

1. Encaminamiento Multicast PIM-DM

Versión 2.0, abril 2019

Luis Blázquez Miñambres (70910465Q)

Samuel Gómez Sánchez (445136357F)

Fecha: 30/04/2019

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 en sus dos modos de funcionamiento: Modo denso y 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.

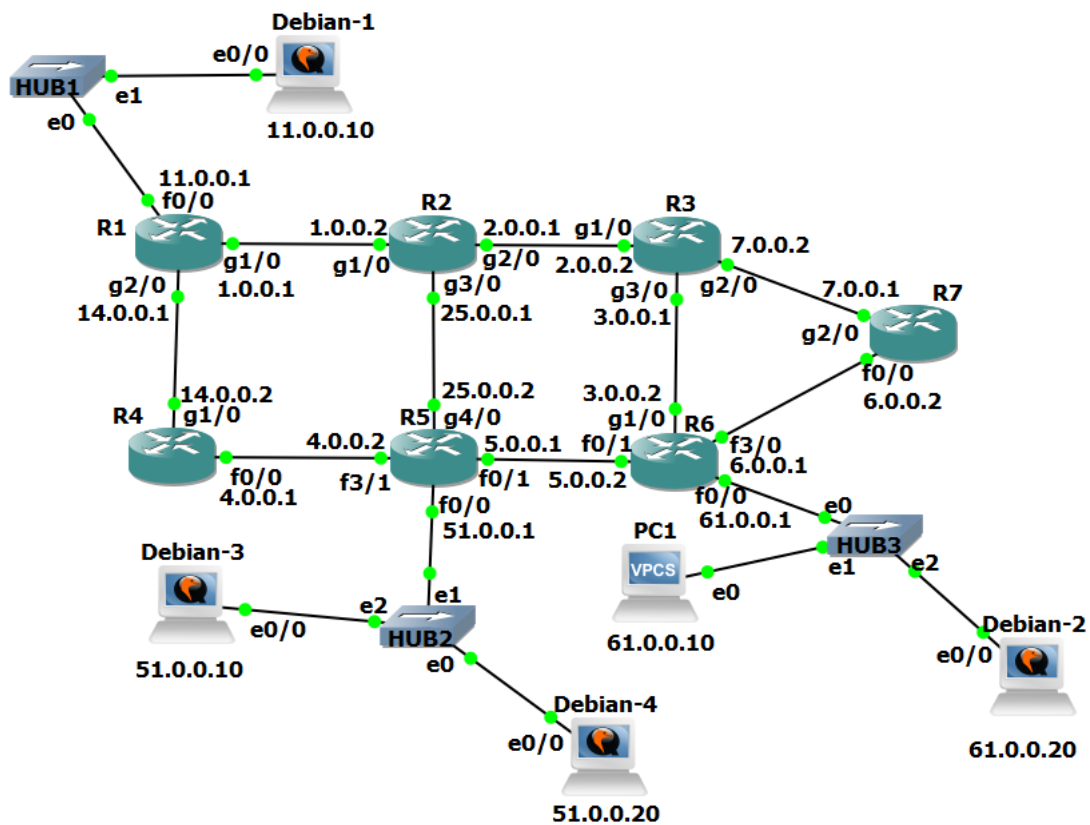


Figura 1: Escenario *multicast*

Todos los equipos están ya configurados incluidos los routers que tienen habilitado OSPF. Inicia todos los equipos, comprueba e incluye en el informe la tabla de rutas de todos los routers.

RESPUESTA

```
C 1.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C 11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
C 14.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
```

Figura 1_3_1: Tabla de rutas de R1

```
0 51.0.0.0/8 [110/11] via 25.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet3/0
C 1.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C 2.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
0 3.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet2/0
0 4.0.0.0/8 [110/11] via 25.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet3/0
0 5.0.0.0/8 [110/11] via 25.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet3/0
0 6.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet2/0
0 7.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet2/0
C 25.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
0 11.0.0.0/8 [110/11] via 1.0.0.1, 00:11:31, GigabitEthernet1/0
0 61.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.2, 00:11:31, GigabitEthernet2/0
0 14.0.0.0/8 [110/2] via 1.0.0.1, 00:11:31, GigabitEthernet1/0
```

Figura 1_3_2: Tabla de rutas de R2

```

0 51.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0
0 1.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0
C 2.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
0 4.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0
0 5.0.0.0/8 [110/11] via 3.0.0.2, 00:19:01, GigabitEthernet3/0
0 6.0.0.0/8 [110/11] via 7.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet2/0
    [110/11] via 3.0.0.2, 00:19:01, GigabitEthernet3/0
C 7.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
0 25.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0
0 11.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0
0 61.0.0.0/8 [110/11] via 3.0.0.2, 00:19:01, GigabitEthernet3/0
0 14.0.0.0/8 [110/3] via 2.0.0.1, 00:19:01, GigabitEthernet1/0

```

Figura 1_3_3: Tabla de rutas de R3

```

C 51.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
0 1.0.0.0/8 [110/2] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
0 2.0.0.0/8 [110/2] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
0 3.0.0.0/8 [110/3] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
C 4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet3/1
C 5.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
0 6.0.0.0/8 [110/13] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
0 7.0.0.0/8 [110/3] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
C 25.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet4/0
0 11.0.0.0/8 [110/12] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
0 61.0.0.0/8 [110/13] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0
0 14.0.0.0/8 [110/3] via 25.0.0.1, 00:20:20, GigabitEthernet4/0

```

Figura 1_3_4: Tabla de rutas de R4

```

0 51.0.0.0/8 [110/13] via 3.0.0.1, 00:20:52, GigabitEthernet1/0
0 1.0.0.0/8 [110/3] via 3.0.0.1, 00:20:52, GigabitEthernet1/0
0 2.0.0.0/8 [110/2] via 3.0.0.1, 00:20:52, GigabitEthernet1/0
C 3.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
0 4.0.0.0/8 [110/13] via 3.0.0.1, 00:20:52, GigabitEthernet1/0
C 5.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
C 6.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet3/0
0 7.0.0.0/8 [110/2] via 3.0.0.1, 00:20:52, GigabitEthernet1/0
0 25.0.0.0/8 [110/3] via 3.0.0.1, 00:20:53, GigabitEthernet1/0
0 11.0.0.0/8 [110/13] via 3.0.0.1, 00:20:53, GigabitEthernet1/0
C 61.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
0 14.0.0.0/8 [110/4] via 3.0.0.1, 00:20:53, GigabitEthernet1/0

```

Figura 1_3_5: Tabla de rutas de R5

```

0 51.0.0.0/8 [110/13] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 1.0.0.0/8 [110/2] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 2.0.0.0/8 [110/3] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 3.0.0.0/8 [110/4] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
C 4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
0 5.0.0.0/8 [110/13] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 6.0.0.0/8 [110/14] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 7.0.0.0/8 [110/4] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 25.0.0.0/8 [110/3] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 11.0.0.0/8 [110/11] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
0 61.0.0.0/8 [110/14] via 14.0.0.1, 00:19:55, GigabitEthernet1/0
C 14.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0

```

Figura 1_3_6: Tabla de rutas de R6

```

0    51.0.0.0/8 [110/13] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    1.0.0.0/8 [110/3] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    2.0.0.0/8 [110/2] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    3.0.0.0/8 [110/2] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    4.0.0.0/8 [110/13] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    5.0.0.0/8 [110/12] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
C    6.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
C    7.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
0    25.0.0.0/8 [110/3] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    11.0.0.0/8 [110/13] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    61.0.0.0/8 [110/12] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0
0    14.0.0.0/8 [110/4] via 7.0.0.2, 00:21:23, GigabitEthernet2/0

```

Figura 1_3_7: Tabla de rutas de R7

1.4. Iniciando PIM-DM

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

1. Habilitar el encaminamiento multicast
2. Habilitar el modo denso de PIM en cada interfaz

ip multicast-routing	Habilita el encaminamiento multicast
ip pim dense-mode	Activa PIM-DM en la interfaz seleccionada

Para comenzar observaremos los mensajes de saludo (Hello) de PIM v2 y los mensajes IGMPv2 de verificación de pertenencia a grupos multicast. Para ello, habilitaremos el encaminamiento PIM-DM en el router R1 mientras observamos el tráfico generado. Arranca Wireshark en todas las interfaces de R1 y habilita el encaminamiento multicast. Incluye las órdenes utilizadas.

