

**“XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y RAMAS AFINES”**

**Del 8 al 13 de Agosto 2011**  
**UNI, Lima Perú**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERIA**



**RAMA ESTUDIANTIL DE LA UNI**

***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.***

***Jhon Alexander Calderón Sanmartín***  
***Universidad Nacional de Loja***  
***Unidad de Telecomunicaciones e Información***  
***[j.calderon@ieee.org](mailto:j.calderon@ieee.org)***

*Código de proyecto: PI0043*  
*Área temática: Ingeniería en Sistemas*  
*Categoría: Egresados*

Lima - Perú

**Universidad Nacional  
de Loja**



# Introducción.

Nuevo protocolo de Internet versión 6 (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 está implementado en la gran mayoría de dispositivos que acceden a Internet.

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.

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.



## Objetivos:

### *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.



## Objetivos 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.



# Desarrollo del trabajo.

## ***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.

### ***> Dispositivos de networking.***

Los dispositivos de networking (router, switch, transceiver, 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).



# Desarrollo del trabajo.

## Primera Fase.

### Direccionamiento IPv4 Privado.

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>
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

### Direccionamiento IPv4 Público.

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>
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



# Desarrollo del trabajo.

## Primera Fase.

> **Servicios de Internet que se brindan en el entorno educativo de la institución.**

<i>Tipo de Servicio</i>	<i>Puertos</i>	<i>Sistema Operativo</i>
* <u>dns</u> (bind v. 9.7.0) * <u>dhcp</u> (dhcp v. 3.0.5)	* <u>Dns</u> 53 UDP / 53 TCP * <u>Dhcp</u> 67 UDP	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>smtp</u> (sendmail v. 8.13.8) * <u>pop3</u> (dovecot v. 1.0.7) * <u>imap</u> (dovecot v. 1.0.7) * <u>ssl</u> (openssl v. 0.9.8)	* <u>Smtpt</u> 25 TCP * <u>Pop3</u> 110 TCP * <u>Imap</u> 143 TCP * <u>Smtpts</u> 465 <u>pop3s</u> 995 <u>imaps</u> 993	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>http</u> (httpd v. 2.2.3) * <u>mysql</u> (mysql-server v. 5.0.77)	* <u>Http</u> 80 TCP * <u>Mysql</u> 3306 TCP	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>proxy</u> (squid v. 3.0) * <u>dansguardian</u> (dansguardian v. 2.8.0)	* <u>Proxy</u> 5647 TCP * <u>Dansguardian</u> 8080 TCP	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>ftp</u> (vsftpd v. 2.0.5)	* <u>Ftp</u> 20 y 21 TCP	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>ssh</u> (ssh-server v. 4.3)	* <u>Ssh</u> 4466 TCP	Distribución <u>Centos v. 5.4</u>
* <u>apache</u> (v. 2.0 ) * <u>postgresql</u> (postgresql v. 8.3) * <u>ssl</u> (openssl v. 0.9.8)	* <u>Apache</u> 80, 81 y 82 TCP * <u>Postgresql</u> 5432 TCP * <u>Https</u> 443 TCP	Distribución <u>Debian 4.0</u>



# Desarrollo del trabajo.

## 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.



# Desarrollo del trabajo.

## *Segunda Fase.*

### **> *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.

Para el análisis nos basamos 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.



# Desarrollo del trabajo.

## *Tercera Fase.*

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

### **> Prefijo IPv6 2800:68::/32.**

El CEDIA dispone del prefijo IPv6 2800:68::/32 asignado por LACNIC (Registro de direcciones de Internet para Latinoamérica y el Caribe), 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.



# Desarrollo del trabajo.

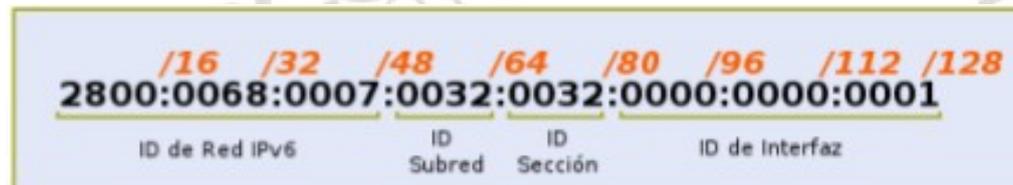
## Tercera Fase.

