegurar la correcta entrega de los paquetes.

#### 2.2 Protocolos de Enrutamiento

Los protocolos de enrutamiento deciden las rutas que siguen los protocolos enrutados para llegar a su destino. Los protocolos de enrutamiento permiten a los *routers* conectados crear un mapa interno de los otros *routers* de la red. Esto permite que suceda el enrutamiento, es decir la selección de la mejor ruta y la conmutación de los paquetes.

##### 2.2.1 RIP (*Protocolo de Información de Enrutamiento*)

Protocolo comúnmente utilizado para transferir información de enrutamiento entre *routers* situados en el mismo dominio. RIP permite al *router* encontrar la ruta que utilizará basándose en el concepto conocido como enrutamiento por vector de distancia. Si hay varias rutas a un destino. El *router* selecciona la ruta con menor cuenta de saltos. Pero RIP posee un máximo de saltos que pueden viajar los datos es de 15 saltos.

##### 2.2.2 OSPF (*Primero la ruta libre más corta*)

Corresponde a un protocolo de enrutamiento por estado de enlace basado en estándares libres. Este protocolo utiliza varios criterios para determinar la mejor ruta a un destino. Estos criterios incluyen métricas de coste, que consideran aspectos como velocidad, tráfico y seguridad de la ruta.

### 3. Descripción de la Experiencia

#### 3.1 Enfoque de la Experiencia

La experiencia se enfoca al estudio del direccionamiento IP y enrutamiento en una red pequeña. Esta práctica permite estudiar la configuración de protocolos de enrutamiento básicos y que actualmente se utilizan dentro de las redes corporativas. También se compararán dos protocolos de enrutamiento que utilizan diferentes algoritmos para encontrar la mejor ruta dentro de la red.

### **3.2 Material que se requiere para la experiencia**

- Instalaciones Laboratorio
- Iperf
- Traceroute

### **3.3 Descripción de la Experiencia**

La experiencia comienza con la identificación del direccionamiento IP de la red del laboratorio, luego se realiza la configuración de los protocolos de enrutamiento RIP y OSPF en los *routers* de la red. Para la implementación de cada uno de los protocolos de enrutamiento se mide el ancho de banda requerido y se identifica la mejor ruta encontrada por los protocolos para comparar el funcionamiento de ambos protocolos destacando sus diferencias y similitudes.

## **4. Informe Previo**

Para el desarrollo de la experiencia se deben estudiar los siguientes conceptos:

- Protocolos de Enrutamiento: RIP y OSPF identificando sus principales características y algoritmos de búsqueda de la mejor ruta.
- Procedimientos de Configuración de ambos protocolos
- Requerimientos de ancho de banda en cada caso

## **5. Desarrollo de la Sesión**

Durante el desarrollo de la sesión se realizarán las siguientes cinco actividades que se acompañarán de los resultados en tablas y gráficos que permitan realizar comparaciones posteriormente.

### **5.1 Identificación Direccionamiento Laboratorio**

Para poder realizar la configuración de los protocolos de enrutamiento se debe identificar el direccionamiento IP que se encuentra configurado dentro de la red del Laboratorio, esta información es fundamental para configurar esta información en los *routers* de la red. Se debe tabular esta información con el objetivo de organizar las direcciones para tener esta información disponible para las siguientes actividades.

### **5.2 Configuración RIP**

Identificado el direccionamiento de la red se procede a realizar la configuración del protocolo de enrutamiento. Se debe ingresar a cada *router* para realizar la activación del protocolo. El ingreso a un *router* se puede realizar a través de su puerto de consola a través de un cable llamado de consola que conecta el computador por su salida de pantalla al *router*. También se puede realizar a través de un Telnet a la dirección IP de alguna de las interfaces del *router*.

Luego de ingresar vía configuración por línea de comando se debe verificar el estado del *router* a través del comando Router1# show running-config que permite visualizar la configuración completa del dispositivo, se realiza esta operación para cada *router* de la red.

Para configurar RIP en cada *router* se ingresan las siguientes instrucciones en el modo de configuración global en la interfaz donde estará activo el protocolo:

```
Router(config)#router rip  
Router(config-router)#network número de red
```

Se debe identificar cual es la dirección de la red que se debe entregar al *router* según las direcciones obtenidas en la actividad anterior. Se debe comprobar a través de comandos ping si hay conectividad entre las redes y con el comando Router#show ip route se obtiene la tabla de enrutamiento que permite identificar las redes que conoce el dispositivo.

### 5.3 Configuración OSPF

Se deben realizar las mismas acciones que en la actividad anterior para ingresar al *router* y entrar a la configuración por línea de comando. Luego se debe realizar la siguiente configuración:

```
Router(config)#router ospf número de proceso  
Router(config-router)#network address wildcard-mask area area-id
```

El número de proceso identifica un proceso de enrutamiento OSPF en el *router*. Al especificar la red a enrutar se debe incluir un área a la cual pertenece. Se debe comprobar a través de comandos ping si hay conectividad entre las redes y con el comando Router#show ip route se obtiene la tabla de enrutamiento que permite identificar las redes que conoce el dispositivo.

### 5.4 Medición Ancho de Banda

Para cada uno de los casos anteriores se medirá el ancho de banda máximo utilizado con la herramienta Iperf instalado en cada uno de los equipos del laboratorio.

### 5.5 Identificación Mejor Ruta

A través de la herramienta Traceroute se identificará el camino elegido como mejor ruta para cada uno de los protocolos de enrutamiento configurados, identificando las diferencias o similitudes encontradas para estos protocolos de vector-distancia y estado de enlace respectivamente.

## **6. Informe Final**

### **6.1 Identificación Direccionamiento Laboratorio**

Se pide tabular la información de las direcciones IP de la red por interfaz y por dispositivo para crear un mapa de direccionamiento claro del sistema. Sin esta información es imposible realizar las siguientes actividades. También entregar un esquema de direccionamiento detallado de la red.

### **6.2 Configuración RIP**

Indicar las redes configuradas por RIP en cada caso y de forma independiente señalando la configuración realizada en cada caso. Se debe especificar la tabla de enrutamiento obtenida y los ping realizados como prueba de conectividad para las distintas redes que forman la plataforma.

### **6.3 Configuración OSPF**

Indicar las redes configuradas por OSPF en cada caso y de forma independiente señalando la configuración realizada en cada caso. Se debe especificar la tabla de enrutamiento obtenida y los ping realizados como prueba de conectividad para las distintas redes que forman la plataforma. Indicar las áreas configuradas para este protocolo.

### **6.4 Medición Ancho de Banda**

Tabular los datos de ancho de banda medidos y compararlos justificando los valores obtenidos dado el algoritmo de encontrar la mejor ruta utilizado por cada uno de los protocolos de enrutamiento.

### **6.5 Identificación Mejor Ruta**

Identificar la mejor ruta obtenida en cada caso, tabulando los saltos o dispositivos que recorren los paquetes para cada protocolo y comparar estas rutas señalando el protocolo que cumple mejor esta premisa en caso que exista. Se pide comparar los protocolos también de forma general de acuerdo a la información obtenida y su respectiva configuración.

## **7. Bibliografía**

- Guía del Primer Año. Academia de Networking de Cisco Systems 2002.

## 5. CONCLUSIONES

La presente memoria ha permitido diseñar un Laboratorio IPTV considerando su arquitectura, características y funcionamiento. El diseño permite estudiar de forma didáctica los aspectos básicos de esta tecnología y constituye la primera instalación establecida en Chile con fines docentes.

A través del estudio de una plataforma IPTV fue posible determinar que este tipo de sistema posee una estructura y componentes bien definidos para realizar transmisiones de video y audio. Las características más relevantes son: el uso de codificación y compresión; encapsulamiento de datos; transmisión *multicast*; *video streaming* y calidad de servicio.

El diseño de una plataforma de estas características consideró requerimientos de ancho de banda, procesamiento, almacenamiento y calidad de imagen que impone la transmisión de video y audio. Para la transmisión y reproducción son necesarios equipos de altas capacidades reflejadas en sus características de disco duro, memoria, tarjeta de video y velocidad de procesador.

Para realizar el diseño se buscaron alternativas de equipos y *software* disponibles en el mercado para cada una de las etapas del sistema, encontrándose soluciones propietarias y de libre uso. Se analizaron las alternativas y con esta información se seleccionaron las soluciones que cumplieran con los requerimientos técnicos y económicos, posteriormente se propone una plataforma de laboratorio planteando su topología, direccionamiento e instalaciones.