RESPUESTA: El proceso para configurar en R1 es el siguiente:

```

R1#config t
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#interface f0/0
R1(config-if)#ip pim dense-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet1/0
R1(config-if)#ip pim dense-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#exit
R1(config)#interface GigabitEthernet2/0
R1(config-if)#ip pim dense-mode
R1(config-if)#exit

```

```
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: Como los mensajes IGMP que se transmiten a través de las interfaces GigabitEthernet1 y GigabitEthernet2 de R1 con R2 y R4 son análogos, procederemos a comentar los mensajes solo en una de las dos interfaces, en concreto, la de R1 y R4 (GigabitEthernet2).

316	642.55165700	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
317	642.55169600	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60	Membership Query, general
330	671.84034200	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
339	691.84540400	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60	Membership Query, general
346	701.39964000	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
359	730.97370700	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
368	751.85046800	14.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60	Membership Query, general
374	760.12636700	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
386	789.71581400	14.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello

Figura 1_4_1: Captura de Wireshark de la interfaz entre R1 y R4

El primer mensaje que se captura por esta interfaz (figura 1_4_2), es el mensaje *PIM* que se genera periódicamente (concretamente cada 30 segundos con TTL=1) de tipo *Hello* y que envía R1 a la dirección multicast 224.0.0.13, que es la dirección multicast a la que se envían los mensajes del protocolo PIM. Su propósito es que los routers manden este mensaje por sus interfaces donde haya otros routers vecinos y en aquella o aquellas interfaces por las que oigamos a otro vecino, se añadirán a la lista de interfaces de salida del router.

```

Frame 316: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: ca:01:35:3c:00:38 (ca:01:35:3c:00:38), Dst: IPv4multicast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
Internet Protocol Version 4, Src: 14.0.0.1 (14.0.0.1), Dst: 224.0.0.13 (224.0.0.13)
Protocol Independent Multicast
  0010 .... = Version: 2
  .... 0000 = Type: Hello (0)
  Reserved byte(s): 00
  Checksum: 0x0e4c [correct]
  PIM options: 4
    Option 1: Hold Time: 105s
      Type: 1
      Length: 2
      Holdtime: 105s
    Option 20: Generation ID: 3712217786
      Type: 20
      Length: 4
      Generation ID: 3712217786
    Option 19: DR Priority: 1
      Type: 19
      Length: 4
      DR Priority: 1
    Option 21: State Refresh Capable: Version = 1, Interval = 0s
      Type: 21
      Length: 4
      Version: 1
      Interval: 0
      Reserved: 0
  
```

Figura 1_4_2: Contenido del mensaje PIMv2 Hello

El segundo mensaje que R1 envía (figura 1_4_3) por la interfaz que conecta con R4 es un mensaje IGMP de pertenencia al grupo multicast de tipo *Membership Query, general* que tiene como destino la dirección multicast 224.0.0.1, que va destinada a todos los sistemas (hosts o routers) de esa red. Su propósito es que los routers pregunten a los hosts si están suscritos a algún grupo multicast. En este caso todos los routers multicast para IGMP escuchan todas las

direcciones multicast (están en modo promiscuo multicast). Donde la dirección multicast contenida en el mensaje se puede ver que está vacía 0.0.0.0, ya que no hay ningún host por esa interfaz no hay ningún host conectado.

```

▶ Frame 317: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
▶ Ethernet II, Src: ca:01:35:3c:00:38 (ca:01:35:3c:00:38), Dst: IPv4mcast_01 (01:00:5e:00:00:01)
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 14.0.0.1 (14.0.0.1), Dst: 224.0.0.1 (224.0.0.1)
▼ Internet Group Management Protocol
  [IGMP Version: 2]
  Type: Membership Query (0x11)
  Max Resp Time: 2,5 sec (0x19)
  Header checksum: 0xeee6 [correct]
  Multicast Address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

```

Figura 1_4_3: Contenido del mensaje IGMPv2 Membership Query, general

Por otro lado, este es el tráfico capturado por la interfaz entre R1 y HUB1 que es distinto al que se intercambian en las otras interfaces que era mensajes entre routers. Mientras que en esta interfaz se intercambian mensajes entre un router y un host.

35	202.45217700	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
36	202.45225300	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
37	202.47223300	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
42	231.99221800	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
45	258.46689800	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
47	260.46448200	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
48	261.34958100	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
53	290.45003700	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
67	318.46874400	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
68	319.86593300	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
70	320.46906200	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
74	349.17927000	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
78	378.46765000	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
79	379.07055200	11.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
81	382.47744700	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_4_4: Captura de Wireshark de la interfaz entre R1 y HUB1

Este es el contenido del mensaje IGMPv2 de tipo *Membership Report group, 224.0.1.40* que envía el router R1 por la interfaz que conecta con el HUB1 y a su vez con el equipo Debian-1. Este mensaje se transmite después de enviar un mensaje de Hello y otro de tipo *Membership Query, general* comentados anteriormente.

Este mensaje tiene como dirección de destino la dirección multicast 224.0.1.40, que está asociada con el mensaje RP *Discovery* que se utiliza en el protocolo para descubrir al router Rendezvous Point o router Punto de Acceso, que es un punto de encuentro donde los emisores de los mensajes multicast se registran y los receptores de dichos mensajes van a preguntar por los mensajes que se han emitido. Por tanto, funciona como un intermediario en la comunicación multicast.

Por tanto, como en este caso el mensaje de tipo *Membership Query, general* si detecta un host por la interfaz por la que se envía, el host envía este mensaje *Membership Report group* con el propósito de informar a los routers que el host se suscribe a un determinado grupo multicast siendo la dirección de destino la del grupo multicast al que se quiere suscribir.

