

Propuesta método de migración y coexistencia de IPv6 sobre red IP/MPLS para proveedor de servicios

Proposed method of migration and coexistence of IPv6 IP/MPLS network for service provider

PALACIOS Sampedro, Luis Gustavo [1](#); CASTILLO Fiallos, Jessica Nataly [2](#); MÉNDEZ Naranjo, Pablo Martí [3](#); TORRES Lozada, Angélica Maricela [4](#) y MANTILLA Cabrera, Carmen Elena [5](#)

Recibido: 01/12/2018 • Aprobado: 10/03/2019 • Publicado 08/04/2019

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

La presente investigación tiene como objetivo establecer una propuesta para un método de migración y coexistencia de IPv6 sobre red IP/MPLS de un proveedor de servicios, debido a que existe incompatibilidad entre los protocolos IPv4 e IPv6. Se consideraron los diferentes factores de hardware, software, protocolos de enrutamiento, tráfico vigente, estructura de configuración lógica del proveedor y cliente. De los resultados analizados se propuso un método de migración y coexistencia basado en Tunneling 6VPE, configuración de direccionamiento IPv6 en el proceso BGP y el método de distribución de rutas, con lo que se mejoró el servicio de red con promedio adicional de 9.13 Mbps.

Palabras clave: Método de migración y coexistencia, IPv6, red IP/MPLS

ABSTRACT:

The objective of this research is to establish a proposal for a method of migration and coexistence of IPv6 over IP / MPLS network of a service provider, due to the incompatibility between IPv4 and IPv6 protocols. The different factors of hardware, software, routing protocols, current traffic, logical configuration structure of the provider and client were considered. From the analyzed results, a migration and coexistence method based on Tunneling 6VPE, configuration of IPv6 addressing in the BGP process and route distribution method was proposed, which improved the network service with an additional average of 9.13 Mbps.

Keywords: Method of migration and coexistence, IPv6, IP / MPLS network.

1. Introducción

En la actualidad las telecomunicaciones han tomado un rol importante, facilitando el estilo de vida de todos los individuos alrededor del mundo, permitiendo que la información que se genera día con día pueda ser comunicada de manera rápida y efectiva, haciéndola fluir por los distintos medios que conocemos: radio, televisión, microondas, telefonía, redes de datos, entre otros. Las redes de datos siguen cobrando relevancia gracias al Internet, con lo cual se puede realizar la comunicación desde cualquier computadora o dispositivo móvil a cualquier otro dispositivo en cualquier parte del mundo (Arroyo, 2014).

El uso del internet ha crecido exponencialmente, principalmente desde que se le dio un uso comercial, por lo que los dispositivos necesitan de direcciones IP para conectarse a la red, los proveedores de servicio deben observar las arquitecturas que les brinden mejor supervisión y control del tráfico en la red para asegurar que el rendimiento sea óptimo. El Protocolo de Internet versión 4 (IPv4), se ha venido utilizando aproximadamente más de treinta años y al tener un espacio de 32 bits para expresar esta dirección se tendría alrededor de 4.300 millones de IPs, pero esta cifra se reduce considerablemente al tener direcciones reservadas, privadas, no utilizables, malos asignamientos, entre otros. (Yunos, Noor, & Arpah, 2010)

Existe una enorme cantidad de dispositivos como teléfonos celulares, cámaras de vigilancia, dispositivos inalámbricos, etc., que necesitarán, en el mediano plazo, sus propias direcciones IP para conectarse a Internet, incluso algunos necesitarán varias direcciones. Ésta es la principal causa que le está llevando a sus límites de diseño, pues en la versión actual del protocolo, no existen suficientes direcciones disponibles. (Morrone, 2011)

IPv6 es el protocolo que hará posible en el futuro que todos los dispositivos, fijos o móviles, puedan conectarse a Internet. Este nuevo protocolo permitirá a Internet seguir creciendo y recibir y enviar información a millones de dispositivos de todo tipo, soporte garantizado para la creciente demanda de los clientes, que hace que el tamaño del encabezado del paquete sea mayor que el tamaño de la carga útil (Mohamad, Wan, & Alzyoud, 2010). Si bien IPv6 fue acordado en los 90, su implementación ha sido más lenta de lo esperado, ya ha llegado el momento del agotamiento de direcciones IPv4 y crecerá la demanda de direcciones IPv6, así como la necesidad de comprender su uso adecuado. El futuro de una Internet accesible, neutral y abierta, depende del éxito del desarrollo e implementación de IPv6 (Goralski, 2017). Por su relevancia en el presente y futuro de Internet, la transición e implementación de IPv6 es de gran importancia para todos los actores del ecosistema de Internet. Gobiernos, sector privado, academia y sociedad civil, deben alinear sus esfuerzos para lograr el desarrollo de IPv6 en sus espacios de influencia. (Acosta, y otros, 2014)

En junio del 2014, la LACNIC (Latin American Network Information Center) anunció haber alcanzado la cota de 4.194.302 IPv4 (/10) en su stock; complementariamente, el Gobierno del Ecuador dentro del Plan Nacional de Desarrollo de la Banda Ancha cita la transición y coexistencia de IPv4 & IPv6, por lo que las empresas proveedoras de servicios del Ecuador se han visto en la obligación de realizar varios análisis de sus diferentes plataformas (Backbone IP/MPLS, servidores, equipos de virtualización, equipos de transmisión, sistemas de gestión/Monitoreo entre otros,) para poder efectuar la coexistencia y migración a IPv4 & IPv6.