Realizar una implementación permitió la familiarización con los diferentes componentes de un sistema IPTV básico. Se realizaron pruebas con dos soluciones de libre uso como es el caso de la solución de Apple y VideoLan Project. Desde el punto de vista docente se identificaron ventajas y desventajas para cada una de ellas. Sobre la base de lo anterior se determina que la solución ofrecida por Apple se ajusta a las necesidades del Laboratorio. Se propone instalar ambas soluciones para ser usadas con diferentes objetivos de acuerdo a sus capacidades.

Con el objetivo de completar el estudio de una plataforma IPTV se visitó la solución implementada por Telefónica del Sur para entregar televisión digital a través de banda ancha en las regiones novena, décima y decimocuarta del país. Se comparó esta plataforma con el diseño identificando diferencias y similitudes, pero se encontró que de forma general ambas permiten entregar contenidos multimedia a través de la red IP.

La elaboración de prácticas experimentales entrega el carácter docente a esta memoria, donde se estudian los conceptos más relevantes dentro del funcionamiento de una plataforma IPTV. Las actividades diseñadas permiten familiarizarse con las herramientas disponibles en el laboratorio desde el punto de vista teórico y aplicado.

Sobre la base de la formalización del diseño, se propone realizar la implementación concreta del Laboratorio dentro de las instalaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica, utilizando esta memoria como guía para realizar esta implementación.

Para la aplicación de esta plataforma se propone poner a disposición de los alumnos material audiovisual de apoyo a la docencia como puede ser el caso de clases auxiliares y cátedras entre otros que puedan estar disponibles a través de Internet desde cualquier ubicación y en todo momento. Para este tipo de aplicación se debe realizar un proyecto para recolectar el material y políticas de seguridad de los contenidos.

También se propone crear nuevas experiencias prácticas que permitan desarrollar nuevas herramientas. En particular será interesante realizar pruebas de diferentes software y hardware que se encuentren disponibles para realizar *streaming* de video y audio con el objetivo de ampliar las áreas de desarrollo del laboratorio en el futuro, de manera de que los ingenieros reciban un acercamiento en su formación, a las tecnologías más avanzadas en este campo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 Libros

- [1] CISCO SYSTEMS .INC. Guía del Primer Año. Academia de Networking de Cisco Systems. Segunda Edición Versión Español 2002.
- [2] WES SIMPSON. Video over IP: A practical Guide to technology and applications 2006.

### 6.2 Papers y Tesis

- [1] MARTINEZ GARCÍA.CIRO. “Técnicas de codificación de video para la transmisión inalámbrica de televisión paquetizada”. Instituto Politécnico Nacional. CITEDI. México.
- [2] ORELLANA VEGA.PABLO. “Diseño e Implementación de una Plataforma de Servicios IP/TV Económica y con Fines Docentes” Profesor Guía: Alfonso Ehijo B. Año 2007.
- [3] YUZO IANO, and Marcus Pereira Magri. Eighth Internacional. Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services 2007. IEEE Computer Society. “How to architect an IPTV system”.

### 6.3 Documentos

- [1] APPLE COMPUTER. INC. Technology Brief Versión 2 QuickTime 7 2005.
- [2] APPLE COMPUTER.INC. Technology Brief Mac OS X Server: QuickTime *Streaming* 2005.
- [3] APPLE COMPUTER.INC. Administrator’s Guide Darwin Streaming Server 2002.
- [4] AXIS COMMUNICATIONS. White Paper Compresión de Video Digital. Revisión de los Métodos y los Estándares a usar para la Transmisión y el Almacenamiento de Video 2004.
- [5] CASTILLO, LUIS. Introducción a la Telefonía IP. Curso Conmutación Telefónica 2007. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Chile.
- [6] CISCO SYSTEMS. INC. *Internet Protocol (IP) Multicast* . Technology Overview 2000.

- [7] CYRIL DEGUET Y ALEXIS DE LATTRE. Guía de usuario de VLS. 2002-2004 Proyecto VideoLAN.
- [8] DE LATTRE, ALEXIS, Anil Daoud, Benjamín Pracht, Clement Stenac y Jean-Paul Saman. VLC Play Howto. 2002-2006 VideoLAN Project.
- [9] DE LATTRE, ALEXIS, Johan Bilien, Anil Daoud, Clement Stenac, Antoine Cellier y Jean-Paul Saman. VideoLAN *Streaming* Howto. 2002-2005 VideoLAN Project.
- [10] GALLEGO, JOSÉ RAMÓN. QoS en redes de nueva generación. Ingeniería Telemática. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza.
- [11] SANDOVAL, JORGE. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Apuntes Curso “Redes de Computadores EL64E” Otoño 2008.
- [12] MICROSOFT CORPORATION. Windows Media Services. Windows Media. Año 2007.
- [13] MICROSOFT CORPORATION. Windows Media Encoder. Años 2000-2002.
- [14] ORELLANA VEGA PABLO. Desarrollo Laboratorio Genérico para Universidades. HyC TV Américas. Año 2008.
- [15] REALNETWORKS. Technical Information of RealProducer.

#### **6.4 Visitas a Terreno**

- [1] TELEFÓNICA DEL SUR. Head-End Plataforma IPTV. Junio 2008. Valdivia.
- [2] TELEFÓNICA DEL SUR. NOC Plataforma de monitoreo producción y monitoreo de red. Junio 2008. Valdivia.
- [3] TELEFÓNICA DEL SUR. Laboratorio IPTV. Pruebas Proveedores. Junio 2008. Valdivia.

#### **6.5 Páginas Consultadas**

- [1] APPLE <[www.apple.com](http://www.apple.com)> [consulta: 25 abril 2008]
- [2] AXIS COMMUNICATIONS <[www.axis.com/es](http://www.axis.com/es)> [consulta: 26 marzo 2008]
- [3] CAMPUS UNIVERSITARIO DE VIGO. ETSE de Telecomunicación. Laboratorio IDTV <<http://idtv.det.uvigo.es/index-en.html>> [consulta: 25 marzo 2008]



- [4] CANOPUS. Conversor ADVC-110. Características y Especificaciones Técnicas. <[www.canopus.com/products/ADVC110/index.php](http://www.canopus.com/products/ADVC110/index.php)> [consulta: 26 mayo]
- [5] CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍA DIGITAL. Grupo de Procesamiento Digital de Señales. Laboratorio Televisión Digital. < [www.tijbc.com](http://www.tijbc.com)> [consulta: 25 marzo 2008]
- [6] EURORESIDENTES. Convertidor de Dólares a Euros. <[www.euroresidentes.com/finanzas/convertidor\\_de\\_dolares\\_a\\_euros.htm](http://www.euroresidentes.com/finanzas/convertidor_de_dolares_a_euros.htm)> [consulta: 9 junio 2008]
- [7] HYC TV. Consultora especializada en IPTV <[www.hyctv.com](http://www.hyctv.com)> [consulta: 01 abril 2008]
- [8] IQ INEOQUEST SOLUTIONS FOR IP VIDEO QUALITY <<http://www.ineoquest.com>> [consulta: 15 abril 2008]
- [9] MINERVA NETWORKS <<http://www.minervanetworks.com>> [consulta: 27 marzo 2008]
- [10] REALNETWORKS <[www.realnetworks.com/products](http://www.realnetworks.com/products)> [consulta: 22 abril 2008]
- [11] SYD INGENIERÍA. Distribuidor autorizado Conversor PYRO AV/LINK. <[www.syd.cl/perifericos/conversores/pyro\\_avlink\\_convertor\\_de\\_video\\_analogo\\_a\\_digital\\_y\\_digital\\_a\\_analogo\\_535.html](http://www.syd.cl/perifericos/conversores/pyro_avlink_convertor_de_video_analogo_a_digital_y_digital_a_analogo_535.html)> [consulta: 26 mayo 2008]
- [12] TSREADER. *Software* y especificaciones. <<http://www.coolstf.com/tsreader>> [consulta: 5 mayo 2008]
- [13] UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. Laboratorio de Televisión LTVI < <http://www.etc.upm.es/ltv94.htm>> [consulta: 26 marzo 2008]
- [14] UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicación. Grupo de Tratamiento de Imágenes. Laboratorio de Televisión Digital LTVD. < <http://www.gti.ssr.upm.es/~ltvd/>> [consulta: 26 marzo 2008]
- [15] UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Grupo de Redes de Computadores. Transmisión de Datos Multimedia. Magíster en Ingeniería de Computadores. Documentos Docencia. < <http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/>> [consulta: 26 mayo 2008]
- [16] VIDEOLAN PROJECT <<http://www.videolan.org/>> [consulta: 21 abril 2008]

## 7. ANEXOS

### 7.1 Apéndice A

#### 7.1.1 Modelo OSI

El modelo de referencia OSI se encuentra compuesto por siete capas numeradas del 1 al 7, donde cada una ilustra una función de red específica. Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y fáciles de manejar.

