

## Capítulo III. Esquema y red de prueba

El objetivo de éste capítulo es aplicar los conocimientos que se dieron en el capítulo anterior, al elegir un método de transición es necesario definir un esquema de red para migrarlo y probar la conectividad entre los equipos conectados en la red. También se puede probar que tan factible es el cambio.

El cambio y la elección se hacen pensando en los equipos que se tienen disponibles en el laboratorio de redes y telecomunicaciones y haciendo una configuración tanto de las PCs como de los ruteadores que se proporcionaron, primero se ve el esquema a ser utilizado, después se hace la descripción de la LAN que se utiliza, como siguiente paso se describe el *hardware* y el *software* que se utiliza, después se presenta la configuración de los equipos y finalmente se presentan los resultados obtenidos.

### 3.1.- Esquema a ser utilizado

En lo referente al desarrollo práctico de la tesis, se ocupa el laboratorio de redes y telecomunicaciones para las pruebas de la red del proyecto, en éste caso se crean dos redes de computadoras con IPv6, en las cuales se configuran direcciones IPv6, se interconectan las redes por medio de un *tunneling 6over4* de IPv6, es decir dos redes de IPv6 se interconectan por medio de direcciones IPv4. Se optó por éste esquema ya que es el que más se utiliza en las redes empresariales actuales.

En las redes actuales, por lo regular se tienen redes establecidas de IPv4 y el cambio de *backbone* a IPv6 es demasiado costoso, entonces es mejor empezar a instalar pequeños

nodos con direcciones IPv6 los cuales se pueden conectar a los *backbones* de las empresas actuales. Otra opción es hacer cambios en pequeñas islas de máquinas con IPv6 e interactuar con el *backbone* IPv4 por medio túneles, es decir, en éste momento es muy difícil que las empresas de cualquier tamaño hagan un cambio total de IPv4 a IPv6, tanto por el gasto en cambio de equipos de *backbone* como el gasto en tiempo que implica para hacer el cambio de direccionamiento es demasiado, por lo que se opta en el documento por hacer un ejemplo que sea aplicable a cualquier empresa independientemente de su tamaño.

### **3.2.- Descripción de la LAN**

La red que se usa en el proyecto consta de dos redes de computadoras, con Windows XP e IPv6 instalado y configurado en cada equipo, entre las dos redes se colocan dos ruteadores Cisco 1721 conectados *back to back*, que hacen las veces de interconectores y traducen las direcciones IPv6 en direcciones IPv4, además de que utilizan los protocolos de salida para hacer la interconexión de las dos redes por medio de túneles.

La infraestructura de la red del laboratorio de pruebas consta de dos computadoras y dos ruteadores como se puede ver en la figura 3.1, las cuales realizan los siguientes servicios:

- Una computadora con sistema operativo Windows XP la cual hace las veces de cliente, dicho cliente en el documento se denomina CLIENTE 1.
- Una computadora con sistema operativo Windows XP la cual hace las veces de cliente, dicho cliente en el documento se denomina CLIENTE 2.
- Un ruteador Cisco modelo 1721 con IOS (sistema operativo) 12.3(14)T4, dicho ruteador en el documento se denomina ROUTER A.

- Un router Cisco modelo 1721 con IOS (sistema operativo) 12.3(14)T4, dicho router en el documento se denomina ROUTER B.

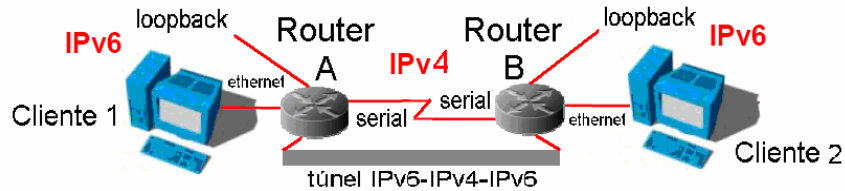


Fig. 3.1: Esquema de red del proyecto

Los segmentos de red se pueden ver en la tabla de la figura 3.2 y gráficamente se pueden apreciar en la figura 3.3:

Segmento	Direcciones IPv4	Direcciones IPv6
Subred 1	10.0.1.0/27	2002:DB8:1234:42::/64
Túnel 1	-	2002:DB8:1234:43::/64
Loopback 1	10.0.3.0/27	2002:DB8:1234:46::/64
Subred 2	10.0.2.0/27	2002:DB8:1234:44::/64
Túnel 2	-	2002:DB8:1234:45::/64
Loopback 2	10.0.4.0/27	2002:DB8:1234:47::/64
Enlace	10.0.0.4/30	-

Fig. 3.2: Segmentos de la red de prueba

Las computadoras en cada subred están conectadas al router directamente, lo que no significa que no se puedan adicionar más equipos, se pueden poner más equipos utilizando un switch de capa 2 que maneje IPv6. Los dos routers están conectados en *back to back* por medio de cables DTE y DCE respectivamente.

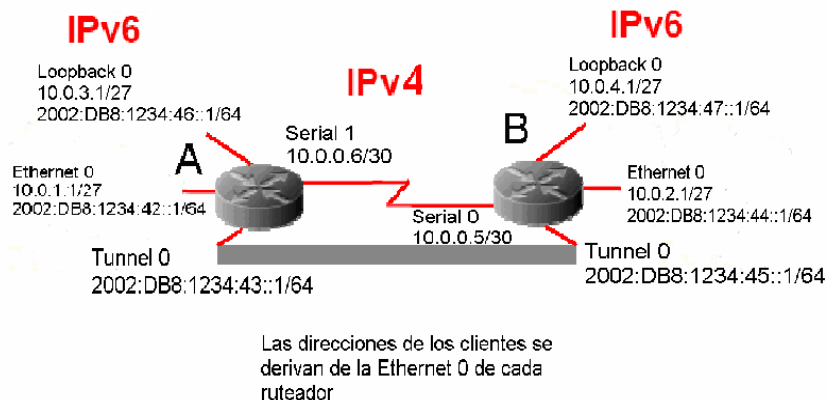


Fig. 3.3: Direccionamiento de red del proyecto

### 3.3.- Descripción del software y hardware a utilizar

En el proyecto se utiliza como sistema operativo Windows XP, ya que tiene la facilidad de tener intergrado IPv6 y no es necesario instalar software adicional para configurar el protocolo en dichas máquinas, además es el software que tienen las maquinas del laboratorio.

Como software de enlace de los ruteadores Cisco se utiliza el IOS (sistema operativo) 12.3(14)T4, el cual se instaló en los ruteadores que se usan en el proyecto, dicho sistema operativo tiene la facilidad de manejar IPv6, tanto su direccionamiento como los túneles necesarios para hacer la conexión entre equipos.

El hardware a utilizar es, en el caso de los equipos de cómputo, computadoras PC genéricas, las cuales están disponibles en el laboratorio.

En el caso de los ruteadores son equipos marca Cisco, modelo 1721, con memoria RAM de 16Mb y memoria flash de 64Mb, el ruteador también tiene un puerto serial, un puerto FastEthernet, además de los puertos auxiliar y de consola básicos de los equipos Cisco.

### **3.4.- Configuración de la LAN**

En la configuración de cada equipo para IPv6, cada computadora se configura manualmente, se usa DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*). Para la configuración de IPv6, la dirección IPv6 la proporciona el ruteador por medio de los prefijos anteriormente señalados en las direcciones de los ruteadores y se extenderá con la propia MAC address del equipo. Los equipos se configuran manualmente de la siguiente manera:

CLIENTE 1 y CLIENTE 2:

1. Se instala Windows XP con SP1, se pone el *password* de administrador.
2. Después de resetear la computadora, se entra como administrador.
3. Se instala el protocolo IPv6 usando el comando *ipv6 install*