Siendo IP/MPLS la tecnología más desplegada, se utiliza esta infraestructura para crear los diferentes tipos de VPN basados en IP. Para el suscriptor, desplegar un esquema VPN sobre Internet reduce los costos y permite emplear una única conexión para múltiples

servicios. El proveedor crea un nuevo tipo de servicio, y por ende un nuevo negocio, utilizando la misma infraestructura de transporte. (Auben, 2014)

Varios proveedores de servicios despliegan la conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) en sus redes IPv4. Los proveedores de servicios quieren presentar servicios IPv6 a sus clientes, pero los cambios en su infraestructura IPv4 existente pueden ser costosos y el costo beneficio para una pequeña cantidad de tráfico IPv6 no tiene sentido desde el punto de vista económico. Se han desarrollado varios escenarios de integración para aprovechar una infraestructura IPv4 MPLS existente y agregar servicios IPv6 sin requerir ningún cambio en la troncal de la red. (Cisco, 2016)

La empresa proveedora de servicios tiene un backbone en topología anillo contando aproximadamente con más 12 Km. de fibra óptica con redundancia a nivel de Core y distribución, aproximadamente 2.400 equipos que forman la red MPLS. Las principales características de Red IP/MPLS sirven de base para analizar el método de migración que se ajusta a la necesidad de la empresa para poder determinar: hardware, software, protocolos de enrutamiento, configuración lógica, direccionamiento IP, pues intervienen en el funcionamiento de la red para brindar conectividad.

En la investigación de Aguirre, González y Mejía (2013) "Aplicaciones de MPLS, Transición de IPv4 a IPv6 y Mejores Prácticas de Seguridad para el ISP Telconet", se proponen mejoras a la red del Proveedor de Servicios de Internet Telconet S.A. a fin de optimizar el uso de sus recursos con la implementación de las aplicaciones de MPLS, brindar soporte a IPv4 e IPv6 de manera simultánea y establecer una estrategia adecuada de seguridad en IPv6 en base a las mejores prácticas de seguridad; logrando así ofrecer servicios de calidad. Se describen los principales componentes y aplicaciones de MPLS, los mecanismos de transición de IPv4 a IPv6 y las mejores prácticas de seguridad en IPv6; también se presentan los resultados obtenidos del prototipo implementado para una parte de la red de Telconet.

De lo anteriormente expuesto en esta investigación y con un enfoque a dar solución a la problemática presentada se sugiere una propuesta de un método de migración / coexistencia para diseño de una red IPv6 sobre backbone IP/MPLS dirigido al segmento Corporativo, se detallan los métodos de transición & coexistencia hacia IPv6 que mejor se ajusten a las necesidades de la empresa. Se analiza la situación actual de la red del proveedor de servicios referente a: equipos que forman la red IP/MPLS, software, protocolos de conectividad que se encuentran habilitados, con el objetivo de poder determinar la mejor técnica de migración y coexistencia de IPv6. Complementariamente se examinan los diferentes cambios que el backbone IP/MPLS tendrá luego de establecer el método de migración, se revisa el cambio lógico que se realizará en la configuración de la red y se analiza el incremento de ancho de banda al utilizar IPv6.

2. Metodología

La red proveedor de servicios generalmente utiliza el diseño jerárquico de tres capas con redundancia a nivel de core y distribución, el backbone IP/MPLS, dentro de los protocolos que utiliza se puede citar los siguientes:

Protocolo de enrutamiento interno IS-IS (Intermediate System to Intermediate System): este se utiliza como protocolo de enrutamiento interno integrado para la distribución de rutas. Las direcciones NSAP utilizadas es una modificación de la interfaz loopback configurada en los equipos.

Protocolo de Puerta de Enlace de Borde (BGP): La empresa proveedora de servicios tiene configurado el protocolo BGP para intercambiar rutas entre clientes y otros proveedores de servicios. Cuando BGP se utiliza para aprender rutas de diferentes sistemas autónomos (AS) se hace referencia a external BGP (EBGP), y cuando se aprende rutas del mismo sistema autónomo se hace referencia a internal BGP (iBGP); este permite conocer redes de los clientes que se configuraron mediante redes privadas virtuales (VPN).

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) La proveedora de servicios tiene habilitado MPLS que es una tecnología reenvío de paquetes utilizando etiquetas de tamaño fijo para tomar la decisión de envío de datos. Las etiquetas usualmente corresponden a las redes de destino IP (similar a IP tradicional) pero combinando las mejores funciones de la capa 3 (ruteo) y las de capa 2 (switching).

Enrutamiento Virtual y Reenvío (VRF): permite tener múltiples tablas de rutas separadas las cuales coexisten en el mismo router, permitiendo que las direcciones IP se puedan solapar con otras existentes. Existe una modalidad conocida y popular de VRF llamada VPN Routing and Forwarding la cual es el elemento clave de la tecnología VPN MPLS. Los proveedores de servicios hacen uso de esta tecnología para brindar conectividad de esta manera a varios clientes y pueden utilizar la misma dirección IP, pero en diferentes instancias de enrutamiento o tabla de rutas.

Red Privada Virtual (VPN) en MPLS: La VPN capa 3 se configura en los routers PE en donde se generan tablas de ruteo especiales; para separar las rutas privadas de los clientes de las rutas del proveedor. Los routers o equipos PE anuncian estas rutas específicas utilizando sesiones Multiprotocol BGP (MP-BGP) a otros PE en donde la VPN tenga presencia.

Cisco Express Forwarding (CEF) es un feature avanzado de Cisco IOS que permita un modo de conmutación más rápido en los dispositivos Cisco. Toma como referencia la tabla de enrutamiento IP, CEF crea si crea su propia tabla de reenvío denominada Forwarding Information Base (FIB) y define por cuál interfaz se debe reenviar el paquete.

2.1. Métodos de migración y coexistencia de IPv4 / IPv6 sobre red IP/MPLS

Uno de los principales puntos a considerarse como problema en la transición de IPv4 a IPv6 radica en el hecho que los protocolos en mención son incompatibles entre sí. Se han desarrollado diferentes metodologías con el objetivo de permitir o facilitar la transición/coexistencia de los protocolos, los cuales se analizarán básicamente, pero aportando elementos que permitan comprender el principio de funcionamiento. Este trabajo no pretende abordar todas las técnicas que existen ya que su cantidad es elevada.

