

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**  
**ANÁLISIS DE TRÁFICO EN VARIOS ESCENARIOS SOBRE UNA RED  
MPLS Y SU IMPACTO SOBRE VOIP**

**AUTOR:**  
**CARLOS GUSTAVO QUILCA MENDOZA**

**TUTOR:**  
**JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ AYALA**

**Quito, julio del 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Carlos Gustavo Quilca Mendoza, con documento de identificación N° 1721604153, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **“ANÁLISIS DE TRÁFICO EN VARIOS ESCENARIOS SOBRE UNA RED MPLS Y SU IMPACTO SOBRE VOIP”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Carlos Gustavo Quilca Mendoza


C.I: 1721604153

Quito, julio del 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico, “ANÁLISIS DE TRÁFICO EN VARIOS ESCENARIOS SOBRE UNA RED MPLS Y SU IMPACTO SOBRE VOIP” realizado por Carlos Gustavo Quilca Mendoza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Domínguez Ayala', is written over a horizontal dotted line.

Juan Carlos Domínguez Ayala

C.I: 1713195590

## **DEDICATORIA**

*A Dios quien siempre me acompaña en cada etapa y meta que me propongo en la vida. A mi padre por el apoyo incondicional sin importar las adversidades, por su cariño, su paciencia, sus consejos y constancia en brindarme las herramientas para formarme como ser humano y profesional.*

*A mi madre por su sacrificio que día a día realiza para que cumpla mis objetivos. A mis hermanos por ser parte fundamental de mi formación como ser humano. A mi familia y amigos que siempre han estado a mi lado y han sido parte esencial en el transcurso de mi vida.*

*Carlos Gustavo Quilca Mendoza*

# ANÁLISIS DE TRÁFICO EN VARIOS ESCENARIOS SOBRE UNA RED MPLS Y SU IMPACTO SOBRE VOIP

Carlos Gustavo Quilca Mendoza<sup>1</sup>, Juan Carlos Domínguez Ayala<sup>2</sup>

## Resumen

El presente estudio, fundamentado en el mecanismo MPLS, plantea algunos escenarios de red sobre los cuales se establecen distintas configuraciones en los dispositivos de interconexión router, características como: capacidades de enlace y prioridad de servicios en los que se aplica tráfico de voz, video y web. En dichos escenarios se ejecutaron pruebas que permitieron analizar su comportamiento y así determinar el escenario más idóneo con la mejor respuesta de tráfico aplicando MPLS, tomando como parámetro principal de evaluación al delay, mediante este trabajo se determina el nivel de afectación a los servicios de voz y video.

**Palabras Clave:** DELAY, ISP, LER, LSP, LSR, MPLS.

## Abstract

The present study, based on the MPLS mechanism, raises some network scenarios on which different configurations are established in the router interconnection devices, characteristics such as: link capabilities and service priority in which voice, video and voice traffic are applied. Web. In these scenarios tests were performed that allowed analyzing their behavior and thus determine the most suitable scenario with the best traffic response by applying MPLS, taking the delay as the main evaluation parameter. Through this work, the level of affectation to voice services is determined and video.

**Keywords:** DELAY, ISP, LER, LSP, LSR, MPLS.

## 1. Introducción

Sin duda las nuevas tecnologías generan nuevas aplicaciones que propician la convergencia de diferentes servicios sobre una misma red, lo que genera y demanda una gran cantidad de datos [1]. Un proveedor de servicios de internet (ISP) debe garantizar un óptimo rendimiento de los enlaces para ofrecer el mejor desempeño de sus servicios, de acuerdo a las necesidades demandadas por los usuarios [2], la técnica de transporte por medio de la conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS)

añade una etiqueta a un paquete de protocolo de internet (IP), mediante el plano de control se verifica la ruta por donde se encaminaran los paquetes y las etiquetas que se intercambiaran entre cada dispositivos de interconexión (router), de esta manera el router no revisa todo el encabezado del paquete y por medio del plano de datos se realiza el transporte de los paquetes según las etiquetas, sin la necesidad de realizar la consulta de tablas de enrutamiento, generando un mejor desempeño en la conmutación de paquetes [3].

