

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**Estudio de Construcción de una Red de Alta Fiabilidad en un entorno Red IP para la
Transmisión de Televisión en Alta Definición HD**

Ana Beatriz Velasco Escalante

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Redes y Sistemas de Comunicación

Director

Álvaro Suárez Sarmiento

Doctor Ingeniero en Informática

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones

2017

Tabla de Contenido

	Pág.
Siglas.....	9
Resumen.....	11
Abstract	13
Introducción	15
1. Antecedentes y Estado del Arte	17
1.1 Correlación de QoS y QoE en Vídeo	17
1.2 Estimación de QoE en Tiempos Variables para la Distribución IPTV en Alta Definición	18
1.3 Redes Inalámbricas Basadas en el Estándar IEEE 802.11 para la Distribución de Video en Sistemas Domésticos.....	19
1.4 Red IPTV Multicast en un Entorno LAN Inalámbrica Utilizando ARQ Híbrido Adaptativo con FEC.....	20
1.5 Evaluación de Calidad de Video a partir de QoS para QoE.....	21
1.6 Medición de la Calidad de la Experiencia de los Servicios de Vídeo Bajo Demanda.....	23
1.6.1 Técnicas de vídeo de entrega.	23
1.6.2 Técnicas de streaming vídeo en tiempo real.	24
1.6.3 Técnicas de mensajería en tiempo real (RTMP).....	24
1.6.4 Técnicas de descarga progresiva.....	25
1.6.5 Basado en http streaming	25
1.7 Norma ITU-T P.800.1 Terminología de las Notas Medias de Opinión	26
1.7.1 Terminología MOS para audiovisuales.	26

1.8 Definición del Problema.....	28
1.8.1 Planteamiento del problema.....	28
1.8.2 Formulación del problema.	29
1.9 Sistematización del problema.....	29
1.10 Justificación.....	29
1.11 Objetivos	30
1.11.1 Objetivo general.....	30
1.11.2 Objetivos específicos	30
2. Marco Referencial.....	31
2.1 Marco Conceptual	31
Sistemas de Televisión.....	31
Televisión Digital Satelital (TDS)	31
Televisión por Internet.....	32
Televisión digital terrestre	33
Beneficios	34
Dónde se sintoniza la señal	35
Ventajas	35
Internet por Protocolo de Televisión (IPTV).....	36
Valores técnicos IPTV	38
Pros y contras de IPTV en Colombia.....	39
Proyecciones IPTV Colombia	39
Radiofrecuencia	40
Alta Definición	41

Calidad de experiencia del usuario	42
Relación entre QoS y QoE	42
Factores que influyen en la calidad de la experiencia del usuario QoE.....	43
Puntuación media de opinión (MOS)	43
2.2 Marco espacial.....	43
Televisión Análoga Terrestre	43
Ventajas del estándar analógico Comité Nacional de Sistema de Televisión (NTSC):.....	44
Desventajas del estándar NTSC:.....	44
Televisión Digital Terrestre	44
2.3 Marco Geográfico	45
2.4 Marco institucional.....	45
Televisión Regional del Oriente.....	45
2.5 Marco Histórico.....	46
2.6 Marco Demográfico	47
2.7 Marco legal.....	48
3. Diseño Metodológico.....	49
3.1 Línea de investigación.....	49
3.2 Tipo de investigación	49
3.3 Estructura metodológica.....	49
Hipótesis diferencia entre grupos	50
Variables	50
3.4 Fuentes de información (primarias y secundarias).....	51
3.5 Técnicas y herramientas de recolección de información	51

3.6 Técnicas para evaluación de resultados	51
3.7 Recursos disponibles	52
3.8 Presupuesto.....	53
3.9 Cronograma.....	54
4. Fuentes de información.....	55
Apéndices.....	59
Apéndice A.....	59
Apéndice B.....	60
Apéndice C.....	Error! Bookmark not defined.

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1</i> Relación de calificadores MOS.....	28
<i>Figura 2</i> Señal de streaming.	32
<i>Figura 3</i> Software de streaming.....	33
<i>Figura 4</i> Esquema de señal IPTV en hogares y/o empresas	37
<i>Figura 5</i> Anchos de banda para los servicios IPTV.	38
<i>Figura 6</i> Diferencia de formatos SD /HD.....	42

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Abreviaturas de mean opinión score</i>	26
Tabla 2 <i>Fuentes de información</i>	51

Siglas

- (ARQ) Mecanismo de Recuperación de Errores.
- (BW) Ancho de Banda.
- (CDN) Contenido Redes de Distribución.
- (CSP) Communication Service Provider.
- (DTV) Televisión Digital Estándar.
- (DVR) Grabador de Video Digital.
- (EMCALI) Empresa pública de Telecomunicaciones de Cali.
- (EPM) Empresas Públicas de Medellín.
- (FAN) Método Adaptativo Bitrate Streaming.
- (FEC) Corrección de Errores Temprana.
- (HD) Alta Definición.
- (IEEE) Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- (IETF) Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet.
- (ISP) Proveedor de Servicio de Internet.
- (ITU) Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- (IP) Protocolo de Internet.
- (IPTV) Televisión por Protocolo de Internet.
- (MHARQ) Sistema Adaptativo Híbrido Combinado FEC y ARQ.
- (MOS) Mean Opinión Score.
- (MPLS) Conmutación Multi-Protocolo Mediante Etiquetas.
- (NTSC) Comité Nacional de Sistema de Televisión.
- (OFDM) Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

(OFDM) Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

(P2P) Peer-To-Peer.

(QoE) Calidad de experiencia del usuario.

(QoS) Calidad de Servicio.

(RCN) Radio Cadena Nacional.

(RTP) Protocolo de Transporte de Tiempo Real.

(RTCP) Protocolo de Control en Tiempo Real.

(RTSP) Protocolo de Transmisión en Tiempo Real.

(RSVP). Protocolo de Señalización.

(SD) Estándar.

(SDP) Descripciones de Sesiones Multimedia.

(SNR) Relación Señal a Ruido.

(SSIM) Método Estructural Índice de similitud.

(STP) Set-Top-Box.

(TCP) Protocolo de Control de Transmisión.

(TDS) Televisión Digital Satelital.

(TDT) Televisión Digital Terrestre.

(TRO) Televisión Regional del Oriente.

(TVC) Empresa de Televisión Comercial.

(UDP) Protocolo de Transporte.

(UHD) Ultra alta definición.

(VoD) Vídeo Bajo Demanda.

(VPNs) Redes Privadas Virtuales.

Resumen

El presente trabajo de investigación describe de manera subjetiva cómo cada individuo, según la población a la que pertenezca, percibe el material audiovisual en alta definición mediante estímulos audiovisuales a través de una red ad-hoc inalámbrica en un ambiente controlado. Para tal fin, se requirió de hombres y mujeres en diferentes grupos de edad: jóvenes entre los 14 y 28 años y adultos de 29 años en adelante; contratistas del Canal de Televisión Regional del Oriente Ltda. - Canal TRO, sede Floridablanca, Santander, Colombia.

La investigación fue descriptiva, permitiendo conocer la percepción de cada uno de los individuos con el fin de evaluar la calidad de experiencia del usuario y calidad de servicio durante el ejercicio de transmisión de televisión IPTV, partiendo de las recomendaciones de la norma de la *Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)*-T. El instrumento empleado para la medición fue *Mean opinión score* (MOS), aplicado a 20 personas voluntarias, entre jóvenes y adultos, paralelo a ello, se realizaba la captura de paquete de la transmisión de televisión en alta definición con el fin de identificar los bytes, tiempo de jitter de un paquete a otro, para así analizar la relación que existe entre *calidad de experiencia del usuario (QoE)* y la *calidad de servicio (QoS)* y como esta llega afectar la interactividad con los contenidos audiovisuales

Luego se realizó la sistematización de la información y valoración de los datos, los cuales fueron expresados por medio de tablas de calificación de 1 a 5, donde Malo equivale a (1), Regular (2), Aceptable (3), Bueno (4) y Excelente (5), y distribución de frecuencias donde (*fi*) representa frecuencia absoluta, (*hi*) frecuencia relativa, (*Fi*) frecuencia acumulada, (*Hi*) frecuencia relativa acumulada, además de graficas de histograma según el género audiovisual en alta definición.

Los datos obtenidos de las personas encuestadas permitieron distinguir las preferencias según el género audiovisual, es decir; drama, acción, deportivo e informativo, con calidad HD, según los rangos de edad. Por lo tanto, se plantean una serie de conclusiones y recomendaciones acerca del estudio efectuado, para los proveedores de servicios IPTV.

Abstract

This research describes in a subjective way how each individual according to the population to which belongs, perceives audio-visual material in high definition by audio-visual stimulus through a network ad-hoc wireless in a controlled environment. For this, it required men and women in different groups of age; young people between 14 and 28 years old and adults from 29 years old and older; the contractors from the T.R.O in Floridablanca, Santander, Colombia.

The research was descriptive, allowing know the perception of each individuals in order to assess the quality of experience and service quality during the exercise of transmission of television IPTV, based on the recommendations of the ITU-T standard. The instrument used for the measurement was *Mean Opinion Score(MOS)*, applied to 20 people, including young and adults, which consisted in a transmission in real time from one equipment to another, and, parallelly, the capture was made in packages of the transmission of television in order to identify the bytes, time and jitter from packet to packet. In order to analyze the relationship between *quality of user experience (QoE)* and *quality of service (QoS)* and how they affect interactivity with audiovisual content.

