

1. IPv6

Versión 1.0, abril 2016

Alumno (apellidos, nombre (DNI)) : Luis Blázquez Miñambres

Alumno (apellidos, nombre (DNI)) : Samuel Gómez Sánchez

Fecha: 09/04/2019

Duración estimada de la práctica: 1 sesión de 2h.

1.1. Diagnóstico (Windows vs Linux)

1.1.1. Interfaces de red

1. Obtenga las direcciones IPv6 de todas las interfaces de red en el equipo Windows con la orden: `netsh interface ipv6 show interface [numinterfaz]`. Describa las interfaces de red con soporte IPv6 que existen.

```
C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show interface
```

Índ	Mét	MTU	Estado	Nombre
1	50	4294967295	connected	Loopback Pseudo-Interface 1
12	50	1280	disconnected	isatap.cie.aulas.usal.es
13	20	1500	connected	Conexión de área local 2

Figura 1: interfaces del sistema Windows

```

C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show interface 1
Parámetros de la interfaz Loopback Pseudo-Interface 1
-----
IfLuid                      : loopback_0
IfIndex                     : 1
Estado                      : connected
Métrica                     : 50
MTU del vínculo             : 4294967295 bytes
Tiempo de accesibilidad     : 42000 ms
Tiempo de accesibilidad base : 30000 ms
Intervalo de retransmisión  : 1000 ms
Transmisiones DAD           : 0
Longitud de prefijo de sitio : 64
Id. de sitio                : 1
Reenvío                     : disabled
Anuncios                    : disabled
Detección de vecinos        : disabled
Detección de inaccesibilidad de vecinos : disabled
Detección de enrutador      : enabled
Configuración de dirección administrada : disabled
Otra configuración con estado : disabled
Envíos no seguros del host  : disabled
Recepciones no seguras del host : disabled
Usar métrica automática     : enabled
Omitir rutas predeterminadas : disabled
Duración de enrutador anunciada : 1800 segundos
Anunciar ruta predeterminada : disabled
Límite de saltos actual     : 0
Forzar patrones de reactivación de ARPND: disabled
Patrones de reactivación de MAC dirigida: disabled

```

Figura 2: información de la interfaz 1

RESPUESTA: aparecen tres interfaces: la interfaz loopback, una interfaz «isatap.cie.aulas.usal.es» (número 12) y una conexión LAN (número 13). La interfaz 12 es un túnel *Intrasite Automatic Tunnel Addressing Protocol* (que no está configurado y aparece como 'desconectado'); la interfaz 13 es una conexión Ethernet (como delata la MTU y confirmamos físicamente). Las métricas indican la valoración que hace el núcleo del coste de cada interfaz. Como se puede observar, la interfaz cableada número 13 es la de menor coste.

```

C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show interface 12
Parámetros de la interfaz isatap.cie.aulas.usal.es
-----
IfLuid                      : tunnel_4
IfIndex                     : 12
Estado                      : disconnected
Métrica                     : 50
MTU del vínculo             : 1280 bytes
Tiempo de accesibilidad     : 23000 ms
Tiempo de accesibilidad base : 30000 ms
Intervalo de retransmisión  : 1000 ms
Transmisiones DAD           : 0
Longitud de prefijo de sitio : 64
Id. de sitio                : 1
Reenvío                     : disabled
Anuncios                    : disabled
Detección de vecinos        : enabled
Detección de inaccesibilidad de vecinos : disabled
Detección de enrutador      : enabled
Configuración de dirección administrada : disabled
Otra configuración con estado : disabled
Envíos no seguros del host  : disabled
Recepciones no seguras del host : disabled
Usar métrica automática     : enabled
Omitir rutas predeterminadas : disabled
Duración de enrutador anunciada : 1800 segundos
Anunciar ruta predeterminada : disabled
Límite de saltos actual     : 0
Forzar patrones de reactivación de ARPND: disabled
Patrones de reactivación de MAC dirigida: disabled

```

Figura 3: información de la interfaz 12

```

C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show interface 13
Parámetros de la interfaz Conexión de área local 2
-----
IfLuid                      : ethernet_7
IfIndex                     : 13
Estado                      : connected
Métrica                     : 20
MTU del vínculo             : 1500 bytes
Tiempo de accesibilidad     : 42500 ms
Tiempo de accesibilidad base : 30000 ms
Intervalo de retransmisión  : 1000 ms
Transmisiones DAD           : 1
Longitud de prefijo de sitio : 64
Id. de sitio                : 1
Reenvío                     : disabled
Anuncios                    : disabled
Detección de vecinos        : enabled
Detección de inaccesibilidad de vecinos : enabled
Detección de enrutador      : enabled
Configuración de dirección administrada : enabled
Otra configuración con estado : enabled
Envíos no seguros del host  : disabled
Recepciones no seguras del host : disabled
Usar métrica automática     : enabled
Omitir rutas predeterminadas : disabled
Duración de enrutador anunciada : 1800 segundos
Anunciar ruta predeterminada : disabled
Límite de saltos actual     : 0
Forzar patrones de reactivación de ARPND : disabled
Patrones de reactivación de MAC dirigida : disabled

```

Figura 4: direcciones IPv6 de las interfaces del equipo Windows

- Con la orden: `ipconfig /all` consulta las IPv6 asignadas a las interfaces. ¿Qué IPv6 tiene la interfaz de red de área local? Si obtienes algo parecido a esto “fe80::e0a5:e0e3:b92e:94d7%10” ¿Cuál es la IPV6? ¿Qué significa %10?

RESPUESTA: la dirección IP de la interfaz de red de área local es fe80::1038:bf99:2de9:cc86:%13 (figura 5). El %13 es simplemente el identificador de la interfaz.

```

C:\Users\i0910465>ipconfig/all
Configuración IP de Windows

Nombre de host. . . . . : SUNDIA14
Sufijo DNS principal . . . . : 
Tipo de nodo. . . . . : híbrido
Enrutamiento IP habilitado. . . : no
Proxy WINS habilitado . . . : no
Lista de búsqueda de sufijos DNS: cie.aulas.usal.es

Adaptador de Ethernet Conexión de área local 2:
Sufijo DNS específico para la conexión. . : cie.aulas.usal.es
Descripción . . . . . : Realtek PCIe GBE Family Controller
#2
Dirección física. . . . . : D8-CB-8A-08-3D-0D
DHCP habilitado . . . . . : sí
Configuración automática habilitada . . : sí
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::1038:bf99:2de9:cc86%13<Preferido>

Dirección IPv4. . . . . : 172.20.1.243<Preferido>
Máscara de subred . . . . . : 255.255.248.0
Concesión obtenida. . . . . : martes, 09 de abril de 2019 11:25
La concesión expira . . . . . : martes, 09 de abril de 2019 14:40

Puerta de enlace predeterminada . . . . : 172.20.0.1
Servidor DHCP . . . . . : 212.128.129.42
IAID DHCPv6 . . . . . : 272927323
DUID de cliente DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-21-8A-0B-D1-34-64-A9-22-8F-EA
Servidores DNS. . . . . : 212.128.129.42
                          212.128.130.10
                          212.128.130.11
NetBIOS sobre TCP/IP. . . . . : habilitado

Adaptador de túnel isatap.cie.aulas.usal.es:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . : cie.aulas.usal.es
Descripción . . . . . : Adaptador ISATAP de Microsoft
Dirección física. . . . . : 00-00-00-00-00-00-00-00-E0
DHCP habilitado . . . . . : no
Configuración automática habilitada . . : sí

C:\Users\i0910465>

```

Figura 5: ipconfig con la información del equipo en Windows

3. Bien en su máquina Linux o desde una sesión SSH en nogal.fis.usal.es (con sus credenciales de Diaweb) repita el ejercicio anterior con las órdenes: *ip -6 addr show* e *ifconfig*. ¿Qué diferencias observas respecto a windows?

```
i5136357@sundia15:~$ ip -6 addr show
```

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536
```

```
    inet6 ::1/128 scope host
```

```
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qlen 1000
```

```
    inet6 fe80::468a:5bff:fee8:9d85/64 scope link
```

```
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
i5136357@sundia15:~$ ifconfig
```

```
eth0    Link encap:Ethernet  HWaddr 44:8a:5b:e8:9d:85
```

```
    inet addr:172.20.2.14  Bcast:172.20.7.255  Mask:255.255.248.0
```

```
    inet6 addr: fe80::468a:5bff:fee8:9d85/64 Scope:Link
```

```
    UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
```

```
    RX packets:47361 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
    TX packets:19179 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
    collisions:0 txqueuelen:1000
```

```
    RX bytes:31624996 (30.1 MiB)  TX bytes:2152113 (2.0 MiB)
```

```
lo      Link encap:Local Loopback
```

```
    inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
```

```
    inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
```

```
    UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
```

```
    RX packets:58 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
    TX packets:58 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
    collisions:0 txqueuelen:0
```

```
    RX bytes:4596 (4.4 KiB)  TX bytes:4596 (4.4 KiB)
```

RESPUESTA: la dirección IP de la interfaz de red de área local es fe80::468a:5bff:fee8:9d85. La principal diferencia es ese identificador de las direcciones de alcance local que no aparece en Linux.

1.1.2. Tablas de encaminamiento

4. Obtenga la tabla de encaminamiento para IPv6 en el equipo Windows con las órdenes: netsh interface ipv6 show route y route print. Describa la salida obtenida y las diferencias respecto a la información visible en IPv4. Identifique las entregas directas. ¿Existe ruta predeterminada?

```
G:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show route
```

Publicar	Tipo	Mét	Prefijo	Índ	Puerta enl./Nombre int.
No	Manual	256	::1/128	1	Loopback Pseudo-Interface 1
No	Manual	256	fe80::/64	13	Conexión de área local 2
No	Manual	256	fe80::5efe:172.20.1.243/128	12	isatap.cie.aulas.usal.es
No	Manual	256	fe80::1038:bf99:2de9:cc86/128	13	Conexión de área local 2
No	Manual	256	ff00::/8	1	Loopback Pseudo-Interface 1
No	Manual	256	ff00::/8	13	Conexión de área local 2

Figura 6: información de rutas IPv6

RESPUESTA: en la figura 6 observamos que:

- Tenemos la dirección loopback ::1 asociada a la interfaz 1 (loopback). Las direcciones multicast en IPv6 tienen el prefijo FF00::/8. Así, los datagramas enviados a direcciones multicast también se envían a la dirección loopback.
- Para las interfaces 12 y 13 (la de la LAN Ethernet y la ISATAP) tenemos una dirección de alcance local para cada una (como denota el prefijo fe80::). Las direcciones multicast también están asociadas con la interfaz Ethernet.
- Por último, la interfaz de la LAN tiene asociadas todas las direcciones de prefijo fe80::/64, esto es, las de alcance local: direcciones que pertenecen a la LAN.

La figura 7 no nos da más información a este respecto, salvo el hecho de que nos muestra que todas las direcciones IPv6 tienen conexión directa con el router ('En vínculo').

La principal diferencia con IPv4 es la identificación de una máscara de modo separado (en IPv6, el prefijo se indica junto a la dirección, aunque esa notación CIDR también se puede usar en IPv4). Además, falta el identificador de interfaz, que en IPv4 es una dirección IP. Esto es necesario dado que en IPv6 una interfaz puede tener varias direcciones asociadas.