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Electrónica – Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador  
Correo electrónico: cquilca@est.ups.edu.ec

<sup>2</sup> Docente – Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador  
Correo electrónico: jdominguez@ups.edu.ec

Las etiquetas MPLS definen caminos de conmutación de etiquetas (Label Switched Path, LSP) por medio de enrutadores de conmutación de etiquetas (Label Switching Router, LSR) [4]. Las etiquetas son asignadas de acuerdo a una clase de reenvío equivalente (Forwarding Equivalence Class, FEC) que agrupa a un conjunto de paquetes con las mismas características y que van a ser reenviados siguiendo el mismo tratamiento [5].

### 1.1 Etiquetas MPLS

Las etiquetas MPLS se agregan en la entrada y retiran en la salida del LSR frontera o también conocido como enrutador de frontera de etiquetado (Label Edge Router, LER). Estas etiquetas definen la trayectoria de los paquetes a su destino [6].

### 1.2 Envío de tráfico basado en etiquetas

Los dispositivos LSR no analizan la cabecera de capa red por lo que pueden enviar tráfico de capa 3 basados en la etiqueta de su correspondiente paquete [7]. Según la decisión de envío del LER, se puede establecer un escenario sin habilitación MPLS el cual puede enviar un paquete IP basado en su dirección de destino [8]. En el escenario con habilitación MPLS el LSR puede recibir y enviar el paquete etiquetado o recibir etiquetado para ser enviado normalmente por medio de la eliminación de la etiqueta [9].

### 1.3 Calidad de servicio (QoS)

La convergencia de servicios que ofrece un ISP debe tener una diferenciación en la prioridad de cierto tipo de tráfico [10]. Los servicios de voz y video son muy susceptibles en cuanto a pérdida y variación considerable en el delay (retardo) de paquetes, lo cual puede crear inconvenientes en el dinamismo de interacción [11], voz y video operan con protocolo de datagramas de usuario (UDP) [12], mientras que los servicios

web que están orientados a la conexión con protocolo de control de transmisión (TCP) el delay de paquetes no tienen mayor incidencia entre la interacción de usuarios [13].

Un ISP al aplicar QoS otorga un trato preferencial a un grupo de usuarios o servicios, según las necesidades de cada uno de estos, para definir las políticas de cada grupo o servicio el ISP identifica el tipo de tráfico y requerimientos para ser clasificados. [14].

Existen tres modelos de aplicación de QoS: 1. Best-effort que indica que no se aplica QoS y todos los paquetes dentro de la red reciben un mismo trato [15], 2. IntServ que proporciona QoS con una señalización explícita para que las aplicaciones que necesiten prioridad realicen una reserva de los medios mediante el protocolo de reserva de recursos (RSVP) [16] y 3. el modelo DiffServ que suple las deficiencias de Best-effort e IntServ, por medio del comportamiento por salto (Per-Hop Behavior, PHB) indicando que cada salto en su trayecto está programado para ofrecer un nivel de servicio a cada clase de tráfico [17] [18].

En DiffServ los paquetes son marcados con un punto de código DiffServ (DiffServ Code Point, DSCP) de acuerdo a reglas de comportamiento para ser reenviados.

Existen cinco clases de servicio que van de acuerdo al nivel de prioridad de menor a mayor y dentro de cada clase su nivel de probabilidad de descarte de paquetes. En la Tabla 1 se observa los valores DSCP [19].

Tabla 1: Valores DSCP

Clase	(PHB)	Probabilidad de pérdida
1	AF11	Baja
	AF12	Media
	AF13	Alta
2	AF21	Baja
	AF22	Media
	AF23	Alta
	AF31	Baja

3	AF32	Media
	AF33	Alta
4	AF41	Baja
	AF42	Media
	AF43	Alta
5	EF	

## 2. Planteamiento de escenarios de red y tráfico de datos

De acuerdo a un estudio comparativo de software que permiten realizar el diseño, implementación y análisis de las topologías de red se eligió las herramientas más adecuadas para los fines de esta investigación. En la Tabla 2 se describe una comparación entre los programas de simulación con sus principales características [20].

Tabla 2: Comparación de programas de simulación

Características	Programa		
	OPNET	OMNET	GNS3
Investigación	Alto	Alto	Bajo
Licencia	Comercial/ Versión Prueba Libre	Libre	Libre/ Comercial
Aprendizaje	Alto	Alto	Bajo
Plataforma Grafica	Alto	Medio	Alto
Sistema Operativo	Windows, Unix	Windows, Unix	Windows, Linux, Mac
Redes y Protocolos	Alto	Alto	Bajo
Análisis de resultados (gráficas)	Alto	Medio	Bajo
Generación de tráfico	Alto	Medio	Bajo

Para observar las configuraciones IP, IP\_TE, MPLS y MPLS\_TE las cuales van a ser implementadas en equipos CISCO, se usó el emulador GNS3 obteniendo una experiencia real de configuración de equipos y ejecución de la técnica de transporte MPLS, simultáneamente con el inyector de tráfico DIT-G para los servicios de voz y datos.

