

ARTÍCULO ORIGINAL

TECNOLOGÍA MPLS EN CALIDAD DE SERVICIO DE LA RED WAN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

MPLS TECHNOLOGY IN QUALITY OF SERVICE OF THE WAN NETWORK AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF HUANCVELICA

 William Danty Ramos Paucar ¹
 Celso Ramos Paucar ²
 Deniece Cynthia Delgado Pino ³

Recibido: 03/11/2021
Aceptado: 16/05/2022

RESUMEN

La red de datos de interconexión, entre la sede central y sus filiales de la Universidad Nacional de Huancavelica, se realiza a través de la red de Internet, que origina la baja calidad de comunicación entre las filiales. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del modelo de red con tecnología MPLS en la mejora de la calidad de servicio en la red WAN. Se realizó un estudio experimental de pretest y postest, de tipo explicativo llevado a cabo en un laboratorio de simulación mediante el software GNS3 y D-ITG. La población y la muestra estuvo constituida por las diez redes WAN, y el muestreo fue de manera no probabilística, en cada red se realizaron las pruebas de calidad de servicio, con los tres tipos de tráfico: datos, VoIP y Streaming, siendo los indicadores delay, jitter y pérdida de paquetes para cada tipo de servicio. Los resultados obtenidos con la tecnología IP (Delay: 78ms a 292ms y Jitter: 68ms a 13.3ms) y en MPLS (Delay: 13ms a 157.3ms y Jitter: 5.9ms a 12.2ms). Se concluye que la tecnología MPLS influye significativamente en la mejora de la calidad de servicio de la comunicación entre las filiales de la universidad.

Palabras clave: calidad de servicio, conmutación de etiquetas multiprotocolo, redes privadas virtuales.

¹ Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Ing. Electrónico, Magister en Planeación estratégica y Gestión en Ingeniería de Proyectos, Magister en Ing. de Telecomunicaciones. <https://orcid.org/0000-0003-4144-492X>. william.ramos@unh.edu.pe.

² Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú. Mtro. en Ciencias de la Educación en la USIL. Ingeniero Electrónico en la UNH. Ingeniero Civil en la UAP. Lic. Matemática y Física UNFV-Perú Perú. <https://orcid.org/0000-0003-2204-4218>. cramos@unah.edu.pe.

³ Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Bachiller en Ingeniería de Sistemas, con experiencia en modelos de redes para instituciones públicas y privadas. <https://orcid.org/0000-0001-6665-6000>. deniece.delgado@unh.edu.pe.



ABSTRACT

The interconnection data network, between the headquarters and its branches of the National University of Huancavelica, is carried out through the Internet network, which causes the low quality of communication between the branches. The objective of the research was to evaluate the influence of the network model with MPLS technology in improving the quality of service in the WAN network. An explanatory experimental pre-test and post-test study was carried out in a simulation laboratory using the GNS3 and D-ITG software. The population and the sample consisted of the ten WAN networks, and the sampling was non-probabilistic, in each network the quality of service tests were carried out, with the three types of traffic: data, VoIP and Streaming, being the indicators delay, jitter and packet loss for each type of service. The results obtained with IP technology (Delay: 78ms to 292ms and Jitter: 68ms to 13.3ms) and in MPLS (Delay: 13ms to 157.3ms and Jitter: 5.9ms to 12.2ms). It is concluded that the MPLS technology significantly influences the improvement of the quality of communication service between the branches of the university.

Keywords: quality of service, multiprotocol label switching, virtual private networks.

INTRODUCCIÓN

En el esquema actual, la combinación de voz y datos trabajan en una sola misma plataforma; es insuficiente para los requerimientos de cada tipo o clase de servicio, porque en una red de Internet la transferencia de datos, entre los sitios remotos o sucursales de una empresa u organización, se realiza por vía email, web u otras aplicaciones; lo cual origina una convergencia de voz y datos, con aplicaciones en tiempo real, tanto de voz y también de video: un servicio de baja calidad que necesita de una eficiente plataforma de transporte con nuevas tecnologías como MPLS. Según Ariganello y Enrique (2013) la tecnología MPLS es dominante a las Redes Privadas Virtuales (VPN) escalable y a la calidad de servicio *end-to-end* (QoS), habilitando la utilización eficiente de las redes existentes para resolver el crecimiento futuro y la corrección rápida del incidente del enlace y de la falla de nodo.

Así mismo, Bahnasse, Talea, Badri y Louhab (2018) mencionan que actualmente la tecnología MPLS es la base de la capa de transporte de las redes de próxima generación; con la llegada de enrutadores poderosos que llegan a gigabits por segundo, dado que la tecnología actual ha perdido el impulso. Sin embargo, han surgido nuevos servicios basados en tecnología MPLS; destacamos principalmente el servicio de Redes Privadas Virtuales (VPN). Este servicio, según el informe publicado por Cisco (2015) Cisco Virtual Managed Services: Transforma su negocio a través de la innovación que estima que el mercado global de VPN alcanzará los 106 mil millones de dólares a fines del 2022, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 13%. Un servicio que es caro, debe satisfacer necesariamente las necesidades de los clientes y debe continuar la expansión en términos de número de clientes y la aparición de nuevos servicios multimedia.

