

# Transmisión de video condicionada por el uso de Calidad de Servicio (QoS) en redes IPv6

**Alfredo J. ACURERO**

Unidad de Redes e Ingeniería Telemática. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia  
Maracaibo, Zulia-Venezuela. Correo electrónico: aacurero@luz.edu.ve

y

**David R. BRACHO**

Unidad de Redes e Ingeniería Telemática. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia  
Maracaibo, Zulia-Venezuela. Correo electrónico: drbracho@luz.edu.ve

y

**Carlos A. RINCÓN**

Unidad de Redes e Ingeniería Telemática. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia  
Maracaibo, Zulia-Venezuela. Correo electrónico: crincon@luz.edu.ve

y

**Juan P. JAKYMEC**

Unidad de Redes e Ingeniería Telemática. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia  
Maracaibo, Zulia-Venezuela. Correo electrónico: crincon@luz.edu.ve

## RESUMEN

El propósito de esta investigación se basó principalmente en la creación de ambientes de pruebas que permitan la medición de Calidad de Servicio de una red donde se transmite video bajo el protocolo de direccionamiento IPv6; estableciendo los parámetros y políticas de rendimiento que garanticen un mejoramiento notorio en el desempeño del movimiento de los paquetes a través de una red. Para lograr lo antes mencionado se utilizó una metodología propia por tratarse de una investigación experimental, y se emplearon Servicios Diferenciados como método de Calidad de Servicio y los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el uso del ANOVA como base y otros métodos de validación estadística como t de Student, y Test de Homogeneidad de las Varianzas de Bartlett.

Palabras claves: Calidad de Servicio, IPv6, Transmisión de video.

## ABSTRACT

The intention of this investigation was based on the creation of optimal test environments in order to measure the quality of service (QoS) in a network where video is transmitted using ipv6 addressing; establishing the parameters and performance policies which guarantee better movements of packets through the network. In order to achieve this, an own methodology was used since the investigation is experimental-type, and Differenced Services were used as a method of Quality of Service, and the results were analyzed statistically using ANOVA as base method and others like Student-T and the Bartlett Test of Homogeneity Variance.

Key words: Quality of Service, IPv6, Video Transmission.

## 1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Estudiar y ofrecer Calidad de Servicio (QoS, pos sus siglas en

inglés) en redes de comunicaciones, se está haciendo una práctica habitual y es actualmente uno de los campos de investigación activos, principalmente debido a la creciente importancia que ha cobrado la implementación de aplicaciones telemáticas, tal es el caso de las dedicadas a la tele-educación; y que necesitan de la implementación de QoS para su correcto funcionamiento. Por otro lado, las condiciones de aumento activo de las redes en lo que respecta a envío de paquetes demandan cada día más calidades de servicio específicas, lo que explica la alta solicitud que existe en relación a todas las herramientas que tienen como fin proporcionar políticas de rendimiento que permitirán establecer mejoras de forma notoria sobre el comportamiento de una red.

Actualmente el crecimiento progresivo de usuarios de Internet y la necesidad por parte de instituciones de educación de adaptarse a nuevas herramientas educativas y lograr esto con la mayor eficiencia posible, es la razón principal que da origen a esta investigación específicamente en relación a la transmisión de video; herramienta vital para la adaptación y actualización de cualquier organización con respecto a las tendencias tecnológicas actuales.

Por otro lado, uno de los inconvenientes más significativos que presenta IPv4 es que no permite indicar de manera práctica el tipo de datos transportados (ToS, Type Of Service, en inglés), y por tanto, la calidad de servicio que se desea, específicamente, en la transmisión de imágenes de video. Es por todo esto que se da la necesidad de crear el IPng (Internet Protocol Next Generation, en inglés) o también llamado protocolo IPv6; el cual proporciona un significativo aumento en el suministro de direcciones, así como la simplificación del formato del encabezado de los paquetes, beneficio éste que permite incrementar la velocidad de transmisión siendo ésta una de las propiedades más importante e indispensable para esta investigación [1].

Todos estos inconvenientes se generan en la actualidad y

muchos de ellos eran dificultades que no estaban previstas en aquel momento. Según [2], Japón y toda la comunidad europea son los que sufren en mayor parte del desgaste de direcciones; tal es el caso particular de Japón que tiene asignada la pequeña cantidad de 99.896.332 IP's para IPv4, y que ha visto insuficiente esta cantidad; todo esto debido al crecimiento tecnológico que vive ese país y a la tendencia a desarrollar no sólo computadores sino nuevos dispositivos los cuales necesitarán de un IP para ir conectados a la red de redes (Internet).

