

## ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO INTERNET VERSIÓN 6 (IPv6) EN LA RED DE DATOS ETHERNET IEEE 802.3 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE Y OPEN SOURCE Versión Preliminar (Tercera Etapa)

### AUTORES:

Jhon Alexander Calderón Sanmartín, j.calderon@ieee.org .  
Rubi Rafael Cabrera Erreyes, galaxia0017@hotmail.com .

### ASESOR:

Rene Rolando Elizalde Solano, [reoes799@gmail.com](mailto:reoes799@gmail.com) .

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

*(Unidad de Telecomunicaciones e Información, Sección Redes y Equipos Informáticos)*

Código de Proyecto: PI0043

Área Temática: Ingeniería de Sistemas

Categoría: Egresados

### ÍNDICE

1. Resumen
2. Abstract
3. Introducción
4. Objetivos
5. Desarrollo del trabajo
6. Resultados
7. Conclusiones
8. Recomendaciones
9. Agradecimientos
10. Referencias bibliográficas
11. Apéndice
12. Anexos

### 1. RESUMEN

El presente proyecto describe las características del nuevo protocolo de Internet versión 6 (IPv6), también se realizó el análisis de la red de datos y mecanismos de transición a IPv6 (doble pila y tunel). Seguimiento del diseño del direccionamiento IPv6, procedimiento de instalación y configuración de los servicios de Internet. Se llevó a cabo la fase de implementación en los servidores de producción, y finalmente se realizó las pruebas de validación de IPv6 en campus universitario.

Nos planteamos como objetivo general: Realizar el estudio e implementación del nuevo protocolo Internet versión 6 (IPv6) en la Universidad Nacional de Loja utilizando Software Libre y Open Source.

El tiempo estimado del presente proyecto fue de 10 meses a partir de la fecha de su aprobación, que fue en el mes de octubre del 2010, es decir, el proyecto de investigación se encuentra culminado en su totalidad.

Detallamos los resultados obtenidos del proyecto: Información objetiva y organizada para conocer el funcionamiento de la red de datos. Esquema y características del hardware, software y medios de networking para la implementación de IPv6. Diseño eficiente de direccionamiento de la red de datos en IPv6. Procesos idóneos para la instalación y configuración de hardware y software que soporten IPv6. Esquema apropiado sobre los parámetros de configuración para el funcionamiento de IPv6.

Servicios de Internet funcionando correctamente en un ambiente de producción IPv4 e IPv6.

Las conclusiones obtenidas de mayor prioridad: El direccionamiento IPv6 para los servidores de la intranet, servidores públicos, prefijo IPv6 para el sistema académico y equipos finales, se realizó previo a obtener una longitud de prefijo IPv6 por parte del Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA) 2800:68:7::/48. Los servicios de Internet en los cuales se implementó IPv6 usando como mecanismo de transición doble pila son: sistema de nombres (dns), auto-configuración de direcciones IPv6 (dhcpv6), proxy, router firewall (ip6tables), servidor web (http) y correo electrónico (squirrelmail, smtp, pop y imap).

**Palabras clave:** protocolo-internet, ipv6, doble-pila, ipv6-unl.

## 2. ABSTRACT

This project describes the characteristics of the new Internet Protocol version 6 (IPv6), also performed the analysis of the data network and IPv6 transition mechanisms (dual stack and tunnel). Following the design of IPv6 addressing, installation procedure and configuration of Internet services. He carried out the implementation phase in production servers, and finally to the validation tests of IPv6 in campus.

We set as our objective: the study and implementation of the new Internet Protocol version 6 (IPv6) in the Universidad Nacional de Loja using Free and Open Source Software. The estimated time of this project was 10 months from the date of approval, which was in October 2010, ie the research project is completed in its entirety.

We detail the results of the project: Objective information and organized to see how the data network. Outline and characteristics of hardware, software and networking means for the implementation of IPv6. Designing efficient routing of data network in IPv6. Processes suitable for the installation and configuration of hardware and software that support IPv6. Appropriate scheme for the configuration parameters for the operation of IPv6. Internet services working properly in a production environment IPv4 and IPv6.

Findings from the highest priority: The IPv6 address for intranet servers, public servants, IPv6 prefix for the academic system and terminal equipment, was made prior to obtaining an IPv6 prefix length by the Ecuadorian Consortium for the Development of Internet Advanced (CEDIA) 2800:68:7:: / 48. Internet services which was implemented using as IPv6 dual stack transition mechanism are: name system (DNS) address auto-configuration IPv6

(DHCPv6), proxy, router firewall (ip6tables) web server (http) and email (squirrelmail, smtp, pop and imap).

**Key words:** internet-protocol, ipv6, dual-stack, ipv6-unl.

## 3. INTRODUCCIÓN

La evolución de Internet ha supuesto una revolución en el desarrollo de las comunicaciones y de la información, prueba inequívoca de ello es la inmensidad de información que existe en Internet. Cuando IPv4 fue estandarizado, nadie podía imaginar que se convertiría en lo que es hoy una arquitectura de amplitud mundial, con un número de usuarios superior al centenar de millones y que crece de forma exponencial. Aquella primera "Internet" fundada, sobre todo con fines experimentales, científico-técnicos y por supuesto con objetivos militares, no se parece en nada a la actual.