Las configuraciones IP, IP con calidad de servicios, MPLS y MPLS aplicado calidad de servicios para los equipos se las puede encontrar en la página oficial de CISCO.

Debido al alto nivel de investigación y versión de prueba libre, se optó por el software de simulación OPNET para el análisis de la inyección de tráfico en los distintos escenarios, por medio del análisis de resultados gráficos y un mayor nivel en generación de tráfico de datos, los que son de vital importancia para implementar las topologías que establecerán los diferentes escenarios de comparación y análisis.

### 2.1 Primer escenario experimental

El primer escenario de comparación consta de un único enlace de comunicación de los servicios convergentes en el LER de entrada y en el LER de salida. En la Figura 1 se muestra la topología que consta con un LER de entrada y otro a su salida, 2 LSR, 6 Router Cisco serie 4000, servidores y usuarios para los servicios de voz, video y web.

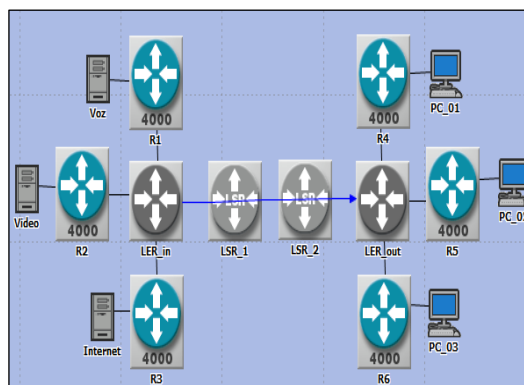
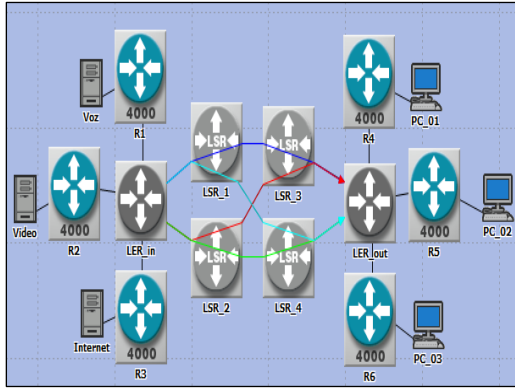


Figura 1. Topología del primer escenario experimental

### 2.2 Segundo escenario experimental

El segundo escenario consta de varios caminos de comunicación entre los extremos.

En la Figura 2 se observa un LER de entrada, un LER de salida, 4 LSR, 6 Router Cisco serie 4000, servidores y usuarios para los servicios de voz, video y web.

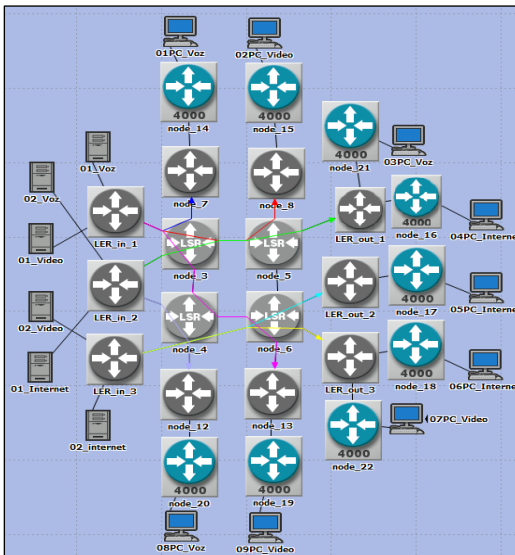


**Figura 2.** Topología del segundo escenario experimental

### 2.3 Tercer escenario experimental

En el tercer escenario se observa una red semejante a un ISP con varios usuarios que requieren los servicios de voz video y web.

En la Figura 3 se observa 3 LER de entrada, 7 LER de salida, 9 Router Cisco serie 4000, 2 servidores de voz, 2 servidores de video, 2 servidores web, 3 usuarios de voz, 3 usuarios de video y 3 usuarios web.



