

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE SERVICIO DE TV EDUCATIVA DE ORIGEN SATELITAL A TRAVÉS DE LA RED
CORPORATIVA DE LA UACH**

Tesis para optar al Título de
Ingeniero Electrónico

Profesores patrocinantes:

Sr. Luis Ampuero

Ingeniero Electrónico

Sr. Alejandro Villegas

Ingeniero Electrónico

JAIME ANDRÉS URIBE AYLLA
VALDIVIA DICIEMBRE DE 2006

PROFESORES PATROCINANTES

Luis Ampuero Reyes:

Alejandro Villegas Macaya:

PROFESOR INFORMANTE

Franklin Castro Rojas:

FECHA DEL EXAMEN DE TITULACIÓN:

18 de Enero de 2007

DEDICATORIA

A mis padres Olga y Hernán, por entregarme su cariño y amor incondicional, apoyándome en todas mis decisiones y ayudándome con las dificultades enfrentadas en este periodo.

A mis hermanos Marisol, Rodrigo y Mauricio, que me han apoyado entregándome consejos a partir de sus experiencias de vida.

A mis sobrinas a quienes les deseo el mayor de los éxitos en su futuro.

A todos mis familiares y amigos

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios quien me ha dado las fuerzas y vitalidad para enfrentar las dificultades.

Quiero agradecer muy sinceramente a la comisión evaluadora, a los señores: Alejandro Villegas, Luis Ampuero y Franklin Castro, por haberme brindado su ayuda y experiencia en el área de las telecomunicaciones. También les agradezco a ellos por las facilidades entregadas para desarrollar mi trabajo de titulación.

Agradezco a todos los académicos del Instituto de Electricidad y Electrónica que contribuyeron en el proceso de mi formación.

También agradezco a los señores del Centro Informático por haberme dado la posibilidad de efectuar una práctica, laborancia y las facilidades para efectuar este trabajo de titulación. En especial agradezco a los señores Eugenio Ponisio, Luis Ampuero, Abel Huenulef y José Burgos.

Agradezco a todas las personas que de una u otra manera me ayudaron en estos años de universidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
RESUMEN	X
SUMMARY.....	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Y CONSIDERACIONES GENERALES14

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL..... 14

1.2 POSIBLES SOLUCIONES 15

CAPÍTULO II: RECEPCIÓN DE TV SATELITAL18

2.1 INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES SATELITALES 18

2.1.1 ¿Qué es un satélite?..... 18

2.1.2 Satélites de Telecomunicaciones 19

2.1.2.1 Satélites Geoestacionarios..... 20

2.1.2.2 Estructura y Funcionamiento..... 22

2.2 ESTACIÓN TERRENA 24

2.2.1 Antena Parabólica 24

2.2.1.1 Tipos de Antenas Parabólicas..... 25

2.2.2 Alimentador 27

2.2.3 LNB..... 28

2.2.4 Cable Coaxial..... 30

2.2.5 Receptor Decodificador Integrado (IRD)..... 31

CAPÍTULO III: VIDEO ANALÓGICO Y SU DIGITALIZACIÓN33

3.1 FUNDAMENTOS DEL VIDEO ANALÓGICO..... 33

3.1.1 Definición y aspectos generales del video análogo 33

3.1.1.1 NTSC	33
3.1.1.2 PAL.....	33
3.1.1.SECAM.....	34
3.1.2 Radiodifusión NTSC.....	36
3.1.3 La señales de color en el video análogo.....	37
3.1.4 Componentes de la señal de video para NTSC.....	40
3.2 FUNDAMENTOS DE LA DIGITALIZACIÓN DE AUDIO Y VIDEO	41
3.2.1 Muestreo	41
3.2.2 Cuantificación.....	42
3.2.3 Codificación.....	42
3.2.3.1 Codificación de señales compuestas.....	43
3.2.3.2 Codificación en componentes	42
CAPÍTULO IV: COMPRESIÓN DE AUDIO Y VIDEO.....	44
4.1 ¿POR QUÉ ES NECESARIO COMPRIMIR?	44
4.2 CODECS.....	45
4.2.1 Definición de Códec.....	45
4.2.2 Métodos de compresión de video	46
4.2.2.1 Compresión temporal.....	46
4.2.2.2 Compresión espacial	48
4.2.3 Compresión de video con estándares MPEG	49
4.2.3.1 MPEG-1	51
4.2.3.2 MPEG-2	51
4.2.3.3 MPEG-4	51
4.2.4 Contenedores multimedia.....	52
4.3 CODIFICACIÓN CON WINDOWS MEDIA SERVICE.....	53
4.3.1 Windows Media Encoder	53
4.3.1.1 Codecs de Audio.....	53
4.3.1.2 Codecs de Video.....	55

CAPÍTULO V: RED GIGABIT ETHERNET DE LA UACH.....	57
5.1 TECNOLOGÍA ETHERNET	57
5.1.1 Principios Básicos	57
5.1.2 Formato de la trama Ethernet	58
5.1.3 Tecnologías Ethernet.....	59
5.1.3.1 Ethernet de 100Mbps	59
5.1.3.2 Ethernet de 1000Mbps (Gigabit-Ethernet).....	60
5.2 RED GIGABIT ETHERNET DE LA UACH.....	61
5.2.1 Arquitectura de la Red.....	61
5.3 TECNOLOGÍAS PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO DE TIEMPO REAL.....	64
5.3.1 Redes de área local virtuales (VLANs).....	64
5.3.1.1 Operación de las VLANs	65
5.3.2 Calidad de Servicio (QoS).....	66
5.3.2.1 Arquitecturas de QoS.....	68
5.3.2.2 Métodos de Calidad de Servicio	70
CAPÍTULO VI: STREAMING DE VIDEO	75
6.1 DEFINICIÓN DE STREAMING.....	75
6.2 MODELO DE SERVICIO	75
6.3 CONTROL DE QoS EN LA CAPA DE APLICACIÓN	77
6.3.1 Control de congestionamiento	77
6.3.1.1 Control de Tasa.....	78
6.3.1.2 Limitación de Tasa	79
6.3.2 Control de Error	79
6.3.2.1 FEC	80
6.3.2.2 Retransmisión con demora acotada	80
6.3.2.3 Codificación resistente al error.....	81
6.4 SERVIDORES DE STREAMING	81
6.4.1 Servidor de streaming del Centro Informático	82
6.5 PROTOCOLOS PARA STREAMING	83
6.5.1 Protocolos de capa de red.....	84

6.5.2	Protocolos de Transporte.....	85
6.5.3	Protocolo de control de sesión RTSP.....	87
6.5.4	Protocolos usados por Windows Media Service.....	88
CAPÍTULO VII: DESARROLLO PRÁCTICO EXPERIMENTAL		91
7.1	METODOLOGÍA USADA PARA LA RECEPCIÓN DE CANALES	91
7.1.1	Factores que determinan el acceso a los satélites	91
7.1.1.1	Arco Geoestacionario Visible	92
7.1.1.2	Cobertura de la radiación satelital	92
7.1.1.3	Potencia Irradiada	92
7.1.1.4	Bandas de Frecuencia	92
7.1.1.5	Tipo de encriptación	93
7.1.2	Oferta de satélites.....	94
7.1.3	Oferta de canales.....	95
7.1.4	Método empleado para la recepción de canales.....	95
7.1.4.1	Ubicación del satélite.....	97
7.1.4.2	Frecuencia del transponder.....	98
7.1.4.3	Tasa de símbolo de entrada.....	99
7.1.4.4	Frecuencia del LNB.....	100
7.2	OPTIMIZACIÓN DE LA RED GIGABIT ETHERNET.....	103
7.2.1	Configuración de una VLAN entre el PC codificador y el servidor.....	103
7.2.2	Abrir puertos que utilizan los protocolos de streaming	105
7.2.3	Propuesta de diseño y configuración de QoS	105
7.3	CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR DE STREAMING	109
7.4	CONFIGURACIÓN DEL PC CODIFICADOR.....	110
7.5	RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	114
7.5.1	Recepción de TV Satelital	114
7.5.2	Transmisión por la Red	116
7.6	RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO	118

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXO A.....	125
ANEXO B.....	127
ANEXO C.....	131
ANEXO D.....	133

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, se muestra el diseño de un sistema de transmisión de contenido audiovisual de origen satelital a través de la red corporativa de la UACH. Se explican las tecnologías involucradas: comunicaciones satelitales, video análogo, digitalización y compresión de audio-video, red gigabit-ethernet, y streaming de video.

Para concretar el proyecto, también se ha trabajado en un desarrollo práctico-experimental donde se describe la metodología empleada en: ubicación de señales satelitales, configuración y optimización de la red gigabit-ethernet para transmisiones multimedia, y configuración del codificador y servidor.

SUMMARY

In the present work of degree, is the design of a system of transmission of audio-visual content of satellite origin through the corporative network of the UACH. The involved technologies are explained: satellite communications, analogous video, digitalization and compression of audio-video, network gigabit-Ethernet, and video streaming.

In order to make specific the project, also one has worked in a practical-experimental development where the methodology used is described in: location of satellite signals, configuration and optimization of the network gigabit-Ethernet for transmissions multimedia, and configuration of the encoder and server.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

- Investigar la oferta de señales satelitales que transmitan programas culturales o educativos.
- Recibir canales de TV cultural a través del equipamiento disponible en el laboratorio de Líneas de Transmisión y Antenas en el Instituto de Electricidad y Electrónica.
- Transmitir a través de la red corporativa de la UACH las señales audiovisuales obtenidas del satélite.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar las tecnologías involucradas en el sistema de transmisión general que se plantea: recepción de TV satelital, digitalización de audio y video, compresión de archivos multimedia, aspectos relevantes de networking, streaming.
- Describir el funcionamiento de cada uno de los equipos necesarios para recibir señales de televisión satelital.
- Realizar pruebas necesarias de recepción para lograr captar los canales de interés.
- Exponer todos los aspectos relevantes de la red Gigabit-Ethernet de la UACH, describir las funciones y características técnicas de los equipos de comunicación, tecnologías y protocolos que utiliza.
- Estudiar cuál sería la manera óptima de configurar la red Gigabit-Ethernet para optimizar el tráfico de tiempo real.
- Realizar pruebas de codificación y transmisión para determinar el modo más eficiente en relación a la calidad del audio y video que reciba el usuario final, y al número de conexiones simultáneas.

INTRODUCCIÓN

El Centro Informático de la Universidad Austral de Chile es la unidad que administra la Red Corporativa de la UACH y se encarga de integrar nuevas tecnologías al servicio de la comunidad universitaria. La red Gigabit-Ethernet existente es la principal plataforma de comunicaciones y la base de muchos servicios.

Por otro lado el Instituto de Electricidad y Electrónica de la UACH, posee el equipamiento necesario para recibir señales satelitales, destacándose una antena parabólica construida por docentes de la universidad.

La idea de este trabajo de titulación es integrar las tecnologías de información y comunicación de ambas unidades, para entregar un servicio a la comunidad y también para impulsar el desarrollo de un laboratorio de comunicaciones satelitales que sirva como apoyo académico a estudiantes de carreras afines.

En el presente trabajo de titulación se describen primero las alternativas que existían para llevar a cabo la implementación. Luego, a partir de la solución elegida, se describen en forma teórica las distintas etapas, desde que la señal es tomada en el reflector parabólico hasta que es visualizada por un reproductor multimedia de un equipo conectado a la Red, pasando por las etapas de recepción, digitalización, codificación y transmisión. En el capítulo VII se muestra el procedimiento seguido en la búsqueda de señales de TV Satelital, y en la transmisión de contenidos audiovisuales a través de la red corporativa de la UACH. Se resumen los resultados de las configuraciones y pruebas realizadas; y se proyecta la manera en que el sistema quedaría funcionando en forma definitiva.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y CONSIDERACIONES GENERALES

RESUMEN

En esta sección se presenta en forma general la envergadura del proyecto. Se muestran las problemáticas y las posibles soluciones que se podrían desarrollar. De acuerdo a esto, es que se formula una hipótesis sobre la mejor solución considerando un equilibrio entre eficiencia y costo, para así ofrecer una óptima calidad de servicio. En base a la mejor solución planteada, se desarrollan los siguientes capítulos a lo largo del trabajo.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El objetivo principal de este proyecto es transmitir, a través de Internet, televisión satelital recibida en el Instituto de Electricidad y Electrónica de la UACH. Para ello, el modelo a seguir será el siguiente:

- a) Recibir señales de TV satelital digital que puedan ser visualizadas en el formato estándar usado en Chile (NTSC).
- b) Capturar dichas señales y digitalizarlas hacia un computador.
- c) Codificar los archivos de audio y video en forma local o remota hacia un servidor de video streaming que esté conectado a Internet.
- d) Transmitir en directo los contenidos audiovisuales satelitales, desde este servidor multimedia hacia diferentes clientes en Internet.

Físicamente el equipamiento de recepción satelital se encuentra en el Instituto de Electricidad y Electrónica ubicado en el Campus Miraflores de la UACH. Sin embargo el servidor de video streaming se encuentra ubicado en el Centro Informático, en el Campus Isla Teja de esta misma universidad.

1.2 POSIBLES SOLUCIONES.

Para lograr transmitir señales de TV desde el Campus Miraflores hacia el Campus Isla Teja, existen varias alternativas. A continuación se muestran dos, con las ventajas y desventajas que implica la implementación de cada una de ellas.

- i. **Capturar y digitalizar las señales de TV en el laboratorio del Instituto de Electricidad y Electrónica; y codificarlas hacia el servidor multimedia por medio de un enlace de fibra óptica.**

Las señales recibidas del satélite podrían ser transmitidas en banda base a través de fibra óptica desde el Campus Miraflores hacia el Campus Isla Teja. Esto se lograría a través de un dispositivo que adapta las señales de televisión desde un medio de audio-video compuesto a fibra óptica. De esta forma la digitalización y codificación se haría directamente en el servidor de video streaming del Centro Informático.

Actualmente existe un enlace de fibra óptica del tipo monomodo sin uso, entre el nodo de biblioteca central en el Campus Isla Teja y el nodo del Campus Miraflores en el edificio del Decanato. Faltaría entonces, realizar un enlace de fibra óptica entre este último nodo y el Instituto de Electricidad y Electrónica.

La ventaja de esta alternativa, es que se ahorra el uso de un computador dedicado, para capturar y codificar las señales audiovisuales. Sin embargo es necesario realizar el enlace de fibra óptica en el tramo entre el Decanato de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, y el Instituto de Electricidad y Electrónica. Realizar dicho enlace involucra un costo de \$1.700.000 para la fibra, más el costo de los equipos conversores que es de \$1.000.000¹. El esquema de esta alternativa, se representa en la figura 1.1.

¹ Valores aproximados.

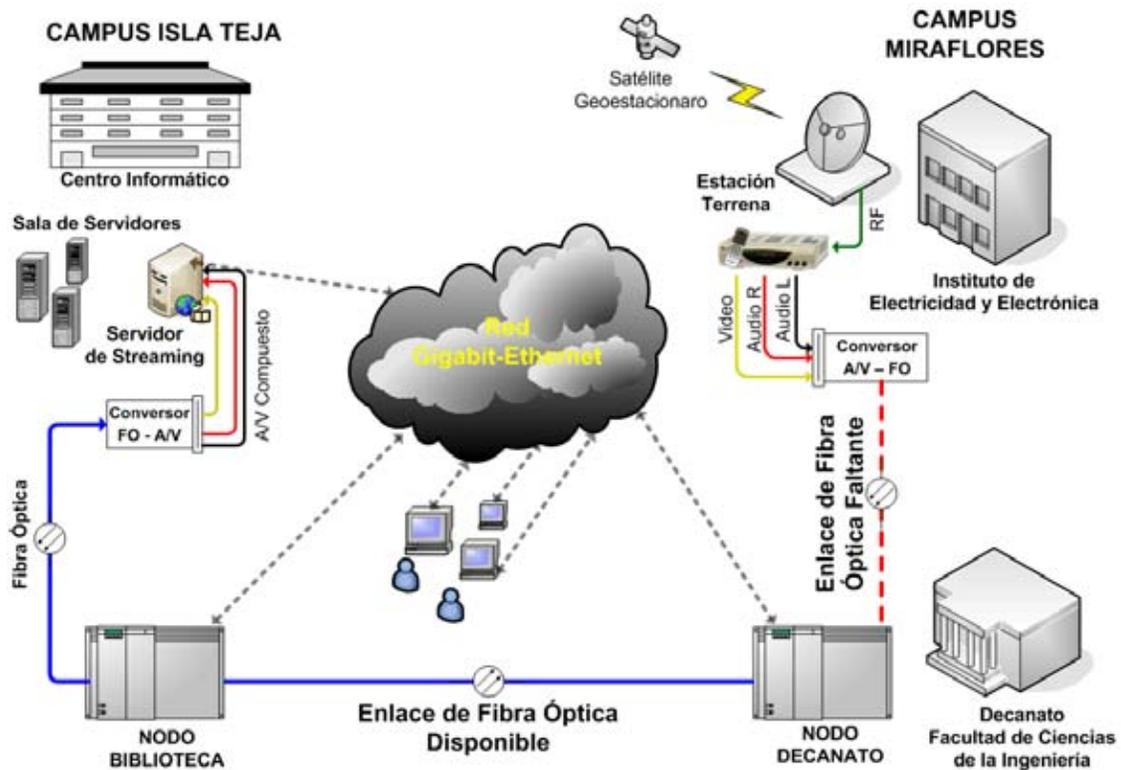


Figura 1. 1: Esquema de solución n°1.

- ii. **Capturar y digitalizar las señales de TV recibidas del satélite, y codificarlas hacia el Centro Informático a través de la Red Gigabit Ethernet de la UCh.**

Se requiere de un computador con tarjeta capturadora de video que reciba las señales de TV proporcionadas por el receptor satelital, y que sea compatible con el software de codificación que tenga instalado. El ordenador estaría conectado directamente a la red Gigabit Ethernet, medio por el cual se transmitirían los archivos multimedia codificados hacia el servidor de video streaming ubicado en el Centro Informático. Este último sería el encargado de atender las peticiones de los distintos clientes para ver la señal "Online".

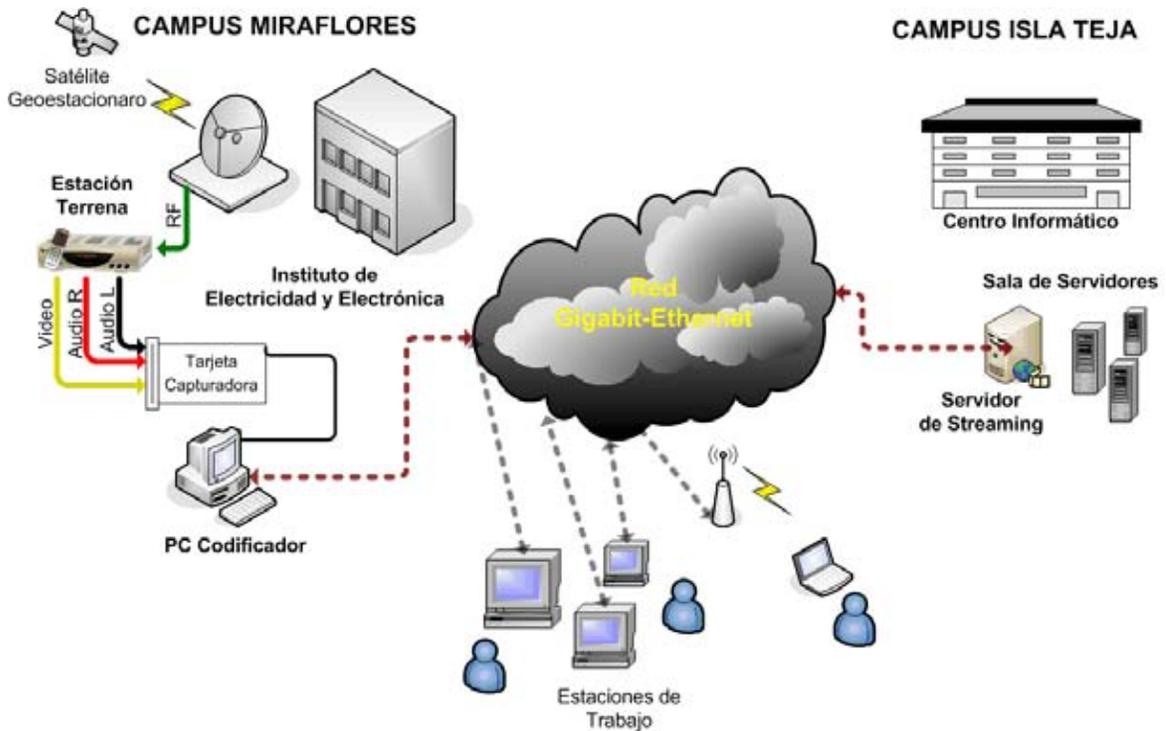


Figura 1. 2: Esquema de solución n°2.

La última alternativa propuesta es la que más se adapta a las necesidades y mantiene un equilibrio entre costo y eficiencia. Por un lado el costo de implementación es muy inferior al de realizar un enlace de fibra óptica, \$600.000 contra \$2.700.000. Además esta última propuesta, implica integrar diferentes servicios sobre una misma red (datos y audio-video), tendencia que están llevando a cabo los sistemas de telecomunicación en la actualidad.

Esta opción, esquematizada en la figura 1.2, se tomará como base para el desarrollo de esta tesis. De los capítulos II al VI se describe cada etapa en forma teórica. En el capítulo VII se explica el proceso práctico experimental que se ha realizado para implementar este proyecto.

CAPÍTULO II: RECEPCIÓN DE TV SATELITAL

RESUMEN

En este capítulo se explica el proceso de recepción de televisión satelital digital. Se realiza una introducción general a las comunicaciones satelitales, se explican las funciones de los elementos de una estación terrena básica, tomando como referencia los equipos existentes en el laboratorio de Líneas de Transmisión y Antenas del Instituto de Electricidad y Electrónica.

2.1 INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES SATELITALES

2.1.1 ¿Qué es un Satélite?

En estricto rigor, se le denomina satélite a cualquier objeto celeste que gira en torno a otro objeto celeste. Por lo tanto se encuentran dos definiciones:

- Del punto de vista de la Astronomía, si el cuerpo es natural, se le denomina *Satélite natural* como por ejemplo: la Luna.
- Del punto de vista de la Astronáutica, si el cuerpo es artificial se denomina *Satélite Artificial*, el cual es un objeto creado y puesto en órbita por el ser humano. El Sputnik I, lanzado por la URSS en 1957, fue el primer satélite artificial. Actualmente existen numerosos satélites artificiales que orbitan alrededor de la Tierra y en torno a otros planetas del Sistema Solar.

Los satélites artificiales se utilizan para múltiples tareas:

- **Satélites de telecomunicaciones:** estos satélites se utilizan para transmitir información de un punto a otro de la Tierra: comunicaciones telefónicas, datos o programas televisados, e incluso en los últimos años Internet.

- **Satélites de observación terrestre:** éstos observan la Tierra, con un objetivo científico o militar. El espectro de observación es extenso: óptico, radar, infrarrojo, ultravioleta, escucha de señales radioeléctricas, etc.
- **Satélites de observación espacial:** éstos observan el espacio con un objetivo científico. Se trata en realidad de telescopios en órbita. En estos satélites el espectro de observación también es amplio. El telescopio espacial Hubble es un satélite de observación espacial.
- **Satélites de localización:** estos satélites permiten conocer la posición de objetos a la superficie de la Tierra. Por ejemplo, el sistema americano GPS.
- **Estaciones espaciales:** estos satélites están destinados a estar habitados por el hombre, con un objetivo científico. Entre estos se encuentra la Estación Espacial Internacional, que está en órbita desde 1998 y habitada permanentemente desde 2002. Otras estaciones espaciales desaparecidas son las rusas Salyut y MIR, y la estación americana Skylab.
- **Sondas espaciales:** Una sonda espacial está destinada a observar otro cuerpo celeste y por lo tanto debe estar en condiciones de desplazarse.

Como el primer objetivo de este trabajo de titulación es recibir señales de TV a partir de un satélite, es necesario entonces avocarse a los satélites de telecomunicaciones.

2.1.2 Satélites de Telecomunicaciones

En una primera aproximación, un satélite de telecomunicaciones es un repetidor que recibe una señal y la retransmite con la misma o distinta frecuencia de portadora.

Los satélites artificiales de comunicaciones son un medio muy apto para emitir señales de radio en zonas amplias o poco desarrolladas, ya que pueden utilizarse como enormes antenas suspendidas del cielo. Dado que no hay problema de visión directa se suelen utilizar frecuencias

elevadas en el rango de los GHz que son más inmunes a las interferencias; además, la elevada direccionalidad de las ondas a estas frecuencias permite "iluminar" zonas concretas de la Tierra.

El primer satélite de comunicaciones, el Telstar 1, se puso en órbita en 1962. La primera transmisión de televisión vía satélite se llevó a cabo en 1964.

2.1.2.1 Satélites Geoestacionarios

Se les denomina geoestacionarios por la órbita que siguen; ya que el período de esta coincide exactamente con la de la tierra, lo que hace parecer que estuviera fijo en el cielo respecto de un observador terrestre.