```

Frame 37: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: ca:01:35:3c:00:08 (ca:01:35:3c:00:08), Dst: IPv4mcast_01:28 (01:00:5e:00:01:28)
Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.1 (11.0.0.1), Dst: 224.0.1.40 (224.0.1.40)
Internet Group Management Protocol
  [IGMP Version: 2]
  Type: Membership Report (0x16)
  Max Resp Time: 0,0 sec (0x00)
  Header checksum: 0x08d7 [correct]
  Multicast Address: 224.0.1.40 (224.0.1.40)

```

Figura 1_4_5: Contenido del mensaje IGMPv2 Membership Report group, 224.0.1.40

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

RESPUESTA: Como se puede observar en la primera tabla (figura 1_4_6) no existen vecinos PIM para R1 ya que ningún otro router tiene activado aún este protocolo 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                                     Prio/Mode

```

Figura 1_4_6: Tabla de vecinos PIM

En la siguiente tabla, la de las interfaces que tiene activo este protocolo nos encontramos con todas las interfaces por las que hemos configurado y activado anteriormente PIM, que son GigabitEthernet1, GigabitEthernet2 y FastEthernet0, que corresponden con las interfaces que conectan R2, R4 y HUB1 respectivamente. Como se puede observar todas funcionan en el modo IGMPv2 con un valor de prioridad 1. La interfaz FastEthernet0/1 está vacía porque nos confundimos al activarla creyendo que era la que conectaba con HUB1

```

R1#show ip pim interface
Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode    Count Intvl Prior
11.0.0.1     FastEthernet0/0 v2/D   0     30     1     11.0.0.1
0.0.0.0      FastEthernet0/1 v2/D   0     30     1     0.0.0.0
1.0.0.1      GigabitEthernet1/0 v2/D   0     30     1     1.0.0.1
14.0.0.1     GigabitEthernet2/0 v2/D   0     30     1     14.0.0.1

```

Figura 1_4_7: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

En cuanto a la tabla de suscriptores multicast únicamente tenemos la entrada correspondiente al host Debian-1, que se encuentra por la interfaz 11.0.0.1 de R1 y que está suscrito al grupo multicast 224.0.1.40 mencionado anteriormente. También se indica el tiempo que lleva activa la suscripción, así como el tiempo de expiración de la suscripción a ese 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   01:06:28  00:02:32   11.0.0.1
```

Figura 1_4_8: Suscriptores que existen en cada interfaz

```
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), 01:06:57/00:02:03, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:06:57/00:00:00
```

Figura 1_4_9: Tabla de encaminamiento multicast

1.5. Habilitar PIM-DM en todos los routers

A continuación, habilitaremos PIM-DM en el resto de routers. Incluye las órdenes utilizadas.

RESPUESTA:

```
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 dense-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet2/0
R2(config-if)#ip pim dense-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet3/0
R2(config-if)#ip pim dense-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#exit
R2#wr
```

```
R3#config t
R3(config)#ip multicast-routing
```



```
R3(config)#interface GigabitEthernet1/0
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface GigabitEthernet2/0
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface GigabitEthernet3/0
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3#wr
Building configuration...
```

```
R4#config t
R4(config)#ip multicast-routing
R4(config)#interface FastEthernet0/0
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface GigabitEthernet1/0
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#exit
R4#wr
Building configuration...
```

```
R5#config t
R5(config)#ip multicast-routing
R5(config)#interface FastEthernet0/0
R5(config-if)#ip pim dense-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface FastEthernet0/1
R5(config-if)#ip pim dense-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface FastEthernet3/1
R5(config-if)#ip pim dense-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface GigabitEthernet4/0
R5(config-if)#ip pim dense-mode
```

10

```
R5(config-if)#exit
```

```
R5(config)#exit
```

```
R5#wr
```

```
Building configuration...
```

```
config t
```

```
R6(config)#ip multicast-routing
```

```
R6(config)#interface FastEthernet0/0
```

```
R6(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#interface FastEthernet0/1
```

```
R6(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#interface FastEthernet3/0
```

```
R6(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#interface GigabitEthernet1/0
```

```
R6(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R6(config-if)#exit
```

```
R6(config)#exit
```

```
wr
```

```
R7#config t
```

```
R7(config)#ip multicast-routing
```

```
R7(config)#interface FastEthernet0/0
```

```
R7(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R7(config-if)#exit
```

```
R7(config)#interface GigabitEthernet2/0
```

```
R7(config-if)#ip pim dense-mode
```

```
R7(config-if)#exit
```

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

```
R7#wr
```

```
Building configuration...
```

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 y la tabla de encaminamiento multicast.

Incluye y comenta la información obtenida.

RESPUESTA: la configuración se ha realizado correctamente en cada uno de los routers por varias razones. La primera es que en cada uno se muestra en la tabla de vecinos, la dirección IP de las interfaces a las que está conectado cada uno de los routers. Por ejemplo se puede observar en la table de vecinos del router R2 que tiene 3 routers vecinos conectados a través de sus interfaces: R1 (1.0.0.1), R3 (2.0.0.2) y R5 (25.0.0.2).

Otra razón por la que sabemos que están bien configurados a través del protocolo PIM, es que en la tabla de interfaces en las que está activo PIM, aparecen las direcciones IP de las interfaces que tiene activas ese protocolo. En caso de no estar activo este protocolo, esta tabla estaría vacía.

Aparte y por ultimo, otra razón de peso para saber que el protocolo PIM ha sido configurado correctamente es mirando en su tabla de rutas y en su tabla de suscriptores, en ambas aparece la dirección 224.0.0.1 a la que están suscritos todos los equipos de la red y sobre la cual los routers mandan cada 1 minuto mensajes de consulta específica preguntando a los hosts si siguen interesados en ese determinado grupo multicast.

```
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                               Prio/Mode
1.0.0.1       GigabitEthernet1/0    00:16:16/00:01:42 v2      1 / S
2.0.0.2       GigabitEthernet2/0    00:13:18/00:01:15 v2      1 / DR S
25.0.0.2      GigabitEthernet3/0    00:07:51/00:01:16 v2      1 / DR S
```

Figura 1_5_1: Tabla de vecinos PIM

```
R2#show ip pim interface

Address      Interface      Ver/    Nbr    Query  DR      DR
              Mode          Count  Intvl  Prior
1.0.0.2      GigabitEthernet1/0    v2/D    1      30     1      1.0.0.2
2.0.0.1      GigabitEthernet2/0    v2/D    1      30     1      2.0.0.2
25.0.0.1     GigabitEthernet3/0    v2/D    1      30     1      25.0.0.
2
```

Figura 1_5_2: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

```
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     GigabitEthernet2/0    00:13:33  00:02:48  2.0.0.2
224.0.1.40     GigabitEthernet1/0    00:16:31  00:02:51  1.0.0.2
```

Figura 1_5_3: Suscriptores que existen en cada interfaz

```

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), 00:16:36/00:02:46, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:10/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:13:37/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:16:36/00:00:00

```

Figura 1_5_4: Tabla de encaminamiento multicast

```

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
2.0.0.1       GigabitEthernet1/0    00:22:27/00:01:26 v2      1 / S
7.0.0.1       GigabitEthernet2/0    00:12:37/00:01:28 v2      1 / S
3.0.0.2       GigabitEthernet3/0    00:14:34/00:01:27 v2      1 / DR S

```

Figura 1_5_5: Tabla de vecinos PIM

```

R3#show ip pim interface
Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
            Mode         Count Intvl Prior
2.0.0.2      GigabitEthernet1/0  v2/D  1     30     1     2.0.0.2
7.0.0.2      GigabitEthernet2/0  v2/D  1     30     1     7.0.0.2
3.0.0.1      GigabitEthernet3/0  v2/D  1     30     1     3.0.0.2

```

Figura 1_5_6: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

```

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     GigabitEthernet1/0  00:22:35  00:02:46  2.0.0.2

```

Figura 1_5_7: Suscriptores que existen en cada interfaz