El movimiento de un paquete a través de una red no es una actividad estática; es decir que su desempeño con respecto a la velocidad y seguridad en el momento de transferencia es una variable que va a depender de varios factores que van a intervenir en el traslado de un paquete de un punto a otro; factores como el ancho de banda, el tipo de dato viajante, el comportamiento de los conmutadores son algunos de ellos [3]. Es debido a esta variación que surge el concepto de QoS (Quality of Service, por sus siglas en inglés), el cual emerge como una alternativa fiable para lograr establecer patrones de comportamiento de una red ante situaciones diversas, y en la producción de mejoras que proporcionen una mayor eficiencia en el movimiento de los datos dentro de una red.

La IETF, Internet Engineering Task Force, estableció varios modelos de servicio y mecanismos para satisfacer la demanda de Calidad de Servicio (QoS); uno de ellos y es en el que se basa esta investigación es la ingeniería de tráfico el cual se conforma por un conjunto de técnicas que tienen como objetivo organizar los procesos mediante los cuales los paquetes fluyen sobre una red ([4]).

La implementación de IPv6 en Venezuela, más que una propuesta, es un hecho ya que los bloques de direcciones han sido asignados a todos los organismos públicos y privados, participantes en la distribución de los servicios de Internet.

En los últimos años la preocupación por la calidad de servicio en redes que trabajan con transmisión de video se ha visto opacada por la ausencia de investigaciones relacionadas al respecto en el nuevo protocolo, y por la poca evolución de la educación a distancia en nuestras universidades quienes la han restringido a áreas muy específicas, produciendo un vacío significativo en el avance de variados métodos para la educación del futuro.

Es por todo lo antes mencionado, que se propuso la investigación y el análisis de tecnologías de medida de QoS durante la transmisión de video para redes IPv6. Esto es posible mediante la puesta en funcionamiento de un sistema que integre las distintas funciones requeridas para medición de QoS ofrecida en redes IPv6, tales como captura de paquetes, estampado temporal (time-stamping) preciso, recolección de datos, cálculo de métricas de QoS (pérdida de paquetes, retardo, variación del retardo, entre otras); y claro está; el análisis y presentación posterior de los resultados obtenidos.

Para lograr eficientemente lo antes descrito, se ha elegido como base para la provisión de Calidad de Servicio la integración de IPv6, utilizando como marco de referencia el paradigma de Servicios Diferenciados del IETF (Internet Engineering Task Force), el cual propone una implementación de QoS a través de

la clasificación de diferentes tipos de tráfico, para permitir identificar el tráfico y asociar éste; a una clase específica con los requisitos efectuados a nivel administrativo determinado por las diferentes políticas de QoS.

## 2. REVISIÓN DE ESTUDIOS Y TRABAJOS PRELIMINARES

A continuación, se esbozan algunas investigaciones relevantes en el área:

En primer lugar, [5] realizó una investigación cuyo objetivo fue el análisis de la eficiencia de IPv6 ante la influencia de la transmisión de video en los formatos MPEG-2 y H.323. En él se utilizó un diseño experimental que permitió crear ambientes de redes bajo el mecanismo double stack; en esquemas combinados tanto para IPv4 como para IPv6, en aspectos como throughput, latencia, jitter, entre otros. Las conclusiones de su trabajo denotaron variadas diferencias entre IPv4 e IPv6 en relación a su desempeño y comportamiento; todos estos datos significativos y precisos que sirvieron como referencia para la ejecución de las pruebas a realizar en esta investigación.

Del mismo modo, [6] presenta de una manera netamente práctica la implementación de políticas de QoS en una red de pruebas, bajo una plataforma GNU/Linux en particular con una distribución Debian, estableciendo un sencillo enlace IPSec y tocando aspectos en QoS como manejo de control de tráfico y establecimiento de prioridades de cierto tipo de tráfico, aportando un precedente en la implementación de QoS y muy útil como referencia en la ejecución de esta investigación.

Por otro lado, [7] destaca en su investigación las medidas para la caracterización de tráfico sobre redes IP; entre algunas de ellas muestrea y ejemplifica a través de pruebas realizadas la medición del Throughput, One Way Delay (OWD), IP Delay Variation (IPDV), One Way Packet Loss (OWL), siendo todos estos tópicos indispensables para el estudio y evaluación de la Calidad de Servicio de la red de pruebas a componer.