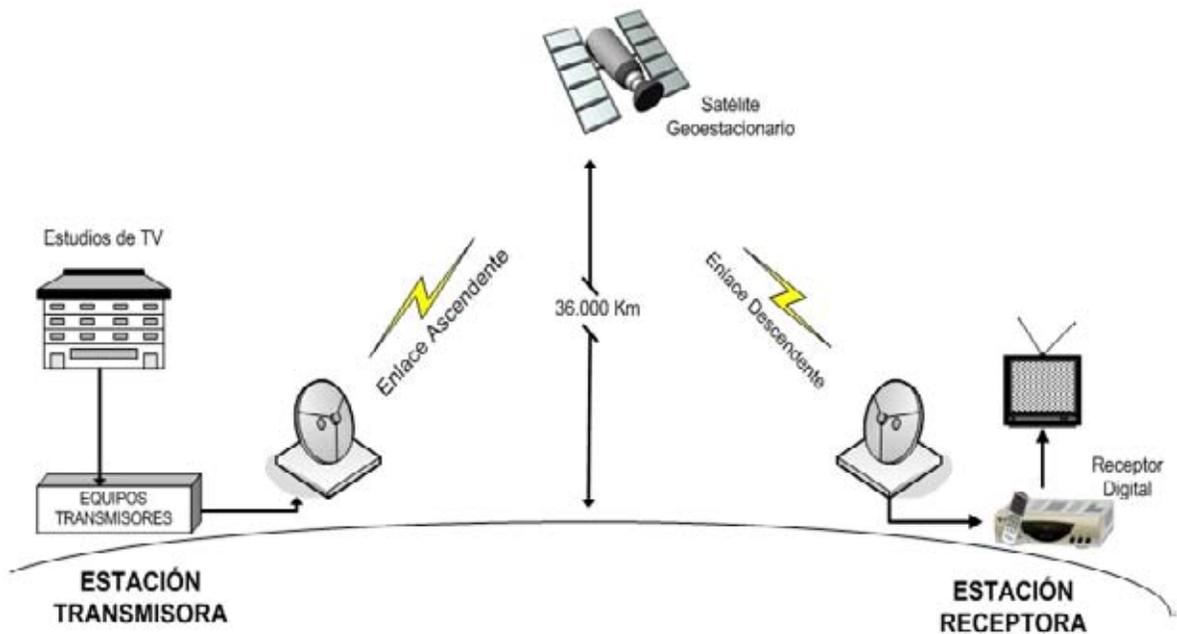


Figura 2. 1: Modelo general de un sistema DBS

Tienen una trayectoria circular relativa al plano del Ecuador, y se encuentran a una altura de 35.786,04 Km. de la superficie de la tierra y a 42.000 Km. si se toma desde el centro. Esta no es una distancia elegida en forma arbitraria, ya que a esa altura se logra que la fuerza de atracción de la tierra y la fuerza centrífuga del satélite sean iguales.

Para mantener el satélite en una posición estable se emplean dos tipos de señales desde la tierra: las de telemetría y las de control, las cuales corrigen las pequeñas variaciones en la posición del satélite, evitando así posibles desvanecimientos (fading) de la señal recibida en tierra.

Los satélites comerciales funcionan en tres bandas de frecuencias, llamadas C, Ku y Ka. La gran mayoría de emisiones de televisión por satélite se realizan en la banda Ku.

Banda	Frecuencia descendente (GHz)	Frecuencia ascendente (GHz)	Problemas
C	3,7 - 4,2	5,925 - 6,425	Interferencia Terrestre
Ku	11,7 - 12,2	14,0 - 14,5	Lluvia
Ka	17,7 - 21,7	27,5 - 30,5	Lluvia

Tabla 2. 1: Bandas de frecuencia utilizadas por los satélites comerciales.

Los satélites trabajando, casi o en la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar estacionadas, en un área específica en el espacio.

La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
- Frecuencia de la portadora de RF.
- Técnica de codificación o de modulación usada.
- Límites aceptables de interferencia.
- Potencia de la portadora de transmisión.

Es por esto que la distribución de bandas y espacio en la órbita geoestacionaria se realiza mediante acuerdos internacionales. Así, en la banda C la distancia mínima es de dos grados, y en las bandas Ku y la Ka de un grado. Esto limita en la práctica el número total de satélites que puede haber en toda la órbita geoestacionaria a 180 en la banda C y a 360 en las bandas Ku y Ka.

Las altas frecuencias con las que se desempeñan los satélites permiten una elevada direccionalidad, lo que hace posible concentrar las emisiones por satélite a regiones geográficas muy concretas, hasta de unos pocos cientos de kilómetros. Esto ayuda a evitar la recepción en zonas no deseadas y reducir la potencia de emisión necesaria, o bien concentrar el haz para así aumentar la potencia recibida por el receptor, reduciendo al mismo tiempo el tamaño de la antena parabólica necesaria.

2.1.2.2 Estructura y Funcionamiento

En la parte exterior del satélite, se encuentran dos elementos muy importantes, las antenas y los paneles solares. Las primeras aseguran la recepción y transmisión de las distintas señales que intervienen en el sistema, y las segundas proporcionan la alimentación a todos los equipos montados, recargando en el mismo tiempo las baterías auxiliares que intervienen cuando el satélite se encuentre en zonas de sombra y no reciba luz solar en los paneles fotovoltaicos.

Principalmente el satélite está constituido por uno o más dispositivos receptor-transmisores, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y retransmitiendo a otra frecuencia para evitar los efectos de interferencia.

Cada una de las bandas utilizadas en los satélites se divide en canales. Para cada canal suele haber en el satélite un repetidor, llamado transponder o transpondedor, que se ocupa de capturar la señal ascendente y retransmitirla de nuevo hacia la tierra en una frecuencia distinta.



Figura 2. 2: Satélite de Telecomunicaciones.

Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que puedan corresponder a televisión (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bps por Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 MHz permitiría transmitir un total de 50 Mb/s de información.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbps, 800 canales de voz digitalizada de 64 Kbps, o bien, otras combinaciones diferentes.

2.2 ESTACIÓN TERRENA

Un sistema básico de recepción satelital es como el que se muestra en la siguiente figura:



Figura 2. 3: Esquema general de un sistema de recepción de TV satelital.

El esquema mostrado es similar al que se usará para recibir TV satelital cultural y transmitirla a través de la red corporativa.

2.2.1 Antena Parabólica

La antena parabólica es un tipo de antena que se caracteriza por llevar un reflector parabólico. Estas antenas pueden ser usadas como transmisoras o como receptoras. En las antenas parabólicas transmisoras el reflector parabólico refleja la onda electromagnética generada por un dispositivo radiante, mientras que en las antenas parabólicas receptoras, como las usadas para recibir televisión, el reflector parabólico concentra la onda incidente en su foco, para ser recibida por un detector. Las antenas parabólicas suelen ser utilizadas a frecuencias altas y tienen una ganancia elevada.

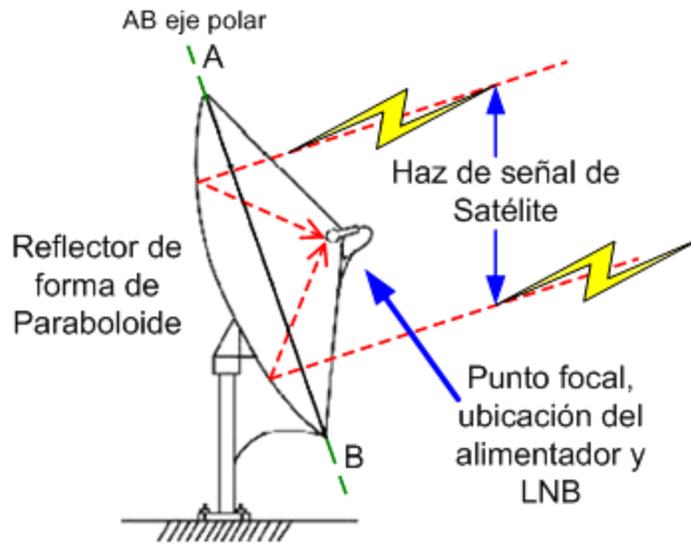


Figura 2. 4: Esquema de una antena parabólica.

2.2.1.1 Tipos de Antenas Parabólicas:

Las antenas parabólicas se pueden clasificar de dos formas: de acuerdo a su construcción y de acuerdo a la forma en que reciben las ondas electromagnéticas.

De acuerdo a su construcción existen las antenas sólidas y de malla:

➤ Antenas Sólidas:

Se construyen empleando hojas de lámina o fibra de vidrio, por lo que proporcionan una mayor reflexión de energía hacia el punto focal desde la superficie de la misma. Ya que su superficie es completamente cerrada, la energía concentrada es mayor que en la de malla, lo que mejora la calidad de la recepción de la señal. Sin embargo este tipo de antena requiere de un mayor cuidado, ya que el material de su superficie tiende a corroerse de forma más rápida.

➤ **Antenas de Malla:**

El material del plato se fabrica de aluminio y las bases y soportes se hacen de hierro. Para obtener una buena ganancia en este tipo de antenas, el diseño debe contemplar una malla en que sus agujeros sean de un tamaño 10 veces menor que el de la longitud de onda de las señales recibidas.

De acuerdo a cómo se reciben las ondas electromagnéticas, existen las antenas parabólicas de foco primario, OFFSET, Cassegrain y planas:

➤ **Antena parabólica de foco primario:**

La superficie de la antena es un paraboloides de revolución. Todas las ondas que inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al Foco. El Foco está centrado en el paraboloides.

Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60% llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde.

Por lo general su tamaño aproximado es de 1,5m de diámetro.

➤ **Antena parabólica OFFSET:**

Se caracteriza por tener el reflector parabólico desplazado respecto del foco. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que en la de foco primario, y llega a ser de un 70% o algo más. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde. Un ejemplo común de este tipo de antenas, es el que ocupan las empresas que ofrecen TV satelital para el hogar como SKY o DirecTV.

➤ **Antena parabólica Cassegrain:**

Es similar a la de Foco Primario, sólo que tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar, se reflejan y van al Foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al Foco último, donde estará colocado el detector.

Se suelen utilizar en antenas muy grandes, donde es difícil llegar al Foco para el mantenimiento de la antena.

➤ **Antenas planas:**

Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS), como el Hispasat.

Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite determinado.

2.2.2 Alimentador (Feed)

Es el componente guía de ondas encargado de recoger y enviar hacia amplificador y conversor, las señales de radiofrecuencia reflejadas en la antena parabólica. Se ubica en el foco de la parábola.



Figura 2. 5: Alimentadores o Feeds convencionales.

Para lograr discriminar entre polarización horizontal y vertical existe un elemento denominado polarizador, y discrimina la polarización según el tipo y la forma de colocarlo. Para pasar de polarización vertical a horizontal y viceversa, basta girar 90° el conjunto alimentador-polarización-conversor.

La estación terrena del Instituto de Electricidad y Electrónica, cuenta con un servomecanismo llamado Pola-Rotor o discriminador, que realiza el giro de 90° a distancia (desde la unidad de sintonía), mediante un selector de polaridad horizontal/vertical, que permite cambiar de posición la polaridad del alimentador.

Existen alimentadores de doble polaridad u ortomodos, que permiten disponer simultáneamente de las señales de TV por satélite en polarización vertical y horizontal. Utiliza dos guías de ondas del tamaño requerido, perpendiculares entre sí; una transmite la polaridad horizontal y la otra la polaridad vertical. Se utilizan dos conversores para cada una de estas señales recibidas.

2.2.3 LNB

Bloque de bajo ruido, conocido por sus siglas LNB (Low Noise Block). Situado en el foco de la parábola a continuación del alimentador; es el encargado de convertir las frecuencias muy altas, utilizadas por el satélite, en otras más bajas y por tanto con menor atenuación en el cable de bajada, para conducir las hacia el receptor. La posición exacta del LNB depende del tipo de antena, en el caso de las denominadas de Foco Primario se encuentra en el foco, en el caso de las Offset se encuentra ligeramente desplazado y para una tipo Cassegrain entre el vértice y el foco de la parábola.



Figura 2. 6: LNB convencional.

La señal enviada desde el transponder de un satélite (señal descendente) se debilita a medida que viaja por el espacio, tiene pérdidas por absorción debido a las condiciones meteorológicas del medio ambiente (vapor de agua, calor o frío extremos, hidrometeoros, etc.), por lo que se hace necesario amplificar estas señales; por otro lado también es necesario cambiar la frecuencia en la que vienen las señales para adecuarlas al receptor.

El LNB consta de dos etapas: en la primera, la señal procedente del satélite se introduce en el amplificador de bajo ruido o LNA (del inglés Low Noise Amplifier). Una vez amplificada, la señal de salida del LNA, en el rango de los gigahercios (GHz), se convierte a una banda de radiofrecuencia inferior.

Este proceso se efectúa mediante la heterodinación, en un mezclador, de la señal con la frecuencia generada en un oscilador local seguida de un filtro pasa banda que selecciona la frecuencia intermedia, situada en la banda inferior deseada, como por ejemplo la banda L (950-1750 MHz). A esta etapa reductora de la frecuencia se le llama Block Down Converter (BDC).

2.2.4 Cable Coaxial

El cable coaxial es el que se utiliza como medio de transmisión entre el equipamiento externo de la estación terrena (Reflector Parabólico, Alimentador, LNB), y el receptor digital que se ubica en la unidad de sintonía. Específicamente el cable coaxial une al LNB con el Receptor.

Está formado por dos conductores concéntricos. El conductor central o núcleo (D, en la figura 2.7) está constituido por un hilo sólido de cobre (llamado positivo), rodeado por una capa aislante (C, dieléctrico) que lo separa del externo, formado por una malla trenzada (B) de cobre o aluminio; este conductor produce un efecto de apantallamiento² y además sirve como retorno de las corrientes. Todo el conjunto está protegido por una cubierta aislante (A).

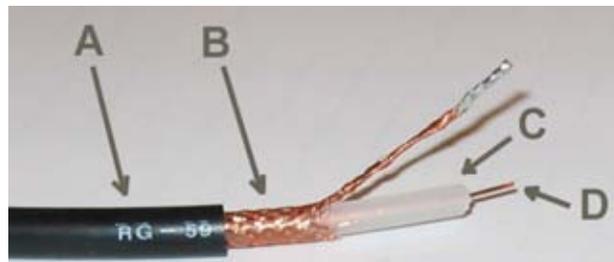


Figura 2. 7: Cable coaxial RG-59

Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes. El cable coaxial no es habitualmente afectado por interferencias externas, y es capaz de lograr altas velocidades de transmisión en largas distancias.

Tipos de Cable Coaxial:

- **Cable coaxial con dieléctrico de aire:** se distinguen dos tipos, en unos se utiliza de soporte y de separación entre conductores una espiral de polietileno y en otros existen unos canales

² Protección que se logra al colocar un elemento que impide o atenúa en gran medida el paso de campo eléctrico hacia la unidad que se desea proteger.

o perforaciones a lo largo del cable de modo que el polietileno sea el mínimo imprescindible para la sujeción del conductor central. Presentan atenuaciones muy bajas.

- **Cable dieléctrico de polietileno celular o esponjoso:** presenta más consistencia que el anterior pero también tiene pérdidas más elevadas.
- **Cable coaxial con dieléctricos de polietileno macizo:** de mayores atenuaciones que el anterior y se aconseja solamente para conexiones cortas (10-15 m aproximadamente).

2.2.5 IRD Receptor Decodificador Integrado

El Receptor o decodificador es el dispositivo encargado de convertir la señal captada por el LNB para que pueda observarse en el televisor. El IRD es el elemento necesario para convertir la señal digital procedente del satélite en una de naturaleza compatible con los receptores de TV analógica convencionales.



Figura 2. 7: Receptor digital DVB.

Las funciones del IRD son recuperar y corregir los errores procedentes de la antena receptora, controlar el acceso del usuario a programas y servicios en función de un sistema de claves que permite la decodificación de la señal, y realizar inteligible la señal de vídeo y audio mediante el desenmascaramiento.

Para ello dispone de un demodulador QPSK un decodificador de Viterbi³, corrección de errores Reed-Salomon, un demultiplexor para separar los diferentes canales, un decodificador de vídeo y

³ Código estándar de corrección de errores utilizado para corregir bits corruptos en el receptor. La codificación Viterbi añade bits extra a la cadena de bits cerrada.

audio MPEG-2, conversores D/A, modulador NTSC, interfaces con tarjetas inteligentes y otros periféricos, todo ello gobernado por una CPU.

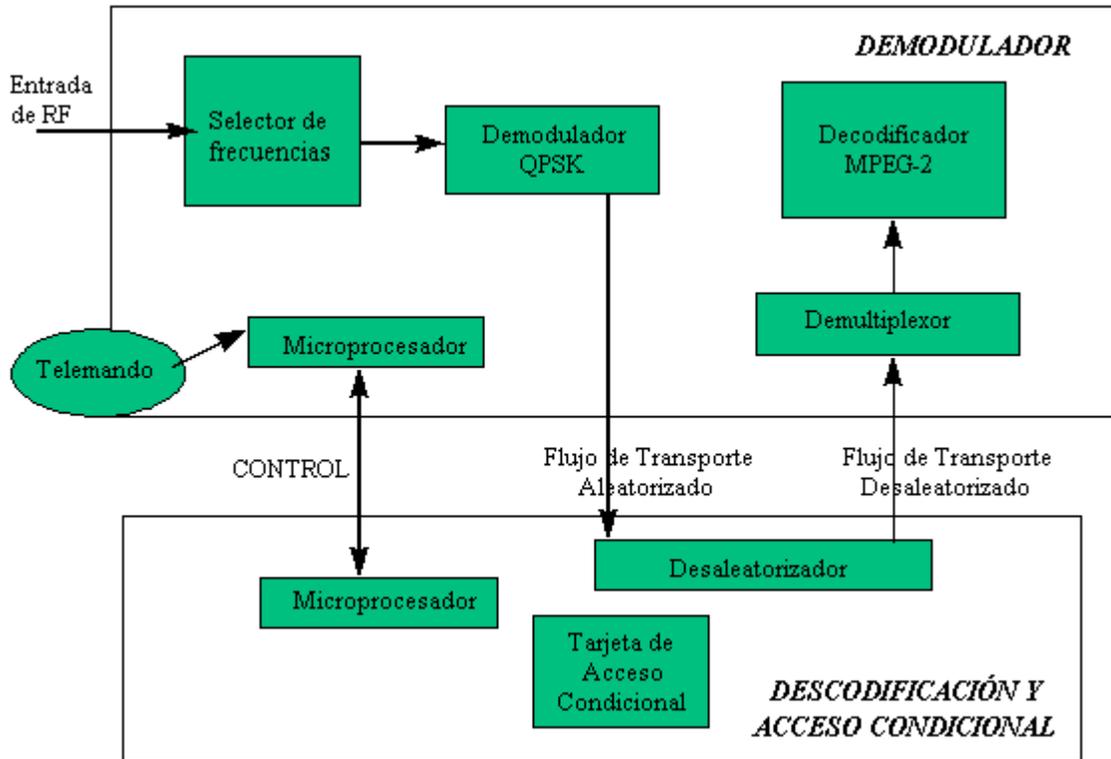


Figura 2. 8: Esquema de un IRD

CAPÍTULO III. VIDEO ANALÓGICO Y SU DIGITALIZACIÓN

RESUMEN

En este capítulo se explica el proceso digitalización de las señales de audio y video tomadas desde la salida del receptor digital. Se abordan los fundamentos del video análogo, exponiendo las principales características del sistema NTSC, y luego se explica el proceso de digitalización: muestreo, cuantificación y codificación.

3.1 FUNDAMENTOS DEL VIDEO ANALÓGICO

3.1.1 Definición y aspectos generales del video análogo.

La palabra video hace referencia a un proceso de registro de imágenes en movimiento y audio electromagnético. El término puede referirse al soporte de registro como una videocasete, o al equipo encargado de la grabación, como un magnetoscopio. Para este caso en particular, el video análogo es la señal que se obtiene de la salida RF, compuesta o S-Video de un receptor satelital.

Si bien, el receptor recibe señales de TV en forma digital, éste modula dichas señales en forma análoga para lograr visualizarlas en un televisor convencional.

Nota: El proceso de formación de una imagen análoga, como por ejemplo en un televisor CRT (de tubo de rayos catódicos), no se abordará en este trabajo, sin embargo si se desea mayor información, puede consultarse la bibliografía citada al final de esta tesis.

Existen tres normas internacionales de TV o video análogo que son:

3.1.1.1 NTSC, National Television Systems Committee:

Norma desarrollada en Estados Unidos, en el año 1940, y que en la actualidad es utilizada en la mayor parte de América y Japón, básicamente opera con un barrido entrelazado de

525 líneas de resolución, fotogramas emitidos a una velocidad de 29.97 cuadros por segundos y una actualización de 30 cuadros por segundos y 60 campos de alternación de líneas divididas en tramas pares e impares. Un canal de televisión que utiliza esta norma requiere de 6 MHz de ancho de banda por canal además de una banda de resguardo de 250 kHz la que separa las señales de video y de audio. Para video se utilizan 1.25 MHz para la portadora principal, conocida como luminancia y 4.2 MHz para la señal de crominancia los que operan en conjunto con la señal de luminancia, estas señales son moduladas en AM, a través de una técnica llamada Modulación de Banda Lateral Vestigial la que prioriza la información de la banda lateral superior dejando solo un vestigio de la inferior para evitar problemas de fase en la señal. El audio es modulado en FM, utilizando un ancho de banda de 250 kHz.

3.1.1.2 PAL, Phase Alternating Line:

De origen alemán, surgió en el año 1963, en los laboratorios Telefunken en su intento por mejorar la calidad y reducir los defectos en los tonos de color que presentaba el sistema NTSC. Se utiliza en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos, además de Australia y algunos países americanos tales como Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay.

El sistema de color PAL se usa habitualmente con un formato de vídeo de 625 líneas por cuadro (un cuadro es una imagen completa, compuesta de dos campos entrelazados) y una tasa de refresco de pantalla de 25 cuadros por segundo, entrelazadas, utilizando un ancho de banda por canal de 8 MHz, este presenta variantes adaptadas a las tecnologías de los países en que se ha implementado, hoy estando disponibles las variantes PAL-B, G, H, I y N.

El nombre "Phase Alternating Line" (línea alternada en fase) describe el modo en que la información de crominancia (color) de la señal de vídeo es invertida en fase en cada línea, permitiendo la corrección automática de los posibles errores en fase al cancelarse entre sí. En la transmisión de datos por radiofrecuencia, los errores en fase son comunes, y se deben a retardos de la señal en su llegada o procesado.

3.1.1.3 SECAM, Séquentiel Couleur avec Mémoire (Color secuencial con memoria):

Es un sistema para la codificación de televisión en color analógica desarrollado por los laboratorios Thomson y utilizado en Francia. Esta norma correspondió a la primera norma de televisión en color europea.

Igual que los demás sistemas utilizados para la transmisión de televisión en color en el mundo el SECAM es una norma compatible, lo que significa que los televisores monocromos (B/N) preexistentes a su introducción son aptos para visualizar correctamente los programas codificados en SECAM, aunque naturalmente en blanco y negro. Otro aspecto de la compatibilidad es no usar más ancho de banda que la señal monocroma sola, por lo que la señal de color ha de ser insertada en la monocroma pero sin interferirla en los 8 MHz que se disponen por canal para transmisión de televisión.

Para generar la señal de vídeo en banda base en el sistema SECAM, las señales de crominancia (R-Y o diferencia al rojo, y B-Y o diferencia al azul) son moduladas en FM con una subportadora de 4,43 MHz. Posteriormente son sumadas a la señal de luminancia (Y) y la señal resultante es invertida en el dominio del tiempo. Para transmitir la señal de vídeo SECAM en un canal radioeléctrico de televisión, la señal en banda base se modula en modulación de banda lateral vestigial con una portadora centrada en el canal radioeléctrico deseado. Al igual que la norma PAL, SECAM utiliza 625 líneas entrelazadas por trama o campo par e impar por cuadro, las que son emitidas a 25 cuadros por segundo.

Los fenómenos y características que se describen a continuación sobre el video análogo, son referidos al estándar NTSC, por ser el sistema de TV que se usa en Chile.

3.1.2 Radiodifusión NTSC

Como se ha mencionado, el ancho de banda de un canal de TV NTSC es de 6 MHz, para contener la señal de vídeo, más una banda de resguardo de 250 kHz entre la señal de vídeo y la de audio.

La distribución de los 6 MHz de ancho de banda se ilustra en la figura 3.1, y se explica a continuación:

- La señal de luminancia Y, se transmite por modulación de amplitud con banda lateral vestigial, sobre una portadora de RF a 1.25 MHz. Las dos bandas laterales ocupan 4,2 MHz;
- Las señales de Color:
 - Cb (diferencia al azul) se modula en amplitud a una subportadora de valor $f_{\text{sub}}=3.58\text{MHz}$.
 - Cr (diferencia al rojo) también se modula en una misma portadora de 3.58MHz, pero tras haber sido adelantada en 90° .

Esta modulación de la crominancia, recibe el nombre de modulación en cuadratura, y permite que ambas componentes de color puedan modular a la subportadora y luego ser recuperadas en el receptor.

- La portadora de audio principal se transmite a 4,5 MHz sobre la señal de video principal;
- Los últimos 250 kHz. de cada canal para la señal audio estereofónica en frecuencia modulada.

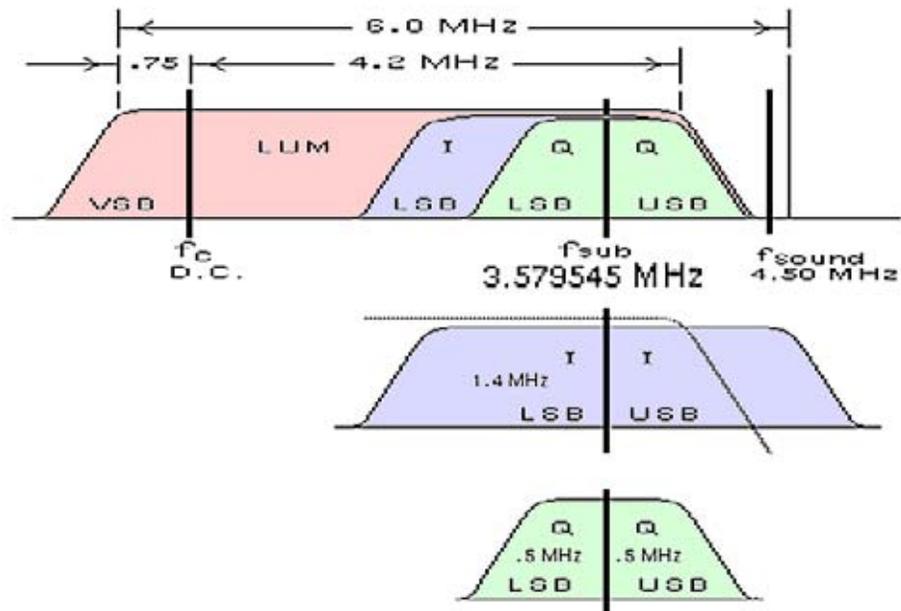


Figura 3. 1: Distribución espectral de la información de un canal de TV NTCS.