```

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), 00:22:39/00:02:42, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:12:48/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:14:46/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:22:39/00:00:00

```

Figura 1_5_8: Tabla de encaminamiento 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    00:21:10/00:01:41 v2      1 / DR S
14.0.0.1       GigabitEthernet1/0 00:24:09/00:01:41 v2      1 / S

```

Figura 1_5_9: Tabla de vecinos PIM

```

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40     FastEthernet0/0 00:24:35  00:02:40  4.0.0.1

```

Figura 1_5_10: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

```

R4#show ip pim interface
Address      Interface      Ver/  Nbr   Query  DR    DR
              Mode          Count Intvl Prior   Prior
4.0.0.1      FastEthernet0/0 v2/D  1     30     1     4.0.0.2
14.0.0.2     GigabitEthernet1/0 v2/D  1     30     1     14.0.0.
2

```

Figura 1_5_11: Suscriptores que existen en cada interfaz

```

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), 00:24:41/00:02:34, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:24:26/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:24:41/00:00:00

```

Figura 1_5_12: Tabla de encaminamiento multicast

```

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      00:23:51/00:01:34 v2      1 / DR S
4.0.0.1       FastEthernet3/1      00:26:10/00:01:38 v2      1 / S
25.0.0.1      GigabitEthernet4/0   00:25:55/00:01:24 v2      1 / S

```

Figura 1_5_13: Tabla de vecinos PIM

```

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface      Uptime    Expires    Last Reporter    Group A
ccounted
224.0.1.40       FastEthernet3/1 00:26:13  00:02:48  4.0.0.1
224.0.1.40       FastEthernet0/0 00:26:50  00:02:50  51.0.0.1

```

Figura 1_5_14: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

```

R5#show ip pim interface
Address          Interface      Ver/    Nbr    Query  DR    DR
                  Mode          Count  Intvl  Prior
51.0.0.1         FastEthernet0/0 v2/D    0      30     1     51.0.0.1
5.0.0.1          FastEthernet0/1 v2/D    1      30     1     5.0.0.2
4.0.0.2          FastEthernet3/1 v2/D    1      30     1     4.0.0.2
25.0.0.2         GigabitEthernet4/0 v2/D    1      30     1     25.0.0.2

```

Figura 1_5_15: Suscriptores que existen en cada interfaz

```

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), 00:26:57/00:02:43, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:24:03/00:00:00
    GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:26:07/00:00:00
    FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:26:22/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:26:57/00:00:00

```

Figura 1_5_16: Tabla de encaminamiento 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
5.0.0.1       FastEthernet0/1    00:41:11/00:01:25 v2      1 / S
6.0.0.2       FastEthernet3/0    00:39:07/00:01:35 v2      1 / DR S
3.0.0.1       GigabitEthernet1/0 00:40:49/00:01:17 v2      1 / S

```

Figura 1_5_17: Tabla de vecinos PIM

```

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface      Uptime    Expires    Last Reporter    Group Address
224.0.1.40       FastEthernet3/0 00:39:21  00:02:23  6.0.0.2
224.0.1.40       FastEthernet0/0 00:41:37  00:02:23  61.0.0.1

```

Figura 1_5_18: Tabla de las interfaces en las que está activo PIM

```

R6#show ip pim interface
Address          Interface      Ver/Mode    Nbr Count    Query Intvl    DR Prior    DR
61.0.0.1        FastEthernet0/0 v2/D        0      30      1      61.0.0.1
5.0.0.2         FastEthernet0/1 v2/D        1      30      1      5.0.0.2
6.0.0.1         FastEthernet3/0 v2/D        1      30      1      6.0.0.2
3.0.0.2         GigabitEthernet1/0 v2/D        1      30      1      3.0.0.2

```

Figura 1_5_19: Suscriptores que existen en cada interfaz


```

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), 00:41:46/00:02:14, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:39:30/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:41:12/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:41:33/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:41:46/00:00:00

```

Figura 1_5_20: Tabla de encaminamiento multicast

```

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    00:43:07/00:01:33 v2      1 / S
7.0.0.2       GigabitEthernet2/0 00:43:21/00:01:43 v2      1 / DR S

```

Figura 1_5_21: Tabla de vecinos PIM

```

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter  Group A
counted
224.0.1.40     FastEthernet0/0 00:43:40  00:02:10  6.0.0.2

```

Figura 1_5_22: Suscriptores en las que está activo PIM

```

R7#show ip pim interface
Address      Interface      Ver/    Nbr    Query  DR    DR
              Mode          Count  Intvl  Prior
6.0.0.2      FastEthernet0/0 v2/D    1      30     1     6.0.0.2
7.0.0.1      GigabitEthernet2/0 v2/D    1      30     1     7.0.0.2

```

Figura 1_5_23: Tabla de interfaces en las que está activo PIM

```

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), 00:43:46/00:02:59, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:43:30/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:43:46/00:00:00

```

Figura 1_5_24: Tabla de encaminamiento multicast

1.6. Envío sin suscriptores

En este apartado se trata de observar el comportamiento del protocolo cuando solo existe un emisor y no hay suscriptores. Para ello generaremos tráfico multicast desde el equipo Debian-1 y 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**).

Analizar lo que sucede capturando tráfico en todos los enlaces y comprobando las tablas de rutas multicast y los subcriptores en todos los routers. Puedes ayudarte activando los mensajes de separación 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: como solo tenemos un emisor del grupo multicast y no hay ningún suscriptor de este grupo, el emisor, que es Debian1, difundirá y mandará los datagramas a través de los routers del escenario formando el árbol de expansión para llegar a cualquiera de los otros equipos (Debian2, Debian3, Debian4 o PC1), pero como estos no son suscriptores del grupo multicast 239.192.0.1, entonces recibirán la emisión de los datagramas pero ninguno los tomará y los descartarán.

Esto además se puede comprobar en la tabla de rutas multicast de los routers, en la entrada (11.0.0.10, 239.192.0.1) en la que han recibido un datagrama de tipo multicast del equipo o subred de origen 11.0.0.10 correspondiente al equipo Debian1 del grupo multicast 239.192.0.1 (que se corresponde con el ámbito o alcance de los redes pertenecientes a una misma organización como podría ser RedIRIS junto a la red de la universidad de salamanca, ambas pertenecientes a la misma organización).

A continuación, comentaremos las capturas de tráfico realizadas en general, así como para deducir el camino que han tomado los datagramas para alcanzar los equipos por las rutas óptimas y el comportamiento de los routers a la hora de podar (*prune*) interfaces o injertar (*graft*).

En el caso de R1, en su tabla de rutas multicast tiene 3 entradas. La primera pertenece a escuchar mensajes de cualquier fuente (dirección de origen es *) del grupo multicast 239.192.0.1, que es el grupo multicast al que el equipo Debian1 ha enviado los datagramas de difusión. Esta entrada no tiene interfaz de entrada y tiene 2 interfaces de salida (las interfaces entre R1-R2 y R1-R4) y está en estado de parada (stopped) en el campo del tiempo de expiración debido a que está escuchando para cualquier fuente del grupo multicast indicado, por lo que su entrada expirará cuando expiren las entradas de direcciones de origen concretas como la segunda perteneciente a este grupo. La cual tiene como dirección origen la dirección IP 11.0.0.10, que es la dirección del equipo Debian1 al grupo multicast 239.192.0.1, tiene como interfaz de entrada la que conecta R1 con Debian1, y como salida las interfaces que conectan con R4 y R2 pero que están en estado *Prune*, lo que significa que se van a descartar y se van a mandar podar para los mensajes de esa entrada en particular.

En cuanto a los suscriptores, tiene dos entradas, ambas pertenecientes al grupo multicast 224.0.1.40, de escucha de los mensajes periódicos (cada 3 minutos más o menos, de ahí que su tiempo de expiración sea ese) de difusión de RP Discovery y el emisor desde el que se recibió el último mensaje en ambas (*Last Reporter*) (correspondientes respectivamente a R2 y 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

(*, 239.192.0.1), 00:01:49/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:01:49/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:01:49/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:01:49/00:01:15, flags: PT
Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Prune/Dense, 00:01:43/00:01:16
  GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:01:44/00:01:15

(*, 224.0.1.40), 00:07:05/00:02:03, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:55/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:04/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:07:05/00:00:00