#### **Configuración del cliente 1**

La configuración del cliente la hace automáticamente Windows XP al instalar IPv6, la dirección IPv6 se la proporciona el ruteador por medio de DHCP.

```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
```

```
C:\>ipv6 if
Interface 5: Ethernet: Local Area Connection
  Guid {4AB358DC-2B77-4C78-8F14-09723F467DD2}
  uses Neighbor Discovery
  uses Router Discovery
  link-layer address: 00-11-5b-04-d0-a1
```

```
    preferred global 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c, life
6d23h57m51s/23h5
5m4s (temporary)
    preferred global 2002:db8:1234:42:211:5bff:fe04:d0a1, life
29d23h57m51s/6d23
h57m51s (public)
    preferred link-local fe80::211:5bff:fe04:d0a1, life infinite
    multicast interface-local ff01::1, 1 refs, not reportable
    multicast link-local ff02::1, 1 refs, not reportable
    multicast link-local ff02::1:ff04:d0a1, 2 refs, last reporter
    multicast link-local ff02::1:ff8d:3b2c, 1 refs, last reporter
link MTU 1500 (true link MTU 1500)
current hop limit 64
reachable time 27000ms (base 30000ms)
retransmission interval 1000ms
DAD transmits 1
default site prefix length 48
Interface 4: Teredo Tunneling Pseudo-Interface
Guid {5FEDCE1E-BC96-44FE-B888-1E769E16BAC5}
zones: link 4 site 2
cable unplugged
uses Neighbor Discovery
uses Router Discovery
routing preference 2
link-layer address: 0.0.0.0
    preferred link-local fe80::5445:5245:444f, life infinite
    multicast interface-local ff01::1, 1 refs, not reportable
    multicast link-local ff02::1, 1 refs, not reportable
link MTU 1280 (true link MTU 1280)
current hop limit 128
reachable time 30500ms (base 30000ms)
retransmission interval 1000ms
DAD transmits 0
default site prefix length 48
Interface 3: 6to4 Tunneling Pseudo-Interface
Guid {A995346E-9F3E-2EDB-47D1-9CC7BA01CD73}
does not use Neighbor Discovery
does not use Router Discovery
routing preference 1
link MTU 1280 (true link MTU 65515)
current hop limit 128
reachable time 19500ms (base 30000ms)
retransmission interval 1000ms
DAD transmits 0
default site prefix length 48
Interface 2: Automatic Tunneling Pseudo-Interface
Guid {48FCE3FC-EC30-E50E-F1A7-71172AEEE3AE}
does not use Neighbor Discovery
does not use Router Discovery
routing preference 1
EUI-64 embedded IPv4 address: 0.0.0.0
router link-layer address: 0.0.0.0
    preferred link-local fe80::5efe:140.148.20.46, life infinite
link MTU 1280 (true link MTU 65515)
current hop limit 128
reachable time 39500ms (base 30000ms)
retransmission interval 1000ms
```

```
DAD transmits 0
default site prefix length 48
Interface 1: Loopback Pseudo-Interface
  Guid {6BD113CC-5EC2-7638-B953-0B889DA72014}
  zones: link 1 site 3
  does not use Neighbor Discovery
  does not use Router Discovery
  link-layer address:
    preferred link-local ::1, life infinite
    preferred link-local fe80::1, life infinite
  link MTU 1500 (true link MTU 4294967295)
  current hop limit 128
  reachable time 22500ms (base 30000ms)
  retransmission interval 1000ms
  DAD transmits 0
  default site prefix length 48
```