Then was realized the systematization of the information and evaluation of data, which were expressed by rating tables from 1 to 5, where bad equals (1), regular (2), acceptable (3), good (4) and excellent (5), and frequency distribution where (f_i) represents absolute frequency (h_i) relative frequency (F_i) cumulative frequency, (H_i) cumulative relative frequency, besides graphics of histogram according to the genre audiovisual HD.

The information obtained from the survey respondents, allowed distinguish the preferences according to type of production, I mean; drama, action, sport and informative, with quality *HD*

according to age ranges. Therefore, we can sets out a series of conclusions and recommendations about the study conducted by the *service provider* (IPTV).

Introducción

El presente trabajo investigativo parte de la necesidad que tienen los espectadores y consumidores de contenidos audiovisuales en alta definición a través de sistemas *Protocolo de Internet (IP)*, en la zona de influencia del Canal TRO, de tener una televisión de calidad, si se tiene en cuenta que en Colombia aún no existe legislación alguna para este tipo de tecnología. Actualmente las empresas de telecomunicaciones que ofrecen el servicio de IPTV, no enfatizan lo suficiente en la calidad de servicio y la experiencia del usuario.

Con la investigación se pretende ofrecer una visión de cómo los jóvenes y adultos perciben las diferentes clases géneros de producción televisiva, ya sean dramatizados, informativos, deportivos o acción, mediante estímulos audiovisuales.

El objetivo general de la investigación es analizar la calidad del servicio y la experiencia en las transmisiones de televisión (audio y video) en *alta definición (HD)* en redes IP.

Para alcanzar el objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Definir los parámetros que debe tener una red IP que soporte televisión en alta definición que mejore la QoS y QoE.
- Identificar los equipos a utilizar en una red IP para la transmisión de televisión en HD.
- Calcular la QoE en la transmisión de televisión en HD en una red IP.

El tipo de investigación utilizado para realizar este trabajo es mixto (cuantitativo y cualitativo), con un enfoque empírico-analítico modelo de investigación científica, basado en la lógica empírica y la experimentación usado principalmente en las ciencias descriptivas.

- El tiempo es descriptivo, dado a que permite evaluar cosas del presente y realidades de hecho.

- Mi papel como investigador fue experimental, el cual me permitió identificar y controlar las características estudiadas.

- Grado de abstracción es aplicada, busca hacer, actuar, construir y modificar
- Diseños cuantitativos experimentales, los diseños experimentales utilizan la aleatoriedad, manipulación de una variable independiente y el control rígido

La siguiente investigación permitió analizar múltiples realidades subjetivas en un entorno controlado, a partir de MOS arrojando datos susceptibles al análisis estadístico; teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma ITU-T.

Los instrumentos empleados para el desarrollo del trabajo fueron dos estaciones portátiles, para la transmisión IPTV de contenidos audiovisuales en alta definición mediante una red ad hoc inalámbrica de una estación transmisora a una receptora, y, paralelo a ello, se realizaba la captura de paquetes de la transmisión de televisión con el fin de identificar los bytes, tiempo y jitter de un paquete a otro.

Con el fin de conocer de manera subjetiva como cada individuo según la población percibe contenidos en alta definición a través de estímulos audiovisuales a través de una red ad-hoc inalámbrica, mediante la realización del MOS.

La característica principal de este estudio es identificar porque los adultos interactúan en menor medida con los contenidos de televisión en alta definición en comparación con los jóvenes.

Por otra parte, definir los parámetros y equipos que debe tener una red ad hoc inalámbrica que soporte contenidos multimedia en alta definición en pro de la QoS y QoE.

1. Antecedentes y Estado del Arte

1.1 Correlación de QoS y QoE en Vídeo

Para poder hallar la correlación entre la calidad de experiencia del usuario para el vídeo y la calidad de servicio, la cual se mide en parámetros de red y las métricas de rendimiento de video es algo complejo. Con la evolución de los dispositivos personales, la demanda de contenidos en alta resolución HD está aumentando de forma dinámica. En [1] se describe el análisis de este tema.

Métodos y métricas: la medición se realiza a nivel de paquetes y de los parámetros de rendimiento de red, ancho de banda, pérdida de paquetes, jitter. La duplicación y reordenamientos de estos parámetros se miden en el punto final de la comunicación, posteriormente el video es descifrado y decodificado; por lo tanto, la métrica se puede hallar de manera subjetiva con:

- Relación señal a ruido (SNR).
- Calidad de video.
- Método estructural índice de similitud (SSIM).

Para este caso se utilizó un video clip de corta duración disponible en tres resoluciones (480p, 720p y 1080p), el cual fue enviado a través de un segmento de red.

Posteriormente, se realizó una pre-evaluación subjetiva basada en la MOS enfocados en los puntos 3 y 4, en la que se utilizaron doce videos clips con duración cada uno de 20 segundos, clasificándolos por resolución donde uno de ellos estaba libre de errores seguido por once videos con distintos valores MOS. Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Jitter (J).

- Pérdida de paquetes (L).
- Reordenamiento paquetes (R).

El escenario fue evaluado mediante una interfaz web, del cual se puede deducir que entre mayor sea la resolución del video clip, peor es el efecto en la calidad de experiencia del usuario, en que el MOS se ve afectado por las distintas experiencias de los observadores.

1.2 Estimación de QoE en Tiempos Variables para la Distribución IPTV en Alta Definición

Hoy en día las empresas de telecomunicaciones comenzaron a ofrecer contenidos audiovisuales a través de sus conexiones a internet de alta velocidad, proporcionando a los usuarios nuevas experiencias en definición HD en IPTV. La distribución de contenidos en HD mediante redes IP es una realidad en el sector del entretenimiento, puesto que estas redes pueden sufrir pérdida de paquetes durante el eslabón de última milla.

Aunque los proveedores de ISP han avanzado ofreciendo alta prioridad en el tráfico IPTV, siguen siendo un desafío las condiciones de última milla, las cuales podrían afectar negativamente la percepción de calidad de servicio del usuario final.

En xxx [2] se dan algunas recomendaciones en pro de la calidad de HD en IPTV. Los protocolos empleados son RTP /UDP utilizando un decodificador MPEG4 AVC / H.264. Para la decodificación de video utilizado normalmente para aplicaciones de televisión a una tasa de bits de 12 Mbps la cual es la más baja, mediante una estructura de IBBBP a mayor tasa de bits se garantiza una alta calidad de imagen.

1.3 Redes Inalámbricas Basadas en el Estándar IEEE 802.11 para la Distribución de Video en Sistemas Domésticos

Cada vez toman más importancia las redes inalámbricas basadas en el estándar *El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) 802.11* para la distribución de video en sistemas domésticos. Algunas de las aplicaciones utilizadas en el hogar son los decodificadores de TV digital e IPTV set-top-box, en una red inalámbrica, permitiendo la centralización de contenidos multimedia en un ambiente multicast.

En este artículo, se propone un sistema de distribución multicast para el vídeo en alta definición a través de redes inalámbricas 802.11, que implementa un mecanismo de retransmisión de tasa limitada para la compensación de pérdidas

Cabe resaltar que en la transmisión de multidifusión en 802.11, no aplican los mismos mecanismos de protección como unicast que compensa la pérdida de paquetes a través de las retransmisiones, afectando directamente la calidad. La compensación de pérdida está dirigida a la reducción de la distorsión en los receptores; además la terminal utiliza un número de secuencia RTP de cada paquete y así se determinan los paquetes que se han perdido; posteriormente, el terminal envía una solicitud de retransmisión que contiene las secuencias de los paquetes perdidos. A continuación, relaciono las variables del sistema que se tuvieron en cuenta

Tipo de información: representa el tipo de información que figura en el grupo de evaluación, permitiendo su diferenciación en funciones.

- Estado de pérdida de paquetes: define el patrón de pérdida de paquetes.
- Ocupación de memoria interna de retransmisión: describe las limitaciones de la tasa de retransmisión que hacen el seguimiento del número de paquetes en la memoria, una vez lleguen a

su máximo almacenamiento en los buffers, puesto que no se pueden agregar más paquetes para la retransmisión.

- Contador Buffer: gestiona la tasa de retransmisión a través del proceso de vaciado del mismo.

En [3] se pudo concluir que la distribución en una red inalámbrica doméstica para video en alta definición para servicios tales como *televisión por protocolo de internet (IPTV)* y televisión digital en diversos dispositivos, se puede lograr a través de la multidifusión. Cabe mencionar que esta clase de entornos son propensos a la pérdida de paquetes degradando la QoS, con la implementación de un *mecanismo de recuperación de errores (ARQ)* para la retransmisión, obtenidos a través de *descripciones de sesiones multimedia (SDP)*.

Para el retraso de *televisión digital estándar (DTV)*, se observó una mayor tasa de recuperación de paquetes y mejoras en la calidad de video objetivo en comparación con el ARQ.

1.4 Red IPTV Multicast en un Entorno LAN Inalámbrica Utilizando ARQ Híbrido Adaptativo con FEC

La televisión digital estándar reemplaza la televisión analógica. En la actualidad hay gran interés de emitir contenidos audiovisuales mediante la red IP. IPTV presenta algunas ventajas frente a otros sistemas de transmisión, tales como satelital y televisión por cable. Debido a su tiempo de jitter, otra ventaja de la distribución en IPTV es triple play, en la cual hay convergencia en los servicios de televisión (video), telefonía (audio) y acceso a internet (datos), reduciendo costos de implementación.

