UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniero de Sistemas

TEMA:
ANÁLISIS Y ESTUDIO DE CALIDAD DE SERVICIO EN UNA RED BACKBONE – MPLS CON DIRECCIONAMIENTO IPV4 – IPV6 UTILIZANDO EL SIMULADOR OPEN SOURCE GNS3

AUTOR:
SANTIAGO FERNANDO SÁNCHEZ VITERI

TUTOR:
MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE

Quito, septiembre del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, SANTIAGO FERNANDO SÁNCHEZ VITERI, con documento de identificación N° 1719773002, 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 con el tema: "ANÁLISIS Y ESTUDIO DE CALIDAD DE SERVICIO EN UNA RED BACKBONE – MPLS CON DIRECCIONAMIENTO IPV4 – IPV6 UTILIZANDO EL SIMULADOR OPEN SOURCE GNS3", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO DE SISTEMAS 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

SANTIAGO FERNANDO
SÁNCHEZ VITERI
CI: 1719773002

Quito, septiembre del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo académico, con el tema: "ANÁLISIS Y ESTUDIO DE CALIDAD DE SERVICIO EN UNA RED BACKBONE – MPLS CON DIRECCIONAMIENTO IPV4 – IPV6 UTILIZANDO EL SIMULADOR OPEN SOURCE GNS3", realizado por Santiago Fernando Sánchez Viteri, obteniendo un producto que cumpla con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2017

……
MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE
CI: 1710631035

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre Fabiola Viteri por todo el esfuerzo y empeño que hizo por darme una profesión. Mil gracias por su paciencia, confianza, amor, por los valores que me ha enseñado y que pese a las adversidades me dedicó tiempo y veló por mí en todo momento, a ella quien me cuidó, me enseñó y me dio el ejemplo de ser un hombre de provecho ante la sociedad.

A un ser especial mi padre que hoy no está y fue el promotor de este largo trayecto, a ese ángel por ser quien me desafiaba a grandes retos.

A mis hermanos que de una u otra manera estuvieron conmigo hasta el final, dándome ejemplos dignos de superación y entrega.

Santiago Fernando Sánchez Viteri

Agradecimiento

Mi eterno agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por abrirme las puertas y formarme como profesional.

A sus docentes en especial a mi tutor de tesis Ing. Manuel Rafael Jaya por impartir sus conocimientos, sabiduría y experiencia, por haber inculcado en mí responsabilidad, valores y disciplina, por su tiempo compartido en el desarrollo y la elaboración de este proyecto.

Santiago Fernando Sánchez Viteri

ÍNDICE

1. Introducción 2
2. Desarrollo 2
2.1. Configuración de Routers 3
2.2. Método de transición IPv4 – IPv6 5
2.3. Escenario de simulación 6
3. Pruebas y análisis de resultados 7
3.1. Pruebas de funcionamiento 7
3.2. Análisis de resultados 8
4. Trabajos Futuros 13
5. Conclusiones 13
Referencias 13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red Backbone – MPLS con el mecanismo (Tunneling 6VPE) [8]. 2
Figura 2. Red Backbone – MPLS propuesta 3
Figura 3. Topología de Red IPv4 en GNS3 3
Figura 4. Diagrama de los routers (P1, P2, P3) 4
Figura 5. Diagrama de routers PE (PE1, PE2) 4
Figura 6. Diagrama de routers CE (CE1, CE2, CE3) 5
Figura 7. Escenario de simulación 7
Figura 8. Datos de la video llamada IPv4-IPv6 8
Figura 9. Tráfico UDP-20Mb-IPv4 10
Figura 10. Tráfico UDP-20Mb-IPv6 11
Figura 11. Tráfico TCP-20Mb-IPv4 11
Figura 12. Tráfico TCP-20Mb-IPv6 12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Direccionamiento IPv4 a usar en los routers 4
Tabla 2. Direccionamiento IPv6 a usarse en los routers 6
Tabla 3. Valores de QoS obtenidos de la video llamada..... 9
Tabla 4. Valorización cualitativa de QoS de la video llamada 9
Tabla 5. Valores de QoS tráfico UDP – IPv4 10
Tabla 6. Valorización cualitativa de QoS UDP – IPv4..... 10
Tabla 7. Valores de QoS tráfico UDP – IPv6 11
Tabla 8. Valorización cualitativa de QoS UDP – IPv6..... 11
Tabla 9. Valores de QoS tráfico TCP – IPv4 12
Tabla 10. Valorización cualitativa de QoS TCP – IPv4..... 12
Tabla 11. Valores de QoS tráfico TCP – IPv6 12
Tabla 12. Valorización cualitativa de QoS TCP – IPv6..... 12

Análisis y estudio de calidad de servicio en una red Backbone – MPLS con direccionamiento IPv4 - IPv6 utilizando el simulador open source GNS3

Jaya Rafael[1], Sánchez Santiago[2]

Resumen

Tomando en cuenta que IANA ya entregó las ultimas direcciones IPv4, y que muchos equipos en la actualidad necesitan estar conectados a internet, a la vez a una tecnología que necesita un alto rendimiento de conectividad para el usuario. Considerando que los ISP tienen que cubrir toda la demanda de conexión de sus usuarios.

El objetivo es diseñar en la herramienta de simulación GNS3 un prototipo de red Backbone – MPLS que conviva con los dos protocolos IP (IPv4 – IPv6), dicho prototipo de red permitirá analizar la calidad de servicio QoS como (latencia, jitter y pérdida de paquetes). Para ello fue necesario considerar todos los componentes de una red Backbone – MPLS, métodos de transición IPv4 – IPv6 (Tunneling), protocolos de enrutamiento (OSPF, BGP, VRF), sistemas autónomos (SA), VPN.

Una vez realizada la simulación, los resultados de calidad de servicio en IPv6 favorecen en un 30% con respecto a IPv4, por tanto, el método de transición IPv4 – IPv6 (Tunneling) es viable para redes Backbone – MPLS que al momento están funcionando únicamente con direccionamiento IPv4.

Palabras claves: Backbone, MPLS, IPv4, IPv6, QoS, Latencia, Jitter, Paquetes, tunneling, OSPF, BGP, VRF, VPN, GNS3, UDP, TCP.

Abstract

Taking into account that IANA has already delivered the latest IPv4 addresses, and that many computers today need to be connected to the internet, at the same time a technology that needs high performance connectivity to the user. Considering that ISP have to cover all the connection demand of their users.

