

1. Encaminamiento Multicast PIM-SM

Versión 2.0, abril 2018

Luis Blázquez Miñambres

Samuel Gómez Sánchez

Fecha: 10/05/2019

Duración estimada de la práctica: 2 sesiones de 2h.

1.1. Entorno de trabajo

- Software de emulación de redes: GNS3 (Analizador de red: wireshark)
- Cisco IOS
- Linux virtualizado (DebianAlumno)

1.2. Objetivos

- Entender el funcionamiento del encaminamiento multicast mediante el protocolo PIM modo disperso.

1.3. Escenario de trabajo

Para la realización de los siguientes ejercicios se trabajará sobre un escenario prediseñado en GNS3. Descomprimir el escenario en el directorio GNS3/projects de la unidad Z. Se generará un directorio *06MulticastOSPF* con los archivos del escenario. Abrirlo con GNS3 y se mostrará lo siguiente.

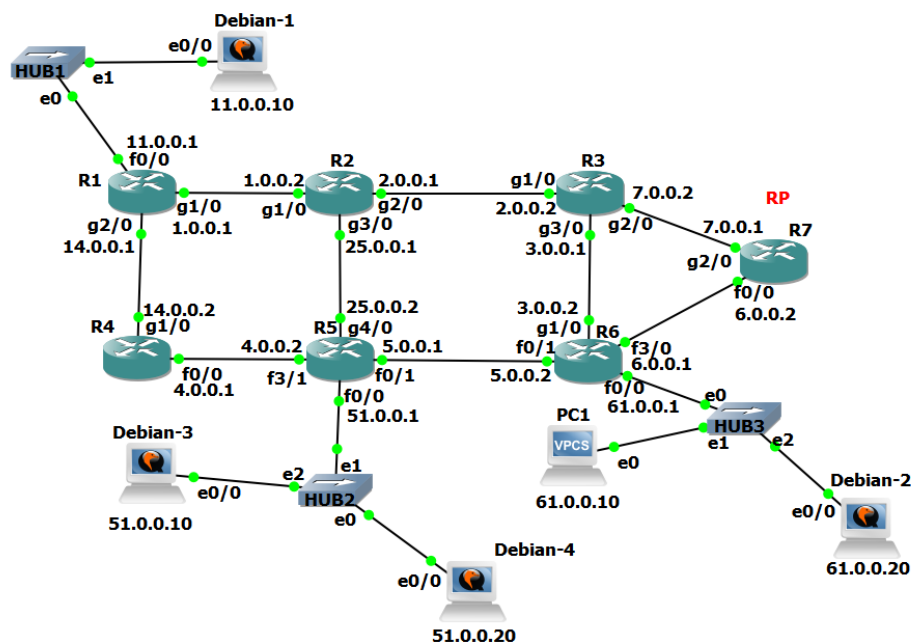


Figura 1: Escenario *multicast*

Todos los equipos están ya configurados incluidos los routers que tienen habilitado OSPF. Inicia todos los equipos. Sus tablas de rutas son las consultadas en la práctica de PIM-DM.

1.4. Iniciando PIM-SM

Para habilitar el encaminamiento multicast PIM-SM es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Habilitar el encaminamiento multicast
2. Habilitar el modo disperso de PIM en cada interfaz
3. Definir al menos un router como router punto de encuentro (RP). Se puede indicar manualmente en cada router la IP del RP o bien hacer que automáticamente el RP se anuncie. Ya hemos visto en la práctica PIM-SM que todos los routers se suscriben automáticamente a la IP 224.0.1.40 para recibir estos anuncios.

Encaminamiento multicast	
ip multicast-routing	Habilita el encaminamiento multicast
ip pim sparse-mode	Activa PIM-SM en la interfaz seleccionada
ip pim rp-address <address> [group-list acl]	Definir la IP del router punto de encuentro (RP)

Para comenzar habilitaremos el encaminamiento PIM-SM en el router R1 y estableceremos manualmente la IP de RP a 7.0.0.1 (R7 por su interfaz g2/0). Arranca wireshark en todas las interfaces de R1 y habilita el encaminamiento multicast. Incluye las órdenes utilizadas.

RESPUESTA: esta es la configuración que se ha realizado en R1 manualmente:

```
R1#config t
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#interface FastEthernet0/0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet2/0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet1/0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R1(config)#exit
R1#wr
Building configuration...
```

Pasados unos minutos interrumpe y analiza las capturas realizadas. ¿Qué mensajes PIM se han generado? ¿A qué dirección IP se dirigen? ¿cuál es su propósito? ¿Qué mensajes IGMP se han generado? ¿A qué dirección IP se dirigen? ¿cuál es su propósito?

RESPUESTA: En cuanto a las capturas realizadas en las interfaces de R1, como se puede observar, solo R1 por la interfaz FastEthernet0/0 que tiene conectada a HUB1, envía una consulta específica de grupo o *Membership Report, group 224.0.0.1* indicando que hay un suscriptor de ese grupo multicast por esa interfaz, que es el equipo Debian1, y le envía periódicamente (cada 1 minuto) este mensaje para saber si sigue interesado en ese grupo.

En caso de no responder, significaría que ya no es suscriptor de ese grupo multicast y lo habría abandonado. En el resto de las interfaces, por otro lado, solo se rastrea en busca de suscriptores o hosts que estén interesados en algún grupo multicast además de mandar mensajes de HELLO para ver si hay algún router vecino que tenga activado PIM por sus interfaces y añadir a la lista de interfaces de salida del router

27	139.365609	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
28	139.365609	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
29	139.376580	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
32	158.377807	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
35	168.372103	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
36	168.536663	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
40	197.893221	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
43	212.857236	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
44	218.375492	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
47	227.448248	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
48	227.568927	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
52	256.575420	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
55	278.559677	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
57	281.568637	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
59	285.772405	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
63	314.873644	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
66	338.568332	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
68	344.425681	11.0.0.1	224.0.0.13	PTIPv2	68 Hello
70	346.564964	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_4_1: Captura de wireshark de la interfaz R1-HUB1

83	188.995995	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
84	188.995995	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
97	218.923030	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
100	220.371159	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
113	248.126995	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
126	277.560348	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
129	280.360865	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
142	307.059526	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
155	336.482905	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
158	340.366527	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
171	366.024967	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
185	395.368560	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
188	400.370212	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

Figura 1_4_2: Captura de wireshark de la interfaz R1-R2

73	164.890407	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
74	164.890407	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
87	194.181141	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
96	216.001835	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
103	223.363165	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
116	252.709750	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
125	276.196991	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
132	282.082266	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
145	311.611362	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
154	336.194675	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
159	341.229223	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
174	370.344426	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
183	396.188386	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
187	400.027128	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
201	429.702859	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
212	456.195106	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

Figura 1_4_3: Captura de wireshark de la interfaz R1-R4

Consulta los vecinos PIM, las interfaces en las que está activo PIM, los suscriptores que existen en cada interfaz, la tabla de encaminamiento multicast y el router punto de encuentro. Incluye y comenta la información obtenida.

RESPUESTA: como solo R1 ha sido configurado con el protocolo PIM, solo el tendrá activado este protocolo en toda la red de momento. Por lo que su tabla de vecinos PIM estará vacía.

```
R1#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                               Prio/Mode
```

Figura 1_4_4: Tabla de vecinos PIM

En cuanto a las interfaces que tienen activado el protocolo PIM, en este caso en modo denso, son las mismas que hemos configurado anteriormente.

```
R1#show ip pim interface
Address      Interface      Ver/  Nbr  Query  DR  DR
              Mode    Count Intvl Prior
11.0.0.1     FastEthernet0/0 v2/S    0    30    1  11.0.0.1
14.0.0.1     GigabitEthernet2/0 v2/S    0    30    1  14.0.0.1
1.0.0.1      GigabitEthernet1/0 v2/S    0    30    1  1.0.0.1
```

Figura 1_4_5: Lista de interfaces en las que está activo PIM

En cuanto a la lista de suscriptores, el único grupo multicast del que tiene suscriptores el router R1 es por la interfaz de HUB1, el host Debian1, que se suscribe de manera automática al grupo multicast 224.0.1.40 al igual que el resto de hosts de la red para recibir los anuncios los unos de los otros. Envía cada 1 minuto por esta interfaz un mensaje

Membership Query for group 224.0.40.1 para preguntarle si sigue siendo suscriptor del grupo.

```
R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:44:55  00:02:29  11.0.0.1
```