Para una eficaz transmisión de IPTV *estándar (SD)*, se requiere un *ancho de banda (BW)* 2-5 Mbps, mientras que en un streaming HD, requieren entre 8-20 Mbps, dado a que la red IP no está

diseñada para distribuir en tiempo real contenidos multimedia, por lo cual, se utiliza el *protocolo de transporte (UDP)*, el cual no proporciona el tipo de carga útil; para lo cual, es necesario el *protocolo de transporte en tiempo real (RTP)*, y su diseño proporciona servicios de entrega de extremo a extremo. El uso de WLAN para la distribución de IPTV mejora la movilidad y flexibilidad de la red IPTV.

Un canal inalámbrico puede sufrir desvanecimiento en la multi trayectoria e interferencias causando pérdidas en los paquetes, los cuales disminuyen la calidad de experiencia del usuario entre los usuarios que consumen programas de modo IPTV, teniendo en cuenta que la capa de enlace de datos no proporciona retransmisión para multicast y tráfico de broadcast.

Para mejorar la fiabilidad se emplean *métodos de corrección de errores (FEC)* y/o recuperación de errores. El FEC de los paquetes de paridad se envía con el paquete de origen, sin embargo, como cada dispositivo móvil experimenta diversas condiciones en el canal causando mala protección y pérdida de paquetes los cuales no se pueden recuperar. La ARQ en un dispositivo móvil puede llegar a sufrir un largo retraso en los tiempos de ida y vuelta.

En las aplicaciones multicast hay que tener en cuenta que la pérdida de un paquete o altos tiempo de retardo, puede hacer que el cliente deje de decodificar una trama de video, que a su vez puede causar la perdida subsiguiente de fotogramas de video.

En [4] este trabajo se recomienda el uso del *algoritmo adaptativo (MHARQ)*, el cual es una solución escalable para la entrega de video sobre redes WLAN en escenario real.

1.5 Evaluación de Calidad de Video a partir de QoS para QoE

La calidad de experiencia del usuario es la calidad de percepción de QoS, desde la perspectiva de los usuarios. Para el servicio de vídeo, la relación entre QoE y QoS (tales como parámetros de

codificación y estadísticas de la red) es difícil por la percepción del usuario teniendo en cuenta que la calidad de vídeo es subjetiva y diversificada en diferentes entornos.

Para el 2017, se estima que la demanda en el consumo de video en las diferentes plataformas (TV, *video-on Demand* (VoD), Internet y *peer-to-peer* (P2P)) sea alrededor de 80% ~ 90% del tráfico de consumo mundial, teniendo mayor participación el streaming de video a través de Internet, especialmente a través de la red móvil, el cual se está convirtiendo en el medio más popular.

Si bien los parámetros de seguimiento y control de calidad de servicio del sistema de transmisión de vídeo son importantes para lograr una alta calidad de video, con la aparición de nuevos estándares de compresión de vídeo, el desarrollo de sistemas de transmisión de vídeo, y el avance de las tecnologías de vídeo de consumo, hace necesario crear o mejorar la forma de comprensión del usuario frente a la QoE.

La evaluación de la calidad de vídeo se mide por cuatro etapas, a continuación:

- Calidad de servicio.
- Prueba subjetiva.
- Modelo de calidad objetiva.
- Análisis de datos.

A raíz de lo anterior, es importante conocer y tener en cuenta los tres enfoques principales, que son: el control de congestión, control de errores y control de potencia. Principales desafíos que enfrenta el soporte de QoS de una red no fiable, limitaciones de ancho de banda, además de las tecnologías de acceso heterogéneas.

En [5] se evalúa la calidad de vídeo, teniendo en cuenta que las pruebas subjetivas miden directamente la calidad de la experiencia del usuario mediante parámetros de puntuaciones de evaluación de los usuarios bajo un entorno de laboratorio. El objetivo principal es identificar los parámetros de calidad del servicio que contribuyen a la percepción de la calidad del usuario, uno de los métodos comúnmente utilizados es el de cuantificar la diferencia entre el vídeo original y el vídeo distorsionada.

1.6 Medición de la Calidad de la Experiencia de los Servicios de Vídeo Bajo Demanda

En [6], se muestra una visión general sobre las técnicas de transmisión de video, posteriormente, de la identificación de varias métricas, para cuantificar la calidad de la experiencia de los servicios de transmisión de video en línea.

1.6.1 Técnicas de vídeo de entrega. En los últimos años YouTube ha aumentado al máximo el tamaño de archivo de vídeo de 2 GB a partir de 100 MB además de video en alta definición. Los vídeos de alta definición alojados en YouTube tienen un tamaño promedio de 32 MB por minuto. Por lo cual, un usuario tendría que esperar mucho más tiempo si las duraciones de los programas reproductores de vídeo de los usuarios eran para descargar la totalidad antes de iniciar la reproducción. Afectando la QoE de los usuarios. Por el contrario, los servicios de streaming de vídeo en línea se configura de tal manera que los usuarios pueden empezar a ver el contenido de una vez la parte inicial de la de vídeo se descarga. A continuación, se describen algunas técnicas de transmisión de vídeo populares: transmisión de vídeo en tiempo real, en tiempo real protocolo de mensajería en streaming, descarga progresiva streaming, y basado transmisión HTTP velocidad de transmisión adaptable.

1.6.2 Técnicas de streaming vídeo en tiempo real. El *protocolo de transmisión en tiempo real (RTSP)* soporta la funcionalidad de VCR, como de reproducción, pausa, y saltar hacia adelante u operaciones atrasada. RTSP tiene estado. Los servidores RTSP realizan un seguimiento de la sesión, siempre y cuando el cliente esté conectado y mantenga un canal de retroalimentación continuo. El proceso de retroalimentación se utiliza para modificar los parámetros de los medios de comunicación tales como el ancho de banda disponible y retardo de extremo a extremo. El papel de RTSP se limita a establecer y mantenimiento de la sesión, mientras que la transferencia real de los datos es gestionada por el protocolo de transporte en tiempo real.

Protocolo de Control en Tiempo Real (RTCP) para proporcionar una salida de control de banda del flujo. Los mensajes RTCP se intercambian ya sea a través de *protocolo de control de transmisión (TCP)* o protocolo de datagrama de usuario y los paquetes de datos reales se transfieren mediante RTP.

1.6.3 Técnicas de mensajería en tiempo real (RTMP). Es un protocolo de transmisión de contenido multimedia, proporcionando vídeo y datos de audio entre un servidor de flash y un reproductor de flash. RTMP se ejecuta a través de TCP y es compatible con corrientes paralelas para transferir video, audio datos, comandos de usuario, y los mensajes de control. Los datos entregados a RTMP por el cliente o el servidor se tratan como mensajes. Los tipos de mensaje incluyen RTMP mensajes de audio, de vídeo, de mando, de datos y de control del usuario.

1.6.4 Técnicas de descarga progresiva. Las técnicas de descarga progresiva de streaming, se refiere a la descarga del archivo de vídeo, mientras que el reproductor de vídeo desarrolla el contenido de vídeo recibido. El archivo multimedia se descarga como un archivo normal utilizando HTTP sobre TCP a partir de un servidor que aloja el contenido. A diferencia de las dos técnicas mencionadas anteriormente, no hay bucle de retroalimentación directa entre el cliente y el servidor.

Utilizando HTTP sobre TCP, para las transferencias de vídeo asegura la confiabilidad en la entrega de datos, pero en el caso de que la disponibilidad de ancho de banda sea baja durante las pérdidas de paquetes en la transmisión, puede ocasionar que la reproducción sea interrumpida.

1.6.5 Basado en http streaming. El uso de HTTP para la transmisión de contenido multimedia tiene dos ventajas:

- HTTP tiene la capacidad de atravesar cortafuegos / NAT debido a que las conexiones salientes son siempre compatibles.
- Los servicios basados en HTTP no tienen que hacer grandes modificaciones a los servidores web existentes (a diferencia de los servicios basados en RTSP).

Además, la arquitectura de Internet existente que consiste en *contenido redes de distribución* (CDN), proxies, y cachés soportan el tráfico HTTP. Aunque la descarga progresiva tiene la ventaja de flujos basados en HTTP, la cual no tiene capacidad para adaptar la velocidad del flujo. Dado a lo anterior se propuso el *método adaptativo Bitrate Streaming (FAN)*, con el fin de apoyar la adaptación de streaming a través de HTTP.

1.7 Norma ITU-T P.800.1 Terminología de las Notas Medias de Opinión

Las recomendaciones planteadas en la Norma ITU-T P.800.1 contiene la terminología que se empleara en las expresiones de calidad de video, audio y audiovisuales en términos de puntaje medio de opinión.

1.7.1 Terminología MOS para audiovisuales. En [7], se describe las abreviaturas de MOS para audiovisuales donde AVQ hace referencia a la calidad audiovisual, es decir, una única puntuación teniendo en cuenta la combinación de audio y la calidad de vídeo, donde, S significa "subjetivo", O significa "objetivo" y, E significa "estimado" (Tabla 1.).