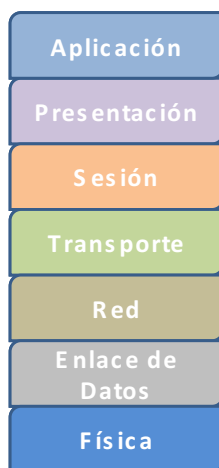


Figura 41: Capas Modelo OSI

##### **Capa 7: Capa de Aplicación**

Esta capa es la más cercana al usuario. Proporciona servicios de red, como acceso e impresión de los archivos para las aplicaciones del usuario. Difiere de otras capas en que no proporciona servicio a ninguna otra capa del modelo, sino sólo a las aplicaciones externas al modelo. También sincroniza y establece un acuerdo con los procedimientos para la recuperación de errores e integridad en el control de datos.

##### **Capa 6: Capa de Presentación**

Esta capa se encarga de la sintaxis de las unidades de datos que se intercambian los usuarios finales.

##### **Capa 5: Capa de Sesión**

La existencia de una sesión o “conversación” entre los usuarios implica el establecimiento y después desconexión de ella. Esta tarea la realiza la capa de sesión y también administra esta conversación.

##### **Capa 4: Capa de Transporte**

Esta capa asegura el intercambio confiable y secuencial de datos entre los usuarios finales. Para esto utiliza los servicios de capa de red. Modo de operación no orientado a conexión, paquetes llegan en desorden. La capa de transporte debe darles una secuencia apropiada al entregarlos a las capas superiores.

### Capa 3: Capa de Red

Dirige los datos desde el nodo fuente hasta el nodo destino a través de la red. También realiza funciones de control de flujo y congestión para evitar que los recursos de red, como enlaces de transmisión y *buffers* de almacenamiento temporal, se saturen y provoquen bloqueos.

### Capa 2 y 1: Capa de Enlace de Datos y Capa Física

Proveen enlace de comunicación libre de errores entre nodos de una red. Específicamente, la capa física asegura que un bit que entra al medio físico llegue a su destino. Usando este servicio de transmisión de bits de bajo nivel que pretende que el protocolo de enlace de datos asegure que los bloques de datos se transfieran en forma confiable y sin errores a través de un enlace.

#### 7.1.2 Modelo TCP/IP

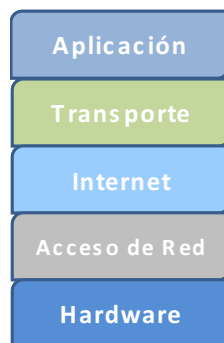


Figura 42: Capas Modelo TCP/IP

**Capa de Aplicación:** Esta capa maneja protocolos de alto nivel, aspectos de representación, codificación y control de diálogo. El modelo TCP/IP combina todos los aspectos relacionados con las aplicaciones en una sola capa y asegura que estos datos estén correctamente empaquetados antes de que pasen a la capa siguiente.

**Capa de Transporte:** Esta capa proporciona servicios de transporte desde el *host* origen hasta el *host* destino. Esta capa forma una conexión lógica entre los puntos finales de la red. Los protocolos de transporte segmentan y re ensamblan los datos mandados por las capas superiores en el mismo flujo de datos o conexión lógica.

**Capa de Internet:** El propósito de la capa de *Internet* es seleccionar la mejor ruta para enviar paquetes por la red. El protocolo principal que funciona en esta capa es el *Internet Protocol* (IP). La determinación de la mejor ruta y la conmutación de paquetes ocurren en esta capa.

**Capa de Acceso de Red:** Esta capa también se denomina capa de *host* de red. La capa de acceso de red es la capa que maneja todos los aspectos que un paquete IP requiere para efectuar un enlace físico real con los media de la red. Esta capa incluye los detalles de la tecnología LAN y WAN.

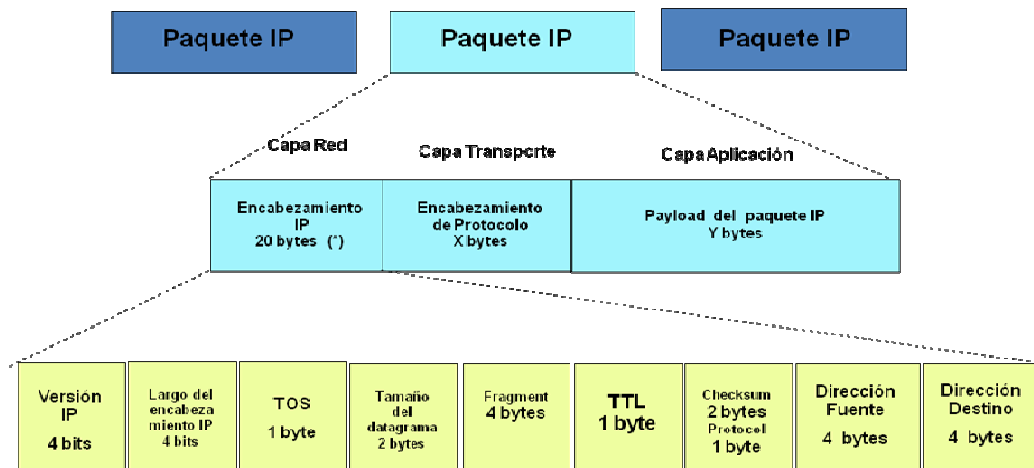
**Capa de Hardware:** Esta capa define conectores y especifica interfaces. También regula la transmisión sobre un medio determinado.

### 7.1.1 Datagrama IP

Un datagrama IP contiene una cabecera y datos IP, y está rodeado por la cabecera y la información final de la capa del Control de Acceso al Medio (MAC). Un segmento se puede transmitir como una serie de datagramas que se re ensamblan para dar lugar de nuevo al segmento en la ubicación receptora. Los campos de este datagrama IP son los siguientes:

**Tabla 17: Campos Datagrama IP**

Campos Datagrama	Descripción
VERS	Número de Versión
Longitud de Cabecera	Longitud de Cabecera, en palabras de 32 bits
Tipo de Servicio	Cómo se debería manipular el datagrama
Longitud Total	Longitud Total (cabecera+datos)
Identificación, Flags, compensación de fragmentos	Proporciona fragmentación de datagramas
TTL	Tiempo de Existencia
Protocolo	Protocolo de capa superior que envía y recibe el datagrama
Suma de comprobación de la cabecera	Revisión de la integridad de la cabecera
Dirección IP de origen y de destino	Direcciones IP de 32 bits
Opciones IP	Prueba, filtrado, seguridad y otras opciones de red



**Figura 43: Estructura Datagrama IP**

### 7.1.2 TCP

Se presenta el formato del segmento TCP indicando la definición de los campos principales del segmento.

0	10	20	31
Puerto TCP origen		Puerto TCP destino	
Número de secuencia			
(ACK) Número de acuse de recibo			
HLEN	Reservado	Bits código	Ventana
Suma de verificación		Puntero de urgencia	
Opciones (si las hay)			Relleno
Datos			
...			

**Figura 44: Estructura Segmento TCP**

- **Puerto de origen:** Número del puerto que llama. Identifica el proceso de capa superior en el extremo del origen de ese segmento, que puede ser o no el extremo que inició la conexión.
- **Puerto de destino:** Número del puerto al que se llama. Corresponde al puerto asignado al final del destino para este segmento.
- **Número de Secuencia:** Número para asegurar la secuencia correcta en la llegada de los datos.
- **Número de acuse de recibo:** El siguiente octeto TCP que se espera.
- **Longitud de la cabecera (HLEN):** Número de palabras de 32 bits de la cabecera.
- **Reservado:** Establecido en cero
- **Bits de Código:** Funciones de Control
- **Ventana:** Número de octetos que aceptará el dispositivo
- **Suma de Comprobación:** Calculada de los campos de datos y cabecera.
- **Puntero de urgencia:** Indicador para el final de los datos urgentes
- **Opciones:** Tamaño máximo del segmento TCP
- **Datos:** datos del protocolo de capa superior

### 7.1.3 UDP

Se presenta el formato del segmento UDP indicando la definición de los campos principales del segmento.

0	10	20	31
Puerto TCP origen		Puerto TCP destino	
Longitud		Suma de Comprobación	
Datos			

**Figura 45: Estructura Segmento UDP**

- **Puerto de origen:** Número del puerto que llama. Identifica el proceso de capa superior en el extremo del origen de ese segmento, que puede ser o no el extremo que inició la conexión.
- **Puerto de destino:** Número del puerto al que se llama. Corresponde al puerto asignado al final del destino para este segmento.
- **Longitud:** longitud del segmento.
- **Suma de Comprobación:** Calculada de los campos de datos y cabecera.
- **Datos:** datos del protocolo de capa superior

### 7.1.4 RTP

RTP es ampliamente utilizado para transportar flujo de datos correspondientes a audio y video. Este protocolo se encuentra diseñado para aplicaciones que envían datos en una dirección sin señal de reconocimiento o *acknowledgement* (ACK).