```
C:\Users\i0910465>route print
=====
Lista de interfaces
13...d8 cb 8a 08 3d 0d .....Realtek PCIe GBE Family Controller #2
1 .....Software Loopback Interface 1
12...00 00 00 00 00 00 00 e0 Adaptador ISATAP de Microsoft
=====

IPv4 Tabla de enrutamiento
=====
Rutas activas:
Destino de red      Máscara de red      Puerta de enlace      Interfaz      Métrica
0.0.0.0             0.0.0.0             172.20.0.1            172.20.1.243  20
127.0.0.0           255.0.0.0           En vínculo            127.0.0.1     306
127.0.0.1           255.255.255.255     En vínculo            127.0.0.1     306
127.255.255.255     255.255.255.255     En vínculo            127.0.0.1     306
172.20.0.0           255.255.248.0       En vínculo            172.20.1.243  276
172.20.1.243        255.255.255.255     En vínculo            172.20.1.243  276
172.20.7.255        255.255.255.255     En vínculo            172.20.1.243  276
224.0.0.0           240.0.0.0           En vínculo            127.0.0.1     306
224.0.0.0           240.0.0.0           En vínculo            172.20.1.243  276
255.255.255.255     255.255.255.255     En vínculo            127.0.0.1     306
255.255.255.255     255.255.255.255     En vínculo            172.20.1.243  276
=====
Rutas persistentes:
Ninguno

IPv6 Tabla de enrutamiento
=====
Rutas activas:
Cuando destino de red métrica      Puerta de enlace
1 306 ::1/128                       En vínculo
13 276 fe80::/64                    En vínculo
13 276 fe80::1038:bf99:2de9:cc86/128 En vínculo
1 306 ff00::/8                      En vínculo
13 276 ff00::/8                      En vínculo
=====
Rutas persistentes:
Ninguno
```

Figura 7: información de rutas IPv4 e IPv6

1. Repita el ejercicio anterior en su Linux o nogal.fis.usal.es con las órdenes: `ip -6 route show` y `route`. Comenta las diferencias respecto a Windows

```
i5136357@sundia15:~$ ip -6 route show
```

```
fe80::/64 dev eth0 proto kernel metric 256
```

```
root@the-void:~# route -6
```

```
Kernel IPv6 routing table
```

Destination	Next Hop	Flag	Met	Ref	Use	If
fe80::/64	:::	U	256	0	0	wlp2s0
:::/0	:::	In	-1	1	8079	lo
localhost/128	:::	Un	0	3	150	lo
fe80::a378:9593:76f7:6b7/128	:::	Un	0	1	0	lo
ff00::/8	:::	U	256	2	42	wlp2s0
:::/0	:::	In	-1	1	8079	lo

RESPUESTA: podemos observar que la información es bastante similar, al hacer ambos comandos estos muestran una dirección IPv6 común, la dirección de enlace local sin interfaz de red `fe80::`. Dado que la prueba con `route` se ha hecho en un equipo diferente, se aprecia la presencia de una interfaz inalámbrica (en este caso no tenemos conexión cableada).

1.1.3. Descubrimiento de vecinos

- Consulte la caché de vecinos en el equipo Windows con `netsh interface ipv6 show neighbors <numinterfaz>` y en `nogal.fis.usal.es` con `ip -6 neigh show`. ¿Qué observas?

RESPUESTA: en la figura 8 se observa que todos los vecinos de la interfaz loopback son direcciones multicast. Todas son además direcciones permanentes y de alcance de enlace local, a excepción de la dirección `ff05::1`, que corresponde a todos los nodos del sitio (alcance local de sitio).

```
C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show neighbors 13
```

Interfaz 13: Conexión de área local 2

Dirección de Internet	Dirección física	Tipo
fe80::c7e:5b41:e598:a759	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::158d:7162:acac:9e1d	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::2403:f851:3e0d:2331	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::2481:5657:e8da:bae7	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::30be:22fc:5b6:25bd	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::3c35:12c0:f22b:2784	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::3cc0:748b:bb1b:b38	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::490b:10ea:fa56:8b46	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::49cd:e871:cdec:a6c7	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::4d16:a35a:bc1c:fc61	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::59e8:874e:1095:f033	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::7034:2de6:4124:f0cd	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::8483:1056:3b70:aa92	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::8df7:b7e3:ce9b:f5e8	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::905e:c41e:5506:5cfa	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::915e:869:13aa:6b23	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::9951:1395:2ac5:84eb	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::a0a9:b126:9f9d:85fa	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::a109:616f:f228:fec3	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::a404:1341:581d:ac75	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::b113:fe8e:4026:7cb3	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::b490:536:7182:45be	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::b905:2f69:6a9d:269d	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::cd22:caba:cc3d:4cd8	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::d515:328:d6c:dd3e	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::e149:7374:b46c:e55c	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::e182:c13b:94bc:c7d2	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::f017:4b2d:93b6:2569	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::f137:d0c4:1605:1aa4	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
ff02::1	33-33-00-00-00-01	Permanente
ff02::2	33-33-00-00-00-02	Permanente
ff02::c	33-33-00-00-00-0c	Permanente
ff02::16	33-33-00-00-00-16	Permanente
ff02::fb	33-33-00-00-00-fb	Permanente
ff02::1:2	33-33-00-01-00-02	Permanente
ff02::1:3	33-33-00-01-00-03	Permanente
ff02::1:ff46:2d31	33-33-ff-46-2d-31	Permanente
ff02::1:ff6b:38a1	33-33-ff-6b-38-a1	Permanente
ff02::1:ff8f:42c8	33-33-ff-8f-42-c8	Permanente
ff02::1:ffae:ad15	33-33-ff-ae-ad-15	Permanente
ff02::1:ffe9:cc86	33-33-ff-e9-cc-86	Permanente
ff02::1:fff3:d6f	33-33-ff-f3-d6-f	Permanente
ff02::1:fff3:d6fc	33-33-ff-f3-d6-fc	Permanente
ff05::1	33-33-00-00-00-01	Permanente

```
C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show neighbors 1
Interfaz 1: Loopback Pseudo-Interface 1
```

Dirección de Internet	Dirección física	Tipo
ff02::c		Permanente
ff02::16		Permanente
ff02::1:2		Permanente
ff02::1:ff46:2d31		Permanente
ff02::1:ff6b:38a1		Permanente
ff02::1:ff8f:42c8		Permanente
ff02::1:ffae:ad15		Permanente
ff02::1:fff3:d6f		Permanente
ff02::1:fff3:d6fc		Permanente
ff05::1		Permanente

Figura 9: caché de vecinos de la interfaz 13 (Ethernet)

Por su parte, las mismas direcciones aparecen como vecinas de la interfaz en la LAN, además de algunas direcciones multicast de alcance local al enlace adicionales. Por otra parte, aparecen una serie de direcciones unicast de enlace local que se entiende que corresponden a equipos de la red.

```
i5136357@sundia15:~$ ip -6 neigh show

fe80::8b4:8599:ab49:e803 dev eth0 lladdr 44:8a:5b:e8:9e:ef STALE

fe80::219:b9ff:fef3:d6fc dev eth0 lladdr 00:19:b9:f3:d6:fc STALE

fe80::b15c:9929:fb2a:c1f6 dev eth0 lladdr 44:8a:5b:ae:b6:cb STALE

fe80::ec45:14ec:89fb:a513 dev eth0 lladdr d8:cb:8a:08:3d:75 STALE
```

RESPUESTA: desde el equipo Linux, los vecinos son todos equipos del enlace a la LAN.

3. Compruebe la alcanzabilidad de nogal desde Windows con la orden: *ping direccion_ipv6%interfaz*. Incluya la orden que ha utilizado. ¿Qué dirección IPv6 de enlace local de nogal responde? ¿Desde qué interfaz de Windows has conseguido alcanzarla? ¿Qué conclusión puedes sacar?

```
C:\Users\i0910465>ping fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13

Haciendo ping a fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13: tiempo=1ms
Respuesta desde fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13: tiempo<1m
Respuesta desde fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13: tiempo<1m
Respuesta desde fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13: tiempo<1m

Estadísticas de ping para fe80::219:b9ff:fef3:d6fc%13:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Figura 10: ping a nogal desde el equipo Windows

RESPUESTA: alcanzamos a nogal a través de la red cableada Ethernet. Nogal responde desde la dirección a la que se envían los paquetes ICMPv6 (fe80::219:b9ff:fef3:d6fc). La conclusión que se extrae es que, dado que nogal responde desde una dirección de enlace local, y responde a través de la red cableada, nogal y el equipo Windows se encuentran en la misma subred.

4. Consulte nuevamente la caché de vecinos en el equipo Windows y nogal y comente los cambios experimentados.

RESPUESTA: nogal ha sido almacenado en la caché del equipo Windows, pero para cuando hacemos la lectura, la dirección ya ha caducado ('obsoleto').

```
C:\Users\i0910465>netsh interface ipv6 show neighbors 13
```

Interfaz 13: Conexión de área local 2

Dirección de Internet	Dirección física	Tipo
fe80::219:b9ff:fef3:d6fc	00-19-b9-f3-d6-fc	Obsoleto
fe80::208c:ba22:4b13:4dcc	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::3cc0:748b:bb1b:b38	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::51e2:2acd:c330:28e4	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::59e8:874e:1095:f033	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::90ef:630:9f21:1108	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
fe80::a574:d7f:7ae9:8124	00-00-00-00-00-00	Inalcanzable
ff02::1	33-33-00-00-00-01	Permanente
ff02::2	33-33-00-00-00-02	Permanente
ff02::c	33-33-00-00-00-0c	Permanente
ff02::16	33-33-00-00-00-16	Permanente
ff02::fb	33-33-00-00-00-fb	Permanente
ff02::1:2	33-33-00-01-00-02	Permanente
ff02::1:3	33-33-00-01-00-03	Permanente
ff02::1:ff08:3d31	33-33-ff-08-3d-31	Permanente
ff02::1:ff2e:6ef4	33-33-ff-2e-6e-f4	Permanente
ff02::1:ff33:5da6	33-33-ff-33-5d-a6	Permanente
ff02::1:ff46:2d31	33-33-ff-46-2d-31	Permanente
ff02::1:ff4e:abe2	33-33-ff-4e-ab-e2	Permanente
ff02::1:ff56:8b46	33-33-ff-56-8b-46	Permanente
ff02::1:ff6b:38a1	33-33-ff-6b-38-a1	Permanente
ff02::1:ff6c:232	33-33-ff-6c-02-32	Permanente
ff02::1:ff8f:42c8	33-33-ff-8f-42-c8	Permanente
ff02::1:ffa9:6b7e	33-33-ff-a9-6b-7e	Permanente
ff02::1:ffae:ad15	33-33-ff-ae-ad-15	Permanente
ff02::1:ffe9:cc86	33-33-ff-e9-cc-86	Permanente
ff02::1:fff3:d6f	33-33-ff-f3-0d-6f	Permanente
ff02::1:fff3:d6fc	33-33-ff-f3-d6-fc	Permanente
ff05::1	33-33-00-00-00-01	Permanente

Figura 11: cambios en la caché del equipo Windows

5. Compruebe ahora la alcanzabilidad del equipo Windows desde nogal con la orden: *ping6 -I interfaz ipv6*. ¿Qué dirección IPv6 de enlace local del equipo Windows ha usado?

```
~$ ping6 -c 5 -I eth1 fe80::1038:bf99:2de9:cc86
```

PING fe80::1038:bf99:2de9:cc86(fe80::1038:bf99:2de9:cc86) from fe80::219:b9ff:fef3:d6fa%eth1 eth1: 56 data bytes

From fe80::219:b9ff:fef3:d6fa%eth1 icmp_seq=1 Destination unreachable: Address unreachable

From fe80::219:b9ff:fef3:d6fa%eth1 icmp_seq=2 Destination unreachable: Address unreachable

From fe80::219:b9ff:fef3:d6fa%eth1 icmp_seq=3 Destination unreachable: Address unreachable

From fe80::219:b9ff:fef3:d6fa%eth1 icmp_seq=5 Destination unreachable: Address unreachable

```
--- fe80::1038:bf99:2de9:cc86 ping statistics ---
```

```
5 packets transmitted, 0 received, +4 errors, 100% packet loss, time 3999ms
```

RESPUESTA: el equipo Windows no responde a nugal, casi con toda seguridad porque los mecanismos de seguridad del sistema operativo (firewall) bloquean las peticiones ICMP.

6. Consulte nuevamente la caché de vecinos en el equipo Windows y nugal y comente los cambios experimentados.

RESPUESTA: dado lo señalado en la pregunta anterior, no hay nada nuevo que observar.

1.1.4. Direcciones multicast

7. Verifique la alcanzabilidad de todos los nodos de la red y de todos los routers desde Windows y Linux utilizando direcciones *multicast*. Indique las órdenes utilizadas y comente los resultados obtenidos.

(LINUX) VERIFICANDO LA ALCANZABILIDAD DE TODOS LOS NODOS DE LA RED

```
i5136357@sundia15:~$ touch ping6.txt && ping6 -w 5 -I eth0 ff02::1 | cat > ping6.txt
```

```
i5136357@sundia15:~$ cat ping6.txt | grep icmp_seq=1 | wc -l 49
```

```
i5136357@sundia15:~$ cat ping6.txt | grep icmp_seq=2 | wc -l
```

```
49
```

```
i5136357@sundia15:~$ head -53 ping6.txt
```

```
PING ff02::1(ff02::1) from fe80::468a:5bff:fee8:9d85 eth0: 56 data bytes
```

```
64 bytes from fe80::468a:5bff:fee8:9d85: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.045 ms
```

```
64 bytes from fe80::219:b9ff:fef3:d6fc: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.275 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::958b:3978:8035:8b92: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.298 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::dacb:8aff:fe08:3d4a: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.302 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::b2d5:357d:9e33:5da6: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.308 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::5478:4c98:8125:8653: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.313 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::468a:5bff:fee8:a064: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.317 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::dacb:8aff:fe08:3d31: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.321 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::7271:bcff:fe5d:b22b: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.326 ms (DUP!)
```

```
64 bytes from fe80::7271:bcff:fe5d:b223: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.330 ms (DUP!)
```

64 bytes from fe80::7271:bcff:fe5d:b267: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.344 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::468a:5bff:feae:a88e: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.348 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::5d8f:af41:f4a9:6b7e: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.362 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::8748:42a3:a20:92c2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.375 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::5c85:856c:9594:ba66: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.387 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::7e7c:18bf:bff6:28d6: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.399 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe22:8fea: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.404 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::85f:a4d0:e8f:42c8: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.415 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::2fa2:3e95:3b35:2909: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.433 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::219:99ff:fe83:ba51: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.438 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::f1e1:5153:cb79:faa4: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.450 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3772:4a3e:580:8113: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.466 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::b5f1:2a90:bde0:e1ca: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.478 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3edd:63a5:966b:38a1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.490 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::7a2b:cbff:fe55:edb9: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.495 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2e:6f08: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.508 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::21e:52ff:fef2:e4d9: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.522 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::a5f:f68f:779f:76ae: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.534 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2e:70e4: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.546 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::9ed7:5825:f06d:6705: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.557 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::965f:b832:e320:2b97: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.569 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::7de7:358a:f6cc:732b: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.581 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::7a2b:cbff:fe20:9460: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.586 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2e:712e: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.598 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::e4d:e9ff:fed4:5549: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.613 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::7a2b:cbff:fe51:5512: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.625 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::e4c0:65fc:6ce4:6b3a: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.636 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::f84c:f80:bbbd:a7af: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.647 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::e1c9:53b0:d643:b6d0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.659 ms (DUP!)