Tabla 1 *Abreviaturas de mean opinión score*

	Video
Subjetivo	MOS-AVQSyz
Objetivo	MOS-AVQOyz
Estimado	MOS-AVQEyz

Además:

- La letra "y" al final de las siglas, es un marcador de posición para el descriptor de la respectiva del ancho de banda del audio.
- La letra "z" al final de las siglas, es un marcador de posición para el descriptor de la respectiva resolución de vídeo en la combinación audiovisual.
- S se utiliza para las puntuaciones MOS de video respecto a una referencia de vídeo SD.
- H se utiliza para las puntuaciones MOS de video con relación a una referencia de vídeo en alta definición.

U se utiliza para las puntuaciones MOS de vídeo con respecto a una referencia de vídeo *ultra alta definición (UHD)*.

- M se utiliza para las puntuaciones MOS de video para SD o HD o UHD.

El efecto de la resolución de vídeo en las puntuaciones MOS se encuentra bajo investigación en la Comisión de Estudio Grupo 12.

A continuación, se describen algunos estándares:

MOS-AVQS, La puntuación que se ha recogido en una prueba de laboratorio mediante el cálculo del valor medio aritmético de juicios subjetivos, por lo general en una escala de calidad de 5 puntos. Pruebas subjetivas realizadas según las normas: UIT-T P.911, UIT-T P.913, UIT-T P.920 y P.1301 UIT-T son ejemplos de tales modelos.

MOS - AVQO *MOS- VQO*, se refiere a la calidad audiovisual objetivo, que representa la puntuación obtenida de MOS un modelo de evaluación de la calidad algorítmica. El modelo de evaluación utiliza métricas objetivas en tiempo real que se puede obtener de información transportada en los flujos audiovisuales y redes correspondientes y puede estar lleno de referencias y no- referencia. Las normas UIT -T P.1201 y UIT-T P.1202 son ejemplos de tales modelos.

MOS – AVQE, la puntuación se calcula mediante un modelo de planificación de la red que tiene por objeto la predicción de la calidad en una situación de servicio audiovisual, un modelo que proporciona una puntuación de dos vías *MOS- AVQE*, mientras que la un modelo que proporciona una puntuación de dos vías *MOS- AVQE*, mientras que la norma UIT -T G.1071 es un ejemplo de una modelo que da una puntuación de una sola vía *MOS - AVQE*.

Relación de algunos calificadores MOS audiovisuales

La Figura 1. Proporciona una visión general de la relación entre el *MOS-AVQS*, *MOS-AVQO* y *MOS-AVQE*.

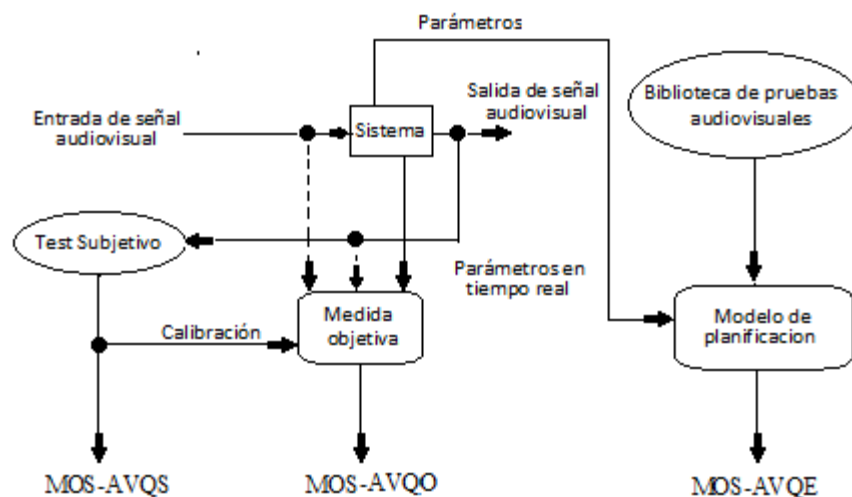


Figura 1 Relación de calificadores MOS.

1.8 Definición del Problema

A continuación, se describe de manera general el problema planteado en el siguiente Estudio de Construcción de una Red de Alta Fiabilidad en un entorno Red IP para la Transmisión de Televisión en Alta Definición HD.

1.8.1 Planteamiento del problema. Debido a los costos elevados para la adquisición de equipos tecnológicos, se ha evidenciado la baja inversión por parte de las entidades públicas y privadas en el fortalecimiento de la infraestructura de las redes IP. Hoy en día los proveedores de servicios no adoptan políticas de balanceo de cargas para la óptima estabilidad del servicio y sus anchos de banda son muy bajos, los cuales repercuten de manera negativa aumentando de manera exponencial los niveles de inestabilidad en la prestación del servicio, terminando por afectar de manera subjetiva al usuario que en la mayoría de casos tienen desconocimiento tecnológico

Una de las principales consecuencias de lo anterior, se fundamenta en la reducción de la QoS por parte de los proveedores, dado que afecta de manera directa los tiempos de jitter en la transmisión de la señal, ocasionando perdida en los paquetes durante la transmisión de televisión (audio y video) en HD, provocando que la calidad de experiencia del usuario no sea lo suficientemente grata por parte de los usuarios.

En la actualidad, los sistemas IP no son lo suficientemente robustos para soportar la transmisión de televisión (audio y video) en HD de una forma estable, dinámica y atractiva al usuario.

1.8.2 Formulación del problema. ¿Con la mejora de la calidad de servicio y experiencia en un entorno IP, los usuarios jóvenes y adultos contratistas del Canal TRO sede Floridablanca, podrían aumentar su interactividad con los contenidos de televisión en alta definición?

1.9 Sistematización del problema

- ¿Cómo mejora la QoE en los adultos?
- ¿Cómo mejora la QoE en los jóvenes?

1.10 Justificación

En la actualidad las empresas de telecomunicaciones ofrecen servicios de telefonía, datos y video dejando de lado la calidad de experiencia del usuario que tiene el usuario con el servicio, contenidos, atención al usuario, costos, entre otros.

La gran mayoría de la población (joven y adulta) evidencia bajo interés, constantes cambios de operador o simplemente rechazo al avance tecnológico, no por miedo a la modernización, sino por las malas experiencias que han tenido en el pasado.

Con el siguiente ESTUDIO DE CONSTRUCCION DE UNA RED DE ALTA FIABILIDAD EN UN ENTORNO RED IP PARA LA TRANSMISION DE TELEVISION

EN ALTA DEFINICION HD, se logra determinar las características técnicas e identificación de los equipos que debe tener una red IP, para la óptima transmisión de contenido audiovisual en alta definición, logrando eficazmente mayor interacción y calidad de experiencia del usuario en la población (joven y adulta).

1.11 Objetivos

1.11.1 Objetivo general

Analizar la calidad de servicio (QoS) y experiencia del usuario (QoE) en las transmisiones de televisión (audio y video) en alta definición (HD) en redes IP.

1.11.2 Objetivos específicos

1. Definir los parámetros que debe tener una red IP que soporte televisión en alta definición (HD) y mejore la calidad del servicio (QoS) y calidad de experiencia del usuario (QoE).
2. Identificar los equipos a utilizar en una red IP para la transmisión de televisión en alta definición HD).
3. Calcular la calidad de experiencia del usuario QoE en la transmisión de televisión en alta definición en usuarios de una red IP.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Conceptual

Sistemas de Televisión

Existen en Colombia diversos sistemas de televisión, los cuales tienen como parte fundamental los principios de programación, producción y transmisión de la señal (audio y video) hacia los usuarios.

- 1954: inició en Colombia la Televisión Analógica.
- 2003: inició en Colombia la *Televisión Digital Satelital (TDS)*.
- 2007: inició en Colombia la Televisión Digital.
- 2008: inició en Colombia la IPTV.
- 2014: inició en Colombia la *Televisión Digital Terrestre (TDT)*.

Televisión Digital Satelital (TDS)

La transmisión de televisión mediante el enlace satelital este compuesta de la siguiente manera:

Enlace ascendente (subida) una vez producida la señal de televisión (audio y video) empaqueta y procesada en el tele-puerto o cabecera, la cual, a través de antenas tipo parabólica con diámetros de 9- 12 m, se encarga de enviar la señal al satélite asociado al Canal de televisión.

Enlace descendente (bajada) la señal de televisión que anteriormente fue subida al satélite, es bajada, ya sea por un cable operador a través de decodificadores de señal teniendo en cuenta los parámetros de frecuencia del canal para su retransmisión en cualquier lugar de mundo, de tal manera, es posible la difusión de la señal de televisión.

El usuario logra recepcionar la señal de audio y video en formato digital, debido a la retransmisión que se ejerce desde el satélite hacia los centros de transmisión, donde son retransmitidas a las antenas parabólicas mediante el dispositivo LNB que distorsiona las señales. Para el caso de los canales pagos, se envían a través de medio guiado, en este caso, de cable coaxial que están directamente conectados a los decodificadores de la señal; cuando la señal de los canales es abierta el usuario recepcionar la señal a través de una antena UHF receptora que va directamente conectada al televisor.

La televisión digital satelital tiene la desventaja de necesitar decodificadores como televisores se tengan, a menos que los usuarios quieran ver simultáneamente el mismo programa, en cuyo caso sólo bastaría con un decodificador [8].

Televisión por Internet

A través de este servicio no sólo están disponibles los canales que se sintonizan normalmente en nuestros hogares, sino que además se pueden ver canales propios por internet, en ocasiones en tiempo real como se puede ver en la Figura 2.



Figura 2 Señal de streaming.

Hay momentos donde la calidad de la señal se pierde, ocasionada por la pérdida de paquetes y alta latencia, como se puede ver en la figura 3.