The objective is to design in the GNS3 simulation tool a prototype Backbone - MPLS network that coexists with the two IP protocols (IPv4 - IPv6), this network prototype will allow to analyze the QoS service quality as (latency, jitter and packet loss). For this, it was necessary to consider all the components of a Backbone network - MPLS, IPv4 - Tunneling, routing protocols (OSPF, BGP, VRF), autonomous systems (SA), VPN.

After performing the simulation, IPv6 service quality results favor 30% of IPv4, so the IPv4 - IPv6 (Tunneling) transition method is viable for Backbone - MPLS networks that are currently running only with IPv4 addressing.

Keywords: Backbone, MPLS, IPv4, IPv6, QoS, Latency, Jitter, Packets, tunneling, OSPF, BGP, VRF, VPN, GNS3, UDP, TCP.

[1]Docente de la carrera de Ingeniería de Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito.

[2] Estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Autor para correspondencia: ssanchezv@est.ups.edu.ec.

1. Introducción

La creciente demanda de internet, la aparición de teléfonos móviles inteligentes y aplicaciones que este conlleva a estar conectados a internet como Facebook, twitter, WhatsApp [3], la creciente demanda de nuevos servicios y que a la vez los usuarios solicitan a sus proveedores ISP un mayor rendimiento en la red, obligó a realizar un cambio en sus redes tradicionales a mejorar con nuevas tecnologías de conmutación [4].

El crecimiento de dispositivos que ofrecen estar conectados a internet y la demanda de IP que esta conectividad conlleva, al considerar que las direcciones IPv4 se agotan y a la vez sus considerables limitaciones de estándares de seguridad, calidad de servicio QoS [5]. Para dar solución a estos inconvenientes desde el año 1995 se ha propuesto un protocolo de próxima generación IPv6 [6].

En este proyecto se aplica principalmente MPLS por su escalabilidad y agilidad de transmisión de enlace de datos y por ser altamente eficiente para el transporte de paquetes, el cual permite la creación de redes virtuales, ingeniería de tráfico y calidad de servicio QoS [5].

Se considera realizar una arquitectura de red que fusione los protocolos MPLS (Multiprotocol Label Swiching) e IPv6 (Internet Protocol versión 6) para un adecuado funcionamiento de nuevas tecnologías y dispositivos que van a estar conectados al internet.

Partiendo de que ya existe en la actualidad redes MPLS/IPv4 [5], y a la vez se han expuesto mecanismos de transición (Dual Stack, Tunneling, NAT) que conviva ambos protocolos IPv4/IPv6 [7]. Se propone una simulación de red Backbone – MPLS IPv4/IPv6 mediante el mecanismo Tunneling y realizar el estudio de calidad de servicio QoS en dicha red.

En la figura 1, se muestra a continuación el esquema de lo que sería una red Backbone – MPLS con el mecanismo (Tunneling 6VPE).

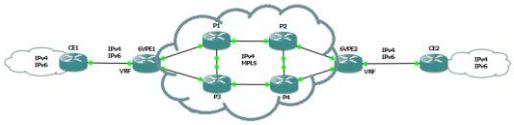

Figura 1. Red Backbone – MPLS con el mecanismo (Tunneling 6VPE) [8].

Este proyecto se basa en la red que presenta la figura 1, donde se configuran según corresponda (OSPF, BGP, MPLS, VRF, VPN), los routers internos (P), los routers de frontera (PE) y los routers que van hacia los clientes (CE).

2. Desarrollo

En la figura 2, se muestra el diseño de la red Backbone – MPLS que será puesto en práctica para la simulación de dicha red, donde se realizan todas las configuraciones requeridas basadas en fundamentos teóricos. En este diseño se realiza primero la transición mediante el método de túnel, para después determinar los parámetros de calidad de servicio (QoS) tales como: ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes [4].

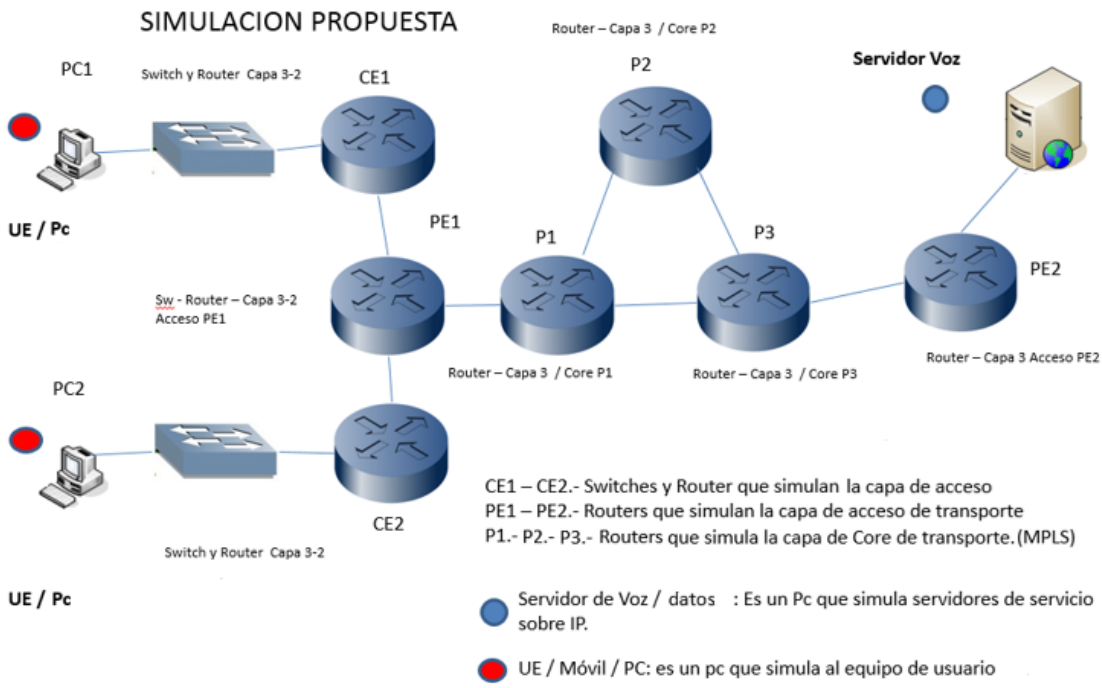

Figura 2. Red Backbone – MPLS propuesta

Dado en la figura 2 la red Backbone – MPLS propuesta, se procede a diseñar dicha red en el software GNS3 para dar paso a las configuraciones necesarias para la simulación.