Al respecto, se han realizado investigaciones, como en el ámbito internacional y nacional, para mejorar la calidad de servicio en el transporte de información, aplicando la tecnología MPLS en diferentes escenarios. Yadav y Jeyakumar (2016) realizaron un diseño de escenario a nivel de propuesta, para satisfacer determinadas restricciones dadas por los clientes, y que se demostró a través del emulador GNS3 (Graphical Network Simulator) que es aplicable para escenarios en tiempo real. Se observó que la tecnología MPLS ha demostrado ser una solución prometedora que ofrece diferentes características en la misma red del proveedor de servicios, reemplazando así muchas tecnologías de transporte; es más, Zapata (2016) realizó un diseño de una red VPN/MPLS en el ambiente del laboratorio (Simulación), mediante la evaluación de parámetros de QoS para garantizar la disponibilidad y escalabilidad de la red. Este mecanismo de DiffServ permite dividir el tráfico en clases, controlando la cantidad de tráfico que cada cliente envía a la red y priorizando el envío a través de políticas de clasificación, mejorando la eficiencia de una red significativamente. Así mismo Menedez (2012) realizó a nivel de simulación el estudio de cuatro tipos de implementación de la solución multi-AS-VPN. Logró identificar al modelo de implementación Multi Protocol eBGP Multisalto entre Route Reflectors, como el más adecuado, y también realizó la propuesta técnica en la cual se describe el escenario general al que se enfrenta un proveedor de servicio para brindar servicios VPN a grandes distancias.

Asma y Manjeet (2017) El UIT-T definen formalmente la QoS como: “El efecto colectivo de la calidad del servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario del servicio” (pag. 7). La QoS proporciona un tratamiento especial a algún tipo de tráfico en comparación con otro tipo. Así mismo; la QoS se utiliza para evaluar y mejorar el rendimiento orientado al tráfico de una red en términos de retardo, variación de retardo, pérdida de paquetes y rendimiento. En este sentido, Hucková y Hrubý (2015), refieren que es importante medir periódicamente varios parámetros de rendimiento de la red, como el retardo de un extremo a otro, la pérdida de paquetes para proporcionar información actualizada sobre cada LSP y la variación de retardo. Las mediciones se realizan mediante sondas IP SLA en los routers de borde. Dado que los valores de retardo, variación de retardo y pérdida de paquetes son variables en el tiempo, es preferible trabajar con sus valores estadísticos para proporcionar valores fiables de estos parámetros que se utilizarán. Finalmente, la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T G.1010 y Y.1541 (2019) clasifica los tipos de servicios de acuerdo al tipo de tráfico que genera, tales como: servicio de audio o voz, servicio de vídeo y servicio de datos.

El propósito de la investigación es evaluar la influencia de la tecnología *MPLS* en la calidad de servicio de la red *WAN* de la Universidad Nacional de Huancavelica.

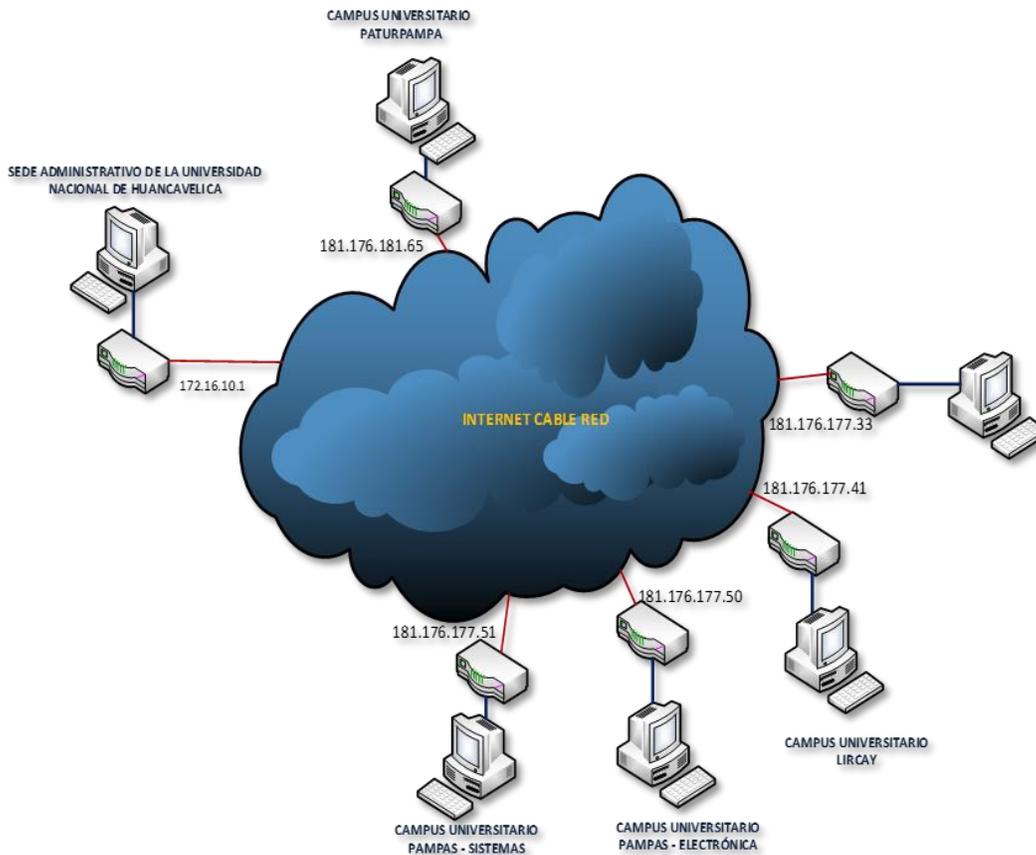
MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la red de datos de la red de área amplia de la Universidad Nacional de Huancavelica, que interconecta la sede principal con los cuatro campus universitarios, ubicados en distintas provincias de la región Huancavelica. La comunicación se realiza principalmente con la sede central de cada campus universitario, dado que los servidores para diferentes servicios están en la sede central, lo cual se realiza a través de la red de Internet para el transporte de paquetes (tecnología IP).