```

Figura 1_6_1: Tabla de encaminamiento multicast R1

```

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:34  00:02:22  1.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:44  00:02:22  11.0.0.1

```

Figura 1_6_2: Suscriptores de R1

```

> Frame 427: 88 bytes on wire (704 bits), 88 bytes captured (704 bits) on interface 0
v Ethernet II, Src: 0c:5d:19:ec:c9:00 (0c:5d:19:ec:c9:00), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
  > Destination: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
  > Source: 0c:5d:19:ec:c9:00 (0c:5d:19:ec:c9:00)
  Type: IPv4 (0x0800)
v Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.10, Dst: 239.192.0.1
  0100 .... = Version: 4
  .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
  Total Length: 74
  Identification: 0xe1bb (57787)
  > Flags: 0x4000, Don't fragment
  Time to live: 15
  Protocol: UDP (17)
  Header checksum: 0x8f1c [validation disabled]
  [Header checksum status: Unverified]
  Source: 11.0.0.10
  Destination: 239.192.0.1
v User Datagram Protocol, Src Port: 55190, Dst Port: 5004
  Source Port: 55190
  Destination Port: 5004
  Length: 54
  Checksum: 0x8b9a [unverified]
  [Checksum Status: Unverified]
  [Stream index: 12]
v Data (46 bytes)
  Data: 74686973206973207468652074657374206d657373616765...
  [Length: 46]

```

Figura 1_6_2: Datagrama UPD enviado al puerto 5004 desde Debian1

Como resultado de la emisión desde Debian1 y sin suscriptores que reciban los datagramas, así quedarían los siguientes routers a la hora de difundir los mensajes de Debian1 a la dirección 239.192.0.1 de poda por las interfaces correspondientes por las que se pudieran producir bucles, las conexiones para formar el SPT con las rutas más óptimas para enviar los mensajes multicast entre los routers quedarían de la siguiente manera:

R1

Entrada: HUB1

Salida: R2, R4

R2

Entrada: R1

Salida: R3, R5

R3

Entrada: R2

Salida: R6, R7

R4

Entrada: R1

Salida:

R5

Entrada: R2

Salida: HUB2

R6

Entrada: R3

Salida: HUB3

```
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

(*, 239.192.0.1), 00:02:49/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:02:49/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:02:49/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:02:49/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:02:49/00:00:15, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:02:43/00:00:16
    GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:02:43/00:00:16

(*, 224.0.1.40), 00:07:55/00:02:07, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:07:25/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:53/00:00:00
```

Figura 1_6_3: Tabla de encaminamiento multicast R2

```

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet2/0 00:09:37  00:02:27   2.0.0.2
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:39  00:02:17   1.0.0.2

```

Figura 1_6_4: Suscriptores de R2

```

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), 00:03:44/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:03:44/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:44/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:44/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:44/00:02:29, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:39/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:39/00:02:20

(*, 224.0.1.40), 00:08:51/00:02:08, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:22/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:08:50/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:51/00:00:00

```

Figura 1_6_4: Tabla de encaminamiento multicast R3

```

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:47  00:02:20   2.0.0.2

```

Figura 1_6_5: Suscriptores de R3

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:03:39/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:39/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:03:39/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:34/00:02:34, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:00:29/00:02:30, A

(*, 224.0.1.40), 00:08:56/00:02:10, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:54/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:56/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0  00:09:55  00:02:04  4.0.0.1

```

Figura 1_6_6: Tabla de encaminamiento multicast y suscriptores de R4

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:03:24/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00
    FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:24/00:02:52, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:03:19/00:02:43, A
    FastEthernet3/1, Prune/Dense, 00:00:19/00:02:40

(*, 224.0.1.40), 00:08:31/00:02:30, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
    FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:08:29/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:31/00:00:00

```

Figura 1_6_7: Tabla de encaminamiento multicast de R5


```

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1    00:09:42  00:02:06  4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:44  00:02:18  51.0.0.1

```

Figura 1_6_8: Suscriptores de R5

```

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), 00:03:17/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:03:17/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:17/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:03:17/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:11/00:02:56, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:11/00:02:48
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:11/00:02:48

(*, 224.0.1.40), 00:08:24/00:02:36, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:23/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:08:23/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:23/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:25/00:00:00

```

Figura 1_6_9: Tabla de encaminamiento multicast R6

```

R6# show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:09:42  00:02:25  6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:43  00:02:16  61.0.0.1

```

Figura 1_6_10: Tabla de encaminamiento multicast R6

```

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), 00:05:39/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:39/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:39/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:05:39/00:00:28, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:05:33/00:00:28, A

(*, 224.0.1.40), 00:10:45/00:02:21, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:15/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:10:45/00:00:00

R7#show ip igmp gropus
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40       FastEthernet0/0    00:28:30  00:02:31  6.0.0.2

```

Figura 1_6_11: Tabla de encaminamiento multicast y suscriptores de R7

Finaliza la emisión y analiza lo que sucede. ¿Cuánto tiempo permanece la entrada en la tabla de rutas? ¿Dónde lo podemos consultar?

RESPUESTA: el tiempo que se mantienen las entradas o , lo que es lo mismo, el tiempo que tienen hasta expirar son 3 minutos, el mismo que se repite el proceso de la inundación. Es decir, el equipo Debian envía el mensaje a los routers vecinos , los cuales inundan el mensaje que se ha enviado por todas sus interfaces hasta formar el SPT (Spanning Tree) y conseguir las rutas más óptimas que permitan al mensaje del equipo Debian1 alcanzar al resto de equipos con el menor coste, este proceso de inundación se repite cada 2-3 minutos, que es el mismo tiempo que se mantienen las entradas en la tabla de rutas multicast de los routers, lo cual supone un problema en el protocolo de modo denso, ya que se genera mucho tráfico.

Esto, por otra parte, es solucionado en el modo disperso, al no realizarse dicha inundación de la información.