3.1.3 Las señales de color en el video analógico

Cuando una cámara explora las imágenes, se producen señales de video separadas para la información de los colores primarios rojo, verde y azul. Para separar los colores, la cámara emplea filtros. Sin embargo, para un canal estándar de 6 MHz de televisión, las señales de video de rojo, verde y azul son combinadas de modo que se forman dos señales equivalentes, una correspondiente al brillo y otra para el color. Específicamente las dos señales transmitidas son las siguientes:

- **Luminancia (Y):** Señal que contiene sólo las variaciones de brillo de la información de la imagen, incluyendo los detalles finos, al igual como sucede en una señal monocromática. La señal de luminancia se utiliza para reproducir la imagen en blanco y negro, o monocroma. Esta componente Y se forma combinando 30% de la señal de video roja (R), 59% de la señal de video verde (G) y 11% de la señal de video azul (B), es decir:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

Los porcentajes que se muestran en la ecuación corresponden a la brillantez relativa de los tres colores primarios. En consecuencia, una escena reproducida en blanco y negro por la señal Y, tiene exactamente la misma brillantez que la imagen original. La figura 3.2 muestra como el voltaje de la señal Y se compone de varios valores de R, G y B. La señal Y tiene una máxima amplitud relativa de unidad, la cual es 100% blanca. Para los máximos valores de R, G y B (1V cada uno), el valor de brillantez se determina de la siguiente manera:

$$Y = 0.30 (1) + 0.59 (1) + 0.11 (1) = 1 \text{ lm}^4$$

En la figura 3.2 se ilustran los valores relativos de luminancia que corresponden a cada color:

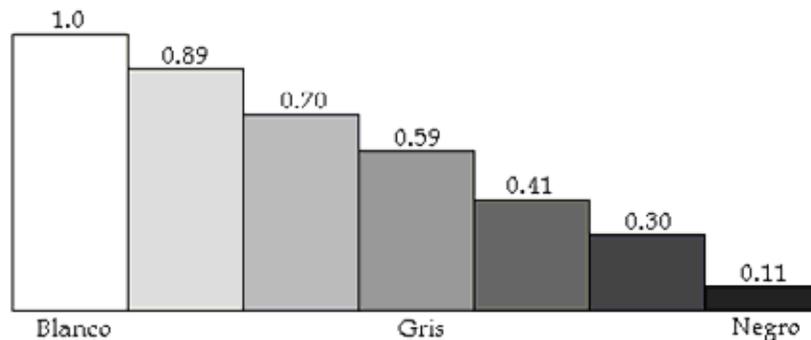


Figura 3. 2: Valores de luminancia relativa.

- **Crominancia (C):** La señal de crominancia es una combinación de las señales de color I y Q.
 - **La señal de color en fase (I),** se genera combinando el 60% de la señal de video en rojo (R), 28% de la señal de video en verde (G) invertida y 32% de la señal de video en azul (B) invertida, y se expresa como:

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

⁴ Lumen (lm): Es la unidad de medida de la luminancia.

- **La señal de color en cuadratura (Q)**, se genera combinando el 21% de la señal de video en rojo (R), 52% de la señal de video en verde (G) invertido y 31% de la señal de video en azul (B), y su expresión es:

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

Las señales I y Q se combinan para producir la señal C de crominancia. Debido a que las señales I y Q están en cuadratura, C es la suma vectorial de estas, es decir:

$$C = \sqrt{I^2 + Q^2} = \text{Tan}^{-1} \frac{Q}{I}$$

Las amplitudes de las señales I y Q son proporcionales a las señales de video R, G y B. La figura 3.3 muestra la rueda de colores para la radiodifusión de televisión. Las señales (R-Y) y (B-Y) se utilizan en la mayor parte de los receptores de televisión a color para demodular las señales de video R, G y B. En el receptor, la señal C reproduce colores en proporción a las amplitudes de las señales I y Q. El matiz (o tono del color) se determina por la fase de la señal C y la profundidad o saturación es proporcional a la magnitud de la señal C. La parte exterior del círculo corresponde al valor relativo de 1.

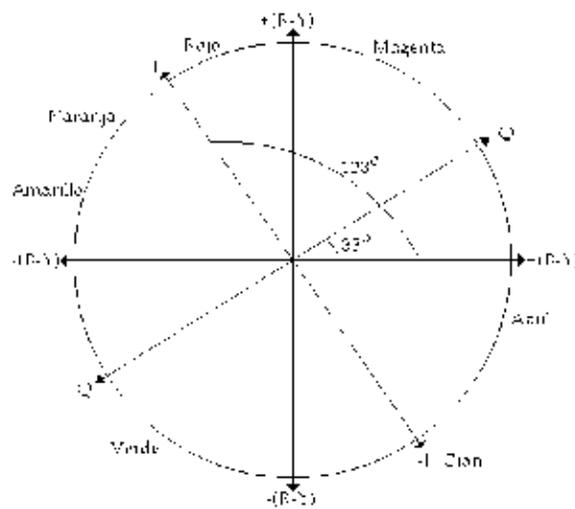


Figura 3. 3: Representación de colores en NTCS.

3.1.4 Componentes de la señal de video para NTSC

Como se ha mencionado, la imagen se obtiene desde 3 componentes de color R (Rojo), G (verde) y B (azul). Donde R,G,B son las señales primarias pre-correctadas.

La señal de luminancia Y es una combinación lineal determinada por (ITU-R Rc.624):

- Luminancia:

$$Y = 0,299.R + 0,587.G + 0,114.B$$

- Componentes de crominancia:

$$I = -0,27(B-Y) + 0,74(R-Y) \quad Q = 0,41(B-Y) + 0,48(R-Y)$$

La señal de crominancia se envía como 2 subportadoras de color en cuadratura con modulación AM (QAM).

$$M = Y + Q \cdot (\sin \omega t + 33^\circ) + I \cdot (\cos \omega t + 33^\circ) \text{ con } \omega t = 3,579 \text{ MHz}$$

Donde M es la señal compuesta de color (ITU-R Rc.624).

3.2 FUNDAMENTOS DE LA DIGITALIZACIÓN DE AUDIO Y VIDEO

La digitalización se refiere a representar en un formato digital generalmente binario (unos y ceros), a partir de una señal analógica. El proceso de digitalizar las imágenes, se basa en dividir el espacio de cada fotograma⁵ en cuadrículas, éstos reciben el nombre de píxel. Para cada uno de estos píxeles va asociado información sobre la luminancia (brillo o niveles de gris) y, si es en color, también al nivel de cada una de las componentes, R, G y B. Por tanto, para una imagen se tienen varias matrices de información.

En la digitalización de video hay que considerar una tercera dimensión, el tiempo. Una secuencia de video se genera mediante la proyección de un número de imágenes en un tiempo determinado, que dependerá del sistema sobre el que se trabaje (ejemplo: 24 imágenes/segundo en cine, 25/s en el sistema PAL.). El problema de este planteamiento es el alto volumen de datos que se crean; la solución a esto, radica en comprimir las imágenes. Esto se explica en el capítulo 4 (apartado 4.1).

La digitalización del audio es más simple, ya que no contiene más información que la modulada en 4.5 MHz según el sistema NTSC.

Para obtener imágenes y audio digital, un sistema de captura realiza las siguientes tareas:

3.2.1 Muestreo

Es el proceso de conversión de la señal continua a señales discretas en el tiempo. Se realiza tomando muestras de la señal analógica en sucesivos periodos de tiempo. Esto da como resultado una serie de impulsos discretos cuyas amplitudes siguen a la señal analógica. Esta señal es comúnmente llamada PAM, señal modulada por amplitud de pulsos.

⁵ Fotograma: Término que se emplea para definir un cuadro completo o imagen de un video.

3.2.2 Cuantificación

Es el proceso de conversión de la señal discreta en el tiempo evaluada de forma continua, a una señal discreta en el tiempo discretamente evaluada. El valor de cada muestra de la señal se representa como un valor elegido de entre un conjunto finito de posibles valores. Se utilizan distintas técnicas de cuantificación para minimizar el ruido o error de cuantificación que se produce como diferencia entre la señal de entrada sin cuantificar y la señal de salida ya cuantificada. Dichas técnicas son:

- Cuantificación Uniforme
- Cuantificación Logarítmica
- Cuantificación no uniforme
- Cuantificación Vectorial

Las características de cada una de ellas no serán tratadas en este trabajo.

3.2.3 Codificación

Consiste en la traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados al sistema binario, mediante códigos preestablecidos. La señal analógica va a quedar transformada en un tren de impulsos digital, es decir en una sucesión de ceros y unos. Se realiza mediante el sistema binario basado en el álgebra de bode.

En la digitalización de las señales de video analógicas, se distinguen dos métodos:

- Codificación de señales compuestas
- Codificación de componentes

3.2.3.1 Codificación de señales compuestas:

Consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes, ya sea NTSC, PAL, o SECAM, incluyendo todas sus componentes de color R, B, G, y crominancia. El proceso de este tipo de codificación, varía de acuerdo al sistema de TV.

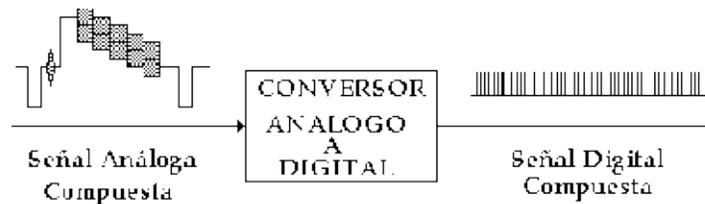


Figura 3. 4: Codificación de la señal compuesta.

3.2.3.2 Codificación en componentes:

Por este método se digitalizan las tres señales Y , $K_1(R-Y)$, $K_2(B-Y)$ donde K_1 y K_2 son factores de ponderación que imponen el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderados de NTSC, PAL o SECAM. La primera y gran ventaja que se deriva de esta codificación es que, siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación.

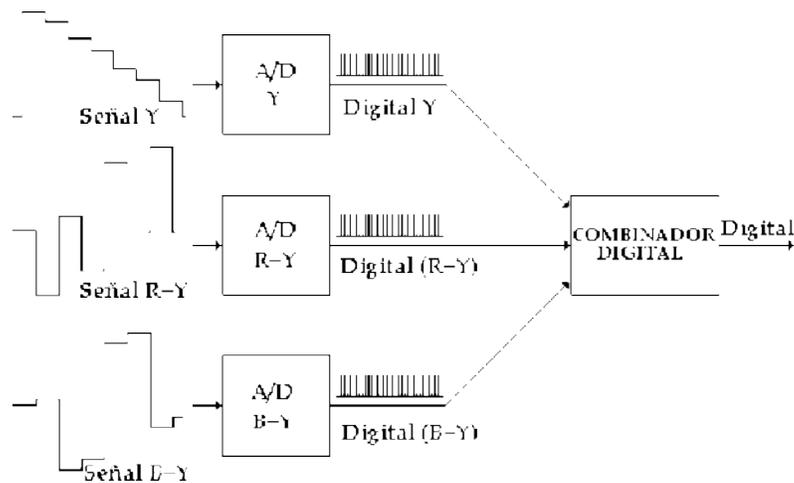


Figura 3. 5: Codificación de componentes.

CAPÍTULO IV: COMPRESIÓN DE AUDIO Y VIDEO

RESUMEN

En este capítulo se explica el tratamiento, de las señales de audio y video ya digitalizadas, que deben tener para lograr transmitirlos a través de Internet hacia un servidor remoto que se encargará de atender las demandas de video online por parte de los usuarios.

4.1 ¿POR QUÉ ES NECESARIO COMPRIMIR?

En el capítulo anterior se mencionó que una señal de video digitalizada sin ningún tratamiento compresión, ocuparía excesivo volumen y sería casi imposible su transmisión sobre una red como Internet.

La información de vídeo consta de una serie fotogramas o "cuadros" que se reproducen a una velocidad constante de 30 por segundo, en el sistema NTSC, que al verlas secuencialmente provoca una sensación de movimiento continuo. Cuando se requiere manejar vídeo en un computador, cada imagen o "frame" tiene que ser procesada en 0,03 segundos (1/30 segundos). Como ejemplo, considérese una imagen en mapa de bits (*.BMP) de 352 x 288 píxeles (tamaño utilizado en VCD), se tendrán que procesar 101.376 píxeles. La profundidad de color de 3 bytes (8 bits por color), hace que se obtenga un tamaño de 304.128 bytes. En un segundo hay 30 con lo que el ordenador tiene que procesar 7,12 MB por segundo de video, es decir 73Mbits/seg. En video profesional se utiliza una resolución de 720 x 576 píxeles, lo que eleva la cifra a unos de 300 Mbits/segundos.

$$\begin{aligned} 720 \times 576 \times (8+8+8) \times 30 &= 298.598.400 \text{ bits/seg} \\ &= 300\text{Mbits/seg} \end{aligned}$$

Suponiendo que se tuviera espacio suficiente para almacenar la información, la relación de cantidad de información por tiempo de proceso es excesiva incluso para computadores actuales sobre todo en el proceso de captura, cuyos discos duros no son capaces de soportar dichas

velocidades. Además si consideramos que se quiere transmitir estos archivos de video a través de una Red LAN, el medio de transmisión tendría que soportar velocidades del orden de los 300Mbits/seg. Aún cuando la red de la UACH, posee enlaces de 1Gigabit/seg, se provocarían “cuellos de botella” en los tramos en donde el ancho de banda es de 100Mbps, sobretodo en los tramos a los usuarios finales.

Es evidente entonces, la necesidad de utilizar un sistema para disminuir el flujo de datos a niveles aceptables a partir del proceso de captura de audio y video.

4.2 CODECS

4.2.1 Definición de Códec:

Códec es una abreviatura de **Codificador-Decodificador**. Describe una especificación implementada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos o una señal. Los codecs pueden codificar el flujo o la señal, para la transmisión, el almacenaje o el cifrado; y posteriormente recuperarlo o descifrarlo del mismo modo para la reproducción o la manipulación en un formato más apropiado para estas operaciones.

De las transformaciones ofrecidas por los codecs, las más comunes se utilizan para conseguir:

- **Transmisión:** convertir una señal de analógica a digital y viceversa.
- **Compresión:** comprimir y descomprimir datos, para maximizar el aprovechamiento de dispositivos de almacenaje; o para reducir el volumen de datos en una transmisión en una red de paquetes.
- **Encriptación:** convertir datos a un formato legible solo mediante contraseña, para administrar un acceso informático.

En este caso en particular, el término Códec, se hace referencia para la transformación que se realiza para conseguir **Compresión**. Es por esto también, que en algunas referencias, Códec se define como la abreviatura de **Compresión/Descompresión**.

La compresión del vídeo generalmente implica una pérdida de información y una consecuente disminución de calidad. Pero esto es aceptable porque los algoritmos de codificación están diseñados para descartar la información redundante o que no es perceptible por el ojo humano. Aunque se sabe que la calidad del vídeo es inversamente proporcional al factor de compresión; la compresión es un arma de doble filo, ya que el vídeo comprimido es más sensible a los errores. Un error en vídeo comprimido puede hacer ilegible la imagen, con lo que se añade redundancia para recuperar esa información.

4.2.2 Métodos de Compresión de video.

Un esquema de compresión elimina datos para ahorrar espacio en el disco duro y en una transmisión. En la compresión de datos de vídeo, se ahorra espacio analizando cada cuadro (frame) y almacenando o muestreando sólo la diferencia con el cuadro precedente. Este tipo de compresión es conocido como “compresión temporal”. El otro método de compresión de vídeo elimina los datos de los píxeles que no cambian y es conocido como “compresión espacial”.

4.2.2.1 Compresión Temporal:

La redundancia temporal se reduce primero usando similitudes entre sucesivas imágenes, utilizando información de las imágenes ya enviadas. Cuando se emplea esta técnica, sólo es necesario enviar la diferencia entre las imágenes, es decir las zonas de la imagen que han variado entre dos fotogramas consecutivos, lo que elimina la necesidad de transmitir la imagen completa.

Las redundancias en el dominio del tiempo pueden ser eliminadas mediante el método de codificación de intercuadros, que también incluye los métodos de

compensación/estimación del movimiento, el cual compensa el movimiento a través de la estimación del mismo.

Este tipo de compresión fue la base para el estándar Motion-JPEG o M-JPEG, en el que cada “frame” del video se comprime con un códec similar al JPEG basado en la transformada discreta del coseno (DCT) , obteniendo como resultado una sucesión de cuadros “jpg” que han sido comprimidos individualmente (compresión intraframe o dentro de cuadro).

La técnica de compensación del movimiento, identifica el desplazamiento de un determinado “macro bloque” en el cuadro actual respecto a la posición que tenía el cuadro de referencia. El método sigue los siguientes pasos:

- Se buscan los macro bloques del cuadro a codificar en el cuadro de referencia.
- Si aparece el mismo macro bloque, se codifica el vector de movimiento correspondiente.
- Si no aparece el mismo se elige el más parecido (mb. INTER). Se codifica el vector de movimiento.
- Si no hay ningún bloque similar (mb. INTRA) se codifica dicho macro bloque aprovechando únicamente la redundancia espacial.

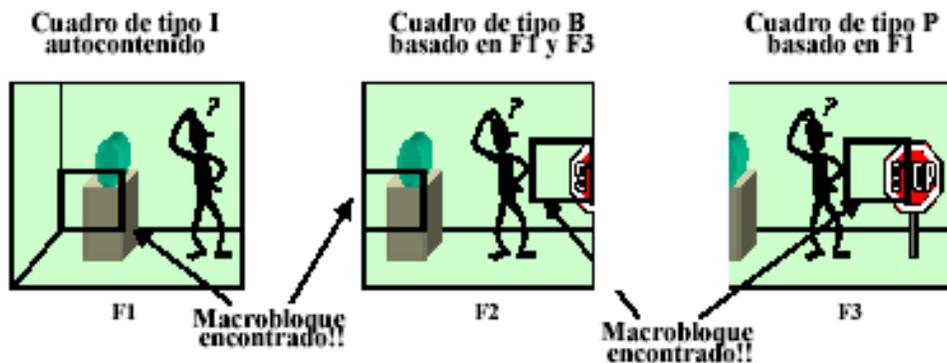


Figura 4. 6: Representación de la compresión temporal. Sucesión de tres fotogramas.

En la figura 3.6, se representa una secuencia de 3 cuadros sucesivos de un video, entre el frame 1 y 2 existe un macro bloque encontrado, lo que provoca la codificación de un vector de movimiento. Lo mismo sucede con los frames 2 y 3.

4.2.2.2 Compresión Espacial

La compresión espacial se vale de las similitudes entre píxeles adyacentes en zonas de la imagen lisas, y de las frecuencias espaciales dominantes en zonas de color muy variado.

Para cada frame se aprovechan los grupos de píxeles de características similares. Esto con el objetivo de minimizar la duplicación de datos de cada cuadro. Para conseguir la compresión por este método se emplea una herramienta matemática: la Transformada Discreta del Coseno (DCT).

Para entender este método obsérvese la figura 4.7, explicado en el párrafo a continuación.

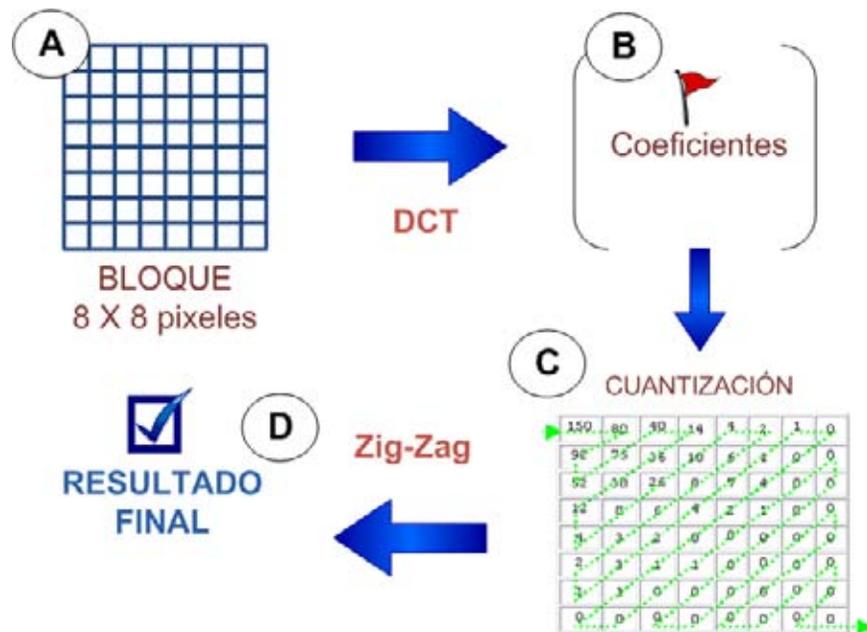


Figura 4. 7: Método de compresión espacial.

La DCT incluye la transformada rápida de fourier (FFT), y su operación básica es transformar una serie de puntos del dominio espacial a una representación idéntica en el dominio de la frecuencia. La DCT se aplica sobre una matriz de píxeles de un cuadro (A), generalmente de 8x8 cuya salida es otra matriz de iguales dimensiones que contiene los coeficientes DCT (B) que están ordenados de forma que los que contienen información útil están en la esquina superior izquierda. El coeficiente DC es la posición (0,0) y representa la media de los 63 valores.

Estos coeficientes DCT se someten a una cuantización (C) de forma que cada elemento de la matriz se divide por un valor de forma que los valores más significativos quedan prácticamente inalterados mientras que los menos significativos se convierten en 0, reduciéndose el número de bits necesarios para guardar la imagen.

El último paso es la codificación de las imágenes:

- i. Codificación del elemento DC como un valor relativo respecto a valores anteriores, ya que este valor tiene altos grados de correlación.
- ii. Reordenación de los valores DCT en zig-zag (D) ya que hay tantos de estos elementos cuyo valor es cero que deben ser codificados de forma diferente que los que no son cero. Se usa RLE (run-length encoding) que no hace sino contar el número de ceros en la imagen.

4.2.3 Compresión de video con estándares MPEG.

Un estándar multimedia es un tipo de archivo informático que almacena información de vídeo y el audio siguiendo un formato preestablecido, utilizando diferentes algoritmos de compresión/descompresión.

Algunos estándares de compresión y descompresión de video son:

- DirectShow
- Digital Video (DV)
- MPEG-1
- MPEG-2
- AVI
- MPEG-4
- MP3
- QuickTime
- RealSystem
- Sorenson Video
- TrueMotion
- Video for Windows
- VP3 (On2)
- Windows Media

Los métodos de compresión mostrados en el punto 4.2.2, son los que emplea el grupo de estándares MPEG.

El estándar MPEG, es una de las técnicas de vídeo y audio más conocidas (iniciado por el Motion Picture Experts Groups, a finales de los años 80). El principio básico de MPEG es usar la compresión por redundancia temporal, es decir, compara dos imágenes para que puedan ser transmitidas a través de la red, y usar la primera imagen como imagen de referencia (denominada I-frame). Se envían tan solo las partes de las siguientes imágenes (denominadas B y P –frames) que difieren de la imagen original. La estación de visualización de red reconstruirá todas las imágenes basándose en la imagen de referencia y en los “datos diferentes” contenidos en los B- y P- frames.

Existe un número de estándares MPEG diferentes: MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4, que se comentan a continuación.

4.2.3.1 MPEG-1:

El estándar MPEG-1 fue presentado en 1993 y está dirigido a aplicaciones de almacenamiento de vídeo digital en CD's. Por esta circunstancia, la mayoría de los codificadores y decodificadores MPEG-1 precisan un ancho de banda de aproximadamente 1.5 Mbit/segundo a resolución CIF (352x288 píxeles). Para MPEG-1 el objetivo es mantener el consumo de ancho de banda relativamente constante aunque varíe la calidad de la imagen, que es típicamente comparable a la calidad del vídeo VHS. El número de imágenes o frames por segundo (fps) en MPEG-1 está bloqueado a 25 (PAL)/30 (NTSC) fps.

4.2.3.2 MPEG-2:

MPEG-2 fue aprobado en 1994 como estándar y fue diseñado para vídeo digital de alta calidad (DVD), TV digital de alta definición (HDTV), medios de almacenamiento interactivo (ISM), retransmisión de vídeo digital (Digital Vídeo Broadcasting, DVB) y Televisión por cable (CATV). El proyecto MPEG-2 se centró en ampliar la técnica de compresión MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y de mayor calidad en detrimento de un nivel de compresión menor y un consumo de ancho de banda mayor. MPEG-2 también proporciona herramientas adicionales para mejorar la calidad del vídeo consumiendo el mismo ancho de banda, con lo que se producen imágenes de muy alta calidad cuando lo comparamos con otras tecnologías de compresión. El ratio de imágenes por segundo está bloqueado a 25 (PAL)/30 (NTSC) fps, al igual que en MPEG-1.

4.2.3.3 MPEG-4:

Es introducido a finales de 1998, Los usos principales del estándar MPEG-4 son los flujos de medios audiovisuales, la distribución en CD, la transmisión bidireccional por videófono y emisión de televisión.

MPEG-4 retoma muchas de las características de MPEG-1 y MPEG-2 así como de otros estándares relacionados, tales como soporte de VRML (Virtual Reality Modeling Language) extendido para Visualización 3D, archivos compuestos en orientación a objetos (incluyendo objetos audio, video y VRML), soporte para la gestión de Derechos Digitales externos y variados tipos de interactividad.

MPEG-4 a su vez contiene varios estándares o partes, hasta la fecha unos 21.

4.2.4 Contenedores multimedia

Para diferenciar los formatos o extensiones de los archivos multimedia, de los estándares mencionados, se explica el concepto de contenedor multimedia:

Un contenedor Multimedia es un tipo de archivo informático que almacena información de vídeo y el audio siguiendo un formato preestablecido. Algunos de los contenedores multimedia más conocidos son: AVI, MPG, QT, WMV. Otros menos conocidos son: OGM y MATROSKA.

Las pistas de vídeo y audio suelen ir comprimidas, siendo distintos los códecs utilizados dentro de cada uno de los contenedores los encargados de descomprimir la información para su reproducción.

Cuando se crea un contenedor, en primer lugar se produce la codificación de las pistas y posteriormente son "unidas" (multiplexadas) siguiendo un patrón típico de cada formato.

Cuando un archivo debe ser reproducido, en primer lugar actúa un divisor, el cual conoce el patrón del contenedor, y "separa" (desmultiplexa) las pistas de audio y vídeo. Una vez separadas, cada una de ellas es interpretada por el decodificador y reproducida.

En aquellos contenedores con más de una pista, es el reproductor (esto es, el usuario) el que selecciona la que se va a reproducir.

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

4.3 CODIFICACIÓN CON WINDOWS MEDIA SERVICE

Para transmitir audio y video sobre Internet, primero se realiza la codificación de archivos multimedia. Este trabajo se puede realizar en forma local por el servidor de video streaming (tratado en el próximo capítulo), o por un equipo remoto cuando las fuentes de video se encuentran lejanas.