El encabezamiento de cada datagrama RTP contiene una marca con la hora llamado *timestamp* que permite que la aplicación reconstruya exactamente el *timing* de la información original. El encabezamiento también contiene un número secuencial que permite al extremo receptor detectar y tomar medidas cuando los datagramas sufren pérdida, duplicación o deterioro.

Cada datagrama RTP encapsula en un datagrama UDP, y éste a su vez se encapsula en un paquete IP. En encabezamiento RTP lleva la información necesaria para el correcto reensamblado y decodificación.

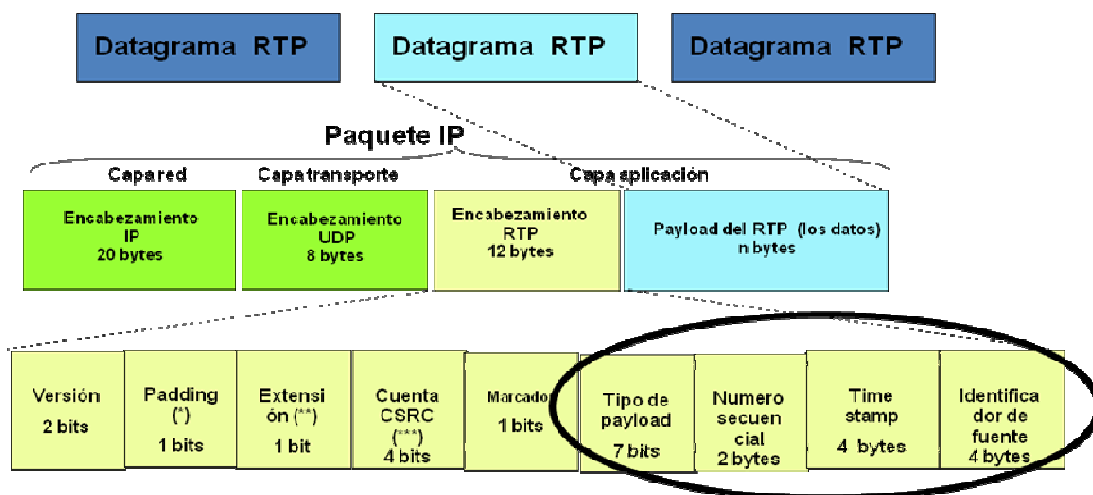


Figura 46: Estructura Datagrama RTP

El encabezamiento UDP indica a los dispositivos de la red que necesitan esta información, es decir que la transferencia del RTP se está realizando mediante protocolo UDP. El encabezado IP contiene la información necesaria para que el paquete viaje correctamente por la red.

### 7.1.5 IGMP Versión 1

IGMP es usado para registrar de forma dinámica *host* individuales en un grupo *multicast* de una red LAN en particular. Los *hosts* identifican los grupos enviando mensajes IGMP al *router multicast local*. Bajo IGMP, los *routers* escuchan los mensajes IGMP y periódicamente envían pregunta para descubrir cuales grupos están activos o inactivos en una subred en particular.

El RFC 1112 define la especificación de IGMP Versión 1. El diagrama del formato del paquete se muestra a continuación.

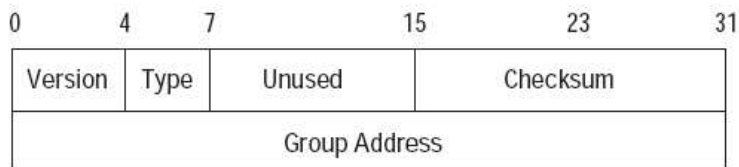


Figura 47: Formato Paquete IGMP versión 1

Los *hosts* envían mensajes IGMP *Membership Reports* correspondientes a un grupo *multicast* particular para indicar que están interesados en unirse a este grupo. El *router* envía periódicamente mensajes IGMP *Membership Query* para verificar si al menos uno de los *host* en la subred sigue interesado en recibir tráfico directo desde el grupo. Cuando no hay respuesta a tres mensajes IGMP *Membership Queries* consecutivos el *router* desactivará al grupo y detendrá el tráfico directo al grupo.

### 7.1.6 IGMP Versión 2

El RFC 2236 define la especificación de IGMP Versión 2. El diagrama del formato del paquete se muestra a continuación:

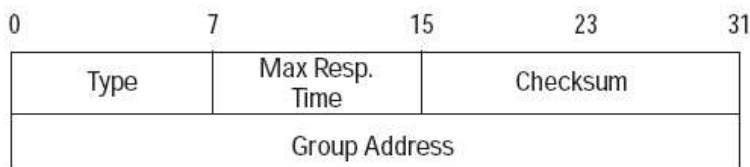


Figura 48: Formato Paquete IGMP versión 2

IGMP Versión 2 trabaja básicamente de la misma forma que la versión 1. La diferencia principal es la existencia de los mensajes *Leave Group*. Los *hosts* ahora pueden activamente comunicar su intención de dejar el grupo al *router multicast local*.

El *router* envía preguntas a un grupo específico y determina si hay *hosts* interesados e recibir el tráfico. Si no hay respuestas, el *router* desactiva al grupo y detiene el envío de tráfico. Esto permite reducir la latencia comparado con IGMP versión 1 dado que el tráfico innecesario puede ser detenido mucho antes.

## 7.2 Apéndice B

### 7.2.1 *Elementary Streams (ES)*

Corresponde al *stream* de salida desde los codificadores MPEG de audio y video, y son la entrada estándar para los decodificadores MPEG. Estos *streams* contiene sólo un tipo de contenido, por lo tanto son necesario al menos dos *streams* elementales para producir una salida que tenga imagen y sonido. Este tipo de *stream* contiene el contenido básico que los otros tipos de MPEG *stream* necesitan para su construcción.

### 7.2.2 *Packetized Elementary Streams (PES)*

Corresponden a la versión fácil de manejar de los *streams* elementales y contienen información de tiempos que permite a los *streams* de video y audio ser sincronizados. Este tipo de *stream* se utiliza normalmente para crear *program* y *transport streams*, pero también pueden ser usados directamente en aplicaciones tales como grabadores de video digital.

### 7.2.3 *Program Streams (PS)*

Este tipo de *stream* combina varios tipos de *packetized elementary streams* como video, audio y posiblemente datos para soportar tareas de producción y grabación, y son utilizados en DVDs. Todas las unidades de un *program stream* deben estar basadas en un reloj común tal que la sincronización se mantenga entre las señales de video y audio.

### 7.2.4 *Transport Streams (TS)*

Corresponde a otra forma de combinar varios *packetized elementary streams* en una sola entidad que puede ser transportada a través de una red. Este tipo de *stream* posee un largo fijo y transportan información de tiempos que es necesaria para las señales en tiempo real. Los *streams* de transporte pueden transportar *packetized elementary streams* que fueron creados con diferentes tiempos de fuente, por lo tanto pueden ser utilizados por aplicaciones con múltiples fuentes de contenido como video sobre DSL y video sobre IP.

El *Transport Stream (TS)* soluciona los problemas críticos presentes en los trenes de programa con respecto a la pérdida de un paquete, puesto que se limita la longitud de estos a 188 bytes. Por ello, su uso está más orientado a la difusión por *broadcast*. Un *Transport Stream* dispone de mecanismos de detección de errores, pese a que hace falta añadir todavía métodos de corrección de dichos errores. Además, el *Transport Stream* permite multiplexar varios programas dentro de un mismo flujo binario de datos.