La investigación consistió en la evaluación de los parámetros de la calidad de servicio (QoS) Delay, jitter y pérdida de paquetes, en dos escenarios: antes y después de la implementación de la tecnología MPLS. En el primer escenario la conmutación de paquetes se realiza mediante el protocolo OSPF, y para el segundo escenario se implementó, en la misma topología del primer escenario, la tecnología MPLS, que realiza la conmutación de paquetes por etiquetas. La prueba se realizó con los tres tipos de tráfico, establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T), para los servicios de datos, VoIP y Streaming.

Figura 1

Topología de la red de área amplia de la Universidad Nacional de Huancavelica

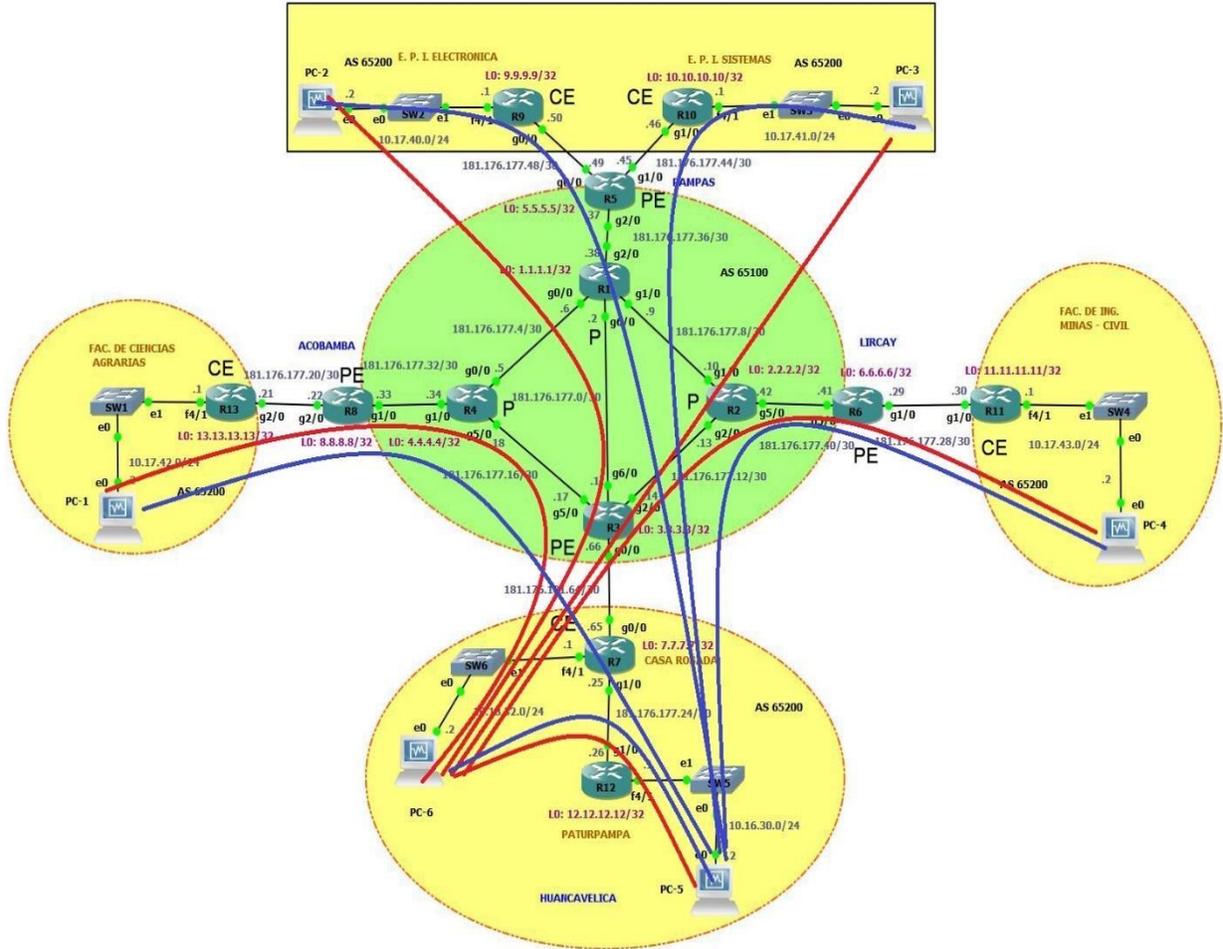


Nota. El gráfico muestra la interconexión del campus universitario a través de la red de transporte de la empresa Cable Red.

En la figura 1 se muestra la topología de la red de área amplia de la Universidad Nacional de Huancavelica, donde se implementó la tecnología MPLS en cada uno de los enrutadores de Cisco de 7200, que forma parte de la red de backbone, donde se creó redes virtuales de punto a punto, para la conexión de extremo a extremo, así mismo, cada sede se estableció como clientes que tiene acceso a través de un router de borde, con la implementación de la tecnología VRF, que conforma MPLS/VPN, para una mejora en la rapidez del transporte de paquetes en la comunicación.

Figura 2
Redes virtuales entre las sedes.

TOPOLOGIA DE LA RED DE DATOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA



En la figura 2 se observa las redes privadas virtuales establecidas en red VPN/MPLS entre la sede central y los cinco campus universitarios.

- Red 1: Red privada virtual entre Casa Rosada y Acobamba
- Red 2: Red privada virtual entre Casa Rosada y Pampas (Electrónica).
- Red 3: Red privada virtual entre Casa Rosada y Pampas (Sistemas)
- Red 4: Red privada virtual entre Casa Rosada y Lircay
- Red 5: Red privada virtual entre Casa Rosada y Paturpampa.
- Red 5: Red privada virtual entre Paturpampa y Acobamba
- Red 7: Red privada virtual entre Paturpampa y Pampas (Electrónica).
- Red 8: Red privada virtual entre Paturpampa y Pampas (Sistemas).
- Red 9: Red privada virtual entre Paturpampa y Lircay.
- Red 10: Red privada virtual entre Paturpampa y Casa Rosada.

Se utilizó el software GNS3 para la implementación de la topología de la red de área amplia; aún más, se utilizó el software D-ITG para la generación de los tres tipos de tráfico. La prueba consistió en inyectar el tráfico desde una máquina virtual, los tres tipos de tráfico de manera independiente en distintos tiempos y luego medir los indicadores de delay, jitter y packet loss, para cada tipo de servicio: Datos, VoIP y Streaming y por cada enlace troncal de conexión, desde la sede central con cada una de las sedes.

