

# ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SERVICIO EN REDES IPV6 VS IPV4

## ANALYSIS OF SERVICE QUALITY VS IPV4 IPV6 NETWORK

José Távara-Carbajal \*

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar la comparación del comportamiento entre los protocolos de red IPv4 vs protocolo IPv6 en la transmisión de video condicionado a un modelo de calidad de servicio en ambos casos, y mostrar la estadística de su evaluación, esta investigación se realizó en un laboratorio equipado con tecnología routing y switching y la infraestructura requerida, la metodología que se utilizó es la Top Down, metodología específica para el diseño, implementación, investigación de las redes de datos de comunicación. De acuerdo al estudio realizado se hizo la medición de diversos parámetros que deben investigarse cuando se da calidad de servicio a una red de datos de comunicación como: ancho de banda, retardo, pérdida de paquetes. Al ser una investigación de comparación de resultados sobre dos protocolos de comunicación podemos decir que el protocolo internet versión 6 tiene ventajas en los parámetros de retardo y pérdida de paquetes siendo el retardo un valor importante en el transporte de los paquetes IPs en una red de datos.

Debemos seguir con las investigaciones del protocolo de internet versión 6, al ser el protocolo de internet que va a reemplazar al protocolo de internet versión 4, y en el futuro va a ser el protocolo de internet que va seguir operando durante un largo periodo de años a nivel mundial, y de tal manera que cualquier dispositivo que se conecte a la internet va a requerir este protocolo para su direccionamiento y enrutamiento por la internet.

**Palabras Claves:** Calidad de Servicio: Ancho de Banda, Retardo, Pérdida de Paquetes.

### ABSTRACT

This paper aims realize the comparison of the behavior between protocol networks IPv4 vs. protocol networks IPv6 in video transmission conditioned to the application of a service quality model in both cases, and show the statics of the evaluation.

**Keywords:** Quality of Service, Bandwidth, End to End Delay, Jitter, Packet Loss.

---

\* Ingeniero Electrónico. Supervisor General CSC Computer Science Coorporarion. Docente Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo

**Recibido:** 10/05/2014 **Aprobado:** 12/06/2014

Citar como: Távara-Carbajal J. Análisis de la calidad de servicio en redes IPV6VS IPV4. Rev. Oficial Experti 2014; 1(1): 37-51.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las redes de datos soportan diferentes tipos de aplicaciones tales como voz, video y datos sobre una infraestructura en común dándonos la convergencia de una red. La convergencia de todos estos tipos de aplicaciones representa un reto para la administración de los paquetes de datos.

Los fallos en la red afectan a todas las aplicaciones, mientras la red converge después de un fallo quienes más sufren el desperfecto, son los usuarios que están usando aplicaciones interactivas de tiempo real como voz o video, pudiendo incluso perder la conectividad.

Actualmente nos encontramos en el periodo de transición al nuevo protocolo de Internet versión 6 (IPv6) del protocolo de internet versión 4 (IPv4), para esto debemos estar preparados para tener redes totalmente convergentes con dicho protocolo, por lo cual se ha realizado un análisis del comportamiento del protocolo de internet versión 6 vs el protocolo de internet versión 4 en la transmisión de video agregando características de calidad del servicio.

El modelo de calidad de servicio a implementar es el modelo de Servicios Diferenciados, este tipo de modelo nos va a permitir la flexibilidad del tratado de los paquetes de video por cada dispositivo router de la topología. El modelo de Servicios Diferenciados nos permite marcar el tipo de tráfico a implementar calidad del servicio. Cada tipo de modelo de calidad de servicio debe tener un tipo de elección de encolamiento, que es la capacidad que tienen los dispositivos router para poder almacenar en su buffer de memoria aquellos paquetes que se requieran ser encaminados por su prioridad, con en este caso serían los paquetes de video.

En este caso se está utilizando la técnica de encolamiento LLQ que nos permite reservar un ancho de banda por cada interfaz de entrada o de salida

para un paquete IP marcado con una etiqueta de calidad de servicio.

Para lograr la estadísticas de comparación del comportamiento del video entre redes IPv6 vs redes IPv4, se ha utilizado un laboratorio equipado con: Router, Switch y herramientas como: VLC Media Player, Jperf, D-ITG, Gnuplot, que nos capturan la estadística del comportamiento seguido de la calidad del servicio entre redes IPv6 vs redes IPv4 en la transmisión de video, teniendo los siguientes parámetros de comparación de redes convergentes: ancho de banda, retardo de extremo a extremo, fluctuación en el retraso y pérdidas de paquetes.

## MATERIALES Y RESULTADOS

El desarrollo de este trabajo se realizó sobre la metodología Top Down, en este tipo de metodología se describe múltiples fases por la que una red atraviesa, utilizando el llamado ciclo de vida de redes PDIO: Planificar, Diseñar, Implementar, Operar.

Se tomará como referencia a la metodología Top Down; ya que esta nos permite desarrollar de manera ordenada y concreta nuestro proyecto; además de ser la que más se adecua para la solución de nuestro problema de investigación. Ésta describe las múltiples fases por las que una red atraviesa utilizando el llamado ciclo de vida de redes PDIOO: Planificar, Diseñar, Implementar, Operar, Optimizar.

- Planificar. Se desarrolla un plan detallado identificando los recursos con los que se cuenta, las dificultades potenciales, las responsabilidades individuales y las tareas o asignaciones críticas necesarias para llevar hasta el final el proyecto a tiempo y dentro del presupuesto.
- Diseñar. Un diseño bien detallado y alineado con las metas de la organización y con los requerimientos del área técnica, puede mejorar bastante el rendimiento de la red mientras

soporta alta disponibilidad, fiabilidad, seguridad y escalabilidad.

- Implementación. Es cuando se trabaja para integrar los dispositivos y nuevas capacidades en concordancia con el diseño autorizado pero sin comprometer la disponibilidad de la red o su rendimiento
- Operar. La operación de la red representa una porción significativa del presupuesto de IT de una empresa, así que es muy importante ser capaz de reducir los gastos operativos mientras se mejora el rendimiento de la red de forma continua. En esta fase de operación, una compañía puede ser proactiva en el monitoreo de la salud y signos vitales de su red para mejorar la calidad del servicio, reducir interrupciones, mitigar las caídas, y mantener la alta disponibilidad, fiabilidad y seguridad.
- Optimizar, consiste en como una organización maneja y mejora de forma continua su red, sin interrumpir la operación y adaptándose a sus necesidades día a día y de forma dinámica para prestar una mejor calidad de servicio a sus clientes internos y externos. Mucha de esta optimización depende directamente de una buena supervisión y monito-

reo en la fase de operación, pero también depende de la escalabilidad propuesta en la fase de diseño, de que tan bien se implementó este diseño al final y del presupuesto que se otorgó para las futuras fases de ampliación o mejora de la red.