### > **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. Agrupando los ceros quedaría el prefijo **2800:68:7::/48**.

### > **Plan de direccionamiento IPv6.**

Toda dirección Unicast Global IPv6 cuenta con tres campos: el prefijo globalmente encaminado, el identificador de subred y el identificador de interfaz.



# Desarrollo del trabajo.

## Tercera Fase.

### > Direccionamiento IPv6.

#### Rangos IPv6 Áreas Académicas y Dependencias.

<i>Rango IPv6 /64</i>	<i>Identificador</i>	<i>Destino</i>
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

#### Direcciones IPv6 Servidores.

<i>Dispositivo</i>	<i>Dirección IPv6</i>
Firewall (cortafuegos)	2800:68:7:32:32::1 /64
Sistema de nombres (dns)	2800:68:7:32:32::2 /64
Asignación IPv4 (dhcp)	2800:68:7:32:32::4 /64
Voz sobre IP (asterisk)	2800:68:7:32:32::5 /64
Financiero	2800:68:7:32:32::7 /64
Sistema académico (sga)	2800:68:7:32:32::10 /64
Proxy Administración	2800:68:7:32:32::13 /64
Sistema de monitoreo (nagios)	2800:68:7:32:32::20 /64



# Desarrollo del trabajo.

## *Cuarta Fase.*

Se creó 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).

En función de los servicios de Internet podemos identificar las aplicaciones que están siendo utilizadas. Nos centraremos especialmente en las soluciones de Software Libre y Open Source, puesto que es política de la institución el uso de soluciones libres.

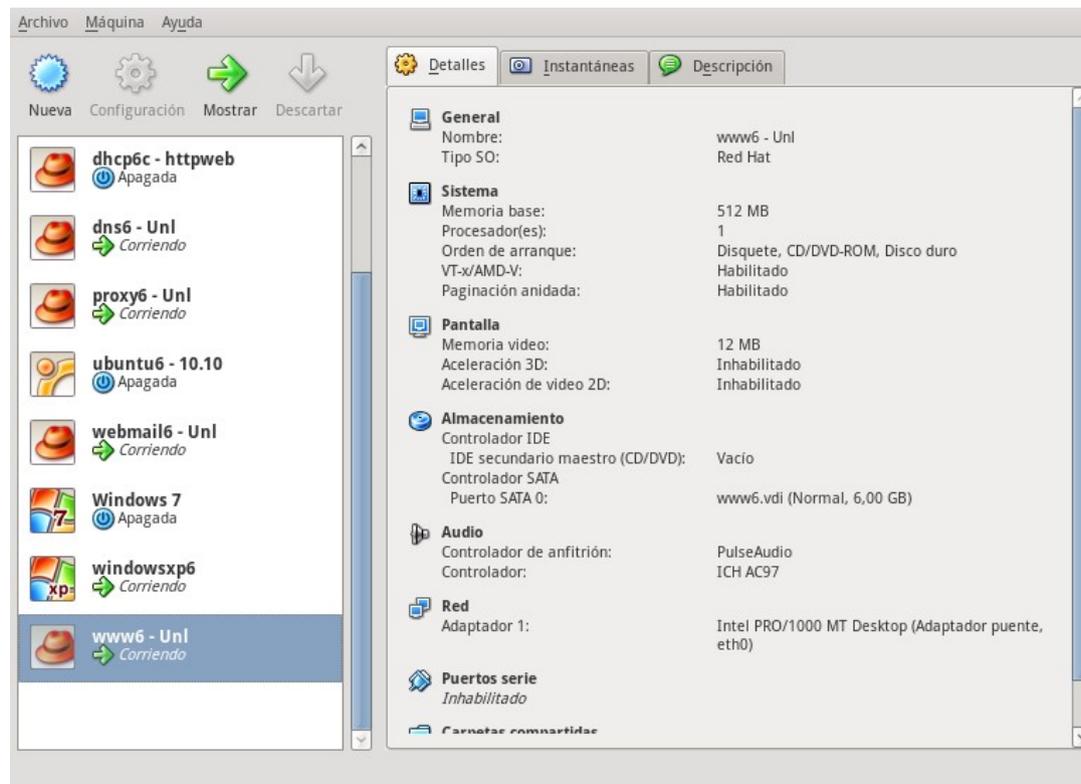
- > Bind v. 9.7.0
- > Sendmail v. 8.13.8
- > Openssl v. 0.9.8
- > Mysql-server v. 5.0.77
- > Dansguardian v. 2.8.0
- > Ssh-server v. 4.3
- > Dhcp v. 3.0.5
- > Dovecot v. 1.0.7
- > Httpd v. 2.2.3
- > Squid v. 3.0
- > Vsftpd v. 2.0.5
- > Apache 2.0
- > Postgresql v. 8.3