**Figura 3.** Topología del tercer escenario experimental

### 2.4 Parámetros de tráfico

Los parámetros de tráfico se establecieron con el módulo Application Definiton, el que simuló tráfico todo discreto para los servicios de voz, video y web.

La Figura 4 describe los parámetros utilizados para la simulación del tráfico de voz.

Attribute	Value
Symbolic Destination Name	Voice Destination
Encoder Scheme	G.729 A
Voice Frames per Packet	1
Type of Service	EF
RSVP Parameters	None
Traffic Mix (%)	All Discrete
Signaling	None
Compression Delay (seconds)	0.02
Decompression Delay (seconds)	0.02

**Figura 4.** Configuración de parámetros del servicio de voz

En la Figura 5 se muestran los parámetros de simulación del tráfico de video.

Attribute	Value
Frame Interarrival Time Information	15 frames/sec
Frame Size Information (bytes)	128X240 pixels
Symbolic Destination Name	Video Destination
Type of Service	AF43
RSVP Parameters	None
Traffic Mix (%)	All Discrete

**Figura 5.** Configuración de parámetros del servicio de video

En la Figura 6 se indican las características configuradas para el servicio web.

Attribute	Value
HTTP Specification	HTTP 1.1
Page Interarrival Time (seconds)	exponential (10)
Page Properties	(...)
Server Selection	(...)
RSVP Parameters	None
Type of Service	AF31

**Figura 6.** Configuración de parámetros del servicio web

En la Figura 7 se observa los parámetros configurados en los perfiles de usuario para el acceso a los servicios de voz, video o web.



Attribute	Value
name	Perfiles de Usuario
Profile Configuration	(...)
Number of Rows	3
VOZ	
Profile Name	VOZ
Applications	(...)
Number of Rows	1
voz	...
Operation Mode	Serial (Ordered)
Start Time (seconds)	uniform (100,110)
Duration (seconds)	End of Simulation
Repeatability	Once at Start Time
VIDEO	
Profile Name	VIDEO
Applications	(...)
Operation Mode	Serial (Ordered)
Start Time (seconds)	uniform (100,110)
Duration (seconds)	End of Simulation
Repeatability	Once at Start Time
WEB	
Profile Name	WEB
Applications	(...)
Operation Mode	Serial (Ordered)
Start Time (seconds)	uniform (100,110)
Duration (seconds)	End of Simulation
Repeatability	Once at Start Time

Figura 7. Configuración de perfiles de usuario para acceso a servicios de voz, video o web

### 3. Desarrollo del Experimento

Las configuraciones en los escenarios fueron: IP con ausencia de QoS, IP\_TE que diferencia el tráfico de datos por medio de QoS, MPLS sin parámetros de QoS y MPLS\_TE que prioriza el tráfico con la presencia de QoS en el siguiente orden: voz, video y web.

Los modelos establecidos para las configuraciones fueron: IP con Best-effort e IP\_TE basado en DiffServ. En la Tabla 3 se establece el nivel de prioridad para cada servicio con modelo DiffServ, siendo voz y video los de mayor prioridad al trabajar en tiempo real.

Tabla 3: Niveles de prioridad de los servicios de voz, video y web para el modelo DiffServ

Servicio	Prioridad
Voz	EF
Video	AF43
Web	AF31

En la configuración MPLS se empleó LSP dinámico sin prioridades de tráfico, en MPLS\_TE se trabajó con LSP estático y se establecieron los campos EXP – PHB

que controlan los niveles de prioridad de QoS.

Tabla 4: Detalles de la tabla de mapeo del control de QoS para MPLS\_TE

EXP	PHB
0	AF31
1	AF32
2	AF33
3	AF41
4	AF42
5	AF43
6	EF
7	EF

En la Tabla 5 se describen los LSP para cada escenario con la configuración MPLS\_TE.