Figura 1_4_6: Lista de suscriptores en cada interfaz

En la tabla de encaminamiento multicast, solo aparecerá una entrada para cualquier fuente del grupo multicast al que está suscrito el equipo Debian1, cuya interfaz de entrada para los mensajes multicast dirigidos a este grupo provenientes de cualquier fuente es la que está conectada al router R4 y la interfaz de salida es la que está conectada al HUB1 y que recibe el equipo Debian1.

```
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:44:58/00:02:26, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:44:58/00:02:26
```

Figura 1_4_7: Tabla de encaminamiento multicast

En cuanto a la definición del RP (*Rendezvous Point*) o router punto de acceso, hemos configurado de manera manual que sea el router R7, que será el router raíz o punto de encuentro donde los emisores de un grupo multicast se registrarán y donde los suscriptores irán a preguntar. Será como un intermediario entre los emisores y los suscriptores, de manera que se evita inundar la red para que emisores y receptores se encuentren.

```
R1#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:48:04, expires never
```

Figura 1_4_8: Información sobre el Router punto de encuentro

1.5. Habilitar PIM-SM en todos los routers

A continuación, habilitaremos PIM-DM en el resto de routers, capturaremos el tráfico generado y analizaremos lo sucedido. Pasos:

1. Lanzar wireshark en todos los interfaces
2. Habilitar PIM-SM en el resto de routers (R2, R3, R4, R5, R6 y R7)
3. Pasado al menos un minuto parar las capturas de tráfico y guardarlas (filtradas por el tráfico que nos interesa)
4. Consultar y analizar la información relevante en cada router
5. Analizar las capturas de tráfico para explicar lo sucedido

Incluye las órdenes utilizadas para habilitar PIM-SM en todos los routers. Recuerda que el RP es R7 (7.0.0.1).

RESPUESTA: la configuración de los routers es la siguiente:

```
R2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#ip multicast-routing
R2(config)#interface GigabitEthernet1/0
R2(config-if)#ip pim sparse-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet2/0
R2(config-if)#ip pim sparse-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet3/0
R2(config-if)#ip pim sparse-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R2(config)#exit
R2#wr
```

```
R3#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ip multicast-routing
R3(config)#interface GigabitEthernet1/0
```

```
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface GigabitEthernet2/0
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface GigabitEthernet3/0
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R3(config)#exit
R3#wr
```

```
R4#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#ip multicast-routing
R4(config)#interface FastEthernet0/0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface GigabitEthernet1/0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R4(config)#exit
R4#wr
```

```
R5#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R5(config)#ip multicast-routing
R5(config)#interface FastEthernet0/0
R5(config-if)#ip pim sparse-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface FastEthernet0/1
R5(config-if)#ip pim sparse-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface FastEthernet3/1
R5(config-if)#ip pim sparse-mode
```

```
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface GigabitEthernet4/0
R5(config-if)#ip pim sparse-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R5(config)#exit
R5#wr
```

```
R6#config t
R6(config)#ip multicast-routing
R6(config)#interface FastEthernet0/0
R6(config-if)#ip pim sparse-mode
R6(config-if)#exit
R6(config)#interface FastEthernet0/1
R6(config-if)#ip pim sparse-mode
R6(config-if)#exit
R6(config)#interface FastEthernet3/0
R6(config-if)#ip pim sparse-mode
R6(config-if)#exit
R6(config)#interface GigabitEthernet1/0
R6(config-if)#ip pim sparse-mode
R6(config-if)#exit
R6(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
R6(config)#exit
R6#wr
```

```
R7#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R7(config)#ip multicast-routing
R7(config)#interface FastEthernet0/0
R7(config-if)#ip pim sparse-mode
R7(config-if)#exit
R7(config)#interface GigabitEthernet2/0
R7(config-if)#ip pim sparse-mode
R7(config-if)#exit
R7(config)#ip pim rp-address 7.0.0.1
```



```
R7(config)#exit
```

```
R7#wr
```

Comprueba que has realizado la configuración correctamente consultando en cada router los vecinos PIM, las interfaces en las que está activo PIM, los suscriptores por cada interfaz, la tabla de encaminamiento multicast y el router punto de encuentro.

Incluye y comenta la información obtenida.

RESPUESTA: antes de empezar a explicar la configuración de cada uno de los routers, explicar que el router R1 ha actualizado su tabla de vecinos, en la que ahora aparecen dos entradas nuevas, correspondientes a las interfaces de dos routers vecinos nuevos, las que están conectadas a R2 y R4 que ahora han activado el protocolo PIM por sus interfaces.

```
R1#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                               Uptime/Expires    Ver    Prio/Mode
14.0.0.2      GigabitEthernet2/0    00:08:43/00:01:22 v2      1 / DR S
1.0.0.2       GigabitEthernet1/0    00:09:44/00:01:22 v2      1 / DR S
```

Además de que se ha actualizado la tabla de suscriptores , añadiendo una nueva entrada en la que a través de la interfaz por la que está conectado a R2, se pueden encontrar otros suscriptores del grupo multicast 224.0.1.40.

```
Group Accounted
224.0.1.40      GigabitEthernet1/0    00:09:44  00:02:47  1.0.0.2
```

También se ha añadido una interfaz de salida a la entrada de la tabla de encaminamiento multicast correspondiente a los mensajes recibidos de cualquier fuente del grupo multicast 224.0.40.1 por la que se puede enviar mensajes multicast, esta es la que tiene conectado R1 a R2, que antes no existía ya que R2 aún no tenía activado el protocolo.

```
(*, 224.0.1.40), 01:26:42/00:02:46, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
Outgoing interface list:
→ GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:04:47/00:02:39
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:26:42/00:02:38
```

Router R2: tiene 3 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R1, R3 y R5, además de las 3 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores , se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 tanto por la interfaz por la que está conectado a R1 (Debian1) como por la que está conectado a R3 (el resto de equipos). En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, con una interfaz de entrada, la que conecta con R3, y dos interfaces de salida: las que conectan con R1 y R5 respectivamente.

```

R2#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address
1.0.0.1        GigabitEthernet1/0    00:09:17/00:01:19 v2      1 / S
2.0.0.2        GigabitEthernet2/0    00:09:36/00:01:29 v2      1 / DR S
25.0.0.2       GigabitEthernet3/0    00:07:26/00:01:40 v2      1 / DR S
R2#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/   Nbr   Query  DR    DR
            Mode          Count  Intvl Prior
1.0.0.2      GigabitEthernet1/0  v2/S   1     30     1     1.0.0.2
2.0.0.1      GigabitEthernet2/0  v2/S   1     30     1     2.0.0.2
25.0.0.1     GigabitEthernet3/0  v2/S   1     30     1     25.0.0.
2
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     GigabitEthernet2/0    00:09:36  00:02:42  2.0.0.2
224.0.1.40     GigabitEthernet1/0    00:09:47  00:02:44  1.0.0.2

```

Figura 1_5_1: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R2

```

R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:09:47/00:02:44, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 2.0.0.2
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:07:25/00:02:55
  GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:09:47/00:02:44
R2#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:09:47, expires never

```

Figura 1_5_2: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R2

Router R3: tiene 3 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R7, R6 y R2, además de las 3 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores, se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 por la interfaz por la que está conectado a R2, que será el equipo Debian1. En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, con una interfaz de entrada, la que conecta con R7, y dos interfaces de salida: las que conectan con R2 y R6 respectivamente. Lo cual tiene sentido ya que R7 al ser el router punto de acceso transmitirá los mensajes de salida a través de R3, por lo que la interfaz que conecta ambos con R7 debe ser la de entrada de este router para que escuchen los mensajes multicast que R7 envía.

```

R3#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                               Prio/Mode
2.0.0.1       GigabitEthernet1/0    00:09:37/00:01:27 v2      1 / S
7.0.0.1       GigabitEthernet2/0    00:06:37/00:01:31 v2      1 / S
3.0.0.2       GigabitEthernet3/0    00:06:59/00:01:39 v2      1 / DR S
R3#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode    Count Intvl Prior
2.0.0.2      GigabitEthernet1/0  v2/S   1    30     1    2.0.0.2
7.0.0.2      GigabitEthernet2/0  v2/S   1    30     1    7.0.0.2
3.0.0.1      GigabitEthernet3/0  v2/S   1    30     1    3.0.0.2
R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     GigabitEthernet1/0  00:09:38  00:02:40  2.0.0.2

```

Figura 1_5_3: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R3

```

R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:09:38/00:03:25, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:06:59/00:03:25
  GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:09:38/00:02:40
R3#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:09:38, expires never