## Configuración del cliente 2

La configuración del cliente 2 se hace de la misma manera que la del cliente 1.

```
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
```

```
C:\>ipv6 if
Interfaz 4: Ethernet: Conexión de área local
  usa unidad de detección de equipos cercanos (Neighbor Discovery)
  utiliza descubrimiento de enrutador
  dirección de capa de vínculo: 08-00-46-6e-b4-05
    preferred global 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528, duración
6d22h48m55s/
22h46m33s (anónimo)
    preferred global 2002:db8:1234:44:a00:46ff:fe6e:b405, duración
29d23h57m9s/6
d23h57m9s (público)
    preferred link-local fe80::a00:46ff:fe6e:b405, duración infinite
    multidifusión interface-local ff01::1, 1 referencias, no se puede
informar
    multidifusión link-local ff02::1, 1 referencias, no se puede informar
    multidifusión link-local ff02::1:ff6e:b405, 2 referencias, último
informe
    multidifusión link-local ff02::1:ffcc:5528, 1 referencias, último
informe
  vínculo MTU 1500 (vínculo MTU verdadero 1500)
  límite de saltos actual 64
  tiempo accesible 24500ms (base 30000ms)
  intervalo de retransmisión 1000ms
  transmisiones DAD 1
Interfaz 3: Seudo interfaz de túnel 6to4
  no usa unidad de detección de equipos cercanos (Neighbor Discovery)
  no utiliza descubrimiento de enrutador
  vínculo MTU 1280 (vínculo MTU verdadero 65515)
  límite de saltos actual 128
  tiempo accesible 42000ms (base 30000ms)
```

```
intervalo de retransmisión 1000ms
transmisiones DAD 0
Interfaz 2: Seudo interfaz de túnel automático
no usa unidad de detección de equipos cercanos (Neighbor Discovery)
no utiliza decubrimiento de enrutador
Dirección de capa de enlace del enrutador: 0.0.0.0
Dirección IPv4 con EUI-64 incrustado: 0.0.0.0
  preferred link-local fe80::5efe:169.254.76.121, duración infinite
vínculo MTU 1280 (vínculo MTU verdadero 65515)
límite de saltos actual 128
tiempo accesible 17000ms (base 30000ms)
intervalo de retransmisión 1000ms
transmisiones DAD 0
Interfaz 1: Seudo interfaz de bucle invertido
no usa unidad de detección de equipos cercanos (Neighbor Discovery)
no utiliza decubrimiento de enrutador
dirección de capa de vínculo:
  preferred link-local ::1, duración infinite
  preferred link-local fe80::1, duración infinite
vínculo MTU 1500 (vínculo MTU verdadero 4294967295)
límite de saltos actual 128
tiempo accesible 16000ms (base 30000ms)
intervalo de retransmisión 1000ms
transmisiones DAD 0
```

La interfaz que corresponde a un adaptador de red ethernet con la dirección de enlace local es la interfaz 5 con dirección IPv6 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c en el cliente 1 y la interfaz 4 con dirección IPv6 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 en el cliente 2.

#### ROUTER A y ROUTER B:

1. Se verifica la versión de IOS que sea la adecuada, si no es la adecuada, se carga la versión 12.3(14)T4.
2. Se dan de alta las direcciones IPv4 e IPv6 en las interfaces (FastEthernet 0, Loopback 0, Túnel 0, Serial 0 y 1 respectivamente).
3. Se da de alta el servicio DHCP para la asignación dinámica de direcciones.
4. Se crea la intercomunicación entre rutaedores por medio del protocolo OSPF.
5. Se crean los túneles de comunicación para ver las redes IPv6.