Con las consideraciones mencionadas anteriormente, surgió el protocolo IPv6 cuya finalidad es cubrir el déficit de direcciones IPv4 mediante la inclusión de direcciones de 128 bits, además de incluir nuevas funcionalidades que hacen que IPv6 sea un protocolo robusto y seguro. Aún con todas las mejoras en IPv6 se tiene que seguir utilizando IPv4. Se debe tomar en cuenta si se desea realizar una migración completa hacia IPv6, la infraestructura tendría un cambio vertiginoso; lo cual no es posible hacerlo de forma directa ya que la infraestructura con la que se cuenta actualmente se maneja bajo el protocolo IPv4, por ello dicha migración hacia IPv6 debe realizarse de una forma progresiva.

IPv6 es a veces llamada la siguiente generación de Internet Protocolo, o IPng. Es una nueva versión de IP (Protocolo Internet), definida en el RFC 2460 y diseñada para reemplazar a la versión 4 (IPv4) RFC 791, que actualmente esta implementado en la gran mayoría de dispositivos que acceden a Internet.

## 4. OBJETIVOS

General:

Realizar el estudio e implementación del nuevo Protocolo Internet Versión 6 (IPv6) en la Universidad Nacional de Loja utilizando Software Libre y Open Source.

Específicos:

- Describir la situación actual de la infraestructura en la red de datos Ethernet 802.3 de la Universidad Nacional de Loja para la implementación del Protocolo Internet versión 6.

- Describir el Protocolo de Internet versión 6, que permita determinar el método de transición de IPv4 a IPv6 más eficiente.
- Diseñar el mecanismo de transición de IPv4 a IPv6, acorde al direccionamiento IP actual de la Universidad Nacional de Loja para su aplicabilidad.
- Instalar y configurar el hardware y software necesario para la red de datos Ethernet IEEE 802.3 de la Universidad Nacional de Loja que soporten IPv6.
- Desarrollar e implementar los servicios de Internet, que permitan convivir ambos protocolos (IPv4 e IPv6) en un ambiente de producción.

## 5. DESARROLLO DEL TRABAJO

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo por fases, las cuales se cumplieron correctamente de acuerdo al cronograma de actividades; las detallamos a continuación.

### 5.1. Primera fase.

Se conoce la estructura física y lógica de la red de datos actual, utilizando técnicas de trabajo (entrevista e investigación de campo) a los responsables de la Sección de Redes y Equipos Informáticos.

Actualmente la institución, cuenta con la Unidad de Telecomunicaciones e Información la cual se compone de cuatro secciones, una de ellas es Redes y Equipos Informáticos, desde donde se llevan a cabo métodos y técnicas para mantener la infraestructura de la red de datos 100% activa y funcional para la transmisión de datos, voz y video, así mismo se dan directrices para mejorar la conectividad entre los diferentes dispositivos de networking y equipos finales; teniendo en cuenta que es función principal velar por la seguridad de la red de datos.

#### 5.1.1. Dispositivos de networking.

Los dispositivos de networking (router, switch, tranceiver, etc) con los que cuenta la institución facilitan la interconexión en todo el campus y permiten mantener una comunicación garantizada con los equipos finales (pc, pda, laptop, impresora, cámara web, etc). Así mismo los servidores, en donde la mayoría son equipos de escritorio y son adaptados a brindar algún servicio de Internet (dns, dhcp, email, proxy, etc), es decir el hardware no cumple con los requisitos necesarios que estipula un servidor. Estos equipos permiten brindar de la mejor manera un servicio eficiente.

#### 5.1.2. Diagrama de topología intranet universitaria.

A continuación se ilustra el diagrama de topología, en donde se encuentran los enlaces principales y dispositivos de networking para la comunicación en la red de datos del

campus universitario.

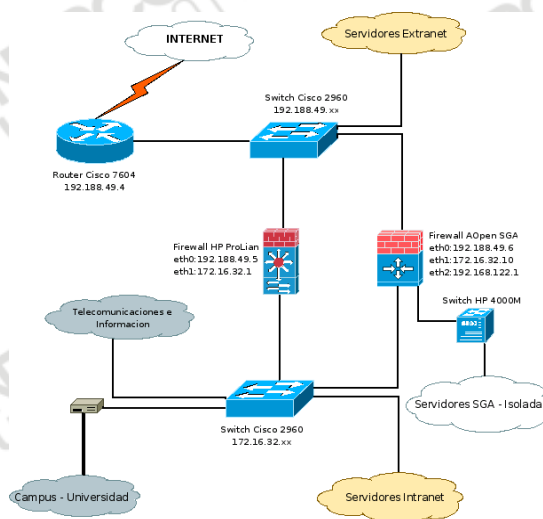


Fig. 1. Dispositivos de networking principales.

Como se puede visualizar en el diagrama de topología los dispositivos de networking activos principales son: Router cisco 7604, switch cisco 2960 externo, switch cisco 2960 interno, switch hp 4000M, firewall Aopen SGA y firewall Hp ProLiant; detallaremos a continuación la función que cumplen cada uno de ellos.

#### 5.1.3. Direccionamiento IPv4 privado.

Se ilustra una tabla del direccionamiento IPv4 privado de clase B que se utilizan en dispositivos de networking, equipos finales, área de servidores, etc.