En el mismo orden de ideas, [8] modela las diversas metodologías existentes para la implementación de Calidad de Servicio en redes IP entre ellas específicamente sobre Servicios Diferenciados, y las propiedades que en esta se encuentran, como lo son: DSCP (DiffServ Code Point, por sus siglas en inglés), PHB (Per Hop Behavior, por sus siglas en inglés), entre otras; todas estas indispensables para el desarrollo de esta investigación, recalando los problemas clásicos que intervienen en QoS, así como también los principales beneficios que proporciona IPv4 e IPv6 y su rendimiento en el momento de su aplicación.

Finalmente se tiene la investigación de [9], quien trabaja a profundidad el estudio sobre Calidad de Servicio exponiendo y clarificando el concepto de QoS y el análisis de los distintos protocolos, arquitecturas y mecanismos existentes, además detalla su funcionamiento y su implementación; siendo esto vital para la ejecución de los ambientes de pruebas a realizar en esta investigación.

## 3. METODOLOGÍA UTILIZADA

### Tipo de investigación.

La orientación de este trabajo estuvo enmarcada dentro de los

parámetros especificados en una investigación de tipo exploratoria – descriptiva. Denota una actividad exploratoria avalada por [10], en donde indica en que se trata de “examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes”; esto debido a la escasez de investigaciones referentes a IPv6. En otro aspecto, la investigación establece en esquema descriptivo debido al conjunto de comparaciones realizadas dentro del tipo de pruebas diseñadas.

### Diseño de investigación.

El diseño de este trabajo, según [10], fue de tipo experimental producto del poco conocimiento existente sobre la variable *Protocolo IP (variable independiente)*, donde los parámetros referentes a ingeniería de tráfico (*QoS, variable independiente*) plasmados permitieran la creación y establecimiento de métodos de ensayo para la implantación de políticas acordes en los ambientes diseñados, y así evaluar el efecto sobre la *transmisión de video (formato MPEG-4, variable independiente)*.

### Método utilizado.

En primera instancia, se procedió a diseñar una topología de red acorde para la implementación de un entorno WAN utilizando 2 enrutadores Cisco 1700 con IOS 12.3 (24a) con soporte a IPv6 y QoS, entrelazando ambos enrutadores bajo un enlace E1 (2000 Mbps) con 2 Switches Cisco 2900 de 24 puertos UTP, cada uno de ellos conectado a un enrutador; estableciendo el correspondiente direccionamiento (IPv4 / IPv6) en cada una de sus interfaces y la debida sincronización de los equipos de telecomunicaciones para la puesta en funcionamiento de un laboratorio de pruebas para el análisis con y sin la existencia de políticas de QoS, tanto en un direccionamiento IPv4 como en uno IPv6, para la transmisión de video MPEG-4 por el medio.

Entre los tipos de prueba realizados, se tuvo la circulación de video por la red sin ningún tipo de perturbación, así como también la generación de tráfico sin enviar ningún streaming por la red, ambas con la finalidad de estudiar por separado el comportamiento de la red. En el caso de esta última se realizó variando los niveles de congestión de la red; tomando dos parámetros para el congestión de la red. Uno de ellos denominado “*tráfico para congestión regular*” definido en una tasa de 1000 paquetes de 50 bytes cada uno y otro llamado “*tráfico para congestión máximo*” establecido en una tasa de 1000 paquetes de 100 bytes cada uno; ambos parámetros durante un lapso de 3 minutos para cada prueba; tanto la cantidad de tráfico como la duración de los experimentos se mantuvieron constantes para las pruebas posteriores.

Otras pruebas realizadas fueron las mixtas (video / tráfico); estas son las pruebas principales de la investigación y se llevaron a cabo variando los niveles de tráfico en la red para la emulación de un congestiónamiento propio y específico del comportamiento típico de una red de estas características, con las mismas especificaciones de tráfico antes mencionadas (ambas condiciones tanto bajo direccionamiento IPv4 como IPv6). En todos los casos de estudios planteados se ejecutaron tres repeticiones a cada una de las pruebas, según los estudios metodológicos de [11].

### Topología de red y software

- Se utilizó un programa para acceder a la interfaz de

línea de comando (CLI) del enrutador; el mismo es un software propietario de Microsoft que se encuentra en Windows XP denominado Hyperterminal.

- Dos Cables transpuestos de consola para enrutadores cisco.
- Un cable serie v35 dce para emular un enlace WAN E1 (2000 Mbps).
- DITG (Distributed Internet Traffic Generator, en ingles) version 2.4 para direccionamiento IPv4; y version 2.6.1c para direccionamiento IPv6.
- Ethernet Network version 0.10.14.
- Software estadístico Epinfo 6.04 (WHO-PAHO-CDC) [12].