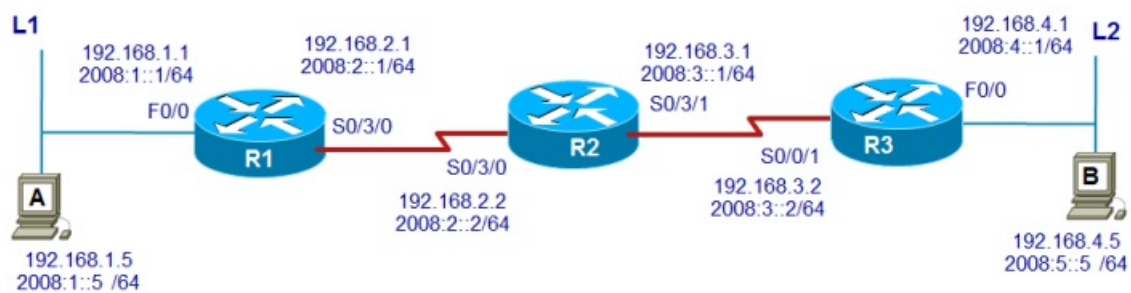
**PROCEDIMIENTO**

**Equipamiento**

Para realizar el desarrollo de la investigación del comportamiento del transporte del video sobre redes IPv4 e IPv6 aplicando Calidad de Servicio, se ha realizado una topología que incluye los siguientes equipos:

- 03 Routers modelo 2901 del fabricante Cisco Systems, que incluye el sistema operativo IOS 15.0.
- 02 Switch modelo 2960 del fabricante Cisco Systems.
- 02 Desktop del fabricante Dell, modelo
- Cables de tipo serial, cables UTP, Cable consola.

**Direccionamiento IP**



**Figura 1:** Esquema del direccionamiento IPv4 y IPv6. (Fuente: elaboración propia)

La red se configuró en un entorno Dual Stack, donde se tiene la red IPv4 y la red IPv6, se realizó con el protocolo RIPng.

**Modelo de Calidad y Servicio**

El modelo de Calidad de Servicio elegido es el Modelo de Servicios Diferenciados (DiffSer), definido en las RFC 2474 y RFC 2475<sup>1,2</sup>.

La elección del modelo de Servicios Diferenciados se da por qué es un modelo flexible ya que a través de toda la ruta por donde se transporta el paquete de video se reservara un ancho de banda por cada interface que conmuta y direcciona el paquete de video a través del enrutador. Esta técnica de poder reservar el ancho de banda en un Servicio Diferenciado (DiffSer) se llama PHB (Per Hop Behaviors)<sup>3</sup>.

El modelo de Servicio Diferenciales es aplicable tanto para el protocolo IPv4 como para el protocolo IPv6, los cuales utilizan el mismo mecanismo para la asignación de Calidad de Servicio.

Para la implementación de la Calidad de Servicio debemos considerar los siguientes pasos:

- Identificación del tráfico y sus requerimientos: el tipo de tráfico es el paquete de video en formato MPG2 que será transmitido a través del protocolo UDP (protocolo de datagrama de usuario) en el puerto 1234 utilizando el software VLC.
- Clasificación del tráfico: para el caso del video de acuerdo al modelo de servicio diferencial DiffServ se elige la Clase de tráfico de señalización el indicado para ser utilizado en aplicaciones de tiempo real como es la transmisión de paquetes de video.
- Definir las políticas de la clase: para la realización de nuestras pruebas se ha reservado el 70% de ancho de banda para la transmisión del video. Como herramienta de implementación se eligió el LLQ (Low latency queuing).

**Tabla 1. Clasificación de Requerimiento de Transmisión de Video**

Clase	Prioridad	Tipo de cola	Ancho de Banda Mínimo	Herramienta
Signaling	3	LLQ	70%	LLQ

**Administración del Tráfico**

**A) Clasificación del Tráfico:**

Es el proceso de clasificar e identificar y categorizar el tipo de tráfico al cual se le va a dar calidad de servicio. Para nuestro caso se va a utilizar lista de acceso para poder marcar el tráfico<sup>3,4</sup>.

Para el protocolo IPv4 se va a utilizar una lista de acceso extendida en donde se permita la

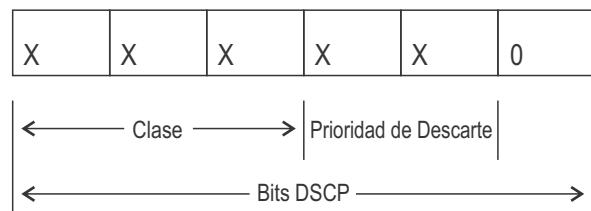
clasificación del protocolo UDP en el puerto 1234.

Para el protocolo IPv6 se va utilizar una lista de acceso nombrada, la cual va a permitir la clasificación del protocolo UDP en el puerto 1234.

Esta clasificación en la capa 3 del modelo de referencia OSI para el paquete IPv4 se da a través del campo ToS de un paquete IPv4 que da características de calidad de servicio. Para un paquete IPv6, se tiene el campo Traffic Class (clase de tráfico) que da características de calidad de servicio.

Cuando se utiliza el modelo de Servicios Diferenciados se redefine el campo ToS para el protocolo IPv4 y el campo Traffic Class para el protocolo IPv6 por el campo DiffServ que es representado por los bits de DSCP (Differentiated Services Code Point) y ECN (Explicit Congestion Notification) que son los bits que van a controlar el etiquetado de un paquete para ser atendidos con calidad y servicios de acuerdo a la política de calidad configurada en los equipos enrutadores<sup>4</sup>.

En un modelo de Servicio Diferencial la elección de los 6 bits de DSCP nos van a proporcionar el comportamiento de reenvío PHB.