# Desarrollo del trabajo.

## Cuarta Fase.

**> Virtualización de Sistemas Operativos usando como mecanismo de transición doble pila en un entorno de desarrollo.**

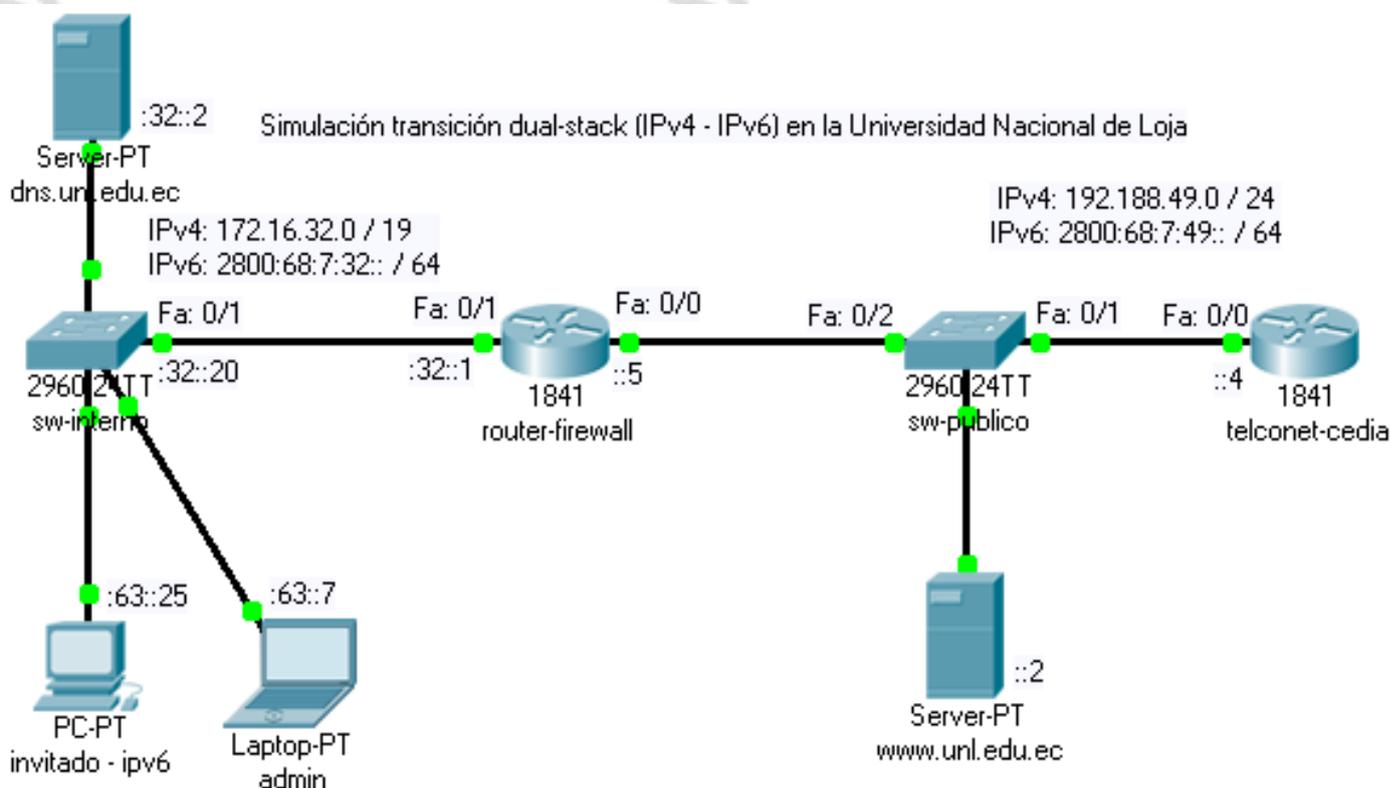


# Desarrollo del trabajo.

## Cuarta Fase.

> **Simulación transición doble pila (IPv4 e IPv6).**

El programa específico que nos permite realizar la simulación es Packet Tracer una aplicación propietaria de Cisco System.



# Desarrollo del trabajo.

## 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.

### > 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
```

```
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
```

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



# Desarrollo del trabajo.

## *Sexta Fase.*

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

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.