En cuanto al tiempo, lo podemos consultar en las tablas de rutas multicast de cualquiera de los routers del escenario. En concreto, nosotros vamos a mostrarlo haciendo la comparativa en el router R5, donde vemos en la *Figura 1_6_12* la tabla de rutas de R5 mientras la emisión del mensaje estaba activa y vemos que el tiempo de expiración era de casi 3 minutos con respecto a la siguiente *Figura 1_6_13* donde la tabla de rutas, después de los 3 minutos que han pasado sin que el router R5 reciba mensajes para el grupo multicast 239.192.0.1 de la IP del equipo Debian1 , que era al que iba dirigido el

mensaje, se expira al igual que la entrada de todos los mensajes del grupo multicast 239.192.0.1 quedando únicamente la del grupo 224.0.1.40, que es la dirección del grupo RP-Discovery, donde se escuchan los mensajes de descubrimiento de RP en modo denso.

```
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

(*, 239.192.0.1), 00:03:24/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00
  FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:03:24/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:24/00:02:52, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
  FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:03:19/00:02:43, A
  FastEthernet3/1, Prune/Dense, 00:00:19/00:02:40

(*, 224.0.1.40), 00:08:31/00:02:30, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
  FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:08:29/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:31/00:00:00
```

Figura 1_6_12: Tabla de encaminamiento multicast

```
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), 01:21:52/00:02:58, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 01:21:22/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 01:21:22/00:00:00
  FastEthernet3/1, Forward/Dense, 01:21:50/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:21:52/00:00:00
```

Figura 1_6_13: Tabla de encaminamiento multicast

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 todos los enlaces y 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.

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

RESPUESTA: la única tabla de rutas que se modificará será la de R6 con una entrada nueva para el grupo multicast al que se envía el mensaje (239.192.0.1), que es el que recibirá el mensaje del equipo Debian2 ya que no hay ningún equipo emisor para esa suscripción. Y por tanto R6 no difunde el mensaje como sí lo hacia R1 cuando el mensaje de suscripción si tenía una fuente de emisión, por lo que el resto de equipos mantendrán igual sus tablas de rutas y su tabla de suscriptores con la dirección 224.0.1.10 como única entrada. En este caso, solo se suscriben los equipos que pertenecen a la misma LAN que Debian2, es decir, el equipo PC1 como se puede ver en la *Figura 1_7_2* en la que se ve la transmisión de tres tipos de mensajes a través de la interfaz de PC1 con HUB3 iniciando.

```
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), 00:00:28/00:02:39, RP 0.0.0.0, flags: DC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 01:10:44/00:02:21, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  FastEthernet3/0, Forward/Dense, 01:10:42/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 01:10:43/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 01:10:43/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:10:44/00:00:00

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0 00:00:28  00:02:39  61.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0 01:10:42  00:02:21  6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0 01:10:44  00:02:18  61.0.0.1
```

Figura 1_7_1: Tabla de encaminamiento multicast

*May 11 13:42:44.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 11 13:42:44.279: IGMP(0): Set report delay time to 6.4 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 11 13:42:46.843: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

*May 11 13:42:48.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0

*May 11 13:42:48.455: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1

*May 11 13:42:51.279: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 11 13:42:51.279: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.1 for 224.0.1.40

*May 11 13:42:51.279: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 61.0.0.1 for 0 sources

*May 11 13:42:51.279: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 11 13:42:51.279: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,224.0.1.40) by 0

*May 11 13:42:54.115: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet3/0 from 6.0.0.2 for 224.0.1.40

*May 11 13:42:54.115: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 6.0.0.2 for 0 sources

*May 11 13:42:54.115: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 11 13:42:54.115: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet3/0 for (,224.0.1.40) by 0

*May 11 13:43:04.259: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 11 13:43:04.259: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 11 13:43:04.259: IGMP(0): WAVL Insert group: 239.192.0.1 interface: FastEthernet0/0Successful

*May 11 13:43:04.259: IGMP(0): Switching to EXCLUDE mode for 239.192.0.1 on FastEthernet0/0

*May 11 13:43:04.259: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

May 11 13:43:04.259: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

*May 11 13:43:04.275: PIM(0): Building Graft message for 239.192.0.1, FastEthernet3/0: no entries

*May 11 13:43:04.275: PIM(0): Building Graft message for 239.192.0.1, GigabitEthernet1/0: no entries

*May 11 13:43:04.275: PIM(0): Building Graft message for 239.192.0.1, FastEthernet0/1: no entries

*May 11 13:43:04.275: PIM(0): Building Graft message for 239.192.0.1, FastEthernet0/0: no entries

*May 11 13:43:06.819: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 11 13:43:06.819: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 11 13:43:06.819: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

May 11 13:43:06.819: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

*May 11 13:43:12.731: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 11 13:43:12.731: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 11 13:43:12.731: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

May 11 13:43:12.731: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

*May 11 13:43:44.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 11 13:43:44.279: IGMP(0): Set report delay time to 5.1 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 11 13:43:46.851: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

*May 11 13:43:47.555: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1

*May 11 13:43:47.555: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources

*May 11 13:43:47.555: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 239.192.0.1

May 11 13:43:47.555: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,239.192.0.1) by 0

*May 11 13:43:48.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0

*May 11 13:43:48.451: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1

*May 11 13:43:50.279: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 11 13:43:50.279: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.1 for 224.0.1.40

*May 11 13:43:50.279: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 61.0.0.1 for 0 sources

*May 11 13:43:50.279: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 11 13:43:50.279: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (,224.0.1.40) by 0

*May 11 13:43:54.123: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet3/0 from 6.0.0.2 for 224.0.1.40

*May 11 13:43:54.123: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 6.0.0.2 for 0 sources

*May 11 13:43:54.123: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40

May 11 13:43:54.123: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet3/0 for (,224.0.1.40) by 0

*May 11 13:44:44.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet0/0

*May 11 13:44:44.279: IGMP(0): Set report delay time to 5.8 seconds for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

*May 11 13:44:46.847: IGMP(0): Received v2 Query on FastEthernet0/1 from 5.0.0.1

*May 11 13:44:48.279: IGMP(0): Send v2 general Query on FastEthernet3/0

*May 11 13:44:48.459: IGMP(0): Received v2 Query on GigabitEthernet1/0 from 3.0.0.1

*May 11 13:44:50.279: IGMP(0): Send v2 Report for 224.0.1.40 on FastEthernet0/0

```
*May 11 13:44:50.279: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.1 for 224.0.1.40
*May 11 13:44:50.279: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 61.0.0.1 for 0 sources
*May 11 13:44:50.279: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40
*May 11 13:44:50.279: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet0/0 for (*,224.0.1.40) by 0
*May 11 13:44:51.115: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet3/0 from 6.0.0.2 for 224.0.1.40
*May 11 13:44:51.115: IGMP(0): Received Group record for group 224.0.1.40, mode 2 from 6.0.0.2 for 0 sources
*May 11 13:44:51.115: IGMP(0): Updating EXCLUDE group timer for 224.0.1.40
*May 11 13:44:51.115: IGMP(0): MRT Add/Update FastEthernet3/0 for (*,224.0.1.40) by 0
*May 11 13:44:51.435: IGMP(0): Received v2 Report on FastEthernet0/0 from 61.0.0.20 for 239.192.0.1
*May 11 13:44:51.435: IGMP(0): Received Group record for group 239.192.0.1, mode 2 from 61.0.0.20 for 0 sources
```

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: El proceso de suscripción sería el siguiente: el router R6 envía cada 1 minuto un mensaje de consulta al grupo multicast 224.0.0.1 para ver si hay nuevos suscriptores por cada una de sus interfaces, a continuación, Debian 2 enviaría un mensaje al grupo multicast 239.192.0.1 para suscribirse a él. En caso de que si hubiera un emisor de ese grupo, le llegaría el mensaje multicast por difusión y empezaría a formar el árbol con las rutas más optimas hasta llegar al suscriptor Debian2 para empezar a mandarle datos. Como el mensaje no llega a ningún emisor, lo recibirá R6 y lo difundirá al resto de routers, pero como no hay ningún emisor para ese grupo seguirá difundiéndose. A continuación, PC1 se presentará a sus vecinos dentro de la LAN y se suscribirá al mismo grupo multicast a través de un mensaje *join* "*Membership Report Group*" que recibirán R6 y Debian2 (rechazándolo este último ya que es un mensaje IGMPv2 dirigido únicamente para los routers).