A continuación, la infraestructura de red IPv4 diseñada en GNS3.

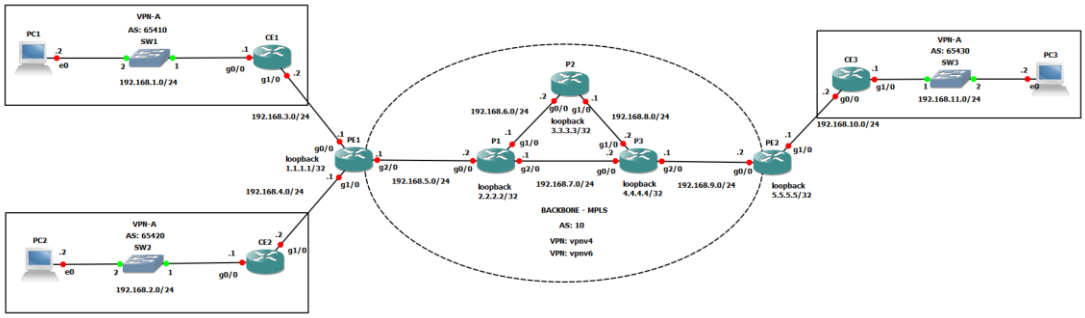

Figura 3. Topología de Red IPv4 en GNS3

Esta infraestructura de red está compuesta por tres routers (P1, P2 , P3) que son el núcleo de la red MPLS que efectúan encaminamiento de alto rendimiento basados en conmutación por etiqueta [8], a continuación los routers de frontera (PE1, PE2) formando con los tres routers P's la red Backbone – MPLS, los routers (CE1, CE2) que son situados en la parte del cliente para la comunicación entre la LAN del cliente y la red principal del proveedor [9].

2.1. Configuración de Routers

Se empezó con la configuración de las IP de los puertos de cada router. A continuación, se presenta una tabla con las IP usadas, en este caso IPv4.

Tabla 1. Direccionamiento IPv4 a usar en los routers

ROUTERS	
ROUTER CE1	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.1.1/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.3.2/24
ROUTER CE2	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.2.1/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.4.2/24
ROUTER CE3	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.10.2/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.11.1/24
ROUTER PE1	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.3.1/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.4.1/24
Gigabit Ethernet 2/0	192.168.5.1/24
ROUTER PE2	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.9.2/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.10.1/24
ROUTER P1	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.5.2/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.6.1/24
Gigabit Ethernet 2/0	192.168.7.1/24
ROUTER P2	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.6.2/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.8.1/24
ROUTER P3	
Gigabit Ethernet 0/0	192.168.7.2/24
Gigabit Ethernet 1/0	192.168.8.2/24
Gigabit Ethernet 2/0	192.168.9.1/24

A continuación, se configuró los routers desde el centro o núcleo de la red MPLS hacia afuera, es decir, primero las conexiones y configuraciones de los routers **P** (P1, P2, P3), después se realizó los routers **PE** (PE1, PE2) y finalmente los routers **CE** (CE1, CE2, CE3).

Configuración de routers P

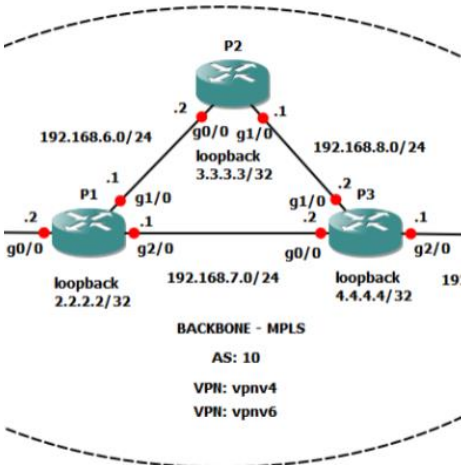

Figura 4. Diagrama de los routers (P1, P2, P3)

La configuración de los routers P son los mismos para todos (P1, P2, P3) diferenciando solo las direcciones IP.

- Se empezó configurando las IPv4 de los puertos de cada router dependiendo la red a la que pertenece ya que cada puerto debe ir con diferente red o subred.
- Se configuró la loopback a cada router, ya que esto ayuda a un enlace más estable y no tener problemas de ancho de banda si un enlace se desconectara solo estando configurado la dirección IPv4.
- Seguido se configuró el protocolo de enrutamiento OSPF, para que los routers puedan comunicarse entre ellos y abrir rutas para el paso de paquetes.
- Finalmente, se habilitó MPLS en todos los puertos usados de los routers P.

Configuración de los routers PE

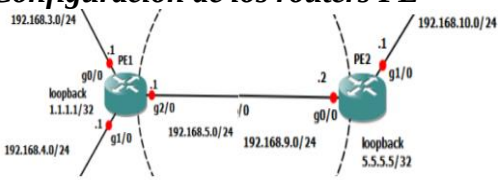

Figura 5. Diagrama de routers PE (PE1, PE2)

Los routers PE son la frontera de la red MPLS y donde hay que tener en cuenta la configuración necesaria para la transición de IPv4 a IPv6.

- De igual manera que los P, se empezó configurando las IP y la loopback.
- Luego se procedió con la configuración de enrutamiento OSPF y la activación MPLS una vez configurado dicho enrutamiento. Cabe mencionar que esto solo se configura en el puerto que va conectado a los routers P.
- Luego se configuró el protocolo de enrutamiento BGP interno de MPLS entre PE1 y PE2, este enrutamiento se lo realiza con la loopback configurada en cada router.
- Seguido la configuración de la vpnv4, de igual manera se utiliza las loopback de cada router para su configuración de dicha VPN.
- Finalmente, se configuró VRF (Virtual Routing and Forwarding) en los puertos que van hacia los CE, este virtual routing se configura para que no haya acceso entre clientes de un ISP y va en conjunto con las VPN.

Configuración de los routers CE

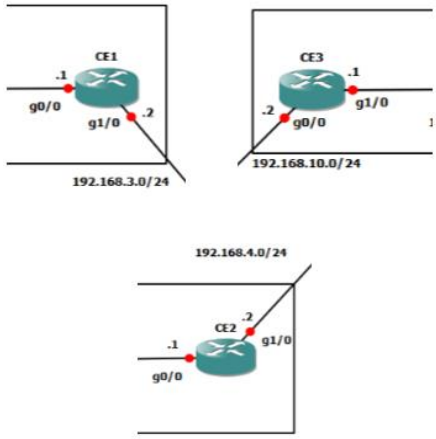

Figura 6. Diagrama de routers CE (CE1, CE2, CE3)

Los routers CE son la parte de acceso hacia los clientes de un ISP donde acceden al servicio que ofrece.