Tabla. 1. Direccionamiento IPv4 privado.	
Descripción	Especificación
Red de clase B	172.16.0.0 / 16
Dominio	unl.edu.ec
Subred en la Universidad	172.16.32.0 / 19
Máscara de subred	255.255.224.0
Dirección de broadcast	172.16.63.255
Puerta de enlace	172.16.32.1
Sistema de nombres (dns)	172.16.32.2
Numero de hosts disponibles	8190

#### 5.1.4. Direccionamiento IPv4 público

La Universidad Nacional de Loja dispone de un rango de direcciones IPv4 públicas asignadas por NIC.EC (Registro de Nombres de Dominio del Ecuador), con dichas direcciones la institución brinda sus servicios de Internet al mundo entero, entre los cuales se menciona aplicación web, med, cursos, videoconferencia, correo electrónico, sistema académico, radio universitaria, entre otros.



Seguidamente se muestra el esquema de direccionamiento IPv4 público de clase C, el cual se encuentra funcionando actualmente.

Tabla. 2. Direccionamiento IPv4 publico.	
Descripción	Especificación
Red de clase C	192.188.49.0 / 24
Dominio	unl.edu.ec
Máscara de subred	255.255.255.0
Dirección de broadcast	192.188.49.255
Puerta de enlace	192.188.49.4
Sistema de nombres (dns) primario	200.93.221.17
Sistema de nombres (dns) secundario	200.93.192.188
Numero de hosts disponibles	254

## 5.2. Segunda fase.

Comprende una investigación profunda sobre IPv6, en diferentes fuentes bibliográficas (libros, revistas, rfc's, expertos en IPv6, entre otros). También se realizó un análisis de los métodos transición a IPv6 para determinar el más idóneo y eficiente para ser implementado.

Un paquete IPv6 tiene una cabecera de tamaño fijo e igual a 40 [bytes], el doble de la cabecera IPv4. Este aumento se debe a que el tamaño de los campos "Dirección Origen" y "Dirección Destino" aumentaron su tamaño de 32 a 128 [bits] cada uno.

La cabecera IPv6 posee 8 campos.



Fig. 2. Formato de la cabecera IPv6.

### 5.2.1. Análisis de los Métodos de Transición a IPv6.

Con la creación de un nuevo protocolo (IPv6) para resolver el problema de direccionamiento que presentan actualmente las redes de comunicaciones basadas en IPv4, es necesario que se piense en un mecanismo de transición a IPv6. A continuación presentamos un análisis profundo de los métodos de transición o mecanismos de transición a IPv6

basándonos en los siguientes parámetros:

- Configuración.
- Compatibilidad (hardware y software).
- Integridad.
- Interoperabilidad.
- Desempeño.

Estos parámetros nos permitan determinar el mecanismo de transición a IPv6 más eficiente e idóneo, para la transición a IPv6 en la red de datos de la Universidad Nacional de Loja.

Con la finalidad de obtener un promedio total de los parámetros evaluados para cada mecanismo de transición a IPv6 (doble pila y tunnel) analizado, permitiendo de esta manera obtener sus porcentajes totales de operatividad respectivos.

Tabla. 3. Resultados totales de comparación.

		Técnicas de Convivencia Evaluadas	
		Doble pila	Túnel
Parámetros de comparación	Configuración	5	4
	Compatibilidad Hardware	5	5
	Compatibilidad Software	5	5
	Integridad	5	4
	Interoperabilidad	5	5
	Desempeño	4	4
	<b>Promedio General.</b>	<b>4,43</b>	<b>4,5</b>
	<b>Porcentaje Total.</b>	<b>96,6%</b>	<b>90%</b>

El mecanismo doble pila presenta un porcentaje de operatividad del 96.6% mientras que el mecanismo de túnel presenta un porcentaje del 90%. Dichos porcentajes se los obtuvo del promedio general obtenido por cada mecanismo, realizando una aproximación con el valor de escala más alto

## 5.3. Tercera fase.

Realizamos el diseño del direccionamiento para el campus universitario, previo a obtener el prefijo IPv6 otorgado por CEDIA y siguiendo los lineamientos o directrices de la Sección de Redes y Equipos Informáticos.

IPv6 actualmente tiene un 13% de su total de direcciones reservado para Internet, este 13% es asignado para direcciones *Unicast Global*, la dirección 2000::/3. Cada RIR poseen una /12, en el caso de Latinoamérica y el Caribe, la dirección asignada es 2800::/12.

### 5.3.1. Prefijo IPv6 2800:68::/32.

El CEDIA dispone del prefijo IPv6 2800:68::/32 asignado por LACNIC, es decir igual que un LIR, este rango se ha subdividido en bloques más pequeños para las instituciones miembros del CEDIA, estos bloques son /48.

Estas asignaciones se han realizado tomando en cuenta el RFC (Request for Comment – Petición de Comentarios) 3177. El CEDIA puede tener hasta 65536 instituciones con redes diferentes, para que se acabe el /32 asignado (por algo se dice que IPv6 tiene IPs para todo mundo).

### 5.3.2. Prefijo IPv6 2800:68:0007::/48.

El prefijo IPv6 asignado por el CEDIA a la Universidad Nacional de Loja es un 2800:68:0007::/48, con ello la institución cuenta con 65536 redes internas diferentes de prefijo IPv6 /64 y cada uno de estos con puede tener 18446744073709551616 direcciones IPv6.

Hay que tener en cuenta que para las asignaciones de prefijos /64 recomendado por el RFC 3177 y los RIRs es: /64 cuando se conoce por diseño que una y sólo una subred es necesaria.

### 5.3.3. Plan de direccionamiento IPv6.

Como ya se mencionó anteriormente el prefijo asignado a la Universidad Nacional de Loja por parte del CEDIA es: 2800:68:0007:0:0:0:0/48 agrupando los ceros quedaría el prefijo **2800:68:7::/48** lo que permite a la institución contar con 65536 redes IPv6, cada uno de tamaño /64.