Tabla 5: Descripción de LSP para configuraciones con MPLS\_TE

Escenario 1	
Voz	LER_in - LSR_1 - LSR_2 - LER_out
Video	LER_in - LSR_1 - LSR_2 - LER_out
Web	LER_in - LSR_1 - LSR_2 - LER_out
Escenario 2	
LSP Primario	
Voz	LER_in - LSR_1 - LSR_3 - LER_out
Video	LER_in - LSR_2 - LSR_4 - LER_out
WEB	LER_in - LSR_1 - LSR_4 - LER_out
LSP Secundario	
Voz	LER_in - LSR_1 - LSR_4 - LER_out
Video	LER_in - LSR_2 - LSR_3 - LER_out
Web	LER_in - LSR_2 - LSR_3 - LER_out
Escenario 3	
Voz	LER_in_1 - node_3 - LER_out_1
	LER_in_1 - node_3 - node_4 - node_6 - LER_out_6
	LER_in_2 - node_3 - node_5 - LER_out_3
Video	LER_in_2 - node_4 - LER_out_7
	LER_in_1 - node_3 - node_5 - LER_out_2
Web	LER_in_3 - node_6 - LER_out_5
	LER_in_2 - node_3 - node_5 - LER_out_3
	LER_in_3 - node_6 - LER_out_4
	LER_in_3 - node_6 - LER_out_5

Las FEC se configuraron de acuerdo al tipo de servicio. FEC\_Voz, FEC\_Video y FEC\_Web.

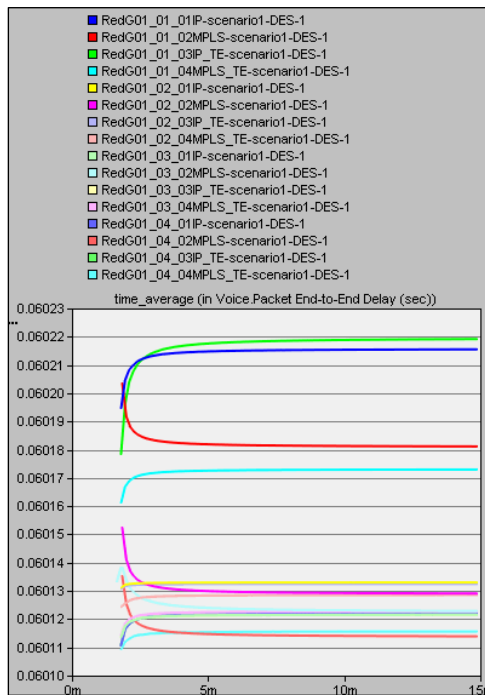
Cada escenario se sometió a pruebas experimentales de simulación con distintas capacidades en los enlaces como: 45Mbps, 150Mbps, 1Gbps y 10 Gbps.

La recopilación de resultados en cada escenario se estableció mediante la componente de tráfico delay, en los servicios de voz y video, mientras que para el servicio web se consideró al tiempo de respuesta de la página con protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), los que permitieron definir el escenario idóneo con la mejor respuesta de tráfico aplicando el mecanismo MPLS.

#### 4. Resultados y Análisis

La comparación a diferentes capacidades en cada escenario permitió conocer la efectividad de la implementación de MPLS sobre la red y como afecta los servicios de voz, video y web

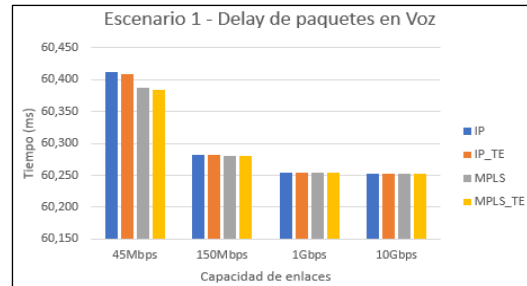
En la Figura 8 se muestra el análisis gráfico de resultados proporcionado por OPNET.



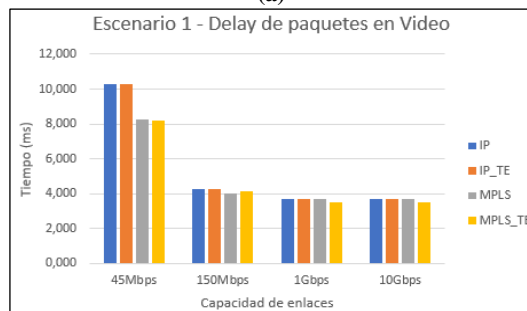
**Figura 8.** Análisis gráfico en OPNET de tercer escenario experimental, delay de paquetes para el servicio de voz

Considerando que en el análisis gráfico de OPNET no se aprecia de manera ordenada y clasificada los resultados debido a la cantidad de escenarios de comparación, se recopilan los resultados obtenidos con OPNET en