**Figura 2: Bits de marcado para DSCP, donde X puede ser un valor 1 o 0. (Fuente: elaboración propia)**

En la Figura 2, podemos observar que el campo DCSP al utilizar Servicio Diferenciados está compuesto por los siguientes bits:

Bits de Clase.- que nos da la prioridad del etiquetado de un paquete, en este caso tenemos:

- Clase 1
- Clase 2
- Clase 3
- Clase 4

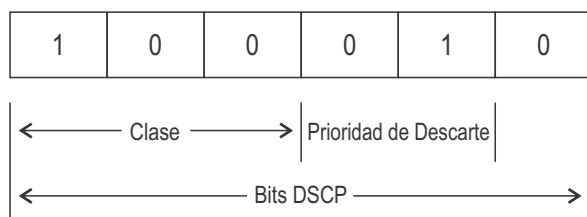
Cada uno de estas clases está asociado con un tipo de tráfico a elección, en nuestro caso la transmisión de video está clasificada en la Clase 4<sup>4</sup>.

Bits de Prioridad de Descarte.- en cada cola se implementa una técnica para evitar la congestión descartando los paquetes elegidos antes de que la cola se llene. En este caso se tienen las siguientes prioridades:

- Baja.
- Media
- Alta

Para la transmisión de video, se elige una prioridad baja, lo que indica que se tiene una prioridad menor de descarte.

Para nuestro trabajo de investigación de clasificar los paquetes de video, los bits a elegir para el DSCP son de acuerdo a la Figura 3.



**Figura 3: Elección de bits de DSCP para PHB (Fuente: elaboración propia)**

**Tabla 2. Elección de PHB**

PHB	Low Drop Preference	Medium Drop Preference	High Drop Preference
Class 1	Af11 (10) 001010	Af12 (12) 001100	Af13 (14) 001110
Class 2	Af21 (18) 010010	AF22 (20) 010100	AF23 (22) 010110
Class 3	AF31 (26) 011010	AF32 (28) 011100	AF33 (30) 011110
Class 4	Af41 (34) 100010	Af42 (36) 100100	Af43 (38) 100110

De acuerdo a la TABLA 2, el tipo de PHB elegido es el PHB Assured Forwarding (PHB AF), con un valor de PHB AF41, que es valor a elegir para transportes de aplicaciones en tiempo real como es el video ya que sus valores de retardo y jitter son bajos<sup>5,6</sup>.

**B) Congestión y Colas:**

La congestión ocurre cuando el ritmo con el que llegan los paquetes al enrutador es mayor que el ritmo con el que salen, esto puede ser causado cuando la interface de salida tiene menor capacidad que la interfaz de llegada. Para esto se debe tener técnicas de encolamiento que puedan elegir que paquetes se puedan almacenar en su buffer para ser direccionados luego.

Toda interface tiene dos tipos de encolamiento: por hardware y software. El encolamiento por hardware tiene un encolamiento FIFO.

El encolamiento trabaja de la siguiente manera, si la cola de hardware no se llena no habrá paquetes en la cola de software, pero si la cola de hardware se congestiona o llena, entonces los paquetes se almacenan en la cola de software y será procesado de acuerdo a este encolamiento.

Al utilizar un modelo de Servicios Diferenciados, el encolamiento en base a

software a elegir debería ser uno que nos proporcione bajos tiempos de retardo y jitter para una transmisión de video, en este caso vamos a utilizar el encolamiento por software LLQ (Low Latency Queuing), que nos va a permitir reservar un ancho de banda dedicado por cada interface de los enrutadores de la topología.

### C) Administración de dispositivos Routers:

Para la configuración de los dispositivos enrutadores (Routers) se va a realizar a través de la forma Modular QoS CLI (MQC) que se tienen en los enrutadores Cisco modelo 2901<sup>6,7</sup>.

Así se va a poder realizar las configuraciones de:

- Clasificación de Tráfico: es el etiquetado del tráfico a seleccionar calidad de servicio.
- Asignación de Políticas: elegir el tipo de encolamiento de acuerdo al tráfico clasificado.
- Aplicación de la Política: asignar la política de calidad de servicio a una interfaz del Router.

### Herramientas

Desde hace años se cuenta con un software llamado **VideoLAN (VLC)**, cuenta con la capacidad de reproducir archivos multimedia como DVD, Audio CD, VCD y diversos productos de transmisión con la capacidad de hacerlo simple, rápido y potente. Completamente libre y de código abierto (Open Source) es ejecutable en diversos Sistemas Operativos como Windows, Linux, Mac OS X, Unix, etc.<sup>8</sup>

Una de sus principales funciones es **Video Streaming**<sup>9</sup>, fue diseñado para transmitir videos MPEG en vivo sobre redes unicast, multicast, canales digitales por satélite, canales de televisión digital terrestre para ser usados por usuarios capaces de recibir, decodificar y visualizar las secuencias del video bajo múltiples Sistemas Operativos.

Como se puede apreciar este software es sin duda uno de los reproductores multimedia de

mayor valoración por los usuarios. Su garantía para la reproducción de una gran variedad de formatos de video y audio lo respalda. Detrás de este software se esconden una variedad de características<sup>10</sup> que lo hacen mucho más valioso como, el **Ajuste Básico de Imágenes** en color, contraste, saturación, brillo, etc., los cambios que realiza son apreciables al momento, ahora cuando se disponga de algún video y se detecte problemas en la imagen, estos desaparecerán. Otra de las características es el **Ajuste de la Nitidez del Video**, como su propio nombre dice nos permitirá agudizar y dar transparencia a la calidad de nuestro video. Una de las más novedosas es la **Rotación de Videos**, de gran utilidad cuando la fuente de la grabación de un video se ha realizado en un ángulo poco original. Otra característica de gran importancia es la **Herramienta de Zoom** que permite visualizar a muchos cuadros (píxeles) el aumento y disminución de la calidad de Zoom de un Video sin perder de vista la pestaña del Video Original. Otra de gran interacción es el **Efecto de Piezas (Puzzle) al Video** al que se puede ajustar la configuración al gusto cambiando parámetros *Filas* y *Columnas* para aumentar o disminuir el número de piezas y uno de los más aprovechables es la **Superposición** que divide la imagen en múltiples ventanas, tantas como se pueda configurar en los campos de *Filas* y *Columnas*. A parte de existir características en video existen también para el audio<sup>11</sup> como **Escuchar emisoras de radio Online** a través del directorio de emisoras de radio de *Shoutcast* que cuenta con cientos de servidores para ser explorados, también cuenta con la típica **Conversión de archivos de video y audio a otros formatos**.