Hay que tener en cuenta que en IPv6 ya no se cuenta terminales (host) en una LAN pues se va asignar a cada una un /64 que se va a enumerar todas las terminales que se deseen. En su lugar, lo que sí se cuenta son las cantidades de redes y subredes a numerar. En el caso particular de la Universidad Nacional de Loja, solo existe un dominio de broadcast por lo que se hace necesario sólo un /64 para la LAN.

Toda dirección unicast globales IPv6 cuenta con tres campos: el prefijo globalmente encaminado, el identificador de subred y el identificador de interfaz, según se indica en el siguiente gráfico.

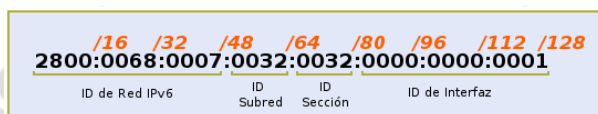


Fig. 3. Construcción de una dirección IPv6 para la U.N.L.

Un ejemplo, de dirección IPv6 para un dispositivo de la institución sería. **2800:68:7:32:67::2 / 64** en donde: [2800:68:7] [/48] es el prefijo de ruteo global, [32] [/64] es el identificador de subred y [67::2] indican el identificador de interfaz que incluyen 16 bits [67] para identificar la sección donde pertenece el dispositivo y los restantes 48 bits [::2] identifican plenamente a la interfaz.

### 5.3.4. Direccionamiento IPv6 intranet.

Como se ilustra en la tabla de los rangos de direccionamiento IPv6 unicast globales que se van a implementar en los dispositivos de networking, equipos finales (secciones o

áreas), área de servidores, etc de la intranet, basados en el prefijo 2800:68:7:32:: / 64.

Tabla. 4. Detalle rangos de direcciones IPv6 intranet.

Rango IPv6 /64	Identificador	Destino
2800:68:7:32:32::/64	32	Servidores y Dispositivos
2800:68:7:32:33::/64	33	Administración Central
2800:68:7:32:37::/64	37	Área Jurídica
2800:68:7:32:41::/64	41	Área Educativa
2800:68:7:32:45::/64	45	Área Salud Humana
2800:68:7:32:49::/64	49	Área Energía
2800:68:7:32:53::/64	53	Área Agropecuaria
2800:68:7:32:56::/64	56	Impresoras Intranet
2800:68:7:32:57::/64	57	Dispositivos Wireless
2800:68:7:32:61::/64	61	Internet Domiciliario
2800:68:7:32:62::/64	62	Telefonía IP (VoIP)
2800:68:7:32:63::/64	63	Telecomunicaciones e Información

Los identificadores de la columna 2 hacen referencia al tercer octeto de las direcciones IPv4 de la intranet como se muestra en la tabla. 4, esto nos permite tener una similitud entre IPv4 e IPv6 para fines de administración de la red de datos. Este identificador se ha considerado en la red IPv6 2800:68:7:32::/48 ubicando el identificador en el quinto campo que es parte del ID de la interfaz, quedando de esta forma las direcciones IPv6 2800:68:7:32:32::/64 (rango servidores).

### 5.4. Cuarta fase.

Se creo un entorno de desarrollo basado en virtualización de Sistemas Operativos, lo que nos permitió efectuar la instalación y configuración de los servicios de Internet usando el mecanismo de transición doble pila (IPv4 e IPv6).

#### 5.4.1. Equipamiento, aplicaciones y servicios.

Se debe tener en cuenta todo el equipamiento, aplicaciones y servicios que funcionan en la red de datos, donde se realizó la instalación y configuración de IPv6. Podemos destacar los siguientes equipos: Router Cisco 7604, switch Cisco Catalyst 2960, firewall Hp ProLiant y AOpen SGA, Servidores con sistema operativo Gnu / Linux (distribuciones Centos y Debian), videoconferencia polycom VSX 8000 y estaciones de trabajo (Pcs, laptops, otros dispositivos).

En cuanto a los servicios de Internet que se encuentran funcionando y en producción, podemos mencionar que en ellos se realizó la configuración de IPv6.



- Sistema de nombres (dns).
- Asignación de parámetros de red (dhcp).
- Transferencia de archivos (ftp).
- Correo electrónico (smtp, pop3 e imap).
- Proxy Administración Central.
- Servidores web (http).

En función de estos servicios de Internet podemos identificar las aplicaciones que están siendo utilizadas en los servicios de Internet.

Nos centraremos especialmente en las soluciones de Software Libre y Open Source ya que ya es una política de institución el uso de soluciones libres.

- Bind v. 9.7.0
- Dhcp v. 3.0.5
- Sendmail v. 8.13.8
- Dovecot v. 1.0.7
- Openssl v. 0.9.8
- Httpd v. 2.2.3
- Mysql-server v. 5.0.77
- Squid v. 3.0
- Dansguardian v. 2.8.0
- Vsftpd v. 2.0.5
- Ssh-server v. 4.3
- Apache 2.0
- Postgresql v. 8.3

Todos los paquetes de aplicaciones previamente mencionados soportan IPv6 en las versiones expuestas, por lo que debemos tener en cuenta las opciones de configuración que correspondan. Antes de dedicarnos a ello, trataremos el tema de soporte de IPv6 en la infraestructura de la red de datos.