64 bytes from fe80::ca15:635a:dac1:1567: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.671 ms (DUP!)

```

64 bytes from fe80::786b:c3f:bba9:c8b1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.683 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::216:3eff:feeb:f705: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.688 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2d:66de: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.699 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2e:6efe: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.716 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::89c3:eb6:a149:7a82: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.727 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe22:6f88: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.738 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe2e:77f5: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.751 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::216:3eff:feeb:f706: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.763 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::216:3eff:fe24:cbe2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.774 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::468a:5bff:fee8:9d85: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.041 ms
64 bytes from fe80::dacb:8aff:fe08:3d4a: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.191 ms (DUP!)
64 bytes from fe80::dacb:8aff:fe08:3d31: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.213 ms (DUP!)

```

RESPUESTA: se puede observar en la captura anterior que, enviando paquetes a todos los nodos de la subred (alcance local de enlace) obtenemos respuesta de 49 equipos. Inferimos que la red cuenta con 49 equipos conectados vía Ethernet.

(LINUX) VERIFICANDO LA ALCANZABILIDAD DE TODOS LOS ROUTERS DE LA RED

Se observa que al verificar la alcanzabilidad de todos los routers desde encina o nogal no responde ninguno de los routers a la petición de ping. Esto se debe a que ninguno de los routers que conforman la red utilizan IPv6 por lo que nunca llegarán a responder.

```

PING ff02::1%eth0(ff02::1%eth0) 56 data bytes
64 bytes from fe80::219:b9ff:fe53:d6fc%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.033 ms
64 bytes from fe80::7271:b9ff:fe5d:b229%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.173 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::d19d:c265:d3dc:be6d%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.185 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::5c85:856c:9594:ba66%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.188 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::7a2b:cbff:fe55:edb9%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.190 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::7271:b9ff:fe5d:b223%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.192 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::55dc:8b3b:193b:9ae5%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.230 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::26fe:4ad7:bafe:52fe%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.234 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::7271:b9ff:fe5d:b37d%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.236 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::4c77:3fc1:796b:a011%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.238 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::468a:5bff:fee8:9bb3%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.285 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::57ef:57a4:9dc:e291%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.288 ms (DU
P!)
64 bytes from fe80::3664:a9ff:fe22:8fea%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.291 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::ee31:87c1:394f:2753%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.293 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::2fa2:3e95:3b35:2909%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.295 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::7b1c:2c0:3073:a405%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.298 ms (DU
P!)
64 bytes from fe80::219:99ff:fe83:ba51%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.300 ms (DU
P!)
64 bytes from fe80::ab45:a796:5688:d746%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.302 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::21e:52ff:fe2e:e4d9%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.305 ms (DU
P!)
64 bytes from fe80::ea66:87a7:bddf:12a0%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.307 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::bdae:ea05:cd1a:7237%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.322 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::7a2b:cbff:fe51:5512%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.325 ms (D
UP!)
64 bytes from fe80::8748:42a3:a20:92c2%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.327 ms (DU

```

(WINDOWS) VERIFICANDO LA ALCANZABILIDAD DE TODOS LOS **NODOS** DE LA RED

Como se puede ver en nuestros equipos desde Windows tampoco se pueden alcanzar el resto de nodos de la red debido a que Windows lo tiene cortado.

```
Haciendo ping a ff02::1 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para ff02::1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
    (100% perdidos),
```

(WINDOWS) VERIFICANDO LA ALCANZABILIDAD DE TODOS LOS **ROUTERS** DE LA RED

Se observa que, de la misma manera que ocurría en Linux, en Windows no responde ningún router porque ninguno implementa IPv6.

```
Haciendo ping a ff02::2 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para ff02::2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
    (100% perdidos),
```

1.1.5. DNS en IPv6

8. Desde el Linux obtenga la dirección IPv6 de `www.ipv6.es` con la orden `dig -t AAAA www.ipv6.es`. Capture con un analizador de red las tramas generadas y analice lo ocurrido comentando la salida obtenida y el tráfico generado.

```
~# dig -t AAAA www.ipv6.es

;<<>> DiG 9.10.3-P4-Debian <<>> -t AAAA www.ipv6.es

;; global options: +cmd

;; Got answer:

;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 55333

;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags:; udp: 4096

;; QUESTION SECTION:
;www.ipv6.es.                IN      AAAA
```

```
;; ANSWER SECTION:

www.ipv6.es.          43200   IN      AAAA    2001:720:438:402::91

;; Query time: 25 msec
;; SERVER: 192.168.0.1#53(192.168.0.1)
;; WHEN: Mon Apr 15 10:57:05 CEST 2019
;; MSG SIZE rcvd: 68
```

Podemos ver que el router de la red (192.168.0.1) tiene un servidor DNS activo. Se aprecia tanto en las capturas con Wireshark como en la salida de dig que es él el que contesta. Nuestro equipo intercambia un datagrama UDP con el servidor DNS que le responde con otro (ver captura de Wireshark).

La salida de dig se lee como sigue:

- Primer tenemos una línea en la que vemos la versión y la orden ejecutada.
- La sección titulada HEAD nos indica la cabecera de nuestra petición:
 - Los flags qr, rd y ra indican *petición* ('query'), *recursividad deseada* ('recursion desired') y *recursividad disponible* ('recursion available').
 - El resto es un recuento de las operaciones llevadas a cabo por dig. Conviene destacar que la respuesta obtenida no es 'authoritative' (el dato estaba cacheado en algún servidor).
- Después vemos que *Extended DNS* no está activado
- A continuación se muestra nuestra petición: la dirección IPV6 (AAAA) de Internet (IN) de www.ipv6.es.
- Por último se muestra la respuesta: la dirección del equipo es 2001:720:438:402::91. El dato dispone de un TTL de 43200.
- Por último se muestran estadísticas de la comunicación.

1.1.6. Procesos que utilizan IPv6

9. Identifique y comente el cometido de los procesos servidores que están utilizando IPv6 en Windows: `netstat -anop TCPv6`, `netstat -anop UDPv6` y en linux: `netstat -ntlu6`

RESPUESTA: estos comandos nos permiten saber los procesos activos en determinados protocolos, en nuestro caso, los procesos servidores que están activos para los protocolos TCP y UDP en IPv6. Ambos comandos presentan las siguientes opciones:

-an: muestra las conexiones y puertos abiertos para los procesos en escucha en TCP y UDP.

-o: muestra la identidad numérica, así como el PID de los procesos conectados

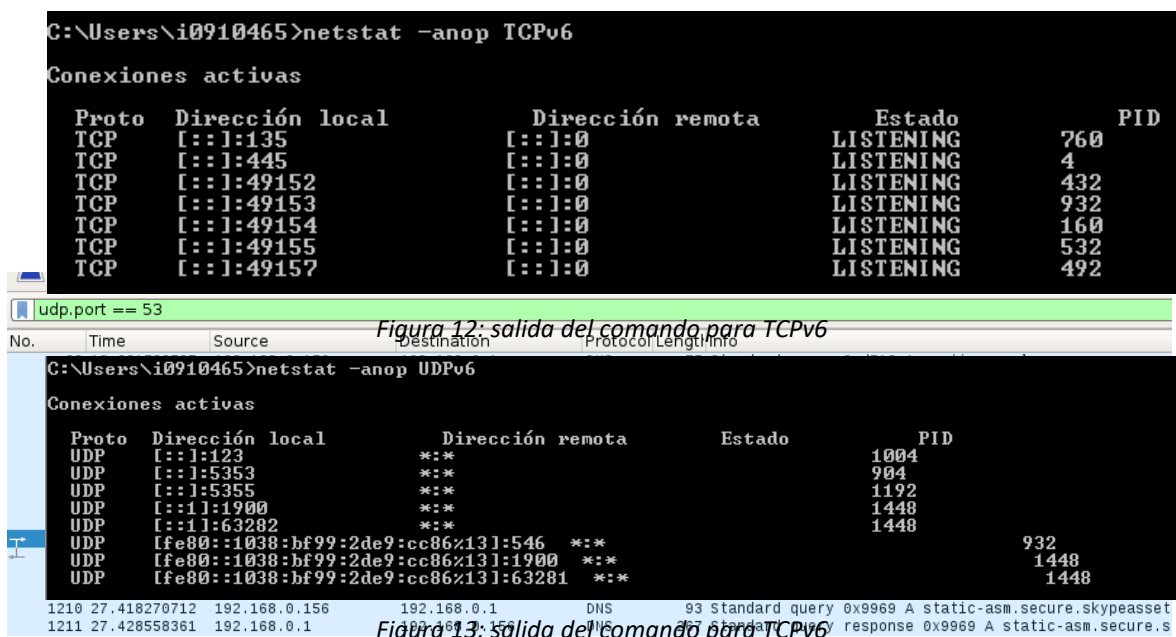
-p: Muestra las conexiones para el protocolo especificado; el protocolo puede ser TCP o UDP

Con respecto a los protocolos, como ya sabemos, UDP no proporciona entrega fiable de los paquetes que envía, mientras que el protocolo TCP a diferencia del anterior, sí que verifica la correcta entrega de los paquetes enviados y recibidos.

Como se puede observar en la columna de dirección local, aparece el número de IP local que establece una comunicación de salida entre corchetes (ruta por defecto 0.0.0.0), seguido de un número identificativo para cada proceso. Aunque en UDP se puede observar que hay varias IPv6 locales de salida para los 3 últimos procesos por la interfaz 13 mientras que en el resto es la de por defecto 0.0.0.0.

En la columna de dirección remota vemos la dirección IP remota a la que estamos conectados (0.0.0.0). Puesto que nuestro Sistema Operativo utiliza esa IP para establecer comunicaciones entre procesos internos. Digamos que nuestro ordenador está hablando consigo mismo. Por eso en UDP no existe comunicación interna, por lo que el campo está vacío para la dirección remota.

En la columna de estado, LISTENING, o escuchando, significa que detrás de ese puerto hay un proceso esperando que alguien hable con él, es decir, en disposición de aceptar comunicaciones.



```
root@the-void:~# netstat -ntlu6
```

Active Internet connections (only servers)

Proto	Recv-Q	Send-Q	Local Address	Foreign Address	State
udp6	0	0	:::47870	:::*	
udp6	0	0	:::5353	:::*	
udp6	0	0	:::44396	:::*	

1.2. Direcccionamiento

1.2.1. Direcciones locales de enlace

Elabore un escenario en GNS3 como el que aparece en la Figura 1 con routers modelo 7200.

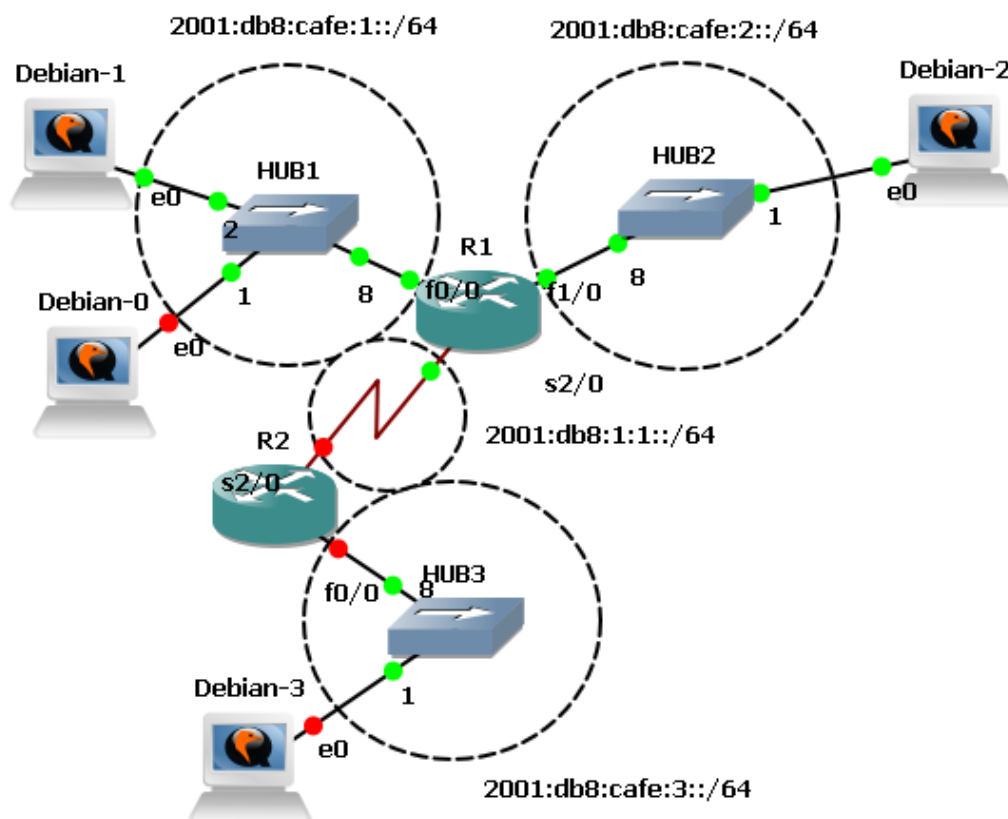


Figura 1. Escenario para IPv6.