La topología de red implementada fue diseñada para emular un ambiente WAN por el cual circuló tráfico controlado y video MPEG-4; se dispusieron cuatro computadores, dos de cada lado de un switch; conectados directamente cada uno a un enrutador y estableciendo dos tipos de subredes cada uno en su lado correspondiente. El ambiente de pruebas y el direccionamiento de la red se aprecian en la figura No. 1.

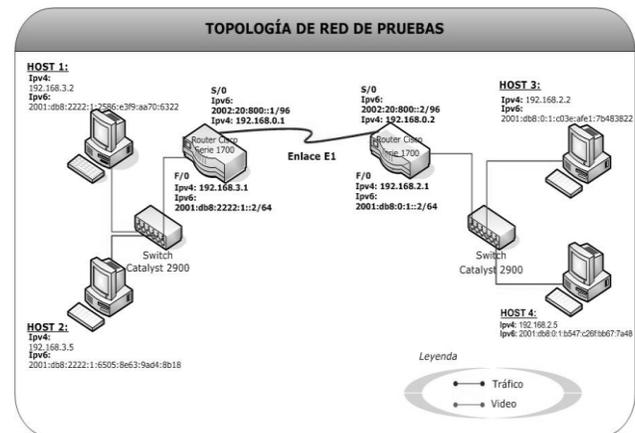


Figura 1. Topología de red diseñada para las pruebas. Fuente: Acurero ( 2008).

Posteriormente, se desarrolló la configuración de los enrutadores para establecer todo el direccionamiento IPv4/IPv6 en todas las interfaces de conexión de los mismos; además se procedió a la configuración de la plataforma operativa de los computadores para poder crear un direccionamiento IPv6 nativo. Adicionalmente, se evaluó la conectividad de cada uno de los equipos (enrutador–enrutador, host–host y enrutador–host); tanto para IPv4 como IPv6.

Las primeras pruebas consistieron en evaluar las condiciones de los enlaces de la red para el paso de tráfico de video MPEG-4 y tráfico controlado (ambos de forma separada); en direccionamiento IPv4 y en IPv6, para evaluar el comportamiento de los equipos con respecto al ancho de banda existente (1544 Mbps).

Estas pruebas exploratorias se realizaron enviando tráfico por el medio durante un lapso de 3 minutos con la intención de poder apreciar los valores de la red con los monitores de tráfico; y para el caso de generación de solo tráfico controlado se usó el mismo lapso de tiempo pero usando “*tráfico para*

congestionamiento regular”; “tráfico para congestionamiento máximo” cada uno de estos para sus respectivas pruebas.

Posteriormente se procedió a realizar las pruebas mixtas (video - generando tráfico controlado); estas se realizaron siguiendo los mismos estándares para la generación de “tráfico para congestionamiento regular” y “tráfico para congestionamiento máximo”.

Todos los tipos de pruebas (*solo envío de video / solo envío de trafico controlado/ Video+tráfico controlado*) se realizaron, primero, ante ausencia de políticas QoS tanto en direccionamiento IPv4 como en IPv6; una vez finalizadas las pruebas se procedió a llevar a cabo la configuración de las clases de servicios para establecer el encaminamiento de la red bajo normativas QoS.

En otro aspecto, la medición de las métricas como: delay, jitter, total packets y packets dropped se realizaron con el software D-ITG (Distributed Internet Traffic Generator, en inglés) versión 2.4 para las pruebas realizadas bajo direccionamiento IPv4. En relación a las pruebas realizadas con políticas de QoS los valores de Total Packets y Packets dropped de las clases fueron llevados a cabo con el entorno de reportes de los enrutadores. Para las pruebas realizadas bajo IPv6 se utilizó el software D-ITG versión 2.6.1c para direccionamiento en IPv6.

En el caso de la implementación de todas las pruebas con QoS, el análisis de los resultados obtenidos se realizó de forma compartida con los valores obtenidos del programa D-ITG y los reportes generados por el visor de reportes del enrutador.

#### Análisis estadístico.

Todos los análisis estadísticos fueron asistidos por el software estadístico Epinfo 6.04 (WHO-PAHO-CDC). En tal sentido se desarrolló una base de datos contentiva de todos los registros de las variables colectadas, en formato Epinfo 6.04 [4].