Hoy en día, existen en el mercado software pagos que permiten al usuario-televidente graduar el ancho de banda con el que quiere visualizar el contenido audiovisual, de acuerdo al *proveedor de servicio de internet (ISP)*, que tenga en el su hogar o empresa, permitiendo de esta manera mejorar la calidad de la señal audio y video. Este contenido puede ser visto a través de los dispositivos móviles.

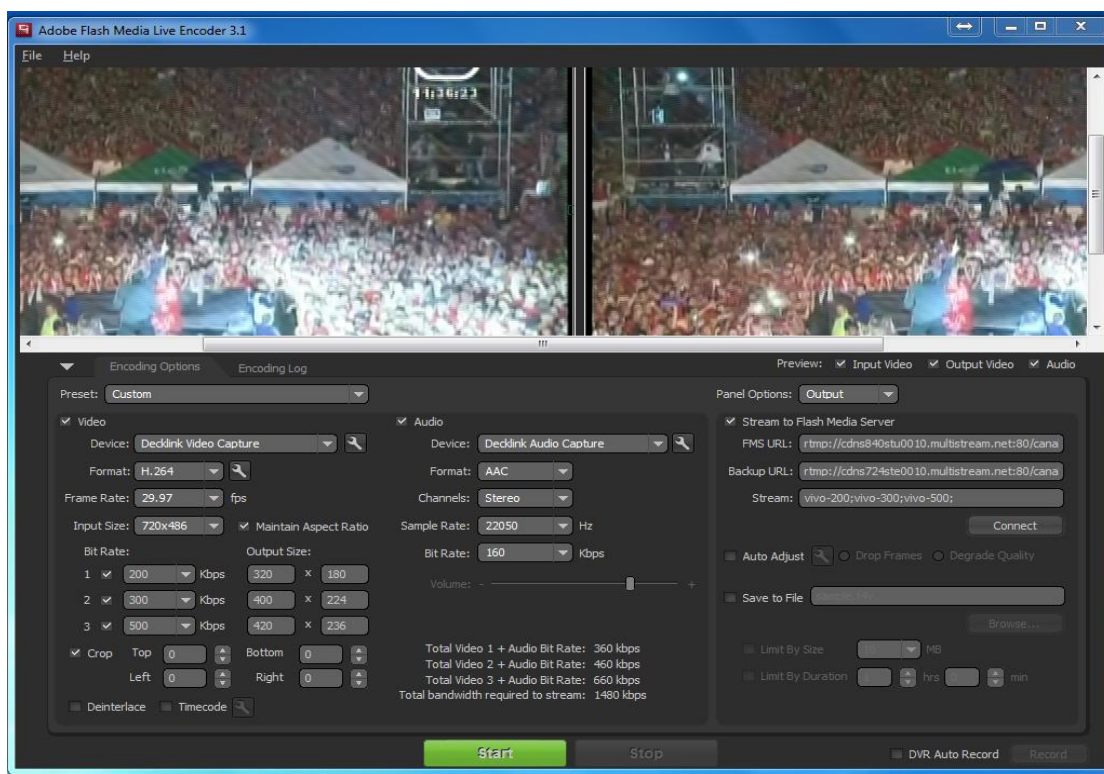


Figura 3 Software de streaming.

Televisión digital terrestre

La Televisión Digital Terrestre, es la de señal de televisión que se propaga de manera radiodifundida (abierta), a diferencia de la señal analógica que ofrece mayor interactividad al televidente, VoD, multicanales, mejora la calidad del audio y video sin causar costo al usuario

dado a que el servicio es gratuito; Existen dos formas de recepción de la señal de televisión digital terrestre [9].

- Mediante una antena UHF, la cual está conectada a un televisor que soporta el estándar DVB-T2.
- Mediante una antena UHF, enlazada a un televisor conectado a un decodificador que soporte el estándar DVB-T2.

Se espera que para el año 2020 se realice el gran apagón de la televisión analógica o convencional que existe desde el año 1954. El estándar que se adoptó e implemento en Colombia es DVB-T2 basados en la modulación de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM). De esta manera, la población más vulnerable del país tendrá acceso a los contenidos audiovisuales que producen y emiten los canales nacionales privados, públicos y regionales sin asumir costos con cable operadores y/o parabólicas.

Beneficios

La TDT, permite disfrutar una televisión pública sin ruidos e interferencias de contenidos audiovisuales en alta calidad tanto en audio como en video.

Permite a los canales de televisión tener 4 o más sub-canales en su señal portadora, ya sea en formato SD o HD, mediante el uso eficiente del ancho de banda a diferencia de la televisión analógica que era uno solo.

En la actualidad varios canales nacionales privados, públicos y regionales (Canal TRO, Tele Antioquia, Tele Café, entre otros) emiten en sus zonas de cobertura la señal de televisión digital terrestre [10].

Dónde se sintoniza la señal

Durante el segundo semestre de 2014, se incorporaron e implementaron el estándar DVB-T2, en las cabeceras de cada uno de los canales públicos nacionales (Señal Colombia, Señal Institucional y Canal Uno) y, en los ocho canales regionales (Canal Capital, Canal Trece, Tele Caribe, Tele Islas, Tele Pacífico, Tele Café, Tele Antioquia y Canal TRO).

Las principales ciudades de Colombia como Armenia, Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Medellín, Manizales, Pereira y Santa Marta, y sus áreas aledañas, cuentan con el servicio; sin embargo, hay campañas de masificación con la población a lo largo del territorio nacional.

Ventajas

- Uso eficiente del espectro electromagnético para la implementación a futuro de servicios de telecomunicaciones.
- Prestación del servicio de TDT totalmente gratuito sin tener que cancelar mensualidades ni afiliaciones a ninguna empresa.
- Masificación del servicio de televisión terrestre en alta definición en la población colombiana.
- Mayor número de canales a disfrutar en televisión abierta.

“La Comisión Nacional de Televisión fue la responsable de escoger el estándar europeo para la televisión digital del país No habrá que comprar nuevos aparatos y a cambio, se deberá adquirir un decodificador. Las primeras señales de TV digital en algunas ciudades del país se comenzarán a ver dentro de dos años” [11].

Por tal motivo, los ciudadanos colombianos no tendrán la obligación de adquirir nuevos aparatos y a cambio, se deberá adquirir un decodificador.

Colombia se convertirá en el cuarto país en Suramérica en definir el sistema de alta definición DVB-T2, donde se manifestó que para cada arrendador/ canal se otorgará un espectro de 6Mhz, permitiendo albergar más de 8 canales a una misma firma, donde el formato de compresión sea MPEG4 y su sistema de codificación de video se basará en la norma internacional de telecomunicaciones UIT-T H.264 [12].

Internet por Protocolo de Televisión (IPTV)

En la actualidad IPTV toma cada vez más fuerza en los proveedores de ISP en Colombia, ofreciendo nuevas experiencias con contenidos de televisión en alta definición haciendo uso de las redes IP, mediante los protocolos RTP/UDP para la transmisión de audio y video según las normas establecidas por el *grupo de trabajo de ingeniería de internet (IETF)*, además de decodificar en MPEG4 AVC / H.264 para el video.

Haciendo provecho de las actuales redes IP, se implementa un nuevo concepto de triple play, al cual convergen contenidos audiovisuales y servicios (televisión, voz y ancho de banda).

De esta manera, los contenidos llegarán sólo cuando sean requeridos por el cliente, conocidos como VoD, así el proveedor (canal) no transmitirá contenidos hasta que el usuario/ cliente se conecte.

Para tal efecto, el usuario dispone de una guía meta data donde se relacionan los contenidos disponibles, acceso a herramientas en la web, filtrada de contenidos y *grabación de video digital (DVR)* en los *set-top-box (STP)*, del material audiovisual aun cuando no estén conectados.

A continuación, en la figura 4, se representa el esquema de cómo llega la señal IPTV hasta los hogares y/o empresas.

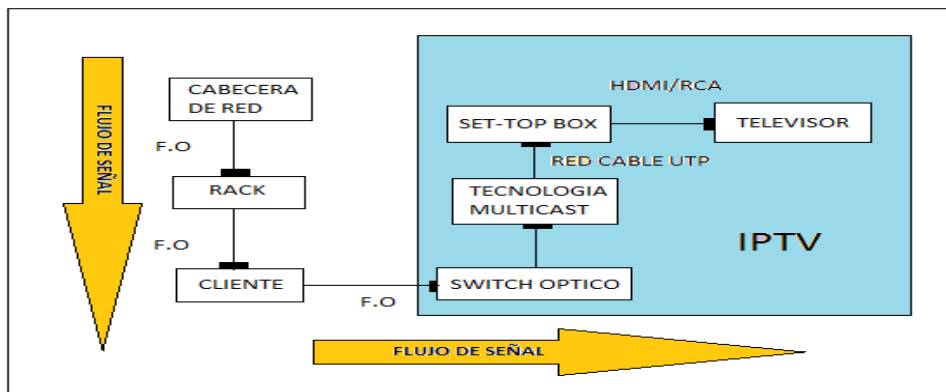


Figura 4 Esquema de señal IPTV en hogares y/o empresas

La distribución de la señal es de modo multicast, se basa en la transmisión de datagramas IP a los usuarios interesados, logrando un ahorro importante de ancho de banda. Para garantizar el servicio de SDTV se utiliza comúnmente 3 Mbps y para HDTV 7.5 Mbps.