Una vez se ha suscrito al grupo multicast, vamos a detallar el proceso de abandono del grupo multicast para el equipo PC1, ya que se producirá de manera análoga para Debian2. En este caso, cuando se interrumpe la aplicación suscriptora desde Debian2, este equipo envía el mensaje de abandono *leave* "*Leave Group 239.192.0.1*" que será recibido por el router R6 .

A continuación, R6 enviará un mensaje de consulta específica dirigida al grupo multicast 239.192.0.1 "*Membership Query, specific for group 239.192.0.1*" para ver si hay más suscriptores y, al detectar que en efecto hay uno más (PC1), decide mantener activo el grupo multicast.

Pero cuando PC1, de manera automática tras el abandono de Debian2 del grupo multicast, envía también un mensaje de abandono de ese grupo, el router R6 vuelve a mandar una consulta a la dirección del grupo multicast en busca de más suscriptores de ese grupo. Como no recibe respuesta pasado 1 minuto, decide eliminar el grupo de esa interfaz. Por lo que solo manda periódicamente mensajes de suscripción del grupo multicast 224.0.0.1 al igual que el resto de sus routers vecinos.

29	87.424399	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
31	93.336600	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
40	124.898267	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
42	128.160550	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
44	130.899232	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
50	184.899957	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
61	190.809952	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
63	192.040877	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
74	239.223802	61.0.0.20	224.0.0.2	IGMPv2	60 Leave Group 239.192.0.1
75	239.225797	61.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for group 239.192.0.1
77	240.235100	61.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for group 239.192.0.1
79	245.226762	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
80	246.225095	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
97	305.233421	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
101	314.229385	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
114	365.226433	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general

Figura 1_7_2: Captura de tráfico de la interfaz entre PC1 y HUB3

```
> Frame 67: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:79:d7:ed:bb:00 (0c:79:d7:ed:bb:00), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
< Internet Protocol Version 4, Src: 61.0.0.20, Dst: 239.192.0.1
  0100 .... = Version: 4
  .... 0110 = Header Length: 24 bytes (6)
  > Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
  Total Length: 32
  Identification: 0x0000 (0)
  > Flags: 0x4000, Don't fragment
  Time to live: 1
  Protocol: IGMP (2)
  Header checksum: 0xb742 [validation disabled]
  [Header checksum status: Unverified]
  Source: 61.0.0.20
  Destination: 239.192.0.1
  > Options: (4 bytes), Router Alert
< Internet Group Management Protocol
  [IGMP Version: 2]
  Type: Membership Report (0x16)
  Max Resp Time: 0.0 sec (0x00)
  Checksum: 0xfa3d [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Multicast Address: 239.192.0.1
```

Figura 1_7_3: Mensaje "Membership Report Group 239.192.0.1"

```
> Frame 78: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:79:d7:ed:bb:00 (0c:79:d7:ed:bb:00), Dst: IPv4mcast_02 (01:00:5e:00:00:02)
< Internet Protocol Version 4, Src: 61.0.0.20, Dst: 224.0.0.2
  0100 .... = Version: 4
  .... 0110 = Header Length: 24 bytes (6)
  > Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
  Total Length: 32
  Identification: 0x0000 (0)
  > Flags: 0x4000, Don't fragment
  Time to live: 1
  Protocol: IGMP (2)
  Header checksum: 0xc701 [validation disabled]
  [Header checksum status: Unverified]
  Source: 61.0.0.20
  Destination: 224.0.0.2
  > Options: (4 bytes), Router Alert
< Internet Group Management Protocol
  [IGMP Version: 2]
  Type: Leave Group (0x17)
  Max Resp Time: 0.0 sec (0x00)
  Checksum: 0xf93d [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Multicast Address: 239.192.0.1
```

Figura 1_7_4: Mensaje "Leave Group 239.192.0.1"

```

> Frame 79: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: ca:06:2c:fc:00:08 (ca:06:2c:fc:00:08), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
> Internet Protocol Version 4, Src: 61.0.0.1, Dst: 239.192.0.1
  0100 .... = Version: 4
  .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
> Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
  Total Length: 28
  Identification: 0x0abe (2750)
> Flags: 0x0000
  Time to live: 1
  Protocol: IGMP (2)
  Header checksum: 0x81a0 [validation disabled]
  [Header checksum status: Unverified]
  Source: 61.0.0.1
  Destination: 239.192.0.1
  Internet Group Management Protocol
    [IGMP Version: 2]
    Type: Membership Query (0x11)
    Max Resp Time: 1.0 sec (0x0a)
    Checksum: 0xff33 [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Multicast Address: 239.192.0.1

```

Figura 1_7_5: Mensaje "Membership Query specific for 239.192.0.1"

1.8. Una fuente y un suscriptor

En este apartado analizaremos la construcción del árbol de expansión entre la fuente y los receptores. Para analizarlo mejor solo tendremos un suscriptor y una fuente (Ver Figura 2).

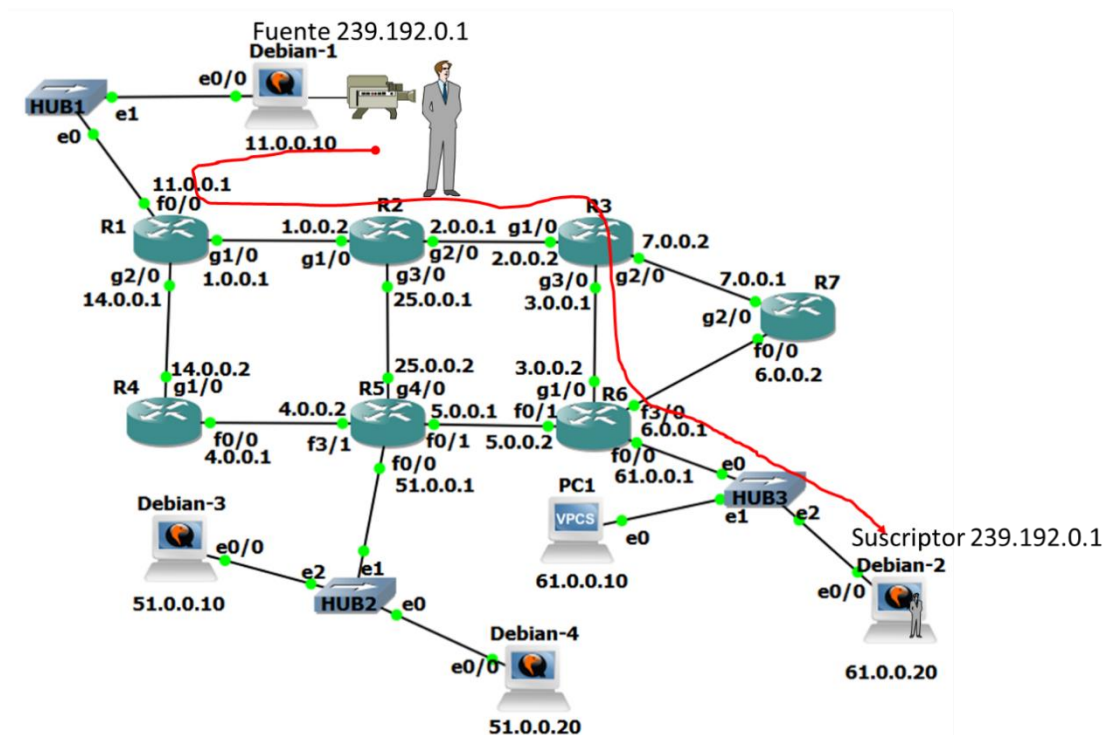


Figura 2: Un suscriptor y una fuente.