1.2.1.1. Autoconfiguración de direcciones sin estado

Utilizaremos las máquinas Debian-1 y Debian-2 para familiarizarnos con la **autoconfiguración de direcciones sin estado** (*Stateless address configuration*) que permite asignar una dirección IPv6 local de enlace a un nodo de la red. Asimismo se presentará el **protocolo de descubrimiento de vecinos**.

- a) Inicie Debian-0 y anote su dirección local de enlace y la dirección IPv6 multicast de nodo solicitado a que pertenece. Explica cómo se obtienen estas direcciones.

RESPUESTA: con la orden `ip -6 addr show` podemos ver la dirección ipv6 de enlace local de este equipo `fe80::ef5:53ff:fe0a:7000/64`, que se obtiene a partir del prefijo `fe80::` seguido de la dirección MAC de la tarjeta de red de nuestro equipo (en este caso la de `eth0` que es `ef5:53ff:fe0a:7000`) y la dirección IPv6 multicast de nodo solicitado se obtiene a partir de la dirección ipv6. Esta dirección está formada por el prefijo `'ff02::1:ff'` (que indica *todos los nodos con alcance de nodo local*) y los últimos 24 bits de la dirección ipv6 de una determinada interfaz del nodo (que en nuestro caso es `eth0`) o, lo que es lo mismo, los últimos 8 bits del penúltimo grupo hexadecimal y los 16 bits enteros del último grupo en hexadecimal.

En este caso, como aún no tiene asignada una dirección ipv6 para host, cogerá los 24 bits de la dirección local de enlace (`0a:7000`) con lo que tendremos que la dirección ipv6 multicast queda como `ff02::1:ff0a:7000`.

- b) Inicie una captura en el enlace Debian-0_a_HUB1.
- c) Inicie Debian-1 y anote su dirección de enlace local y la dirección IPv6 multicast de nodo solicitado a que pertenece.

RESPUESTA: tenemos que la dirección de enlace local de Debian-1 es `fe80::ef5:53ff:fe69:f800/64` por lo que la dirección ipv6 multicast de nodo solicitado, aplicando lo dicho en el anterior apartado, sería añadir el prefijo `'ff02::1:ff'` a los últimos 24 bits de la dirección ipv6 de la dirección obtenida. Resultando en que la dirección ipv6 multicast es `ff02::1:ff69:f800`

- d) Interrumpa la captura y guárdela. Analice la captura con wireshark como sigue:
1. Localice el mensaje enviado por Debian-1 que pretende detectar si existen direcciones IPv6 duplicadas para su dirección local de enlace.

RESPUESTA: el equipo *Debian-0* envía un mensaje *Multicast Message Protocol* a la dirección multicast *ff02::16* en la que están escuchando el resto de equipos que están suscritos al grupo multicast y que sirve para notificarles que el equipo se ha unido su correspondiente dirección IPv6 multicast de nodo solicitado. Este mensaje enviado es el mensaje 1 que se captura en wireshark.

```
> Frame 1: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:f5:53:0a:70:00 (0c:f5:53:0a:70:00), Dst: IPv6mcast_16 (33:33:00:00:00:16)
  Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::16
    0110 .... = Version: 6
    > .... 0000 0000 .... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x000000
    Payload Length: 36
    Next Header: IPv6 Hop-by-Hop Option (0)
    Hop Limit: 1
    Source: ::
    Destination: ff02::16
  > IPv6 Hop-by-Hop Option
  Internet Control Message Protocol v6
    Type: Multicast Listener Report Message v2 (143)
    Code: 0
    Checksum: 0xff7f [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Reserved: 0000
    Number of Multicast Address Records: 1
  > Multicast Address Record Changed to exclude: ff02::1:ff0a:7000
    Record Type: Changed to exclude (4)
    Aux Data Len: 0
    Number of Sources: 0
    Multicast Address: ff02::1:ff0a:7000
```

Figura 1.2.1.1_1: Contenido del mensaje Multicast Message Protocol enviado por Debian-0

2. Explique los mensajes ICMPv6 de tipo *Router Solicitation* que observa en la captura y explique su contenido.

RESPUESTA: lo primero que tenemos que observar a partir de la *imagen 2* que se ve a continuación es que este mensaje es enviado por el equipo *Debian-0* después de haber enviado el anterior mensaje que notificaba al resto de equipos suscritos al grupo multicast que ya ha habido obtenido la dirección IPv6 multicast de nodo solicitado.

El mensaje enviado a continuación es un mensaje *Router Solicitation* encapsulado en un mensaje ICMPv6 que envía a su correspondiente dirección IPv6 de nodo solicitado *ff02::2* (a todos los routers de nuestro mismo nivel de enlace) indicando que es un equipo que acaba de arrancar.

Como nota, hay que indicar que en la dirección de nivel de enlace Ethernet de destino los primeros 32 bits son 33:33, esta es la dirección multicast equivalente en la dirección MAC.

- e) Inicie nuevamente una captura en el enlace Debian-0_a_HUB1.
- f) Realice un único ping6 (siempre con la opción -I) a Debian-1 desde Debian-0 con la orden:

ping6 -c 1 -I eth0 dir_ipv6

```
root@lipcUR:~# ping6 -c 1 -I eth0 fe80::ef5:53ff:fe69:f800
```

```

PING fe80::ef5:53ff:fe69:f800(fe80::ef5:53ff:fe69:f800) from fe80::ef5:53ff:fe0a:7000 eth0: 56 data bytes

64 bytes from fe80::ef5:53ff:fe69:f800: icmp_seq=1 ttl=64 time=80.7 ms

--- fe80::ef5:53ff:fe69:f800 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 80.736/80.736/80.736/0.000 ms

```

g) Interrumpa la captura y guárdela. Analice la captura con wireshark como sigue:

1. Identifique el tráfico que ha generado dicho *ping*.

RESPUESTA: tenemos que se han generado tres mensajes de tipo *Neighbor Solicitation*, que en realidad son el mismo, encapsulados en un datagrama de tipo ICMPv6 en el que el equipo *Debian-0* pide la dirección de nivel de enlace o dirección MAC asociada a la dirección IPv6 a la que se ha hecho el ping, que es la dirección Ipv6 de enlace local del equipo *Debian-1*.

Este mensaje, como ya indicamos anteriormente, es enviado a la dirección multicast de nodo solicitado del receptor *Debian-1* (*ff02::1:ff69:f800*) que está unida a la dirección IPv6 de enlace local por la que se pregunta y que se pone como parámetro a la hora de realizar el comando ping.

A nivel de enlace, esta dirección destino se convierte en una dirección Ethernet multicast *33:33:XX:XX:XX:XX* donde el prefijo *33:33* indica que se trata de una dirección multicast y las X son los 32 bits menos significativos de la dirección Ipv6 multicast (o lo que es lo mismo, los 2 últimos grupos de la dirección) resultando en la dirección *33:33:ff:69:f8:00*

27	83.716399	fe80::eac:ffff:fead:9500	ff02::1:ff69:f800	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::ef5:53ff:fe69:f800 from 0c:ac:ff:ad:95:00
28	84.710504	fe80::eac:ffff:fead:9500	ff02::1:ff69:f800	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::ef5:53ff:fe69:f800 from 0c:ac:ff:ad:95:00
29	85.710494	fe80::eac:ffff:fead:9500	ff02::1:ff69:f800	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::ef5:53ff:fe69:f800 from 0c:ac:ff:ad:95:00

Figura 1.2.1.1_2: Trafico generado tras hacer un ping desde Debian-0 a Debian-1

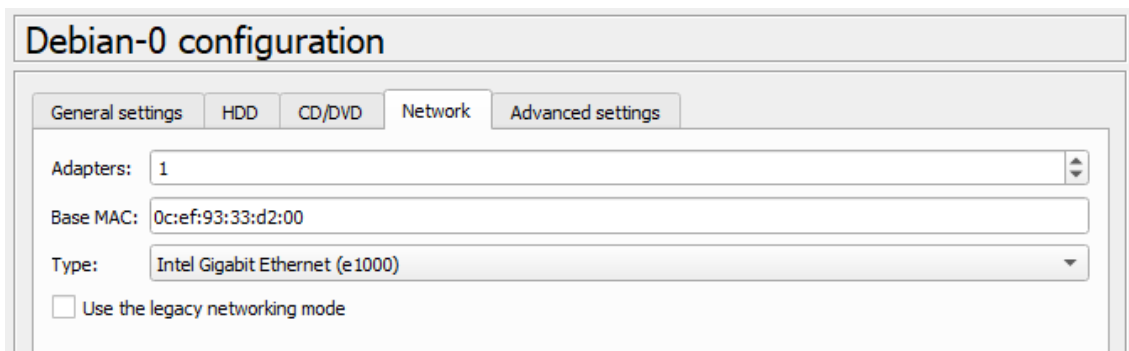
2. ¿Qué protocolos han participado? ¿Qué tipos de mensajes? ¿Aparece por algún lado alguna dirección multicast de nodo solicitado de alguno de ellos? Razone su respuesta.

RESPUESTA: ha participado el protocolo ICMP a través del cual se encapsulan los mensajes de *ping*, después de que a través del protocolo DHCP ambos equipos tratasen de buscar un router que les diese los parámetros que necesitan para configurarse, aunque en IPv6 no necesitan de este protocolo ya que la configuración de los equipos se realiza sin estado o automáticamente.

1.2.1.2. Detección de direcciones duplicadas

En este apartado comprobaremos el funcionamiento de **detección de direcciones duplicadas** que ofrece IPv6.

- a) Desactive la interfaz de red eth0 en Debian-0 y configure eth0 con la misma dirección Ethernet que Debian-1.



Debian-0 configuration

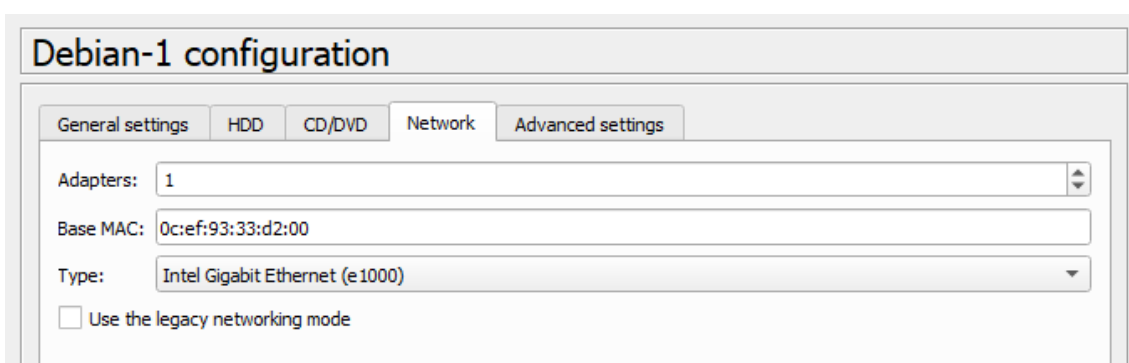
General settings HDD CD/DVD Network Advanced settings

Adapters: 1

Base MAC: 0c:ef:93:33:d2:00

Type: Intel Gigabit Ethernet (e1000)

☐ Use the legacy networking mode



Debian-1 configuration

General settings HDD CD/DVD Network Advanced settings

Adapters: 1

Base MAC: 0c:ef:93:33:d2:00

Type: Intel Gigabit Ethernet (e1000)

☐ Use the legacy networking mode

- b) Inicie una captura en el enlace Debian-0_a_HUB1.
- c) Active la interfaz de red eth0 en Debian-0 y realice ping6 para alcanzar a todos los routers de la subred. ¿Ha funcionado? Razone su respuesta.

```
root@lipcUR:~# ping6 -c 1 -I eth0 ff02::2
```

connect: Cannot assign requested address

RESPUESTA: cómo se puede observar no ha funcionado, esto es debido a que al arrancar el equipo *Debian-0*, después de haber cambiado su dirección MAC a la misma dirección que la del equipo *Debian-1*, éste manda un mensaje *Multicast Listener Report Message* a la dirección multicast *ff02::16* para suscribirse al grupo multicast IPv6 y poder escuchar el resto de los mensajes que se manden a esta dirección. Posteriormente, el equipo *Debian-0* envía un mensaje *Neighbor Solicitation* a la dirección multicast de nodo solicitado del equipo *Debian-1* solicitando la dirección de nivel de enlace asociada a esta dirección IPv6.