Por el momento el software aún no reconoce todos los archivos disponibles en video y especialmente en audio, inclusive hay algunos formatos que necesitan ajuste de *codecs*<sup>12</sup> para su óptimo funcionamiento, es importante que el usuario escoja el adecuado formato de archivo para reproducir un video en buena calidad.

Considerando el proceso para la obtención de

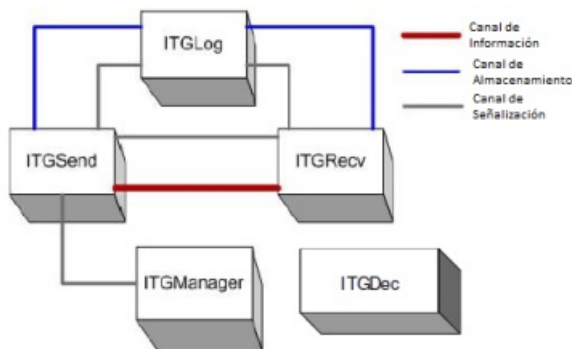
datos sobre el análisis de transmisión de video, se necesitan un software capaz de producir el tráfico de paquetes, la medición de flujos UDP y evaluar el rendimiento de una red.

Existe un software de Código Abierto (Open Source) completamente libre utilizable por línea de comandos o GUI, llamada **D-ITG**<sup>13</sup> (con sus siglas en Ingles: **Distributed Internet Traffic Generator**), es creada por la Universidad 'Degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Informatica e Sistemistica (Naples, Italia), es una plataforma capaz de producir tráfico de paquetes a nivel de proceso estocásticos (aleatorios) adecuados para replicas con precisión. Su principal funcionalidad es soportar tráfico IPv4 e IPv6 generando tráfico en la capa de red, transporte y Aplicaciones (Capas del Modelo OSI), siendo considerado atractivo ante otros generadores de tráfico.

El software cuenta con una Arquitectura conformada por 5 campos, detallados en la siguiente tabla y representada en la Figura 4:

**Tabla 3. Campos de la Arquitectura D-ITG**

<b>ITGSend</b>	<i>Envío de procesos</i>
<b>ITGRecv</b>	<i>Recepción de procesos</i>
<b>ITGLog</b>	<i>Servidor de Almacenamiento</i>
<b>ITGManager</b>	<i>Administrador del Control Remoto</i>
<b>ITGDec</b>	<i>Decodificación del Análisis</i>



**Figura 4. Representación gráfica de la Arquitectura D-ITG**

La Decodificación del análisis (ITGDec) ejecutado por el software nos devuelve 4 parámetros que se encuentran representados en la TABLA 4 (Se encuentra en español e inglés):

**Tabla 4. Parámetros de la Decodificación ITGDEC**

<b>Bitrate</b>	<b>Delay</b>	<b>Jitter</b>	<b>Packetloss</b>
Velocidad del Enlace	Retardo	Fluctuación	Paquetes perdidos

Al igual que DITG actúa un software llamado **Jperf** desarrollado por el Equipo de la Universidad de California de Soporte de Aplicaciones distribuidas (DAST) en el Laboratorio Nacional de Applied Research Network (NLANR).

Este software es una herramienta caracterizada por analizar el uso común que puede crear TCP y UDP (flujos de datos), evaluar el rendimiento de una red, medir de forma sencilla la velocidad entre un Cliente y un Servidor que se encuentren en una red, visualizar los resultados gráficamente o bien imprimirlos en un archivo. Además es útil para comprobar la tasa máxima de un switch, router, etc.

Posterior al análisis del tráfico de paquete ejecutado por DITG, es elemental obtener los datos de manera gráfica. El software **Gnuplot** cuenta dicha funcionalidad, es creado por Thomas Williams y Colin Kelly, quienes decidieron crear un software que les permitiera visualizar ecuaciones matemáticas, electromagnéticas y diferenciales. Este Software permite dibujar gráficas de funciones en 2 y 3 dimensiones a través de fórmulas definidas. Además de dibujar gráficas Gnuplot nos permite guardarlas en múltiples formatos como .jpg, .png, .pdf, .svg, entre otros.

**RESULTADOS**

Para la emisión en vivo del video desde el Servidor al Cliente según la topología mostrada en la metodología se realizó a través de la funcionali-

dad Video Streaming del software VideoLAN (VLC) condicionada por el uso de Calidad de Servicio sobre los protocolos IPv4 e Ipv6.

El ya mencionado software DITG fue puesto en marcha conjuntamente con la transmisión en vivo del video para analizar el tráfico de paquetes. Para obtener la información se utilizó el parámetro *ITGSend* en el Servidor especificando la dirección destino, el puerto de transmisión destino, el tráfico y medición ida y vuelta de los paquetes, el tamaño y número de paquetes, el tiempo de trasmisión (indicada en milisegundos) y como último el nombre de archivo (extensión .log) que se desea generar. En el Receptor se utiliza el parámetro *ITGRecv* especificando el tipo de almacenamiento del paquete y el nombre de extensión .log indicado en el parámetro *ITGSend* de parte del Servidor, Agregado al parámetro *ITGRecv* se encuentra *ITGLog*, estos se

integran para generar el archivo de extensión .log ya mencionado, durante el tiempo de transmisión que dure el tráfico de paquetes. Estas configuraciones se realizan tanto para protocolos IPv4 e Ipv6.

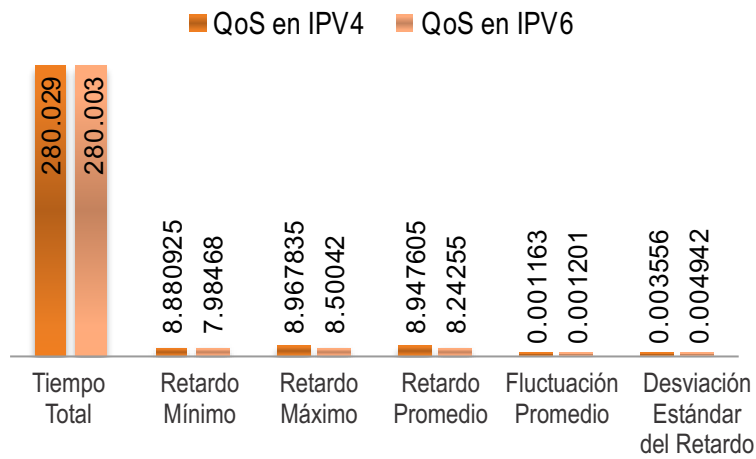
Una vez terminada la ejecución del parámetro *ITGSend* (Servidor) e *ITGRecv* (Receptor), se debe generar la decodificación del archivo de extensión .log en la parte del Receptor del cual se obtiene los archivos de Bitrate (Velocidad del Enlace), Delay (Retardo), Jitter (Fluctuación) y Paquetes perdidos (Packetloss) indicados por el parámetro *ITGDec* especificando el nombre del archivo .log a decodificar, el tipo de archivo que se desea obtener con su respectivo tiempo en milisegundos.