Se practicaron pruebas de hipótesis para la diferencia de medias a través del Análisis de la Varianza de una Sola Vía (ANOVA de una vía) determinando las medias de los registros correspondientes a cada una de los valores observados de las variables dependientes. Se hizo la prueba de hipótesis obteniendo la estimación puntual de la media en cada grupo experimental y se calculó la diferencia de medias entre dichos sub-grupos. Se evaluó la validez estadística de tales resultados determinando el valor p de la diferencia de medias (proporcionado tras el cálculo de la t de student) en caso de datos de distribución normal o en su defecto el valor p de la prueba de Mann-Whitney (equivalente a Wilcoxon o Kruskal-Wallis para dos muestras [11]) si los datos no muestran una distribución paramétrica. La comparación de los grupos y la decisión por uno u otro método estadístico, fue guiada por la aplicación del Test de Homogeneidad de las Varianzas de Bartlett.

Así, se calculó la estimación puntual de las medias de los indicadores medidos (Jitter, Latencia, Paquetes perdidos) en los subgrupos comparados, es decir, considerando para el estudio el análisis cuantitativo de las métricas en las distintas combinaciones de entornos de QoS y de configuración del direccionamiento.

Como ya se acotó, se practicó el test de Bartlett para la homogeneidad de las varianzas y la prueba de hipótesis para la estimación puntual de las medias empleando el valor p de la prueba “t de student” en el caso de que las varianzas exhibieran valores de distribución normal o, en su defecto, el valor p de la prueba no paramétrica de Mann-Whitney ya mencionada.

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

Para llevar el control de las pruebas realizadas y poder documentar de una forma coherente y ordenada los resultados, cada una de las pruebas realizadas en tablas que poseen el siguiente formato:

SIN QoS										
	SOLO TRAFICO						VIDEO Y TRAFICO			
	Solo video		50%	50%	100%	100%	Paquetes de 50 bytes		Paquetes de 100 Bytes	
	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	50 % de Trafico	100% de Trafico	IPv4	IPv6
Jitter	0,00043	0,00027	0,00015	0,00021	0,00057	0,00066	0,000143	0,001218	0,000282	0,001161
Latencia (seg)	0,075160	0,006602	0,136324	0,003994	0,051660	0,044999	0,056642	0,036919	0,061043	0,055545
Paquetes Dropped	4820	6898	0	0	200	0	10944	17548	21909	33355
Perdidos %	2,68	3,83	0,00	0,00	0,12	0,00	5,47	9,85	12,17	18,53
CON QoS										
	SOLO TRAFICO						VIDEO Y TRAFICO			
	Solo video		50%	50%	100%	100%	Paquetes de 50 bytes		Paquetes de 100 Bytes	
	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	50 % de Trafico	100% de Trafico	IPv4	IPv6
Jitter	0,00043	0,001041	0,000023	0,000474	0,000019	0,000194	0,000069	0,001068	0,000492	0,001627
Latencia (seg)	0,066605	0,001304	0,040763	0,017426	0,233372	0,004440	0,067785	0,049342	0,082744	0,083813
Paquetes Dropped	2907	1969	663	3185	290	89	4891	9466	34997	51008
Perdidos %	1,56	1,10	0,37	1,77	0,15	0,05	2,72	5,24	19,46	28,28

Tabla No. 1. Formato de control para las pruebas con D-ITG. Fuente: Acurero (2008).

Cabe destacar que los valores reflejados en las tablas se refieren a su valor promedio (producto de las repeticiones realizadas para cada prueba); esto quiere decir que todas las muestras que se encuentran en cada uno de los experimentos es el resultado de un promedio de tres ensayos realizados.

#### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El análisis de los resultados, se presenta diferenciando los tipos de pruebas realizadas y según los grupos clasificados:

#### TRANSMISIÓN DE SÓLO VIDEO

##### JITTER

Pudo observarse que cuando se evaluó la variable Jitter en cuanto a la transmisión *sólo de video* bajo entorno QoS presente (QoS<sup>+</sup>) o ausente (QoS<sup>-</sup>) no se evidenció diferencia significativa de las medias respecto del direccionamiento IPv4; no obstante dicha diferencia fue estadísticamente significativa (*valor p*: 0,04953) cuando se trata del direccionamiento IPv6.

##### LATENCIA

La evaluación de la Latencia para la transmisión *sólo de video* bajo entorno QoS presente (QoS<sup>+</sup>) o ausente (QoS<sup>-</sup>) no mostró diferencias estadísticamente significativas (*valor p* > 0,05) de

las medias respecto del direccionamiento IPv4 y tampoco respecto del direccionamiento IPv6. Ver Tabla No. 2.