Se denomina programa, dentro de una trama de transporte, a una agrupación lógica de tramas elementales. La manera más sencilla de comprender este concepto es pensando en un canal de televisión, en el cual tenemos tramas de video, audio, datos, etc. Todas esas tramas conforman el programa. En cualquier caso, es conveniente advertir de que no todas las tramas del programa se presentan al mismo tiempo en pantalla (o por los altavoces del

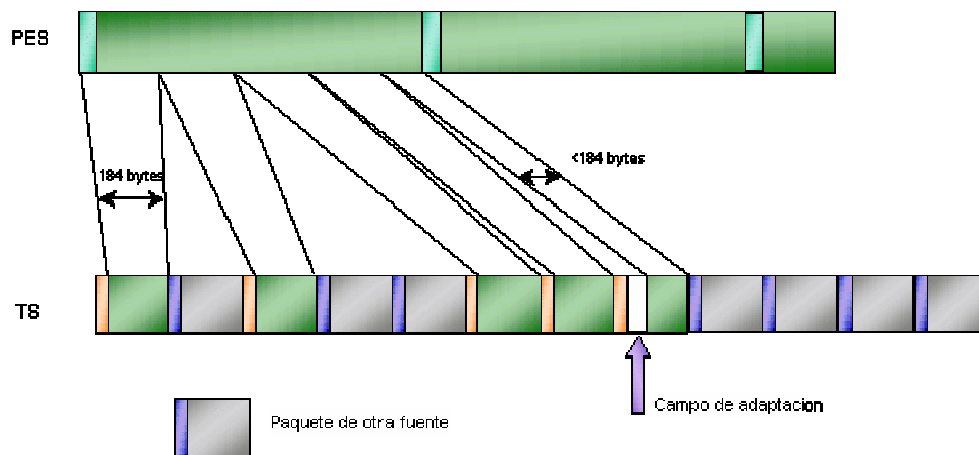


televisor). Continuando con el ejemplo anterior, un programa de televisión podría tener varias tramas de video asociadas, pero en un momento dado podríamos estar presentando sólo una de ellas por pantalla.

Al igual que ocurre en cualquier protocolo que divida su complejidad en capas, los paquetes de transporte están formados por una cabecera seguida de una carga o información útil.

Los paquetes PES son divididos entre los *payloads* de los paquetes de transporte (Figura 10). El proceso de división de paquetes tiene que seguir dos premisas. Una es que el primer byte de cada paquete PES tiene que ser el primero del *payload* del paquete de transporte. La segunda premisa es que cada paquete de transporte sólo puede traer información de un PES.

Es bastante probable que no haya un número entero de paquetes de transporte para traer todo el PES, con lo cual, nos quedan paquetes sin acabar de llenar. Para que se cumplan las premisas anteriores, existe un campo de adaptación que permite acabar de llenar el paquete. Son los denominados bits de relleno. Su uso se puede minimizar, utilizando longitudes de paquetes PES grandes, puesto que así aseguramos que una gran parte de los paquetes de transporte estén completamente llenos.



**Figura 49: Generación de los paquetes TS a partir de los paquetes PES**

Los paquetes que resulten de este proceso forman el *Transport Stream*. No se especifica el orden en qué los paquetes de transporte llegan al multiplexor. Lo único que sí que se especifica es que los paquetes de un mismo PES han de enviarse secuencialmente.

Hay que volver a insistir en el hecho de que no todos los paquetes de transporte contienen paquetes PES. Por poner un par de ejemplos, la información de programa (PSI) o las aplicaciones interactivas son transmitidas en secciones MPEG-2 que posteriormente se encapsulan en paquetes de transporte. Más adelante entraremos en detalles sobre las anteriores cuestiones.

## 7.3 Apéndice C

### 7.3.1 Direcciones *Multicast*

#### Capa 2

Las *Network Interface Cards* (NICs) en un segmento LAN sólo reciben paquetes destinados a su dirección MAC o una dirección MAC *broadcast*. En el estándar IEEE 802.3, se utiliza el bit 0 del primer octeto para indicar si se trata de un *frame broadcast* o *multicast*.

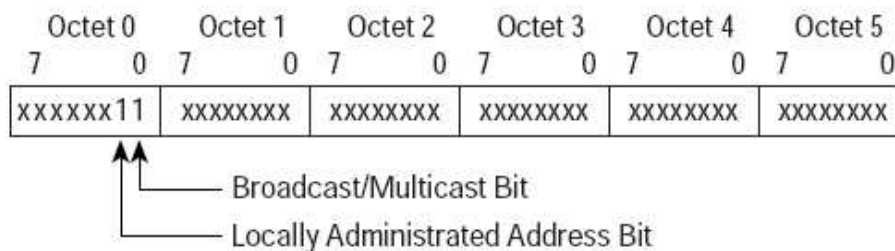


Figura 50: Formato Dirección MAC IEEE 802.3

Este bit indica si la trama o *frame* está destinada para un grupo arbitrario de *host* o para todos los *hosts* de la red. IP *Multicast* hace uso de la capacidad de transmitir paquetes IP a un grupo de *host* en un segmento de LAN.

#### Capa 3

La IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) controla la asignación de las direcciones IP *Multicast*. La IANA ha asignado el uso de las direcciones IP de la clase D, es decir direcciones en el segmento 224.0.0.0 al 239.255.255.255.

Se reservó el segmento 224.0.0.0 al 224.0.0.255 para ser usado en el segmento local, es decir los que se transmiten con TTL=1. Como por ejemplo:

- 224.0.0.1 All systems on this subnet
- 224.0.0.2 All routers on this subnet
- 224.0.0.5 OSPF routers
- 224.0.0.6 OSPF designated routers
- 224.0.0.12 DHCP server/relay agent

El segmento 224.0.1.0 al 238.255.255.255 es utilizable para transmitir a través de organizaciones o de *Internet*.

### 7.3.2 *Multicast Forwarding*

En el enrutamiento *unicast*, el tráfico es enrutado por la red a través de un solo camino desde la fuente al destino. Un *router unicast* no se preocupa por la dirección del *host* fuente, sólo se preocupa de la dirección de destino y como transmitir el tráfico hasta el destino. El *router* examina la tabla de enrutamiento y luego transmite una sola copia del paquete *unicast* hacia la interfaz correcta en dirección al destino.

En enrutamiento *Multicast*, la fuente envía tráfico a un grupo arbitrario de *hosts* que están representados por una dirección de grupo *multicast*. El *router multicast* debe determinar cuál es la dirección hacia la fuente y cuál es la dirección o direcciones hacia los destinos. En el caso que existan múltiples caminos el *router* replicará el paquete y lo reenviará por el camino apropiado pero no necesariamente por todos los caminos. El concepto de reenvío de tráfico *multicast* lejos de la fuente es llamado *Reverse Path Forwarding* (RPF).

## 7.4 Apéndice D

### 7.4.1 Conceptos *Streaming*

El *video streaming* es un término genérico que abarca un par de tecnologías, las cuales son las siguientes:

#### 7.4.1.1 *True Streaming*

La señal de video llega en tiempo real y es desplegada al usuario inmediatamente, se asemeja a los orígenes de la televisión y a la forma en que funcionan actualmente las transmisiones de televisión.

En estos sistemas el video es desplegado en el momento alcanza la televisión del usuario, no hay forma de almacenar la señal de video. Dentro de las ventajas que poseen este tipo de sistemas se encuentra la habilidad de mostrar contenido en vivo y ayuda a que el dispositivo de visualización sea más económico dado que el almacenamiento de la imagen no es necesario.

Para que este tipo de *streaming* funcione de manera apropiada, el contenido de video necesita llegar al *display* al momento de ser necesitado. Esto no es tan simple como el caso del sonido porque existen varios factores que pueden afectar el tiempo de entrega del paquete de video. Los servidores corren *software* especializados que son utilizados APRA enviar el video a una velocidad constante sobre la red.

#### 7.4.1.2 *Download and Play*

El archivo que contiene video y audio comprimidos es bajado en el dispositivo del usuario antes que la reproducción comience, dentro del dispositivo el video es decodificado y desplegado al usuario. Esta tecnología es muy similar al proceso que se utiliza en *Websites*, donde el *browser* del usuario realiza constantes peticiones desde la página *web* a un servidor. Incluso esta tecnología utiliza los mismos protocolos HTTP y FTP sobre el protocolo TCP.

Una gran ventaja de esta tecnología es que puede trabajar sobre cualquier velocidad de conexión. Esto se debe a que no existen requerimientos para los paquetes lleguen en un tiempo específico, dado que todo el contenido es enviado antes que la reproducción comience.

### 7.4.1.3 *Progressive download and Play*

Corresponde a un híbrido entre los dos casos anteriores que trata de capturar las ventajas de ambos. El programa de video es dividido en pequeños archivos donde cada uno es guardado por el dispositivo del usuario mientras el video es desplegado. Esta tecnología evoluciona desde un básico *download and play* donde el servidor y el *software* reproductor se vuelven más sofisticados.

## 7.4.2 Arquitectura *Streaming*

### 7.4.2.1 Preparación del Contenido

El contenido de video e imágenes en vivo generados por una cámara no es compatible con las aplicaciones *streaming*. Normalmente, el contenido necesita ser procesado para ser transmitido en este sistema. El procesamiento puede incluir conversión de formato, compresión de video, marcado y publicación. La captura y preparación del contenido para ser reproducido puede ser un simple o altamente complejo proceso dependiendo de las necesidades del usuario.