Los resultados obtenidos del análisis DITG se muestran en la siguiente tabla:

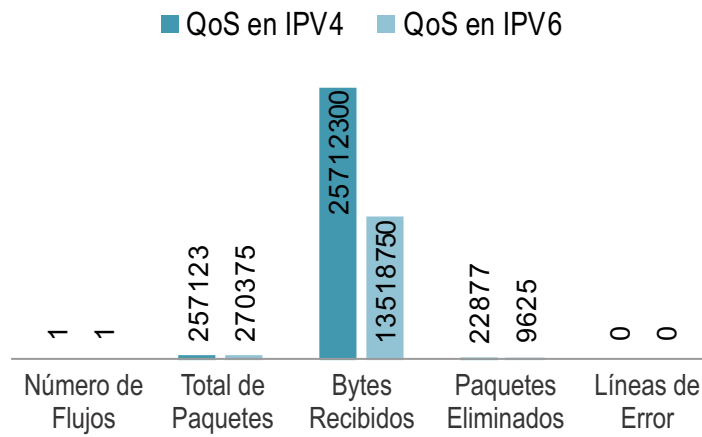
**Tabla 5. Detalle de Parámetros de la Decodificación en el Tráfico de Paquetes en IPV4 E IPV6 Condicionada a Calidad de Servicio**

Parametros	QoS en IPV4	QoS en IPV6	Medida
Numero de Flujos	1	1	Unidades
Tiempo Total	280.029	280.003	Segundos
Total de Paquetes	257123	270375	Unidades
Retardo Mínimo	8.880925	7.98468	Segundos
Retardo Máximo	8.967835	8.50042	Segundos
Retardo Promedio	8.947605	8.24255	Segundos
Fluctuación Promedio	0.001163	0.001201	Segundos
Desviación Estándar del Retardo	0.003556	0.004942	Segundos
Bytes Recibidos	25712300	13518750	Unidades
Velocidad de Bits Promedio	734.561063	386.245862	Kbit/s
Índice Promedio de Paquetes	918.201329	965.614654	pkt/s
Paquetes Eliminados	22877 (8.17%)	9625 (3.44%)	Unidades
Tamaño Promedio loss-burst	1.813189	2.033594	pkt
Líneas de Error	0	0	Unidades

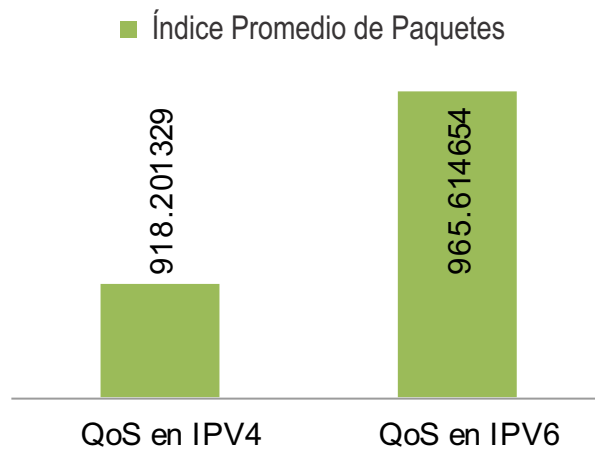




**Figura 5. Representación gráfica de parámetros enmarcados en tiempo (segundos)**  
(Fuente: elaboración propia)



**Figura 6. Representación gráfica de parámetros enmarcados en cantidad (unidad).**



**Figura 7. Representación gráfica del Índice Promedio de Paquetes respecto a IPv4 e Ipv6**

La Figura 5 muestra el enmarcado en tiempo (segundos) de algunos parámetros decodificados por ITGDec del análisis de DITG sobre el tráfico de paquetes durante la transmisión del video condicionada por el uso de QoS en IPv4 e IPv6, dentro de los destacables encontramos el mínimo, máximo y promedio del retardo y promedio de la fluctuación.

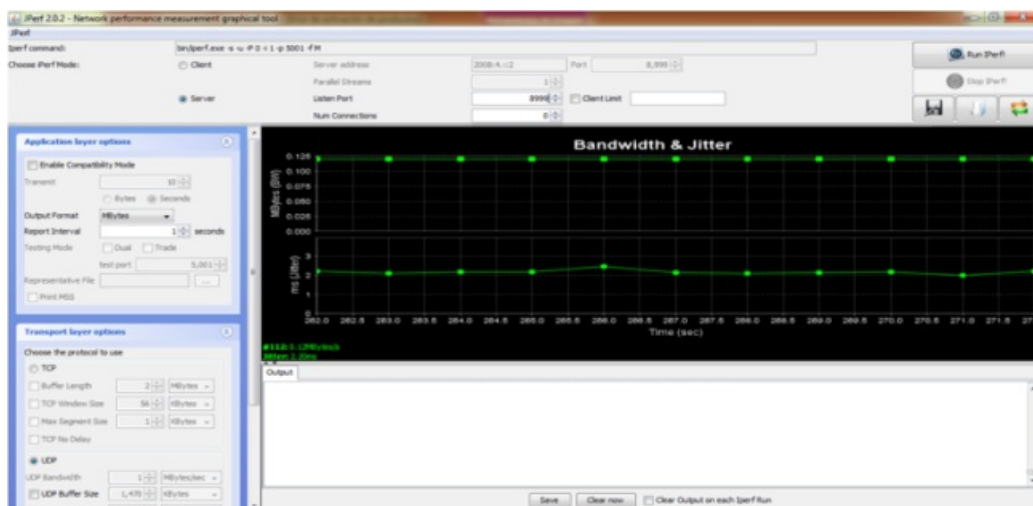
La Figura 6 muestra el enmarcado en cantidad (unidad) de más parámetros decodificados por ITGDec, así tenemos el total de paquetes transmitidos y eliminados al igual que los bytes recibidos por el Receptor.