Donde Set top box, permite decodificar la señal digital, consecutivamente lo desmodula y lo envía al televisor mediante una conexión RCA al televisor basándose en la siguiente formula:

$BW = U \times Q$, para televisión estándar.

$BW = U \times 7.5 \text{ Mbps}$, para televisión HD

Donde;

U es la cantidad de set top box, en el cual el usuario requiere el servicio de televisión estándar.

Q: unidad mínima para transporte de señal estándar (3Mbps).

P: unidad mínima para transporte de señal en alta definición (7.5 Mbps).

De esta manera se puede calcular el ancho de banda para el servicio de televisión que requiera el cliente. Ver figura

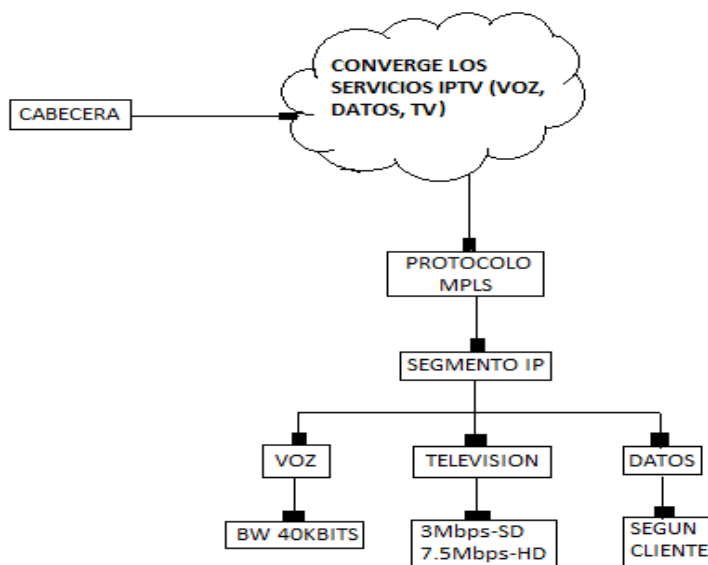


Figura 5 Anchos de banda para los servicios IPTV.

El protocolo *conmutación multi-protocolo mediante etiquetas (MPLS)* opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI, mejorando el desempeño de la red en general a través de la calidad de servicio, ingeniería de tráfico, soporte multiprotocolo y *redes privadas virtuales (VPNs)*.

MPLS es orientado a la conexión y permite encapsular la información por encima del nivel de enlace y debajo de IP mejorando el tiempo de resolución. Para los paquetes IP se soporta en el *protocolo de señalización (RSVP)*. El funcionamiento del protocolo MPLS contiene un conjunto de enrutadores de comunicación de etiquetas, tiene la capacidad de conmutar y rutear paquetes con base en la etiqueta que es añadida a cada paquete. Cada flujo es diferente y es llamado clase equivalente de reenvío FEC [13].

Valores técnicos IPTV

Para el óptimo servicio IPTV es primordial contar con BW suficiente, con el fin de evitar futuras fallas técnicas al momento de ofrecer y garantizar calidad a los usuarios.

Relación Señal/Ruido: garantiza un servicio estable, donde la SNR debe ser mayor a 13db.

Atenuación: este rango no debe superar los 40db, en caso tal que lo supere el servicio podría causar interrupciones.

Ancho de banda: depende de la cantidad de STB y estándar SD/HD, las velocidades más comunes son: 3 Mbps, 7 Mbps, 8 Mbps, 10 Mbps, 12 Mbps, 14 Mbps, 16 Mbps y 18 Mbps.

Pros y contras de IPTV en Colombia

- Permite la interacción cliente-servidor a través de las herramientas web, contenidos audiovisuales, VoD, entre otros.
- Ofrece calidad en la transmisión de video en tiempo real mediante los procesos de codificación y decodificación en tiempo real.
- Una de sus limitantes es el ancho de banda, total de usuarios, transmisión, calidad de servicio y experiencia.
- Televisión digital en alta definición.

Proyecciones IPTV Colombia

Empresas Públicas de Medellín (EPM), a través de su filial UNE-EPM Telecomunicaciones, inicio su operación en dos ciudades simultáneas, Medellín y Bogotá D.C en el mes de julio del año 2008, consolidándose como la segunda empresa en Latinoamérica en ofertar el servicio de IPTV [14].

Implementando en la señal de televisión alta definición, calidad del servicio, DVR, juegos, etc., mediante la conexión de un modem de 4 puertos (CPE) hay que tener en cuenta que por cada televisor se necesita un decodificador y un control para su interactividad.

A finales del mes de junio de 2013, la *empresa pública de telecomunicaciones de Cali (EMCALI)* inicio con 60 canales en alta definición, juegos y redes sociales en la zona metropolitana (Cali, Jamundí, Yumbo) [15].

ETB es una empresa que anteriormente ofrecía servicio de banda ancha que busca competir en el servicio IPTV a través de la inclusión de nuevos servicios en televisión y redes móviles 4G. Se espera que para finales de 2015 ETB tenga el 80 % de cobertura de fibra óptica en la ciudad Bogotá.

Una de las novedades que ofrece ETB para sobresalir en el mercado es la reducción del tiempo del cambio de canal en sólo 1 segundo en comparación con los demás operadores de IPTV. Además, el usuario puede retroceder hasta una hora así no lo haya estado grabando y podrá grabar varios programas al tiempo mientras observan otros canales a través de la Mini Guía [16].

“Estas velocidades no las da nadie en el mercado y baja los tiempos de subir y bajar material a Internet, como archivos, fotografías, datos, videos, tan sólo en segundos y no en horas” [17], aseguró Saúl Kattan, presidente de ETB.

Radiofrecuencia

Radiofrecuencia o RF pertenece al espectro electromagnético, permite generar ondas electromagnéticas entre 3 Hz – 300 GHz. Se utiliza en radio, telefonía móvil, televisión y radar.

RF se divide en las siguientes bandas:

- Ultra-Alta.
- Muy Alta.

- Onda Corta.
- Onda Media.
- Onda Larga.
- Muy Baja Frecuencia.

Las ondas electromagnéticas son capaces de viajar a través del vacío en comparación con las ondas mecánicas.

Alta Definición

Se identifica por emitir señales de televisión (audio y video) en calidad digital a diferencia de los sistemas de SDTV. HD utiliza una resolución cuatro veces mayor que la resolución SD, por lo que se aprecian mejor los detalles, las imágenes en cuanto al formato de imagen, la relación de aspecto en alta definición es de 16:9 frente a estándar 4:3, permitiendo no sólo captar mejor la información aumentando el realismo en la imagen.

Los formatos más comunes son:

- 1080 líneas en formato entrelazado (1080i, a 25/30).
- 720 líneas en formato progresivo (720p, a 50/60).

Donde;

- i: describe que el formato es entrelazado, sólo se visualiza la mitad de las líneas horizontales en cada barrido de la imagen, donde cada fotograma se fracciona en dos campos, el primer campo contiene la información de todas las líneas de número impar y el segundo campo contiene los números par. Dado a que l, fenómeno de persistencia de la visión, une ambas imágenes como si fuera una.

- p: describe que el formato es progresivo, que consiste en la visualización de todas las líneas horizontales de una sola vez como si fuesen un único fotograma.

Los valores de 25, 30,50 y 60 son conocidos como cuadros por segundo o números de fotogramas que componen la sucesión de imágenes [18].

Formato SD



Formato HD



Figura 6 Diferencia de formatos SD /HD.

Calidad de experiencia del usuario

La QoE mide de manera subjetiva los componentes del sistema (cliente, terminal, red, servicios de infraestructuras, entre otros). Proporcionados por *Communication Service Provider* (CSP).

Relación entre QoS y QoE

La QoE, es la visión que el usuario tiene del sistema. Una forma de medir la QoE es a través de la MOS, que permite cuantificar el impacto del usuario ante las fallas del servicio y calidad de servicio, se refiere al rendimiento y trato que se les da a los paquetes IP.

Factores que influyen en la calidad de la experiencia del usuario QoE

Como su naturaleza es subjetiva, se tienen en cuenta los siguientes parámetros.

- Contenidos (audio, video y aplicaciones).
- Confiabilidad.
- Cambio de canales o zapping.
- Seguridad.
- Escalabilidad.

Puntuación media de opinión (MOS)

En multimedia (audio, telefonía de voz, o video) especialmente cuando los codecs se utilizan para comprimir el ancho de banda, el MOS proporciona una indicación numérica percibiendo la calidad desde la perspectiva de los usuarios, en los medios de comunicación, después de la compresión y / o transmisión. La MOS se expresa como un solo número en el rango de 1 a 5, donde 1 es la más baja calidad de audio percibida, y 5 es la percepción de más alta medición de la calidad de audio.

El MOS es la media aritmética de todas las puntuaciones individuales, y puede variar de 1 (peor) a 5 (mejor).

2.2 Marco espacial**Televisión Analógica Terrestre**

“La televisión analógica terrestre consiste en la radiodifusión unilateral de programas de televisión destinados a ser recibidos por el público en general a partir de una estación de difusión

ubicada en tierra. De acuerdo con las definiciones de la ley 182 de 1995, la televisión terrestre está comprendida dentro de las definiciones de televisión radiodifundida y televisión abierta” [19].

Ventajas del estándar analógico Comité Nacional de Sistema de Televisión (NTSC):

- Posibilidad de manipulación técnica para visualización de la imagen a color.
- Reducción de parpadeos de imagen.
- Posibilidad de edición en cualquier punto límite de los campos sin distorsiones de color.
- Mejores características de relación señal a ruido.