## 5.4.2. Soporte IPv6 en Sistemas Operativos.

La mayor parte de los Sistemas Operativos en uso en la actualidad disponen de soporte para IPv6 desde el año 2001, aunque las primeras versiones de estas tecnologías incluían un soporte incompleto o "experimental" del protocolo IPv6, actualizaciones o ediciones posteriores subsanaron esta limitación.

Presentamos un resumen de los Sistemas Operativos con soporte IPv6 más utilizados por usuarios finales y servidores en la red de datos institucional de la Universidad Nacional de Loja.

Tabla. 5. Soporte IPv6 en Sistemas Operativos.

#	Nombre SO	Función	Soporta IPv6 ?
1	Centos	Servidor	Sí
2	Debian	Servidor	Sí
3	Ubuntu	Escritorio	Sí
4	Windows Server 2003	Servidor	Sí (habilitarlo)
5	Windows Server 2008	Servidor	Sí
4	Windows Xp	Escritorio	Sí (habilitarlo)
5	Windows Vista	Escritorio	Sí
6	Windows 7	Escritorio	Sí
7	Mac OS-X	Escritorio	Si

## 5.4.3. Instalación mínima de la distribución Centos.

Lo recomendado, sobre todo si se trata de un servidor, es realizar una instalación con el mínimo de paquetes, desactivando todas las casillas para todos los grupos de paquetes, en el siguiente gráfico se aprecia la pantalla de instalación de Centos v. 5.4.

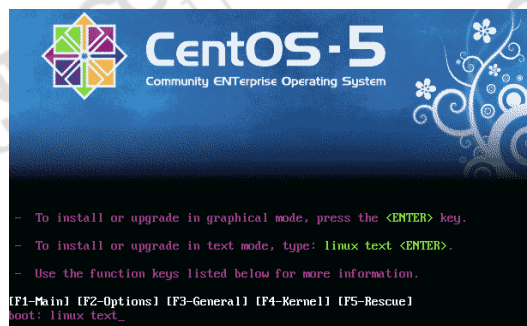


Fig. 4. Pantalla de inicio de instalación Centos v. 5.4.

La idea es instalar lo mínimo necesario para el funcionamiento del sistema operativo Centos (solo paquetes netamente necesarios), y permitir instalar posteriormente solo aquello que realmente se requiera o sea necesario de acuerdo a la finalidad productiva que se le dará al sistema.

## 5.5. Quinta fase.

Hacemos referencia a la implementación de IPv6 en un entorno de producción, es decir, brindar servicios de Internet IPv6 a todo el campus, y que sea totalmente transparente para los usuarios.

## 5.5.1. Activar dirección IPv6 en la distribución Gnu / Linux Centos.

El archivo [ */etc/sysconfig/network* ] es usado para especificar información sobre la configuración de red deseada.

```
[root@dnsdhcp ~]# vim /etc/sysconfig/network
```

```
NETWORKING=yes  
NETWORKING_IPV6=yes  
IPV6_AUTOCONF=no  
HOSTNAME=dnsdhcp.unl.edu.ec
```

La directiva [ *IPV6\_AUTOCONF=no* ] no habilita la autoconfiguración en los servidores, y la directiva [ *NETWORKING\_IPV6=yes* ] habilita IPv6 en la interfaz.

## 5.5.2. Configurar la dirección IPv6 en la distribución Centos.

En general no haremos autoconfiguración en los servidores, si no que vamos a especificar las direcciones IPv6 estáticas o hacerlo manualmente.

Ingresamos al archivo de configuración [ */etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0* ] de la interfaz deseada en nuestro caso [eth0] para agregar la dirección IPv6.

```
[root@dnsdhcp ~]# vim /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

```
DEVICE=eth0  
BOOTPROTO=none  
HWADDR=08:00:27:C6:F5:09  
IPV6ADDR=2800:68:7:32:32::2/64  
IPV6_DEFAULTGW=2800:68:7:32:32::1  
IPV6INIT=yes  
ONBOOT=yes
```

La directiva [ *IPV6INIT=yes* ] es para que arranque el módulo IPv6 al iniciar el sistema, la directiva [ *IPV6ADDR=* ] se pone la dirección IPv6 que se asignará en la interfaz y el parámetro [ *IPV6\_DEFAULTGW=* ] permite especificar cual será la puerta de enlace IPv6. Luego de realizar los cambios pertinentes en los ficheros, es necesario reiniciar la interfaz de red de la siguiente forma:

```
[root@ipv6 ~]# service network restart  
Interrupción de la interfaz eth0: [ OK ]  
Interrupción de la interfaz de loopback: [ OK ]  
Activación de la interfaz de loopback: [ OK ]  
Activando interfaz eth0: [ OK ]
```

Verificamos que la interfaz [eth0] se agregó la dirección IPv6 [2800:68:7:32:32::2/64] esto se lo puede hacer de dos maneras y comprobamos conectividad a la misma interfaz.