La Figura 7 muestra tan solo la velocidad del enlace promedio enmarcados en Kbits/s sobre el condicionamiento de calidad de servicio en IPv4 e Ipv6.

La evaluación del rendimiento de la red se realizó

con el software Jperf, la ejecución del software es realizada por el Receptor ya que este puede verificar el flujo de los datos que están siendo transmitidos en el video desde el servidor. Los parámetros a considerar tanto para el protocolo de red IPv4 e IPv6, es el modo de recepción como Server, el puerto por donde se escucha se transmite el video, el formato de Salida que para este caso serán a través de Mbps, el tiempo en intervalos de un segundo y el protocolo a usar que es UDP. Las dimensiones resultantes al ejecutar el software son Ancho de Banda y la Fluctuación por el Tiempo de transmisión.

Los resultados para el protocolo de red IPv4 se muestran en la Figura 8, en la que se puede apreciar el flujo de datos a través del tiempo dimensionado con su ancho de banda y fluctuación. Para el protocolo de red IPv6 se muestran en la Figura 9, con las mismas dimensiones manejadas para IPv4.



**Figura 8: Representación del software Jperf sobre QoS en Ipv4**

**Tabla 6. Resumen de la Transferencia de Video con QOS IPV4**

ID	Intervalo	Transferencia	Ancho de Banda	Jitter	Perdidos-Total Datagramas
112	0,0 – 272.1	32.4 Mbytes	0.12 Mbytes/sec	1.163 ms	22877/257123 (8.17%)

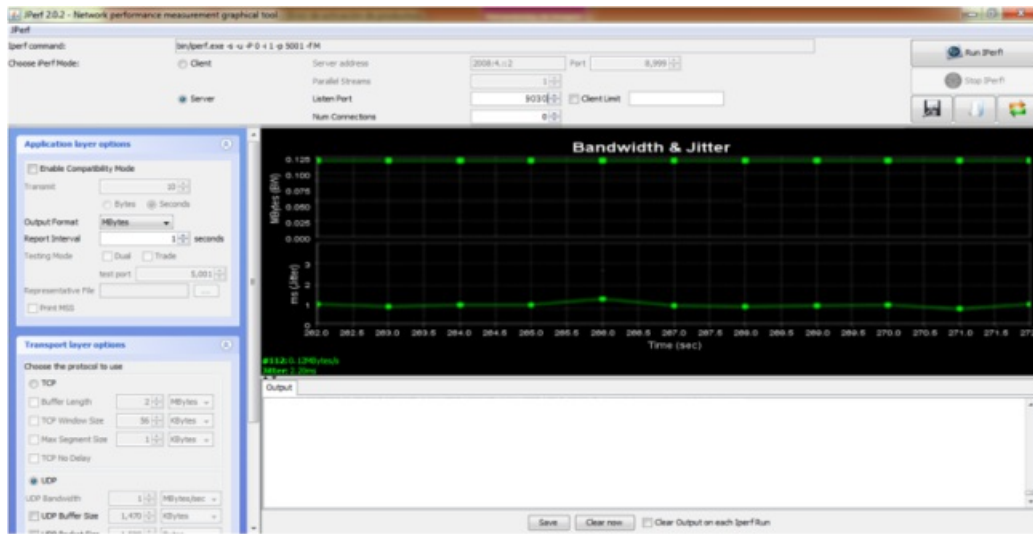


Figura 9: Representación del software Jperf sobre QoS en Ipv6

Tabla 6. Resumen de la Transferencia de Video con QOS IPV4

ID	Intervalo	Transferencia	Ancho de Banda	Jitter	Perdidos- Total Datagramas
228	0,0 – 272.1	32.4 Mbytes	0.12 Mbytes/sec	1.201 ms	9625/270375 (3.44%)

Como ultima herramienta contamos con el software Gnuplot que dibujará de forma gráfica todos los resultados arrojados por DITG en 3 dimensiones. En las siguientes figuras se

mostrará la representación gráfica de los parámetros BITRATE, DELAY, JITTER, PACKETLOSS; de los protocolos IPv4 e IPv6 con Calidad de Servicio:

### IPv4 con QoS

- **Bitrate:** en la Fig. 10 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un índice promedio de 918 paquetes transmitidos.

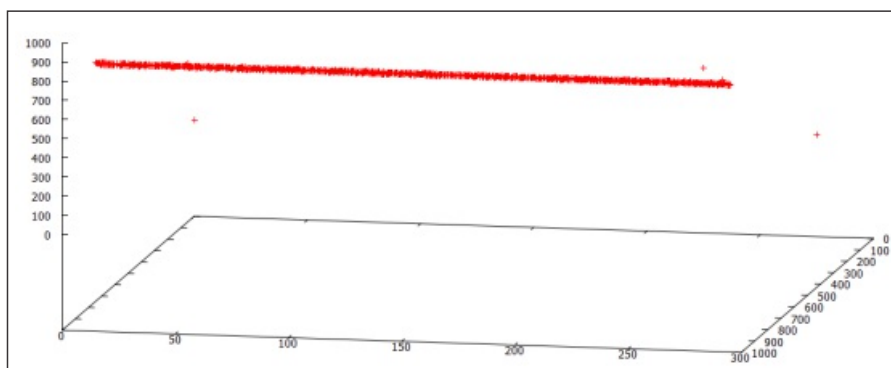
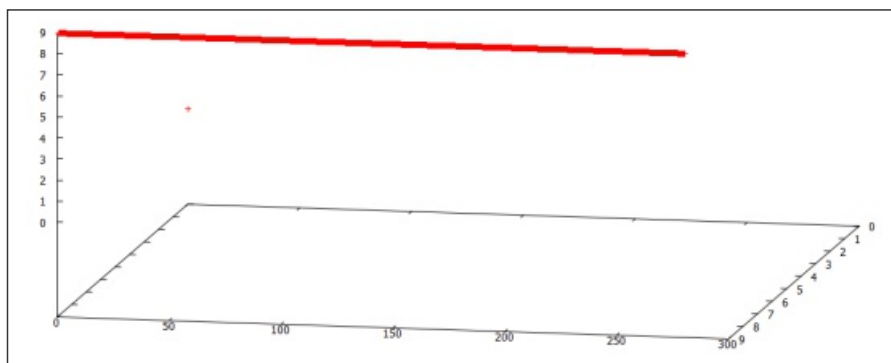