- Igual que todos los routers se configuró las IP.
- En estos router se configuró también el protocolo de enrutamiento BGP externa con su respectivo sistema autónomo (SA).

2.2. Método de transición IPv4 – IPv6

El método apropiado es Túnel 6VPE, ya que se mantiene la misma configuración VRF y VPN, y a la vez una configuración IPv4 – IPv6. De esta manera los dispositivos que tengan configurado IPv4 y los dispositivos que tengan configurado IPv6 puedan acceder al servicio ofrecido por la red Backbone - MPLS.

Para este método se configuró los routers de borde del Backbone – MPLS (PE1 y PE2), cabe mencionar que de estos routers la configuración solo se hace en los puertos que van a la red de acceso en Dual Stack. Adicional se configuraron los routers de acceso (CE1, CE2, CE3).

Los routers P1, P2, P3 quedan configurados únicamente con IPv4 y no se hará ninguna configuración adicional.

Tabla 2. Direccionamiento IPv6 a usarse en los routers

ROUTERS	
ROUTER CE1	
Gigabit Ethernet 0/0	2001:192:168:1::1/64
Gigabit Ethernet 1/0	2001:192:168:3::2/64
ROUTER CE2	
Gigabit Ethernet 0/0	2001:192:168:2::1/64
Gigabit Ethernet 1/0	2001:192:168:4::2/64
ROUTER CE3	
Gigabit Ethernet 0/0	2001:192:168:10::2/64
Gigabit Ethernet 1/0	2001:192:168:11::1/64
ROUTER PE1	
Gigabit Ethernet 0/0	2001:192:168:3::1/64
Gigabit Ethernet 1/0	2001:192:168:4::1/24
ROUTER PE2	
Gigabit Ethernet 1/0	2001:192:168:10::1/64

Como se observa en la tabla 2, el direccionamiento IPv6 solo se configura en los router frontera (PE1, PE2) y en los routers que van en el usuario y servidor (CE1, CE2, CE3).

Configuración de tunnel 6VPE a routers frontera (PE1, PE2)

La configuración para usar los protocolos de internet IPv4 – IPv6 van de la siguiente manera.

- Se habilitó la VRF para IPv6.
- Se configuró a los puertos que van hacia los routers CE con direcciones IPv6.
- Se configuró el protocolo de enrutamiento BGP externo accediendo a la VRF y VPN hacia los routers CE, tal cual como IPV4.
- Seguido se configuró el túnel mediante el protocolo de enrutamiento BGP interno configurando la VPNv6 y utilizando la loopback de cada router desde PE1 hacia PE2 y viceversa.

Configuración IPv6 a routers CE

Estos routers se configuraron solo Dual Stack es decir se agrega la IPv6 y se configuró el protocolo de enrutamiento hacia los PE.

- Asignación de direccionamiento IPv6 a los puertos de cada router.
- Configuración del protocolo de enrutamiento BGP IPv6.

2.3. Escenario de simulación

Para montar el escenario de la simulación de estudio de este artículo, se realizó en un laboratorio de computación utilizando 11 computadoras que cumplen las siguientes funciones:

- 1 PC con función de servidor, donde se instaló la centralita telefónica FreePBX Asterisk y se configuró las extensiones telefónicas; adicionalmente se instaló la aplicación D'itg que genera tráfico (cliente/servidor) en este caso configurado como servidor.
- 2 PC con función de UE 1 y UE 2, en cada una de estas computadoras, se instaló la aplicación de teléfono IP softphone llamado (LinPhone) que se configuro con la extensión telefónica 101 y la extensión telefónica 102 respectivamente; adicionalmente la herramienta D'itg configurados como clientes.
- 3 PC con función de routers P (P1, P2, P3), en cada una de estas computadoras, se instaló la herramienta de simulación de redes GNS3, donde se instaló y se configuró el IOS del router cisco 7200.
- 2 PC con función de routers PE (PE1, PE2), en cada una de estas

computadoras, se instaló la herramienta de simulación de redes GNS3, donde se instaló y se configuró el IOS del router cisco 7200.

- 3 PC con función de routers CE (CE1, CE2, CE3), en cada una de estas computadoras, se instaló la herramienta de simulación de redes GNS3, donde se instaló y se configuró el IOS del router cisco 7200.

A continuación, se presenta el gráfico del escenario montado para las configuraciones y su respectivo análisis.

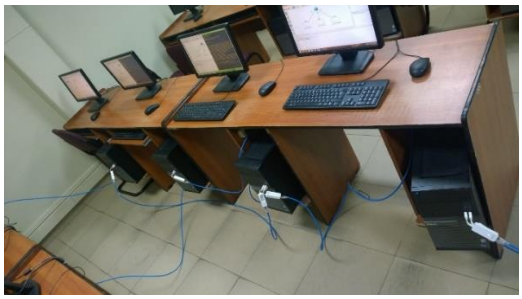

Figura 7. Escenario de simulación

En la figura 7, se muestra las computadoras que simulan ser routers mediante la herramienta GNS3, estas van conectadas según el esquema de red Backbone – MPLS planteado anteriormente; para realizar estas conexiones de red se adquirió dispositivos GigaEthernet – USB para los puertos adicionales requeridos en las conexiones.

En este escenario no se usan switch ni router físicos ya que se usa la herramienta GNS3 que simulan estos.

Las características de estas computadoras son las siguientes:

Marca: DELL Optiplex 390.
SO: Windows 8.1.
Memoria RAM: 4 Gb.
Procesador: Intel Core i5.
CPU: 3.10 GHz.
Tipo de sistema: 64 bits.

3. Pruebas y análisis de resultados

Se realizaron las pruebas de funcionamiento, y el análisis de los parámetros de calidad en la red Backbone – MPLS que ha sido propuesto y puesto en escena para el estudio de este proyecto. Estos parámetros de calidad de servicio (QoS) son: ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes.

3.1. Pruebas de funcionamiento

La prueba de funcionamiento fue la comunicación entre los usuarios y el servidor con el objetivo de verificar el envío y recibido de paquetes por toda la red Backbone - MPLS, sea esta mediante el protocolo de direccionamiento IPv4 e IPv6.