El equipo *Debian-1* recibe el mensaje y ve al desencapsular el mensaje, que la dirección MAC de origen es la misma que la suya, por lo tanto, detecta que la dirección está duplicada y está siendo usada por otro equipo. Por lo que manda un mensaje *Neighbor Advertisement* en un datagrama ICMPv6 dirigido a todos los equipos de la subred con la dirección de destino *ff02::1* indicando que la dirección IPv6 que se ha pedido está duplicada.

Por tanto, el proceso de autoconfiguración del equipo *Debian-0* se detiene y lo único que se podría hacer para configurar de manera correcta este equipo es hacerlo manualmente reasignando la dirección MAC de este equipo. Mientras tanto la dirección local de enlace del equipo queda configurada como *tentative adress* (no puede trabajar fuera de su red porque no tiene dirección Ipv6)

- d) Interrumpa la captura y guárdela con el nombre *debian0.duplicado.cap*. Analice la captura con wireshark como sigue:

1	0.000000	::	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
2	0.291221	::	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
3	0.551525	::	ff02::1:ff33:d200	ICMPv6	78 Neighbor Solicitation for fe80::eef:93ff:fe33:d200
4	0.570474	fe80::eef:93ff:fe33:d200	ff02::1	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement fe80::eef:93ff:fe33:d200 (ovr) is at 0c:ef:93:33:d2:00

Figura 1.2.1.2_2: Captura de Wireshark al encender el equipo *Debian-0* después del cambio de MAC

1. Localice el mensaje enviado por *Debian-0* que pretende detectar si existen direcciones IPv6 duplicadas con su dirección de enlace local.

RESPUESTA: el equipo *Debian-0* envía un mensaje *Neighbor Solicitation* a la dirección multicast Ipv6 de nodo solicitado del equipo *Debian-1* y que , en la detección de la dirección IPv6 duplicada, sirve para solicitar la dirección de nivel de enlace asociada a esa dirección IPv6 como indicamos en el apartado anterior.

```
> Frame 3: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:ef:93:33:d2:00 (0c:ef:93:33:d2:00), Dst: IPv6mcast_ff:33:d2:00 (33:33:ff:33:d2:00)
> Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::1:ff33:d200
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Neighbor Solicitation (135)
  Code: 0
  Checksum: 0x36d0 [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Reserved: 00000000
  Target Address: fe80::eef:93ff:fe33:d200
```

Figura 1.2.1.2_3: Contenido del mensaje *Neighbor Solicitation*

2. Fíjese en las direcciones IPv6 y en las direcciones Ethernet que lleva este mensaje.

RESPUESTA: en el mensaje de la *imagen 3* del punto anterior, se puede observar que:

A nivel de red, la dirección IP de origen está vacía dado que el equipo *Debian-0* aún no tiene configurada su dirección IPv6 y la dirección de destino a la que envía el mensaje es la dirección multicast (debido a que el prefijo es *ff02*) de nodo solicitado que es recibido por todos los nodos que pertenezcan al mismo enlace o subred que *Debian-0* (debido a que el prefijo es *ff02::1*), en este caso, solo lo recibirá *Debian-1* porque es el único equipo en la misma subred que *Debian-0*. Esta dirección se obtiene a partir del prefijo mencionado seguido de los 24 últimos bits dirección IPv6 que *Debian-0* tiene configurada en la interfaz *eth0*.

En cuanto a nivel de enlace, se puede observar que la dirección de destino a la que se envía el mensaje es la dirección multicast equivalente a nivel de enlace y se puede identificar gracias al prefijo *33:33* en la dirección MAC.

3. Indique si *Debian-1* procesa los mensajes dirigidos a esa dirección de destino.

RESPUESTA: El equipo *Debian-1* si procesa los mensajes recibidos a esa dirección de destino ya que es la dirección IPv6 multicast de nodo solicitado a la que reciben mensajes todos aquellos equipos que estén suscritos a éste grupo multicast. Por lo que recibe el mensaje y lo procesa, y a partir de ahí decide qué hacer en función de si la dirección MAC de origen que lleva el mensaje es la misma que la suya o no.

4. Observe si Debian-1 responde al mensaje enviado por Debian-0. Explique lo que está ocurriendo.

RESPUESTA: como ya explicamos anteriormente, el equipo Debian-1 responde al equipo Debian-0 con un mensaje *Neighbor Advertisement* en un datagrama ICMPv6 dirigido a todos los equipos de la subred con la dirección de destino *ff02::1* indicando que la dirección IPv6 que se ha pedido está duplicada y que se detiene el proceso de autoconfiguración del equipo *Debian-0* , teniendo que ser configurado manualmente.

1.2.1.3. Configurando routers

Configuraremos la **misma dirección de enlace local en las interfaces FastEthernet de R1** y probar la alcanzabilidad de R1 desde Debian-1 y Debian-2.

- a) Arranque R1 y configure la dirección de enlace local *fe80::1* en sus dos interfaces fastethernet.

1. Paso 1: Habilitar el router para reenviar paquetes IPv6:

- i. Introduzca la orden de configuración global `ipv6 unicast-routing`. Esta orden habilita al router para que reenvíe paquetes IPv6.

enable

config terminal

ipv6 unicast-routing

exit

wr

2. Paso 2: Configurar la dirección IPv6 local de enlace en ambas interfaces. Mostramos como ejemplo la configuración de la interfaz *f0/0*:

enable

config t

interface f0/0

ipv6 enable

ipv6 address fe80::1 link-local

no shut

exit

exit

wr

Repetir esta secuencia de órdenes para la otra interfaz.

- b) Compruebe con la orden: **route -6**, las rutas IPv6 que tienen configuradas las máquinas Debian-1 y Debian-2. Explique el significado de las mismas. ¿Existe ruta predeterminada? ¿De donde ha sido obtenida?

RESPUESTA: como podemos observar la salida en ambos equipos es similar por lo que haremos referencias a ambos teniendo en cuenta únicamente la salida de uno de ellos.

::1/128 → es una dirección lpv6 reservada, en concreto, la dirección de loopback.

fe80::/64 → dirección local de enlace con los últimos 54 bits a 0 que indica la dirección que sólo se utiliza en una subred.

::/0 → la dirección no especificada, que equivale a la dirección 0.0.0.0 en IPv4, o ruta predeterminada. En este caso, contestando a la pregunta del enunciado, si existe ruta predeterminada en ambos equipos ya que podemos observar que la columna de dirección de router de siguiente salto contiene la dirección **fe80::1** en su entrada, que es la dirección de enlace local de R1 y que ha obtenido después de que se la hayamos asignado a ambas interfaces en la configuración del router. Esto se refiere a que ambos equipos tienen al menos ruta predeterminada para encaminar los paquetes (en caso de que reciban un mensaje con una dirección que no sepan encaminar), siendo esta la dirección que hemos configurado anteriormente como dirección de enlace local asignada a las interfaces que conectan el router R1 con estos mismos equipos, Debian-1 y Debian-2.

fe80:<id interfaz de red>/128 → esta es la dirección local de enlace de cada equipo que se forma a partir de la dirección MAC del propio equipo y que se asigna automáticamente.

ff00::/8 → esta es el prefijo que llevan todas las direcciones multicast que se utilizan en IPv6, equivalente a la dirección 224.0.0.0 de IPv4

```
root@lipcUR:~# route -6
Kernel IPv6 routing table
Destination          Next Hop              Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                    U    256 0   0 lo
fe80::/64            ::                    U    256 0   0 eth0
::/0                  fe80::1              UGDAe 1024 0   0 eth0
::/0                  ::                    !n   -1  1   93 lo
::1/128              ::                    Un   0   1    1 lo
fe80::eef:37ff:fef3:b200/128 ::                    Un   0   1    0 lo
ff00::/8              ::                    U    256 0   0 eth0
::/0                  ::                    !n   -1  1   93 lo
```

Figura 1.2.1.3_1: Salida del comando 'route -6' del equipo Debian-1

```
root@lipcUR:~# route -6
Kernel IPv6 routing table
Destination          Next Hop              Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                    U    256 0   0 lo
fe80::/64            ::                    U    256 0   0 eth0
::/0                  fe80::1              UGDAe 1024 0   0 eth0
::/0                  ::                    !n   -1  1   38 lo
::1/128              ::                    Un   0   1    1 lo
fe80::eef:37ff:fef3:b200/128 ::                    Un   0   1    0 lo
```

- c) Realice un único ping desde Debian-1 a la dirección de enlace local de R1. ¿Qué entradas tendrá la caché de vecinos de R1? Compruébelo.

RESPUESTA: cómo se puede observar, el router tiene en su caché de vecinos las entradas de los equipos que conecta a través de sus interfaces f0/0 y f2/0, que son los equipos Debian-0, Debian-1 y Debian-2. Como en este caso hemos realizado un ping hacia la dirección de enlace local de R1 `fe80::1`, desde el equipo Debian-1

```
R1#show ipv6 neighbor
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State Interface
FE80::EEF:37FF:FEF3:B200                   18 0cef.37f3.b200 STALE Fa0/0
FE80::EEF:37FF:FE3D:3D00                   17 0cef.373d.3d00 STALE Fa2/0
FE80::EEF:37FF:FE27:4200                   31 0cef.3727.4200 STALE Fa0/0
```

Figura 1.2.1.3_3: Caché de vecinos de R1 después del ping del equipo Debian-1

- d) Realice un único ping6 desde Debian-2 a la dirección de enlace local de R1. ¿Qué entradas tendrá la caché de vecinos de R1? Compruébelo.

RESPUESTA: cómo se puede observar, ahora el router tiene las mismas entradas que la vez anterior pero la columna del tiempo de vida o Age de la entrada correspondiente a la dirección local de enlace del equipo Debian-2 se ha actualizado a 0 al mandar el ping, lo mismo ocurrió con el equipo Debian-1. De manera que cuando R1 recibe un mensaje de cualquiera de los equipos conectados a sus interfaces actualiza el tiempo desde que se envió el último mensaje de ese equipo reiniciando la cuenta a 0.

```
R1#show ipv6 neighbor
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State Interface
FE80::EEF:37FF:FEF3:B200                   25 0cef.37f3.b200 STALE Fa0/0
FE80::EEF:37FF:FE3D:3D00                   0 0cef.373d.3d00 REACH Fa2/0
FE80::EEF:37FF:FE27:4200                   38 0cef.3727.4200 STALE Fa0/0
```

Figura 1.2.1.3_4: Caché de vecinos de R1 después del ping del equipo Debian-2

- e) ¿Es posible hacer un ping desde Debian-1 a la dirección local de enlace de Debian-2? ¿Tendría sentido? Razone su respuesta.

RESPUESTA: No, no tendría sentido porque le estamos mandando un paquete a un equipo de nuestro mismo enlace local, tendría sentido si se lo mandásemos al equipo Debian-0. Pero en este caso ambos equipos no están dentro de la misma subred y por tanto no podría enviar el mensaje ICMPv6 por entrega directa ya que tendría que pasar por en medio del router R1 que separa las subredes de ambos equipos.

Como podemos observar en la *imagen 5*, cuando tratamos de hacer ping a la dirección de enlace local, el mensaje no logra llegar a su destino emitiendo un mensaje de destino inalcanzable por lo explicado anteriormente. Para poder enviarle un ping a

otro equipo de una subred distinta habría que mandárselo a la dirección de enlace global de ese mismo equipo.

```
root@lipcUR:~# ping6 -c 1 -I eth0 fe80::eef:37ff:fe3d:3d00
PING fe80::eef:37ff:fe3d:3d00(fe80::eef:37ff:fe3d:3d00) from fe80::eef:37ff:fef3:b200 eth0: 56 data bytes
From fe80::eef:37ff:fef3:b200 icmp_seq=1 Destination unreachable: Address unreachable

--- fe80::eef:37ff:fe3d:3d00 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms
```

Figura 1.2.1.3_5: Salida del comando ping del equipo Debian-1 a la dirección de enlace local de Debian-2

1.2.2. Direcciones globales

El objetivo de esta sección es familiarizarse con la **asignación manual de direcciones globales**.