**Tabla 18: Funciones de Preparación del Contenido**

Funciones	Descripción
Captura	Proceso de reunión de contenido de video y selección de formato común.
Edición	Proceso de organizar el contenido en la forma en que los usuarios lo verán, completado con sincronización de audio, música, texto y otros efectos visuales y de audio.
Compresión	Proceso de convertir los <i>streams</i> de video y audio en formatos hacia los usuarios. Se encuentran diferentes tasas de <i>streams</i> , resolución de video o tipos de reproductores que son soportadas.
Labeling y Indexing	Proceso que hace el contenido accesible a los usuarios, provee descripción del contenido.
Publicación	Proceso de transferencia del contenido desde el servidor de <i>streaming</i> y crear páginas <i>web</i> y otros materiales asociados a los <i>streams</i> .

El contenido puede provenir de una variedad de diferentes fuentes: cámaras de video, cintas y DVDs pregrabados y otros. En los sistemas de edición, todo el contenido es convertido en un formato común antes que el procesamiento tome lugar. Cuando el video es recibido en un formato de compresión debe ser descomprimido con el mismo formato común.

Cuando el video viene en un formato analógico como por ejemplo de una cámara, un dispositivo de captura de video se utiliza para convertir el video en el formato digital correcto. Este dispositivo puede ser un equipo o una tarjeta inserta en un computador.

### 7.4.2.2 Servidor *Streaming*

El servidor *streaming* es el responsable por la distribución de *streams* de medios a los usuarios. Este dispositivo toma el contenido multimedia que ha sido almacenado internamente y crea *streams* por cada requerimiento de los usuarios. Estos *streams* pueden ser del tipo *unicast* o *multicast*, y pueden ser controlados por una variedad de mecanismos.

El almacenamiento es una de las funciones principales de un servidor *streaming*. Cuando el contenido está preparado, normalmente el contenido se encuentra almacenado a diferentes tasas de compresión para que los usuarios con diferentes velocidades de conexión puedan seleccionar la tasa de video que requieren. Esta situación puede volverse complicada por el hecho que un servidor puede soportar varios tipos diferentes de reproductores. Por ejemplo, si el contenido ha sido creado con RealPlayer no puede ser reproducido usando Windows Media Placer. Esto produjo que los proveedores de contenido con compatibilidad de dos o tres de los reproductores más populares.

Por lo tanto, un servidor *streaming* debe tener múltiples copias diferentes de cada contenido. Por ejemplo para manejar tres velocidades de conexión diferentes y tres formatos de reproductores diferentes, se deben almacenar en el servidor en total nueve archivos de video diferentes.

### 7.4.2.3 Red IP *Streaming*

Sería ideal que cualquier red IP pudiera ser utilizada para *streaming*, pero realmente los sistemas *streaming* pueden funcionar mejor si algunas de las variables fundamentales de funcionamiento se encuentran controladas.

A continuación se muestra una lista con algunas de los parámetros de red que pueden afectar el funcionamiento de este sistema:

**Tabla 19 : Parámetros de Red**

Parámetros Red IP	Descripción
Packet Loss Ratio	Si muchos paquetes se pierden, entonces el funcionamiento se verá afectado. Los Packet Loss Ratios deben mantenerse bajo un paquete perdido entre 100 si es posible.
Packet Delay Variation	Debido a que <i>streaming</i> es una actividad en tiempo real, si un paquete llega demasiado tarde, éste no puede ser utilizado en la reproducción. También, si los paquetes llegan antes es necesario almacenarlos lo cual produce un <i>overload</i> en el <i>buffer</i> y puede causar errores. Idealmente, la variación debe mantenerse bajo los 50 ms.
End-to-End Delay	Este parámetro es relevante en el caso que el enlace se utilice para una conversación de ida y regreso. En este caso el <i>delay</i> de <i>one way</i> debe mantenerse bajo los 40 ms.

### 7.4.2.4 Reproductor

El *software* reproductor es responsable de aceptar el stream entrante y convertirlo en una imagen que pueda ser mostrada en el *display* del espectador. Varias funciones se ejecutan en el *software* para llevar a cabo su función y el funcionamiento del *software* puede determinar con mayor influencia la satisfacción del usuario.

El *software* es responsable por la administración de un *buffer* que recibe los paquetes entrantes. Este *buffer* es necesario para absorber cualquier variación de tiempo de entrada de los paquetes y su reordenamiento. Los *buffer* deben ser dimensionados de forma adecuada para la aplicación debido a que los *underflows* y *overflows* del *buffer* pueden afectar el desempeño del sistema.

Desde que algunos protocolos, tales como RTP, separan las señales de video y audio en dos diferentes *streams*, el *software* es responsable de re sincronizar los *streams* entrantes.

Uno de los trabajos más intensivos del reproductor es descomprimir la señal entrante y crear una imagen a desplegar. La cantidad de procesamiento requerido varía dependiendo del tamaño de la imagen y del método de compresión. Los antiguos sistemas de compresión como MPEG-1, son más fáciles de decodificar que los sistemas nuevos como MPEG-4.

## 7.5 Apéndice E

### 7.5.1 InterServ

IntServ fue introducido por el IETF en la RFC 1633. Sugiere que la arquitectura actual es suficiente para proporcionar calidad de servicio. Este modelo pretende mezclar lo mejor de dos modelos diferentes: redes basadas en datagramas y redes conmutadas.

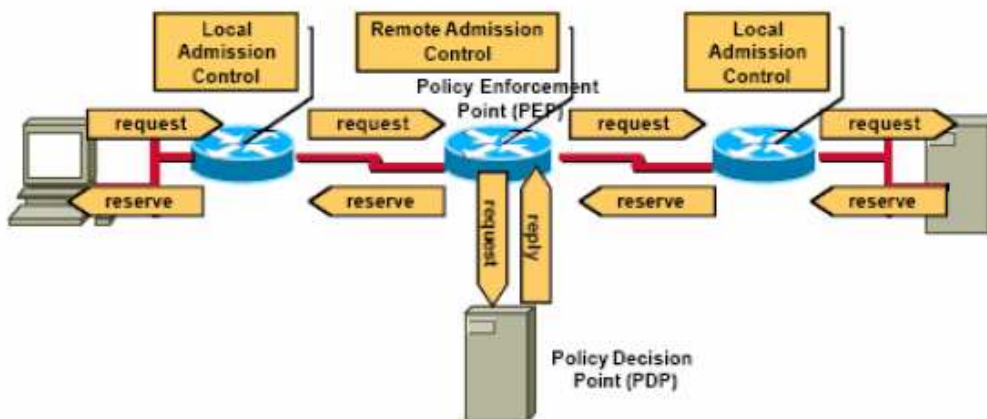


Figura 51: Arquitectura Básica IntServ

Para permitir las funcionalidades del modelo se requiere:

- **Especificación de Flujo:** especificación que flujo que define el tipo del tráfico, los requerimientos del receptor y la calidad de servicio que se va a proporcionar al flujo.
- **Encaminamiento:** La red debe decidir como transportar los paquetes desde la fuente al destino. Por ello se requiere un protocolo de encaminamiento que soporte calidad de servicio.
- **Reserva de Recursos:** Para mantener un flujo con una calidad de servicio se requiere un protocolo de reserva para crear y mantener las reservas de recursos, como es el caso del ancho de banda o el número de *buffers*.
- **Control de Admisión:** un algoritmo de control de admisión para mantener la carga de la red a un determinado nivel.

## 7.5.2 DiffServ

Este modelo se caracteriza por clasificar los paquetes en categorías según el tipo de servicio solicitado en lugar de distinguir flujos individuales y los *routers* tratan cada paquete según su categoría que viene marcada en la cabecera del paquete.

El control de admisión y de política sólo se ha de efectuar en los *routers* de entrada a la red del proveedor y en los que atraviesan fronteras entre los diferentes proveedores. La información se puede resumir fácilmente ya que todos los flujos quedan clasificados en alguna de las categorías existentes. La información de QoS no se encuentra en los *routers* sino que viaja en los datagramas.

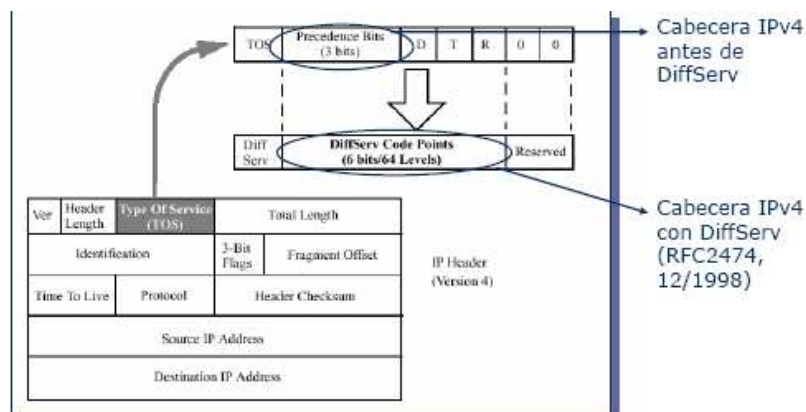


Figura 52: Marcado de Paquetes

## 7.6 Apéndice F

### 7.6.1 SDTV (Estándar Definition Television)

SDTV se utiliza para denominar las señales analógicas de 480 líneas (NTSC) o 575 (PAL y SECAM) que corresponden a los estándares utilizados los últimos años. Su relación de aspecto es de 4:3.