### **> 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 pin6 para probar conectividad a un equipo remoto.



# Desarrollo del trabajo.

**Sexta Fase.**  
**> ICMP versión 6.**

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
15	2.946786	fe88::218:feff:fefe:9576	fe88::226:b9ff:fee8:228c	ICMPv6	Neighbor solicitation
16	2.946820	fe88::226:b9ff:fee8:228c	fe88::218:feff:fefe:9576	ICMPv6	Neighbor advertisement
18	3.539082	fe80::e507:11e7:18e9:13fc	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit
34	7.272894	2880:68:7:32:63::7	2880:68:7:49::2	ICMPv6	Echo request
35	7.273299	2880:68:7:49::2	2880:68:7:32:63::7	ICMPv6	Echo reply
40	7.549553	fe80::e507:11e7:18e9:13fc	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit
42	7.957458	fe88::226:b9ff:fee8:228c	fe88::218:feff:fefe:9576	ICMPv6	Neighbor solicitation
43	7.957686	fe88::218:feff:fefe:9576	fe88::226:b9ff:fee8:228c	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

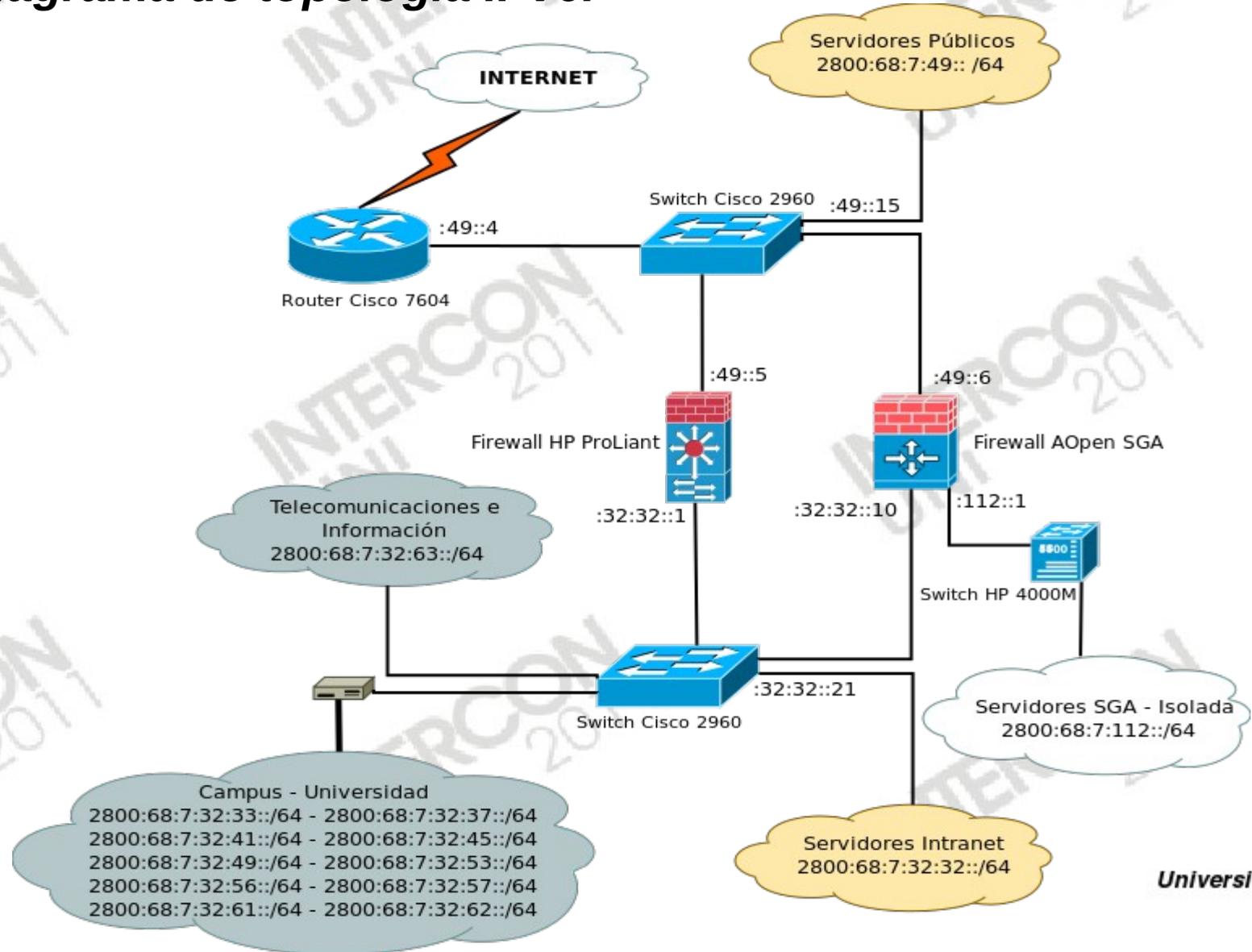
  