La segunda prueba, al ejecutar el comando Tracert, muestra la ruta más corta que recorren los paquetes y el tiempo que se toma en cada salto hasta llegar a su destino. De igual manera se observa que al hacer un tracert con una dirección IPv6 y al llegar los paquetes a los routers P que pertenecen a la red MPLS y que no tienen una dirección IPv6, responde con una dirección IPv6 mapeada IPv4, donde la dirección IPv4 es la que está en la interfaz entrante del paquete tracert.

Otra prueba de funcionamiento fue el montar la central de telefonía VoIP ASTERISK usando Virtualbox en el servidor e instalar dos softphone en la parte de clientes. Este tipo de prueba se realizó en los dos protocolos IP (IPv4 – IPv6).

3.2. Análisis de resultados

Para el análisis de calidad de servicio de la red Backbone – MPLS, se utilizó las aplicaciones como: las video llamadas VoIP con Linphone, el software de captura de paquetes Wireshark y adicional el generador de tráfico automático D'itg; estos dos últimos ayudaron a obtener resultados como: total de paquetes transmitidos, ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes.

Parámetros de los estándares de calidad de servicio

En base a [4], donde está la explicación de valores admitidos de los parámetros de calidad de servicio QoS, de acuerdo a los estándares y recomendaciones de la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, se realizó las comparaciones y el análisis entre los valores obtenidos y los valores recomendados.

Análisis de video-llamada VoIP

Una vez realizada la video llamada de prueba desde el usuario uno al usuario dos, se procede a recoger los datos de los paquetes transportados con la aplicación Wireshark ya que este, empieza a capturar todo el tráfico transportado en la red que se está trabajando.

A continuación, se muestra la captura de resultados de los paquetes transportados en la video llamada y usando direccionamiento IPv4 e IPv6.

Wireshark · RTP Streams · resultados ext 101 prueba1 ipv4

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter
192.168.1.3	7078	192.168.11.10	18888	0x912a4ca7	g711U	3156	0 (0.0%)	31.989	10.279	9.771
192.168.1.3	9078	192.168.11.10	19660	0x95e9cca1	VP8	5681	0 (0.0%)	63.638	0.502	0.219
192.168.11.10	18888	192.168.1.3	7078	0x11b39ae8	g711U	3166	0 (0.0%)	95.229	24.901	20.100
192.168.11.10	19660	192.168.1.3	9078	0x58c66bf0	VP8	4076	0 (0.0%)	153.804	11.900	3.764

Wireshark · RTP Streams · ext 102 prueba1 ipv4

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter
192.168.2.3	7078	192.168.11.10	11642	0x47a6cde	g711U	3180	0 (0.0%)	32.358	7.729	4.775
192.168.2.3	9078	192.168.11.10	10776	0x11a45617	VP8	4086	0 (0.0%)	124.388	0.780	0.389
192.168.11.10	11642	192.168.2.3	7078	0x6add3af9	g711U	3156	0 (0.0%)	91.517	25.587	19.882
192.168.11.10	10776	192.168.2.3	9078	0x35bb5c86	VP8	5671	0 (0.0%)	94.904	9.589	4.437

Wireshark · RTP Streams · resultados ext 101 ipv6

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter
2001:192:168:1:d80f:ea51:b0f6:bc4d	7078	2001:192:168:11::10	15794	0x722a996d	g711U	3008	0 (0.0%)	31.583	10.101	9.706
2001:192:168:1:d80f:ea51:b0f6:bc4d	9078	2001:192:168:11::10	17862	0xb44ecf9	VP8	5429	0 (0.0%)	64.284	0.547	0.251
2001:192:168:11::10	15794	2001:192:168:1:d80f:ea51:b0f6:bc4d	7078	0x47f6bdb9	g711U	3018	0 (0.0%)	92.161	24.615	19.737
2001:192:168:11::10	17862	2001:192:168:1:d80f:ea51:b0f6:bc4d	9078	0x77d6008f	VP8	4038	0 (0.0%)	154.760	8.520	2.307

Wireshark · RTP Streams · ext 102 prueba2 ipv6

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter
2001:192:168:2:b957:1b66:6801:8a07	7078	2001:192:168:11::10	13090	0x507f5129	g711U	3256	0 (0.0%)	32.428	7.684	4.761
2001:192:168:2:b957:1b66:6801:8a07	9078	2001:192:168:11::10	14326	0xd981aa59	VP8	4058	0 (0.0%)	121.181	3.095	0.419
2001:192:168:11::10	13090	2001:192:168:2:b957:1b66:6801:8a07	7078	0x37368ae2	g711U	3232	0 (0.0%)	94.443	24.956	19.375
2001:192:168:11::10	14326	2001:192:168:2:b957:1b66:6801:8a07	9078	0xc7a2171	VP8	5812	0 (0.0%)	122.769	12.631	5.267

Figura 8. Datos de la video llamada IPv4-IPv6

En la figura 8, muestra el resultado de todos los paquetes transportados que el usuario uno hace una petición al servidor asterisk solicitando comunicarse con el usuario dos, y, a la vez se observa que el servidor asterisk contesta al usuario uno

aceptando la comunicación con el usuario dos. Esta solicitud se realiza mediante el protocolo RTP y el estándar de comunicación para voz es G711U y un códec de video que es VP8 tanto en direccionamiento IPv4 como IPv6.

Adicionalmente en la figura 11, se observa los parámetros de calidad que se ha obtenido mediante la comunicación de video llamada VoIP como son: los paquetes transportados, paquetes perdidos, latencia, y el valor de jitter.

Interpretación de latencia, jitter y pérdida de paquetes de la video llamada

Para la interpretación se realiza la comparación de los valores obtenidos de la video llamada hecha en el escenario de la red Backbone – MPLS, con los valores de calidad de servicio de los estándares recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p.

A continuación, se muestra los valores de latencia, jitter y pérdida de paquetes que se generó durante la video-llamada realizada en el escenario de estudio tanto en direccionamiento IPv4 como IPv6. Estos valores serán interpretados en la siguiente tabla.