La transición entre los protocolos IPv4 / IPv6 será un proceso que tomará tiempo, por lo que existirá un periodo donde coexistan ambos protocolos. Para una coexistencia de IPv4 e IPv6 la IETF creó varias técnicas que básicamente pueden dividirse en tres categorías.

Pila Doble "Dual Stack". - conceptualmente es la manera más fácil de introducir IPv6 en una red, en este método un host o nodo tendrá ambas pilas de protocolo IPv4 e IPv6 provistas directamente como un componente del sistema operativo. Cada nodo se configura con ambas direcciones. El reto para el despliegue de una red Dual stack es la configuración de ruteo externo como interno para ambos protocolos; otro punto a tomar en consideración es que se debe disponer de suficientes direcciones IPv4 para desplegar las dos versiones del protocolo.

Tunneling: Es un método para transportar paquetes IPv6 a través de redes IPv4. Este mecanismo puede usarse cuando dos redes que usan el mismo protocolo desean comunicarse sobre una red que utiliza otro protocolo. El proceso de túnel tiene tres pasos: encapsulamiento, desencapsulamiento, y administración del túnel. Se necesitan dos extremos del túnel que se ocupan del encapsulamiento y desencapsulamiento, los cuales generalmente son nodos que tienen implementado Dual Stack IPv4/IPv6.

Traducción: la traducción de direcciones de red 64 (NAT64) permite que los dispositivos con IPv6 habilitado se comuniquen con dispositivos con IPv4 habilitado mediante una técnica de traducción similar a la NAT para IPv4. Un paquete IPv6 se traduce en un paquete IPv4, y viceversa.

2.2. Métodos de migración y coexistencia de IPv4 / IPv6 sobre red IP/MPLS

Para definir los métodos que mejor se ajustan a las necesidades se considera:

La Red de del proveedor de servicios utiliza protocolo MPLS el cual está configurado en los equipos de borde y core.

Utiliza direccionamiento IPv4 para establecer conectividad entre equipos que forman la red.

Tiene habilitado protocolo BGP y IS-IS el cual es compatible con diferentes protocolos capa 3.

Tomando en consideración las características de la red existen tecnologías de túnel que permiten implementar IPv6 sobre MPLS sin alterar el core de la Red.

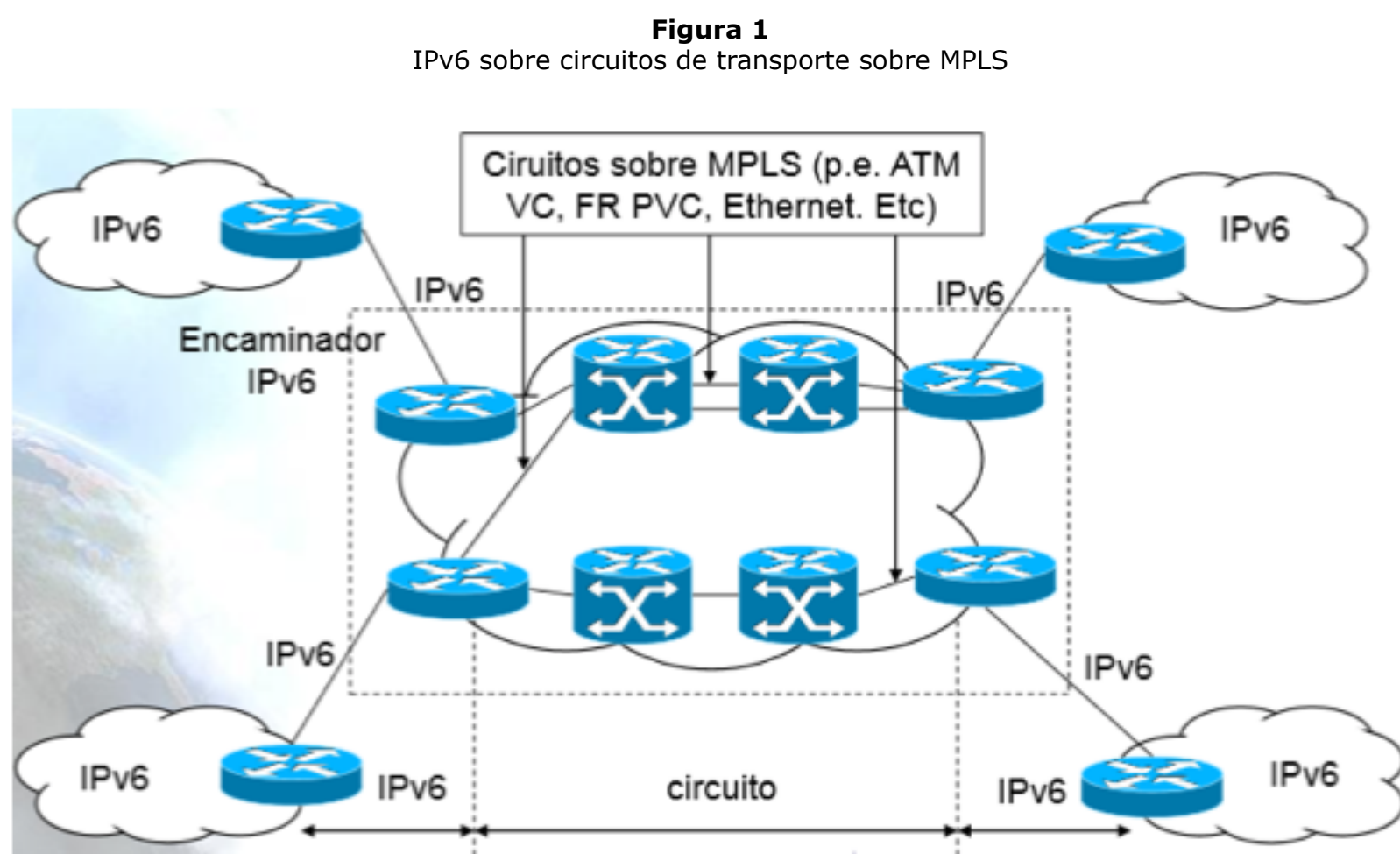
Básicamente se define los siguientes mecanismos para IPv6 sobre MPLS:

- IPv6 sobre circuitos de Transporte MPLS
- IPv6 con Túneles en los equipos de borde del cliente CE (IPv6 - CE)
- IPv6 sobre MPLS en los equipos de borde del proveedor (Provider Edge PE - 6PE)
- IPv6 sobre MPLS-VPN en los equipos de borde del proveedor (6VPE - VPN - Provider Edge)

2.3. IPv6 sobre circuitos de transporte MPLS

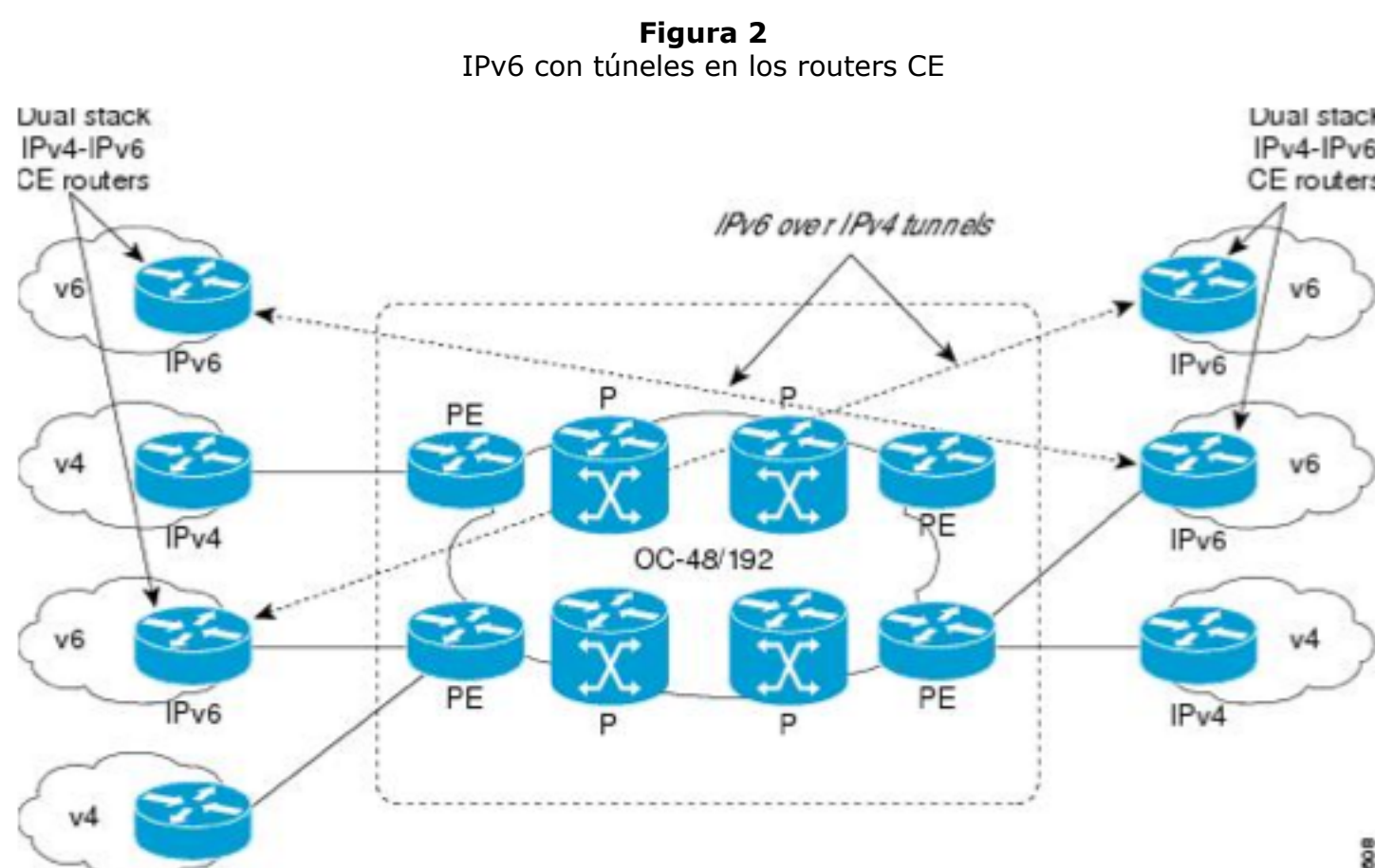
En este método se crean interfaces dedicadas mediante circuitos estáticos configurados sobre MPLS. La comunicación IPv6 entre los equipos de borde del cliente CE (customer edge) se realiza sobre enlaces dedicados y la ejecución nativa de IPv6, mediante túneles de capa 2 configurados en los equipos de borde del proveedor de servicios PE, los cuales son encapsulados en MPLS y transportadas mediante etiquetas.

Es un mecanismo estático fácil de implementar, pero no es escalable generando problema cuando la red empieza a crecer, como se muestra en la Figura 1.



2.4. IPv6 con túneles en los routers CE

Se implementan túneles tradicionales en cada uno de los routers CE. Los equipos CE requieren ser dual Stack (doble pila) para soportar IPv4 e IPv6. Los paquetes IPv6 se encapsulan con encabezados IPv4 para ser transportados a través de túneles en la Red MPLS/IPv4. Se requiere un túnel entre cada CE que este implantado IPv6 (Full mesh), por lo que si la red es muy grande el número de túneles a implementarse es proporcional, como se muestra en la Figura 2.