- a) Asigne las direcciones IPv6 unicast globales a los routers del escenario de acuerdo con la siguiente tabla:

Dispositivo	Interfaz	Dirección/Prefijo IPv6
R1	f0/0	2001:db8:cafe:1::1/64
	f1/0	2001:db8:cafe:2::1/64
	s2/0	2001:db8:1:1::1/64
R2	f0/0	2001:db8:cafe:3::1/64
	s2/0	2001:db8:1:1::2/64

Tabla 1. Direcciones unicast global de las máquinas del escenario IPv6

1. Configure el direccionamiento IPv6 en R1 y R2 conforme a la tabla anterior con las siguientes órdenes:

enable

config terminal

interface f0/0

ipv6 address 2001:db8:cafe:1::1/64

ipv6 enable

no shutdown

exit

interface f1/0

ipv6 address 2001:db8:cafe:2::1/64

```
ipv6 enable
no shutdown
exit
interface s2/0
ipv6 address 2001:db8:1:1::1/64
ipv6 enable
no shutdown
exit
exit
wr
```

... repetir las órdenes de forma análoga en R2.

2. Revise la configuración de los routers R1 y R2 con “`show running-config`”.
¿A qué grupos multicast está suscrita cada interfaz de R1 y R2? Utilice la orden “`show ipv6 interface f0/0`”.

```
R1#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex half
```

```
!
```

```
interface FastEthernet2/0
```

```
no ip address
```

```
duplex half
```

```
ipv6 address 2001:DB8:2::/64 eui-64
```

```
ipv6 address 2001:DB8:CAFE:2::1/64
```

```
ipv6 address FE80::1 link-local
```

```
ipv6 enable
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet3/0
```

no ip address

shutdown

negotiation auto

!

interface Serial4/0

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!

interface Serial4/1

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!

interface Serial4/2

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!

interface Serial4/3

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!

interface Serial5/0

no ip address

ipv6 address 2001:DB8:1:1::1/64

ipv6 enable

serial restart-delay 0

```
R2#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
no ip address
```

```
duplex half
```

```
ipv6 address 2001:DB8:3::/64 eui-64
```

```
ipv6 address 2001:DB8:CAFE:3::1/64
```

```
ipv6 address 2001:DB8:CAFE:3::/64 eui-64
```

```
ipv6 address FE80::2 link-local
```

```
ipv6 enable
```

```
!
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex half
```

```
!
```

```
interface FastEthernet2/0
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
duplex half
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet3/0
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
negotiation auto
```

```
!
```

```
interface Serial4/0
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
serial restart-delay 0
```

```
!
```

```
interface Serial4/1

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!
```

```
interface Serial4/2

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!
```

```
interface Serial4/3

no ip address

shutdown

serial restart-delay 0

!
```

```
interface Serial5/0

no ip address

ipv6 address 2001:DB8:1:1::1/64

ipv6 enable

serial restart-delay 0
```

RESPUESTA: Empezaremos por los grupos multicast a los que están suscritos las interfaces de R1. Como se puede comprobar todas las interfaces, tanto de R1 como de R2, tienen en común que están suscritos a las direcciones multicast *ff02::1* que es la dirección de todos los nodos del enlace local y *ff02::2* siendo la dirección de todos los routers del enlace local para todos los equipos puedan recibir los mensajes que envíen los equipos de su mismo enlace local.

Luego tanto f0/0, f2/0 y s5/0 están suscritos a la dirección *FF02::1:FF00:1*, que es la dirección multicast de nodo solicitado formado por el prefijo *FF02::1:FF* seguido de los últimos 24 bits de la dirección IPv6 configurada para esa interfaz *::1* o *00:1*, que en este caso es la dirección de enlace local *FE80::1* para poder emitir y recibir mensajes de comunicación de manera individual entre el router y cada uno de los equipos a través de multicast.

Por otro lado, la dirección multicast *FF02::1:FFCC:0* a la que está suscrito R1 por la interfaz s5/0 es la dirección de nodo solicitado por la que R1 recibe los paquetes IPv6 multicast del router R2.

PARA EL ROUTER R1 ESTA ES LA SALIDA DE show ipv6 interface

```
R1# show ipv6 interface f0/0
```

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1

Global unicast address(es):

2001:DB8:CAFE:1::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:1::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FE00:1

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

ND advertised reachable time is 0 milliseconds

ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

```
R1# show ipv6 interface f2/0
```

FastEthernet2/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1

Global unicast address(es):

2001:DB8:CAFE:2::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:2::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FE00:1

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

ND advertised reachable time is 0 milliseconds

ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

R1# **show ipv6 interface s5/0**

Serial5/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C801:36FF:FECC:0

Global unicast address(es):

2001:DB8:1:1::1, subnet is 2001:DB8:1:1::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:1

FF02::1:FFCC:0

MTU is 4470 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is not supported

ND reachable time is 30000 milliseconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

De manera análoga a la configuración del router R1, aparte de las direcciones multicast a las que están suscritas todas las interfaces, y que ya mencioné anteriormente, tenemos las direcciones multicast de nodo solicitado

correspondientes al router R1 y al equipo Debian-3 que permite al router R2 recibir mensajes multicast de ambas direcciones.

PARA EL ROUTER R2 ESTA ES LA SALIDA DE show ipv6 interface

```
R2#show ipv6 interface f0/0
```

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C802:32FF:FE

E0:0

Global unicast address(es):

2001:DB8:CAFE:3::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:3::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:1

FF02::1:FE

E0:0

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

```
R2#show ipv6 interface s5/0
```

Serial5/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C802:32FF:FE

E0:0

Global unicast address(es):

2001:DB8:1:1::2, subnet is 2001:DB8:1:1::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:2

FF02::1:FE

E0:0

MTU is 4470 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is not supported

ND reachable time is 30000 milliseconds

3. Repita de nuevo el punto 2 pero esta vez asignando las direcciones globales únicas utilizando como identificadores de red la dirección Ethernet en formato EUI-64.

Utiliza la orden “`ipv6 address dir_ipv6/64 eui-64`” (p. ej.: para R1 en f0/0 sería “`ipv6 address 2001:db8:cafe:1::/64 eui-64`”

```
R1#enable
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface f0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:cafe:1::/64 eui-64
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface f2/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:cafe:2::/64 eui-64
R1(config-if)#exit
R1(config)#exit
R1#wr
Building configuration...
[OK]
```

```
R2#enable
R2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#interface atm1/0
R2(config-if)#ipv6 address 2001:db8:cafe:1:1::/64 eui-64
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface f0/0
R2(config-if)#ipv6 address 2001:db8:cafe:3::/64 eui-64
R2(config-if)#exit
R2(config)#exit
R2#wr
```

- a. ¿Qué diferencias observa en los grupos multicast a los que están suscritos los interfaces? ¿Han aumentado o disminuido? Razone su respuesta.

RESPUESTA: Ninguno, en cambio en los grupos de direcciones globales se han añadido una entrada más para los enlaces s5/0 de R1 y s5/0 y f0/0 de R2. Estas entradas corresponden a la dirección global de cada una de las interfaces de los routers, estando estas formadas por el prefijo 2000::/3, aunque el prefijo es asignado automáticamente por el router. Esta dirección consigue solucionar lo explicado en apartados anteriores acerca de la configuración de los routers, de manera que ahora los equipos de subredes distintas puedan comunicarse mandando los paquetes a la dirección IPv6 global del equipo en cuestión.

Por otro lado, la dirección IPv6 global se crea de manera similar a la dirección de nivel de enlace, estando ésta formada por el prefijo que le suministra el router, seguida por la dirección de nivel de enlace o dirección MAC que tiene asignada.

Las direcciones IPv6 globales de cada interfaz están remarcadas en rojo en las siguientes salidas de la terminal. La otra dirección global que contiene el nombre CAFE utilizando las letras de números en hexadecimal como identificador del nombre son la direcciones unicast global agregables que sirven para poder cambiar de proveedor sin cambiar la numeración de una organización. Están formadas por la topología pública (prefijo + identificador de agregación), topología de sitio (identificador de agregación → CAFE que está formado por el NLA para proveedores regionales y el SLA para identificar subredes) y el identificador de la interfaz o dirección de nivel de enlace.

```
R1# show ipv6 interface f0/0
```

```
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
```

```
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1
```

```
Global unicast address(es):
```

```
2001:DB8:1::1, subnet is 2001:DB8:1::/64 [EUI]
```

```
2001:DB8:CAFE:1::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:1::/64
```

```
Joined group address(es):
```

```
FF02::1
```

```
FF02::2
```

```
FF02::1:FF00:1
```

```
MTU is 1500 bytes
```

```
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
```

```
ICMP redirects are enabled
```

```
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
```

```
ND reachable time is 30000 milliseconds
```

```
ND advertised reachable time is 0 milliseconds
```

ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

R1# show ipv6 interface f2/0

FastEthernet2/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1

Global unicast address(es):

2001:DB8:2::1, subnet is 2001:DB8:2::/64 [EUI]

2001:DB8:CAFE:2::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:2::/64

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:1

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

ND advertised reachable time is 0 milliseconds

ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

R1# show ipv6 interface s5/0

Serial5/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C801:36FF:FECC:0

Global unicast address(es):

2001:DB8:1:1::1, subnet is 2001:DB8:1:1::/64

2001:DB8:1:1:C801:36FF:FECC:0, subnet is 2001:DB8:1:1::/64 [EUI]

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:1

FF02::1:FFCC:0

MTU is 4470 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is not supported

ND reachable time is 30000 milliseconds

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

R2#show ipv6 interface f0/0

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C802:32FF:FEE0:0

Global unicast address(es):

2001:DB8:CAFE:3::1, subnet is 2001:DB8:CAFE:3::/64

2001:DB8:CAFE:3:C802:32FF:FEE0:0, subnet is 2001:DB8:CAFE:3::/64 [EUI]

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::1:FF00:1

FF02::1:FFE0:0

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

```
R2#show ipv6 interface s5/0
```

```
Serial5/0 is up, line protocol is up
```

```
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C802:32FF:FEE0:0
```

```
Global unicast address(es):
```

```
2001:DB8:1:1::2, subnet is 2001:DB8:1:1::/64
```

```
2001:DB8:CAFE:1:C802:32FF:FEE0:0, subnet is 2001:DB8:CAFE:1::/64 [EUI]
```

```
Joined group address(es):
```

```
FF02::1
```

```
FF02::2
```

```
FF02::1:FF00:2
```

```
FF02::1:FEE0:0
```

```
MTU is 4470 bytes
```

```
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
```

```
ICMP redirects are enabled
```

```
ND DAD is not supported
```

```
ND reachable time is 30000 milliseconds
```

1.2.3. Autoconfiguración de direcciones IPv6 globales

Este apartado trabajaremos en el mecanismo de autoconfiguración de direcciones IPv6 sin intervención¹. Para ello partiremos de la configuración aplicada en los routers R1 y R2 del ejercicio anterior (en particular la realizada en la segunda parte del mismo).

¹ Por defecto las máquinas Linux con IPv6 tienen habilitada la autoconfiguración de direcciones IPv6 sin intervención. Esto puede inhabilitarse:

- Temporalmente con “sudo sysctl -w net.ipv6.conf.eth1.autoconf=0” y “sudo sysctl -w net.ipv6.conf.eth1.accept_ra=0” para eth1 ó para todas las interfaces con “sudo sysctl -w net.ipv6.conf.all.autoconf=0” y “sudo sysctl -w net.ipv6.conf.all.accept_ra=0”.
- Permanentemente en el fichero /etc/sysctl.conf modificando las líneas
“net.ipv6.conf.<iface|all|default>.accept_ra=0”
“net.ipv6.conf.<iface|all|default>.accept_ra=1”.

Siga los siguientes pasos y responda a las preguntas razonadamente hasta completar la autoconfiguración de la dirección IPv6 global en Debian-1:

a) Inicie la máquina Debian-1 (si ya la tenía iniciada pase al siguiente punto).

b) Desactive la interfaz de red eth0 con la orden:

ifconfig eth0 down

c) Inicie una captura en el enlace Debian-1_a_HUB1.

d) Active la interfaz de red eth0 con la orden:

ifconfig eth0 up

e) Interrumpa la captura y guárdela con el nombre debian1.autoconfig.cap

f) Muestre la configuración de red de Debian-1 e identifique los parámetros que se han configurado.