6. Se crean las listas de acceso para la propia intercomunicación entre las redes propagadas por los ruteadores.

## Configuración del ruteador A

Para ver lo que se configuró y como se configuró el ruteador A, se despliega la configuración del ruteador

```
RouterA#sh run          */ comando el cual despliega la configuración del ruteador /*
Building configuration...

Current configuration : 1629 bytes
!
version 12.3            */ versión de IOS que tiene instalada el ruteador */
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname RouterA       */ nombre del ruteador configurado /*
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
enable secret 5 $1$JZxD$m6APdqD0Set/Qtz611BSv/ */ password secreto para
                                                    configurar el ruteador /*
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
mmi polling-interval 60
no mmi auto-configure
no mmi pvc
mmi snmp-timeout 180
ip subnet-zero
!
no ip dhcp use vrf connected
!
ip cef
ipv6 unicast-routing   */ comando el cual indica que se manejarán
                        direcciones IPv6 Unicast en el ruteador /*

ipv6 dhcp pool dhcp-pool */ comando para definir el pool de direcciones IPv6 /*
  dns-server 2001:DB8:A:B::1 */ definición del servidor DNS primario /*
  dns-server 2001:DB8:3000:3000::42 */ definición del servidor DNS secundario /*
  domain-name udla.com   */ definición del nombre del dominio /*
!
```

```

interface Tunnel0          */ definición del túnel para comunicarse entre ruteadores /*
no ip address             */ la interfáz del túnel no maneja direcciones IPv4 /*
ipv6 address 2002:DB8:1234:43::1/64      */ definición de la dirección IPv6 del
                                         túnel /*
tunnel source FastEthernet0          */ definición del origen del túnel /*
tunnel destination 10.0.2.1          */ definición del destino del túnel en IPv4/*
tunnel mode ipv6ip                  */ modo del túnel, en éste caso, de IPv6 a IPv4 /*
!
interface Loopback0          */ definición de una interfáz de retorno /*
ip address 10.0.3.1 255.255.255.224    */ el retorno tiene dirección IPv4 /*
ipv6 address 2002:DB8:1234:46::1/64    */ y dirección IPv6 /*
!
interface FastEthernet0     */ definición de la interfaz ethernet para la
                             comunicación con los equipos de la red /*
ip address 10.0.1.1 255.255.255.224    */ la interfaz FastEthernet0 tiene
                             direccionamiento IPv4 /*
speed auto
ipv6 address 2002:DB8:1234:42::1/64    */ también se configura
                             direccionamiento IPv6 para hacer el túnel /*
ipv6 enable                    */ se habilita IPv6 en la interfaz /*
ipv6 nd other-config-flag      */ se habilita el comando para no recibir
                             banderas de otras configuraciones /*
ipv6 dhcp server dhcp-pool      */ se configura la interfaz para distribuir
                             direcciones IPv6 por medio de un pool de
                             direcciones DHCP /*
!
interface Serial0          */ ésta interfaz serial no se utiliza /*
no ip address
shutdown
!
interface Serial1         */ se configura el enlace serial para la conexión entre
                             ruteadores /*
ip address 10.0.0.6 255.255.255.252    */ se configura la dirección IPv4 para el
                             enlace entre los dos ruteadores /*
clockrate 56000           */ se define la velocidad de comunicación /*
!
router ospf 1             */ se define el protocolo de comunicación entre ruteadores, en
                             éste caso OSPF /*
log-adjacency-changes    */ se define que acepte cambio por medio de los vecinos /*
network 10.0.0.0 0.0.255.255 area 0    */ se define la red que se utilizará para
                             la comunicación y el área de enlace /*
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial1      */ toda la comunicación IPv4 se canalizará por
                                         el serial 1 /*
no ip http server
!

```

```
ip nat pool public-access 199.99.9.40 199.99.9.62 netmask 255.255.255.224
                                */ se define un pool de direcciones para NAT
                                en IPv4 /*
ip nat inside source list 1 pool public-access          */ el origen de la lista de
                                                         direcciones es el pool ya mencionado /*
!
access-list 1 permit 10.0.1.0 0.0.0.255          */ la lista de acceso permite la
                                                         circulación de la red interna /*
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0 */ todo el tráfico de IPv6 se mandará por el túnel0 /*
!
ipv6 access-list pt-list1          */ se crea una lista de acceso para IPv6 igual que para
                                IPv4 /*
sequence 30 permit ipv6 2002:DB8:1234:43::/64 any
permit ipv6 2002:DB8:1234:42::/64 any          */ permite el acceso de cualquier
                                                         protocolo /*
permit ipv6 2002:DB8:1234:43::/64 any
permit ipv6 2002:DB8:1234:46::/64 any
!
control-plane
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4          */ se crean 4 sesiones de telnet para atención remota /*
password cisco          */ password asignado para las sesiones remotas /*
login
!
end          */ fin de la configuración /*

RouterA#
```