```
root@ipv6 ~]# ifconfig eth0 | grep inet6  
inet6 addr: 2800:68:7:32:32::2/64 Scope:Global  
inet6 addr: fe80::a00:27ff:fe07:535c/64 Scope:Link
```

```
[root@ipv6 ~]# ip -6 addr show eth0 | grep inet6  
inet6 2800:68:7:32:32::2/64 scope global  
inet6 fe80::a00:27ff:fe07:535c/64 scope link
```

```
[root@ipv6 ~]# ping6 -I eth0 -c 2 2800:68:7:32:32::2
```

## 5.5.3. Configurar la dirección IPv6 en la distribución Debian.

Para configurar una dirección IPv6 en el sistema Debian se debe añadir al archivo [ */etc/network/interfaces* ] una nueva definición de interfaz la family *inet6*, como se muestra a continuación:

```
dxlnx@machute:~$ sudo vim /etc/network/interfaces
```

```
auto lo  
iface lo inet loopback  
auto eth0  
iface eth0 inet6 static  
address 2800:68:7:32:63::7  
netmask 64  
gateway 2800:68:7:32:32::7
```

Finalmente reiniciamos la interfaz de red [eth0] para que surjan efecto los cambios hechos en el fichero de configuración, lo hacemos de esta forma:

```
dxlnx@machute:~$ sudo invoke-rc.d networking restart
```

Existe otra forma de agregar la dirección IPv6 de forma temporal, es decir cuando se reinicie la interfaz o el servidor se apague se perderá. La forma de hacerlo es la siguiente:

```
[root@ipv6 ~]# ip -6 addr add 2800:68:7:32:32::2/64 dev eth0
```

## 5.6. Sexta fase.

Finalmente la última fase se realizó las pruebas de validación de IPv6, entre los investigadores, Ingenieros de Redes y usuarios finales.



Las pruebas de validación de los servicios de Internet (dns, dhcpv6, proxy, firewall, http, smtp, imap, pop, entre otros), que actualmente se encuentran implementados en doble pila son una parte muy significativa para nuestra investigación, no solo por su importancia en el logro de los resultados correctos sino por el tiempo y recursos requeridos.

Utilizamos un analizador de protocolos "wireshark" el cual nos permitió realizar un análisis del tráfico IPv6 y solucionar problemas en la red de datos Ethernet IEEE 802.3 sobre IPv6.

## 5.6.1. ICMP versión 6.

El protocolo ICMPv6 lo utilizamos tanto en los clientes como en los servidores IPv6 para detectar errores encontrados en la interpretación de paquetes y para realizar otras funciones de la capa de internet como el diagnóstico (ICMPv6 *ping6*), en el siguiente gráfico se muestra la captura de tráfico al ejecutar la herramienta ping6 para probar conectividad a un equipo remoto.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
15	2.946786	fe80::218:feff:feff:9576	fe80::226:b9ff:fe8b:228c	ICMPv6	Neighbor solicitation
16	2.946820	fe80::226:b9ff:fe8b:228c	fe80::218:feff:feff:9576	ICMPv6	Neighbor advertisement
18	3.539882	fe80::e507:11e7:18e9:13fc	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit
35	2.273299	2880:68:7:49::2	2880:68:7:32:63::7	ICMPv6	Echo request
40	7.549553	fe80::e507:11e7:18e9:13fc	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit
42	7.957458	fe80::226:b9ff:fe8b:228c	fe80::218:feff:feff:9576	ICMPv6	Neighbor solicitation
43	7.957686	fe80::218:feff:feff:9576	fe80::226:b9ff:fe8b:228c	ICMPv6	Neighbor advertisement
49	8.423972	2880:68:7:32:63::7	2880:68:7:49::20	ICMPv6	Echo request
50	8.424570	2880:68:7:49::20	2880:68:7:32:63::7	ICMPv6	Echo reply

Fig. 5. Conectividad IPv6 utilizando ping6.

## 6. RESULTADOS

Expongo a continuación los resultados más importantes obtenidos del presente proyecto.

- Información objetiva y organizada sobre el funcionamiento de la red de datos.
- Esquema y características técnicas de hardware y software para la implementación de IPv6.
- Conocimiento preciso de la estructura lógica de la red de datos.
- Contar con información necesaria para realizar la transición de IPv4 a IPv6.
- Seleccionar el método de transición más eficiente.
- Desarrollar diagramas de la infraestructura de la red de datos.
- Diseño eficiente de direccionamiento de la red de datos en IPv6.
- Procesos idóneos para la instalación y configuración de hardware y software que soporten IPv6.
- Esquema apropiado sobre los parámetros de configuración para el funcionamiento de IPv6.

- Servicios de Internet funcionando correctamente en un ambiente de producción (IPv4 e IPv6).
- Disponer de un documento entendible para todos sobre IPv6 en la Universidad Nacional de Loja.

## 7. CONCLUSIONES

La utilización de las diferentes técnicas de trabajo permitieron realizar la descripción de la situación actual de la red de datos, aplicando la observación directa y entrevista a los administradores de la red de la Universidad Nacional de Loja, los cuales nos dieron a conocer las características técnicas del hardware, software y direccionamiento IP lógico existentes en la toda la infraestructura de la red de datos.

Se pudo verificar, que el servicio de Internet utilizado para administrar el acceso a sitios web es mediante un servidor proxy y se realiza un filtrado de paquetes (iptables) en cada uno de los servidores.

Para realizar la transición a IPv6, se optó por el mecanismo de transición doble pila para la implementación de IPv6 en la red de datos, debido a que los nodos tienen la capacidad de enviar y recibir paquetes IPv4 e IPv6, por lo que resulto el mecanismo más óptimo y transparente para la Universidad Nacional de Loja.

El direccionamiento IPv6 para los servidores de la intranet, servidores públicos, prefijo IPv6 para el sistema académico y equipos finales, se realizó previo a obtener una longitud de prefijo IPv6 por parte del CEDIA 2800:68:7::/48, igualmente se siguieron las normas preestablecidas de la Sección de Redes y Equipos Informáticos para su implementación.

Los diferentes servicios de Internet, que se realizó la configuración e implementación de IPv6 son: el sistema de nombres (dns), auto-configuración de direcciones IPv6 (dhcpv6), proxy, router firewall (ip6tables), servidor web (http) y correo electrónico (squirrelmail, smtp, pop y imap), los cuales permiten brindar un servicio eficiente y transparente a los usuarios finales.

Se verificó el correcto funcionamiento de cada servicio de Internet en IPv4 e IPv6 de los servidores de producción, en la fase de pruebas, lo cual es un indicador de que la implementación de IPv6 cumple con los objetivos planteados.

La asignación de los parámetros de red IPv6 se asignan automáticamente en las diferentes computadoras con el Sistema Operativo Windows 7, Windows Vista y distribuciones de Gnu / Linux, a excepción de Windows XP, se lo debe realizar manualmente por los técnicos de la Sección de Redes y Equipos Informáticos.



## 8. RECOMENDACIONES

Realizar una planificación a futuro de actualización de la infraestructura de la red de datos a un modelo jerárquico (capa de núcleo, capa de distribución y capa de acceso), que facilite la implementación de nuevas tecnologías.

Incorporar el tema del protocolo de internet IPv6 en los currículos de las carreras técnicas de la Universidad Nacional de Loja, principalmente en la materia de redes de Internet (TCP/IP) de manera que los estudiantes conozca y apliquen este nuevo protocolo.

Es necesario la instalación y configuración de una herramienta Software Libre, para el monitoreo de tráfico IPv6 en la red de datos, que permita obtener estadísticas generales de la utilización de IPv6 en la intranet y navegación hacia servicios de Internet públicos por parte de los equipos finales.

De adquirir nuevos dispositivos de networking para la red de datos es necesario tener en cuenta que vengan con soporte nativo de IPv6, de tal manera que sean aprovechados en todo su potencial y no tener que hacer actualizaciones de hardware futuras.

Se sugiere desarrollar charlas y talleres, en donde se capacite a los administradores de la red de datos y docentes de las carreras técnicas, sobre el protocolo de Internet versión 6 y la transición a IPv6 que adopto la Universidad Nacional de Loja.