Tabla 3. Valores de QoS obtenidos de la video llamada

Tráfico Voz Y Video	**Latencia <100 ms**		**Jitter <=45 ml**		**Pérdida Paquetes 1% IPv4 IPv6**
	IPv4	**IPv6**	**IPv4**	**IPv6**	
UE1-Serv	31,9 ms	31,5 ms	10,2 ms	10,1 ms	0 %
Serv-UE1	95,2 ms	92,1 ms	24,9 ms	24,6 ms	0 %
UE2-Serv	32,3 ms	32,4 ms	7,7 ms	7,6 ms	0 %
Serv-UE2	91,5 ms	94,4 ms	25,5 ms	24,5 ms	0 %
UE1-Serv	63,6 ms	64,2 ms	0,5 ms	0,5 ms	0 %
Serv-UE1	153,8 ms	154,7 ms	11, ms	8,5 ms	0 %
UE2-Serv	124,3 ms	121,1 ms	0,7 ms	1,1 ms	0 %
Serv-UE2	94,9 ms	122,7 ms	9,5 ms	10,9 ms	0 %

En la tabla 3, se observa los valores tanto de latencia, jitter y pérdida de paquetes. En comunicación de voz se obtuvo un valor promedio de latencia de 63 milisegundos, siendo este valor menor a los 100 milisegundos recomendado por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, contrario en la comunicación de video que en latencia obtuvo un valor promedio de 110 milisegundos sobrepasando los 100 milisegundos, pero aún está en el rango recomendado de entre 100 y 250 milisegundos y que todavía se obtiene buena calidad de servicio de comunicación. En Jitter se obtuvo un valor promedio de 16 milisegundos en comunicación de voz y 5 milisegundos en comunicación de video estando por debajo del umbral recomendado de 35 milisegundos para voz y 45 milisegundos para video, obteniendo 0% de pérdida de paquetes tanto en direccionamiento IPv4 como IPv6.

Tabla 4. Valorización cualitativa de QoS de la video llamada

Tráfico Voz y Video	**Latencia IPv4-IPv6**	**Jitter IPv4-IPv6**	**Pérdida Paquetes IPv4-IPv6**
UE1 a Serv	Excelente	Excelente	Excelente
Serv a UE1	Excelente	Excelente	Excelente
UE2 a Serv	Excelente	Excelente	Excelente
Serv a UE2	Excelente	Excelente	Excelente
UE1 a Serv	Excelente	Excelente	Excelente
Serv a UE1	Muy bueno	Excelente	Excelente
UE2 a Serv	Muy bueno	Excelente	Excelente
Serv a UE2	Excelente	Excelente	Excelente

En la tabla 4, se observa un análisis cualitativo de los valores que se muestra en la tabla 3, obteniendo resultados excelentes de comunicación a excepción de la latencia en comunicación de video donde se obtiene un resultado sobre lo recomendado, y que a la vez está aún como resultado muy bueno de acuerdo a los estándares recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p en

lo que se refiere a calidad de servicio QoS en video llamada.

Análisis de tráfico UDP

Para el análisis de tráfico UDP se usó la aplicación **D'itg** ya que permite generar tráfico y realizar mediciones de desempeño en la red, la ventaja de esta herramienta que es de código abierto y funcional en varias plataformas como Linux, Windows, etc.

A continuación, se muestra varias pruebas de inyección de tráfico donde se cambió los valores de megas a transmitir para ver que ancho de banda soporta y ver donde se empieza a perder los paquetes. Estas pruebas se hicieron tanto en IPv4 como en IPv6.

```
ITGDec version 2.8.1 (r1023)
Compile-time options:
---------------------------------------------------
Flow number: 1
From 192.168.11.3:55157
To    192.168.1.3:8999
---------------------------------------------------
Total time                =     29.988000 s
Total packets             =         29990
Minimum delay             =      0.261000 s
Maximum delay             =      0.326000 s
Average delay             =      0.285757 s
Average jitter            =      0.001860 s
Delay standard deviation  =      0.012907 s
Bytes received            =      19973340
Average bitrate           =   5328.355342 Kbit/s
Average packet rate       =   1000.066693 pkt/s
Packets dropped           =              0 (0.00 %)
Average loss-burst size   =      0.000000 pkt
---------------------------------------------------
```

Figura 9. Tráfico UDP-20Mb-IPv4

En la figura 9, se observa un tráfico de datos UDP mediante direccionamiento IPv4 de 29990 paquetes en un tiempo de 29 segundos, obteniendo un retardo de 326 milisegundos, un jitter de 1.86 milisegundos y un 0% de paquetes perdidos.

Tabla 5. Valores de QoS tráfico UDP – IPv4

Tráfico de Datos UDP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes	Ancho de banda
20Mb	326 ms	1,86 ms	0%	5,3Mb/s
25Mb	295 ms	1,83 ms	0%	6,6 Mb/s
27.2Mb	414 ms	1,81 ms	0%	7,2 Mb/s
27.5 Mb	527 ms	1,88 ms	0.74 %	7,3 Mb/s
30Mb	581 ms	3,01 ms	72%	2 Mb/s

En la tabla 5, muestra los resultados obtenidos de las pruebas realizadas desde 20Mb hasta los 30Mb de tráfico de datos UDP mediante direccionamiento IPv4 y se observa que, la latencia sobrepasó el umbral de 100ms recomendado por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, esto debido a la sobrecarga de paquetes enviados de 1000pkt/s. En el envío de los 30Mb hay una pérdida de paquetes de 72% bajando el ancho de banda a 2Mb/s.

Tabla 6. Valorización cualitativa de QoS UDP – IPv4

Tráfico de Datos UDP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes
20Mb	No adecuado	Excelente	Excelente
25Mb	Muy Bueno	Excelente	Excelente
27.2Mb	No adecuado	Excelente	Excelente
27.5Mb	No adecuado	Excelente	Excelente
30Mb	No adecuado	Excelente	No adecuado

En la tabla 6, se observa un análisis cualitativo de los valores que se muestra en la tabla 5, obteniendo resultados de latencia no adecuados ya que excede los valores recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p en lo que se refiere a calidad de servicio QoS en transmisión de paquetes de datos UDP en IPv4.