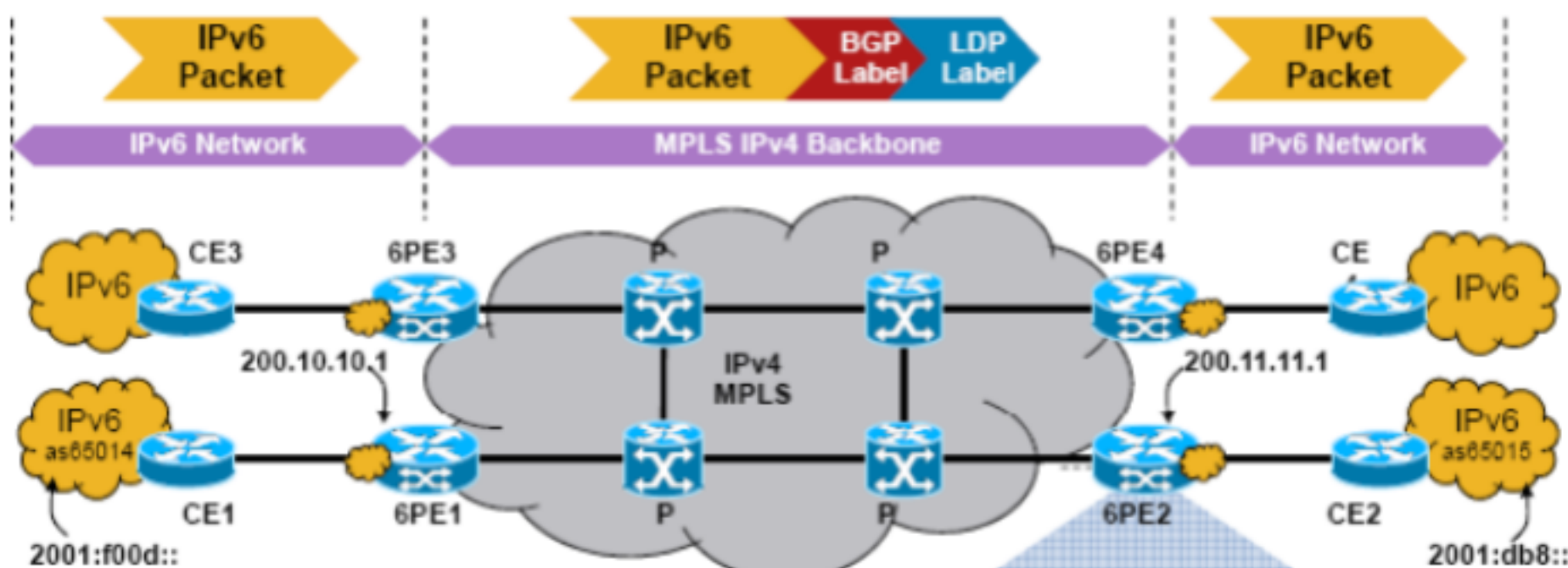


2.5. Provider Edge 6PE - IPv6 sobre MPLS en los equipos de borde del proveedor PE

Este mecanismo permite transportar IPv6 a través de la red MPLS utilizando el protocolo BGP. Cuando BGP soporta IPv4 e IPv6 se lo conoce como Multiprotocol – Border Gateway Protocol (MP-BGP). Los routers de borde del proveedor PE deben soportar IPv4 e IPv6 (Dual Stack). En esta solución los equipos de borde del proveedor PE de ingreso tiene una jerarquía de etiquetas para que el tráfico IPv6 sea transparente para los routers de core.

En la Figura 3 se observa la topología de método 6PE, este método se encuentra en el RFC 4798

Figura 3
Topología de método 6PE



Fuente Dávila E. (2016).

2.6. Situación actual

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los protocolos básicos utilizados en la configuración actual de la Red del proveedor de servicios, que servirá de base para poder realizar el análisis del método migración de coexistencia entre IPv4 / IPv6.

Tabla 1
Resumen de la situación actual de RED/IP MPLS
del proveedor de servicios

Protocolo	Descripción/Característica
Nivel Jerárquico	Utiliza modelo de tres capas de cisco. Capa de Core. CRS-8/S, 12816/PRP y CRS-4/S marca cisco. Dispone de 20 equipos de Core Capa de Distribución. 7609-S, 12000/10 y 12000/16 de marca Cisco. Aproximadamente 540 equipos Capa de acceso: modelo7606-S, ME6524, ME3800X marca cisco. Aproximadamente 1840 equipos
Protocolo de Internet IPv4	Se utiliza enrutamiento interno IPv4 para establecer conectividad en la Red IP/MPLS. Utiliza el segmento de direcciones ip 10.X.X.X para configuración interna de la red Direcciones IPv4 para servicios a clientes corporativos
Interfaz loopback	Se utiliza interfaz virtual con varios propósitos, ID_Router, sesiones BGP, interfaz para monitoreo de equipos entre otros
Protocolo en enrutamiento Interno IS-IS	El protocolo enrutamiento interno IGP es IS-IS
Protocolo BGP	Numero de Proceso XXXX Establecer conectividad con clientes mediante el uso de EBGP. Permite configurar MPLS-VPN
Protocolo LDP	Utilizado para la distribución de etiquetas en la red MPLS
IP MPLS	Protocolo de etiquetas. Habilitado en las interfaces
Protocolo CEF	Protocolo propietario de Cisco, facilita una conmutación más rápida de MPLS en equipos de la marca en mención.
Calidad De Servicio QoS	Básicamente tiene configurado 6 class-map para priorizar, voz, video, datos, control de red

Fuente: Elaboración propia [Autores]

3. Resultados

En este apartado se presenta el análisis y resultados obtenidos de migración y coexistencia de IPv6 sobre red IP/MPLS para el proveedor de servicios.