**PAQUETES PERDIDOS**

Por otro lado sí se demostró diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la cantidad de Paquetes Perdidos durante la transmisión *sólo de video* tanto bajo entorno QoS<sup>(+)</sup> y QoS<sup>(-)</sup> y con los distintos direccionamientos IPv4 e IPv6; siendo más baja la media de la cantidad de Paquetes Perdidos cuando se experimentó en presencia de entorno QoS (QoS<sup>(+)</sup>) en comparación con QoS<sup>(-)</sup>. En el caso del direccionamiento IPv6 la diferencia de medias ( $\Delta PaqPerdQoS^{(+/-)IPv6} = -4928,7$ ) fue estadísticamente significativa (*valor p*: 0,04953). Respecto del direccionamiento IPv4 la diferencia de medias ( $\Delta PaqPerdQoS^{(+/-)IPv4} = -1912,7$ ) demostró ser una diferencia estadística extremadamente significativa (*valor p*: 0,000001). Ver Tabla No. 2.

ANOVA									
SOLO VIDEO		CON QoS	SIN QoS	DIFERENCIA A DE MEDIAS	TEST DE BARTLET	t de student	Mann Whithney	valor p	Signif. estad.
JITTER	IPV4	0,000043	0,000043	0	-	-	1	1	
	IPV6	0,001041333	0,000327	0,000714333	0,000001		0,04953	0,04953	ES
LATENCIA	IPV4	0,066504667	0,075160033	0,008655367	0,000001		0,512691	0,512691	
	IPV6	0,001303667	0,000602333	0,000701333	0,000001		0,512691	0,512691	
PAQUETES PERDIDOS	IPV4	2907,3	4820	-1912,7	0,55225	0,000001	0,04953	0,000001	ES
	IPV6	1969,3	6898	-4928,7	0,006299		0,04953	0,04953	ES

**Tabla No. 2. Análisis para la transmisión de solo video**  
Fuente: Acurero (2008).

**TRANSMISIÓN DE SÓLO TRÁFICO**

**JITTER**

Pudo observarse que cuando se evaluó la variable Jitter en cuanto a la transmisión *sólo de tráfico* controlado bajo entorno QoS presente (QoS<sup>(+)</sup>) y ausente (QoS<sup>(-)</sup>) sólo se observó una diferencia estadística altamente significativa (*valor p*: 0,00005) cuando se experimentó con el direccionamiento IPv6 al 100% de tráfico, evidenciándose valores más altos en los entornos QoS<sup>(+)</sup>; como se pone de manifiesto al observar que la media de Jitter para QoS<sup>(+)</sup> es mayor (Jiiter QoS<sup>(+)</sup>100IPV6=0,0001936667) que la media de Jitter para QoS<sup>(-)</sup> (JiiterQoS<sup>(-)</sup>100IPV6=0,000086). Ver Tabla No. 3.

**LATENCIA**

La evaluación de la Latencia para la transmisión *sólo de tráfico* controlado bajo entorno QoS<sup>(+)</sup> y QoS<sup>(-)</sup>, sólo registró diferencias estadísticamente significativas cuando se realizó transmisión sólo de tráfico controlado bajo entorno QoS presente (QoS<sup>(+)</sup>) y direccionamiento IPv6 al 100% de tráfico. Se registraron valores más altos en QoS<sup>(+)</sup> comparación QoS<sup>(-)</sup>. Así, la diferencia de medias fue estadísticamente significativa (*valor p*: 0,035065). Ver Tabla No. 3.

**PAQUETES PERDIDOS**

Por otro lado no se demostró diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la cantidad de Paquetes Perdidos durante la transmisión sólo de tráfico controlado tanto bajo entorno QoS<sup>(+)</sup> y QoS<sup>(-)</sup> y con los distintos direccionamientos IPv4 e IPv6 al 50 o 100%.