Por otro lado SDTV se usa también para referirse a señales de televisión, analógicas o digitales que tienen una calidad equivalente a la SDTV analógica. En este caso VCD o VHS corresponden a calidades parecidas a la televisión analógica. La relación también es de 4:3 pero puede ser también de 16:9.

Las prestaciones iniciales de SDTV son de 480 líneas horizontales con una resolución temporal de 50 imágenes entrelazadas por segundo. Estas prestaciones se consideraron adecuadas debido a las medidas que poseían los primeros televisores, por lo cual sus limitaciones se hacen evidentes en los nuevos aparatos de televisión.

### 7.6.2 EDTV (*Enhanced Definition Television*)

EDTV incorpora la eliminación del entrelazado en la exploración de la imagen mejorando claramente la calidad de la imagen, eliminando *aliasing* espacial y temporal que poseen los sistemas SDTV. Sus principales características son: resolución de 480 o 575 líneas, relación de aspecto de 4:3 o 16:9 y 24 o 25 imágenes por segundo. La EDTV es adecuada para pantallas de medida inferior a 20 o 25 pulgadas de diagonal. En esta categoría se encuentra el formato DVD.

### 7.6.3 HDTV (**High Definition Television**)

La pantalla HDTV posee una proporción de aspecto 16:9. La alta resolución de las imágenes de 1920 píxeles x 1080 líneas o 1280 píxeles x 720 líneas permite mostrar más detalle en comparación con la televisión analógica o SDTV. HDTV tiene el doble de resolución que SDTV.

El códec utilizado para la compresión puede ser MPEG-2, H.264 o VC-1 que corresponde al estándar que implementó WM9. Las imágenes HDTV pueden ser hasta 5 veces más definidas que las de televisión convencional.

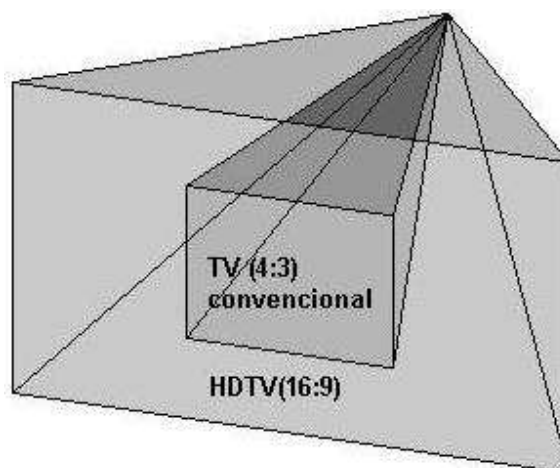


Figura 53: Comparación HDTV y SDTV



## 7.7 Apéndice G

### 7.7.1 Características Técnicas RealNetworks

#### 7.7.1.1 RealProducer

Es un dispositivo que toma el contenido de video y audio convirtiéndolo en formatos RealAudio y RealVideo para almacenar el contenido y reproducirlo a los usuarios. Estos formatos soportan encriptación por lo cual los archivos pueden ser protegidos cuando son almacenados y mientras son transportados sobre la red.

**Tabla 20 : Requerimientos RealProducer**

	WINDOWS	LINUX
Sistema Operativo	Windows 2000 o XP	Linux 2.4 con Glibc 2.1 o superior, Linux 2.6
Procesador	500 MHz Pentium-Class CPU	500 MHz Pentium-class CPU
Memoria	128 MB RAM	128 MB RAM
Tarjeta de Video	Compatible con Windows	Compatible con Linux 1
Tarjeta de Audio	Compatible con Windows	Open Sound System (OSS)

#### 7.7.1.2 Helix Server

Es un servidor de *streaming* que posee una variedad de modelos para manejar las funciones de *streaming* tanto para plataformas pequeñas como de gran envergadura. Corresponde a un servidor multiformato que permite entregar una experiencia de alta calidad para dispositivos fijos o inalámbricos.

Este servidor entrega RealAudio, RealVideo, Windows Media, QuickTime, MP3, MPEG-4, 3GPP tanto H.263 y H.264 y más de una infraestructura de medio. Este servidor se caracteriza por:

- Reducir los costos de satisfacer audiencias mayores.
- Proveer flexibilidad para adoptar nuevos formatos en el futuro.
- Permite plataformas en Windows, Linux y Solaris.
- Provee flexibilidad para cambiar la plataforma sin cambiar la infraestructura de *streaming* cada vez.
- Reducción de latencia
- Adaptación de tasa de transferencia
- SNMP v3
- Entrega múltiples formatos desde un solo servidor.
- Múltiples sistemas de operación.
- Autenticación
- Monitoreo

Los servidores Helix se encuentran disponibles en las siguientes plataformas con los siguientes requerimientos.

**Tabla 21: Requerimientos Helix Server**

	PROCESADOR	MEMORIA	DISCO DURO
Linux Rhel 4.0 Kernel 2.6	Intel P4 2.4 GHz	512 MB mínimo 1 GB recomendado	100 MB + Log + Media space
Solaris 8, 9 y 10	Ultra Sparc III 1.5 GHz	512 MB mínimo 1 GB recomendado	100 MB + Log + Media space
Windows 2003	Intel P4 2.4 GHz	512 MB mínimo 1 GB recomendado	100 MB + Log + Media space

### 7.7.1.3 RealPlayer

Reproductor multimedia que permite reproducir los formatos: RealAudio, RealVideo y RealFlash. Soporta los siguientes formatos:

- Formatos RealMedia
- *Streaming*
- Audio MP3, CD, WAV, AAC, Apple Lossless y AIFF
- Video DVD, CD video, MPEG, AVI, Windows Media, QuickTime, archivos SWF y FLV

**Tabla 22: Requerimientos RealPlayer**

Componentes	Requerimientos
Procesador	Intel Pentium II 350 MHz
Memoria	128 MB de RAM
Disco Duro	52 MB
Modem	28,8 Mb/s
Tarjeta de Sonido y Video	Windows 98 SE/ME/NT

Existe una versión de código abierto llamada Helix Player soportado en Linux, Solaris y Symbian, y se trabaja actualmente en versiones para más sistemas operativos.

## 7.7.2 Características Técnicas Windows Media

### 7.7.2.1 Windows Media Encoder

Este *encoder* permite convertir y optimizar pistas de audio y archivos de video en archivos ASF o AVI usando sistemas de compresión optimizados que el propio programa seleccionará al especificarse la velocidad con la que se desea se descargue. Incluye un interfaz de usuario para hacer funcionar los archivos creados, solucionar problemas o administrar archivos desde un ordenador remoto. Puede instalarse en sistemas operativos Windows XP, 2000, ME y 98.

### 7.7.2.2 Windows Media Services

Es un servidor de *streaming* de Microsoft que permite a los administradores generar *streaming* de video y audio. Sólo soporta los formatos Windows Media, JPEG y MP3.

WMS puede manejar un gran número de conexiones simultáneas lo cual lo hace ideal para los proveedores de servicios. Los flujos pueden ser también distribuidos entre servidores como parte de la distribución a través de la red, donde cada servidor entrega el contenido a diferentes audiencias.

Soporta flujos *unicast* y *multicast*. WMS posee la habilidad de guardar en cache y grabar *streams*, posee autenticación, impone número de conexiones límite, restringe acceso, utiliza múltiples protocolos, genera estadísticas de uso y aplica FEC (*Forward Error Correction*).

Típicamente se utiliza Windows Media Player para reproducir y decodificar los *streams*, pero existen otros reproductores que permiten reproducir contenido Windows Media, como por ejemplo VLC y MPlayer. Dentro de las nuevas características que incluye WMS se encuentra que soporta IPTV, entrega de contenidos a través de *Wireless* y otras características adicionales. La instalación predeterminada de WMS instala el siguiente *software*:

- *Windows Media Services service*: permite enviar los *streams* de contenido digital a los usuarios sobre una red privada o *Internet*.
- *Windows Media Services snap-in*: permite administrar y configurar WMS usando *Microsoft Management Console* (MMC).

De forma opcional se pueden instalar los siguientes componentes:

- *Windows Media Services Administrador for the Web*: provee soporte a WMS.
- *Multicast and advertisement logging agent*: permite grabar estadísticas de los usuarios conectados al servidor.