3.1. Propuesta del método de migración y coexistencia IPv4 & IPv6 sobre red IP/MPLS para proveedor de servicios

Luego de citar los protocolos que proveedor de servicios utiliza en su configuración lógica, se realiza un resumen comparativo entre los métodos de migración/coexistencia IPv6 sobre MPLS, con las características de configuración actual de la empresa como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2
Características de métodos de migración en base a la situación actual de la Red.

ANÁLISIS PROPUESTA PARA MÉTODO PARA MIGRACIÓN DE IPv4 a IPv6	IPv6 sobre circuitos de Transporte en MPLS	IPv6 con túneles en los routers CE	IPv6 Provider Edge 6PE	IPv6 Virtual Provider Edge 6VPE
Métodos de Migración IPv6 sobre MPLS				
Equipos CE Dual Stack	SI	SI	SI	SI
Equipo PE Dual Stack	NO	NO	SI	SI
Configuración de VRFs para proveer diferentes servicios	NO	NO	NO	SI
Escalabilidad para crecer redes de los clientes	NO	NO	SI	SI
Situación Actual de la Red MPLS				
Compatible Protocolos de enrutamiento IGP - IS-IS	SI	SI	SI	SI
Se mantiene configuración de los equipo core de MPLS	SI	SI	SI	SI
Se mantiene configuración de los equipo PE de MPLS	SI	SI	NO	NO
Compatible con protocolo BGP	SI	SI	SI	SI
Compatible configuración de VRF	NO	NO	NO	SI

Fuente: Elaboración propia [Autores]

Como se puede observar en la Tabla 2., el método de migración 6VPE brinda: equipos CE Dual Stack, equipo PE Dual Stack, configuración de VRFs para proveer diferentes servicios y escalabilidad para crecer redes de los clientes de acuerdo a la situación actual de la Red MPLS, pues provecha las ventajas del protocolo BGP y MPLS, los cuales tiene configurado para su funcionamiento actual, adicional permite levantar túneles MPLS-VPN y configurar instancias de enrutamientos VRF para segmentar los servicios de los clientes, es decir las características son muy similares a la que se tiene configurado en la red vigente.

3.2. Análisis de requerimientos de Hardware y Software para la migración / coexistencia

Se analizaron los equipos capa 3 y capa 2 que forman parte de la red IP/MPLS para validar si soporta la configuración del método 6VPE, uno de los principales impactos fue que los equipos PE del proveedor PE deben ser dual stack, soportar VRF, VPN capa 3, QoS, direccionamiento IPv4 e IPv6 por lo que se analizó la marca, versión del equipo, software, versión del sistema operativo y se validó que soporte la configuración de 6VPE. Los 540 equipos PE del proveedor de servicios son Cisco de series ASR serie 9000, IOS XR, ME 3600, ME 3800, 7609-S, 7606-S con IOS. La Tabla 3., detalla en resumen las características de los equipos de routers PE.

Tabla 3
Características de los equipos

HW / SW IOS	Características	6VPE
ASR-9010 / XR 4.3.1	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc.	si

A901 /15.3(3)S	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc.	si
ME 3600 / 15.3(3)S2	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc. A nivel de Hardware tiene 24 puertos GE Eléctricos	si
ME-3800X / 15.3(3)S2	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc. A nivel de Hardware tiene 24 puertos GE SFP	si
7609-S / 12.2(33)SRE6	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc.	si
7606-S / 12.2(33)SRE6	Soporta MPLS, MPLS VPN, EoMPLS IPv4 / IPv6 Routun (OSPF, EIGRP, RIP, IS-Is, BGP) IPv6 VPN sobre MPLS, IPv6 ACL QoS, QoS basado en Vlan CoS Otros Protocolos, STP, MSTP, HSRP, VRRP, ACL, SNMP, etc.	si

Fuente: Elaboración propia [Autores]

3.3. Comparación de configuración de IPv4/ IPv6 sobre red IP/MPLS utilizando el método 6VPE

En la Tabla 4 presenta un resumen de las configuraciones actuales con IPv4 y los cambios a realizar para habilitar el método de túnel 6VPE para migración y coexistencia de IPv4 & IPv6. Como se puede observar las diferencias son mínimas, específicamente en los equipos de borde PE se debe configurar las direcciones IPv6 en las interfaces, dentro del proceso BGP se habilitar VPNv6 donde tenga presencia la VRF del cliente, para que las instancias de enrutamiento VRF soporte los dos protocolos IPv4 / IPv6 simultáneamente se habilita VRF definition. Estos se consideran los cambios básicos que se deben aplicar en los equipos de borde PE dentro de la red del proveedor para poder establecer el método 6VPE.

Tabla 4
Comparación de Configuración IPv4 y el método 6VPE.

Protocolo		IPv4	IPv6 (método 6VPE)	Observaciones
CEF		<i>Router(config)#ip cef</i>	<i>Router(config)#ipv6 cef</i>	
		<i>Router(config)#ip routing</i>	<i>Router(config)#ipv6 unicast-routing</i>	habilitación de routing en los equipos
MPLS	Interfaz loopback	<i>Router(config)#interface loopback 100</i>	<i>Router(config)#interface loopback 100</i>	
	Router ID	<i>mpls ldp router-id Loopback100</i>	<i>mpls ldp router-id Loopback100</i>	
	MPLS	<i>Router(config)#mpls ip</i>	<i>Router(config)#mpls ip</i>	Habilitar protocolo MPLS
	LDP	<i>Router(config-if)#mpls label protocol ldp</i>	<i>Router(config-if)#mpls label protocol ldp</i>	Habilitar protocolo de distribución de etiquetas en las interfaces
Protocolo IGP	IS-IS	<i>Router(config)#ip router isis</i>	<i>Router(config)#ip router isis</i>	
	IS-IS en la interfaz	<i>Router(config-if)# ip router isis</i>	<i>Router(config-if)# ip router isis</i>	
		<i>Router(config-if)# isis network point-to-point</i>	<i>Router(config-if)# isis network point-to-point</i>	