```

Figura 1_5_4: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R3

Router R4: tiene 2 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R1 y R5, además de las 2 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores, se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 por la interfaz por la que está conectado a R5. En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, con una interfaz de entrada, la que conecta con R1 pero esta vez no tiene interfaces de salida para los mensajes multicast.

```

R4#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                                     Prio/Mode
4.0.0.2        FastEthernet0/0      00:07:29/00:01:38 v2      1 / DR S
14.0.0.1       GigabitEthernet1/0   00:08:49/00:01:17 v2      1 / S
R4#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/    Nbr    Query  DR      DR
            Mode         Count  Intvl  Prior
4.0.0.1      FastEthernet0/0 v2/S    1      30     1      4.0.0.2
14.0.0.2     GigabitEthernet1/0 v2/S    1      30     1      14.0.0.
2
R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40    FastEthernet0/0  00:08:49  00:02:41  4.0.0.1

```

Figura 1_5_5: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R4

```

R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:08:49/00:02:41, RP 7.0.0.1, flags: SJPL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
  Outgoing interface list: Null

R4#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:08:49, expires never
R4#

```

Figura 1_5_6: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R4

Router R5: tiene 3 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R2, R4 y R6, además de las 3 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores, se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 por la interfaz por la que está conectado a R4 (que será para alcanzar el equipo Debian1) y otro por la interfaz por las que está conectado a HUB2 (que tienen dos suscriptores, los equipos Debian3 y Debian4). En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, con una interfaz de entrada, la que conecta con R2, y dos interfaces de salida: las que conectan con HUB2 para que le lleguen los mensajes multicast a los suscriptores Debian3 y Debian4 y R4.

```

R5#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                               Prio/Mode
5.0.0.2        FastEthernet0/1      00:07:03/00:01:34 v2      1 / DR S
4.0.0.1        FastEthernet3/1      00:07:31/00:01:37 v2      1 / S
25.0.0.1       GigabitEthernet4/0   00:07:31/00:01:35 v2      1 / S
R5#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode          Count Intvl  Prior
51.0.0.1     FastEthernet0/0 v2/S   0     30     1     51.0.0.
1
5.0.0.1      FastEthernet0/1 v2/S   1     30     1     5.0.0.2
4.0.0.2      FastEthernet3/1 v2/S   1     30     1     4.0.0.2
25.0.0.2     GigabitEthernet4/0 v2/S   1     30     1     25.0.0.
2
R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1 00:07:29  00:02:39  4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0 00:07:31  00:02:33  51.0.0.1

```

Figura 1_5_7: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R5

```

R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:07:31/00:02:39, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
  FastEthernet3/1, Forward/Sparse, 00:07:29/00:02:39
  FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:31/00:02:33

R5#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:07:31, expires never

```

Figura 1_5_8: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R5

Router R6: tiene 3 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R3 y R7, además de las 3 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores, se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 por la interfaz por la que está conectado a R7 y a HUB3 (los suscriptores a los que está directamente conectado, Debian2 y PC1) . En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, con una interfaz de entrada, la que conecta con R3, y una interfaz de salida: la que conecta con HUB3 y da a parar a los suscriptores, para que reciban los mensajes multicast.

```

R6#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                                     Prio/Mode
5.0.0.1       FastEthernet0/1      00:07:04/00:01:34 v2      1 / S
6.0.0.2       FastEthernet3/0      00:06:42/00:01:27 v2      1 / DR S
3.0.0.1       GigabitEthernet1/0    00:07:04/00:01:33 v2      1 / S
R6#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode    Count Intvl Prior
61.0.0.1     FastEthernet0/0 v2/S    0     30     1    61.0.0.
1
5.0.0.2     FastEthernet0/1 v2/S    1     30     1    5.0.0.2
6.0.0.1     FastEthernet3/0 v2/S    1     30     1    6.0.0.2
3.0.0.2     GigabitEthernet1/0 v2/S    1     30     1    3.0.0.2
R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     FastEthernet3/0 00:06:42  00:02:39  6.0.0.2
224.0.1.40     FastEthernet0/0 00:07:04  00:02:39  61.0.0.1

```

Figura 1_5_9: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R6

```

R6#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:07:04/00:02:39, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:04/00:02:38
R6#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:07:04, expires never

```

Figura 1_5_10: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R6

Router R7: tiene 2 routers vecinos apuntados en su tabla de vecinos, R3 y R7, además de las 3 interfaces por las que está conectado a ellos y que tiene activado el protocolo PIM. En cuanto a los suscriptores, se pueden encontrar para el grupo multicast 224.0.40.1 por la interfaz por la que está conectado a R7. En cuanto a su tabla de encaminamiento multicast, tiene una entrada correspondiente al grupo multicast 224.0.40.1, no tiene interfaces de entrada, lo cual tiene sentido ya que recibe los mensajes multicast de otros emisores y dos interfaces de salida: las que conectan con R3 y R6 para transmitir los mensajes emitidos a aquellos equipos que acudan a este router como RP a suscribirse a un grupo multicast y recibir los mensajes que se emiten para ese grupo.

```

R7#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor      Interface      Uptime/Expires    Ver    DR
Address                               Prio/Mode
6.0.0.1        FastEthernet0/0        00:06:44/00:01:24 v2      1 / S
7.0.0.2        GigabitEthernet2/0     00:06:44/00:01:26 v2      1 / DR S
R7#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode    Count Intvl Prior
6.0.0.2      FastEthernet0/0 v2/S    1    30     1    6.0.0.2
7.0.0.1      GigabitEthernet2/0 v2/S    1    30     1    7.0.0.2
R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40    FastEthernet0/0    00:06:44  00:02:37  6.0.0.2

```

Figura 1_5_11: Lista de vecinos, interfaces en las que está activado PIM y lista de suscriptores de R7

```

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:06:44/00:02:37, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:06:44/00:02:38
  FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:06:44/00:02:37
R7#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:45

```

Figura 1_5_12: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R7

Con la ayuda de las capturas de tráfico comenta lo más relevante de lo sucedido durante la activación.

RESPUESTA: Lo más relevante que ocurre durante la activación es que , como se puede ver en las figuras 1_5_13 y 1_5_14 los routers difunden un mensaje *RP-reachable* para tratar de alcanzar el router punto de acceso (RP) desde cada uno de ellos y que elaboren el camino dentro del árbol de expansión para enviar los mensajes que envíen los suscriptores que tengan por sus interfaces (en caso de tenerlos) o los mensajes que pueda transmitir la fuente de algún grupo multicast.

Este mensaje *RP-Reachable* se envía a la dirección multicast 224.0.0.2, que se corresponde con la dirección multicast que va dirigida a todos los routers de la red y , dado que todos los routers escuchan todos los mensajes multicast (modo promiscuo) aunque no los cojan todos los que reciben, este mensaje si que le llegará a todos ellos y lo leerán. Estos mensajes se transmiten para aquellos routers que tengan por sus interfaces suscriptores o hosts que puedan estar interesados en recibir los mensajes de algún grupo multicast, por eso mostramos la captura realizada en dos de esos routers R6 (con los hosts Debian2 y PC1) y R5 (con Debian4 y Debian3).

187	369.617638	25.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
198	387.280441	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
203	393.462922	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
204	393.531738	25.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
216	422.623005	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
218	423.028920	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
219	423.106712	25.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
220	429.622301	25.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
233	452.528097	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
235	452.659745	25.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
245	477.287937	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
248	481.621359	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
249	481.654270	25.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
250	481.774948	25.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
253	489.618988	25.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

Figura 1_5_13: Captura de wireshark entre el router R2 y R5

170	350.248548	6.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
174	354.571996	6.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
180	365.124797	6.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
181	365.333241	6.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
182	366.814284	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
195	394.876301	6.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
196	395.029890	6.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
203	410.246231	6.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
208	419.571315	6.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
213	424.135119	6.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
214	424.749478	6.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
227	453.699124	6.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
228	453.930506	6.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
229	456.815796	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
236	470.241921	6.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
243	480.565336	6.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_5_15: Captura de wireshark entre el router R6 y R7

1.6. Envío sin suscriptores

En este apartado se trata de observar el comportamiento del protocolo cuando sólo existe un emisor y no hay suscriptores. Para ello, generaremos tráfico multicast desde el equipo Debian-1 con la ayuda de la orden *mcsender* de la siguiente forma:

```
mcsender -t15 -ieth0 239.192.0.1:5004
```

Con esta orden se genera tráfico multicast dirigido al grupo multicast 239.192.0.1 por la interfaz eth0, un ttl de 15 y el puerto 5004 (en UDP puesto que las aplicaciones multicast solo funcionan en este protocolo de transporte).