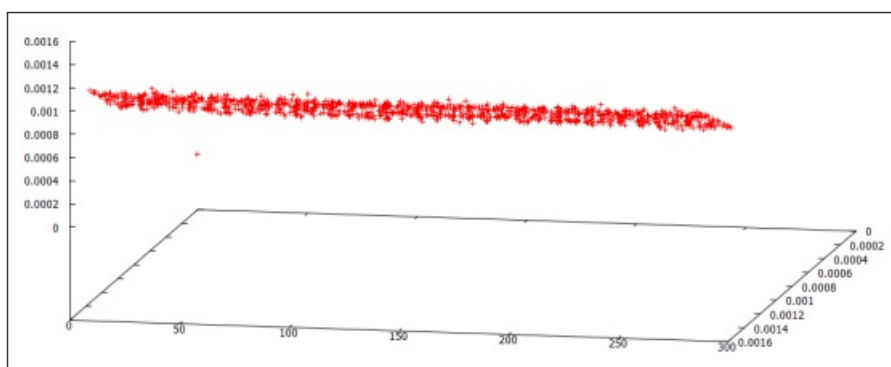
Figura 10: Gráfica del Bitrate en IPv4 con QoS

- **Delay:** en la Fig. 11 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio de 8.94 segundos de retardo durante la transmisión del video.



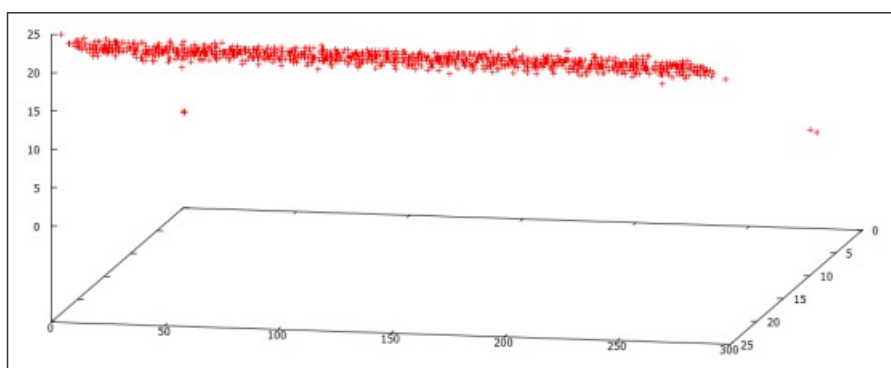
**Figura 11: Gráfica del Delay en IPv4 con QoS**

- **Jitter:** en la Figura 12 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio de 0.001163 segundos de fluctuación durante la transmisión de video.



**Figura 12: Gráfica del Jitter en IPv4 con QoS**

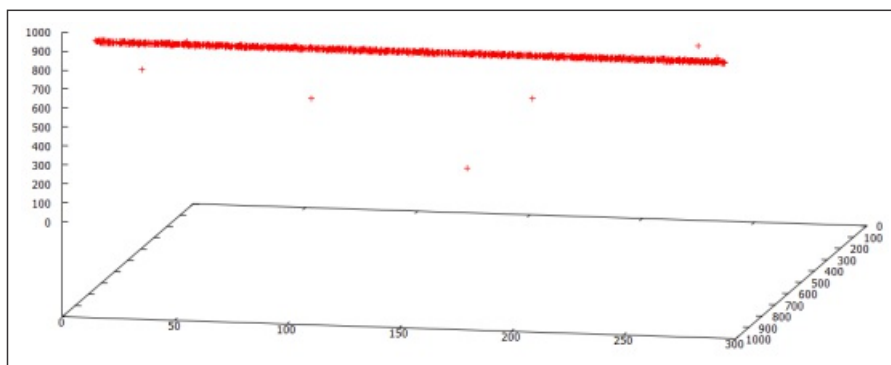
- **Packetloss:** en la Figura 13 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio 22877 paquetes perdidos durante la transmisión del video.



**Figura 13: Gráfica del Packetloss en IPv4 con QoS**

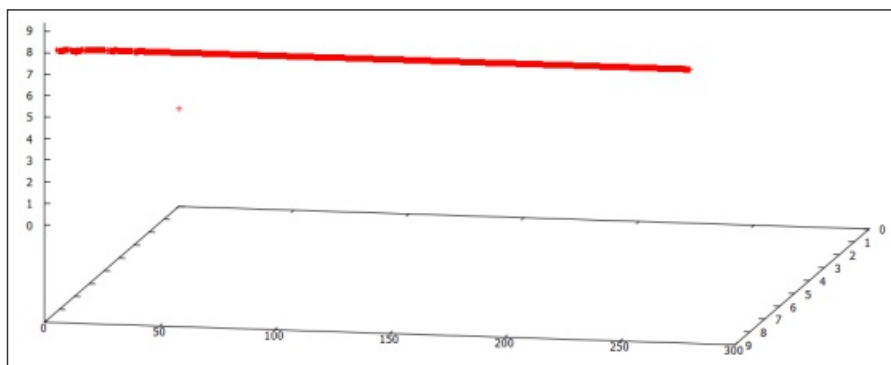
### IPv6 con QoS

- **Bitrate:** en la Figura 14 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un índice promedio de 965 paquetes transmitidos.



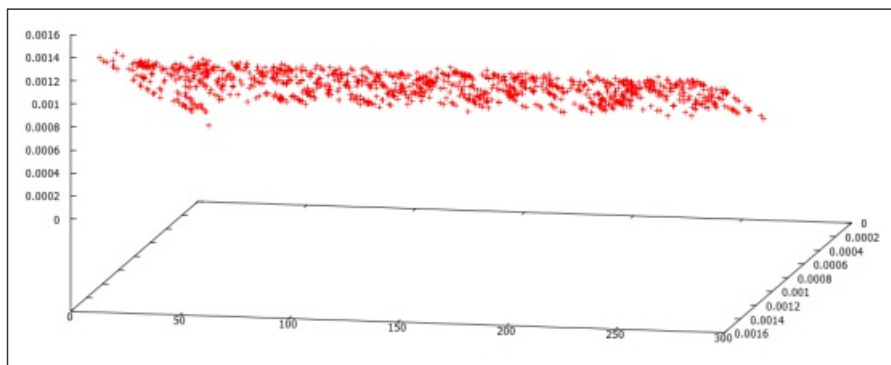
**Figura 14: Gráfica del Bitrate en IPv6 con QoS**

- **Delay:** en la Figura 15 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio de 8.24 segundos de retardo durante la transmisión del video.