**Tabla 23: Requerimientos Windows Media Services**

COMPONENTE	REQUERIMIENTOS	RECOMENDACIÓN
Procesador	233 MHz	550 MHz o superior
Memoria	256 MB de RAM	1 GB de RAM o superior
Espacio Libre en Disco	21 MB (6MB para archivo de sistema y 15 MB de instalación) y espacio adecuado para guardar contenido	21 MB (6MB APRA archivos del sistema y 15 MB de instalación) y 500 MB para guardar contenido.

## 7.7.3 Características Técnicas QuickTime

### 7.7.3.1 QuickTime Streaming Server

Mediante el estándar abierto RTP/RTSP, el QuickTime Streaming Server permite ofrecer contenido pregrabado o en directo por *Internet*. Este servidor permite que a través de la tecnología *Instant-On* el contenido empiece a reproducirse tan pronto como se pulsa el enlace, no es necesario que el archivo se descargue.

QuickTime es compatible con los estándares multimedia más recientes, entre ellos H.264, MPEG-4 y 3GPP de forma nativa, para que el contenido pueda ser reproducido en cualquier reproductor multimedia estándar para Mac o Windows, también es compatible con numerosos dispositivos compatibles móviles y decodificadores digitales.

- Capacidad para servir 1000 flujos o streams simultáneos de audio y video hacia conexiones con velocidades tipo MODEM.
- Modelo de licencia sencillo, sin ningún tipo de licencia por *stream*.
- Soporte de los protocolos de *streaming* estándar RTP y RTSP.
- Herramienta de gestión que permite la plena administración del servidor y una completa generación de informes sobre rendimiento y eficiencia.
- Soporta transporte *Multicast* y *Unicast*.
- Posee plataforma *Open source* denominado Darwin Streaming Server con la misma tecnología del QuickTime Streaming Server.

### Requerimientos

- Mac OS X Server V10.5 o posterior.
- Servidor Mac o equipo con procesador Intel, PowerPC G5 o PowerPC G4 de 867 MHz o superior.
- Memoria RAM física de 1 GB.
- Disco duro de 20 GB.

Este servidor es un *software* comercial pero existe una versión del mismo *software* para libre uso llamado Darwin Streaming Server.

### 7.7.3.2 QuickTime Player

Tanto QuickTime Player como Encoder soportan los siguientes estándares: H.261, H.263, MPEG-4, H.264, TIFF, DV, Alaw, SMPTE 258M, AAC, Unicode Text, CCIR 601, MPEG-1, RTP, SMIL, AMR, PNG, MIDI, MPEG-2, 3GPP, 3GPP2, GIF, QCELP, IEEE 1394, XML, JPEG2000, JPEG, IMA, MPE3, IIDC, RTSP, uLaw, Java, SDV, SDP y 3G Timed Text.

## 7.8 Apéndice H

### 7.8.1 Instalación Active Perl

Para partir la instalación es necesario descargar el *software* en el equipo donde se desea instalar el servidor. Se descarga el *software* en el directorio del C:\ para poder tener acceso directo a los programas de instalación.

Antes de poder comenzar la instalación del servidor Darwin es necesario instalar una herramienta adicional dado que el servidor se encuentra soportado para un sistema operativa Windows 2003 server. Por lo cual es necesario descargar un *software* llamado Perl que corresponde a un lenguaje de scripts tipo BCPL.

El sistema operativo Windows XP no dispone de soporte para lenguaje Perl de forma nativa, por lo tanto es necesario realizar la instalación de ActivePerl que corresponde a una implementación de Perl que se encuentra disponible para Windows XP de forma gratuita en *Internet* , se debe instalar una versión 5.8.0 o posterior.

Para instalar el programa ActivePerl 5.8.8 es necesario ejecutar el archivo “Instaler.bat” donde se despliega un cuadro para seguir con la instalación.

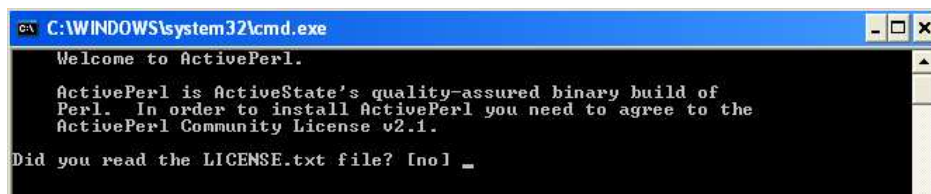


Figura 54: Cuadro Instalación ActivePerl

Como se observa en el cuadro se pregunta si se ha leído el archivo de licencia donde se debe escribir “yes” en el cursor para poder continuar con la instalación.

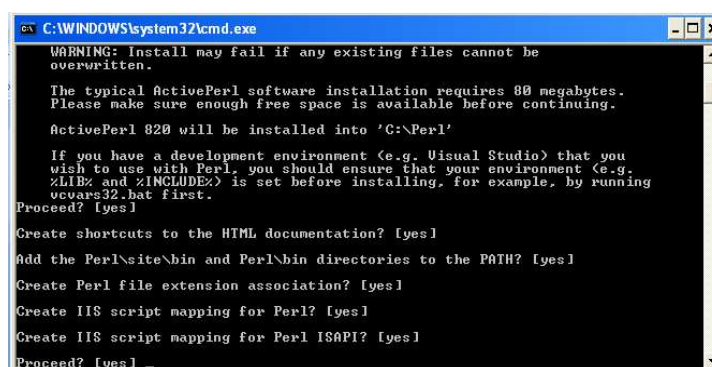


Figura 55: Cuadro Instalación con Selección de Opciones

Se deben aceptar todas las opciones que la instalación pide configurar antes de proceder con la instalación propiamente tal. Luego se procede y se termina la operación con ejecutar “enter” para que se cierre el cuadro y termine la instalación. Para poder asegurar la correcta instalación del servidor es esencial reiniciar el equipo antes de instalar el servidor.

## 7.8.2 Instalación Darwin Streaming Server

Para la instalación del servidor Darwin se debe ejecutar el archivo “Install.bat” que se encuentra dentro de la carpeta de instalación del servidor que se ubicó en la carpeta del disco duro. A continuación se despliega un cuadro de instalación que ejecuta diversas funciones terminando con la petición de un nombre de usuario.

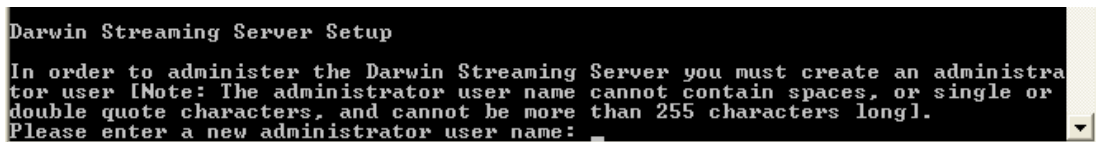


Figura 56: Solicitud de Nombre de Usuario

Luego se solicita un *password* asociado a este usuario y posteriormente se pide repetir dicha clave de acceso del administrador como confirmación.

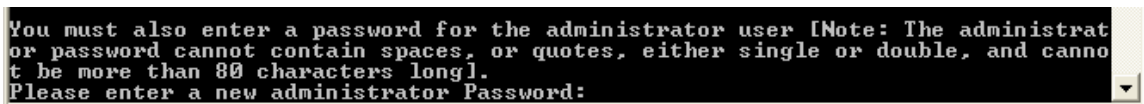


Figura 57: Solicitud de Clave de Acceso Administrador

Al terminar de ingresar la información del administrador se despliega un cuadro que debe permanecer abierto para que el servidor se ejecute, permita su configuración y transmita contenidos.

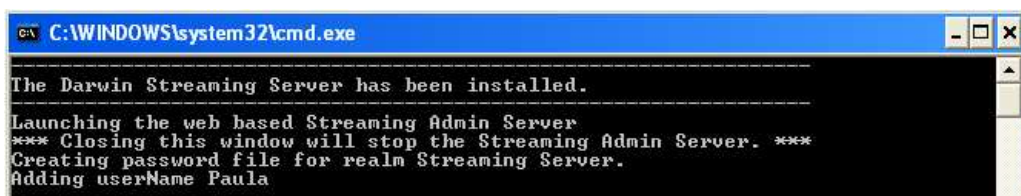


Figura 58: Cuadro Funcionamiento Servidor

Para entrar a la interfaz de configuración del servidor se debe acceder a un *browser* a través de la URL <http://localhost:1220> y entregar la información del administrador que incluye el nombre y su *password* configurados.



Figura 59: Ingreso a Interfaz de Configuración Servidor Darwin