Trata de razonar entre qué equipos se producirá tráfico relevante para analizar lo sucedido y arranca wireshark en ellos. Si no estás seguro arranca wireshark en todos.

RESPUESTA: las capturas en las que nos vamos a fijar son en las interfaces entre R1-R2, entre R2-R3 y entre R3-R7, que son el camino lógico que siguen los mensajes desde la fuente Debian1 hasta llegar al router punto de acceso, R7. Ahora describiremos el proceso entre estos routers.

Cuando Debian 1 empieza a emitir para el grupo multicast 239.192.0.1, el router conectado a él, R1, mandará un mensaje PIMv2 de tipo *Register* que transmitirá y difundirá por todos los **routers por unicast** (importante véase que la dirección IP origen y destino son las direcciones IP del router conectado a la fuente (1.0.0.1) y del router punto de acceso (7.0.0.1) respectivamente) como se pueden ver en las *figuras 1_6_1*, *1_6_2* y *1_6_3* que forman el camino hasta llegar al router R7 que es el router punto de encuentro. Este mensaje sirve para avisar al router punto de encuentro de que registre la dirección IP de la fuente, Debian1, ya que no la tenía apuntada en su tabla.

En forma de asentimiento o confirmación de que ha registrado correctamente a la fuente de ese grupo multicast, el router punto de acceso le manda un mensaje PIM de tipo *Register Stop* para indicarle a la fuente que ya tiene registrada su información.

A partir de aquí todos los mensajes siguientes serán multicast (IGMP), los que la fuente mande al router punto de acceso para que distribuya a los suscriptores del grupo al que va destinados. Aunque hay que añadir que para que el protocolo de descubrimiento de RP el grupo 224.0.1.40 ha de distribuirse en modo denso (DM)

8676	15649.175501	1.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
8681	15658.094176	7.0.0.1	224.0.0.2	PIIPv1	60 RP-Reachable
8684	15661.868092	1.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
8689	15670.321508	1.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
8694	15682.123971	1.0.0.1	7.0.0.1	PIIPv2	60 Register
8695	15682.163865	7.0.0.1	1.0.0.1	PIIPv2	52 Register-stop
8700	15690.992782	1.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
8703	15697.131382	1.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Join/Prune
8704	15699.687552	1.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
8707	15700.345794	1.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
8712	15708.179442	1.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_6_1: Captura de wireshark entre el router R1 y R2

6397	11039.121665	2.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
6404	11046.075001	2.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6405	11049.239363	2.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
6414	11067.351103	2.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6419	11075.875250	2.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6422	11081.689716	2.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Join/Prune
6425	11088.030774	7.0.0.1	224.0.0.2	PIIPv1	60 RP-Reachable
6428	11092.078465	1.0.0.1	7.0.0.1	PIIPv2	42 Register
6429	11092.100406	7.0.0.1	1.0.0.1	PIIPv2	52 Register-stop
6432	11096.532563	2.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6433	11099.121646	2.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
6440	11105.286178	2.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6441	11107.237966	2.0.0.2	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_6_2: Captura de wireshark entre el router R2 y R3

6077	10800.283315	7.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
6080	10803.033472	7.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6081	10803.199029	7.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6087	10811.788080	1.0.0.1	7.0.0.1	PIIPv2	42 Register
6088	10811.800048	7.0.0.1	1.0.0.1	PIIPv2	60 Register-stop
6091	10817.735189	7.0.0.1	224.0.0.2	PIIPv1	60 RP-Reachable
6098	10832.489275	7.0.0.1	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6100	10832.730631	7.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Hello
6107	10851.162223	7.0.0.2	224.0.0.13	PIIPv2	68 Join/Prune
6112	10860.284310	7.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

Figura 1_6_3: Captura de wireshark entre el router R3 y R7

Explica lo que sucede analizando el tráfico y comprobando las tablas de rutas multicast en todos los routers. Puedes ayudarte activando los mensajes de depuración de igmp y pim en el router R1 (el router al que está conectado la fuente). ¿Hasta donde llegan los datagramas emitidos? ¿Quien los recibe?

RESPUESTA: las dos grandes diferencias se observan en los routers R1 y R7 (mientras que el resto no las mostraremos pues se mantienen igual todas las tablas), siendo el primero el router conectado al emisor o fuente del grupo multicast y el segundo, el RP o router punto de acceso que recibe los mensajes o datagramas del emisor para que los suscriptores reciban los datagramas al suscribirse a este grupo a través del router punto de acceso y no del emisor. Los mensajes, como ya hemos mencionado, llegan hasta el router R7 y son recibidos por este a la espera de que algún host que se suscriba al grupo multicast de ese mensaje mande un mensaje de *join* a este router para unirse al grupo multicast y poder recibir.

En cuanto al contenido de las tablas, estas solo se han visto modificadas en los routers R1 y R7 ya que son los máximos implicados en este proceso al ser, el router conectado a la fuente de emisión de los mensajes multicast y el router punto de acceso (RP) respectivamente. Es por ello por lo que podemos observar una nueva entrada en ambas tablas, cuya IP de origen es la dirección de la fuente (Debian1) y cuyos mensajes van dirigidos a la dirección multicast 239.192.0.1.

Como interfaces, podemos observar que R1 tiene como interfaz de entrada la que conecta con Debian1 para transmitir los mensajes multicast y R7 la interfaz que conecta con R3 desde el camino o trayecto que comienza R1 y que le llegan por esa interfaz.

También se puede observar que ambos carecen de interfaces de salida debido a que para la transmisión de estos mensajes se realizan a una dirección IP que ya conocen. Por un lado R1 conoce la dirección IP del router punto de acceso R7 y R7 conoce a través del mensaje PIM de tipo *Register*, la dirección IP del router conectado a la fuente.

```
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:37/stopped, RP 7.0.0.1, flags: SPF
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:37/00:02:51, flags: PFT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 04:11:51/00:02:34, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 02:49:56/00:02:55
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 04:11:51/00:02:33

R1#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 00:00:37, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 04:10:37, expires never
```

Figura 1_6_4: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R1

```

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:50/stopped, RP 7.0.0.1, flags: SP
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:50/00:02:09, flags: P
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 02:51:55/00:02:24, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 02:51:55/00:02:41
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 02:51:55/00:02:24

R7#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:39
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:34

```

Figura 1_6_5: Tabla de encaminamiento multicast e información del RP de R7

Sin interrumpir las capturas de tráfico, finaliza la emisión y analiza lo que sucede. ¿Cuánto tiempo permanece la entrada en la tabla de rutas? ¿Dónde lo podemos consultar?

RESPUESTA: la entrada en la tabla de encaminamiento multicast en ambos routers , R1 y R7, permanece durante 3 minutos, que es el tiempo en el que se repite el proceso de enviar los mensajes UDP multicast al punto de acceso. Y lo podemos consultar en una de las columnas de la tabla, que es el tiempo de expiración de la propia entrada. Cada 3 minutos se envían estos mensajes.

En caso contrario, si pasados 3 minutos no se vuelve a recibir un mensaje UDP proveniente de la fuente 11.0.0.10 (Debian1) al grupo multicast 239.192.0.1, el router punto de acceso borra la entrada de su tabla de encaminamiento indicando que la fuente del grupo multicast ha parado la emisión.