La evaluación se realizó en dos escenarios: antes y después de la implementación de la tecnología MPLS, considerando los parámetros establecidos por la ITU-T para cada indicador. Para el servicio de datos la prueba se realizó enviando el tamaño de paquetes de 1400 bytes de extremo a extremo, para el servicio de VoIP la prueba se realizó enviando el tráfico de voz con una codificación de G.711 de extremo a extremo y para el servicio de streaming la prueba se realizó enviando el tráfico de video streaming con el tamaño trama de 1500 bytes de extremo a extremo. Los tiempos y la cantidad de paquetes transmitidos nos muestra el software D-ITG para cada enlace conjuntamente con los indicadores.

En la investigación desarrollada, por la naturaleza de las variables de estudio, se ubicó dentro del tipo de investigación tecnológica y en el nivel de la investigación explicativa de tipo experimental con un solo grupo de pretest y posttest (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2018). Los indicadores de las variables a medir son: delay, jitter y packet loss, y el tamaño de la muestra es diez, que representa el total del enlace de conexión de la sede central con las sucursales. Los datos obtenidos se procesaron con el software IBM SPSS V.21 utilizando la estadística de T-Student con un nivel de significancia de 5%, para comparar los resultados de cada uno de los indicadores de los parámetros de calidad de servicio en el transporte de paquetes.

RESULTADOS

Resultados de la calidad de servicio - *Delay*

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la medición del delay para los tres tipos de tráfico, en cada enlace de interconexión de la red de área amplia, las medidas se realizaron en dos escenarios de antes y después de la implementación de la tecnología MPLS.

En la figura 3, se observa el gráfico estadístico de los resultados obtenidos del *delay* promedio de los tres tipos de tráfico, en los dos escenarios con la tecnología IP (*Internet Protocol*) y MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), de cada uno de los enlaces de conexión, de la red de área amplia. En este resultado se observa cómo la tecnología MPLS disminuye el *delay* en comparación con la tecnología IP, siendo un *delay* máxima de 157.3m segundos con la tecnología MPLS y un *delay* máxima de 292.2m segundos con la tecnología IP.