Desventajas del estándar NTSC:

- Reducción de claridad en pantallas largas.
- Deficiencias de luminancia (brillo de la imagen).
- Susceptibilidad a intermitencias en recepción de audio.
- Degradación de la señal y calidad de video.
- Deficiencias de cobertura.
- Mayor susceptibilidad a interferencias.

Televisión Digital Terrestre

“La Televisión Digital Terrestre (TDT) es la señal de televisión radiodifundida mejorada tecnológicamente, que ofrece video en alta definición, multicanales y contenidos digitales adicionales, y que se puede sintonizar de manera gratuita en su televisor mediante una antena UHF o con un decodificador. Con múltiples ventajas, a partir de 2020 la TDT reemplazará

definitivamente la señal de televisión análoga o convencional que existe en Colombia desde 1954. Para la transmisión y la recepción de la señal TDT se implementó en el país el estándar DVB-T2, que ya se utiliza en 146 de los 198 países del mundo” [20].

2.3 Marco Geográfico

El siguiente estudio se ha desarrollado en el departamento de Santander, específicamente, en el área metropolitana de Bucaramanga, en el municipio de Floridablanca, localizándose en la sede principal del Canal TRO.

2.4 Marco institucional

Televisión Regional del Oriente

Hace algunos años en la mente de los mandatarios gubernamentales de turno, Sergio Entrena Parra de Norte de Santander y Mario Camacho Prada, de Santander, estaba la idea de crear un medio de comunicación donde se pudiera mostrar lo que se hacía en esta zona del país.

Fue así como el 22 de junio de 1995 que por escritura pública No. 875 se creó la Televisión Regional del Oriente, que es hoy por hoy el principal medio de comunicación a través del cual se muestra la cultura, costumbres, tradiciones e información de la zona oriente de Colombia.

En 1996 un año después de su creación, el Canal inició transmisiones con los Juegos Deportivos Nacionales en Bucaramanga; en 1998 se implementó la parrilla de programación y se inició un proceso licitatorio para adjudicar espacios noticiosos y de opinión, luego de dos años

nació el informativo TRO noticias y en 2003 se empezó a transmitir la Semana Santa vía satélite desde Pamplona.

Como todo comienzo tiene sus tropiezos, para esta empresa tampoco fue fácil, no había un espacio físico para que funcionaran las oficinas, entonces durante ocho meses el Canal prestó sus servicios en el primer piso de la Lotería de Santander, luego se trasladó al quinto piso del Edificio del Instituto Financiero de Santander, IDESAN, en el que estuvo hasta el año 2006.

En 2006, la Gobernación de Santander entregó en comodato para la construcción de las instalaciones del Canal los predios de la antigua Licorera de Santander en el municipio de Floridablanca, tras un año de adecuaciones, se inauguró la sede administrativa en la que actualmente funciona este medio de comunicación.

Durante esta época, se logró implementar la señal en el satélite, se consiguieron recursos para equipos de producción, edición y post producción, así como para emisión y producciones en vivo.

Durante la Gerencia la liderada por Juan Ricardo Gélves y durante estos últimos años ha contado con grandes avances como el salto a la TDT, la emisión en HD, adquisición de nuevos equipos y el aporte de mejores contenidos que fortalecen la integración del Gran Santander [21].

2.5 Marco Histórico

“Para Mayo de 1954 ya estaba todo casi listo. Los equipos traídos de Estado Unidos y Alemania estaban instalados, los aparatos de televisión estaban a la venta y sólo faltaban algunos ajustes. Los primeros ensayos de las pruebas televisivas se hicieron el primero de Mayo de 1954, emitiendo la señal entre Bogotá y Manizales y algunos ensayos más haciendo transmisiones

desde el almacén de J. Glottman en la calle 24 de Bogotá. Las primeras imágenes transmitidas fueron, una figura en movimiento y la portada del El Tiempo publicado para ese día” [22].

“Durante el primer año los espacios en televisión habían sido educativos y culturales y pertenecían exclusivamente al Estado. En agosto de 1995 el Gobierno Nacional decide abrir espacios comerciales, para lo cual se designa a la *empresa de televisión comercial (TVC)* el manejo de algunos espacios comerciales. La TVC tenía como socios a las cadenas radiales Caracol y *Radio Cadena Nacional (RCN)*” [23].

El 2 de Mayo de 1958 se hace la primera transmisión a control remoto en la televisión colombiana. La transmisión fuera de los estudios de la calle 24 por primera vez se hace desde el Teatro Colón de Bogotá, con la presentación de la Novena Sinfonía de Beethoven, ejecutada por la Orquesta Sinfónica Nacional, con el Patrocinio de Acerías Paz del Río. Fue un gran desafío técnico que se logró superar y a partir de esta transmisión vendrían muchas más [24].

2.6 Marco Demográfico

El estudio se ha realizado en la población joven y adulta localizada en Floridablanca, sede del Canal de *Televisión Regional del Oriente (TRO)*. Dada su naturaleza subjetiva se basa en la opinión que tenga el usuario respecto a la experiencia como consumidor de contenidos audiovisuales.

La diversidad de edades que existe en la zona permitirá analizar características de la población.

Lo anterior se fundamenta en las siguientes normas legales:

LEY ESTATUTARIA 1622 de 29 de abril de 2013.

Diario Oficial No. 48.776 de 29 de abril de 2013.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA

“ARTÍCULO 5o. DEFINICIONES. Para efectos de la presente ley se entenderá como:

JOVEN: Toda persona entre 14 y 28 años cumplidos en proceso de consolidación de su autonomía intelectual, física, moral, económica, social y cultural que hace parte de una comunidad política y en ese sentido ejerce su ciudadanía” [25].

“PERSONA DE LA TERCERA EDAD: No es posible utilizar la definición contenida en la Ley 1251/08, por la cual se dictan normas tendientes a procurar la protección, promoción y defensa de los derechos de los adultos mayores.

ADULTO MAYOR: Es aquella persona que cuenta con sesenta (60) años de edad o más” [26].

2.7 Marco legal

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

DECRETO NÚMERO 4392 DEL 23 DE NOVIEMBRE DE 2010:

“Que los artículos 11 y 72 de la Ley 1341 de 2009 señalan, entre otros, que el uso del espectro radioeléctrico requiere permiso previo, expreso y otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y que con el fin de asegurar procesos transparentes y la maximización de recursos para el Estado, previamente al otorgamiento del permiso de uso del espectro radioeléctrico de asignación, o de concesión de servicios si a eso hubiere lugar, se determinará si existe un numero plural de interesados en la banda de frecuencias correspondiente, evento en el cual se aplicaran procedimientos de selección objetiva” [27].

3. Diseño Metodológico

3.1 Línea de investigación

Mixta.

3.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo: mixta (cuantitativa – cualitativa).

El enfoque de la investigación: empírico-Analítico.

Alcance: tiempo: descriptiva.

Lo que se pretende: descriptiva.

Papel del investigador: experimental (MOS).

Lugar y recursos: mixta.

Grado de abstracción: aplicada.

Diseño de Investigación: diseños cuantitativos: experimentales.

3.3 Estructura metodológica

- Revisión bibliográfica en bases de datos.
- Definir los parámetros de una red IP.
- Determinar qué equipos tecnológicos se ajustan a los propósitos del trabajo.
- Aplicación de pruebas.
- Aplicación de una encuesta para verificar la aceptación o rechazo de la calidad de experiencia del usuario QoE por parte de los usuarios (jóvenes y adultos).
- Sistematización de la información.

- Verificación de resultados.

Hipótesis diferencia entre grupos

Los usuarios jóvenes aumentan significativamente su interactividad con los contenidos de televisión en alta definición en comparación con los adultos.

Los adultos interactúan en menor medida con los contenidos de televisión en alta definición en comparación con los jóvenes.

Variables

- Calidad de experiencia del usuario - independiente.
- Interactividad – dependiente.
- Contenidos de televisión – independiente.

Muestra

- Población joven: Contratistas del Canal TRO sede Floridablanca, 10 personas.
- Población adulta: Contratistas del Canal TRO sede Floridablanca, 10 personas.
- Población total: 20 personas.

Tipo de muestreo: estratificado

Margen: 10%.

Nivel de confianza: 95%.

Población: 20.

Tamaño de muestra: 18.

Criterios de selección de la muestra

- Personas sin discapacidades auditivas y visuales.
- Contratistas jóvenes del Canal TRO sede Floridablanca.
- Contratistas adultos del Canal TRO sede Floridablanca.
- Edades.
- No haber participado en pruebas de calidad de experiencia del usuario los últimos seis meses.

3.4 Fuentes de información (primarias y secundarias)

Tabla 2 *Fuentes de información*

Fuente primaria	Fuente secundaria
Contratistas jóvenes(encuesta)	Documental
Contratistas adultos(encuesta)	
Entrevistas a expertos	

3.5 Técnicas y herramientas de recolección de información

- Análisis documental.
- Encuesta (pruebas):
- Visitas de verificación.

3.6 Técnicas para evaluación de resultados

Análisis de pruebas MOS: La MOS se expresa como un solo número en el rango de 1 a 5, donde 1 es la más baja calidad de audio y video percibida y 5 es la percepción más alta.

Realizada la encuesta, se analizan los datos extraídos de los usuarios los cuales van a permitir un conocimiento de los niveles de aceptación del MOS en la población joven y adulta, el cual es la media aritmética de todas las puntuaciones individuales, y puede variar de 1 (peor) a 5 (mejor).