Microsoft ofrece un codificador gratuito de la familia de Windows Media, llamado Windows Media Encoder, que permite codificar contenidos audiovisuales cuando la fuente se encuentra lejos del servidor de streaming.

4.3.1 Windows Media Encoder

Este software es la herramienta que se utilizó en el desarrollo de esta tesis para digitalizar, comprimir y codificar contenidos de audio y video desde el receptor satelital. Esta utilidad realiza todos los procesos descritos anteriormente en la sección 4.2.

Este codificador trabaja con los codecs de la familia de Windows Media (actualmente en la versión 9). Los codecs de audio y video se especifican a continuación:

4.3.1.1 Codecs de Audio

Windows Media Audio 9:

Ofrece una calidad de sonido de un 20% más a su predecesor. Es compatible con audio de velocidad variable (VBR). Compatible con más de 120 dispositivos electrónicos, para almacenar audio.

Windows Media Audio 9 Professional:

Códec digital de sonido envolvente de canal 5.1, capaz de capturar audio de alta resolución (24 bits y muestreo de 96 KHz) en modo estéreo o envolvente de canal 5.1 (incluso 7.1) para su transmisión o entrega para descarga y reproducción a velocidades comprendidas entre 128 y 768 Kbps. El resultado es que, en lugar de los archivos MP3 estéreo de 128 Kbps, los usuarios pueden disfrutar de audio basado en el códec WMA Pro de canal 5.1 con una mayor fidelidad a la misma velocidad de bits. Para la reproducción en el equipo del usuario, no es necesario que disponga de una tarjeta compatible para canal 5.1, ya que automáticamente se rebaja la calidad de reproducción.

Windows Media Audio 9 Lossless:

WMA 9 Lossless es códec optimizado para almacenar archivos de audio en un CD.

Windows Media Audio 9 Voice:

Este es un códec mixto de voz y música, optimizado para ofrecer calidades superiores en las transmisiones por secuencias a velocidades de bits bajas (inferiores a 20 Kbps).

Windows Media Audio 9 VBR:

El modo Velocidad de bits variable (VBR) significa que se necesita un promedio inferior de velocidad de bits y de tamaño de archivo para conseguir una calidad de sonido óptima. Aunque algunos fragmentos de una canción pueden contener muchos datos y resultar más difíciles de comprimir, otros fragmentos contienen relativamente poca información y precisan un menor número de bits. La calidad se optimiza mediante la detección de las secciones más difíciles y la consiguiente asignación de más bits a los fragmentos que necesitan un número superior. El modo VBR puede aplicarse tanto a códecs Windows Media Audio 9 como a códecs Windows Media Audio 9 Professional. El códec Windows Media Audio 9 Lossless utiliza siempre el modo VBR. En el caso de las transmisiones con una velocidad de bits baja y dispositivos como los reproductores de CD y DVD, puede utilizarse un modo de velocidad máxima restringida.

4.3.1.2 Códecs de Video

Windows Media Video 9:

Este códec de video presenta una mejora de la calidad de entre un 15 y un 50 por ciento en comparación con el códec Windows Media Video 8, esto en las velocidades de bits más elevadas. *“Un archivo de Windows Media Video (WMV) 9 suele ser un archivo con una calidad comparable a la de un archivo MPEG-4 pero con un tamaño reducido a la mitad”*.

Windows Media Video 9 Advanced Profile:

Las características clave de Windows Media Video 9 Advanced Profile son mayor compatibilidad con el entrelazado e independencia del formato de transporte. Esto último permite que contenidos comprimidos con WMV 9 Advanced Profile, puedan ser difundidos en sistemas que no usan Windows Media, como infraestructuras de emisión basadas en estándares (a través de secuencias de transporte MPEG-2 nativas), infraestructuras inalámbricas o incluso discos DVD.

Windows Media Video 9 Screen:

Idóneo para la entrega de demostraciones o para realizar demostraciones sobre el uso de equipos con fines de aprendizaje, este códec ofrece un tratamiento especial para las imágenes de mapas de bits e imágenes en movimiento en pantalla, incluso con CPU de gama baja.

Windows Media Video 9 Image:

Las imágenes estáticas pueden transformarse en vídeo a pantalla completa (640 x 480) mediante efectos de ampliación y zoom. Además, puede agregarse la característica de transiciones con disolución de cortes, lo que permite crear el efecto de un clip de vídeo totalmente editado. Los resultados pueden entregarse a velocidades tan reducidas como 20 Kbps. Estos archivos, comprimidos mediante el modo CBR o VBR en un solo paso, se

pueden compartir fácilmente debido a que su tamaño es mucho más reducido que el de los archivos originales.

Existe también una versión 2 de este códec que es mejorada.

Windows Media Video 9 VBR Mode (Modo VBR):

Con este modo, el códec Windows Media Video 9 puede buscar y asignar más bits a los fragmentos más complicados en los que se necesita un número de bits superior (por ejemplo, en secuencias con mucho movimiento) para lograr una calidad óptima con un tamaño medio de archivo inferior. Windows Media Video 9 también admite el modo VBR de velocidad máxima restringida, lo que permite a los usuarios especificar la velocidad de bits máxima permitida; es una manera de incorporar las ventajas del modo VBR a las conexiones de velocidad de bits baja y a dispositivos como reproductores DVD.

CAPÍTULO V: RED GIGABIT ETHERNET DE LA UACH

RESUMEN:

En este capítulo se exponen las características más importantes de la Red Gigabit Ethernet de la UACH, plataforma que es el soporte de las tecnologías de transmisión multimedia que se usan en este proyecto. Primero se entregan sólo algunas definiciones importantes esenciales, el capítulo no pretende explicar todo lo referente a Networking. Luego se presenta la forma en que se puede optimizar el tráfico el tiempo real a través de la red, de acuerdo a las capacidades y funcionalidades de los equipos de comunicación.

5.1 TECNOLOGÍA ETHERNET

5.1.1 Principios Básicos

Ethernet es una familia de tecnologías para networking que incluye Legacy, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, que define la forma en que los puestos de una red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Técnicamente define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Las velocidades de Ethernet pueden ser de 10, 100, 1000 ó 10000 Mbps. El formato básico de la trama y las subcapas del IEEE de las Capas OSI 1 y 2 son los mismos para todas las formas de Ethernet. Esta familia de tecnologías opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física.

Para permitir el envío local de las tramas en Ethernet, se cuenta con un sistema de direccionamiento, una forma de identificar los computadores y las interfaces de manera exclusiva. Ethernet utiliza direcciones MAC (control de acceso al medio) que tienen 48 bits de largo y se expresan como doce dígitos hexadecimales. Los primeros seis dígitos hexadecimales, que IEEE administra, identifican al fabricante o al vendedor. Los seis dígitos hexadecimales

restantes representan el número de serie de la interfaz u otro valor administrado por el proveedor mismo del equipo.

5.1.2 Formato de la trama de Ethernet

En la capa de enlace de datos, la estructura de la trama es casi idéntica para todas las velocidades de Ethernet desde 10 Mbps hasta 10000 Mbps. Sin embargo, en la capa física, casi todas las versiones de Ethernet son sustancialmente diferentes las unas de las otras, teniendo cada velocidad un juego distinto de reglas de diseño arquitectónico.

Los campos de la Trama 802.3 de Ethernet son:

Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6bytes	2 bytes	46 a 1500 bytes	4 bytes

El **Preámbulo** es un patrón de bits que se utiliza para la sincronización de los tiempos en implementaciones de 10 Mbps y menores de Ethernet. Las versiones más veloces de Ethernet son síncronas y esta información de temporización es redundante pero se retiene por cuestiones de compatibilidad.

Un **Delimitador de Inicio de Trama** (SOF) es un campo de un octeto que marca el final de la información de temporización y contiene la secuencia de bits 10101011.

El campo de **dirección destino** contiene la dirección destino MAC. La dirección destino puede ser unicast, multicast o de broadcast.

El campo de **dirección de origen** contiene la dirección MAC de origen. La dirección origen generalmente es la dirección unicast del nodo de transmisión de Ethernet. Sin embargo, existe un número creciente de protocolos virtuales en uso que utilizan y a veces comparten una dirección MAC origen específico para identificar la entidad virtual.

El campo **Longitud/Tipo** admite dos usos diferentes. Si el valor es menor a 1536 decimal, 0x600 (hexadecimal), entonces el valor indica la longitud. La interpretación de la longitud se utiliza cuando la Capa LLC proporciona la identificación del protocolo. El valor del tipo especifica el protocolo de capa superior que recibe los datos una vez que se ha completado el procesamiento de Ethernet. La longitud indica la cantidad de bytes de datos que sigue este campo.

El campo **de datos** contiene de 46 a 1500 Bytes. Cada Byte contiene una secuencia arbitraria de valores. El campo de datos es la información recibida del nivel de red.

El campo Secuencia de verificación de la trama (**FCS**, Frame Check Sequence) contiene un valor de verificación **CRC** (código de redundancia cíclica) de 32 bits o 4 bytes, calculado por el dispositivo emisor en base al contenido de la trama y recalculado por el dispositivo receptor para verificar la integridad de la trama.

5.1.3 Tecnologías Ethernet

Las primeras tecnologías Ethernet operaban a 10Mbps, sobre medios físicos distintos a los que se usan actualmente, por lo que se consideran tecnologías antiguas:

10BASE-5: 10Mbps, cable coaxial grueso (Tipo N), distancia entre nodos 500m.

10BASE-2: 10Mbps, BNC coaxial (delgado), distancia entre nodos 185m.

10BASE-T: 10Mbps, UTP RJ-45, distancia entre nodos 100m.

A continuación se describen las tecnologías de 100Mbps y de 1000Mbps, ya que son las tecnologías que se usan actualmente y que presenta la red G-UACH.

5.1.3.1 Ethernet de 100Mbps

Conocida también como Fast Ethernet. Las que han adquirido mayor importancia son:

100BASE-TX: 100Mbps, UTP RJ-45, distancia entre nodos 100m.

100BASE-FX: 100Mbps, Fibra Óptica multimodo, distancia entre nodos 228-412m.

Las características comunes a 100BASE-TX y a 100BASE-FX son los parámetros de temporización, el formato de trama y algunas partes del proceso de transmisión.

100BASE-TX usa codificación 4B/5B, que luego es mezclada y convertida a 3 niveles de transmisión multinivel o MLT-3. Transporta 100 Mbps de tráfico en modo half-duplex. Y en modo full-duplex, puede intercambiar 200 Mbps de tráfico.

100BASE-FX es una tecnología que no fue muy exitosa ya que pronto fue reemplazada por Gigabit Ethernet. 100BASE-FX también utiliza la codificación 4B/5B. La diferencia está en el medio que utiliza. El par de fibra con conectores ST o SC es el que se utiliza más comúnmente, característica que permite transmisiones de hasta 200Mbps.

5.1.3.2 Ethernet de 1000Mbps (Gigabit- Ethernet)

Los estándares para Ethernet de 1000-Mbps o Gigabit Ethernet representan la transmisión a través de medios ópticos y de cobre. El estándar para 1000BASE-X, IEEE 802.3z, especifica una conexión full duplex de 1 Gbps en fibra óptica. El estándar para 1000BASE-T, IEEE 802.3ab, especifica el uso de cable de cobre balanceado de Categoría 5, o mejor.

La diferencia de esta tecnología con las anteriores se encuentra principalmente en la capa física. Debido a las mayores velocidades de los estándares recientes, la menor duración de los tiempos de bit requiere una consideración especial. Como los bits ingresan al medio por menor tiempo y con mayor frecuencia, es fundamental la temporización. Esta transmisión a alta velocidad requiere de frecuencias cercanas a las limitaciones de ancho de banda para los medios de cobre. Esto hace que los bits sean más susceptibles al ruido en los medios de cobre.

Gigabit Ethernet utiliza dos distintos pasos de codificación. La transmisión de datos se realiza de manera más eficiente utilizando códigos para representar el corriente binario de

bits. Los datos codificados proporcionan sincronización, uso eficiente del ancho de banda y mejores características de la Relación entre Señal y Ruido.

Gigabit Ethernet (1000BASE-X) con base de fibra utiliza una codificación 8B/10B que es similar a la del concepto 4B/5B. Entonces le sigue la simple codificación de línea Sin Retorno a Cero (NRZ) de la luz en la fibra óptica. Este proceso de codificación más sencillo es posible debido a que el medio de la fibra puede transportar señales de mayor ancho de banda.

El estándar IEEE 802.3 recomienda Gigabit Ethernet en fibra como la tecnología de backbone de preferencia, ya presenta ventajas tales como:

- Inmunidad al ruido.
- No presenta problemas potenciales de conexión a tierra.
- Excelentes características de distancia.
- Muchas opciones de dispositivos 1000BASE-X.
- Se puede usar para conectar segmentos Fast Ethernet ampliamente dispersos.

5.2 RED GIGABIT ETHERNET DE LA UACH

Esta red se extiende por todos los campus y dependencias de la Universidad, representa la principal plataforma tecnológica ya que sobre ella funcionan varios servicios útiles para la comunidad. Es llamada Gigabit-Ethernet, porque la velocidad de backbone y de sus enlaces principales, es de 1Gbps, sin embargo hay enlaces sobretodo los que llegan a los terminales que son de 10/100Mbps.

5.2.1 Arquitectura de la Red

En la siguiente figura se muestra el diagrama de la Red corporativa de la UACH. En ella se ilustran los nodos principales.

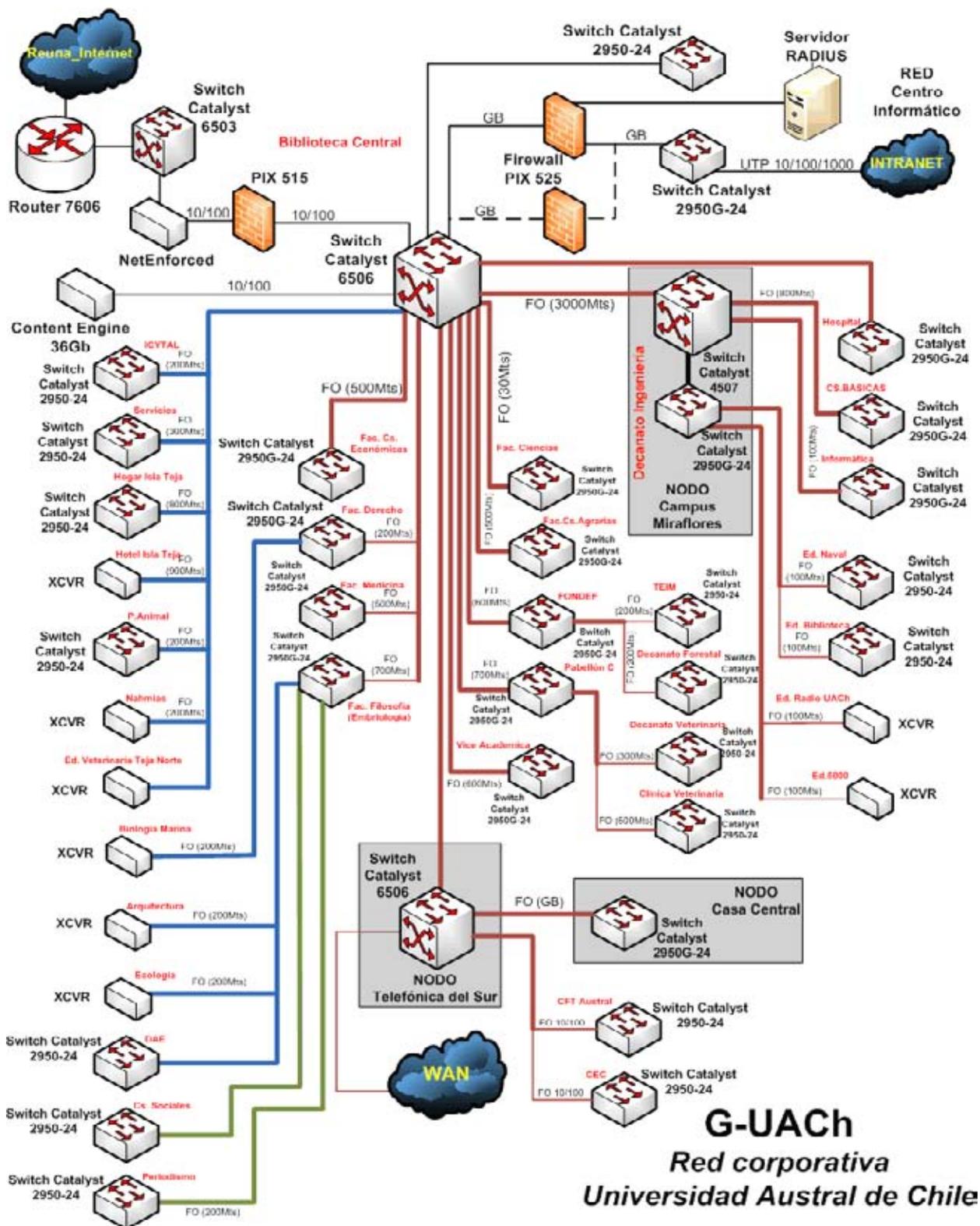


Figura 5. 1: Diagrama de la Red G-UACH

El nodo principal de la Red se encuentra ubicado en el edificio de Biblioteca Central en el Campus Isla Teja. El principal equipo aquí es el Switch Catalyst 6506 que tiene capacidades de enrutamiento. Por ello todo el tráfico interno circula por este dispositivo, así como también el tráfico que va y viene desde Internet. Para esto último, este switch de capa 3 está conectado al Router 7606 que proporciona la conectividad al enlace troncal de Reuna⁶. Entre ambos equipos, existen dos dispositivos de seguridad: el Firewall PIX 515 y el equipo de gestión de tráfico NetEnforced, más otro switch de capa 3 (6503).

El Switch 6506 también entrega conectividad a los distintos servidores entre ellos el servidor de streaming. Al igual que en el caso anterior existe un Firewall PIX 525 entre el switch de capa 3 y los equipos servidores, más un firewall de respaldo conectado en paralelo en caso de fallar el anterior.

Como se observa, el Catalyst 6506 entrega conectividad a todas unidades y facultades de la universidad. En la mayoría de los casos los enlaces son por fibra óptica.

La conectividad hacia el Switch de Ciencias Básicas, que es donde se encuentra conectado el PC Codificador, se realiza por medio de un enlace de Fibra Óptica monomodo de 3000 mts desde el campus Isla Teja al Campus Miraflores. Aquí se encuentra otro switch de Capa 3: Cisco Catalyst 4507 ubicado en el decanato de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Y desde aquí hay un enlace de FO de aproximadamente 800mt hacia el nodo de Cs. Básicas.

Como se puede apreciar, la conectividad desde el PC Codificador hacia la sala de servidores se realiza por medio de enlaces de alta velocidad donde intervienen dos conmutadores de capa 3 y dos Catalyst 2950G-24.

Para optimizar el tráfico en tiempo real entre el Codificador y el servidor de Streaming; y entre el servidor y los clientes (principalmente dentro de la misma red); es necesario realizar algunas

⁶ Red Universitaria Nacional.

configuraciones en los equipos que intervienen en la comunicación, principalmente en el dispositivo más “inteligente” de la red el Switch Catalyst 6056.

5.3 TECNOLOGÍAS PARA OPTIMIZAR TRÁFICO DE TIEMPO REAL

Luego de entender la operación de la red y conocer sus capacidades, se puede decir que existen ciertas características o funcionalidades que optimizan el tráfico en tiempo real y en general el servicio de streaming.

Existen tres puntos en los que se puede trabajar:

- Crear una **VLAN** entre el PC codificador y el Servidor de streaming.
- Configurar **QoS** para tráfico en tiempo real en los equipos más inteligentes de la red.
- Abrir los **puertos** en el firewall que especifica Windows Media Service para que operen los protocolos de Streaming más adecuados.

Los dos primeros puntos se explican a continuación. El tercero se trata en el siguiente capítulo donde se habla de la tecnología Streaming.

5.3.1 Redes de área local virtuales (VLANs)

Las VLAN's (Redes Virtuales de Área Local) son agrupaciones lógicas de computadores o estaciones de trabajo que están interconectadas de forma indirecta, es decir, ordenadores que forman una red LAN sin importar la ubicación geográfica en la que se encuentren. Hoy en día en las redes corporativas de las empresas, utilizan esta propiedad de switches y routers para agrupar terminales de trabajo bajo un fin o dependencia común, ejemplo: por departamento, por unidad de producción o por función laboral, lo que garantiza que un conjunto determinado de usuarios se agrupen lógicamente más allá de su ubicación física. Las VLAN's pueden mejorar la escalabilidad, seguridad y gestión de red si se encuentran bien diseñadas y configuradas; lo que proporciona una herramienta potente para los administradores de ésta.

La Red G-UACH, está basada en VLANs, ya que la tecnología lo permite. Esto mejora considerablemente la administración de la red y hace que el tráfico sea óptimo entre los terminales agrupados en una misma red virtual. Las agrupaciones se hacen de acuerdo facultades, unidades o servicios de la UACH.

Esta tecnología es importante ya que se puede utilizar (configurar), para comunicar directamente el PC codificador con el servidor de streaming. De esta manera pareciera que nadie más puede ver el tráfico multimedia generado entre estos dos terminales, lo que aumenta la seguridad y eficiencia en la transmisión.

A continuación una breve descripción de cómo opera esta tecnología:

5.3.1.1 Operación de las VLANs:

Una VLAN es un dominio de broadcast que se crea en uno o más switches. La figura 5.2 muestra como los tres dominios de broadcast se crean usando tres switches. El enrutamiento de capa 3 permite que el router mande los paquetes a tres dominios de broadcast diferentes.

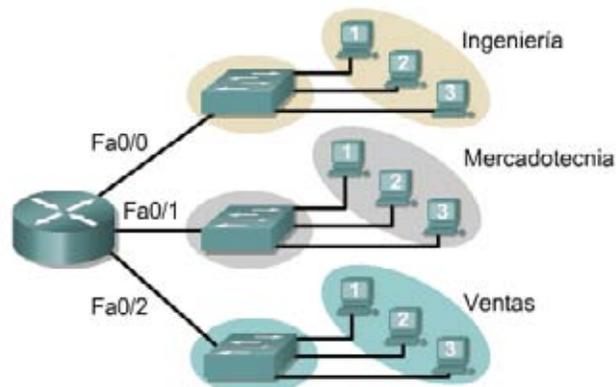


Figura 5. 2: Ejemplo de segmentación por VLANs

En la figura 5.2 se pueden reemplazar los 3 conmutadores por sólo uno que contenga los puertos principales para abarcar todos los PCs. De esta manera en un mismo switch se

pueden segmentar distintas redes virtuales, optimizando así la arquitectura de la red lo que implica directamente una reducción de costos.

La implementación de VLAN en un switch hace que se produzcan ciertas acciones:

- El switch mantiene una tabla MAC separada para cada VLAN.
- Si la trama entra en un puerto en la VLAN 1, el switch busca la tabla de punteo sólo para la VLAN 1.
- Cuando se recibe la trama, el switch agrega la dirección origen a la tabla MAC si es desconocida en el momento.
- Se verifica el destino para que se pueda tomar una decisión de envío.
- Para aprender y enviar se realiza la búsqueda en la tabla de direcciones para esa VLAN solamente.

En el capítulo VII se muestra el diseño y el resumen de configuración de una VLAN por donde circula el tráfico generado entre el PC codificador y el Servidor.

5.3.2 Calidad de Servicio (QoS)

Calidad de servicio, es un conjunto de requisitos de servicio que la red debe cumplir para asegurar un nivel de servicio adecuado para la transmisión de los datos. Estos requisitos de servicio se basan en estándares de funcionalidad QoS.

QoS permite que los programas en tiempo real optimicen el uso del ancho de banda de la red. Como QoS asegura cierto nivel de garantía de recursos de red suficientes, ofrece a una red compartida un nivel de servicio similar al de una red dedicada.

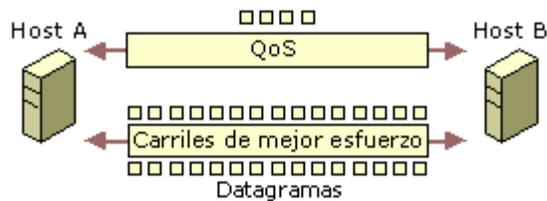


Figura 5. 3: Funcionamiento de QoS

El objetivo de QoS es conseguir un sistema de entrega garantizada del tráfico de la red, como los paquetes de Protocolo Internet.

En una red IP basada en paquetes de datos, éstos tienen una cabecera que contiene información sobre el resto del paquete. Existe una parte del paquete que se llama TOS, en realidad esta parte esta pensada para llevar banderas o marcas. Lo que se puede hacer para darle prioridad a un paquete sobre el resto es marcar una de esas banderas.

Para ellos el equipo que genera el paquete, por ejemplo un gateway de VoIP, coloca una de esas banderas en un estado determinado y los dispositivos por donde pasa ese paquete luego de ser transmitido deben tener la capacidad para poder discriminar los marcados para darle prioridad sobre los que no fueron marcados.

Existen diferentes tipos flujos de tráfico en las redes de paquetes, por lo que las necesidades para cada uno de ellos son distintas. Los parámetros que determinan estos flujos son:

- Retardo (delay)
- Variación del retardo (jitter)
- Tasa de transmisión (bit rate)
- Pérdida de paquetes (reliability)

QoS se refiere a la capacidad del proveedor para soportar los requerimientos de las aplicaciones con respecto a por lo menos las cuatro categorías de servicio mencionadas.

5.3.2.1 Arquitecturas de QoS:

Los modelos en los que se despliega calidad de servicio son los siguientes:

- Servicio del Mejor Esfuerzo (Best Effort)
- Servicios Integrados (InterServ)
- Servicios Diferenciados (DiffServ)
- Servicio de Intercambio de Etiquetas (MPLS)

5.3.2.1.1 Servicio del mejor esfuerzo (Best effort):

En este esquema todos los paquetes son tratados de la misma manera. No se hace distinción ninguna sobre ellos. Los enrutadores asumen que existen las facilidades necesarias (ancho de banda) para transmitir los paquetes. Cuando no es posible transmitir el paquete, este es descartado. Este modelo es utilizado por las aplicaciones de FTP y HTTP.