En la entrada, al otro lado de la barra está el tiempo que lleva activa esta entrada, por lo que podemos deducir que, exactamente tal y como habíamos dicho, cada 3 minutos aproximadamente el emisor emite estos mensajes multicast al router R7 para su posterior distribución a todos los hosts que se suscriban a la dirección del grupo multicast de la fuente.

```

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:37/00:02:51, flags: PFT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

```

```

R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 05:49:17/00:02:48, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 04:27:23/00:02:48
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 05:49:17/00:02:09

R1#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 05:48:38, expires never

```

Figura 1_6_6: Tabla de encaminamiento multicast de R1 después de que se elimine la entrada de 236.192.0.1

```

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 04:29:25/00:02:52, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 04:29:24/00:02:36
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 04:29:25/00:02:52

R7#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:33

```

Figura 1_6_7: Tabla de encaminamiento multicast de R7 después de que se elimine la entrada de 236.192.0.1

1.7. Suscripción sin fuente

Una vez parada la emisión y caducadas las entradas en la tabla de rutas observaremos el proceso de suscripción con la ausencia de fuente. Para ello, con la ayuda de la orden `mfirst`, ejecutaremos una aplicación multicast que se suscribirá a un determinado grupo multicast. Ejecutaremos en Debian-2 la orden:

```
mfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004
```

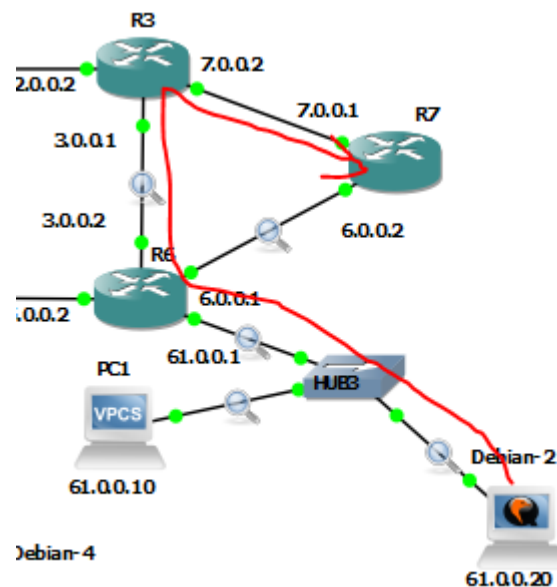
Esta orden lanza una aplicación UDP en el puerto 5004 que se suscribe a la IP multicast 239.192.0.1 por su interfaz `eth0` en IPv4 durante 600 s.

Igual que en el punto anterior analiza lo que sucede capturando tráfico en los enlaces implicados o en todos, comprobando las tablas de rutas multicast y los subcriptores en todos los routers. También se puede activar el modo depuración de los protocolos PIM e IGMP. Activaremos el modo depuración en R6 que es el router al que está conectado el suscriptor.

Trata de razonar entre qué equipos se producirá tráfico relevante para analizar lo sucedido y arranca wireshark en ellos. Si no estás seguro arranca wireshark en todos.

RESPUESTA: según conocemos del apartado anterior en el que el R1, siendo el router conectado a la fuente, mandaba un mensaje siguiendo el camino de routers hasta el router punto de acceso R7, en este caso ocurrirá algo similar con el suscriptor Debian2. Siendo él el que manda un mensaje que llegará hasta R6 primero y de este a R3 que está conectado a través del árbol de expansión directamente a R7 hasta finalmente llegarle a este último, que será con el que tenga que comunicarse para empezar a recibir los mensajes del grupo multicast al que ha mandado el mensaje de suscripción multicast. R6 se lo mandará a R3 porque según se formó el árbol de expansión, R6 tiene podada la interfaz que conecta con R7 y de ahí que le llegue a R7 por R3.

Aunque como en este caso no hay ninguna fuente activa para el grupo multicast al que quiere suscribirse Debian2 (que es 239.192.0.1), a R7 le llegará la petición de recepción de mensajes de Debian2, pero no podrá mandarle datagramas ya que no hay fuente a la que esté conectado para ese grupo multicast que esté emitiendo mensajes.



Efectivamente, ocurrió lo que supusimos que ocurriría, Debian2 quiere unirse o suscribirse y recibir los datagramas y mensajes del grupo 239.192.0.1 y para eso manda un mensaje *Membership Report* dirigido a esa dirección multicast que le llegará a su router predeterminado, al que está directamente conectado R6, indicándole que está interesado en suscribirse a ese grupo multicast como se puede ver en la *figura 1_7_1* y *1_7_2*. Todo ello para que R6 mande un mensaje *Join* indicando que quiere suscribirse a ese grupo como se puede ver en la *figura 1_7_3* donde se puede ver un número indicativo del número de joins que se van a hacer a una dirección multicast determinada (en este caso solo uno a la dirección 239.192.0.1 dirigida a la dirección 7.0.0.1 que es la del RP). De manera análoga ocurre para el abandono de los grupos multicast o *Prunes*.

Aunque como va dirigida a la dirección multicast 224.0.0.13 no irá dirigida directamente al RP sino que se mandará al siguiente router. Luego este router decidirá si debe o no propagar el mensaje *Join* al siguiente router o no dependiendo del mensaje y su información de estado multicast y así sucesivamente hasta que le llegue a R7 (en DM,

se propagaría hasta llegar a la fuente ya que no existe ningún router punto de acceso que sirva de intermediario entre emisores y receptores).

2	2.029576	61.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
9	31.805035	61.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
10	34.908742	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
14	42.905374	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
17	48.955208	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
19	53.531978	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
20	55.899652	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
23	60.908269	61.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
30	98.319680	61.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
31	94.905428	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
33	99.908061	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
36	103.820605	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1

Figura 1_7_1: Captura de wireshark de la interfaz entre Debian2 y HUB3

11	38.341570	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
15	46.338202	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
18	52.388036	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
20	56.964806	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
21	59.332480	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1

Figura 1_7_3: Captura de wireshark de la interfaz entre HUB3 y R6

49	82.474641	3.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
51	83.143853	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
57	91.360897	3.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
64	104.207569	3.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
65	105.842202	3.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
72	122.439853	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
77	131.764936	3.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
79	133.368597	3.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
81	135.056141	3.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello

Figura 1_7_3: Captura de wireshark de la interfaz entre R6 y R3

2	0.559505	7.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
8	0.682738	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
13	18.353958	7.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
16	21.073691	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
17	23.640830	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
22	34.589576	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
28	47.656660	7.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
32	53.108093	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello

Figura 1_7_4: Captura de wireshark de la interfaz entre R3 y R7

```
> Frame 8: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:03:33:f8:00:38 (ca:03:33:f8:00:38), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
> Internet Protocol Version 4, Src: 7.0.0.2, Dst: 224.0.0.13
  Protocol Independent Multicast
    0010 .... = Version: 2
    .... 0011 = Type: Join/Prune (3)
    Reserved byte(s): 00
    Checksum: 0xd427 [correct]
    [Checksum Status: Good]
    PIM Options
      Upstream-neighbor: 7.0.0.1
      Reserved byte(s): 00
      Num Groups: 1
      Holdtime: 210
      Group 0: 239.192.0.1/32
        Num Joins: 1
        IP address: 7.0.0.1/32 (SWR)
        Num Prunes: 0
```

Figura 1_7_5: Mensaje Join que envía el router R3 a R7 con la petición de suscripción de Debian2 al grupo multicast

```

> Frame 22: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:03:33:f8:00:38 (ca:03:33:f8:00:38), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
> Internet Protocol Version 4, Src: 7.0.0.2, Dst: 224.0.0.13
  Protocol Independent Multicast
    0010 .... = Version: 2
    .... 0011 = Type: Join/Prune (3)
    Reserved byte(s): 00
    Checksum: 0xd427 [correct]
    [Checksum Status: Good]
    PIM Options
      Upstream-neighbor: 7.0.0.1
      Reserved byte(s): 00
      Num Groups: 1
      Holdtime: 210
      Group 0: 239.192.0.1/32
        Num Joins: 0
        Num Prunes: 1
        IP address: 7.0.0.1/32 (SWR)

```

Figura 1_7_6: Mensaje Prune que envía el router R3 a R7 con el abandono de Debian2 del grupo multicast

Aunque también PC1 recibe los mensajes multicast que Debian2 envía al router R6 ya que se encuentra en la misma LAN que este equipo, pero lo rechaza ya que no va dirigido para él, sino que es un mensaje emitido exclusivamente para los routers.

¿Se modificarán las tablas de rutas? ¿Dónde aparecerán nuevos suscriptores?

RESPUESTA: nos fijaremos en los suscriptores, tabla de encaminamiento multicast e información del RP por parte de los routers R3, R6 y R7, dado que son los routers implicados en la difusión de los mensajes de Debian2 al RP, que es R7. El resto de routers mantendrán sus tablas iguales. En cuanto a las tablas, como hemos mencionado, solo han cambiado en estos routers donde se ha añadido una entrada en la tabla de encaminamiento multicast para escuchar los mensajes del grupo multicast provenientes de cualquier fuente. Al igual que en la tabla de los suscriptores, donde solo R6 ha añadido una tabla en su lista de suscriptores correspondiente a la dirección multicast 239.192.0.1 debido a que tiene un suscriptor de este grupo multicast por una de sus interfaces (Debian2).

Al igual que en la información del RP, en todos los routers aparece una entrada correspondiente también a esta dirección multicast, ya que es el nuevo grupo multicast al que el RP está unido, pero del que no tiene fuente pues no puede transmitir datagramas.