A continuación, se presenta los gráficos de las pruebas de tráfico UDP realizadas en IPv6.

```
ITGDec version 2.8.1 (r1023)
Compile-time options:
--------------------------------------------------
Flow number: 1
From 2001:192:168:11:d586:2306:9351:2d7c:64032
To    2001:192:168:1::3:8999
--------------------------------------------------
Total time                =     29.987000 s
Total packets             =         29990
Minimum delay             =      0.162000 s
Maximum delay             =      0.239000 s
Average delay             =      0.181490 s
Average jitter            =      0.001703 s
Delay standard deviation  =      0.010868 s
Bytes received            =      19973340
Average bitrate           =   5328.533031 Kbit/s
Average packet rate       =   1000.100043 pkt/s
Packets dropped           =             0 (0.00 %)
Average loss-burst size   =      0.000000 pkt
--------------------------------------------------
```

Figura 10. Tráfico UDP-20Mb-IPv6

En la figura 10, muestra los valores de inyección de tráfico UDP con un tamaño de 20Mb mediante direccionamiento IPv6. Se observa que la latencia es de 239ms y el jitter de 1.70ms, haciendo comparación con la figura 13, los valores disminuyeron un 22% en comparación con direccionamiento IPv4.

Tabla 7. Valores de QoS tráfico UDP – IPv6

Tráfico de Datos UDP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes	Ancho de banda
20Mb	239 ms	1,70 ms	0%	5,3Mb
25Mb	232 ms	1,54 ms	0%	6,6 Mb
25.5Mb	274 ms	1,16 ms	0%	6,8 Mb
26 Mb	409 ms	1,84 ms	0,44 %	6,8 Mb
30Mb	415 ms	2.03 ms	36,45%	5 Mb

En la tabla 7, muestra los resultados obtenidos de las pruebas realizadas desde 20Mb hasta los 30Mb de tráfico de datos UDP mediante direccionamiento IPv6 y se observa que, aunque los valores de latencia disminuyen en comparación con IPv4, aun sobrepasan el umbral de 100ms recomendado por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p. En el envío de los 30Mb hay una pérdida de paquetes de 34% bajando el ancho de banda a 5Mb/s.

Tabla 8. Valorización cualitativa de QoS UDP – IPv6

Tráfico de Datos UDP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes
20Mb	Muy Bueno	Excelente	Excelente
25Mb	Muy Bueno	Excelente	Excelente
25.5Mb	Muy Bueno	Excelente	Excelente
26 Mb	No adecuado	Excelente	Excelente
30Mb	No adecuado	Excelente	No adecuado

En la tabla 8, se observa un análisis cualitativo de los valores que se muestra en la tabla 7, obteniendo resultados de latencia adecuados hasta 25Mb y no adecuados en 26Mb y 30Mb según los valores recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p en lo que se refiere a calidad de servicio QoS en transmisión de paquetes de datos UDP en IPv6.

Análisis de tráfico TCP

Igual que el análisis de UDP se usó el inyector de tráfico **D'itg**, solo que en esta vez será configurado para el análisis de tráfico TCP.

A continuación, se muestra los gráficos de las pruebas realizadas.

```
ITGDec version 2.8.1 (r1023)
Compile-time options:
--------------------------------------------------
Flow number: 1
From 192.168.11.3:57998
To    192.168.1.3:8999
--------------------------------------------------
Total time                =     31.439000 s
Total packets             =          9796
Minimum delay             =      0.387000 s
Maximum delay             =      4.014000 s
Average delay             =      0.986740 s
Average jitter            =      0.005668 s
Delay standard deviation  =      0.104011 s
Bytes received            =      19592000
Average bitrate           =   4985.400299 Kbit/s
Average packet rate       =    311.587519 pkt/s
Packets dropped           =             0 (0.00 %)
Average loss-burst size   =      0.000000 pkt
--------------------------------------------------
```

Figura 11. Tráfico TCP-20Mb-IPv4

En la figura 11, muestra los valores de inyección de tráfico TCP con un tamaño de 20Mb mediante direccionamiento IPv4. Se observa que la latencia es de 4014ms y el jitter de 5.83ms, a pesar que la latencia es muy elevada, existe un 0%

de pérdida de paquetes por los mecanismos de transmisión que posee TCP.

Tabla 9. Valores de QoS tráfico TCP – IPv4

Tráfico de Datos TCP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes	Ancho de banda
20Mb	4014 ms	5,66 ms	0%	5 Mb

En la tabla 9, muestra los valores QoS de inyección de tráfico TCP mediante direccionamiento IPv4, en esta tabla, se observa el valor de latencia es de 4014ms siendo este valor 40 veces más alto de los 100ms recomendado por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, sin embargo, existe un 0% de pérdida de paquetes por los mecanismos de transmisión que posee TCP.

Tabla 10. Valorización cualitativa de QoS TCP – IPv4

Tráfico de Datos TCP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes
20Mb	No Adecuado	Excelente	Excelente

En la tabla 10, se observa un análisis cualitativo de los valores que se muestra en la tabla 9, obteniendo resultados de latencia no adecuados por su alto valor de 4014ms que sobrepasa 40 veces más de los valores recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p en lo que se refiere a calidad de servicio QoS en transmisión de paquetes de datos TCP en IPv4.

```
ITGDec version 2.8.1 (r1023)
Compile-time options:
---------------------------------------------------
Flow number: 1
From 2001:192:168:11:d586:2306:9351:2d7c:58020
To    2001:192:168:1::3:8999
---------------------------------------------------
Total time                =     30.486000 s
Total packets             =          9166
Minimum delay             =      0.578000 s
Maximum delay             =      3.038000 s
Average delay             =      1.260006 s
Average jitter            =      0.005831 s
Delay standard deviation  =      0.299389 s
Bytes received            =      18332000
Average bitrate           =   4810.601588 Kbit/s
Average packet rate       =    300.662599 pkt/s
Packets dropped           =             0 (0.00 %)
Average loss-burst size   =      0.000000 pkt
---------------------------------------------------
```

Figura 12. Tráfico TCP-20Mb-IPv6

En la figura 12, muestra los valores de inyección de tráfico TCP con un tamaño de 20Mb mediante direccionamiento IPv6. Se observa que la latencia es de 3038ms y el jitter de 5.83ms, haciendo comparación con la figura 11, los valores disminuyeron un 25% en comparación con direccionamiento IPv4.

Tabla 11. Valores de QoS tráfico TCP – IPv6

Tráfico de Datos TCP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes	Ancho de banda
20Mb	3038 ms	5,83 ms	0%	4,8 Mb

En la tabla 11, muestra los valores QoS de inyección de tráfico TCP mediante direccionamiento IPv6, en esta tabla, se observa el valor de latencia es de 3038ms siendo este valor 30 veces más alto de los 100ms recomendado por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, también se observa que el valor de latencia es menor en comparación con IPv4 que se muestra en la tabla 15.