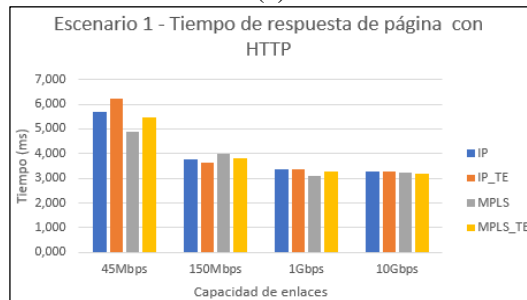
una tabulación gráfica que muestra las pruebas ejecutadas para el primer escenario, se debe tomar en cuenta que cada protocolo (barra) representa una configuración en particular, en la Figura 9(a), 9(b) se presenta una comparativa basada en el delay de paquetes para voz y video, mientras que en la Figura 9(c) se muestra la variación respecto al tiempo de respuesta de la página con HTTP.



(a)



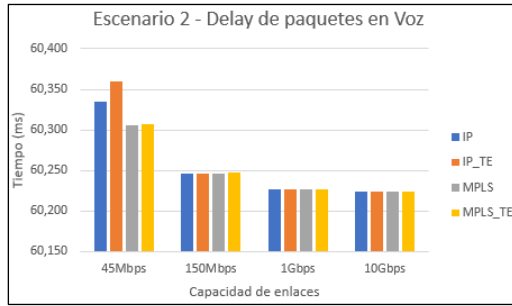
(b)



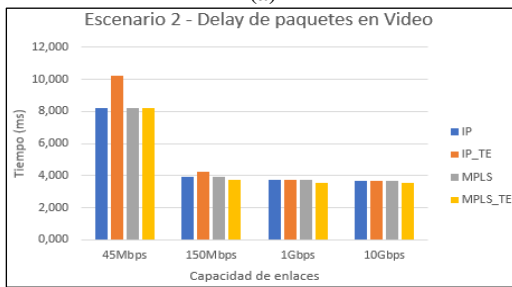
(c)

**Figura 9.** Comparativa de configuraciones a diferentes capacidades de enlace para el primer escenario (a) Voz, (b) Video y (c) Página HTTP

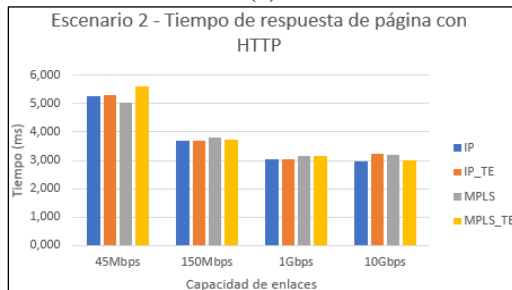
En la Figura 10 se comparan los resultados de las configuraciones del segundo escenario a distintos niveles de enlace de red. La componente de tráfico delay se muestran en la Figura 10(a), 10(b) para voz y video, en la Figura 10(c) se muestra el tiempo de respuesta de la página con HTTP.



(a)



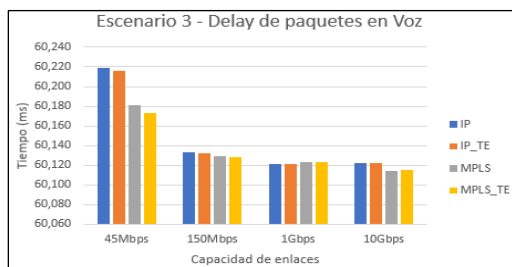
(b)



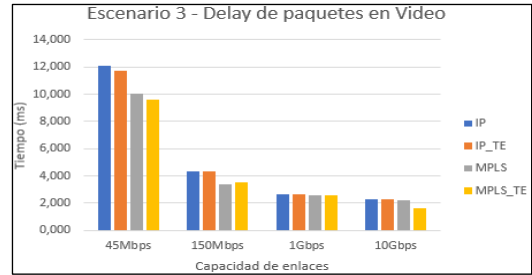
(c)

**Figura 10.** Comparativa de configuraciones a diferentes capacidades de enlace para el segundo escenario (a) Voz, (b) Video y (c) Página HTTP