SOLO TRAFICO		CON QoS	SIN QoS	DIFERENCIA DE MEDIAS	TEST DE BARTLET	t de student	Mann Whithney	valor p	Signif. estad.
JITTER	50IPV4	0,00002266667	0,00001466667	0,000008	0,11321	0,12343		0,12343	
	50IPV6	0,00047400000	0,00020066667	0,000273333	0,003366	0,827259		0,827259	
	100IPV4	0,00001833333	0,00016666667	-0,000148333	0,000146		0,275234	0,275234	
LATENCIA	50IPV4	0,04076300000	0,1363336667	-0,095570667	0,000272		0,512691	0,512691	
	50IPV6	0,01742566667	0,0039036667	0,013522	0,00015		0,275234	0,275234	
	100IPV4	0,23537200000	0,05186000000	0,183512	0,003544		0,512691	0,512691	
PAQUETES PERDIDOS	50IPV4	663,3	0,0	663,3			0,345779	0,345779	
	50IPV6	3185,0	0,0	3185,0			0,345779	0,345779	
	100IPV4	290,0	200,3	89,7			1	1	
LATENCIA	100IPV6	0,00444033333	0,00409933333	0,000341	0,625745	0,035065		0,035065	ES

**Tabla No. 3. Análisis para la transmisión de solo tráfico.**  
Fuente: Acurero (2008).

**VIDEO + TRÁFICO**

Cuando se evaluaron las distintas variables (Jitter, Latencia y Paquetes Perdidos) en cuanto a la transmisión simultánea de Tráfico y Video controlado bajo entorno QoS presente (QoS<sup>(+)</sup>) y ausente (QoS<sup>(-)</sup>) se evidenció en cada experimento la existencia de una diferencia estadística significativa (*valor p* <0,05) de las medias respecto de la presencia o ausencia del entorno QoS y de las distintas condiciones de direccionamiento (IPv4 al 50%; IPv4 al 100%; IPv6 al 50% ó bien IPv6 al 100%).

No obstante el *valor p* calculado respecto de las diferencias de medias de Jitter100IPV4; Latencia100IPV4; PaqPerd50IPV6; PaqPerd100IPV6 resultó ser altamente significativo con valores probabilísticos situados por debajo del orden de las cienmilésimas (*valor p* <0,00001). Ver Tabla No. 4.

**JITTER**

Las medias (50% de tráfico) de Jitter50IPV4 y Jitter50IPV6 en presencia de un entorno QoS (QoS<sup>(+)</sup>) observan valores más bajos en comparación con QoS<sup>(-)</sup> y la diferencia en la estimación puntual de dichas medias fue estadísticamente significativa en todos los experimentos.

Por el contrario, las medias (100% de tráfico) de Jitter100IPV4 y Jitter100IPV6 en presencia de un entorno QoS<sup>(+)</sup> observan valores más altos en comparación con QoS<sup>(-)</sup> (estadísticamente significativa). Ver Tabla No. 4.

**LATENCIA**

Las medias de la Latencia en presencia de un entorno QoS (QoS<sup>(+)</sup>) mostraron valores más altos en comparación con QoS<sup>(-)</sup>; esto se evidenció, independientemente de la modalidad de direccionamiento Ipv4 o IPv6 (IPv4 al 50%; IPv4 al 100%; IPv6 al 50% e IPv6 al 100%). La diferencia en la estimación puntual de dichas medias resultó estadísticamente significativa.

## PAQUETES PERDIDOS

Las medias, con 50% de tráfico, en presencia de un entorno QoS<sup>-</sup> (QoS<sup>-</sup>) observan valores más bajos en comparación con QoS<sup>+</sup> y la diferencia en la estimación puntual de dichas medias fue estadísticamente significativa en todos los experimentos (*valor p* < 0,05) . Ver Tabla No. 4.

Por el contrario, con 100% de tráfico, las medias en presencia de un entorno QoS<sup>+</sup> observan valores más altos en comparación con QoS<sup>-</sup> y la diferencia en la estimación puntual de dichas medias es estadísticamente significativa.

TRAFICO Y VIDEOS	CON QoS	SIN QoS	DIFERENCIA DE MEDIAS	TEST DE BARTLETT	t de student	Mann Whitney	valor p	Signif. estad	
JITTER	50IPV4	0,0000693	0,0001433	-0,0000740	0,003707		0,04953	0,04953	ES
	50IPV6	0,0010677	0,0012180	-0,0001503	0,009010		0,04953	0,04953	ES
	100IPV4	0,0004917	0,0002817	0,0002100	0,200374	0,000002		0,000002	ES
	100IPV6	0,0016273	0,0011610	0,0004663	0,000531		0,04953	0,04953	ES
LATENCIA	50IPV4	0,0677850	0,0566417	0,0111433	0,02283		0,04953	0,04953	ES
	50IPV6	0,0434423	0,0369193	0,0065230	0,030042		0,04953	0,04953	ES
	100IPV4	0,0827443	0,0610433	0,0217010	0,160615	0,000001		0,000001	ES
	100IPV6	0,0838130	0,0555447	0,0282683	0,000077		0,04953	0,04953	ES
PAQUETES PERDIDOS	50IPV4	4891,0	10844,3	-5953,3	0,014954		0,046302	0,046302	ES
	50IPV6	9465,7	17548,0	-8082,3	0,084969	0,000006			ES
	100IPV4	34997,0	21909,3	13087,7	0,014566		0,04953	0,04953	ES
	100IPV6	50908,3	33355,3	17553,0	0,250105	0,000003		0,000003	ES

Tabla No. 4. Análisis para la transmisión de video y tráfico simultáneo. Fuente: Acurero (2008).