Esquema temático del informe final

- Estudio.
- Condiciones técnicas.
- Prueba.
- Recomendaciones técnicas.
- Conclusiones.

3.7 Recursos disponibles

Recurso humano

- Investigadores.
- Director.
- Asesor metodológico.
- Población.

Recurso Técnicos

- Computador.
- Modem.
- Equipos de pruebas.
- Video Clip 5"47'.

Recurso Material

- Papelería.

Otros

- Teléfono Celular.
- Imprevistos 15%.
- Desplazamientos.

3.8 Presupuesto

PRESUPUESTO	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR MENSUAL	TIEMPO MES	SUBTOTAL COP	TOTAL COP
SERVICIOS PROFESIONALES						\$ 84.812.500,00
INVESTIGADORES	2	\$ 2.500.000,00	\$ 5.000.000,00	5	\$ 25.000.000,00	
DIRECTOR	1	\$ 3.800.000,00	\$ 3.800.000,00	5	\$ 19.000.000,00	
ASESOR METODOLOGICO	1	\$ 3.800.000,00	\$ 3.800.000,00	5	\$ 19.000.000,00	
POBLACION	24	\$ -	\$ -	1	\$ -	
RECURSOS TECNICOS	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR MENSUAL	TIEMPO MES	SUBTOTAL	
COMPUTADOR	2	\$ 1.000.000,00			\$ 2.000.000,00	
MODEM	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00	5	\$ 400.000,00	
EQUIPOS DE PRUEBAS	4	\$ 1.000.000,00	\$ 4.000.000,00	1	\$ 4.000.000,00	
VIDEO CLIPS 20 SEGUNDOS	12	\$ 200.000,00	\$ 2.400.000,00	1	\$ 2.400.000,00	
RECURSO MATERIAL	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR MENSUAL	TIEMPO MES	SUBTOTAL	
PAPELERIA	0	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	5	\$ 1.000.000,00	
OTROS	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR MENSUAL	TIEMPO MES	SUBTOTAL	
DESPLAZAMIENTOS	15	\$ 8.000,00	\$ 120.000,00	5	\$ 600.000,00	
TELEFONO CELULAR	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	5	\$ 350.000,00	
IMPREVISTOS 15%		\$ 2.062.500,00	\$ 2.062.500,00	5	\$ 11.062.500,00	

3.9 Cronograma

No.	FASE/ ACTIVIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO																			
		sep-15				oct-15				nov-15				dic-15				ene-16			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Definir los parámetros de una red ip	X	X	X																	
2	Determinar que equipos tecnológicos se ajustan a los propósitos del trabajo.			X	X	X	X														
3	Aplicación de pruebas.					X	X	X	X	X											
4	Aplicación de una encuestas para verificar la aceptación o rechazo de la calidad de experiencia QoE por parte de los usuarios (joven y adulto).									X	X	X	X								
5	Sistematización de la información.											X	X	X	X	X					
6	Verificación de resultados.													X	X	X	X				
7	Redacción del informe final													X	X	X	X	X	X	X	X

4. Fuentes de información

- [1] P. Orosz, T. Skopkó, Z. Nagy, P. Varga and L. Gyimóthi, "A case study on correlating video QoS and QoE," in Network Operations and Management Symposium(NOMS), 2014 IEEE, 2014, pp. 1-5.
- [2] O. Issa, F. Speranza, Wei Li and Hong Liu, "Estimation of time varying QoE for high definition IPTV distribution," in Consumer Communications and Networking Conference(CCNC), 2012 IEEE, 2012, pp. 326-330.
- [3] V. Miguel, J. Cabrera, F. Jaureguizar and N. Garcia, "Distribution of high-definition video in 802.11 wireless home networks," Consumer Electronics, IEEE Transactions On, vol. 57, pp. 53-61, 2011.
- [4] Mingquan Wu, S. Makharia, Hang Liu, Dekai Li and S. Mathur, "IPTV Multicast Over Wireless LAN Using Merged Hybrid ARQ With Staggered Adaptive FEC," Broadcasting, IEEE Transactions On, vol. 55, pp. 363-374, 2009.
- [5] From QoS to QoE: A Tutorial on Video Quality Assessment, Yanjiao Chen, Student Member, IEEE, Kaishun Wu, Member, IEEE, and Qian Zhang, Fellow, IEEE, DOI 10.1109/COMST.2014.2363139, IEEE Communications Surveys & Tutorials.
- [6]- Measurement of Quality of Experience of Video-on-Demand Services: A Survey, Parikshit Juluri, Venkatesh Tamarapalli, Deep Medhi, DOI 10.1109/COMST.2015.2401424, IEEE Communications Surveys & Tutorials.
- [7] -REC-P.800.1201602-----P.800.1 terminología de las notas medias de opinión ITU).
- [8] Neutro Color Telecomunicaciones, "Televisión vía Satélite" [En Línea], Televisión Digital Satelital Disponible en

http://www.neutrocolor.com/index.php?option=com_content&view=article&id=106&Itemid=23

0.

[9] Autoridad Nacional de Televisión “Televisión Digital Terrestre”, [En Línea], Televisión Digital Terrestre Disponible en Lineal <http://www.antv.gov.co/content/television-digital-terrestre>.

[10] Autoridad Nacional de Televisión “Televisión Digital Terrestre”, [En Línea], Televisión Digital Terrestre Disponible en Lineal <http://www.antv.gov.co/content/television-digital-terrestre>.

[11] Espectador “Colombia adopta el estándar europeo para la TV digital Terrestre”, [En línea], Colombia adopta el estándar europeo para la TV digital Terrestre Disponible en <http://www.elespectador.com/entretenimiento/arteygente/medios/articulo-Colombia-adopta-el-estandar-europeo-tv-digital-terrestre>.

[12] Espectador “Colombia adopta el estándar europeo para la TV digital Terrestre”, [En línea], Colombia adopta el estándar europeo para la TV digital Terrestre Disponible en <http://www.elespectador.com/entretenimiento/arteygente/medios/articulo-Colombia-adopta-el-estandar-europeo-tv-digital-terrestre>.

[13] J.Padilla MPLS “Protocolo MPLS”, [En Línea], Protocolo MPLS Disponible en http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/Network_routing/4-Enrutamiento%20en%20MPLS.pdf.

[14] Comunidad ola i tigo “UNE EPM, Primer operador con IPTV”, [En línea], UNE EPM, Primer operador con IPTV Disponible en <http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php/noticias-/historial-de-noticias/127/2358-une-epm-primer-operador-con-iptv>.

[15] El País “Emcali lanza servicio de televisión IPTV para Cali, Jamundí y Jumbo”, [En línea], Emcali lanza servicio de televisión IPTV para Cali, Jamundí y Jumbo Disponible en <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/emcali-lanza-servicio-television-ip-tv-para-cali-jamundi-y-yumbo>.

[16] Cable servicios S.A “ETB, ya es operador de TV”, [En Línea], ETB, ya es operador de TV Disponible en <http://cableservicios.com/blog/blog/etb-ya-es-operador-de-tv/>.

[17] Revista dinero “ETB, oficialmente nuevo operador de TV” [En línea], ETB, oficialmente nuevo operador de TV, Disponible en <http://www.dinero.com/empresas/articulo/television-etb/194149>.

[18] Ministerio de industria, energía y turismo “ETB, Alta Definición Televisión Digital” [En línea], Alta Definición Televisión Digital, Disponible en <http://www.televisiondigital.gob.es/tecnologias/AD/Paginas/alta-definicion.aspx>

[19] Autoridad Nacional de Televisión “Que es la Televisión Análoga Terrestre” [En línea], Que es la Televisión Análoga Terrestre, Disponible en <http://www.antv.gov.co/atencion-a-usuarios/preguntas-frecuentes/television-abierta/que-es-la-television-analog-a-terrestre>.

[20] Autoridad Nacional de Televisión “Que es la Televisión Digital Terrestre” [En línea], Que es la Televisión Digital Terrestre, Disponible en <http://www.antv.gov.co/content/television-digital-terrestre>.

[21] Televisión Regional del Oriente LTDA “Historia” [En línea], Historia, Disponible en <http://www.canaltro.com/index.php/conocenos/quienes-somos/historia>.

[22] Biblioteca Luis Arango “Historia de la Televisión en Colombia” [En línea], Historia de la Televisión en Colombia, Disponible en http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/historia_tv/1958.htm.

[23] Biblioteca Luis Arango “Historia de la Televisión en Colombia” [En línea], Historia de la Televisión en Colombia, Disponible en

http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/historia_tv/1958.htm.

[24] Biblioteca Luis Arango “Historia de la Televisión en Colombia” [En línea], Historia de la Televisión en Colombia, Disponible en

http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/historia_tv/1958.htm.

[25] ICBF “Historia de la Televisión en Colombia” [En línea], Derecho del Bienestar Familiar, Disponible en http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/ley_1622_2013.htm

[26] Corte Constitucional “PERSONA DE LA TERCERA EDAD” [En línea], Corte Constitucional, Disponible en <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2010/t-138-10.htm>.

[27] Alcaldía de Bogotá “DECRETO 4392 DE 2010” [En línea], Consulta de la Norma, Disponible en <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40814>

Apéndices

Apéndice A Calidad de experiencia en los usuarios

Apéndice B Calidad de Servicio