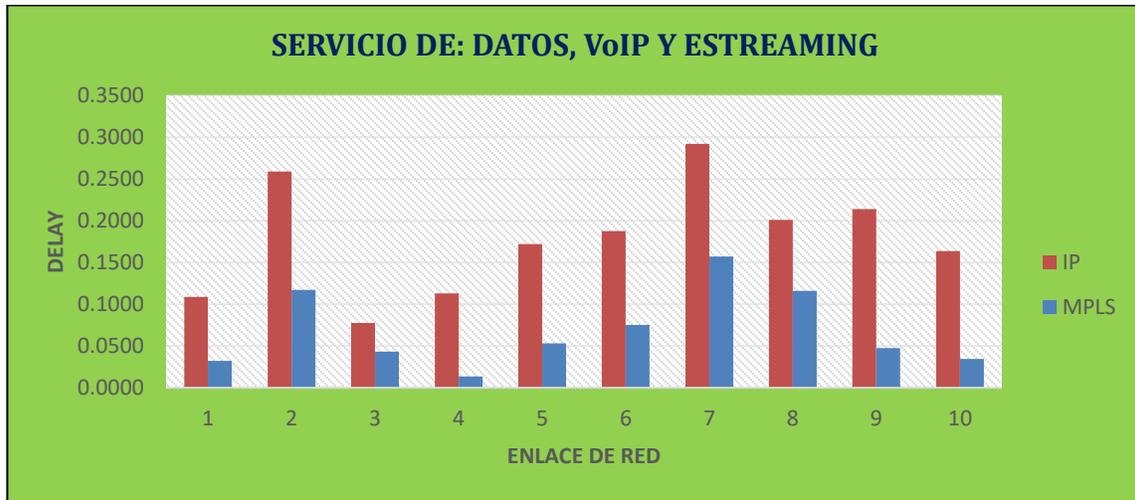
Tabla 1

Resultados de delay promedio

ENLACE DE RED WAN	SERVICIO DE DATOS		SERVICIO DE VoIP		SERVICIO DE STREAMING		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO	
	PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		DELAY PROMEDIO	
	DELAY (Segundos)		DELAY (Segundos)		DELAY (Segundos)		DELAY (Segundos)	
	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS
Red 1	0.0705	0.0236	0.1501	0.0299	0.1059	0.0435	0.1088	0.0323
Red 2	0.1638	0.0996	0.4779	0.1197	0.1349	0.1325	0.2589	0.1173
Red 3	0.0469	0.0462	0.0889	0.0399	0.0967	0.0442	0.0775	0.0434
Red 4	0.0964	0.0018	0.1158	0.031	0.1272	0.0075	0.1131	0.0134
Red 5	0.1942	0.0587	0.1267	0.049	0.1952	0.0521	0.172	0.0533
Red 6	0.3061	0.11	0.1465	0.0299	0.1106	0.0865	0.1877	0.0755
Red 7	0.4239	0.1536	0.1726	0.1647	0.28	0.1536	0.2922	0.1573
Red 8	0.1427	0.1269	0.2261	0.1044	0.2345	0.1172	0.2011	0.1162
Red 9	0.0518	0.0452	0.2874	0.0497	0.3024	0.0478	0.2139	0.0476
Red 10	0.1497	0.0747	0.1947	0.0166	0.1466	0.0124	0.1637	0.0346

Figura 3

Delay promedio de los tres servicios.



Resultados de la calidad de servicio – jitter

En la siguiente tabla 2, se presenta los datos obtenidos de la prueba con respecto al *jitter*, en el escenario antes y después de la implementación de la tecnología MPLS, con los tres tipos de tráfico, de cada enlace de interconexión de la red de área amplia, de la Universidad Nacional de Huancavelica.