## Configuración del ruteador B

Para ver lo que se configuró y como se configuró el ruteador B, se despliega la configuración del ruteador

```
RouterB#sh run          */ comando el cual despliega la configuración del ruteador /*
Building configuration...

Current configuration : 1680 bytes
!
version 12.3          */ versión de IOS que tiene instalada el ruteador /*
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname RouterB          */ nombre del ruteador configurado /*
!
boot-start-marker
```

```
boot system flash
boot-end-marker
!
enable secret 5 $l$JZxD$m6APdqD0Set/Qtz611BSv/ /* password secreto para
                                                configurar el ruteador /*
!
no aaa new-model
!
resource policy
!
mmi polling-interval 60
no mmi auto-configure
no mmi pvc
mmi snmp-timeout 180
ip subnet-zero
!
no ip dhcp use vrf connected
!
ip cef
ipv6 unicast-routing /* comando el cual indica que se manejarán direcciones IPv6
Unicast en el ruteador /*
ipv6 dhcp pool dhcp-pool /* comando para definir el pool de direcciones IPv6 /*
  dns-server 2001:DB8:A:B::1 /* definición del servidor DNS primario /*
  dns-server 2001:DB8:3000:3000::42 /* definición del servidor DNS secundario /*
  domain-name udla.com /* definición del nombre del dominio /*
!
interface Tunnel0 /* definición del túnel para comunicarse entre ruteadores /*
  no ip address /* la interfáz del túnel no maneja direcciones IPv4 /*
  ipv6 address 2002:DB8:1234:45::1/64 /* definición de la dirección IPv6 del
túnel /*
  tunnel source FastEthernet0 /* definición del origen del túnel /*
  tunnel destination 10.0.1.1 /* definición del destino del túnel en IPv4 /*
  tunnel mode ipv6ip /* modo del túnel, en éste caso, de IPv6 a IPv4 /*
!
interface Loopback0 /* definición de una interfáz de retorno /*
  ip address 10.0.4.1 255.255.255.224 /* el retorno tiene dirección IPv4 /*
  ipv6 address 2002:DB8:1234:47::1/64 /* y dirección IPv6 /*
!
interface FastEthernet0 /* definición de la interfaz ethernet para la
comunicación con los equipos de la red /*
  ip address 10.0.2.1 255.255.255.224 /* la interfaz ethernet0 tiene
direccionamiento IPv4 /*
  ip virtual-reassembly
  speed auto
  ipv6 address 2002:DB8:1234:44::1/64 /* también se configura
direccionamiento IPv6 para hacer el túnel /*
  ipv6 enable /* se habilita IPv6 en la interfaz /*
  ipv6 nd other-config-flag /* se habilita el comando para no recibir banderas de
otras configuraciones /*
```

```
ipv6 dhcp server dhcp-pool    */ se configura la interfaz para distribuir direcciones
                              IPv6 por medio de un pool de direcciones DHCP /*
!
interface Serial0             */ se configura el enlace serial para la conexión entre
                              ruteadores /*
ip address 10.0.0.5 255.255.255.252    */ se configura la dirección IPv4 para el
                              enlace entre los dos ruteadores /*

ip virtual-reassembly
no fair-queue
!
interface Serial1             */ ésta interfaz serial no se utiliza /*
no ip address
shutdown
!
router ospf 1                 */ se define el protocolo de comunicación entre ruteadores, en
                              éste caso OSPF /*
log-adjacency-changes        */ se define que acepte cambio por medio de los vecinos /*
network 10.0.0.0 0.0.255.255 area 0    */ se define la red que se utilizará para
                              la comunicación y el área de enlace /*
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0    */ toda la comunicación IPv4 se canalizará por
                              el serial 0 /*

no ip http server
!
ip nat pool public-access 199.99.9.64 199.99.9.86 netmask 255.255.255.224
                              */ se define un pool de direcciones para NAT
                              en IPv4 /*
ip nat inside source list 1 pool public-access    */ el origen de la lista de
                              direcciones es el pool ya mencionado /*
!
access-list 1 permit 10.0.2.0 0.0.0.255    */ la lista de acceso permite la
                              circulación de la red interna /*
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0    */ todo el tráfico de IPv6 se mandará por el
                              túnel0 /*
!
ipv6 access-list pt-list1    */ se crea una lista de acceso para IPv6 igual que para
                              IPv4 /*
permit ipv6 2002:DB8:1234:44::/64 any    */ permite el acceso de cualquier
                              protocolo /*
permit ipv6 2002:DB8:1234:45::/64 any
permit ipv6 2002:DB8:1234:47::/64 any
!
control-plane
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4                 */ se crean 4 sesiones de telnet para atención remota /*
password cisco               */ password asignado para las sesiones remotas /*
login
```

```
!  
end                               */ fin de la configuración /*  
  
RouterB#
```