BGP	BGP	Router(config)#router bgp 28006 Router(config)# bgp router-id	Router(config)#router bgp 28006 Router(config)# bgp router-id	
	Address Family VPNvX	Router(config-router)# address-family vpnv4	Router(config-router)# address-family vpnv6	Se configura el túnel, se establece los peer BGP.
	Address Family IPvX	Router(config-router)# address-family ipv4 vrf	Router(config-router)# address-family ipv6 vrf nombre vrf	
Estancia de enrutamiento	VRF	Router(config)#ip vrf C1 rd 28006:10 route-target export 28006:10 route-target import 28006:10	Router(config)# vrf definition rd 28006:70 address-family ipv6 route-target export 28006:70 route-target import 28006:70 exit-address-family	En IPv6 se crea vrf definition permite configurar IPv4 e IPv6
Dirección IP	Interfaz	Router(config-if)# ip address IPv4_address msk	Router(config-if)# ipv6 address ipv6- address/prefix-length prefix-name sub-bits/prefix- length	

Fuente: Elaboración propia [Autores]

3.4. Coexistencia de Protocolo IPv4 e IPv6 en los equipos de borde PE

En el método 6VPE uno de los requisitos es que los equipos de borde PE y el equipo CE deben ser Dual Stack, adicionalmente se simuló la configuración para establecer conectividad IPv4 e IPv6 sobre la misma interfaz y utilizando la misma VRF. En la Figura 4 se puede observar que se habilitaron los dos protocolos en los equipos PE y CE y se realizaron pruebas de conectividad que resultaron exitosas.

Figura 4

Pruebas de conectividad IPv4 e IPv6 del cliente utilizando VRF

```

UIOMSCE01#sh run int fa 0/1
Building configuration...

Current configuration : 200 bytes
!
interface FastEthernet0/1
description WAN_C1_MATRIZ
vrf forwarding C1_6VPE
ip address 10.10.0.1 255.255.255.252
duplex full
speed 100
ipv6 address 2001:DB8:1:1::1/64
ipv6 nd ra suppress
end

```

Fuente: Elaboración propia [Autores]

3.5. Análisis de tráfico en la red IP/MPLS con IPv6

En la Tabla 5., muestra el número de Tramas IPv6 que pasará por las interfaces de interconexión entre los equipos PE – P, muestras tomadas de las 21 interfaces, también indica el trafico promedio que incrementó con IPv6 de 9,13 Mbps.

Tabla 5

Análisis de Trafico con IPv6 entre equipos PE-P

Conexión entre equipos de borde PE y equipos de Core P	Tráfico Promedio Total de la Interfaz (Mbps)	Tramas Ethernet IPv4 (Frame x seg)	Tramas Ethernet IPv6 (Frame x seg)	Tráfico Total con IPv6 (Mbps)	Tráfico Promedio Adicional (Mbps)
MACHACHI PE - QUITOCENTRO P	365,1	30425,8	608516,7	370,0	4,9
ISLA TRINITARIA PE - GUAYAQUIL P	356,5	29708,3	594166,7	361,3	4,8

GUYAQUIL KENNEDY PE - GUAYAQUIL P	571,7	47641,7	952833,3	579,3	7,6
CUENCA GUALACEO PE- CUENCA P	389,8	32483,3	649666,7	395,0	5,2
ESTACIÓN TERRENA PE - QUITOCENTRO P	217,8	18150,0	363000,0	220,7	2,9
NUEVA LOJA PE - IÑAQUITO P	444,42	37035,0	740700,0	450,3	5,9
FRANCISCO ORELLANA PE - IÑAQUITO P	545,7	45475,0	909500,0	553,0	7,3
DATA_CENTER PE - IÑAQUITO P	533,92	44493,3	889866,7	541,0	7,1
GUAYAQUIL_CENTRO PE- GUAYAQUIL_CENTRO P	219,06	18255,0	365100,0	222,0	2,9
GUAYAQUIL_CORREOS PE - GUAYAQUIL_CENTRO	121,5	10125,0	202500,0	123,1	1,6
GYS_BOYACA PE - GYS_CENTRO P	160,4	13366,7	267333,3	162,5	2,1
IBARRA_CENTRO1 PE - IBARRA_CENTRO P	2394,86	199571,7	3991433,3	2426,8	31,9
IBARRA_CENTRO2 PE - IBARRA_CENTRO P	339,18	28265,0	565300,0	343,7	4,5
FRANCISO _ORELLANA PE- PUYO P	326,5	27208,3	544166,7	330,9	4,4
TENA PE- PUYO P	249,66	20805,0	416100,0	253,0	3,3
NUEVA_LOJA PE- PUYO P	614	51166,7	1023333,3	622,2	8,2
BABAHOYO_QUEVEDO PE- MANTA P	438,6	36550,0	731000,0	444,4	5,8
SANTA_ELENA PE- MANTA P	291	24250,0	485000,0	294,9	3,9
Santo Domingo PE - SANTO DOMINGO P	5100	425000,0	8500000,0	5168,0	68,0
SAME PE - SANTO DOMINGO P	387,8	32316,7	646333,3	393,0	5,2
PORTOVIEJO PE - SANTO DOMINGO P	317	26416,7	528333,3	321,2	4,2
Promedio de tráfico adicional (Mbps)					9,13

Fuente: Herramienta Monitoreo de Proveedor de servicios

3.6. Análisis de la migración & coexistencia de IPv4 e IPv6 para clientes corporativos en la red IP/MPLS

6VPE para poder establecer conectividad a clientes corporativos con el nuevo protocolo IPv6 y analizar los cambios que se deben realizar en la backbone de la Red MPLS, presenta las siguientes ventajas de la técnica de migración y coexistencia:

Incremento de direcciones IP disponibles.