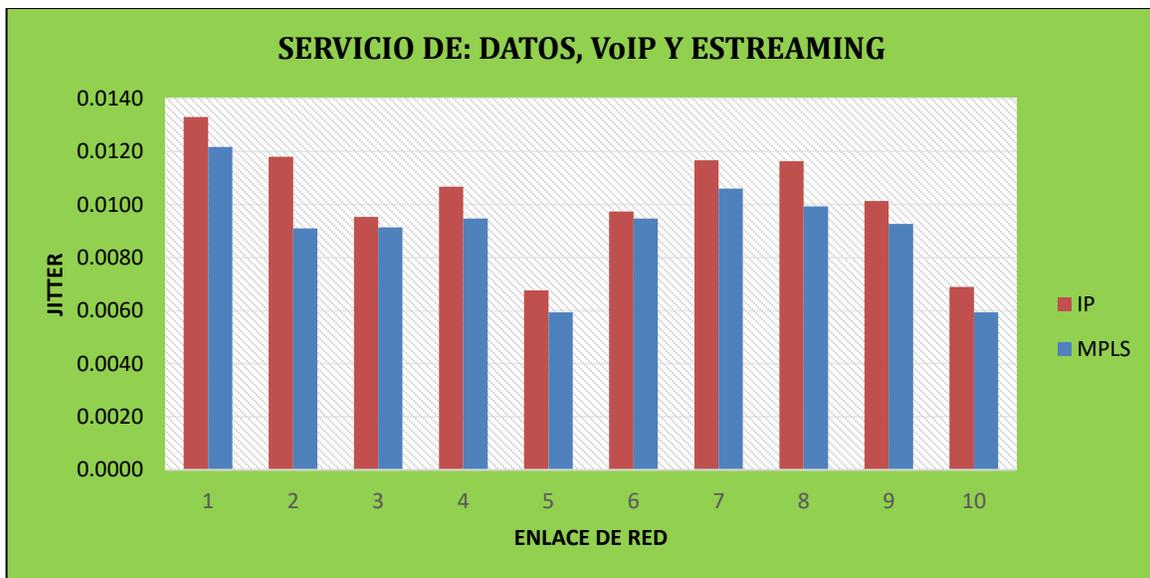
Tabla 2

Resultados de jitter promedio.

ENLACE DE RED WAN	SERVICIO DE DATOS		SERVICIO DE VoIP		SERVICIO DE STREAMING		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO	
	PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		JITTER PROMEDIO	
	JITTER (S)		JITTER (S)		JITTER (S)		JITTER (S)	
	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS
Red 1	0.0085	0.0078	0.0091	0.0089	0.0223	0.0198	0.0133	0.0122
Red 2	0.0086	0.0079	0.0076	0.0064	0.0192	0.013	0.0118	0.0091
Red 3	0.0082	0.0082	0.0077	0.0072	0.0127	0.012	0.0095	0.0091
Red 4	0.0089	0.0082	0.0094	0.0091	0.0137	0.0111	0.0107	0.0095
Red 5	0.0055	0.0054	0.0062	0.0049	0.0086	0.0075	0.0068	0.0059
Red 6	0.0098	0.0094	0.0085	0.0082	0.0109	0.0108	0.0097	0.0095
Red 7	0.0093	0.009	0.01	0.0093	0.0157	0.0135	0.0117	0.0106
Red 8	0.0086	0.0082	0.0092	0.0077	0.0171	0.0139	0.0116	0.0099
Red 9	0.0097	0.009	0.0086	0.0072	0.0121	0.0116	0.0101	0.0093
Red 10	0.0054	0.0053	0.0062	0.0054	0.0091	0.0071	0.0069	0.0059

Figura 4

Jitter promedio de los tres servicios.



En la figura 4, se observa el gráfico estadístico de los resultados de la prueba de *Jitter* promedio de los tres tipos de tráfico, con la tecnología IP y *MPLS* (*Multiprotocol Label Switching*), de cada uno de los enlaces de conexión de la red de área amplia. En este resultado se observa como la tecnología *MPLS* disminuye el *Jitter* en comparación que la tecnología IP, siendo el *Jitter* máxima de 12.2m segundos con la tecnología *MPLS* y el *Jitter* máxima de 13.3m segundos con la tecnología IP (*Internet Protocol*).

Resultados de la calidad de servicio – *packet loss*

En la tabla 3 se presenta los datos obtenidos de la prueba con respecto a la *packet loss*, para los tres tipos de tráfico, de cada enlace de interconexión de la Universidad Nacional de Huancavelica, en dos escenarios antes y después de la implementación de la tecnología *MPLS*.

Tabla 3

Resultados de packet loss promedio.

ENLACE DE RED WAN	SERVICIO DE DATOS		SERVICIO DE VoIP		SERVICIO DE STREAMING		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO	
	PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO		PACKET LOSS PROMEDIO	
	PACKET LOSS (%)		PACKET LOSS (%)		PACKET LOSS (%)		PACKET LOSS (%)	
	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS	IP	MPLS
<i>Red 1</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 2</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 3</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 4</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 5</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 6</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 7</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 8</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 9</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Red 10</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

En la tabla 3 se observa los resultados obtenidos de la prueba de *packet loss*, en cada enlace de interconexión de la Universidad Nacional de Huancavelica es igual a cero, lo cual indica que no hubo ninguna variación de resultados con la implementación de la tecnología *MPLS* con los tres tipos de tráfico, por lo tanto, los resultados con ambas tecnologías es el 0% de *packet loss*.