Como se puede observar para la tabla de encaminamiento de este grupo multicast, en la transmisión de los mensajes de este grupo multicast la interfaz de entrada de R3 es la interfaz de salida de R7, la de entrada de R6 es la de salida de R3 y la de salida de R3 es la interfaz que conecta con HUB3 y que llega a Debian2. Formando el camino lógico de transmisión de mensajes que R7 quiera transmitir a Debian2 procedentes de alguna fuente.


```

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0    00:04:11  00:02:38  61.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:11:21  00:02:39  6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:12:21  00:02:41  61.0.0.1

R6#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:04:11/00:02:37, RP 7.0.0.1, flags: SJC
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:04:11/00:02:37

(*, 224.0.1.40), 00:12:21/00:02:41, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:12:21/00:02:41

R6#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, uptime 00:04:11, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:12:21, expires never

```

Figura 1_7_7: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R6

```

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:12:17  00:02:48  2.0.0.2

R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:04:06/00:03:19, RP 7.0.0.1, flags: S
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:04:06/00:03:19

(*, 224.0.1.40), 00:12:17/00:02:48, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:11:30/00:02:59
GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:12:17/00:03:03

R3#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, uptime 00:04:06, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 00:12:17, expires never

```

Figura 1_7_8: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R3


```

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:12:22  00:02:37   6.0.0.2

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:04:13/00:03:13, RP 7.0.0.1, flags: S
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:04:13/00:03:13

(*, 224.0.1.40), 00:12:22/00:02:37, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:11:24/00:02:52
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:12:22/00:02:37

R7#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:16
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:01:07

```

Figura 1_7_9: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R7

Esta es la salida por pantalla de R6 al depurar en la que se puede observar como se van recibiendo y enviando los diferentes mensajes de Reports por parte de Debian2 y como los va transmitiendo a R7 pero sin respuesta por su parte hacia Debian2, pues no hay fuente de la que pueda retransmitir mensajes hasta los suscriptores.

```

*May 13 19:01:29.187: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1
*May 13 19:01:29.187: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources
*May 13 19:01:29.187: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1
*May 13 19:01:29.187: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (*,239.192.0.1) by 0
R6#
*May 13 19:01:31.555: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1
*May 13 19:01:31.555: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources
*May 13 19:01:31.555: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1
*May 13 19:01:31.555: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (*,239.192.0.1) by 0
R6#

```

May 13 19:02:05.055: PIM(0): Building Periodic (,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 224.0.1.40

May 13 19:02:05.055: PIM(0): Insert (,224.0.1.40) join in nbr 3.0.0.1's queue

*May 13 19:02:05.055: PIM(0): Building Join/Prune packet for nbr 3.0.0.1

*May 13 19:02:05.055: PIM(0): Adding v2 (7.0.0.1/32, 224.0.1.40), WC-bit, RPT-bit, S-bit Join

*May 13 19:02:05.055: PIM(0): Send v2 join/prune to 3.0.0.1 (GigabitEthernet1/0)

R6#

*May 13 19:02:10.551: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 13 19:02:10.551: IGMP(0): Set report delay time to 4.1 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

R6#

*May 13 19:02:11.659: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

R6#

*May 13 19:35:23.835: PIM(0): Send v2 join/prune to 3.0.0.1 (GigabitEthernet1/0)

*May 13 19:35:26.891: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 13 19:35:26.891: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 13 19:35:26.891: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

May 13 19:35:26.891: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

*May 13 19:35:27.015: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 13 19:35:27.015: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 13 19:35:27.015: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

R6#

May 13 19:35:27.015: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

R6#

May 13 19:35:29.655: PIM(0): Building Periodic (,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 224.0.1.40

May 13 19:35:29.655: PIM(0): Insert (,224.0.1.40) join in nbr 3.0.0.1's queue

general Query on FastEthernet0/0

*May 13 19:36:11.343: IGMP(0): Set report delay time to 6.6 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 13 19:36:11.667: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

*May 13 19:36:14.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0

*May 13 19:36:14.671: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1

*May 13 19:36:18.343: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 13 19:36:45.327: PIM(0): Received RP-Reachable on FastEthernet3/0 from 7.0.0.1

*May 13 19:36:45.327: PIM(0): Received RP-Reachable on FastEthernet3/0 from 7.0.0.1

*May 13 19:36:45.327: for group 224.0.1.40

*May 13 19:36:45.327: PIM(0): Not RPF interface, group 224.0.1.40

*May 13 19:36:45.335: PIM(0): Received RP-Reachable on GigabitEthernet1/0 from 7.0.0.1

*May 13 19:36:45.335: PIM(0): Received RP-Reachable on GigabitEthernet1/0 from 7.0.0.1

*May 13 19:36:45.335: for group 224.0.1.40

*May 13 19:37:11.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 13 19:37:11.343: IGMP(0): Set report delay time to 6.7 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 13 19:37:11.663: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

*May 13 19:37:14.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0

*May 13 19:37:14.671: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1

*May 13 19:37:17.587: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet3/0 from 6.0.0.2 for 224.0.1.40

*May 13 19:37:17.587: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 6.0.0.2 for 0 sources

*May 13 19:37:17.587: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 13 19:37:17.587: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet3/0 for (,224.0.1.40) by 0

*May 13 19:37:18.343: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 13 19:37:18.343: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.1 for 224.0.1.40

*May 13 19:37:18.343: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 61.0.0.1 for 0 sources

*May 13 19:37:18.343: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 13 19:37:18.343: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,224.0.1.40) by 0

May 13 19:37:22.655: PIM(0): Building Periodic (,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 239.192.0.1

May 13 19:37:28.555: PIM(0): Building Periodic (,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 224.0.1.40

May 13 19:37:28.555: PIM(0): Insert (,224.0.1.40) join in nbr 3.0.0.1's queue

*May 13 19:37:28.555: PIM(0): Building Join/Prune packet for nbr 3.0.0.1

*May 13 19:37:28.555: PIM(0): Adding v2 (7.0.0.1/32, 224.0.1.40), WC-bit, RPT-bit, S-bit Join

*May 13 19:37:28.555: PIM(0): Send v2 join/prune to 3.0.0.1 (GigabitEthernet1/0)

*May 13 19:38:11.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 13 19:38:11.343: IGMP(0): Set report delay time to 2.1 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 13 19:38:11.659: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

```

*May 13 19:38:14.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0
*May 13 19:38:14.343: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0
*May 13 19:38:14.675: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1
*May 13 19:38:15.331: PIM(0): Received RP-Reachable on FastEthernet3/0 from 7.0.0.1
*May 13 19:38:15.331: PIM(0): Received RP-Reachable on FastEthernet3/0 from 7.0.0.1
*May 13 19:38:15.331:   for group 224.0.1.40
*May 13 19:38:15.331: PIM(0): Not RPF interface, group 224.0.1.40
*May 13 19:38:15.343: PIM(0): Received RP-Reachable on GigabitEthernet1/0 from 7.0.0.1
*May 13 19:38:15.343: PIM(0): Received RP-Reachable on GigabitEthernet1/0 from 7.0.0.1
*May 13 19:38:15.343:   for group 224.0.1.40
*May 13 19:38:19.587: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet3/0 from 6.0.0.2 for 224.0.1.40
*May 13 19:38:19.587: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 6.0.0.2 for 0 sources
*May 13 19:38:19.587: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40
*May 13 19:38:19.587: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet3/0 for (*,224.0.1.40) by 0
*May 13 19:38:20.855: PIM(0): Building Periodic (*,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 239.192.0.1
*May 13 19:38:27.855: PIM(0): Building Periodic (*,G) Join / (S,G,RP-bit) Prune message for 224.0.1.40
*May 13 19:38:27.855: PIM(0): Insert (*,224.0.1.40) join in nbr 3.0.0.1's queue
*May 13 19:38:27.855: PIM(0): Building Join/Prune packet for nbr 3.0.0.1
*May 13 19:38:27.855: PIM(0): Adding v2 (7.0.0.1/32, 224.0.1.40), WC-bit, RPT-bit, S-bit Join
*May 13 19:38:27.855: PIM(0): Send v2 join/prune to 3.0.0.1 (GigabitEthernet1/0)
*May 13 19:39:11.343: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0
*May 13 19:39:11.343: IGMP(0): Set report delay time to 8.3 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0
*May 13 19:39:11.659: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

```

Sin parar las capturas de tráfico interrumpir la aplicación suscriptora. Bien con CTRL-C o no hacer nada si se ha vencido el tiempo (600s). Parar ahora las capturas de tráfico. Analizar lo que sucede durante el proceso de abandonar un grupo multicast.