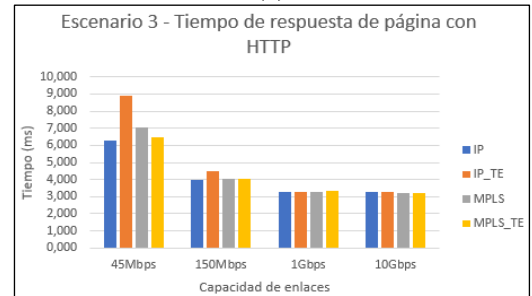
La variación de configuraciones IP, IP\_TE, MPLS y MPLS\_TE del tercer escenario con mayor carga de enrutamiento y servicios se los presenta en la Figura 11(a), 11(b) con respecto al parámetro de tráfico delay para voz y video, mientras que en la Figura 11(c) se presenta la componente de tráfico respecto al tiempo de respuesta de la página con HTTP.



(a)



(b)



(c)

**Figura 11.** Comparativa de configuraciones a diferentes capacidades de enlace para el tercer escenario (a) Voz, (b) Video y (c) Página HTTP

En la comparación de escenarios se consideró la capacidad más baja de enlace de red en dispositivos de interconexión (45Mbps), debido a que presentaron una variación significativa de la componente de tráfico delay en las configuraciones para conocer el grado de afectación en los servicios susceptibles al retardo de paquetes y en el que se evidenció un comportamiento similar de las configuraciones en los tres escenarios, estableciendo en la Tabla 6 la diferenciación mediante la representación con porcentajes de las configuraciones IP, MPLS y MPLS\_TE para el desarrollo de la investigación.

Se estableció la configuración IP con el mayor nivel de porcentaje (100%) debido a que presenta el mayor valor de la componente de tráfico delay para los escenarios de comparación, las configuraciones MPLS y MPLS\_TE se las obtienen mediante una regla de tres simple respecto al mayor nivel de porcentaje en cada escenario.

Tabla 6: Representación del delay en porcentaje para configuraciones IP, MPLS y MPLS\_TE

Voz						
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Del ay (ms)	Porcent aje (%)	Del ay (ms)	Porcent aje (%)	Del ay (ms)	Porcent aje (%)
IP	60,41	100	60,34	100,00	60,22	100
MPLS	60,39	99,96	60,31	99,95	60,18	99,94
MPLS_TE	60,38	99,95	60,31	99,95	60,17	99,93
Video						
IP	10,30	100,00	8,21	100,00	12,08	100,00
MPLS	8,23	79,91	8,21	99,98	10,06	83,31
MPLS_TE	8,23	79,83	8,21	99,99	9,58	79,26

En la Tabla 7 se observa la variación de porcentajes entre configuraciones MPLS respecto de IP.

Tabla 7: Variación de representaciones del delay en porcentajes para configuraciones MPLS respecto de IP

Voz			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
IP - MPLS (%)	0,04	0,05	0,06
IP - MPLS_TE (%)	0,05	0,05	0,07
Video			
IP - MPLS (%)	20,09	0,02	16,69
IP - MPLS_TE (%)	20,17	0,01	20,74

En el escenario 2 no se observa una variación significativa en los servicios de voz y video por lo que no se tomó en cuenta para obtener resultados de variación promedio entre configuraciones MPLS respecto de IP.

En la Tabla 8 se muestra los resultados del promedio en porcentaje entre escenario 1 y escenario 3 para los servicios de voz y video.

Tabla 8: Variación promedio de porcentajes para configuraciones MPLS respecto de IP

Voz	
IP - MPLS (%)	0,05
IP - MPLS_TE (%)	0,06
Video	
IP - MPLS (%)	18,39
IP - MPLS_TE (%)	20,46

A partir de los promedios de variación de retardo entre configuraciones se determinó el grado de afectación al servicio de voz y video, al existir una reducción en el delay se presenta como resultado una mejora en el servicio, debido a que si se tiene un menor delay entonces existe un mayor desempeño de los servicios, con mejoras en el servicio de voz del 0,05% para MPLS y 0,06% para MPLS\_TE con respecto de IP. El servicio de video tiene una mejora en MPLS del 18,39% y MPLS\_TE del 20,46% con respecto de IP.

## 5. Conclusión

La comparación de las configuraciones IP, MPLS y MPLS\_TE dentro de cada escenario a distintas capacidades de enlace entre routers, muestra que MPLS y MPLS\_TE tienen mayor variación respecto de IP en redes con bajas capacidades, siendo la variación una disminución del delay de paquetes entonces existe un mejor desempeño en los servicios de voz y video, por lo que se establece a dichas redes como escenarios idóneos para la implementación de MPLS.