```

▶ Frame 34 (118 bytes on wire, 118 bytes captured)
▶ Ethernet II, Src: Dell_e8:22:0c (00:26:b9:e8:22:0c), Dst: HewlettP_fe:95:76 (00:18:fe:fe:95:76)
▶ Internet Protocol Version 6
  ▶ 0110 .... = Version: 6
    .... 0000 0000 .... = Traffic class: 0x00000000
    .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 64
    Next header: ICMPv6 (0x3a)
    Hop limit: 64
    Source: 2880:68:7:32:63::7 (2880:68:7:32:63::7)
    Destination: 2880:68:7:49::2 (2880:68:7:49::2)
▶ Internet Control Message Protocol v6
  
```

# Plan de validación.

> Diagrama de topología IPv6.



## Plan de validación.

La implementación de IPv6, fue evaluada por los jefes departamentales de la Unidad de Telecomunicaciones e Información y técnicos de la Sección de Redes y Software, comprobando el funcionamiento correcto del nuevo protocolo de Internet versión 6 en la red de datos de Universidad Nacional de Loja.

## *Realización de la práctica demostrativa.*

*manos a la obra...*



## Resultados.

- > 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.



## Conclusiones.

- > Para realizar la transición a IPv6, se optó por el mecanismo de transición doble pila, debido a que los nodos tienen la capacidad de enviar y recibir paquetes IPv4 e IPv6.
- > El direccionamiento IPv6 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.
- > Se verificó el correcto funcionamiento de cada servicio de Internet en IPv4 e IPv6 en los servidores de producción, 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.



## Recomendaciones.

- > Incorporar el tema del protocolo de internet IPv6 en los currículos de las carreras técnicas, principalmente en la materia de redes de Internet (TCP/IP).
- > 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.
- > 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.
- > Se propone, que mediante nuevos tesisistas o los Ingenieros de la Sección Redes realicen nuevos estudios que permita la implementación de IPv6 en la red inalámbrica IEEE 802.11 de la institución.



# ***Comentarios, Preguntas y Respuestas...***



## Gracias por su atención...

Saludos desde la Universidad nacional de Loja | Ecuador

Jhon Alexander Calderón Sanmartín

Email: [j.calderon@ieee.org](mailto:j.calderon@ieee.org)

Twitter: @machutec

Esta obra esta bajo una licencia Creative Commons – Atribución  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/ec/>



**Nota:** Todo el material del concurso de proyectos en: [www.unl.edu.ec/ipv6](http://www.unl.edu.ec/ipv6)