RESPUESTA: Una vez Debian2 se desconecta, difunde un mensaje multicast de tipo *Prune* que pasará por R6 y R3 hasta llegar a R7 indicando que Debian2 quiere abandonar el grupo multicast 239.192.1.0 como se puede ver en la *figura 1_7_6*, dejando a R7 que elimine a Debian2 de su tabla de suscriptores para ese grupo y R6 y R3 eliminando la entrada correspondiente a este grupo multicast pasados 3 minutos sin recibir ningún mensaje de cualquier fuente dirigido a este grupo.

Todo este proceso ya lo hemos visto anteriormente en DM, aunque en este caso el mensaje de abandono es enviado y difundido para que sea recibido por el router punto de acceso R7 y no por la fuente de emisión del grupo multicast.

1.8. Una fuente y un suscriptor

En este apartado analizaremos la construcción del árbol de expansión. En el modo disperso inicialmente el árbol pasa por el RP pero a la llegada del primer datagrama se busca el árbol más corto. Para analizarlo mejor solo tendremos un suscriptor y una fuente. (Ver Figura 2).

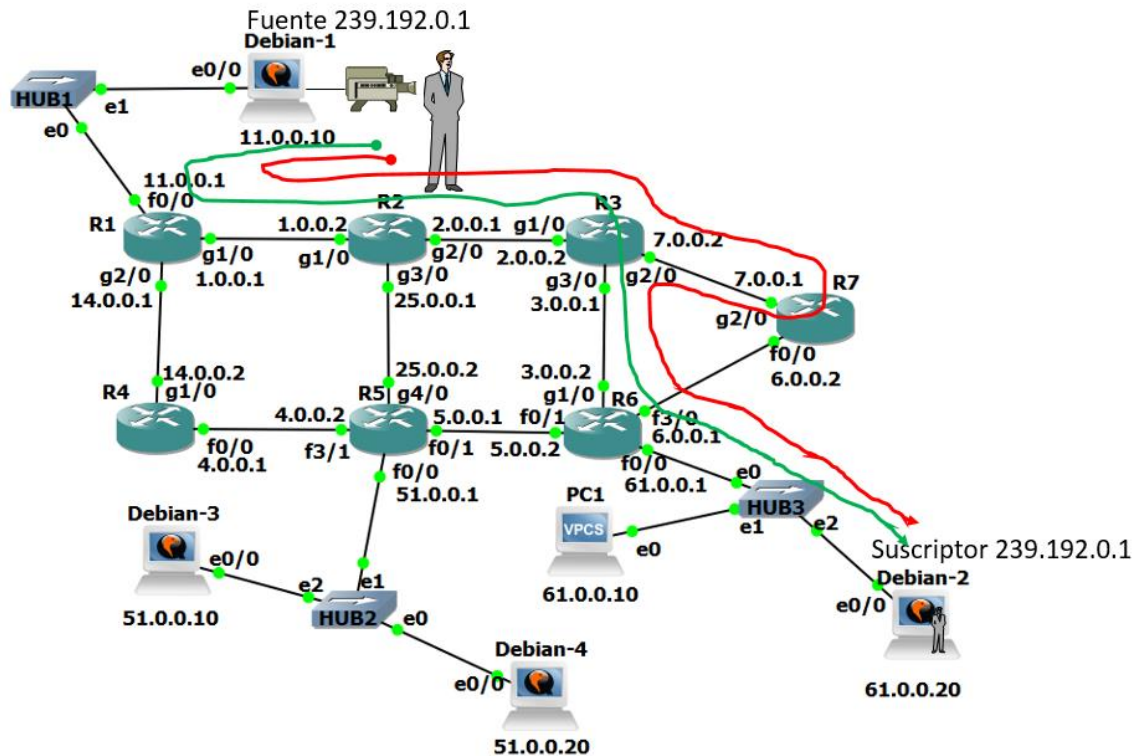


Figura 2: Una fuente y un suscriptor.

Lanzar el analizador de tráfico donde sea necesario (en caso de duda en todos los interfaces) para observar lo que sucede cuando suscribimos a Debian-2 al grupo multicast 239.192.0.1 tal como hicimos en el apartado anterior. Esperamos unos segundos y enviamos desde Debian-1 como hicimos en el apartado Envío sin suscriptores. Incluye las órdenes.

RESPUESTA: en el equipo Debian2 he utilizado la orden `"mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004"` indicando que es los suscriptores del grupo multicast y en el equipo Debian1, la orden `"mcsender -t15 -ieth0 239.192.0.1:5004"`, como emisor del grupo multicast al que se suscriben los otros equipos y al cual le envía los mensajes. Como se puede observar en la siguiente imagen, el suscriptor recibía los datagramas enviados por la fuente al router punto de acceso y este los retransmitía al suscriptor de ese grupo multicast al que van dirigidos los mensajes, es decir, a Debian2.

```
root@Debian-2:~# mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004
mcfirst joined (*,G) = (*,239.192.0.1)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 15885.881 ms (ttl/hops 12)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 16873.131 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 17860.186 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 18869.334 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 19878.731 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 20876.964 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 21864.324 ms (ttl/hops 11)
```

Figura: Datagramas recibidos por el suscriptor Debian2 de la fuente Debian1

Sin parar las capturas de tráfico consultar las tablas de rutas multicast y los suscriptores en todos los routers. Incluyelas en el informe. Analiza lo sucedido y muestra claramente cómo se construye el árbol de distribución.

RESPUESTA: para analizar todo el recorrido de los mensajes multicast nos fijaremos en las interfaces de entrada y de salida de la entrada dentro de la tabla de encaminamiento multicast (**11.0.0.10, 239.192.0.1**) de cada uno de los routers.

Empezaremos por el router R1. El equipo Debian1, emisor del grupo multicast 239.192.0.1, envía datagramas a esta dirección multicast por lo que lo recibe el router R1 primero porque es el router al que está conectado el equipo emisor. Este difunde los mensajes multicast a través de la red hasta que lleguen al router punto de acceso y que este los retransmita y difunda a los suscriptores. Como se puede ver, su interfaz de entrada es la que está conectada a HUB1 (recibiendo los mensajes multicast entrantes de Debian1) y una interfaz de salida, la que conecta con R2.

Por otro lado, para R2, R3 y R7 ocurre de la misma manera a como ocurría en apartados anteriores formando el camino para que los mensajes lleguen al router punto de acceso desde Debian2, donde este equipo manda un mensaje *Register Start* por unicast al RP para que lo apunte y lo registre como fuente de un grupo multicast determinado.

Por un lado, hemos explicado el camino que siguen los mensajes desde la fuente hasta el router punto de acceso, por lo que , tomando lo que ya explicamos en el apartado anterior con los suscriptores de un grupo multicast, sabiendo que Debian2 manda un mensaje *Join* para unirse al grupo multicast al que van destinados los mensajes ahora explicaremos como funciona la red una vez ambos, fuente y suscriptor han establecido contacto con el RP y este puede comunicar uno con otro siendo este el intermediario.

Por tanto, una vez establecida la comunicación entre ambos, una vez el suscriptor Debian2 manda el mensaje *Join* al router R7. Como esta vez si que tiene registrada una fuente para este grupo multicast, R7 retransmite la petición de suscripción del mensaje *Join* enviándola a través de los routers R3 y R6 para informar a la fuente de que hay un nuevo suscriptor para el grupo multicast para el que emite. Como se ve a continuación que se envía entre la interfaz de R3 y la de R7.

1718	3074.163840	11.0.0.10	239.192.0.1	PIMv2	116 Register
1720	3074.174810	7.0.0.2	239.192.0.1	PIMv2	68 Join/Prune
1721	3075.173143	11.0.0.10	239.192.0.1	PIMv2	116 Register
1723	3075.173143	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
1724	3075.195085	7.0.0.1	1.0.0.1	PIMv2	60 Register-stop
1731	3079.757893	7.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
1736	3088.665092	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
1738	3090.541079	7.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
1742	3099.415367	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
1749	3117.264673	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	76 Join/Prune
1752	3118.811540	7.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
1754	3120.149963	7.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
1760	3129.376309	7.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello


```

> Frame 1720: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:07:4e:80:00:38 (ca:07:4e:80:00:38), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
> Internet Protocol Version 4, Src: 7.0.0.1, Dst: 224.0.0.13
  > Protocol Independent Multicast
    0010 .... = Version: 2
    .... 0011 = Type: Join/Prune (3)
    Reserved byte(s): 00
    Checksum: 0xd31d [correct]
    [Checksum Status: Good]
  > PIM Options
    Upstream-neighbor: 7.0.0.2
    Reserved byte(s): 00
    Num Groups: 1
    Holdtime: 210
  > Group 0: 239.192.0.1/32
    > Num Joins: 1
      > IP address: 11.0.0.10/32 (S)
    Num Prunes: 0
  
```

La manda a la dirección multicast 224.0.0.13, que es la dirección multicast para comunicación entre routers por lo que estos (escuchando en modo promiscuo cualquier mensaje de cualquier grupo multicast) los reciben y los retransmiten hasta que llegan a Debian1. A continuación, y como ya habíamos mencionado anteriormente, el router R7 responde el mensaje de Register con un mensaje *Register Stop* indicando que ha sido registrado como fuente de ese grupo multicast y que puede comenzar a transmitir los mensajes multicast para que este los retransmita a los suscriptores que se unan a él.