### **3.5.- Experimento realizado con la LAN**

El experimento realizado en la red del proyecto es un experimento muy básico, pero esencial para la funcionalidad de las redes en las empresas actuales, como se puede ver en el ejemplo, la interconectividad de dos redes con IPv6 por medio de una red IPv4 es factible para aplicarse en empresas de cualquier tamaño, es el método más asequible de cualquier empresa para lograr la migración global a IPv6, la cual es muy necesaria ya que como se ha comentado anteriormente las direcciones IPv4 se están terminando y el cambio a IPv6 facilita el crecimiento de las aplicaciones de videoconferencia, telefonía IP y aplicaciones punto a punto.

Por default el protocolo IPv6 de Windows XP, automáticamente configura la dirección de enlace local para cada interfaz que corresponda a un adaptador de red ethernet instalado. En el caso utilizado, la dirección IPv6 es una mezcla entre la dirección del prefijo proporcionada por el servicio DHCP del ruteador y la MAC address del equipo. Para crear el identificador de interfaz IPv6 a partir de la MAC address de 48 bits (6 bytes) primero se insertan los dígitos hexadecimales 0XFF-FE entre el tercero y el cuarto byte de la MAC address, después el bit local/universal (el penúltimo bit del primer byte de la MAC address) se complementa. Si es uno, se pasa a cero y si es cero se pasa a uno.

Por ejemplo, para la MAC address 00-60-08-52-F9-D8, se insertan los dígitos hexadecimales 0XFF-FE entre 0X08 (el tercer byte) y el 0X52 (el cuarto byte) de la MAC

address, formando así la dirección de 64 bits 00-60-08-FF-FE-52-F9-D8. El bit lógico/universal, el penúltimo bit 0X00 es 0 por lo que se complementa y se convierte en 1, el resultado es que para el primer byte, 0X00 se convierte en 0X02. Como resultado, el identificador de la interfaz que corresponde a la MAC address 00-60-08-52-F9-D8 es 02-60-08-FF-FE-52-F9-D8.

La prueba de la red se realiza por medio de un simple ping de IPv6 entre ambas redes por medio de los siguientes pasos:

1. Se usa el comando **ipv6 if** en el Cliente 1 para obtener su dirección local de enlace.
2. Se usa el comando **ipv6 if** en el Cliente 2 para obtener su dirección local de enlace.
3. Desde el Cliente 1, se usa el comando **ping6** para hacer ping al Cliente 2 usando la dirección IPv6 de la interfaz de Conexión de Area Local del Cliente 1.

Para que sea más fácil de visualizar, a continuación se presentan las pruebas de ping en los equipos.

Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz FastEthernet 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:42::1
```

```
Pinging 2002:db8:1234:42::1  
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 time=1ms  
Reply from 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 time<1ms  
Reply from 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 time<1ms  
Reply from 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 time<1ms
```

```
Ping statistics for 2002:db8:1234:42::1:  
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Tunnel 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:43::1

Pinging 2002:db8:1234:43::1
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:

Reply from 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 time<1ms

Ping statistics for 2002:db8:1234:43::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

#### Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Loopback 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:46::1

Pinging 2002:db8:1234:46::1
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:

Reply from 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 time<1ms
Reply from 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 time<1ms

Ping statistics for 2002:db8:1234:46::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

#### Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz FastEthernet0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:44::1

Pinging 2002:db8:1234:44::1
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:

Reply from 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 time=34ms

Ping statistics for 2002:db8:1234:44::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 34ms, Maximum = 34ms, Average = 34ms
```

#### Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Tunnel 0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:45::1

Pinging 2002:db8:1234:45::1
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:
```



```
Reply from 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 time=34ms
```

```
Ping statistics for 2002:db8:1234:45::1:
  Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
  Minimum = 34ms, Maximum = 34ms, Average = 34ms
```

### Cliente 1 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Loopback 0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:47::1
```

```
Pinging 2002:db8:1234:47::1
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 time=34ms
Reply from 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 time=34ms
```

```
Ping statistics for 2002:db8:1234:47::1:
  Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
  Minimum = 34ms, Maximum = 34ms, Average = 34ms
```

### Cliente 1 hacia la dirección IPv6 del Cliente 2.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528
```

```
Pinging 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528
from 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528: bytes=32 time=51ms
Reply from 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528: bytes=32 time=48ms
Reply from 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528: bytes=32 time=47ms
Reply from 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528: bytes=32 time=49ms
```

```
Ping statistics for 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528:
  Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
  Minimum = 47ms, Maximum = 51ms, Average = 48ms
```

```
C:\>
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz FastEthernet 0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:44::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:44::1
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 tiempo=1ms
Respuesta desde 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 tiempo<1m
Respuesta desde 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:44::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:44::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Tunnel 0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:45::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:45::1  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:45::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:45::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Loopback 0 del ROUTER B.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:47::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:47::1  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:47::1: bytes=32 tiempo<1m
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:47::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz FastEthernet 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:42::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:42::1  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:42::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:42::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
```

Mínimo = 34ms, Máximo = 34ms, Media = 34ms

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Tunnel 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:43::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:43::1  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 tiempo=34ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 tiempo=34ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 tiempo=34ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:43::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:43::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 34ms, Máximo = 34ms, Media = 34ms
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 de la interfaz Loopback 0 del ROUTER A.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:46::1
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:46::1  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 tiempo=34ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 tiempo=34ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 tiempo=52ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:46::1: bytes=32 tiempo=34ms
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:46::1:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 34ms, Máximo = 52ms, Media = 38ms
```

### Cliente 2 hacia la dirección IPv6 del Cliente 1.

```
C:\>ping6 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c
```

```
Haciendo ping 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c  
de 2002:db8:1234:44:90ed:46b1:f4cc:5528 con 32 bytes de datos:
```

```
Respuesta desde 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c: bytes=32  
tiempo=35ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c: bytes=32  
tiempo=35ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c: bytes=32  
tiempo=35ms  
Respuesta desde 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c: bytes=32  
tiempo=34ms
```

```
Estadísticas de ping para 2002:db8:1234:42:1d49:bb16:3c8d:3b2c:
```

```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),  
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:  
Mínimo = 34ms, Máximo = 35ms, Media = 34ms
```

C:\>

Por medio de éste sencillo ejemplo se puede ver que hay interconexión entre los dos equipos desde la red IPv6 de uno, pasando por la red IPv4 y llegando hasta la red IPv6 del otro lado. El ejemplo también se hace en sentido inverso para ver la conexión en ambos sentidos. Al hacer un sencillo *ping* se prueba por completo la red, se hicieron *pings* hacia todas las direcciones de la red para corroborar la interconectividad.

Como se puede ver en las pruebas y en las configuraciones se pudo aplicar *6over4* de una manera eficiente, cumpliendo así el objetivo del capítulo, también se pudo probar que el cambio a IPv6 es factible, viable para cualquier empresa sin tener que hacer inversión fuerte en el *backbone* de la misma, el efecto que se espera que tenga la programación de los equipos es alentar a empresas y a la misma universidad a experimentar con IPv6, empezar a trabajar con el protocolo y hacerlo crecer en las redes ya existentes.

El protocolo IPv6 es tanto necesario como indispensable para el cambio a mejores aplicaciones punto a punto, con esto en mente, si se migran nodos en la universidad y si se empieza a experimentar no tengo dudas de que en un futuro cercano se puedan ampliar las aplicaciones del proyecto.