Se recomienda realizar la activación de IPv6 en las computadoras con Sistema Operativo Windows XP manualmente o realizar la actualización a Windows 7 dependiendo de las características de la computadora. Este proceso lo detallamos en el plan de activación de IPv6.

Se propone a la Unidad de Telecomunicaciones e Información, que mediante nuevos tesisistas o los Ingenieros de la Sección de Redes y Equipos Informáticos realicen nuevos estudios que permita la implementación de IPv6 en la red inalámbrica IEEE 802.11 de todo el campus universitario.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Unidad de Telecomunicaciones e Información, que nos brindaron información y nos dieron las facilidades para la implementación del presente proyecto de investigación, al Ing. Rene Rolando Elizalde Solano, quien con su experiencia y conocimiento fue nuestro guía en la elaboración y desarrollo del proyecto; que sirva como medio de consulta para posteriores investigaciones y sea el reflejo de una ardua labor, a través de experiencias adquiridas.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referencia a Libros:

- [1] HAGAN, Silvia. 2002. *IPv6 Essentials*, United States of America.
- [2] BARRETT, Daniel; SILVERMAN, Richard; BYRNES, Robert. 2003. *Linux Security Cookbook*. United States of America.
- [3] TANENBAUM, Andrew S. 2003. *Redes de Computadoras. 4a. ed.* México, Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
- [4] SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter; GAGNE, Gregne. 2008. Procesos. EN: *Sistemas Operativos. 6a. ed.* México, Grupo Noriega Editores. pp. 87 – 104.
- [5] SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter; GAGNE, Gregne. 2008. *Estructura de Redes. EN: Sistemas Operativos. 6a. ed.* México, Grupo Noriega Editores. pp. 469 – 500.
- [6] SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter; GAGNE, Gregne. 2008. *El Sistema Linux. EN: Sistemas Operativos. 6a. ed.* México, Grupo Noriega Editores. pp. 669 - 715.

### Referencia a Reportes Técnicos:

- [7] GAGLIANO, Roque. Planificando IPv6. [diapositiva] Lacnic. 25, 50 diapos.
- [8] DEERING, S; HINDEN R. 1998. Protocolo Internet, Versión 6 (IPv6). [en línea]. Disponible en: [www.rfc-es.org/rfc/rfc2460es.txt](http://www.rfc-es.org/rfc/rfc2460es.txt), [Consulta: 3 julio 2010].
- [9] HINDEN, R; DEERING S. 1998. IPv6 hace frente a la Arquitectura. [en línea]. Disponible en: <http://www.normesintemet.com/normes.php?rfc=rfc2373&lang=es>, [Consulta: 3 julio 2010].
- [10] THOMSON, S; NARTEN T. 1998. Configuración Automática sin Estado de Direcciones IPv6. [en línea]. Disponible en: [www.rfc-es.org/rfc/rfc2462es.txt](http://www.rfc-es.org/rfc/rfc2462es.txt), [Consulta: 3 julio 2010].
- [11] HINDEN, R; DEERING S. 2003. Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture. [en línea]. Disponible en: [www.ietf.org/rfc/rfc3513.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc3513.txt), [Consulta: 3 julio 2010].

- [12] CONTA, A; DEERING S. 2006. Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification. [en línea]. Disponible en: [www.ietf.org/rfc/rfc4443.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc4443.txt), [Consulta: 17 julio 2010].
- [13] IAB; IESG. 2001. Recommendations on IPv6 Allocations to Site. [en línea]. Disponible en: [www.ietf.org/rfc/rfc3177.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc3177.txt), [Consulta: 28 agosto 2010].
- [14] LACNIC. Portal IPv6. [en línea]. Disponible en: <http://portalipv6.lacnic.net>, [Consulta: 17 julio 2010].
- [15] WIKIMEDIA FOUNDATION, Inc. IPv6. Wikipedia, La enciclopedia libre. [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/IPv6>, [Consulta: 28 agosto 2010].
- [16] TASK FORCE, IPv6. The Portal IPv6. [en línea]. Disponible en: [www.ipv6tf.org](http://www.ipv6tf.org), [Consulta: 17 julio 2010].
- [17] SIXXS. IPv6 Deployment & Tunnel Broker. [en línea]. Disponible en: [www.sixxs.net](http://www.sixxs.net), [Consulta: 17 julio 2010].
- [18] FORUM, IPv6. The IPv6 Forum, The New Internet, Driving IPv6 Deployem. [en línea]. Disponible en: [www.ipv6forum.com](http://www.ipv6forum.com), [Consulta: 17 agosto 2010].
- [19] IPv4 Address Report. 2010. [en línea]. Disponible en: <http://www.potaroo.net/tools/ipv4>, [Consulta: 14 agosto 2010].
- [20] ELECTRIC, HURRICANE. Hurricane Electric IPv6. [en línea]. Disponible en: <http://ipv6.he.net>, [Consulta: 14 agosto 2010].

*Referencia a Tesis:*

- [21] ESCUELA DE CIENCIAS COMPUTACIONALES. 2008. Implementación de Servicios de Internet sobre IPv6 para UTPL. Ingeniería Investigación Información Internet (i4). No. (2): 141-145. Abril.
- [22] JARA SABA., Felipe Ernesto. 2009. Estudio e Implementación de una Red IPv6 en la UTFSM. (Tesis Ing. Civil Telemático) Valparaíso Chile, Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento de Electrónica. 25 p.

## 11. APÉNDICES

### 11.1. Detalles técnicos

La Universidad dispone de la red IPv4 192.168.49.0/24, de donde partiremos para asignar una subred IPv6 a los servidores públicos basándonos en el campo del tercer octeto, que tenemos como identificador el 49 quedando la subred 2800:68:7:49::/64 para los servidores.

A continuación se muestra la tabla de direcciones IPv6 asignados a los servidores públicos de la Universidad Nacional de Loja.

<b>Tabla. 6.</b> Direccionamiento IPv6 servidores públicos.	
<i>Dispositivo</i>	<i>Dirección IPv6</i>
Servidor web	2800:68:7:49::2/64
Admisiones (SGA)	2800:68:7:49::3/64
Router Cedia Telconet	2800:68:7:49::4/64
Firewall (contafuegos)	2800:68:7:49::5/64
Sistema académico (SGA)	2800:68:7:49::6/64
Web cña	2800:68:7:49::8/64
Web vinculación	2800:68:7:49::9/64
Web virtual (Med)	2800:68:7:49::10/64
Web cursos (Med)	2800:68:7:49::11/64
Web Área Energía	2800:68:7:49::12/64
Web cursos Universidad	2800:68:7:49::13/64
Web virtual (Med)	2800:68:7:49::16/64
Correo electrónico	2800:68:7:49::20/64
Radio universitaria	2800:68:7:49::50/64
Videoconferencias	2800:68:7:49::100/64



## 12. ANEXOS

Diagrama de topología IPv6 que se desarrolló en el proyecto para los diferentes dispositivos, servidores, aplicaciones, entre otros.

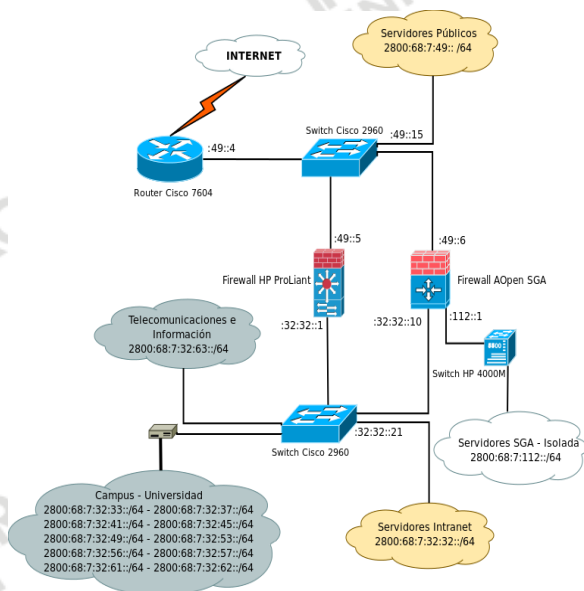


Fig. 6. Diagrama de topología IPv6.

Se asignó la red 2800:68:7:32:32::/64 a los servidores de la Intranet, dicha red pertenece al identificador "32" y está bajo la administración de la Sección de Redes y Equipos Informáticos. Así mismo se considera asignar la red 2800:68:7:49::/64 para los servidores públicos en donde la administración de estos servidores se realiza por parte de personal de la Sección Redes, Sistema de Gestión Académico y Modalidad de Estudios a Distancia. Finalmente el prefijo 2800:68:7:112:: / 64 se considera necesario para la red aislada del Sistema de Gestión Académico.