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una vez finalizadas todas las pruebas se puede concluir que para una red altamente congestionada el protocolo IPv6 obtuvo un mejor desempeño que su antecesor, patrón este que se conservó para la mayoría de las pruebas donde se exigía al máximo el flujo de tráfico por el medio.

Por otro lado, durante el desarrollo de las pruebas donde no se exigía al máximo el flujo de tráfico del enlace no se observaron aspectos de relevancia con respecto a los servicios de QoS implementados, lo cual indica de manera bastante clara que la real apreciación de estos servicios se realiza durante altos congestionamientos de la red.

En otro aspecto, vale destacar que durante las pruebas donde solo se transmitió tráfico controlado no se observó una diferencia de relevancia entre IPv4 e IPv6, con excepción de las pruebas donde se exigió a la red con un volumen de tráfico importante.

Para investigaciones futuras, se recomienda la utilización de conmutadores (multicapa) de capa 3, y es recomendable realizar un análisis a detalle del ancho de banda del medio para llevar a cabo el establecimiento de criterios más sólidos. También es importante, efectuar investigaciones que permitan recabar datos con respecto al comportamiento de QoS en otros tipos de tráfico y bajo otros tipos de enlaces.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Cerf, Vint (2004). IPv6, IPv6 Forum. . [Documento en línea] Dirección URL: <http://www.pagines.fib.upc.es/~si/treballs-SI2001/e6353537/>
- [2] Bustamante, Fernando (2001). **Direccionamiento IPv6**, [Documento en línea] <http://people.fluidsignal.com/~luferrbu/docs/Direccionamiento-IPv6.txt>.
- [3] Microsoft (1999), **Los componentes QoS de Microsoft (Calidad y Servicio)** , [Documento en línea] Dirección URL: <http://www.microsoft.com/latam/technet/articulos/windows2k/qoscomp/>
- [4] Xipeng Xiao (1999), **Calidad de Servicio en Internet**, [Documento en línea] Dirección URL: <http://www.tecnova.es/ti/firmainvitada05.htm>
- [5] Elizalde, Jorge. (2005). **Rendimiento de redes basadas en los protocolos IPv6 e IPv4 durante la transmisión de video**, La Universidad del Zulia. Maracaibo – Venezuela
- [6] Durán, Cristina (2003). **Implementación de IPv6, QoS e IPsec con Linux**, [Documento PDF]. Dirección URL: [http://www.davidfv.net/articulos/trabajo\\_redes.pdf#search=%22Implementaci%C3%B3n%20de%20IPv6%2C%20QoS%20e%20IPSec%20con%20Linux%22](http://www.davidfv.net/articulos/trabajo_redes.pdf#search=%22Implementaci%C3%B3n%20de%20IPv6%2C%20QoS%20e%20IPSec%20con%20Linux%22)
- [7] Navarro Nuñez, Alberto (2003). **Analizador en tiempo real de Calidad de Servicio en redes IP**, Universidad de Catalunya – España.
- [8] Ruiz, Miguel (2003). **Desarrollo de un nodo encaminador para filtrado y simulación de tráfico en subredes IP**, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Málaga.
- [9] Martín, Victoria (2000). **Calidad de Servicio en Redes de Datos. Análisis y Estudio de las distintas alternativas**, Universidad Politécnica de Alcalá de Henares (Madrid - España).
- [10] Sampieri, Roberto; Fernández Callado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. (2003). **Metodología de la Investigación**. 2 ed. México, D.F. Edit. McGraw-Hill. p. 60-61.
- [11] Walpole, Ronald; Myers, Raymond. (1992). **Probabilidad y estadística**. Cuarta Edición. México. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- [12] **EPINFO 6.04: Software estadístico**. Producido por el Center for Disease Control C.D.C., Atlanta, U.S.A., world Health Organization W.H.O. Geneva Zwitzerland, PanAmerican Health Organization P.A.H.O. New York, U.S.A. Versión 6.04, Enero de 2001