Finalmente, a partir de aquí la fuente empieza a transmitir los mensajes multicast por UDP al puerto 5004 pasando por R1-R2-R3 hasta llegar a R7. Este mira los suscriptores de este grupo multicast en su tabla de suscriptores y empieza a retransmitir los mensajes recibidos de la fuente a cada uno ellos (en este caso solo a Debian2 pasando por R3-R6 hasta llegar a él). Con esto se consigue evitar la inundación de mensajes por toda la red como ocurría en DM optimizando el tráfico y minimizando la cantidad de información de estado en los routers. A continuación, se puede ver el envío de mensajes por la interfaz entre R3 y R6.

1636	5208.706582	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
1637	5208.822273	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1638	5209.809636	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1640	5210.818939	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1641	5211.806300	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1642	5212.826574	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1644	5213.813936	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1645	5214.823239	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1646	5215.821571	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1647	5216.830875	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1648	5217.818237	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1649	5218.838510	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1650	5219.825871	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1652	5220.835175	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1653	5221.822538	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1654	5222.842810	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1656	5223.830172	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1657	5224.839475	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1658	5225.826836	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1659	5226.847110	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1660	5227.834472	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1661	5228.836795	61.0.0.20	224.0.0.2	IGMPv2	60 Leave Group 239.192.0.1
1662	5228.843776	61.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for group 239.192.
1663	5228.854747	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46
1664	5229.842109	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	88 55565 → 5004 Len=46


```

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:32:23  00:02:39   1.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:33:21  00:02:35   11.0.0.1

R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:06/stopped, RP 7.0.0.1, flags: SPF
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:06/00:03:24, flags: FT
Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:00:06/00:03:23

(*, 224.0.1.40), 01:33:21/00:02:39, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 01:29:23/00:02:42
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:33:21/00:02:35

R1#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 00:00:08, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 01:33:23, expires never

```

Figura 1_8_1: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R1

```

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet2/0 01:40:38  00:02:24   2.0.0.2
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:41:38  00:02:26   1.0.0.2

R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:41:38/00:03:22, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 2.0.0.2
Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 01:40:41/00:03:22
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 01:41:38/00:03:13

R2#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:41:38, expires never

```

Figura 1_8_2: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R2


```

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:33:27  00:02:34  2.0.0.2

R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:28/stopped, RP 7.0.0.1, flags: S
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:28/00:03:01

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:12/00:03:18, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:12/00:03:17

(*, 224.0.1.40), 01:33:27/00:03:27, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 01:32:39/00:03:27
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 01:33:27/00:03:27

R3#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, uptime 00:00:28, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:33:27, expires never

```

Figura 1_8_3: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R3

```

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:33:28  00:02:34  4.0.0.1

R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:33:28/00:02:34, RP 7.0.0.1, flags: SJPL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
  Outgoing interface list: Null

R4#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:33:29, expires never

```

Figura 1_8_4: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R4

```

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1    01:32:27  00:02:32   4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:33:30  00:02:34   51.0.0.1

R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:33:30/00:02:34, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/1, Forward/Sparse, 01:32:27/00:02:32
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:33:30/00:02:34

R5#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:33:30, expires never

```

Figura 1_8_5: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R5

```

Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0    00:00:34  00:02:39   61.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    01:32:32  00:02:35   6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:33:32  00:02:25   61.0.0.1

R6#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:34/stopped, RP 7.0.0.1, flags: SJC
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:00:34/00:02:39

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:18/00:02:58, flags: JT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:00:18/00:02:41

(*, 224.0.1.40), 01:33:32/00:02:35, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:33:32/00:02:24

R6#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, uptime 00:00:34, expires never
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:33:32, expires never

```

Figura 1_8_6: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R6

```

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:33:35  00:02:32   6.0.0.2

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:00:36/stopped, RP 7.0.0.1, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:00:36/00:02:53

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:21/00:02:39, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 01:33:35/00:03:23, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 01:32:36/00:03:23
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:33:35/00:02:32

R7#show ip pim rp
Group: 239.192.0.1, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:52
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:54

```

Figura 1_8_7: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R7

Parar primero el receptor y luego el emisor, esperar unos segundos, parar todas las capturas de tráfico y muestra de nuevo las tablas de rutas y lista de suscriptores. Analiza lo sucedido.

RESPUESTA: como se puede ver, y tal como ocurría en DM, una vez se para la emisión de los mensajes las entradas en las tablas de los routers correspondientes a la dirección multicast 239.192.0.1, que es a la que se enviaban los mensajes multicast, expiran tras 3 minutos sin recibir mensajes dirigidos a este grupo. De manera similar pasa para la lista de suscriptores de los routers, donde R1, R6 eliminan la entrada que tenían para Debian1 y Debian2, respectivamente, uno como fuente de este grupo multicast y el otro como suscriptor del grupo.

```

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:40:37  00:02:29   1.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:41:34  00:02:24   11.0.0.1

R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:41:34/00:03:18, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 01:37:36/00:03:18
  FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:41:34/00:02:23

R1#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, v2, uptime 01:41:36, expires never

```

Figura 1_8_: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R1 (tras parar la emisión)

```

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet2/0 01:40:38  00:02:24   2.0.0.2
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:41:38  00:02:26   1.0.0.2

R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:41:38/00:03:22, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 2.0.0.2
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 01:40:41/00:03:22
  GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 01:41:38/00:03:13

R2#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:41:38, expires never

```

Figura 1_8_: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R2 (tras parar la emisión)

```

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 01:48:56  00:02:05   2.0.0.2

R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:48:56/00:02:49, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.1
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 01:48:09/00:02:49
GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 01:48:56/00:02:43

R3#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:48:58, expires never

```

Figura 1_8_: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R3 (tras parar la emisión)

```

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:49:02  00:02:59   4.0.0.1

R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:49:02/00:02:59, RP 7.0.0.1, flags: SJPL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
Outgoing interface list: Null

R4#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:49:02, expires never

```

Figura 1_8_: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R4 (tras parar la emisión)

```

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1    01:48:01  00:02:56   4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:49:04  00:02:57   51.0.0.1

R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:49:04/00:02:57, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
    FastEthernet3/1, Forward/Sparse, 01:48:01/00:02:56
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:49:04/00:02:57

R5#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:49:04, expires never

```

Figura 1_8_ : Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R5 (tras parar la emisión)

```

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/0    01:48:08  00:02:58   6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:49:08  00:02:56   61.0.0.1

R6#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:49:08/00:02:58, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:49:08/00:02:56

R6#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, uptime 01:49:08, expires never

```

Figura 1_8_ : Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R6 (tras parar la emisión)

```

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:49:10  00:02:56   6.0.0.2

R7#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 01:49:10/00:02:56, RP 7.0.0.1, flags: SJCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 01:48:11/00:02:32
  FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 01:49:10/00:02:56

R7#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 7.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:19

```

Figura 1_8_: Tabla de suscriptores, encaminamiento multicast e información de RP de R7 (tras parar la emisión)

2. Órdenes IOS

Encaminamiento multicast	
ip multicast-routing	Habilita el encaminamiento multicast
ip pim dense-mode	Activa PIM-DM en la interfaz seleccionada
show ip pim neighbor	Muestra los vecinos que tienen activo PIM
show ip pim interface	Muestra las interfaces que tienen activo PIM
show ip igmp groups	Muestra los suscriptores en cada interfaz
show ip mroute	Consulta la tabla de encaminamiento multicast
debug ip igmp	Activa el modo depuración para el protocolo IGMP
debug ip pim	Activa el modo depuración para el protocolo ICMP
ip pim sparse-mode	Activa PIM-SM en la interfaz seleccionada
ip pim rp-address <address> [group-list acl]	Definir la IP del router punto de encuentro (RP)
show ip pim rp	Muestra información de RP