Coexistencia con IPv4, hace posible una migración paulatina al nuevo protocolo de internet IPv6 por ser escalable.

No se necesita actualización de Hardware y software en el backbone de la Red.

Las configuraciones lógicas de IPv4 & IPv6 en la red son muy similares, básicamente se modifican los protocolos e interfaces que sirven para conectar a los clientes tanto en el equipo de borde PE y en el equipo del cliente CE.

La situación actual de Red MPLS proveedor de servicios facilita la migración al método 6VPE ya que no se necesita realizar modificaciones en el Core.

Al utilizar un método de tunnelling, el aumento de tráfico con IPv6 es mínimo.

Y las desventajas que podemos citar son:

Se necesita capacitar personal para poder brindar soporte adecuado a los clientes.

El método 6VPE indicado en el presente trabajo es para entregar servicios de conectividad a clientes corporativos con configuraciones estándar, en caso de existir requerimientos especiales se tendrá que validar si el método cumple con las características solicitadas.

4. Conclusiones

De las 21 interfaces de interconexión entre los equipos PE – P, se indica un tráfico adicional promedio con IPv6 de 9,13 Mbps en relación a las tramas transmitidas con IPv4, mejorando los servicios.

Las características de red y configuraciones que dispone proveedor actualmente, facilita la migración / coexistencia de IPv4 & IPv6, ya que se utiliza VRF, MPLS BGP y protocolo IS-IS que tiene la particularidad de soportar múltiples protocolos capa 3, el principal problema en la migración / coexistencia es la incompatibilidad de los protocolos IPv4 e IPv6. IPv6 sobre MPLS no es un método para solucionar el problema de agotamiento de IPv4, es solución cuando se utiliza IPv6 nativo.

El método general de migración utilizado es "Tunneling", donde se analizaron los diferentes métodos de IPv6 sobre MPLS determinando que 6VPE es el que más se ajusta a las necesidades actuales del proveedor de servicios, ya que permite mantener la configuración en los equipos de Core y realizar leves modificaciones en los equipos de borde PE y en los equipos del cliente CE, y los equipos de borde PE que forman parte de la Red IP/MPLS no necesitan modificaciones a nivel de hardware y software por lo que soporta la configuración para el método de migración 6VPE.

Al utilizar método de tunneling, el aumento de Tráfico con el protocolo IPv6 es mínimo en las interfaces de interconexión entre los equipos de borde PE y los equipos de Core P. Los cambios en la configuración de la Red IP/MPLS de la empresa proveedora de servicios para implementar el método 6VPE son mínimos, se configura direccionamiento IPv6, en el proceso BGP se configura familia de direcciones IPv6 y el método de distribución de rutas.

Referencias bibliográficas

Acosta, A., Aggio, S., Cicileo, G., Lynch, T., Moreiras, A., Rocha, M., . . . Berenguer, S. (2014). IPv6 para Operadores de Red. *Buenos Aires*.

Aguirre, L. P., González, F., & Mejía, D. (2013). Aplicaciones de MPLS, Transición de IPv4 a IPv6 y Mejores Prácticas de Seguridad para el ISP Telconet. *Revista Politécnica*, 2.

Arroyo, J. (2014). Adecuación de Red de ISP para soporte IPv6. *Universidad Nacional Autónoma de México*.

Auben. (2014). *BGP/MPLS Layer 3 VPN*. Obtenido de <http://www.auben.net/index.php/tecnologias/g-mpls-e-ingenieria-de-trafico/bgp-mpls-layer-3-vpn>

Cisco. (2016). *Implementing IPv6 over MPLS*. Obtenido de <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipv6/configuration/15-2mt/ipv6-15-2mt-book/ip6-over-mpls.html>

Dávila E. (2016). IPv6 en Redes MPLS (6PE, 6VPE y LDPv6). Recuperado 01 Mayo del 2016. De: https://supportforums.cisco.com/sites/default/files/attachments/document/files/ipv6_en_redes_mpls_6pe_6vpe_y_ldpv6_version_final.pdf

Evans, J., & Filsfils, C. (2007). Deploying IP and MPLS QoS For Miltiservice Network. *San Francisco EE.UU: Morgan Kaufmann Publishers*.

Goralski, W. (2017). *Chapter 5 - IPv4 and IPv6 Addressing*.

Mohamad, I., Wan, T., & Alzyoud, F. (2010). Optimizing the MPLS support for real time IPv6-Flows using MPLS-PHS approach. *TENCON 2009 - 2009 IEEE Region 10 Conference* (págs. 1-6). Singapore: IEEE.

Morrone, L. (2011). Mecanismos de Transición hacia redes IPv6. *Universidad Nacional de la Plata*.

Yunos, R., Noor, N., & Arpah, S. (2010). Performance evaluation between IPv4 and IPv6 on MPLS Linux platform. *International Conference on Information Retrieval & Knowledge Management (CAMP)* (págs. 204-208). IEEE.

-
1. Profesional orientado a las Redes de Comunicaciones. Ecuador. Universidad Católica del Ecuador. Ingeniero en Electrónica y Computación. Magíster en Redes de Comunicaciones. luising_1985@hotmail.com
 2. Profesora y profesional. Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ingeniera en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes Industriales. Magíster en Seguridad Telemática. jessica.castillo@utc.edu.ec
 3. Profesor y profesional orientado a la Seguridad Telemática. Ecuador. Universidad Nacional de Chimborazo. Ingeniero en Sistemas Informáticos. Magíster en Seguridad Telemática. pmendez@unach.edu.ec
 4. Profesional orientada a las Redes de Comunicaciones. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ingeniera en Electrónica y Computación. angelik.torres1@hotmail.com
 5. Profesora y profesional. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ingeniera en Electrónica y Computación. Magíster en Seguridad Telemática. carmen.mantilla@esPOCH.edu.ec
-