Presentando un mejor desempeño de la red no existe afectación de los servicios de voz y video, siendo video quien evidencia un mayor aprovechamiento del mecanismo MPLS.

MPLS al trabajar con el modelo DiffServ de QoS se convierte en una técnica con grandes beneficios para la administración de redes, debido a que no requiere complejos conocimientos de configuración de equipos y presenta diversos niveles de clasificación de tráfico, permitiendo a un ISP dar un mejor servicio de voz y datos según las necesidades de cada usuario, adicionalmente puede implementar diversos caminos para el transporte del tráfico de datos que son de vital importancias al dar mantenimiento en segmentos de red sin la necesidad de

suspender los servicios prestados por un ISP.

## Referencias

- [1] G. F. Cifuentes Domínguez, «Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,» marzo 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8167>.
- [2] J. E. Flores Baldes, «Repositorio Académico De La Universidad De Chile,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168460>.
- [3] E. E. Segarra Guzmán, «Repositorio Institucional UTPL,» 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20500.11962/23242>.
- [4] W. E. Crow Sánchez, «Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,» noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6428>.
- [5] C. A. Cuesta Martín, «Repositorio institucional Universidad Santo Tomas,» 2014. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/11634/309>.
- [6] R. B. Usca Veloz, «Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,» febrero 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8112>.
- [7] J. Á. Romero Caicedo, «Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil,» abril 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39341>.
- [8] J. L. Herrera Salazar y C. R. Espinoza Chipane, «Repositorio de la Universidad Autónoma del Perú,» febrero 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/AUTONOMA/487>.
- [9] E. Ariganello, Redes CISCO. Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching. 4º Edición actualizada, Madrid: RAMA, 2017.
- [10] J. Meza, J. Guamán y B. Oviedo, «Monitoreo y Administración de los enlaces wireless de los Proveedores de Servicios de Internet (ISP) mediante un sistema de georeferenciación vía WEB,» *Universidad, Ciencia y Tecnología*, nº 4, pp. 71 - 79, 2019.
- [11] D. Perdices, J. López de Vergara, P. Roquero, C. Vega y J. Aracil, «FlexiTop: sistema de medidas de calidad de servicio escalable y flexible para servicios OTT,» de *Actas de las XIII Jornadas (JITEL 2017)*, Valencia, 2017.
- [12] J. H. Castro Vera y R. F. Morocho Roman, «Repositorio Digital de la UTMACH,» 31 enero 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13601>.
- [13] B. Oviedo, L. Suarez Litardo, E. Zhuma Mera, A. Puris y R. Hernández, «Visualizador de tráfico de red de comunicación basadas en la arquitectura TCP/IP,» *Universidad y Sociedad - Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, vol. 11, nº 2, pp. 193-202, 2019.

- [14] A. D. Valdez, C. A. Miranda, P. L. Schlesinger, J. A. Chiozza, C. V. Miranda y A. A. Grela, «Calidad de servicio en redes de telecomunicaciones,» *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica - Claves para el desarrollo*, vol. 4, pp. 278-293, 2018.
- [15] D. R. Quesada Revelo, G. I. Valle Medina, A. D. I. C. Miranda Villacis y C. A. Villacis Uvidia, «Diseño de una red convergente con QoS a través de enlaces inalámbricos entre las sucursales de una institución financiera,» *Revista Observatorio de la economía Latinoamericana*, 2018.
- [16] V. Villarreal, «UTP-Ridda,» 2014. [En línea]. Available: <http://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/6131>.
- [17] M. M. A.-Q. R. S. F. Shaimaa A. Sharafali, «Performance Evaluation of MPLS TE Signal Protocols for Voice Applications with QoS Implementation,» *International Journal of Networks and Communications*, pp. 1 - 9, 2015.
- [18] H. Vivanco y S. E. Cacuango Lagla, «Repositorio digital Universidad Israel,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2021>.
- [19] S. E. Carvajal Ladino y J. Barón Velandia, «Consideraciones De Calidad De Servicio Para Tráfico De Video En Redes Wan,» *Revista científica - Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, vol. 2, n° 16, pp. 36 - 41, 2012.
- [20] A. M. Cabrera Idrovo y D. E. Farfán Guillén, «Repositorio Institucional Universidad de Cuenca,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24191>.