RESPUESTA: Como se puede observar en la siguiente salida por pantalla del equipo Debian-1, se han añadido a su configuración de red las dos direcciones IPv6 globales de la interfaz f0/0 del router R1, por un lado, la dirección global unicast agregable que contiene la palabra 'cafe' en medio de la dirección como identificadores NLA y SLA de la topología del sitio, como ya explicamos en apartados anteriores. Y por otro lado, la otra dirección es la dirección global asignada a la interfaz eth0 del equipo para poder comunicar con otros equipos de subredes distintas a través de esta dirección.

```
root@lipcUR:~# ifconfig
```

```
eth0  Link encap:Ethernet  HWaddr 0c:39:7e:6d:1b:00
```

```
inet6 addr: 2001:db8:cafe:1:e39:7eff:fe6d:1b00/64 Scope:Global
```

```
inet6 addr: fe80::e39:7eff:fe6d:1b00/64 Scope:Link
```

```
inet6 addr: 2001:db8:1:0:e39:7eff:fe6d:1b00/64 Scope:Global
```

```
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
```

```
RX packets:6 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
```

```
TX packets:22 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

```
collisions:0 txqueuelen:1000
```

```
RX bytes:1316 (1.2 KiB)  TX bytes:3380 (3.3 KiB)
```

```
lo    Link encap:Local Loopback
```

```
inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
```

```
inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
```

```
UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
```

RX packets:6 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0

TX packets:6 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0

collisions:0 txqueuelen:0

RX bytes:300 (300.0 B) TX bytes:300 (300.0 B)

- g) Muestre también su tabla de rutas IPv6 con la orden *"show ipv6 route"*. ¿Existe ruta por defecto? En caso afirmativo, ¿cómo se ha obtenido?

RESPUESTA: No, no existe ruta por defecto porque no hemos configurado el router con una dirección determinada para que sea la ruta por defecto. Únicamente aparecen las direcciones IPv6 que hemos configurado en apartados anteriores para encaminar los mensajes que le llegan a R1 por sus interfaces correspondientes.

Ya que en cada entrada de la tabla de rutas IPv6 de R1 se puede ver las direcciones con una letra (C o L) al lado, indicando si son direcciones a las que están conectado directamente por sus interfaces y en el campo siguiente, la interfaz por la que podemos encaminar el mensaje que lleva como dirección destino una de las entradas de esta tabla.

R1#show ipv6 route

IPv6 Routing Table - 13 entries

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP

U - Per-user Static route

I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary

O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2

ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

C 2001:DB8:1::/64 [0/0]

via ::, FastEthernet0/0

L 2001:DB8:1::1/128 [0/0]

via ::, FastEthernet0/0

C 2001:DB8:1:1::/64 [0/0]

via ::, Serial5/0

L 2001:DB8:1:1::1/128 [0/0]

via ::, Serial5/0

L 2001:DB8:1:1:C801:46FF:FEA4:0/128 [0/0]

via ::, Serial5/0

C 2001:DB8:2::/64 [0/0]

via ::, FastEthernet2/0

```

L 2001:DB8:2::1/128 [0/0]

via ::, FastEthernet2/0

C 2001:DB8:CAFE:1::/64 [0/0]

via ::, FastEthernet0/0

L 2001:DB8:CAFE:1::1/128 [0/0]

via ::, FastEthernet0/0

C 2001:DB8:CAFE:2::/64 [0/0]

via ::, FastEthernet2/0

L 2001:DB8:CAFE:2::1/128 [0/0]

via ::, FastEthernet2/0

L FE80::/10 [0/0]

via ::, Null0

L FF00::/8 [0/0]

via ::, Null0

```

- h) Identifique el tráfico relacionado con la autoconfiguración de la dirección IPv6 unicast global de que dispone Debian-1.

RESPUESTA: dentro del tráfico capturado, después de los mensajes iniciales que envía el equipo Debian-1 de autoconfiguración para el proceso de resolución de direcciones donde pide la dirección de nivel de enlace asociada a la dirección IPv6 por la que pregunta, el router R1 manda un mensaje de tipo *Router Advertisement* enviada a todos los equipos de ese enlace a través de la dirección multicast *ff02::1*, donde envía la información de los prefijos que ha asignado para las direcciones globales de cada una de sus interfaces a todos los equipos de cada una de ellas.

En este caso, hemos capturado el mensaje enviado por el enlace por el que está conectado a los equipos Debian-0 y Debian-1 como se puede ver en la *imagen 2* donde se envían la información del prefijo de dirección global del equipo *2001:db8:1::/64* y la del prefijo de la dirección unicast global de la interfaz del router *2001:db8:café:1::/64*. Este tipo de mensaje los manda los routers periódicamente de manera que los equipos puedan actualizar su configuración en función del contenido de dichos mensajes.

Y el otro mensaje que toma parte de la autoconfiguración de la dirección IPv6 unicast global es el mensaje nº 10 *Neighbor Solicitation* donde el equipo Debian-1 lo manda a la dirección multicast de nodo solicitado pidiendo la dirección de nivel de enlace de la dirección unicast global de manera que el router R1 le contestará con un mensaje *Neighbor Advertisement* proporcionando la dirección de nivel de enlace.

2	7.596682	::	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
3	7.767227	::	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
4	8.119286	::	ff02::1:ff6d:1b00	ICMPv6	78 Neighbor Solicitation for fe80::e39:7eff:fe6d:1b00
5	9.119610	fe80::e39:7eff:fe6d:1b00	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
6	9.119610	fe80::e39:7eff:fe6d:1b00	ff02::2	ICMPv6	70 Router Solicitation from 0c:39:7e:6d:1b:00
7	9.127589	fe80::1	ff02::1	ICMPv6	150 Router Advertisement from ca:01:11:a8:00:00
8	9.667146	::	ff02::1:ff6d:1b00	ICMPv6	78 Neighbor Solicitation for 2001:db8:1:0:e39:7eff:fe6d:1b00
9	9.774857	fe80::e39:7eff:fe6d:1b00	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
10	9.862623	::	ff02::1:ff6d:1b00	ICMPv6	78 Neighbor Solicitation for 2001:db8:cafe:1:e39:7eff:fe6d:1b00

Figura 1.2.3_1: Captura de wireshark del tráfico IPv6 tras reactivar la interfaz eth0 del equipo Debian-1


```

> Frame 7: 150 bytes on wire (1200 bits), 150 bytes captured (1200 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:01:11:a8:00:00 (ca:01:11:a8:00:00), Dst: IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)
> Internet Protocol Version 6, Src: fe80::1, Dst: ff02::1
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x0ff2 [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Cur hop limit: 64
  > Flags: 0x00, Prf (Default Router Preference): Medium
  Router lifetime (s): 1800
  Reachable time (ms): 0
  Retrans timer (ms): 0
  ▼ ICMPv6 Option (Source link-layer address : ca:01:11:a8:00:00)
    Type: Source link-layer address (1)
    Length: 1 (8 bytes)
    Link-layer address: ca:01:11:a8:00:00 (ca:01:11:a8:00:00)
  ▼ ICMPv6 Option (MTU : 1500)
    Type: MTU (5)
    Length: 1 (8 bytes)
    Reserved
    MTU: 1500
  ▼ ICMPv6 Option (Prefix information : 2001:db8:1::/64)
    Type: Prefix information (3)
    Length: 4 (32 bytes)
    Prefix Length: 64
    > Flag: 0xc0, On-link flag(L), Autonomous address-configuration flag(A)
    Valid Lifetime: 2592000
    Preferred Lifetime: 604800
    Reserved
    Prefix: 2001:db8:1::
  ▼ ICMPv6 Option (Prefix information : 2001:db8:cafe:1::/64)
    Type: Prefix information (3)
    Length: 4 (32 bytes)
    Prefix Length: 64
    > Flag: 0xc0, On-link flag(L), Autonomous address-configuration flag(A)
    Valid Lifetime: 2592000
    Preferred Lifetime: 604800
    Reserved
    Prefix: 2001:db8:cafe:1::

```

Figura 1.2.3_2: Contenido del mensaje nº7 Router Advertisement que envía la interfaz f0/0 de R1

```

> Frame 10: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:39:7e:6d:1b:00 (0c:39:7e:6d:1b:00), Dst: IPv6mcast_ff:6d:1b:00 (33:33:ff:6d:1b:00)
> Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::1:ff6d:1b00
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Neighbor Solicitation (135)
  Code: 0
  Checksum: 0xbfdb [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Reserved: 00000000
  Target Address: 2001:db8:cafe:1:e39:7eff:fe6d:1b00

```

Figura 1.2.3_3: Contenido del mensaje nº10 Neighbor Solicitation que envía el equipo Debian-1 a la dirección global

A continuación, veremos cómo encaminar paquetes entre máquinas conectadas al mismo router pero por enlaces diferentes.

- i) Inicie la máquina Debian-2. Si ya la tenía iniciada desactive y active la interfaz de red eth0 con:

ifconfig eth0 down

ifconfig eth0 up

- j) Inicie una captura en el enlace HUB2_a_Debian-2.
- k) Realice una única prueba de alcanzabilidad desde Debian-2 a la dirección IPv6 global única de Debian-1 (configurada en el punto anterior).

ping6 -c 1 dir_ipv6

- l) Interrumpa la captura y guárdela con el nombre debian2.ping.cap
- m) Responda a las siguientes preguntas:

- a. ¿Es alcanzable Debian-1 desde Debian-2? ¿Por qué?

RESPUESTA: si, es alcanzable porque al hacer ping sobre la dirección global que le ha asignado el router al equipo Debian-1, ambos equipos siendo de subredes distintas pueden mandarse mensajes ya que el router sabe encaminar los mensajes que vayan dirigidos a estas direcciones tal y como se pudo observar en la tabla de rutas IPv6 del router R1 en el apartado anterior.

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00
PING 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00(2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=1 ttl=63 time=48.3 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=2 ttl=63 time=22.3 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=3 ttl=63 time=19.4 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=4 ttl=63 time=15.1 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=5 ttl=63 time=22.4 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=6 ttl=63 time=17.0 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00: icmp_seq=7 ttl=63 time=22.7 ms
^C
--- 2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b:5d00 ping statistics ---
7 packets transmitted, 7 received, 0% packet loss, time 6014ms
rtt min/avg/max/mdev = 15.149/23.933/48.352/10.332 ms
```

- b. ¿Qué entradas tendrá la caché de vecinos de Debian-2? ¿Y Debian-1? ¿Y R1? Consúltalas y razona tu respuesta.

RESPUESTA: la caché de vecinos de Debian-2 tiene dos entradas correspondientes a la dirección local de enlace *fe80::1* de la interfaz f2/0 del router R1 que es a la que está conectado este equipo y la dirección unicast global que el router ha asignado a la misma interfaz *2001:db8:café:2::1*. Por otro lado Debian-1, debería tener las mismas entradas, una dirección local de enlace y otra la dirección unicast global, correspondientes a la interfaz de R1 por la que ha recibido el ICMPv6 correspondiente al ping de Debian-2.

Por otro lado, R1 tiene en su caché de vecinos, las direcciones de enlace local y las direcciones unicast globales asignadas a las interfaces f0/0 y f2/0, así como la del equipo Debian-1. Del equipo Debian-2 solo tiene apuntada su dirección unicast global pero no su dirección de enlace local *fe80::*

***NOTA:** en la caché de vecinos de Debian-1 deberían aparecer 2 entradas correspondientes a la dirección local de enlace y a la dirección unicast global de la interfaz f0/0 por la que está conectado este equipo a R1 pero en la captura solo se muestra una entrada correspondiente a la dirección local de enlace.

```
root@lipcUR:~# ip neigh show
fe80::1 dev eth0 lladdr ca:01:04:e8:00:00 router STALE
```

Figura 1.2.3_5: Caché de vecinos del equipo Debian-1

```
root@lipcUR:~# ip neigh show
2001:db8:cafe:2::1 dev eth0 lladdr ca:01:04:e8:00:38 router STALE
fe80::1 dev eth0 lladdr ca:01:04:e8:00:38 router STALE
```

```
R1#show ipv6 neighbor
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State Interface
FE80::EF6:BCFF:FE9B:5D00                  19 0cf6.bc9b.5d00 STALE Fa0/0
2001:DB8:1:0:EF6:BCFF:FE9B:5D00           19 0cf6.bc9b.5d00 STALE Fa0/0
2001:DB8:CAFE:2:EF6:BCFF:FE0D:4C00        20 0cf6.bc0d.4c00 STALE Fa2/0
2001:DB8:CAFE:1:EF6:BCFF:FE3F:C500        24 0cf6.bc3f.c500 STALE Fa0/0
FE80::EF6:BCFF:FE0D:4C00                  19 0cf6.bc0d.4c00 STALE Fa2/0
FE80::EF6:BCFF:FE3F:C500                  23 0cf6.bc3f.c500 STALE Fa0/0
2001:DB8:2:0:EF6:BCFF:FE0D:4C00          19 0cf6.bc0d.4c00 STALE Fa2/0
2001:DB8:CAFE:1:EF6:BCFF:FE9B:5D00        24 0cf6.bc9b.5d00 STALE Fa0/0
```

Figura 1.2.3_5: Caché de vecinos del equipo Debian-1

- c. Identifique todo el tráfico relacionado con dicho test de alcanzabilidad.

RESPUESTA: Como se puede observar en la *imagen 4*, la dirección de enlace `fe80::1` asignada a la interfaz del router R1 manda un mensaje de tipo *Neighbor Solicitation* de anuncio de vecino por unicast (por multicast significa solicitud de vecinos) a la dirección de enlace local del equipo Debian-2 solicitando la dirección MAC de la dirección IPv6 por la que está preguntando, que es la de Debian-2.