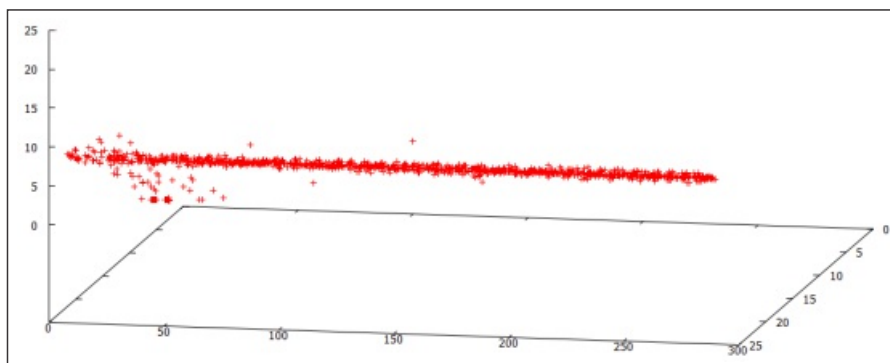
**Figura 15: Gráfica del Delay en IPv6 con QoS**

- **Jitter:** en la Figura 16 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio de 0.001201 segundos de fluctuación durante la transmisión de video.



**Figura 16: Gráfica del Jitter en IPv6 con QoS**

- **Packetloss:** en la Figura 17 se muestra el rango de 0 a 300 segundos en la que dió como resultado un promedio 9625 paquetes perdidos durante la transmisión del video.



**Figura 17: Gráfica del Packetloss en IPv6 con QoS**

## DISCUSIÓN

Durante el presente trabajo se investigó, analizó, diseñó, recolectó información e implementó correctamente un modelo de calidad de servicio en redes IPv4 y IPv6, siendo este el modelo de calidad de Servicios Diferenciados (DiffServ).

Los mecanismos que se utilizaron para dar la calidad de servicio en Servicios Diferenciados para el transporte de video en una red IPv6 tienen un mejor comportamiento y performance versus una red IPv4, de acuerdo a los parámetros de: jitter y packetloss, que se presentaron en la parte de Resultados.

Los resultados que grafican una ventaja de IPv4 sobre IPv6 en las estadísticas de Bitrate y Delay, se debe a que el protocolo IPv4 es un protocolo de 30 años de antigüedad en los cuales los fabricantes han realizado mejoramiento en el sistema operativo de sus equipos de comunicación sobre los mecanismo de Calidad de Servicio en la forma de tratar el encolamiento sobre dicho protocolo.

La elección de la técnica de encolamiento LLQ para el tráfico de paquetes de video, dio los resultados adecuados para ser considerados con un bajo valor jitter y delay en el transporte de

extremo a extremo del video sobre una topología de red en los protocolos IPv4 e Ipv6.

## CONCLUSIONES

Se debe seguir estudiando el comportamiento de la Calidad de Servicio sobre redes IPv6, ya que en el futuro será el protocolo que se utilizará para el transporte de todo tipo de tráfico de Internet, este tipo de estudio debe incluir características que traen consigo los sistemas operativos para un desarrollo de calidad de servicio sobre IPv6, como ejemplo el etiquetado de flujo que no todos los sistemas operativos lo asumen como campo de un encabezado IP.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por proporcionarme las herramientas, equipos de comunicación, infraestructura en horas libres para poder desarrollar mi trabajo, y poder exponerlo de acuerdo a los resultados obtenidos.

Agradezco la comprensión de mi esposa Susy e hijo Mateo, por el tiempo que no he podido estar con ellos durante el desarrollo de esta investigación, que han sido horas de dedicación exclusiva durante su desarrollo y la obtención de los resultados mostrado a la comunidad.

**REFERENCIAS**

1. Definition of the Differentiated Services Field in the IPv4 and IPv6 Headers [Internet]. California, USA: K. Nichols, Cisco Systems, S. Blake, Torrent Networking Technologies, F. Baker, et al.; Diciembre 1998 [Citado el 17 de octubre de 2014] Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>
2. An Architecture for Differentiated Services [Internet]. California, USA: S. Blake, Torrent Networking Technologies, D. Black, EMC Corporation, M. Carlson, Sun Microsystems, et al.; Diciembre 1998 [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>
3. Cisco Systems; "Cisco IoS Quality of Service Solutions Command Reference", Edition 2th, San Jose CA - USA, pp.351, 2006.
4. Cisco Systems; "End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs, and VPNs, Edition 1st, San Jose CA, pp 768, 2004.
5. Configuring the Modular Quality of Service Command-Line Interface [Internet]. California, USA: Cisco Systems; [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: [http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12\\_2/qos/configuration/guide/qcfmcli2.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2/qos/configuration/guide/qcfmcli2.html).
6. Configuring QoS [Internet]. California, USA: Cisco Systems; [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: [http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst3750/software/release/12.2\\_55\\_se/configuration/guide/swqos.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst3750/software/release/12.2_55_se/configuration/guide/swqos.html)
7. VLC Media Player, Software for Video Streaming [Internet]. Paris, FRANCE: Video LAN Organization; Enero 2014 [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: <http://www.videolan.org/vlc/>
8. VideoLAN Streaming Howto [Internet]. Paris, FRANCE: VideoLAN Org.: Alexis de Lattre, Johan Bilien, Anil Daoud, Clément Stenac, Antoine Cellier, Jean-Paul Saman, et al.; 2005 [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: <http://www.videolan.org/doc/streaming-howto/en/>
9. Características VLC Media Player [Internet]. Valencia, ESPAÑA: MALAVIDA.COM; 2014 [Citado el 17 de Mayo de 2014] Disponible en: <http://www.malavida.com/post/caracteristicas-vlc-media-player>.

Correspondencia:  
José Távora-Carbajal.  
Correo: jose.tavara@upagu.edu.pe