5.3.2.1.2 Servicios Integrados (InterServ):

Este modelo provee a las aplicaciones de un nivel garantizado de servicio, negociando parámetros de red, de extremo a extremo. La aplicación solicita el nivel de servicio necesario para ella con el fin de operar apropiadamente, y se basa en la QoS para que se reserven los recursos de red necesarios antes de que la aplicación comience a operar. Estas reservaciones se mantienen en pie hasta que la aplicación termina o hasta que el ancho de banda requerido por ésta sobrepase el límite reservado para dicha aplicación. El modelo IntServ se basa en el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP) para señalar y reservar la QoS deseada para cada flujo en la red. Debido a que la información de estados para cada reserva necesita ser mantenida por cada enrutador a lo largo de la ruta, la escalabilidad para cientos de miles de flujos a través de una red central, típicos de una red óptica, se convierte en un problema.

5.3.2.1.3 Servicios diferenciados (DiffServ)

Este modelo incluye un conjunto de herramientas de clasificación y mecanismos de cola que proveen a ciertas aplicaciones o protocolos con determinadas prioridades sobre el resto del tráfico en la red.

En un esquema común de DiffServ se cuenta con enrutadores de bordes para realizar la clasificación de los distintos tipos de paquetes que circulan por la red. El tráfico de red puede ser clasificado por dirección de red, protocolo, puertos, interfaz de ingreso o cualquier tipo de clasificación que pueda ser alcanzada mediante el uso de listas de acceso (ACL), en su variando para la implementación de QoS.

Este protocolo de QoS es propuesto por IETF [RFC 2475 y RFC 2474] permite distinguir diferentes clases de servicio (CoS) marcando los paquetes. Los proveedores de servicios Internet y a usuarios de grandes redes IP corporativas pueden desplegar rápidamente diferentes niveles QoS en la troncal. A diferencia de RSVP no especifica un sistema de señalización, consiste en un método para marcar o etiquetar paquetes, permitiendo a los enrutadores modificar su comportamiento de envío. Cada tipo de etiqueta representa un determinado tipo de QoS y el tráfico con la misma etiqueta se trata de la misma forma.

Para proporcionar los diferentes niveles de servicio utiliza el campo type of service (TOS) o Diffserv Codepoint (DSCP) de la cabecera del estándar Ipv4 e Ipv6. Éste es un campo de 8 bits, estando los 2 últimos reservados. Con los 6 bits restantes se consiguen 64 combinaciones: 48 para el espacio global y 16 para uso local.

Una vez que existe la capacidad de marcar los paquetes utilizando DSCP, es necesario proveer del tratamiento apropiado para cada una de estas clases. La colección de paquetes con el mismo valor DSCP circulando hacia una dirección determinada, es

llamado Comportamiento Agregado (BA, Behavior Agrégate). Es así cómo múltiples aplicaciones fuentes pueden pertenecer al mismo BA. El “Comportamiento por salto” (PHB: Per Hop Behavior) se refiere a la programación, encolamiento, limitación y modelado del comportamiento de un nodo, basado en el BA perteneciente del paquete.

El comportamiento por salto denominado “Reenvío asegurado” (AF: Assured Forwarding), es el más utilizado en la arquitectura DiffServ. Dentro de esta PHB existen 4 grupos o clases AF (o clases Cisco), que son divididos en tres grupos: gold, platinum y bronze, representando la tendencia a descartar paquetes. Cada paquete será entregado a una clase de servicio mientras se apege a un perfil de tráfico. Cualquier exceso de tráfico será aceptado por la red, pero tendrá mayor probabilidad de ser descartado según la clase de servicio y grupo. Cada nodo con DiffServ, deberá implementar alguna forma de reserva de ancho de banda para cada clase AF, y alguna forma de otorgar prioridad para permitir políticas de esta índole.

5.3.2.1.4 Servicio de Intercambio de Etiquetas (MPLS)

Es similar a servicios diferenciados por el hecho de marcar los paquetes en los nodos de ingreso y egreso de la red con la diferencia de que mientras que en diffserv el etiquetado sirve para determinar la prioridad del paquete, en MPLS este sirve para indicar el siguiente nodo a donde debe de ir el paquete. Este esquema no tiene una aplicación que lo controle, sino que reside exclusivamente en los nodos enrutadores. MPLS es independiente del protocolo de la red, por lo que puede operar además de redes IP en redes IPX, ATM, PPP o frame relay.

5.3.2.2 Métodos de Calidad de Servicio

Existen varias maneras en las que se puede aplicar QoS en una red IP. Una de ellos es el de contar con una estrategia de manejo de los paquetes en caso de congestión, o evitar que la red alcance este estado, descartando paquetes a medida que estos ingresan a la red. El

“manejo de congestión” es un término general usado para nombrar los distintos tipos de estrategia de encolamiento que se utilizan para manejar situaciones donde la demanda de ancho de banda solicitada por las aplicaciones excede el ancho de banda total de la red, controlando la inyección de tráfico a la red, para que ciertos flujos tengan prioridad sobre otros.

Los Métodos son los siguientes:

- Manejo de Congestión
- Evasión de Congestión
- Modelado del Tráfico
- Manipulación y Clasificación de Tráfico

5.3.2.2.1 Manejo de Congestión:

El manejo de la congestión se basa en algoritmos que tratan los encolados de los paquetes:

- FIFO:** El tratamiento a las colas se basa en el concepto de: primer paquete en entrar a la interfaz es el primero en salir.
- Encolado Justo (Fair Queuing ó WFQ):** Método automatizado que entrega una justa asignación de ancho de banda para toda la red.
- Encolado de Prioridad (PQ):** Los paquetes son asignados a un conjunto de colas clasificadas desde alta a baja prioridad. Las cuales son derivadas en estricto orden de prioridad.
- Encolado Personalizado (CQ):** No asegura una prioridad absoluta como PQ, permite al administrador priorizar el tráfico en forma más refinada. Se utiliza CQ para proveer a tráficos particulares de un ancho de banda garantizado en un punto

de posible congestión, asegurando para este tráfico una porción fija del ancho de banda y permitiendo al resto del tráfico utilizar los recursos disponibles.

- e) **Encolado justo basado en clases (CBWFQ):** Desarrollado para evitar las limitaciones de escalamiento de WFQ, permite la creación de clases definidas por el usuario, entregando un mayor control sobre las colas de tráfico y asignación de ancho de banda. Las clases pueden ser determinadas según protocolo ACL, valor DSCP, o interfaz de ingreso.

- f) **Encolado de Baja Latencia (LLQ):** Es una mezcla entre Encolado de Prioridad y CBWFQ. Es actualmente el método de encolamiento recomendado para Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía IP, que también trabajará apropiadamente con tráfico de videoconferencias. LLQ consta de colas de prioridad personalizadas, basadas en clases de tráfico, en conjunto con una cola de prioridad, la cual tiene preferencia absoluta sobre las otras colas.

5.3.2.2.2 Evasión de la Congestión:

Las metodologías de evasión de congestión se basan en la manera que los protocolos operan, con el fin de no llegar a la congestión de la red.

Existen dos técnicas usadas: RED (Random Early Detection, detección temprana aleatoria) y WRED (Weighted Random Early Detection, detección temprana aleatoria)

5.3.2.2.3 Modelado de Tráfico:

El modelado de tráfico se refiere a la limitación de ancho de banda para un determinado tráfico que por ejemplo sale de una interfaz. Existen dos metodologías de limitación de ancho de banda:

- a) **Policyng:** transmisión para una clase de tráfico. Si este umbral es excedido, una de las acciones inmediatas será ejecutada: transmitir, descartar, o remarcar. En otras palabras, no es posible almacenar los paquetes para posteriormente enviarlos, como es el caso de Traffic Shaping.

- b) **Traffic Shaping (Modelamiento de tráfico):** Es utilizado en situaciones en las cuales el tráfico saliente debe respetar una cierta tasa máxima de transmisión. Este proceso es realizado independientemente de la velocidad real del circuito. Esto significa que es posible modelar tráficos de Web o Ftp a velocidades inferiores a las del receptor. Se hacen uso de las listas de acceso para clasificar el flujo y se pueden aplicar políticas restrictivas de modelado de tráfico a cada flujo.

5.3.2.2.4 Manipulación y Clasificación de Tráfico:

Para manipular los tráficos y otorgarles Calidad de Servicio, se utilizan los procedimientos básicos de clasificación y asignación de prioridad, denominados Mapas de Clase y Mapas de Política:

- a) Un **mapa de clase:** es un mecanismo para nombrar y aislar un flujo de tráfico específico. Éste define el criterio utilizado para comparar el tráfico para más tarde clasificarlo, el cual puede incluir selecciones mediante ACL estándar o extendida, una lista específica de DSCP, o valores de Precedencia IP. Después que el paquete es confrontado al criterio del mapa de clase, es posible clasificarlo mediante el uso de mapas de política.

- b) Un **mapa de política:** especifica en qué clase de tráfico actuará. Las acciones pueden ser: confiar en los valores de CoS (Class of Service), DSCP o Precedencia IP de la clase de tráfico, establecer un valor específico de éstos o especificar las limitaciones de ancho de banda y la acción a tomar cuando el tráfico cae fuera del

perfil definido en el mapa de política. Antes que un mapa de política sea efectivo, debe adjuntarse a una interfaz.

En el capítulo VII se muestra el diseño propuesto para implementar QoS en la Red Gigabit Ethernet, en favor de la optimización del tráfico en tiempo real.

CAPÍTULO VI: STREAMING DE VIDEO

RESUMEN:

En este capítulo se explica la tecnología fundamental que hace posible las transmisiones de video en Internet. Se explica la definición de este término, se muestra la arquitectura usada en un sistema streaming y se exponen las características de un servidor de video streaming.

6.1 DEFINICIÓN DE STREAMING

El término “video streaming” o "media streaming" se aplica a una serie de productos y técnicas cuyo objetivo es la difusión de contenidos multimedia tales como audio y video. Este sistema de distribución se caracteriza por la visualización de los contenidos en el terminal del usuario sin la necesidad de esperar la descarga completa de un fichero.

Con la recepción de una pequeña parte, el terminal es capaz de entregar el contenido al usuario, mientras continúa recibiendo la corriente de datos (streaming) que irá mostrando posteriormente. La parte almacenada actúa como "colchón" entre el ancho de banda irregular que caracteriza a las redes TCP/IP y el débito continuo que requieren las transmisiones de audio y video.

Los sistemas de media streaming contemplan la distribución de contenidos tanto en una red corporativa como en Internet. Los contenidos pueden estar almacenados previamente en un servidor (video on demand, media streaming), o crearse en el mismo momento de su difusión (live media streaming).

6.2 MODELO DE SERVICIO

El esquema convencional para la instalación de un servicio de "video streaming" tiene dos actividades fundamentales y bien diferenciadas:

- La elaboración de contenidos en un formato digital utilizando procedimientos de compresión.
- La distribución de los contenidos por la red a los clientes o usuarios finales.

La elaboración de contenidos se explicó en los anteriores capítulos, que en este caso es televisión satelital. Como se vio, existe generalmente una primera fase de captura de audio-video, ya se trate de eventos en directo o de contenidos grabados (cintas de video, archivos multimedia), y una fase de compresión en la que se trata separadamente el audio y el video. Los sistemas de videoconferencia multimedia en Mbone⁷ cuentan incluso con aplicaciones distintas para cada componente. El resultado de esta actividad puede ser un fichero multimedia (archivo contenedor), o una corriente (streaming).

La distribución de contenidos incluye la difusión de las referencias, generalmente mediante URLs de los mismos incluidos en páginas web. Un servidor especializado (servidor de streaming), almacena y/o distribuye los contenidos a los clientes. Los servidores pueden proporcionar dos tipos de contenidos:

- **VoD (video on demand)**, petición por clientes individuales de ficheros almacenados en el servidor, sobre los que tiene un control similar a un video doméstico (posicionamiento, paro, retroceso o avance rápido, etc.).
- **Difusión (broadcast)** a varios clientes de un mismo contenido, ya sea creado en ese momento en vivo (live broadcast), o almacenado previamente en el servidor. El sistema de "difusión" tiene analogías con los canales de TV.

⁷ Multicast Backbone: Red de banda ancha y alta velocidad que permite la realización de audio y videoconferencias entre centenares de usuarios remotos a través de varios canales de vídeo y de audio.

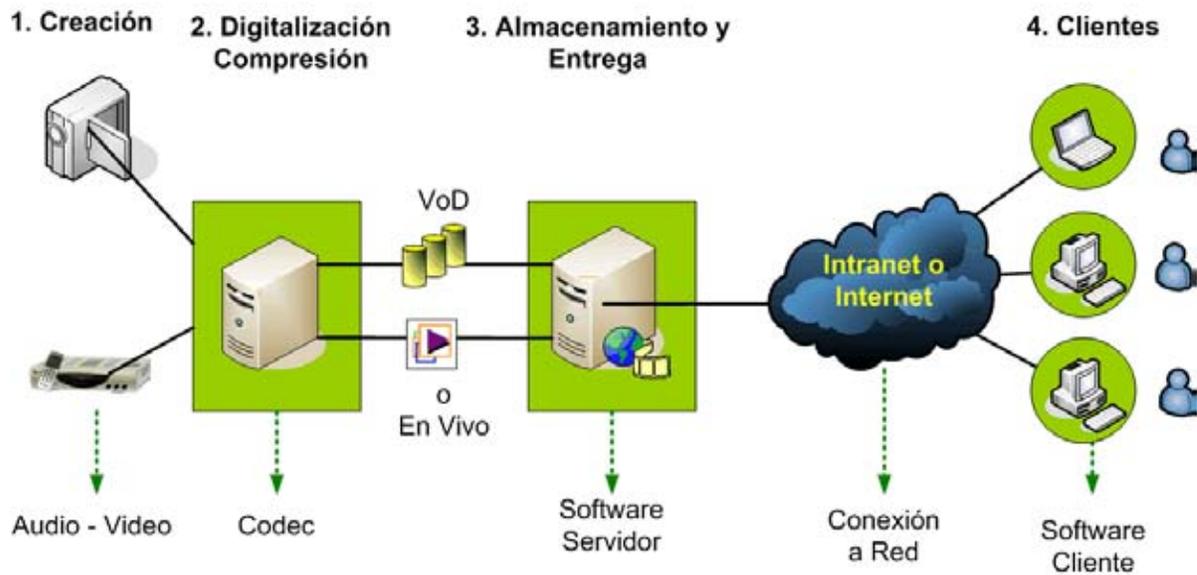


Figura 6. 1: Modelo de servicio de un sistema de video streaming.

6.3 CONTROL DE QoS EN LA CAPA DE APLICACIÓN

Un control de calidad de servicio en la capa de aplicación se puede realizar para maximizar la calidad del video cuando ocurren pérdidas de paquetes o cambios en el ancho de banda disponible. Las técnicas utilizadas incluyen el control de congestionamiento y el control de error. Estas técnicas se emplean por los sistemas finales y no requieren soporte de QoS en los routers o las redes.

6.3.1 Control de Congestionamiento

Tanto las pérdidas como las demoras son muy nocivas para la calidad de presentación del video. Así, el control de congestión es una forma de prevenir la pérdida de paquetes haciendo cambios que afectan el bit rate. Los siguientes mecanismos son utilizados para control de congestionamiento:

6.3.1.1 Control de Tasa:

Esta técnica determina una tasa de envío de tráfico de video en función de una estimación del ancho de banda disponible en la red. Se clasifican en tres categorías: basados en la fuente, basados en el receptor e híbridos.

- Basados en la fuente: En este caso, el remitente es responsable de la adaptación de la tasa de transmisión. Se emplea una realimentación sobre la red para tomar las decisiones de adaptación. Este sistema sirve tanto para difusión punto a punto como para multidifusión.
- Basados en el receptor: En este caso los receptores regulan la tasa de recepción de las ráfagas de video mediante el agregado o descarte de canales. El remitente no participa en el control de la tasa de envío. Este sistema se utiliza generalmente para la multidifusión en capas de video. Al igual que en el sistema basado en la fuente se puede ajustar la tasa mediante pruebas o mediante modelos. El método de prueba consta de dos partes:
 - Cuando no se detecta congestión, el receptor chequea el ancho de banda disponible acoplando una capa (aumenta la tasa de recepción). Si no se detecta congestión se adopta la capa acoplada y se busca otra nueva, de lo contrario se descarta la capa agregada.
 - Cuando se detecta congestión se descarta una capa bajando así la tasa de recepción.
- Control Híbrido, en este sistema los receptores regulan la tasa de recepción agregando o descartando canales mientras que el remitente ajusta la tasa de transmisión para cada canal según la realimentación de información de los receptores.

6.3.1.2 Limitación de Tasa:

La limitación de la tasa es una técnica en que la tasa de las tramas de video precomprimido puede ser adaptada a un valor límite impuesto. Se implementa mediante una interfase o filtro entre la capa de compresión y la capa de transporte o entre dos segmentos de red donde el flujo de video pueda ser acompasado con el ancho de banda disponible. Los distintos tipos de limitadores de tasa son:

- Filtro Codec: Comprime o descomprime un flujo de video.
- Filtro descarta cuadros: Distingue los distintos tipos de cuadros y los descarta según su importancia para bajar el bit rate.
- Filtro descarta capas: Distingue los distintos tipos de capas y los descarta según su importancia para bajar el bit rate.
- Filtro de frecuencia: Realiza operaciones en la capa de compresión. Trabaja en el dominio de la frecuencia (coeficientes DCT).
- Filtro de re cuantificación: Realiza operaciones en la capa de compresión mediante re cuantificaciones, variando los coeficientes DCT (Afecta el bit rate).

6.3.2 Control de Error

El control de congestión es una buena forma de prevenir la pérdida de paquetes haciendo cambios que afectan el bit rate. Sin embargo, la pérdida de paquetes es inevitable en Internet, por lo que se necesitan mecanismos de control de error.

Las técnicas de control de error se clasifican en cuatro categorías:

6.3.2.1 FEC:

La corrección de error hacia adelante (FEC) se basa en agregar información redundante de forma que el mensaje original pueda ser reconstruido ante pérdida de paquetes. La trama de video se corta en segmentos, cada uno de los cuales se empaqueta en k paquetes. Luego, para cada segmento se aplica un código de bloque generando un bloque de n paquetes donde $n > k$. Para poder recuperar perfectamente un segmento, el usuario sólo necesita recibir k paquetes cualesquiera en el bloque de n paquetes.

6.3.2.2 Retransmisión con demora acotada:

La retransmisión no es un método útil para recuperar pérdidas en la transmisión de video, ya que un paquete retransmitido puede haber perdido ya su momento de visualización. Sin embargo, si el tiempo de viaje es corto respecto a la demora máxima admisible, la retransmisión con demora acotada es una opción viable para control de error.

Para difusión a un punto se utilizan tres mecanismos de retransmisión:

- Control basado en el receptor. El receptor ejecuta el siguiente algoritmo:

Cuando el receptor detecta la pérdida del paquete N :

$$\text{Si } (T_C + RTT + D_S < T_d(N))$$

Envía la solicitud del paquete N para el remitente.

Donde T_C es el tiempo actual, RTT es el tiempo estimado de viaje ida y vuelta, D_S es un término de ajuste y $T_d(N)$ es el tiempo donde debería mostrarse el paquete N .

- Control basado en el emisor. El objetivo es eliminar las retransmisiones de los paquetes que no llegaran a tiempo para ser mostrados. El algoritmo que emplea el remitente es:

Cuando el emisor recibe un pedido por el paquete N:

$$\text{Si } \left(T_c + \frac{RTT}{2} + D_s < T'_d(N) \right)$$

Retransmite el paquete N al receptor

Donde $T'_d(N)$ es una estimación de $T_d(N)$

- Control Híbrido. Es una combinación de los esquemas anteriores.

Para difusión múltiple, la retransmisión queda restringida a los miembros más cercanos

6.3.2.3 Codificación resistente al error

Busca la recuperación del error trabajando en la capa de compresión y limitando la compresión del daño.

6.4 SERVIDORES DE STREAMING

Para poder ofrecer servicios de calidad, los servidores de streaming deben procesar datos multimedia con ciertas restricciones temporales para prevenir fallas en la entrega de contenidos. También deberán soportar comandos tipo VCR que permitan parar, poner en pausa, adelantar o retroceder el video y entregar el audio y video sincronizados.

Para ofrecer contenidos multimedia siguiendo el modelo VoD (video on demand) es posible utilizar servidores web convencionales. Como principal ventaja se reduce la complejidad de la instalación. Pero no se considera una elección adecuada, por diversas razones:

- Los ficheros multimedia son de gran tamaño, y consumen tiempo de CPU y de comunicaciones por largos períodos de tiempo. A esto debemos sumar la posible acumulación de peticiones simultáneas de un mismo contenido.

- Al tratarse de ficheros almacenados en un servidor WWW, el cliente se puede hacer con una copia local. No se puede proteger de forma efectiva los derechos de copyright.
- No es aconsejable integrar los streamings de video con otros contenidos convencionales.
- Los servidores WWW no pueden ofrecer contenidos siguiendo el modelo de difusión (broadcast).

La opción más adecuada es instalar un servidor especializado. Por una parte son capaces de ofrecer servicios de difusión (broadcast) que no están disponibles en los servidores web convencionales, la utilización de tecnologías IP multicast permite el ahorro de ancho de banda. Por otra parte los clientes más comunes están preparados para utilizar servicios que sólo puede soportar un servidor dedicado de streaming, como la optimización de la calidad de recepción en función del ancho de banda disponible.

Un servidor de video streaming consta de:

- Comunicador: Involucra la capa de aplicación y los protocolos de transporte implementados en el servidor.
- Sistema Operativo: Además de los servicios típico el SO deberá soportar aplicaciones en tiempo real.
- Sistema de almacenamiento: Deberá soportar almacenamiento y retiro continuo de medios.

6.4.1 Servidor de Streaming del Centro Informático

El servidor de Streaming del Centro Informático utiliza Windows Media Server, componente de la plataforma Windows Media Services 9 Series. Este potente software trabaja en conjunto con Windows Media Encoder y Windows Media Player, para entregar audio y video a clientes en una

Intranet o Internet. Estos clientes pueden ser otros computadores o dispositivos que reproduzcan contenidos usando un reproductor, tal como Windows Media Player. O también entregar material audiovisual a otros computadores ejecutando Windows Media Server como Proxy, caché o redistribución de contenidos. Los clientes también pueden ser aplicaciones que han sido desarrolladas utilizando Windows Media 9 Series SDK (Kit software de desarrollo).

Windows Media Service puede difundir contenidos en vivo o preexistentes como archivos multimedia. Para planificar distribuciones de contenido en directo, hay que configurar un punto de publicación de difusión y entonces conectarlo con un software como Windows Media Encoder, este es capaz de comprimir “streams” en un formato que soporta el servidor. También se puede realizar streaming a partir de contenidos preexistentes que han sido codificados con Windows Media Encoder, Microsoft Producer para Power Point, Windows Movie Maker, u otros programas de codificación compatibles. El servidor además puede difundir contenidos desde un punto de publicación de video a demanda.

6.5 PROTOCOLOS PARA STREAMING

Un protocolo de red o de comunicación se le llama al conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red. En este caso particular, las entidades de las cuales se habla son los programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales como dispositivos electrónicos que interactúan en la difusión de contenidos mediante la tecnología streaming.

En este sentido, los protocolos son diseñados y estandarizados para la comunicación entre los clientes y los servidores de streaming. Se clasifican en tres categorías:

- protocolos de capa de red (Capa 3 del modelo OSI),
- protocolos de transporte (Capa 4 del modelo OSI), y
- protocolos de control de sesión (Capa 5 del modelo OSI).

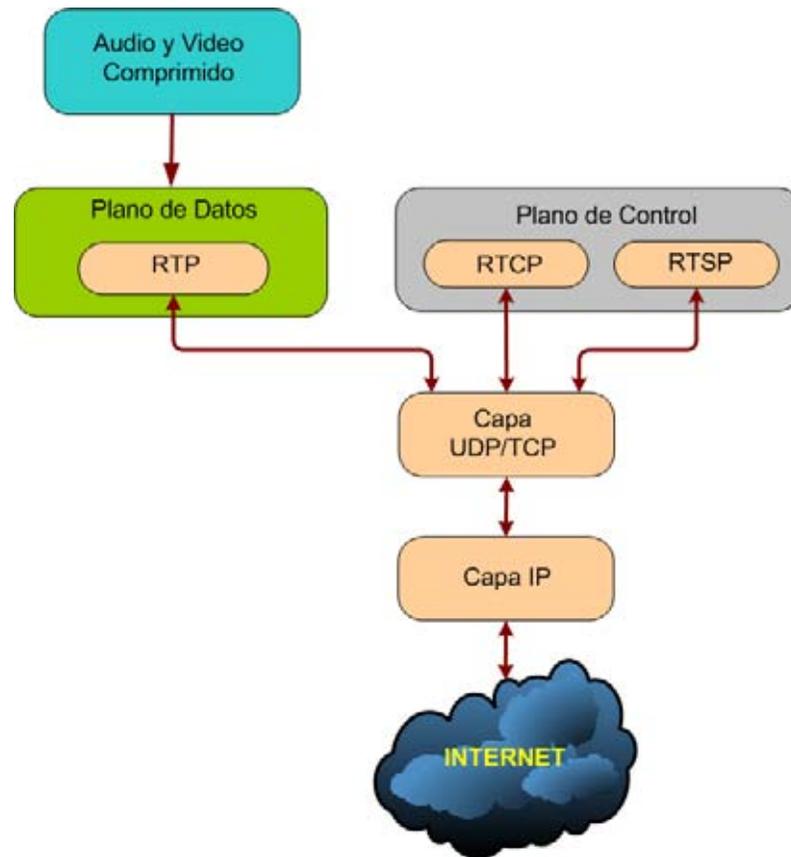


Figura 6. 2: Pila de protocolos para video streaming.

6.5.1 Protocolos de capa de red

Los protocolos de capa de red para streaming, son los mismos que para el resto de transmisiones en Internet. El protocolo por excelencia de este nivel es el IP (protocolo de Internet), el cual es un protocolo que no está orientado a la conexión.

Los datos de audio y video, así como cualquier dato que circula en una red basada en IP, son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas. IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante checksums o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, esta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP.

6.5.2 Protocolos de Transporte

Los protocolos de transporte para streaming de medios incluyen **UDP** (User Datagram Protocol), **TCP** (transmission control protocol), **RTP** (Real-Time Transport protocol) y **RTCP** (Real-Time Control protocol). Los protocolos UDP y TCP proveen las funciones básicas de transporte mientras que RTP y RTCP corren encima de estos.