DISCUSIÓN

El análisis y la validación del tema de investigación ha sido demostrado y aceptado estadísticamente y mediante la simulación, que se realizó la prueba paramétrica de *T-Student*, con la finalidad de validar los resultados obtenidos de cada uno de los indicadores. Los resultados obtenidos después de la implementación de MPLS son adecuados de acuerdo a los estándares establecidos por Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T G.1010 (UIT, 2018) y 1541 (UIT, 2019): Datos (*Delay*: 164.60ms y 74.04ms. *Jitter*: 8.26 ms y 7.84ms. *Packet loss*: 0%-0%), VoIP (*Delay*: 198.68 ms y 63.49ms. *Jitter*: 8.24 ms y 7.44ms. *Packet loss*: 0%-0%) y *Streaming* (*Delay*: 173.38ms y 69.73ms. *Jitter*: 14.13ms y 12.04ms. *Packet loss*: 0%-0%) y por lo tanto, un modelo de red con tecnología MPLS influye de manera significativa en la calidad de servicio de transporte de paquetes en la red WAN de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Los resultados han sido obtenidos de una prueba de laboratorio a nivel de simulación con el software *GNS3*, que es uno de los softwares más utilizados en el tema de investigación a nivel mundial, en el área de redes y comunicaciones, por lo que tiene mayor credibilidad en los resultados; así mismo, coincide los resultados obtenidos con Casto (2015), que realizó un diseño y simulación de una red MPLS para interconectar estaciones remotas utilizando el emulador *GNS3*, siendo el resultado, que la tecnología MPLS es mejor opción para empresas medianas y grandes que proveen el servicio de voz, datos y Tv en computación de paquetes; también Yosra, Mohamed y Sami (2016) en una red ad hoc de radio cognitiva lo evaluó la QoS con un protocolo de enrutamiento CO-QOLSR (Enrutamiento de estado de enlace optimizado de QoS cognitivo), que registró los resultados de delay y ancho de banda de 0.0013 y 2.5 bit/seg;

Zapata (2016) evaluó los parámetros de calidad de servicio QoS en una red VPN/MPLS, a nivel de simulación, utilizando el software *GNS3* y *D-ITG*; obtuvo los siguientes resultados para los diferentes tipos de tráfico que IP como son: VoIP (*Delay*: 430.52ms y 13.83ms. *Jitter*: 7.24ms y 5.3 ms. *Packet loss*: 0%-0%), Datos (*Delay*: 121.50ms y 73.86ms. *Jitter*: 13.24ms y 7.8 ms. *Packet loss*: 0%-0%) y *Streaming* (*Delay*: 82.67ms y 27.42ms. *Jitter*: 9.3ms y 10ms. *Packet loss*: 0%-0%); Oña (2016), estudió el diseño y comparación de redes de acceso MPLS y metro Ethernet integrada a un *Backbone MPLS* para un proveedor de servicio y realización de un prototipo base, con el fin de mejorar el rendimiento en la entrega de servicios a los usuarios y su infraestructura, siendo los resultados de delay con MPLS en video y VoIP de 2.7 ms y 7.0 ms.

Mehraban, Vora y Upadhyay (2018) realizaron la implementación del MPLS para la conmutación de paquetes mediante etiquetas y reenvío virtual (*VRF*), y llegan al resultado: El cambio de etiqueta multiprotocolo (*MPLS*) que introdujo el grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF, 2020) se usa básicamente para redes de comunicación que atraen a todas las redes de proveedores de servicios con sus brillantes y excelentes futuros que brindan garantías para el tráfico y brindan calidad de servicio que transporta datos desde fuente a destino directamente a través de pequeñas etiquetas. Según los estudios mencionados con relación a la tecnología MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), y su aplicación en diferentes escenarios, siempre está basado en la mejora de la calidad de servicio, en la red de transporte de los diferentes tipos de tráfico, utilizando los diferentes protocolos de enrutamiento.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- GNS3.- Es un software gratuito de código abierto que permite emular, configurar, probar y solucionar problemas de redes virtuales y reales (Graphical Network Simulator-3, s.f.)
- IP. - Proviene de las siglas de inglés (Internet Protocol) es el tercer protocolo a nivel de red, que proporciona una entrega de paquetes sin conexión y poco confiable para Internet IP (IBM, s.f.)
- MPLS. - Proviene de las siglas de inglés (Multiprotocolo Label Switching) traducido al español significa la conmutación de etiquetas multiprotocolo. MPLS significa conmutación de etiquetas "multiprotocolo"; multiprotocolo, porque sus técnicas son aplicables a cualquier protocolo de capa de red (RFC, 2001)
- UIT-T.- La Unión Internacional de Telecomunicaciones es una organización de comisiones de estudio del sector de normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) reúnen a expertos de todo el mundo para elaborar normas internacionales, que actúan como elementos definitorios de la infraestructura mundial de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. (Stallings, 2012)
- WAN. - Una red de área amplia (WAN) es una colección de redes de área local (LAN) u otras redes que se comunican entre sí. Una WAN es esencialmente una red de redes, siendo Internet la WAN la más grande del mundo. (Cisco, 2020).