Este equipo contesta también por unicast al router con su dirección MAC dentro de un mensaje de tipo *Neighbor Advertisement*. Este proceso es similar a proceso de ARP de resolución de direcciones en IPv4 donde el router y el equipo Debian-2 se conocen para poder comunicarse en un futuro. Tras esto, el router R1 apunta la dirección de enlace local asociada a la dirección MAC de Debian-2 en su tabla de vecinos.

A continuación, se procede al envío, por parte de Debian-2, de los sucesivos paquetes de ICMPv6 correspondientes al ping que ha hecho a Debian-1, solo que en este caso R1 ya tenía apuntada la dirección de enlace local y unicast global del equipo Debian-1 en su caché de vecinos y por eso no ha tenido que proceder a enviarle un mensaje solicitando conocer su dirección MAC.

30 3.595385	fe80::1	fe80::ef6:bcff:fe0d...	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::ef6:bcff:fe0d:4c00 from ca:01:04:e8:00:38
31 3.601368	fe80::ef6:bcff:fe0d:4c00	fe80::1	ICMPv6	78 Neighbor Advertisement fe80::ef6:bcff:fe0d:4c00 (sol)
33 17.587963	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=1, hop limit=64 (reply in 34)
34 17.604917	2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b...	2001:db8:2:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01ce, seq=1, hop limit=63 (request in 33)
35 18.592277	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=2, hop limit=64 (reply in 36)
36 18.614219	2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b...	2001:db8:2:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01ce, seq=2, hop limit=63 (request in 35)
37 19.593600	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=3, hop limit=64 (reply in 38)
38 19.612548	2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b...	2001:db8:2:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01ce, seq=3, hop limit=63 (request in 37)
39 20.594924	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=4, hop limit=64 (reply in 40)
40 20.621852	2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b...	2001:db8:2:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01ce, seq=4, hop limit=63 (request in 39)
41 21.596243	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=5, hop limit=64 (reply in 42)
42 21.620179	2001:db8:1:0:ef6:bcff:fe9b...	2001:db8:2:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01ce, seq=5, hop limit=63 (request in 41)
44 22.597565	2001:db8:2:0:ef6:bcff:fe0d...	2001:db8:1:0:ef6:bc...	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01ce, seq=6, hop limit=64 (reply in 47)

Figura 1.2.3_4: Captura de wireshark al hacer ping desde Debian-2 a Debian-1

1.3. Encaminamiento entre máquinas remotas

Los routers R1 y R2 sólo tienen configuradas rutas hacia máquinas (y redes) vecinas. Para que dos máquinas de diferentes subredes puedan intercambiar tráfico es necesario añadir rutas en ambos routers. Añade las rutas que considere necesarias para que todas las máquinas del escenario puedan intercambiar tráfico entre sí. Verifique que en efecto ese tráfico es posible.

RESPUESTA: para que el encaminamiento se realice correctamente hemos añadido dos rutas estáticas para cada uno de los routers R1 y R2 respectivamente como se puede ver en la salida por pantalla aquí encima resaltadas en rojo. Al router R1 le hemos añadido la entrada correspondiente a la dirección IPv6 global `2001:db8:café:3::` para que pueda encaminar todos los paquetes que vayan dirigidos a esta dirección, que es la dirección global de la subred donde está el equipo Debian-3. Y al router R2 le hemos añadido la dirección IPv6 `2001:db8:café:2::` para que pueda encaminar los paquetes a esta dirección, que es la dirección de la subred donde está el equipo Debian-2.

482	3138.086736	fe80::e58:72ff:fece:f600	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
483	3138.635269	::	ff02::1:ffce:f600	ICMPv6	78 Neighbor Solicitation for 2001:db8:café:3:e58:72ff:fece:f600
493	3184.520553	2001:db8:café:3::1	ff02::1:ffce:f600	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:db8:café:3:e58:72ff:fece:f600 from ca:02:4b:a0:00:00
494	3184.532521	2001:db8:café:3:e58:72ff:f...	2001:db8:café:3::1	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement 2001:db8:café:3:e58:72ff:fece:f600 (sol, ovr) is at 0c:58:72:ce:f6:00

En cuanto a la configuración del router R2, para que pudiese enviar a Debian-3 la información necesaria para configurar su dirección IPv6 global, tuvimos que seguir los mismos pasos que en el ejercicio 1 del punto 1.2.1.3 y después añadir de nuevo la dirección IPv6 unicast global a las interfaces del router R2 de nuevo para configurar el router y , posteriormente, activar y desactivar de forma continuada la interfaz eth0 del equipo Debian-3 para que volviese a enviar el mensaje *Neighbor Solicitation* ,ya explicado en apartados anteriores, con el fin de obtener la información del router que éste le enviase como respuesta en un mensaje *Neighbor Advertisement* para configurar su parámetros de red.

```
root@lipcUR:~# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 0c:58:72:5d:23:00
          inet6 addr: 2001:db8:café:2:e58:72ff:fe5d:2300/64 Scope:Global
          inet6 addr: 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300/64 Scope:Global
          inet6 addr: fe80::e58:72ff:fe5d:2300/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:40 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:63 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:6397 (6.2 KiB)  TX bytes:7515 (7.3 KiB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:6 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:6 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:300 (300.0 B)  TX bytes:300 (300.0 B)
```

Figura 1.3_1: Configuración de red del equipo Debian-3 una vez obtenida su dirección global

Aquí como podemos observar, una vez el equipo Debian-3 le es asignada a su interfaz una dirección IPv6 global y su dirección IPv6 unicast global, todos los equipos del escenario pueden comunicarse entre ellos. Nosotros lo hemos comprobado a través de la orden ping, desde cada uno de los equipos al resto de los equipos de la red.

```
root@lipcUR:~# ping6 -I eth0 fe80::e58:72ff:fe5c:b700
PING fe80::e58:72ff:fe5c:b700(fe80::e58:72ff:fe5c:b700) from fe80::e58:72ff:f
e5c:b700 eth0: 56 data bytes
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.16 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=2 ttl=64 time=4.30 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.237 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.246 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.245 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.240 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.250 ms
64 bytes from fe80::e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.239 ms
```

Figura 1.3_2: Ping de Debian0 a Debian1 utilizando la dirección de enlace local

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400
PING 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400(2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=1 ttl=64 time=33.4 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=2 ttl=64 time=6.75 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=3 ttl=64 time=7.13 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=4 ttl=64 time=6.10 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=5 ttl=64 time=8.03 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=6 ttl=64 time=6.24 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=7 ttl=64 time=7.47 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=8 ttl=64 time=6.79 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=9 ttl=64 time=5.38 ms
```

Figura 1.3_3: Ping de Debian0 a Debian1

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300
PING 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300(2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=1 ttl=63 time=64.8 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=2 ttl=63 time=17.4 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=3 ttl=63 time=23.5 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=4 ttl=63 time=19.7 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=5 ttl=63 time=25.5 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=6 ttl=63 time=21.8 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=7 ttl=63 time=16.4 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=8 ttl=63 time=23.7 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=9 ttl=63 time=19.7 ms
64 bytes from 2001:db8:2:0:e58:72ff:fe5d:2300: icmp_seq=10 ttl=63 time=14.4 m
```

Figura 1.3_4: Ping de Debian0 a Debian2


```

root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700
PING 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700(2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=1 ttl=64 time=10.8 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=2 ttl=64 time=6.81 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=3 ttl=64 time=7.10 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=4 ttl=64 time=6.34 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=5 ttl=64 time=6.27 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=6 ttl=64 time=6.39 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=7 ttl=64 time=7.55 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=8 ttl=64 time=9.24 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=9 ttl=64 time=7.38 ms

```

Figura 1.3_5: Ping de Debian1 a Debian0

```

root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700
PING 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700(2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=1 ttl=63 time=30.8 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=2 ttl=63 time=16.0 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=3 ttl=63 time=22.6 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=4 ttl=63 time=19.4 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=5 ttl=63 time=26.5 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=6 ttl=63 time=23.2 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=7 ttl=63 time=18.8 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=8 ttl=63 time=16.3 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=9 ttl=63 time=23.7 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe5c:b700: icmp_seq=10 ttl=63 time=20.4 m

```

Figura 1.3_6: Ping de Debian2 a Debian0

```

root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400
PING 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400(2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400) 56 data
bytes
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=1 ttl=63 time=37.7 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=2 ttl=63 time=21.1 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=3 ttl=63 time=27.9 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=4 ttl=63 time=23.5 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=5 ttl=63 time=19.3 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=6 ttl=63 time=15.4 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=7 ttl=63 time=22.1 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=8 ttl=63 time=18.3 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=9 ttl=63 time=25.7 ms
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=10 ttl=63 time=21.5 m
s
64 bytes from 2001:db8:1:0:e58:72ff:fe3d:7400: icmp_seq=11 ttl=63 time=27.7 m

```

Figura 1.3_7: Ping Debian2 a Debian1

Para configurar los routers R1 y R2 y el equipo Debian 3 ha sido necesaria la siguiente configuración donde ha habido que añadir 1 ruta en R1 y 2 en R2 asignándole la dirección local de enlace de la interfaz s5/0 por donde tienen que ser encaminados los routers. Como apunte hay que añadir que hemos añadido como rutas a los routers R1 y R2 las direcciones IPv6 unicast globales para encaminar los paquetes y no las direcciones globales, pero se podrían haber añadido de manera análoga. A continuación, mostramos la configuración a seguir para encaminar los paquetes, así como una prueba con la orden ping desde el equipo Debian-3 al resto y desde Debian-0 a Debian-3

```
R1#config t
R1(config)#ipv6 route 2001:DB8:CAFE:3::/64 s5/0 FE80::C802:36FF:FE38:0
R2(config)#exit
R2#wr
```

```
R2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#ipv6 route 2001:DB8:CAFE:1::/64 s5/0 FE80::C801:29FF:FECC:0
R2(config)#ipv6 route 2001:DB8:CAFE:2::/64 s5/0 FE80::C801:29FF:FECC:0
R2(config)#exit
R2#wr
```

13 15.565371	fe80::2	ff02::1:ffa3:7b00	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00 from ca:02:36:38:00:00
14 15.578336	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	fe80::2	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00 (sol, ovr) is at 0c:1b:10:a3:7b:00
15 15.587313	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=1, hop limit=62 (request in 12)
16 16.486907	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=2, hop limit=64 (reply in 17)
17 16.530790	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=2, hop limit=62 (request in 16)
18 17.485237	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=3, hop limit=64 (reply in 19)
19 17.529119	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=3, hop limit=62 (request in 18)
20 18.486560	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=4, hop limit=64 (reply in 21)
21 18.527450	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=4, hop limit=62 (request in 20)
22 19.489878	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=5, hop limit=64 (reply in 23)
23 19.536749	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=5, hop limit=62 (request in 22)
25 20.493192	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=6, hop limit=64 (reply in 26)
26 20.535081	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x01d4, seq=6, hop limit=62 (request in 25)
27 21.496510	2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00	2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x01d4, seq=7, hop limit=64 (reply in 28)

Figura 1.3_8: Captura de Wireshark de la interfaz eth0 de Debian3 como resultado al hacer ping a los equipos

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00
PING 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00(2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00) 5
6 data bytes
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=1 ttl=62 time=51.8
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=2 ttl=62 time=47.0
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=3 ttl=62 time=40.9
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=4 ttl=62 time=48.1
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=5 ttl=62 time=44.4
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:3:e1b:10ff:fea3:7b00: icmp_seq=6 ttl=62 time=44.3
ms
```

Figura 1.3_9: Ping de Debian0 a Debian3

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00
PING 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00(2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00) 5
6 data bytes
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=1 ttl=62 time=58.0
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=2 ttl=62 time=41.8
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=3 ttl=62 time=49.3
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=4 ttl=62 time=44.2
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=5 ttl=62 time=40.4
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=6 ttl=62 time=47.6
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe45:ff00: icmp_seq=7 ttl=62 time=43.0
ms
```

Figura 1.3_10: Ping de Debian3 a Debian0

```
PING 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00(2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00) 5
6 data bytes
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=1 ttl=62 time=107
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=2 ttl=62 time=47.7
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=3 ttl=62 time=45.0
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=4 ttl=62 time=42.3
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=5 ttl=62 time=48.2
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=6 ttl=62 time=43.2
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:1:e1b:10ff:fe51:be00: icmp_seq=7 ttl=62 time=37.4
ms
```

Figura 1.3_11: Ping de Debian3 a Debian1

```
root@lipcUR:~# ping6 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200
PING 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200(2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200) 5
6 data bytes
64 bytes from 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200: icmp_seq=1 ttl=62 time=86.4
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200: icmp_seq=2 ttl=62 time=47.8
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200: icmp_seq=3 ttl=62 time=44.4
ms
64 bytes from 2001:db8:cafe:2:e1b:10ff:fed2:7200: icmp_seq=4 ttl=62 time=39.7
ms
```

Figura 1.3_12: Ping de Debian3 a Debian2