TCP Y UDP:

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

Funciones de TCP para la transmisión de datagramas:

- Libre de errores
- En orden
- Sin pérdidas
- Sin duplicaciones

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

UDP proporciona una sencilla interfaz entre la Capa de red y la Capa de aplicación. UDP no otorga garantías para la entrega de sus mensajes y el origen UDP no retiene estados de los

mensajes UDP que han sido enviados a la red. Cualquier tipo de garantías para la transmisión de la información, deben ser implementadas en capas superiores.

RTP y RTCP:

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

Funciones que provee RTP:

- Marcado temporal: Las marcas temporales permiten sincronizar diferentes flujos de medios.
- Numeración de secuencias: Dado que UDP no envía los paquetes en secuencia, RTP los numera para que puedan ser ordenados a su llegada.
- Identificación del tipo de carga: Se identifica el tipo de carga útil en el paquete con un campo de cabezal RTP.
- Identificación de fuente: Cada paquete RTP se identifica con un cabezal llamado SSRC⁶⁹ que actúa como identificador de la fuente.

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

- Realimentación de QoS: Es la función principal del RTCP. La información se envía a través de Reportes de remitente y Reportes de Receptor. Estos reportes contienen la información de:
 - 1) Fracción de paquetes RTP perdidos desde el último reporte,
 - 2) Número de paquetes perdidos acumulado desde el comienzo de la recepción,

- 3) Jitter⁸ de paquetes
 - 4) Demora desde la recepción del último reporte de remitente
- Identificación del participante: La fuente puede ser identificada por el campo SSRC en el cabezal RTP. RTP posee paquetes que contienen información de los participantes de la sesión incluyendo nombre de usuario, teléfono, e-mail y otros.
 - Escalado de control de paquetes: Para escalar según el número de participantes se mantiene el número total de paquetes a un 5 % de ancho de banda total de la sesión, A su vez, dentro de los paquetes de control, un 25% se utiliza para el envío y un 75% para informes de recepción.
 - Sincronización entre medios.
 - Información de control de sesión mínima. Transporta información de la sesión.

6.5.3 Protocolo de control de sesión RTSP

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

RTSP también provee:

- Recuperación de medios a petición del cliente.

⁸ Jitter: Variación en la cantidad de latencia entre paquetes de datos recibidos.

- Invitación de un servidor de medios a una conferencia.
- Adición de medios a una sesión existente.

Este protocolo debe proveer los mismos servicios para audio y video como lo hace HTTP para texto y gráficos. En RTSP cada trama se identifica como un RTSP URL.

Aplicaciones como Quick Time Real y Windows Media usan este protocolo de sesión en un sistema de streaming.

6.5.4 Protocolos usados por Windows Media Service:

Microsoft Windows Media Services 9 Series utiliza dos protocolos de media streaming para difundir contenido unicast a sus clientes:

- **RTSP:** Real Time Streaming Protocol
- **MMS:** Microsoft Media Server Protocol

Estos protocolos soportan control de acciones en el cliente, tales como: parar, rebobinar, adelantar.

RTSP es un protocolo de la capa de aplicación que fue creado específicamente para proporcionar control de las difusiones en tiempo real tales como audio y video. RTSP trabaja conjuntamente con el protocolo RTP (Protocolo de Transporte en tiempo real) para ajustar el formato de los paquetes con contenido multimedia y negociar el protocolo más eficiente de la capa de transporte, ya sea UDP o TCP, cuando se difunden los stream a los clientes.

MMS es un protocolo propio de la capa de aplicación que fue desarrollado para versiones anteriores de Windows Media Service.

Uso de HTTP:

HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto), es usado para transportar contenidos multimedia cuando los puertos de los protocolos RTSP y MMS están bloqueados en firewall. Windows Media Service puede usar HTTP sobre el puerto 80 para realizar streaming y difundirlo a cualquiera de las versiones de Windows Media Player.

HTTP también es el protocolo que transporta los contenidos multimedia que se transmiten desde el codificador remoto hacia el servidor de streaming. Por defecto utiliza el puerto 8080 pero el usuario puede modificar y elegir otro distinto.

En la siguiente figura se grafica el uso de cada protocolo en un sistema streaming con diferentes formas de distribución.

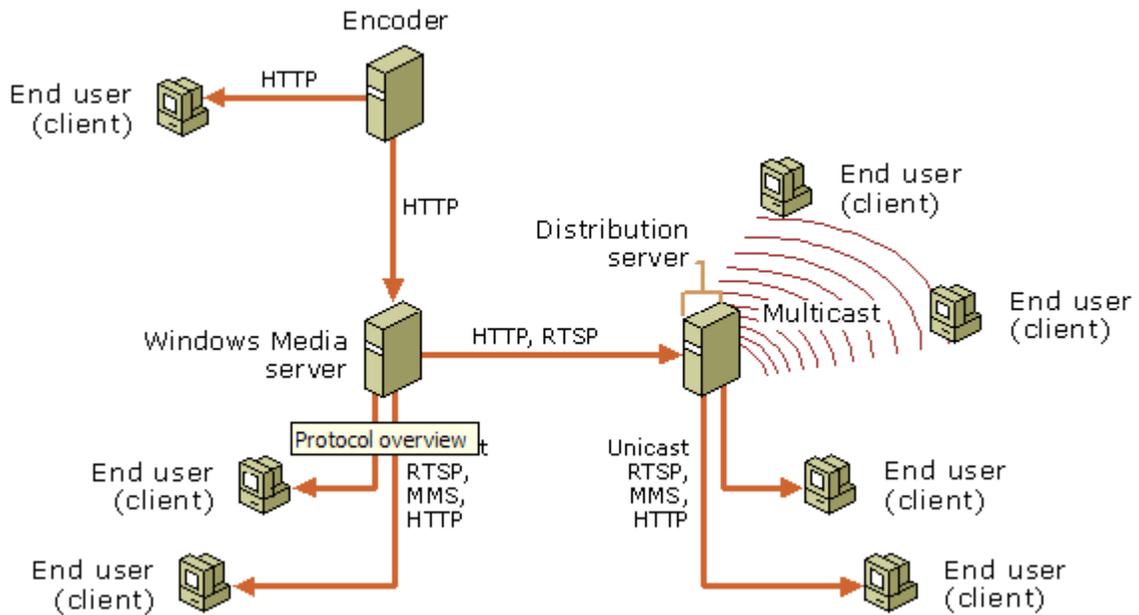


Figura 6. 3: Tipos de protocolos usados de acuerdo al tipo de comunicación.

A continuación se muestra una tabla con los protocolos, puertos usados y su descripción, con que trabaja Windows Media Service para difundir contenido unicast.

Protocolo de Aplicación	Protocolo	Puerto	Descripción
RTSP	TCP	554 (In/Out)	Utilizado para aceptar conexiones entrantes de clientes RTSP y para entregar el flujo de paquetes de datos los clientes que están usando RTSPT.
RTSP	UDP	5004 (Out)	Utilizado para entregar stream a clientes que usen RTSPU.
RTSP	UDP	5005 (In/Out)	Usado para recibir información de paquetes perdidos y proporcionar información de sincronización a clientes que estén recibiendo stream usando RTSPU.
MMS	TCP	1755 (In/Out)	Usado para aceptar conexiones entrantes de clientes MMS y para entregar paquetes de datos a clientes que reciban streams usando MMST
MMS	UDP	1755 (In/Out)	Utilizado para recibir información de paquetes perdidos de clientes y para entregar información de sincronización a clientes que reciban streams usando MMSU.
MMS	UDP	1024-5000 (Out)	Utilizado para entregar paquetes de datos a clientes que reciban streams usando MMSU. Abrir sólo el número necesario de puertos.
HTTP	TCP	80 (In/Out)	Utilizado para aceptar conexiones entrantes de clientes HTTP y para entregar paquetes de datos a clientes que reciban streams usando HTTP.

Tabla 6. 1: Protocolos y puertos usados por Windows Media Service, para emisiones unicast.

CAPÍTULO VII: DESARROLLO PRÁCTICO EXPERIMENTAL

RESUMEN

En este capítulo se explica el desarrollo del trabajo práctico realizado con el fin de implementar el servicio de televisión satelital cultural a través de Internet. Primero se explica la metodología usada en la búsqueda y recepción de señales de TV satelital. Luego se presenta un resumen de las configuraciones realizadas para optimizar el tráfico multimedia a través de la red de la UACH, finalmente se presenta una síntesis de las pruebas de codificación y transmisión efectuadas, exponiendo los resultados obtenidos.

7.1 METODOLOGÍA USADA PARA LA RECEPCIÓN DE CANALES

Como lo indica el título de esta tesis, se requiere recibir canales satelitales del tipo cultural. Para ello es necesario investigar la oferta disponible, dentro de las señales que irradian en esta zona. En este procedimiento, es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones claves que determinan la recepción de las señales, las cuales se explican a continuación.

7.1.1 Factores que determinan el acceso a los Satélites.

Los factores que determinan la recepción de un canal satelital para este caso son:

- Arco geoestacionario visible.
- Cobertura de la radiación del Satélite (huella).
- Potencia irradiada.
- Bandas de frecuencias.
- Tipo de encriptación

7.1.1.1 Arco Geoestacionario Visible:

En un principio, el acceso a los satélites está determinado por el arco de visibilidad de la estación terrena, es decir, el límite de movimiento Azimut que presenta la antena. En el caso de Valdivia, el arco está comprendido entre 5°E y 152°O. Sin embargo la antena parabólica con que se cuenta para el desarrollo del trabajo, está limitada en su movimiento azimut hacia el oeste, llegando sólo hasta unos 70°O aproximadamente.

7.1.1.2 Cobertura de la radiación satelital:

La zona de cobertura se representa en los mapas como “huella” de potencia del satélite en cuestión. La huella de potencia viene definida de acuerdo a la anchura del haz de la antena transmisora del satélite. Es necesario entonces, que los haces de las antenas transmisoras de los satélites iluminen esta zona, es decir, que la ciudad de Valdivia se encuentre dentro de su huella.

7.1.1.3 Potencia Irradiada:

Podría darse el caso en que la zona de Valdivia se encuentre demarcada por la huella de un satélite, y sin embargo no se logre acceder a éste. Esto podría deberse a que la potencia con que llegan las señales, no es la suficiente para recibirla. Este factor está relacionado directamente con la ganancia de la Antena.

7.1.1.4 Bandas de Frecuencia:

Los satélites comerciales trabajan en las Bandas C y Ku. Soportar o no estas bandas, dependerá de los Tipos de LNB empleados.

7.1.1.5 Tipo de Encriptación:

La encriptación es el proceso mediante el cual la información es codificada de tal manera que no pueda ser interpretada fácilmente. Es una medida de seguridad utilizada para que al momento de transmitir la información, como la de las señales satelitales, ésta no pueda ser interceptada por destinos no deseados.

Hoy en día casi la totalidad de los canales satelitales están modulados en forma digital, característica que se aprovecha para transmitir canales con restricciones, es decir, hay que pagar a una empresa proveedora de televisión satelital como Sky o DirecTV, que ofrecen paquetes de canales con amplio contenido. Sin embargo existen canales abiertos o libres de pago, que emplean encriptación bajo el estándar europeo DVB (Digital Video Broadcast), (ver Anexo B).

Pues bien, este es un factor más, que determina el canal que se quiere recibir, ya que se deberá decidir si se está dispuesto o no, a pagar un costo periódicamente para recibir canales satelitales. En este caso particular se cuenta con un Receptor Digital DVB para recibir señales no encriptadas.

De acuerdo a los factores mencionados, los canales a los que se puede acceder, para este caso en particular, están limitados por:

- Satélites Geoestacionarios ubicados entre los 5°E y 70°O aproximadamente.
- Satélites que irradian hacia el hemisferio sur, cuya huella demarque la zona de Valdivia y posean una PIRE de a lo menos entre 25 a 28 dBw.
- Señales que se encuentren en banda C y Ku.
- Canales que se transmitan bajo la tecnología DVB (sin encriptar).

7.1.2 Oferta de Satélites

La información sobre la ubicación de satélites geostacionarios, así como también sobre los canales que transmiten, bandas de frecuencias utilizadas y tipo de encriptación, se encuentra disponible en la página Web <http://www.lyngsat.com>. En este sitio, además se encuentran enlaces directos a las páginas de las flotas satelitales, donde se pueden obtener datos como las huellas de las señales y las potencias irradiadas.

De acuerdo a los factores mencionados y a la información obtenida en el sitio Web citado, los satélites a los que se puede acceder son los siguientes:

Ubicación	Satélite	Banda de Frecuencia
11.0°O	Express A3	C & Ku
12.5°O	Atlantic Bird 1	Ku
15.0°O	Telstar 12	Ku
22.0°O	NSS 7	C & Ku
24.5°O	Intelsat 905	C & Ku
27.5°O	Intelsat 907	C & Ku
30.0°O	Hispasat 1C	Ku
30.0°O	Hispasat 1D	Ku
31.5°O	Intelsat 801	C & Ku
34.5°O	Intelsat 903	C & Ku
*40.5°O	NSS 806	C & Ku
*43.1°O	PAS 3R	C & Ku
*45.0°O	PAS 1R	C & Ku
*50.0°O	Intelsat 705	C
53.0°O	Intelsat 707	C & Ku
*55.5°O	Intelsat 805	C
*58.0°O	PAS 9	C & Ku

*61.0°O	Amazonas	C & Ku
71.8°O	Nahuel 1	Ku

Tabla 7. 1: Oferta de Satélites

La oferta disponible es amplia a pesar del arco limitado. Sin embargo, en el desarrollo práctico, sólo se trabajó con señales en banda C. Por lo que los canales recibidos se obtuvieron de los satélites resaltados con asterisco (*).

7.1.3 Oferta de Canales

Los canales recibidos y que están almacenados en el receptor son los que se muestran en la sección 7.5.1. Del satélite NSS 806, destaca el canal “Telepacífico”, estación televisiva colombiana que transmite dentro de su parrilla programática contenidos culturales como documentales. Este canal se ha dejado en línea por algunos periodos para probar el funcionamiento del sistema.

7.1.4 Método empleado para la recepción de canales

Antes de explicar el procedimiento para determinar la ubicación exacta de un satélite en particular, es necesario ilustrar el diagrama de conexiones de la unidad de sintonía.

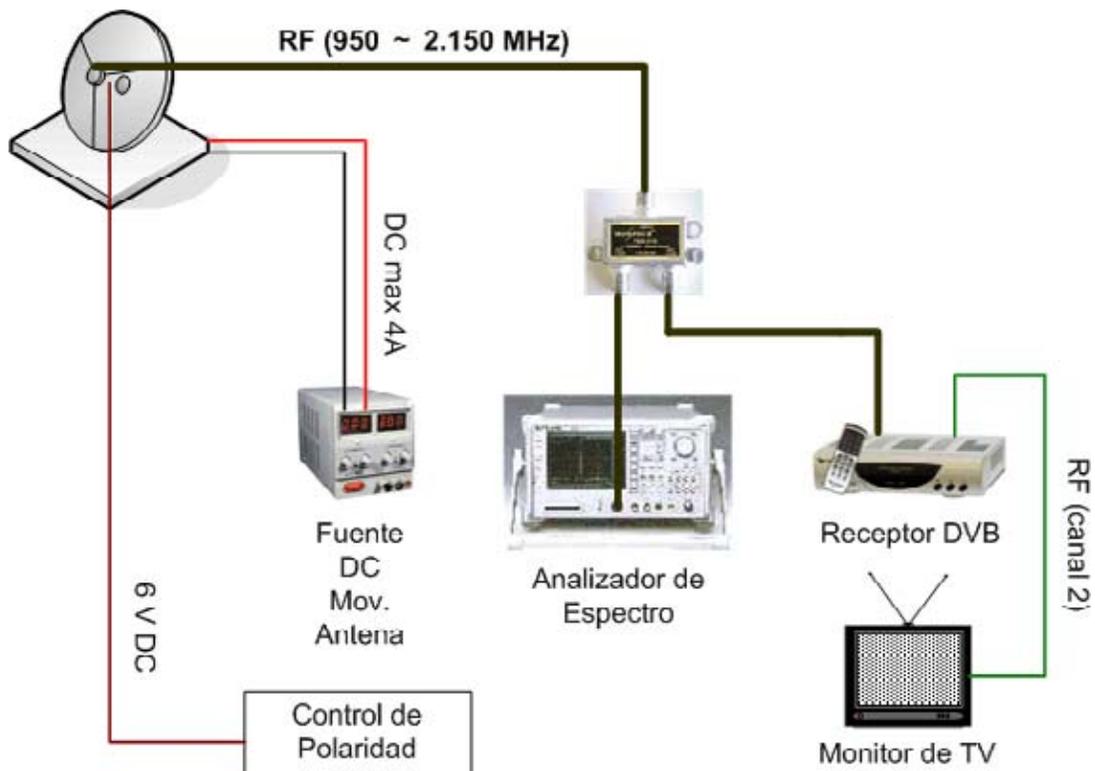


Figura 7. 1: Diagrama de conexiones de la unidad de sintonía (imágenes de los equipos son referenciales).

Para lograr recibir un canal en particular, con el equipamiento existente en el Instituto de Electricidad y Electrónica, se deben conocer los siguientes datos:

- Ubicación del satélite.
- Frecuencia del Transponder.
- Tasa de Símbolo de Entrada (S/R).
- Frecuencia del LNB.
- Polarización.

7.1.4.1 Ubicación del Satélite

La ubicación del satélite requiere orientar la antena. Para ello es necesario conocer el ángulo de elevación y azimut de referencia hacia el satélite que se desea apuntar. En este caso se tomará como ejemplo el satélite NSS 806, posicionado en 40.5°O .

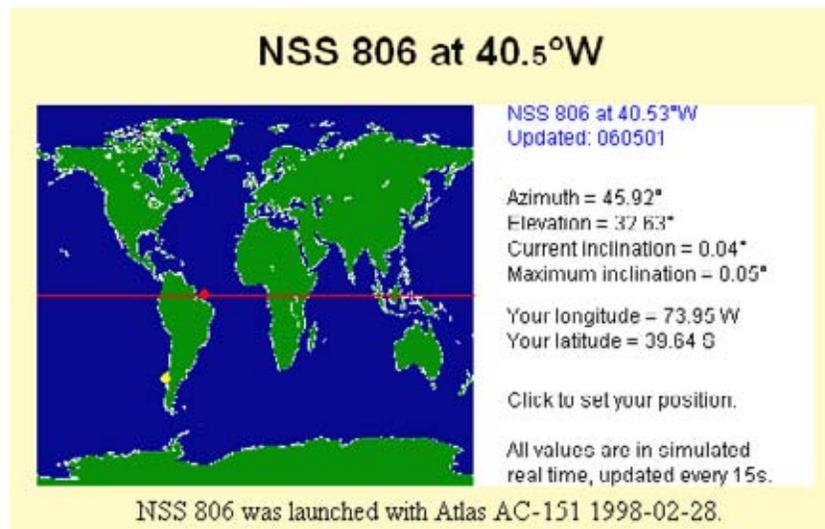


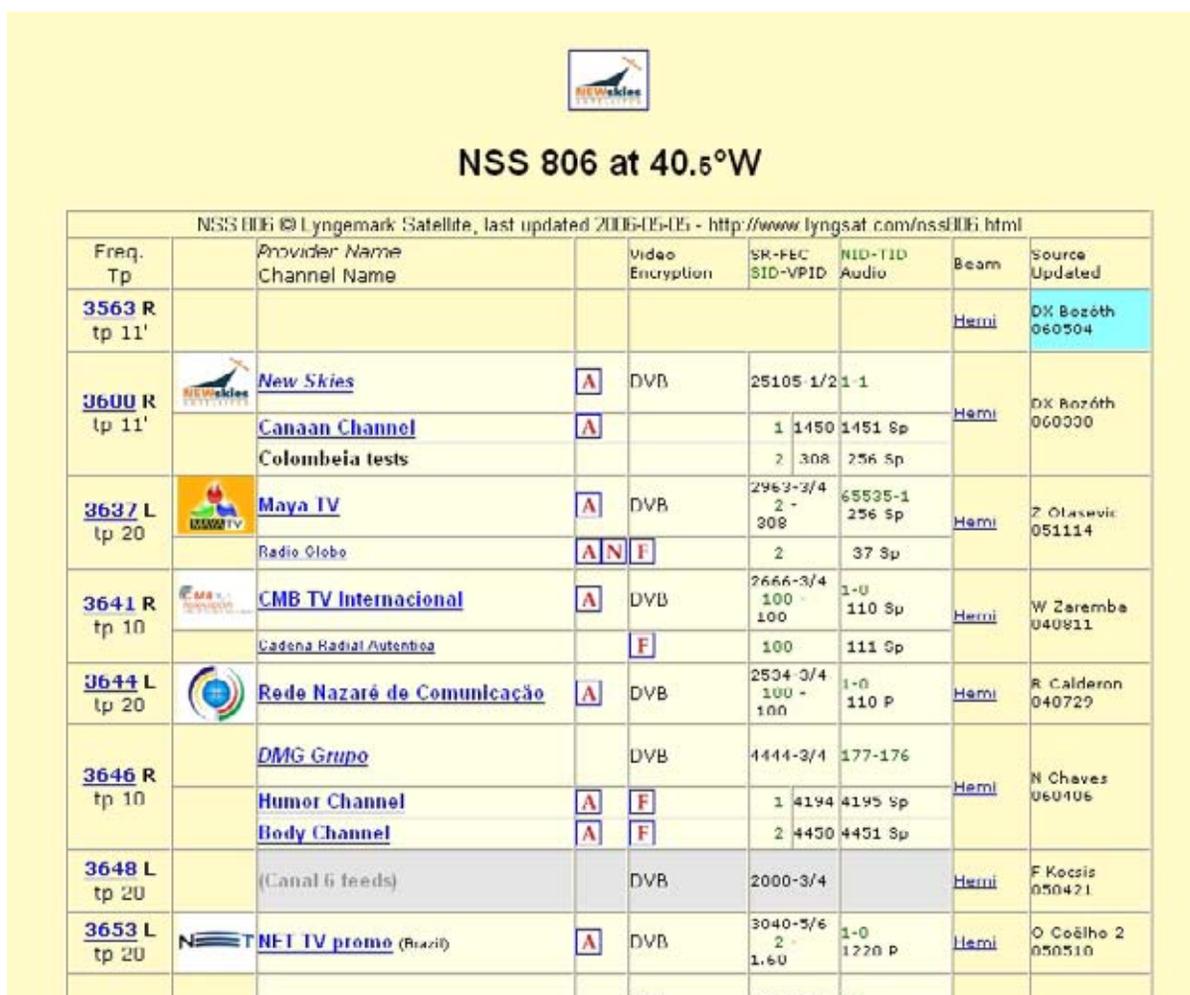
Figura 7. 2: Ubicación del satélite NSS 806 en relación a la estación terrena.

En la figura 7.2 se ilustra la posición del satélite con un punto rojo sobre una línea del mismo color, que indica que se encuentra sobre el Ecuador, y con un punto amarillo se representa la ubicación aproximada de la estación terrena en Valdivia, que en realidad es de Latitud $39^{\circ} 49'$ Sur, Longitud $73^{\circ} 14'$ Oeste.

Esta es una herramienta que ofrece el sitio Web lyngsat.com, para obtener los datos aproximados de elevación y azimut. Sin embargo, en este caso en particular no es necesario conocer el ángulo de elevación ya que la antena que posee la estación terrena se caracteriza por tener un montaje polar que facilita la búsqueda de señales satelitales.

7.1.4.2 Frecuencia del Transponder.

La frecuencia del transponder se obtiene también del sitio Web mencionado, identificando antes si, algún canal específico, y verificando que este irradie señal con suficiente potencia hacia nuestra zona.



Freq. Tp	Provider Name	Channel Name	Video Encryption	SR-FEC SID-VPID	NID-11D Audio	Beam	Source Updated
3563 R tp 11'						Hemi	DX Bozoth 060504
3600 R tp 11'		New Skies	A	DVB	25105 1/2 1-1	Hemi	DX Bozoth 060300
		Canaan Channel	A		1 1450 1451 Sp		
		Colombia tests		2 308 256 Sp			
3637 L tp 20		Maya TV	A	DVB	2963-3/4 2 - 308 65535-1 256 Sp	Hemi	Z Olasovic 051114
		Radio Globo	A N F		2 37 Sp		
3641 R tp 10		CMB TV Internacional	A	DVB	2666-3/4 100 - 100 1-0 110 Sp	Hemi	W Zarembo 040811
		Cadena Radial Autentica		F	100 111 Sp		
3644 L tp 20		Rede Nazaré de Comunicação	A	DVB	2534 3/4 100 - 100 1-0 110 P	Hemi	R Calderon 040729
3646 R tp 10		DMG Grupo		DVB	4444-3/4 177-176	Hemi	N Chaves 060406
		Humor Channel	A	F	1 4194 4195 Sp		
		Body Channel	A	F	2 4450 4451 Sp		
3648 L tp 20		(Canal G feeds)		DVB	2000-3/4	Hemi	F Kocsis 050421
3653 L tp 20		NFT TV promo (Brazil)	A	DVB	3040-5/6 2 - 1.60 1-0 1220 P	Hemi	O Coelho 2 050510

Figura 7. 3 : Información de transponders y canales del satélite NSS 806.

Se deben identificar varios parámetros, para asegurar la recepción de TV:

- Verificar la **huella** del satélite. Los satélites pueden presentar distintas huellas, apuntando a diferentes zonas. La información sobre la cobertura se especifica por

transponder. Hay que recordar que un transponder puede transmitir varios canales a la vez. La huella se especifica en la columna “Beam”, que en este caso indica una cobertura hemisférica (“Hemi”). Al hacer clic sobre éste, el navegador Web se redirige hacia la página del Satélite mostrando información sobre la cobertura (Anexo D.)

- Luego de comprobar la huella hay que verificar que el **tipo de encriptación** esté bajo el estándar DVB, ya que se está trabajando con un receptor que utiliza esta tecnología. Dicha información se muestra en la columna “Video Encryption”.
- A continuación, se identifica la **frecuencia del transponder** en la columna “Freq. Tp”. Aquí se muestra además el tipo de polarización y su número correspondiente en el satélite.

El glosario de términos que aparece en la figura 7.3. Se encuentra especificado en el Anexo C.