CONCLUSIONES

Con la implementación de la tecnología MPLS en la red de área amplia de la Universidad, se obtuvieron los siguientes resultados en la evaluación de los parámetros de calidad de servicio, en los siguientes indicadores: Delay, jitter y packet loss. En cuanto a los dos primeros indicadores de delay y jitter los resultados de la simulación y estadístico en cada uno de los troncales de la red WAN, dieron un valor muy pequeño en comparación a los resultados obtenidos antes de la implementación de la tecnología MPLS, dado que esta tecnología realiza la conmutación de paquetes mediante etiquetas, que trabaja en la capa intermedia entre las capas de enlace datos y red; por tanto, el transporte de datos se realiza en un tiempo mucho más rápido.

De la misma manera, se evaluó el tercer indicador packet loss en un escenario antes y después de la implementación de la tecnología MPLS dando como resultado de la simulación y estadístico de que no hubo ninguna pérdida de porcentaje de paquetes con la tecnología MPLS y como también con la tecnología IP; por tanto, ambas tecnologías IP y MPLS soportan de manera significativa en la mejora de la calidad de servicio de conexión.

De acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones los estándares o recomendaciones de la UIT-T G.1010, Y 1541 y IEEE 8021.1p que establecen los parámetros de

evaluación de la calidad de servicio, los resultados obtenidos de delay, jitter y packet los son adecuadas que se encuentran dentro del valor establecido.

Por último, se recomienda analizar los tres indicadores con la implementación de la QoS en MPLS, con la finalidad de reducir el tiempo de retardo y la pérdida de paquetes en el transporte de paquetes del origen al destino.

REFERENCIAS

- Ariganello, E., y Enrique, B. (2013). REDES CISCO. CCNP a Fondo. Guía de estudio para Profesionales (1ra ed.). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. <https://bit.ly/35JLzV>
- Mushtaq, A. y Patterh, M. S. (2018). QoS parameter comparison of DiffServ-aware MPLS network using IPv4 and IPv6. 2017 International Conference on Recent Innovations in Signal processing and Embedded Systems (RISE), 113-118. doi: 10.1109/RISE.2017.8378136.
- Bahnasse, A.; Talea, M.; Badri, A. y Louhab, F. E. (2018). New smart platform for automating MPLS virtual private network simulation. 2018 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet), 1-8. doi: 10.1109/COMMNET.2018.8360268.
- Castro, E. (2015). Diseño y Simulación de una red MPLS para interconectar estaciones remotas utilizando el emulador GNS3. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional de la UPS. <https://bit.ly/3oXsXgk>
- Cisco. (2020). Cisco System. <https://bit.ly/3wwP3eO>
- Cisco. (2015). Cisco Systems. Cisco Virtual Managed Services. <https://bit.ly/3qXrQ0c>
- IBM. (s.f.). IBM AIX documentation. <https://ibm.co/3sv5SFK>
- Graphical Network Simulator-3. (s.f.). Documentation. <https://bit.ly/3yAmS16>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hucková, I. y Hrubý, M. (2015). QoS-based optimization of data flow in MPLS networks. 2015 IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMi), 83-88. doi: 10.1109/SAMI.2015.7061851.
- Internet Engineering Task Force (Ed.) (2020). *Estándares de Internet: RFC* <https://bit.ly/3qYSTJh>
- Mehraban, S.; Vora K. B. y Upadhyay, D. (2018). Deploy Multi Protocol Label Switching (MPLS) Using Virtual Routing and Forwarding (VRF). 2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), 543-548. doi: 10.1109/ICOEI.2018.8553949.
- Menedez, R. (2012). *Estudio del desempeño e implementación de una solución MPLS-VPN sobre múltiples sistemas autónomos*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://bit.ly/3oSSO8Z>
- Oña, G. D. (2016). Diseño y comparación de redes de acceso MPLS y metro Ethernet integradas a un backbone MPLS para un proveedor de servicio y realización de un prototipo base. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio digital EPN. <https://bit.ly/2XLoFwA>
- RFC. (Ed.) (2001) RFC-3021. Architecture for Multiprotocol Label Switching. <https://bit.ly/3LcYyVD>
- Stallings, W. (2012). Comunicaciones y Redes de computadores. Madrid, España: Pearson Educación, S. A.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (Ed.) (2020). *Rec. UIT-R V.662-2*. <https://bit.ly/3bBMO0F>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (Ed.) (2018). *Recomendación G.1010*. <https://bit.ly/39ZPOSg>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (Ed.) (2019). *Recomendación Y.1541*. <https://bit.ly/3sRbwjW>

- Yadav S. y Jeyakumar A. (2016). Design of traffic engineered MPLS VPN for protected traffic using GNS simulator. 2016 International Conference on Wireless Communications, *Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, 405-409. doi: 10.1109/WiSPNET.2016.7566165.
- Yosra, M.; Mohamed A. y Sami, T. (2016). QOS for cognitive radio Ad Hoc Networks. 2016 *International Symposium on Signal, Image, Video and Communications (ISIVC)*, 374-378. doi: 10.1109/ISIVC.2016.7894018.
- Zapata, M. (2016). Evaluación de parámetros de calidad de servicio (QOS) para el diseño de una red VPN con MPLS. [Tesis de postgrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <https://bit.ly/2XPMRhi>