Tabla 12. Valorización cualitativa de QoS TCP – IPv6

Tráfico de Datos TCP	Latencia	Jitter	Pérdida de paquetes
20Mb	No Adecuado	Excelente	Excelente

En la tabla 12, se observa un análisis cualitativo de los valores que se muestra en la tabla 11, obteniendo resultados de latencia no adecuados por su alto valor de 3038ms que sobrepasa 30 veces más

su valor, que de los recomendados por la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p en lo que se refiere a calidad de servicio QoS en transmisión de paquetes de datos TCP en IPv6.

4. Trabajos Futuros

Para posteriores trabajos, se debería optar por implementar modelos de calidad de servicio como Intserv, Diffserv, etc. Con el objetivo de mejorar los tiempos de trasmisión de paquetes y evitar pérdidas de los mismos.

5. Conclusiones

Al analizar los resultados de la video llamada, los valores de QoS en IPv4 se obtuvo para voz y video en latencia 63ms y 110ms respectivamente, en jitter 16ms y 5ms, 0% de pérdida de paquetes, en IPv6 se obtuvo para voz y video los valores son de latencia 62ms y 115ms respectivamente, de jitter 5ms y 5ms, 0% de pérdida de paquetes, observando que están por debajo del umbral recomendado que es <100ms para latencia, <45ms de jitter y <1% de pérdida de paquetes, se concluye que la calidad de servicio ha sido excelente para transmisión de voz y muy buena para transmisión de video tanto en IPv4 como en IPv6.

Al analizar los resultados obtenidos mediante la herramienta D'itg sobre la inyección de tráfico de datos UDP y TCP sea este en IPv4 e IPv6, los valores de latencia superaron el umbral recomendado de 100ms por los estándares de la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, siendo estos valores no adecuados en lo que se refiere a calidad de servicio.

Al analizar los indicadores de Jitter en inyección de tráfico de datos UDP y TCP sea este en IPv4 e IPv6, sus valores no superan el umbral de <55ms recomendado por los estándares de la UIT-T G.1010, Y.1541 y la IEEE 8021.1p, siendo estos valores excelentes en lo que se refiere a calidad de servicio.

Al analizar los resultados de pérdida de paquetes en inyección de tráfico de datos UDP, se observa que al aumentar a 30Mb se tiene una pérdida de paquetes de 72%, esto debido a que UDP no se preocupa de la congestión que produciría en la red, no se preocupa si los paquetes llegaron a su destino y no produce retransmisión de estos por lo que existe paquetes perdidos. A diferencia de TCP que, aunque se aumente los Mb de transmisión tiene un 0% de pérdida de paquetes, esto debido a que tiene control de flujo y herramientas que evita la congestión [10].

Al realizar la comparativa de QoS de IPv4 e IPv6 se obtiene, en video-llamada la latencia en IPv6 es 2% mayor que IPv4, en jitter IPv6 es 8% menor que IPv4, pérdida de paquetes IPv6 0% e IPv4 es 0%; en tráfico UDP la latencia en IPv6 es 27% menor que IPv4, en jitter IPv6 es 39% menor que IPv4, pérdida de paquetes IPv6 50% menor que IPv4; y en tráfico TCP la latencia en IPv6 es 25% menor que IPv4, en jitter IPv6 es 3% mayor que IPv4, pérdida de paquetes IPv6 0% e IPv4 es 0%; por tanto el método de transición IPv4 – IPv6 (Tunneling) es viable para redes Backbone – MPLS que al momento están funcionando únicamente con direccionamiento IPv4.

Referencias

[1] O. . J. Salcedo Parra, D. López y Á. P. Ríos, «Scielo,» Junio 2011.

[En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2011000100004.

[2] M. Fernández Gonzalez. [En línea]. Available: http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/MFernandez.html.

[3] F. Boronat Seguí y M. Montagut Climent, «Capitulo 5. IP version 6,» de *Direccionamiento e interconexion de redes basadas en TCP/IP (IPv4/IPv6, DHCP, NAT, Ecncadenamiento RIP y OSPF)*, Valencia, Universitat Politecnica de Valencia, 2013, p. 123.

[4] M. A. Zapata Rodriguez y F. Chafla, «Repositorio de Tesis Grado y Posgrado, Pontificia Universidad Catolica del Ecuador,» Marzo 2016. [En línea]. Available: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12327/TESIS_Evaluacion%20de%20parametros%20de%20QoS%20para%20una%20VPNMPLS.pdf?sequence=1. [Último acceso: 3 Junio 2017].

[5] D. B. G. W. Reyes Roig, Guía de implementación de la seguridad en redes de Núcleo Mpls, La Habana, Cu: D - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE , 2010.

[6] A. E. Enriquez Lenis y G. L. Agredo Méndez, «Análisis de rendimiento en redes IPv6,» Enero - Junio 2015. [En línea]. Available: http://www.unilibrecali.edu.co/images/revista-entramado/pdf/pdf_articulos/volumen11_1/Entramado_19003803_Enero-Junio_2015_214-229.pdf. [Último acceso: 5 Junio 2017].

[7] R. J. Reyes Altamirano y J. E. López Logacho, «Funcionalidad, diseño, y configuracion de dispositivos para una red MPLSen entorno IPv6,» Marzo 2014. [En línea]. Available: http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6367/1/UPS-ST001092.pdf. [Último acceso: 06 Junio 2017].

[8] Cisco, «Cisco ASR 9000 Series Aggregation Services Router MPLS Layer 3 VPN Configuration Guide, Release 5.3.x,» [En línea]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/asr9000/software/asr9k_r5-3/lxvpn/configuration/guide/b-l3vpn-cg53xasr9k/b-l3vpn-cg53xasr9k_chapter_0100.html. [Último acceso: 1 Agosto 2017].

[9] P. A. Buñay Guisñan y D. Pastor R., «Aplicacion de la arquitectura DIFFSERV sobre redes MPLS para la provision de QoSpunto a punto en la transmision de trafico en tiempo real,» Marzo 2013. [En línea]. Available: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4034/1/20T00464.pdf. [Último acceso: 12 Junio 2017].

[10] WhatIs.com - TechTarget, «CE router (customer edge router),» Marzo 2011. [En línea]. Available: http://whatis.techtarget.com/definition/CE-router-customer-edge-router. [Último acceso: 12 Junio 2017].

[11] M. Barreiros y P. Lundqvist, QOS-ENABLED NETWORKS TOOLS AND FOUNDATIONS, India: John Wiley & Sons, Ltd, 2016.