7.1.4.3 Tasa de símbolo de entrada

La tasa de símbolo o SR, es la velocidad, expresada en baudios o símbolos por segundo (bps ó Sps), de la cantidad de información digital enviada por unidad de tiempo, en este caso señales multiplexadas transmitidas por satélite. En la modulación QPSK, un símbolo representa 2 bits.

Este valor numérico se tiene que ingresar al receptor para captar uno o varios canales de un transponder específico. Se identifica en la columna SR de la figura 7.3 ilustrada como ejemplo.

7.1.4.4 Frecuencia del LNB

Este valor de frecuencia lo determina el fabricante del receptor, y es de 5150 Mhz si se desea recibir señales en banda C, y 10750 Mhz , para el caso de señales en banda Ku.

Siguiendo el mismo ejemplo, se explicará a continuación el desarrollo práctico-experimental realizado para captar el canal “Telepacífico” que se transmite a través de este satélite.

La información que se encuentra en el sitio Web lyngsat.com es:

Freq Tp.	Canal	Video Encryption	SR	Beam
3998 L	Telepacífico	DVB	2450	Hemi

Tabla 7. 2: Ejemplo de parámetros necesarios para recibir un determinado canal.

- Primero se prepara todo el equipamiento y los instrumentos de ayuda, verificando que las conexiones sean como en la figura 7.1.
- Se enciende el monitor de TV en modo Audio/Video, si la conexión al receptor es por medio de un cable de audio/video compuesto (RCA); o se sintoniza el canal 3 ó 4, si la conexión es mediante cable RF.
- Se enciende el receptor digital. Con la tecla “Menu” se ingresa a las distintas opciones de configuración; primero se elige “Setup” y luego “LNB Setup”, para verificar o cambiar la frecuencia del LNB. En este caso la frecuencia del transponder del ejemplo es de 3998 Mhz, lo que indica que se está trabajando en banda C. Entonces hay que definir en este menú una frecuencia de LNB de 5150 Mhz, tanto inferior como superior. Se presiona “OK” para confirmar la operación (ver figura 7.4).



Figura 7. 4: Configuración frecuencia de LNB en el receptor.

- Luego en el menú principal, se elige “Transponder” > “Add”. En pantalla aparecerá una configuración predeterminada de Frecuencia de Transponder y de Symbol Rate. En la parte inferior aparecen dos barras de nivel horizontales (figura 7.5). La primera indica el porcentaje de nivel de señal (banda C en este caso), que se está recibiendo. Por lo general debería estar sobre un 75% u 80%. La segunda, indica el nivel de calidad con que se está recibiendo una emisión. Este último indicador es clave al momento de captar las señales, puesto que al momento de orientar la antena, hay que estar pendiente de la variación de este nivel, el cual debe llegar por lo menos a un 50% para una correcta visualización de un canal o de una recepción de radio.

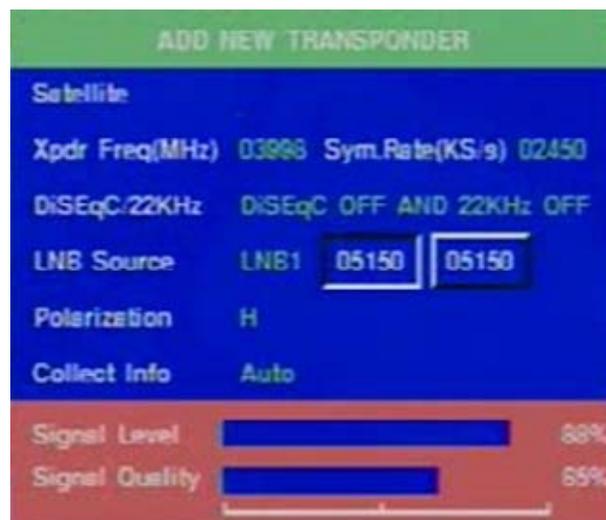


Figura 7. 5: Pantalla de configuración en el receptor.

- Se agregan entonces los valores 3998 y 2450 que corresponden a la frecuencia del transponder y a la tasa de símbolo, respectivamente.
- Con la ayuda de un receptor análogo que permite el control del polarizador, es posible ajustar la polaridad, para ayudar a mejorar los niveles de señal.
- Una herramienta muy útil es utilizar paralelamente el analizador de espectro, conectado como se ilustra en la figura 7.1 para visualizar el nivel de la señal. Para ello entonces se debe ajustar el analizador a una frecuencia central de 1GHz.
- Para orientar la antena se utiliza una fuente DC que entregue por lo menos 4 Amperes. Con este instrumento se alimenta el motor que provoca la extensión o contracción de un brazo mecánico que mueve a la antena parabólica. El sentido de orientación que se le quiera dar, dependerá de la polaridad con que se alimente dicho motor.
- Finalmente al orientar la antena se debe estar pendiente de los niveles de señal observando la pantalla del monitor de TV y del Analizador de Espectro. Cuando se encuentra en presencia de un satélite, el nivel de potencia visualizado en el analizador de espectro aumenta considerablemente. Sin embargo esto no siempre quiere decir que se está recibiendo señales del satélite especificado. Para esto, el nivel de señal de la segunda barra horizontal en el monitor de TV, debe aumentar por lo menos hasta un 50%.

Los resultados de las pruebas de recepción realizadas, se resumen en la sección 7.3.1.

7.2 OPTIMIZACIÓN DE LA RED GIGABIT ETHERNET

A continuación se presenta el procedimiento realizado para optimizar la red corporativa de acuerdo a las tecnologías estudiadas en el capítulo 5.

7.2.1 Configuración de una VLAN entre el PC codificador y el servidor

Ya se ha explicado que una forma de aumentar la seguridad y eficiencia en la comunicación entre el PC codificador y el servidor de Streaming, es haciendo que ambos extremos tengan un mismo dominio de broadcast, es decir configurando una VLAN “limpia” por donde sólo fluyan los paquetes codificados de audio y video generados en la estación terrena.

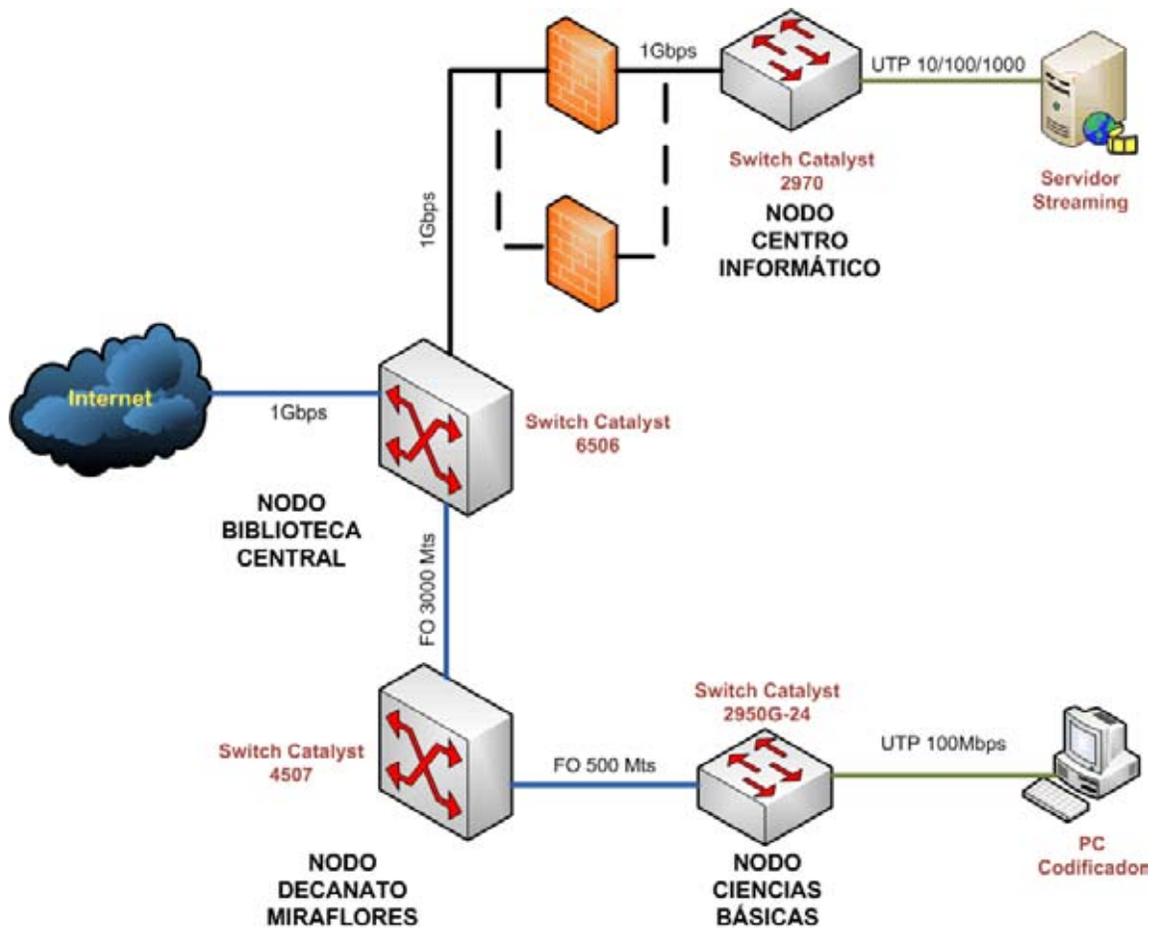


Figura 7. 6: Comunicación entre el PC codificador y el servidor de streaming.

Los pasos a seguidos fueron los siguientes:

- Creación de una VLAN nueva en cada uno de los switches de capa 2 que intervienen en la comunicación. Esto es en el switch de ciencias básicas, y en el switch de la sala de servidores del Centro Informático.
- En los switches de capa 3 que son el del nodo Decanato y el nodo Biblioteca Central, se puede crear la VLAN nueva en uno sólo de ellos, ya que estos equipos comparten sus tablas de conmutación.
- Luego es necesario definir la red IP a la cual va a pertenecer esta nueva VLAN, es decir, se agrega una nueva red IP a la tabla de ruta. Esto para que los paquetes generados por los terminales pertenecientes a estas VLANs, puedan encaminarse.
- A continuación en el switch de capa 3, se define la dirección IP de la puerta de enlace, por la que la VLAN podrá comunicarse.
- Después se definen las puertas Fast Ethernet que pertenecerán a esta VLAN. Que serán las puertas que enlazan al PC codificador y al Servidor.
- Finalmente hay que direccionar las máquinas. En propiedades de conexión de área local, hay que definir la dirección IP, máscara de red y puerta de enlace que utilizarán para comunicarse.

7.2.2 Abrir puertos que utilizan los protocolos de streaming

En la sección 6.6 se especifica el uso de los puertos TCP y UDP con que trabajan los protocolos de streaming de Windows Media Service. Hay que verificar que estos puertos no se encuentren bloqueados en alguno de los firewalls para que la comunicación entre cliente – servidor se realice sin dificultades. Estos puertos son:

Puerto	Protocolo de Transporte	Protocolo de Aplicación
554	TCP	RTSP
5004	UDP	
5004	UDP	
1755	TCP	MMS
1755	UDP	
80	TCP	HTTP

Tabla 7. 3: Puertos TCP y UDP que deben estar abiertos en el firewall.

7.2.3 Propuesta de diseño y configuración de QoS

En la sección 5.3.2 se explican el concepto de QoS, sus arquitecturas y los métodos existentes para implementarla. En este trabajo se propone usar la arquitectura de Servicios Diferenciados, utilizando el método de Manipulación y Clasificación de tráfico descrito en la sección 5.3.2.2.4.

Las velocidades internas de la red en los Campus Teja y Miraflores, no producen mayores problemas. Sin embargo la red de la universidad se extiende más allá de estos campus a través de enlaces WAN, donde los medios y velocidades son diferentes e inferiores respectivamente. A continuación se plantea la configuración de QoS para el tráfico en tiempo real dirigido a otros campus como Puerto Montt y Coyhaique.

Básicamente son cuatro los tipos de tratamiento que se puede hacer con el tráfico cuando se aplica QoS.:

- **Marking** (Marca): de acuerdo a la RFC 2475, es el proceso de fijar un valor DSCP⁹ capa3 en un paquete; en la configuración del QoS en este tipo de switch. La definición de Marking se amplía para incluir la fijación de valores CoS (Clase de Servicio) Capa 2.
- **Scheduling** (Planificación): es la asignación de tráfico a una cola. QoS asigna tráfico basado en valores de CoS. Corresponde a la organización de tráfico.
- **Congestion Avoidance** (Evasión de Colisiones). Es el proceso por el cual QoS reserva capacidad de entrada y salida en los puertos para tráfico con alta prioridad en valores CoS y así evitar colisiones y la pérdida de paquetes. Explicado con más detalle en el capítulo V.
- **Policing** (Politicización): es el proceso por el cual el switch limita el ancho de banda consumido por un flujo de tráfico. Con Policing se puede marcar o descartar tráfico.

El escenario que se usará para proponer la configuración de QoS es el que se muestra en la figura 7.7, que representa la interconexión entre el campus Teja y Puerto Montt. Y los tratamientos que se plantea hacer al tráfico streaming son crear políticas de marca y de prioridad.

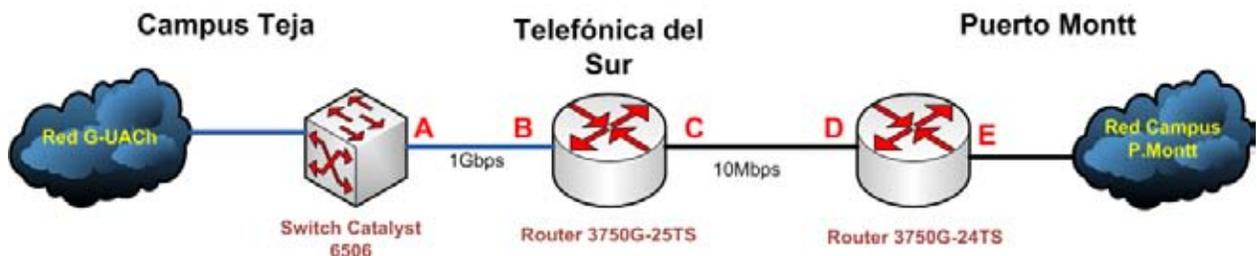


Figura 7. 7: Conectividad con Campus Puerto Montt.

⁹ Diffserv Codepoint (DSCP), valor que se fija en el campo ToS (Tipo de servicio), en el encabezado IPv4 o IPv6. este valor representa la prioridad que se le da al paquete.

Primero es necesario definir cuál será el valor DSCP a marcar en los paquetes. La siguiente tabla se usará como referencia:

Clase de Tráfico	Tipo de Tráfico	Valor DSCP
Premium	Voz, Video	46
Gold	Radius	10
Silver	Telnet	18
	SMTP	20
	FTP	22
Bronze	HTTP	26

Tabla 7. 4: Valores DSCP para Clases de Tráfico y Tipos de Tráfico (Referencia [16]).

El proceso de “marcado” de paquetes debe hacerse en los extremos de la red del escenario mostrado, esto es en las interfaces A y E. En las interfaces intermedias se debe identificar el tráfico marcado y manejarlo con alguna política. En este ejemplo se usarán políticas de prioridad, que deben realizarse en las interfaces intermedias donde saldrá el tráfico, es decir, en C y E.

Configuración:

En el switch del Campus Teja:

- Primero se crea una “access list”, donde se indiquen las direcciones IP del servidor de streaming y las de los clientes en Puerto Montt, en este caso todos los clientes.
- Se define una “Clase de Mapeo llamada por ejemplo “stream”. A est “class-map” se le indica cuáles son los flujos que debe aislar, en este caso, el flujo está definido por la lista de acceso creada anteriormente. Las líneas de comando serían:

```
class-map match-all strem
```

```
match acces-group 101
```

- Luego se crea una política de mapeo llamada SETDSCP. Aquí se fijan el o los valores DSCP que se quieren marcar a la clase “stream”. La línea de comandos sería:

```
policy-map SETDSCP
class stream
set ip dscp 46
```

- Finalmente la política de marca llamada SETDSCP se debe adjuntar a la interfaz A, definiendo una política de entrada. Para ello se usa la línea de comando:

```
service-policy output SETDSCP
```

En los router de Telefónica del Sur y Puerto Montt:

- Al igual que en el caso anterior deben estar definidas las access list donde se indiquen las direcciones IP del servidor de streaming y las de los clientes en Puerto Montt.
- Se define una Clase de Mapeo llamado por ejemplo “premium”. A este “class-map” se le indica cuáles son los flujos que debe aislar, en este caso, el flujo está definido por los valores DSCP que encuentre marcados cuando entren. Las líneas de comando serían:

```
class-map match-all premium
match ip dscp 46
```

- Luego se crea una política de mapeo llamada VIDEO. Aquí se fijan el o los valores DSCP que se quieren marcar a la clase “premium”. La línea de comandos sería:

```
policy-map VIDEO
```

```
class premium
priority 500
```

- Finalmente la política de prioridad llamada VIDEO se debe adjuntar a las interfaces C y E definiendo una política de salida. Para ello se usa la línea de comando:

```
service-policy output VIDEO
```

7.3 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR DE STREAMING

Recomendaciones para optimizar el uso del servidor:

Las siguientes recomendaciones referidas a protocolos, ayudan a optimizar el funcionamiento del servidor:

- Siempre usar por defecto el prefijo **mms://** para las conexiones URLs. Esto permite al reproductor y al servidor negociar el protocolo más adecuado.
- Siempre que sea posible, permitir el protocolo del HTTP. Este protocolo es muy útil cuando los cortafuegos o los servidores proxy bloquean los protocolos de RTSP y de MMS.
- Especificar un protocolo basado en TCP como RTSPT o HTTP para reducir al mínimo pérdida de los datos en conexiones de servidor a servidor, cuando se tengan escenarios de transmisión caché/proxy.

7.4 CONFIGURACIÓN DEL PC CODIFICADOR.

En el equipo codificador se utilizó el software Windows Media Encoder. Este software de codificación es el necesario ya que el servidor trabaja con el software para streaming de esta familia de Microsoft.

Windows Media Encoder se puede descargar gratuitamente desde la página Web de Microsoft. Una vez instalado el procedimiento para realizar una prueba de codificación básica es el siguiente:

- Se abre el programa desde: Inicio>todos los programas>Windows Media>Windows Media Encoder.
- Inmediatamente se abre una ventana de diálogo de configuración rápida, se elige la opción “Broadcast a live event”.

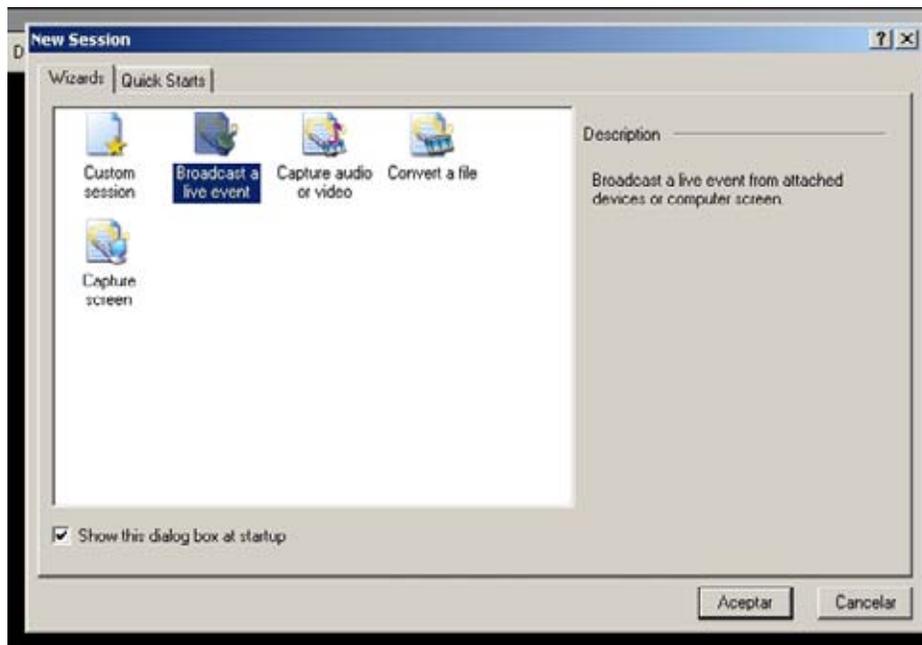


Figura 7. 8: Ventana de diálogo de Windows Media Encoder.

- Luego nos pregunta sobre los dispositivos externos de captura de audio y video, se marcan ambos y se pincha en “configure” para modificar algunas opciones avanzadas. En la

configuración de la fuente de video, se elige la línea de entrada que se esté usando (S-Video, Video Compuesto, RF, etc.) dependiendo de la capturadora. En este caso se elige S-Video.

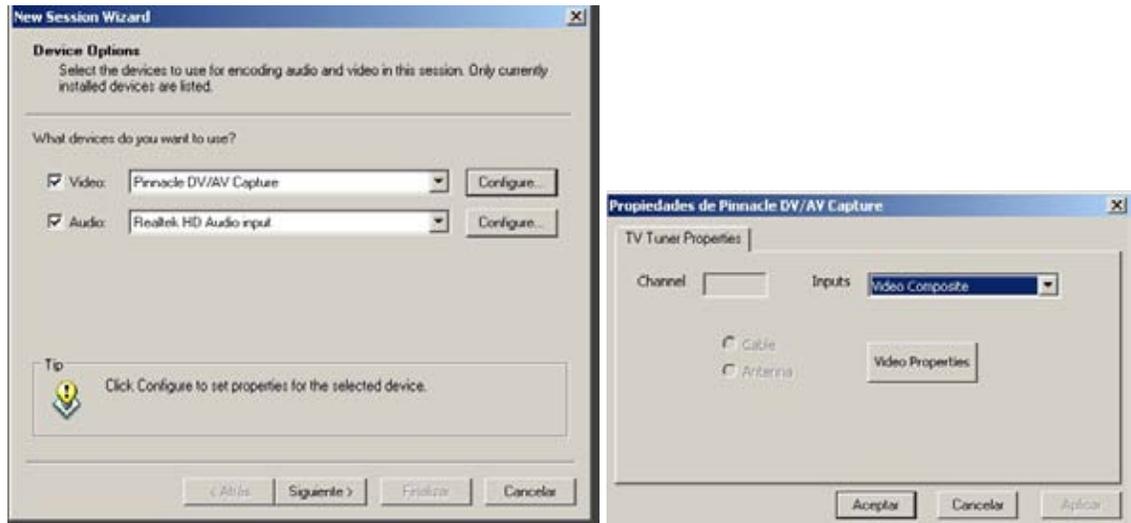


Figura 7. 9: Ventana de diálogo de WMENC, configuración entrada de video.

En la configuración de audio se elige y se habilita la opción de línea de entrada.

- Luego de hacer clic en siguiente, se pregunta la forma en que se quiere realizar la codificación “Push to Windows media server” si se quiere que la conexión sea iniciada por el codificador, es decir, el codificador busca al servidor para entregarle los datos; o “Pull from the encoder”, si se quiere que el servidor o los clientes inicien la conexión, es decir, el servidor es quien viene a buscar los datos al codificador, y sólo se enviarán los contenidos cuando exista demanda.

Asumiendo que en el servidor existe un punto de publicación creado, se elige la opción “Pull from the encoder” que aparece por defecto.



Figura 7. 10: Ventana de diálogo de WMENC.

- A continuación se elige el “Bit Rate” parámetro importante que está relacionado con el ancho de banda de la audiencia. Existen varias opciones por defecto, y la apropiada para este caso es “Video: Live Broadcast Video (CBR)” donde hay que marcar: 387 Kbps y 166 Kbps, esto para entregar los contenidos a clientes dentro de la red corporativa y fuera (Internet).



Figura 7. 11: Configuración de Bit Rate.

- Las siguientes configuraciones son para elegir si almacenar o no una copia en un archivo; para incluir archivos de video como bienvenida, intermedio o despedida; y para incorporar información personalizada de la transmisión.
- Enseguida aparece la pantalla principal, donde en el centro se pueden visualizar las señales de video de entrada y salida (cuando se ha comenzado la codificación). En las propiedades avanzadas se puede ver con más detalle parámetros anteriormente seleccionados. Al dirigirse a propiedades y pinchar en la lengüeta “Compression”, aparecen marcados los “Bit Rate” elegidos. Si se pincha en “Edit...”, el programa muestra información de los codecs de audio y video (especificados en la sección 4.3.1). Pinchando las lengüetas de los Bit Rates, se pueden ver parámetros elegidos por defecto como: formato de audio, tamaño del video, tasa de refresco, bit rate del video, tamaño del buffer, nivel de suavidad del video, complejidad de decodificación.



Figura 7. 12: Ventana principal del codificador de Windows Media.

7.5 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

7.5.1 Recepción de TV Satelital

De las pruebas de recepción de señales satelitales de TV, sólo se recibieron canales en Banda C.

Los satélites de los cuales se obtuvieron señales son los siguientes:

Satélite	Ubicación
Amazonas	61° O
Pas 9	58° O
Intelsat 805	55,5° O
Intelsat 705	50° O
Pas 1R	45° O
Pas 3R	43° O
NSS 806	40,5° O

Tabla 7. 5: Satélites captados en la estación terrena.

Una cantidad importante de canales que transmiten los satélites mencionados anteriormente, fueron almacenados en el receptor digital del laboratorio, esto para facilitar la reubicación. Los canales son los siguientes:

SATÉLITE - UBICACIÓN	Nº CANAL EN RECEPTOR	NOMBRE CANAL	FREC. TRANSP.	SYMBOL RATE
61° W - Amazonas	1	El Trece	3980H	3330
	2	TV - Cidade	4137H	3409
	3	Acad. Conc Pup.	3925V	2300
	4	Canal 28 Mexico	3986H	4195
	5	LFG	4128H	2000
58° W - Pas 9	10	NHK	4040H	16180
55,5° W - Intelsat 805	20	MTV Latino	4177V	27690
	21	Perú Mágico	3677H	4232

	22	Andina TV	4128H	3040
	23	UEMA	3442H	3000
	24	Educon 1	3451H	4444
	25	Educon 2	3451H	4444
	26	Canal 1 Inter.	2726H	3000
	27	Canal 10	3737H	1809
	28	Panamericana TV	3935V	4445
	29	Red Global	3940H	2829
50° W Intelsat 705	30	Red TV	3911	3517
45° W Pas 1R	40	Telefuturo	3759	2941
	41	Telecadena	3764	4963
	42	UCV TV	4071V	2615
	43	TeleAmazonas	4129V	3310
	44	Gamavision	3869H	3515
	45	Ulbra TV	4134V	3255
43° W Pas 3R	50	CNBC	3845H	30800
	51	Bloomberg	3845H	30800
40,5° W NSS 806	60	Telepacífico	3998L	2450
	61	Zona Latina	4050H	5900
	62	Via X	4050H	5900
	63	Globovisión	3879R	15474
	64	Puma TV		
	65	Venezuela TV		
	66	Venevisión Vene		
	67	Cosmovisión	3965R	2170
	68	TV Martí	4143R	4800
	69	Film & Arts Brasil	3758L	26667
	70	Colombeia	3600R	25185
	71	Vision Vene	3879R	15474
	72	Humor Channel	3646R	4444
	73	Body TV	3646R	4444
	74	Maya TV	3637L	2963
	75	CMB TV	3641R	2666
	76	La Tele	3960R	3168
	77	Canal Ocasional	4021L	16030
	78	Canal Capital		
	79	Canal 13 (Colmb)		
	80	Señal Colombia		
	81	Canal Institucional		
	82	Canal 1 (Colmb)		
	83	City TV	4022R	3800

Tabla 7. 6: Canales almacenados en el Receptor DVB.

Cabe mencionar que para reubicar los canales, además de mover la antena es necesario cambiar la polaridad. Nótese que las señales vienen en distintas polaridades: Lineal (Horizontal y Vertical), Circular (Derecha e Izquierda).

El canal usado para retransmitir el mundial a través de la red corporativa, como fase de prueba del sistema fue “Canal 10” de Nicaragua, que se transmite a través del satélite Intelsat 805.

Ninguno de los canales encontrados en la banda C presenta contenidos 100% culturales o educativos. El canal que más se acerca a los propósitos de este proyecto es “Telepacífico”, estación televisiva colombiana, que transmite en algunos de sus horarios documentales y programas educativos. Este canal se transmite por el satélite NSS 806 y se encuentra configurado en el canal 60 del receptor.

7.5.2 Transmisión por la Red

El servidor de streaming constantemente está siendo utilizado para transmitir eventos con equipos de video conferencia. Para probar el sistema con la señal satelital, se han transmitido eventos de interés para la comunidad. Los resultados han sido favorables, se llegó a un pick de 80 usuarios conectados simultáneos.

Parámetros utilizados en algunas transmisiones:

Tasa de Bit 340Kbps	
Tamaño de Video	320x240
Frame Rate	29.97fps
Formato de Audio	32kHz, stereo CBR
Tamaño del Buffer	5 Seg.
Velocidad de Bits de Video	291Kbps
Velocidad de Bits de Audio	40Kbps
Overhead	9Kbps
Tasa de Bit 148Kbps	
Tamaño de Video	320x240
Frame Rate	15fps
Formato de Audio	16kHz, stereo CBR
Tamaño del Buffer	5 Seg.
Velocidad de Bits de Video	121Kbps
Velocidad de Bits de Audio	20Kbps
Overhead	7Kbps

Tabla 7. 7: Parámetros usados en el codificador, en algunas transmisiones.

7.6 RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

A continuación se hace un resumen general de la cadena de transmisión que compone este proyecto, mostrando todas las tecnologías implicadas y las diferentes formas que presenta la información a medida que avanza en los subsistemas, desde que la señal es retransmitida por el satélite hasta que los contenidos audiovisuales son vistos en un reproductor de un PC conectado a la Red. El esquema general se ilustra en la siguiente figura:

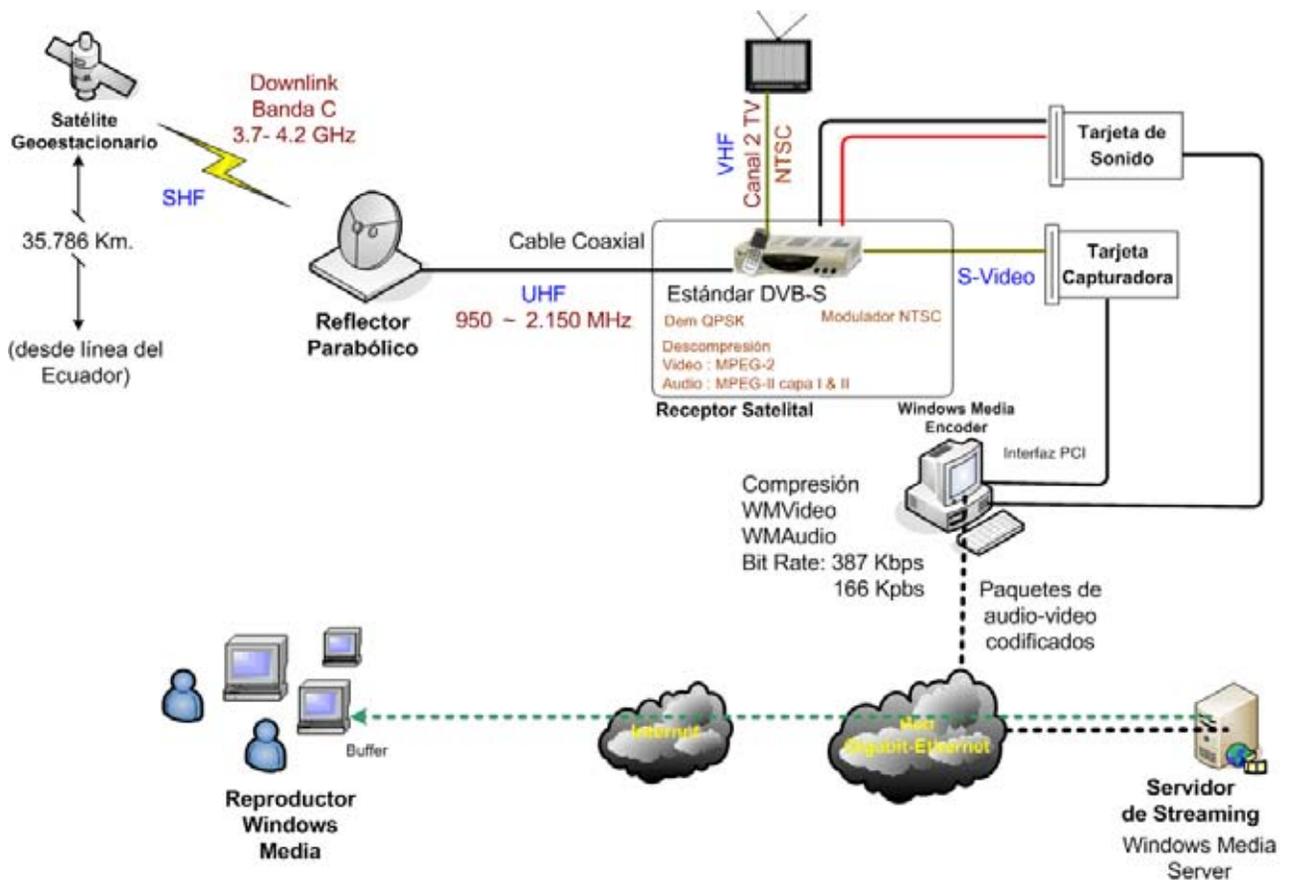


Figura 7. 13: Resumen general del sistema de transmisión.

El satélite geostacionario es el sistema encargado de proporcionar las señales de TV a la tierra y que son captadas por el reflector parabólico del Instituto de Electricidad y Electrónica. El satélite re transmite sus señales en una frecuencia distinta a la que fue recibida, como aparece en la figura

esta frecuencia corresponde a la Banda C (3.7GHz – 4.2GHz). Las señales se envían digitalizadas bajo el estándar DVB-S, que en líneas generales modula en QPSK y comprime audio y video en MPEG-2.

Las ondas electromagnéticas viajan a través de la atmosfera sufriendo las consecuencias de ello (atenuación de espacio libre). Como la señal llega débil a la tierra, el reflector parabólico concentra la energía recibida en un solo punto focal, donde se encuentra un guía de ondas y un dispositivo activo que amplifica la señal (LNB). Este bloque de bajo ruido, además cambia la frecuencia de SHF a UHF (950 – 2.150 MHz), para que pueda transmitirse por un cable coaxial hacia el receptor o IRD.

El receptor digital que funciona bajo el estándar DVB, demodula la señal QPSK, realiza corrección de errores, demultiplexa los diferentes canales, decodifica audio y video MPEG-2, convierte la señal de análoga a digital y finalmente la modula en formato NTSC.

Las señales de audio estéreo son llevadas a la tarjeta de sonido de un PC a través de un cable RCA, la señal de video, es tomada desde el conector de S-Video del receptor, y llevada a una tarjeta capturadora de video inserta en el PC. Ambas tarjetas se encargan de procesar las señales, digitalizarlas y comprimirlas.

Este PC se encuentra conectado directamente a la red corporativa de la UACH a través de un cable 100BaseT conectado a un Switch. Mediante el software Windows Media Encoder se codifican los archivos de audio y video. Estos son comprimidos con los codecs Windows Media Audio y Windows media video 9.

Los paquetes de audio y video son transmitidos hacia el servidor de streaming ubicado en el Centro Informático. La información en esta fase es transmitida bajo el protocolo IP.

El servidor de streaming es el encargado de recibir los paquetes multimedia comprimidos, y atiende las peticiones de los distintos usuarios de la Intranet o de Internet. Cuando un cliente

solicita acceder a los contenidos a través de una URL, el servidor le envía segmentos (stream) multimedia, que son gestionados por el Reproductor de Windows Media (cliente). La transmisión es visualizada en el mismo tiempo en que se van descargando los archivos y almacenando en un “Buffer” para no perder continuidad.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES

El proyecto refleja la integración de varias tecnologías en pos de un servicio y de un medio de aprendizaje no menos importante en el área de las telecomunicaciones; esto será de mucha utilidad para estudiantes y profesores de carreras afines de la UACH.

La manera elegida para transmitir las señales de audio y video codificadas desde el Instituto de Electricidad y Electrónica hacia el servidor de streaming del Centro Informático, es la forma que más se adapta a las necesidades y mantiene un equilibrio entre costo y eficiencia. Por un lado el costo de implementación es muy inferior al de realizar un enlace de fibra óptica, \$600.000 contra \$2.700.000. Además la alternativa elegida implica integrar diferentes servicios sobre una misma red (datos y audio-video), tendencia que están llevando a cabo los sistemas de telecomunicación en la actualidad, en que los servicios convergen.

Los dos principales factores que limitaron la recepción de señales de TV satelital fueron: la sintonización de canales sólo en banda C, y el movimiento azimut de la antena que fluctúa entre los 5°E y 60°O aproximadamente, no logrando abarcar el arco geostacionario visible desde la región en forma completa.

La metodología empleada en la recepción de señales satelitales se llevó a cabo con éxito. Este procedimiento explicado en la sección 7.1.4 puede servir como referencia para futuras experiencias de laboratorio que se realicen en la estación terrena.

La tecnología streaming se ha ido desarrollando y masificando a medida que han aumentado los anchos de banda y mejorado los medios de transmisión. Por ello la red corporativa de la UACH, es un medio óptimo para este tipo de transmisiones, ya que presenta características como: gran ancho de banda entre sus principales nodos (1Gbit/s), soporte de QoS y tecnología de conmutación de capa 2 y capa 3 que proporciona mayores funcionalidades y eficiencia en las transmisiones.

El protocolo de streaming más eficiente con el que se debe trabajar lo determina el prefijo mms:// para conexiones URLs. Éste debe usarse siempre por defecto al publicar una transmisión en el servidor, para que entre éste y los clientes, se negocie el protocolo más adecuado para realizar streaming.

Las capacidades de ancho de banda de la red corporativa (1Gbps en backbone) hacen que no se produzca mayor congestión ante una demanda interna de video streaming. Sin embargo la salida a Internet está limitada, ya que el ancho de banda es de 22Mbps (subida y bajada compartido); considerando que la media de uso diario de ancho de banda es de aproximadamente 18Mbps, el canal de salida se vería sobrecargado ante una demanda creciente de clientes streaming desde Internet. Por ejemplo si se está codificando a 160Kbps, con unos 25 clientes conectados simultáneamente el canal colapsaría. Se propone entonces, que el objetivo de las transmisiones sea principalmente para clientes dentro de la Universidad, o bien se realice un control de conexiones externas de modo que no se vea sobrepasado el canal de comunicación con Internet.

El modelo propuesto de configuración de calidad de servicio, se amplía no sólo para la difusión de streams al Campus Puerto Montt, sino también hacia dependencias de la UACH en Coyhaique y Santiago, cuyo escenario de red es similar, a través de enlaces WAN.

Este modelo de QoS no fue probado. Sin embargo se diseñó considerando los ejemplos que plantea el fabricante[16] de los equipos de comunicación. Si bien el modelo de QoS Servicios Diferenciados de “fin a fin”, es apto para el escenario señalado (comunicación entre Campus Teja y Puerto Montt); las configuraciones podrían servir de ejemplo para aplicarlas en otros escenarios dentro de la red corporativa, en que constantemente se realizan videoconferencias y transmisiones de eventos usando la tecnología streaming.

El modelo de transmisión de TV satelital a través de la red corporativa de la UACH, descrito en este trabajo, constituirá una parte importante de la programación en línea del canal de televisión institucional y se complementará con otros proyectos en desarrollo como la implementación de una videoteca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Textos

- [1] Alejandro Villegas Macaya, Miguel Barrientos Contreras y Daniel Herrera Astudillo. “Implementación de un sistema de T.V.R.O. mediante desarrollo de un método computacional y construcción de reflector parabólico”. Universidad Austral de Chile, 1989.
- [2] José Simonetta, “Técnicas de Recepción Satelital”. Editorial Imagine.

Papers

- [3] Marcos Postigo-Boix, Mónica Aguilar - Departamento de Matemática Aplicada y Telemática. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
Igartua Joan García-Haro - Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena
“Transmisión Eficiente de Bloques en Tiempo Real sobre Redes IP”Asa
- [4] Sebastián Andrés Álvarez Moraga Agustín José González Valenzuela,
“Estudio y Configuración de Calidad de Servicio para protocolos IPv4 e IPv6 en una Red de Fibra Óptica WDM”
Universidad Técnica Federico Santa María, 2005.

Manuales y Hojas de Datos

- [5] Catalyst 6000 Family Software IOS Configuration Guide
- [6] Windows Media 9 Series Deployment Guide
- [7] Tektronix User Manual. *2711 Spectrum Analyzer*.

Webs

- [8] <http://dgtve.sep.gob.mx/>
- [9] <http://www.rediris.es>

- [10] http://www.upv.es/satelite/trabajos/sat_tv/cara1.htm
- [11] <http://www.lyngsat.com>
- [12] <http://pub.ufasta.edu.ar/SISD/tvigital/introtv.htm>
- [13] <http://ceres.ugr.es/~alumnos/luis/mycuan.htm>
- [14] <http://www.monografias.com/trabajos5/ntsc/ntsc.shtml>
- [15] <http://www.video-computer.com/codecs.htm>
- [16] <http://www.axis.com/es/>
- [17] <http://www.cem.itesm.mx/dacs/publicaciones/logos/anteriores/n45/>
- [18] <http://www.cisco.com>
- [19] <http://www.microsoft.com>

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.

Equipamiento de Recepción Satelital:

Antena Parabólica	
Tipo de construcción	Malla
Tipo de Foco	Primario
Diámetro del Plato	5.1 mts.
Bandas de frecuencia	C, Ku
Ganancia Rx	44dB
Relación Foco/Diámetro	0.35

Tabla A. 1: Especificaciones de la Antena Parabólica

LNB Banda C	
Fabricante	Drake
Frecuencia de entrada	3.4 ~4.2 GHz
Frecuencia de salida	950 ~ 2.150 MHz
Temperatura de Ruido	45°K

Tabla A. 2: Especificaciones del LNB Banda C

Receptor Digital DVB – S2000M	
Sintonizador	
Frecuencia de Entrada	950 ~ 2.150 MHz
Nivel de señal	-25dBm ~ -65dBm (75W)
Control LNB	DiSEqC1.0/ 22KHz
Alimentación LNB y Polarizador	13V/18V (Max. 400mA)
Decodificación de Canales	
Demodulación	QPSK (SCPC, MCPC)
Tasa de Símbolo de Entrada (S/R)	2 ~ 45Msps
Video	
Descompresión	MPEG-II MP@ ML
Sistema de Salida	NTSC / PAL
Terminal de Salida	S - VHS RCA
Potencia	1Vp-p (75W) (RCA)
Audio	
Descompresión	MPEG-II capa I & II
Tasa de Muestreo	32/44.1/48 kHz
Frecuencia de Respuesta	20Hz ~ 20kHz
Potencia	Ajustable (600W sin balance)
Condiciones de Trabajo	
Voltaje de Alimentación	AC: 90 ~ 250V 50/60Hz
Consumo	15W aprox.
Temperatura	0° ~ 40°
Humedad	10% ~ 90%
Dimensiones	Aprox. 345×268× 62mm

	(L/W/H)
Peso	2,2Kg aprox.

Tabla A. 3: Especificaciones del Receptor DVB

PC Codificador

PC Codificador		
	Recomendación	Utilizada
Sistema Operativo	Windows XP	Windows XP
Procesador	Procesador Dual de 2 GHz ó superior, como Intel Pentium IV ó dual AMD 1900	Procesador Dual de 3GHz Pentium IV
Memoria	256 MB de RAM o más	1 GB
Tarjeta de Red	s/i	Realtek Fast Ethernet NIC 10/100Mbps
Disco Duro	s/i	100GB
Tarjeta Capturadora	Dispositivos de captura de audio y video compatible	Pinnacle 500-PCI

Tabla A. 4: Especificaciones del PC Codificador

Servidor

Servidor		
	Recomendación	Utilizada
Sistema Operativo	Windows Server 2003, Enterprise Edition or Windows Server 2003, Datacenter Edition.	Windows Server 2003
Procesador	550 MHz or higher	Intel Xeon CPU 3.20GHz Dual
Memoria	1 GB ó superior	2GB
Tarjeta de Red		Pro/1000MT Network Conection
Disco Duro		70GB
Tarjeta Capturadora		Osprey Video Prision

Tabla A. 5: Especificaciones del Servidor

ANEXO B: TECNOLOGÍA DVB

Digital Video Broadcast, es una organización europea que ha desarrollado normas, especificaciones y estándares para la transmisión de señales digitales vía satélite y por cable.

La tecnología DVB digitaliza, comprime, empaqueta, encripta y multiplexa la señal; también envía correcciones de error y modula señales en formatos NTSC y PAL para transmisiones vía satélite, además cuenta con un sistema de audio digital Dolby estéreo.

Se hace referencia a esta tecnología, ya que muchos canales de TV satelital se transmiten bajo esta norma, por lo que se necesitan receptores de este tipo para recepcionar las señales, como el que cuenta la estación terrena del Instituto de Electricidad y Electrónica.

A continuación se presentan las principales características de este formato:

- Como sistema de compresión de audio y video, se emplea el estándar MPEG-2.
- Proporciona técnicas de modulación y métodos de codificación para corrección de errores en sistemas por satélite, terrestres y por cable.
- Proporciona formatos para inserción de datos en el canal de transmisión.

Todos los productos DVB cumplen una serie de características, de manera que sus estándares han de ser:

- **Abiertos:** Los estándares DVB, una vez publicados, están disponibles para cualquier persona en todo el mundo, independientemente del lugar en el que se hayan desarrollado.
- **Interoperabilidad:** cualquier sistema DVB ha de ser compatible con otro sistema DVB. Además, tienen la posibilidad de ser trasladados de un medio a otro de forma sencilla. Por ejemplo, las señales DVB se mueven fácilmente del satélite al cable y del cable al sistema terrestre.

Principales características para DVB:

- ✓ 16 canales de televisión por transponder.
- ✓ Compresión de video con MPEG-2.
- ✓ Soporta televisión NTSC y PAL.
- ✓ Servicios de datos (síncronos 115 Kb/seg).
- ✓ Audio MPEG Layer I y II o Musicam.
- ✓ Multiplexación estadística y fija.
- ✓ Encriptación.
- ✓ Codificación FEC.
- ✓ Modulación QPSK.

ANEXO C: GLOSARIO DE LA TERMINOLOGÍA DEL SITIO www.lyngsat.com

El siguiente glosario es sobre la terminología utilizada en el sitio Web www.lyngsat.com , en la información de canales por satélite.

DVB: Digital Video Broadcasting. Es una norma europea de emisión digital para televisión, asociada al formato de compresión MPEG-2. El DVB, como el DAB para radio, utiliza una transmisión por paquetes de datos informáticos comprimidos.

FEC: En inglés significa Forward Error Correction (Corrección Progresiva de Errores). Técnica para la mejora de la robustez de la transmisión de datos. Se incluyen bits redundantes en la cadena de datos de salida para que puedan aplicarse los algoritmos de corrección de errores en el momento de la recepción. En el estándar del satélite, se utiliza el código Viterbi concatenado con el código Reed-Solomon. Se expresa en forma numérica como la razón entre bits útiles y bits transmitidos. Ejemplo $\frac{3}{4}$ en el código Viterbi.

Frec. Tp: Frecuencia del transponder. El transpondedor también llamado repetidor, es el apelativo dado al re-emisor embarcado a bordo de los satélites, cuya función es retransmitir las señales recibidas desde la estación de subida hacia un lugar de la Tierra. En esta columna se indica la frecuencia que usa un determinado transponder con su respectiva polarización.

Provider Name, Channel Name: Nombre del Proveedor o nombre del canal. Por ejemplo CNN.

SID (Service Identification): Identifica el servicio que utiliza un flujo digital para distinguir uno en particular y permitir así al receptor reconocerlo.

Symbol Rate (SR): Velocidad de Símbolos, es la cantidad de información digital enviada por unidad de tiempo expresada en símbolos o baudios por segundo. Ejemplo, en la modulación QPSK, un símbolo representa 2 bits.

Video Encryption: Tecnología de encriptación que utilizan las señales emitidas por el transponder. Ejemplo DVB.

V PID: Vídeo, audio o sincro. Abreviación de la expresión inglesa Programme Identifier. Datos enviados en la señal digital que permiten a los terminales digitales identificar un canal.

ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE NSS 806

Características Generales:

Fabricante	Lockheed Martin
Ubicación Orbital	319.5°E
Inicio de operación	Febrero 1998
Tiempo de Vida	Hasta Julio de 2016
Número de Transponders (físicos)	Banda C : 28
	Banda Ku : 3
Número de Transponders (Equivalentes en 36Mhz)	42
PIRE en el centro la huella	Banda C : 39.7 dBW
	Banda Ku : 51.7 a 50.4 dBW
Bandas de Frecuencia	Banda C Uplink : 5850 – 6650 MHz
	Banda C Downlink : 3400 – 4200 MHz
	Banda Ku Uplink : 14,00 – 14,25 GHz
	Banda Ku Downlink : 11,70 – 11,95 GHz

Tabla A. 6: Especificaciones del Satélite NSS 806

Mapas de Cobertura

- PIRE en banda Ku:

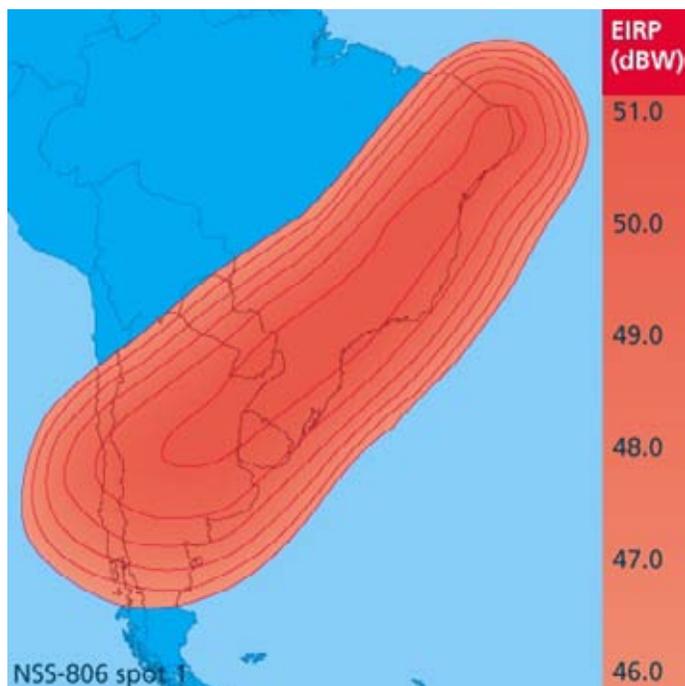


Figura D. 1: PIRE en la banda Ku del satélite NSS-806.

- **PRIRE en banda C:**

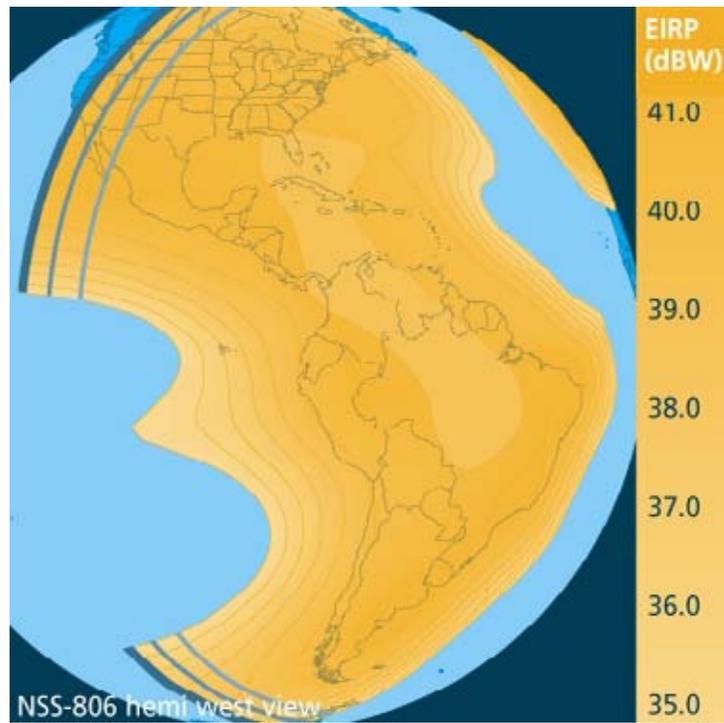


Figura D. 2: PIRE en la banda C del satélite NSS-806.