Lanzar el analizador de tráfico 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Incluye las órdenes.

RESPUESTA: en el equipo Debian2 he utilizado la orden “*mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004*” y en el equipo Debian1, la orden “*mcsender -t15 -ieth0 239.192.0.1:5004*”. De tal manera que Debian 2 manda el mensaje IGMPv2 ya comentado en el apartado 1.7 para suscribirse al grupo multicast 239.192.0.1, solo que esta vez, si que llegaría al emisor de este grupo multicast, que sería Debian1. Por otra parte Debian1 , como emisor, habría encontrado un suscriptor del grupo multicast al que emite los datos, por lo que difundiría los datos al igual que en el apartado 1.6 a través de los routers formando el árbol de expansión, solo que esta vez le llegaría a Debian2, y al ser suscriptor, si tomaría los datagramas que recibiese en vez de descartarlos.

```

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 38211.709 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 39198.299 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 40196.345 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 41193.567 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 42203.219 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 43200.801 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 44198.588 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 45207.672 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 46205.177 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 47214.746 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 48212.923 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 49211.125 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 50210.214 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 51218.763 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 52217.331 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 53226.345 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 54225.211 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 55223.109 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 56220.447 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 57229.205 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 58226.279 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 59236.065 ms (ttl/hops 11)
Received 46 bytes from 11.0.0.10 after 60223.799 ms (ttl/hops 11)

```

Figura 1_7_5: Debian2 recibe los datagramas del emisor del grupo multicast al que está suscrito (Debian1)

Sin parar las capturas de tráfico consultar las tablas de rutas multicast y los suscriptores en todos los routers. Inclúyelas 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 (**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 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 para establecer un árbol óptim sin bucles para que los mensajes lleguen a los suscriptores.

Por tanto, según vemos en la entrada del router R1 para los mensajes emitidos por Debian1, la interfaz de entrada es la que conecta con Debian1 mientras que una de las interfaces de salida, la que conecta con R4 ha sido podada, por lo que R1 manda un mensaje *prune* a R4 indicando que no está interesado en emitir los mensajes por esa interfaz. Por lo que le queda una única interfaz de salida, la que conecta con R2.

Ahora R2 tiene una interfaz de entrada, la que conecta con R1, y dos interfaces de salida: la que conecta con R5, la cual está podada y los mensajes multicast no se pueden emitir por ahí, y la que conecta con R3, a través de la cual se emitirán los datagramas.

Para R3, observamos que la interfaz de entrada es la que conecta con R2 (lo cual va teniendo sentido ya que se va formando el camino para que lleguen los mensajes hasta el suscriptor Debian2) y dos interfaces de salida: una por la que se enviarán los mensajes que es la que conecta con R6 y otra podada, la que conecta con R7.

Para R4, no tiene ninguna interfaz de salida en su tabla ya que la que conecta con R5 está podada, por lo que enviará un mensaje de poda para su interfaz de entrada que es la que conecta con R1. Además de que por sus interfaces no hay ningún suscriptor multicast por lo que es lógico que esto se realice

Para R5, ocurre de manera similar a R4, ambas interfaces de salida (la de R4 y R6) están podadas por lo que pedirá que poden su interfaz de entrada, que es la que conecta con R2. Al igual que R4 no hay suscriptores multicast por sus interfaces.

Por otro lado, R6 tiene como interfaz de entrada la que conecta con R3 y como salida, únicamente la que conecta con HUB3, estando las otras dos podadas. Además, tiene en su tabla de suscriptores la dirección multicast del emisor por lo que tiene a un suscriptor de esa dirección en una de sus interfaces. Por lo que enrutará los mensajes a través de ella, llegando finalmente al equipo Debian2, que se había suscrito a esa dirección multicast.

Por tanto el camino lógico del árbol de expansión para la emisión de Debian1 a Debian2 quedaría: Debian1 – R1 – R2 – R3 – R6 – Debian2

```
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), 00:00:10/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:10/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:10/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:10/00:02:56, flags: T
Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:10/00:00:00
GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:00:06/00:02:53

(*, 224.0.1.40), 00:05:54/00:02:07, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:24/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:05:53/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:54/00:00:00

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40 GigabitEthernet1/0 00:05:58 00:02:02 1.0.0.2
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:05:59 00:01:57 11.0.0.1
```

```
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40 GigabitEthernet2/0 00:06:03 00:02:55 2.0.0.2
224.0.1.40 GigabitEthernet1/0 00:06:05 00:02:59 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

(*, 239.192.0.1), 00:00:36/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:36/00:02:52, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00
GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:31/00:02:28

(*, 224.0.1.40), 00:06:18/00:02:46, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:05:48/00:00:00
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:06:16/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:18/00:00:00
```

Figura 1_8_2 y 1_8_3: Tabla de rutas y de suscriptores de R1 y R2

```

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), 00:00:39/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:39/00:00:00
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:39/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:39/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:39/00:02:58, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:00:35/00:02:24
GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:39/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:06:22/00:02:39, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:06:21/00:00:00
GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:06:21/00:00:00

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:06:26 00:02:34 2.0.0.2

```

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:00:46/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:46/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:00:46/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:46/00:02:21, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:00:41/00:02:18, A

(*, 224.0.1.40), 00:06:30/00:02:35, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:29/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:06:30/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:06:31 00:02:33 4.0.0.1

```

Figura 1_8_4 y 1_8_5: Tabla de rutas y de suscriptores de R3 y R4

```

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 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:00:50/00:00:00
FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:00:50/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:00:50/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:50/00:02:18, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:45/00:02:14, A
FastEthernet3/1, Prune/Dense, 00:00:50/00:02:09

(*, 224.0.1.40), 00:06:32/00:02:32, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:06:02/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:06:03/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1    00:06:33 00:02:28 4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:06:35 00:02:29 51.0.0.1

```

```

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), 00:01:33/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:01:33/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:01:33/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:01:33/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:01:33/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:55/00:02:52, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:00:55/00:00:00
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:55/00:02:04
FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:54/00:02:05

(*, 224.0.1.40), 00:06:38/00:02:24, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
239.192.0.1         FastEthernet0/0    00:01:35 00:02:20 61.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:06:39 00:02:22 6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:06:40 00:02:16 61.0.0.1

```

Figura 1_8_6 y 1_8_7: Tabla de rutas y de suscriptores de R5 y R6


```

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), 00:01:00/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:01:00/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:01:00/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:01:00/00:02:08, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:00:55/00:02:04, A

(*, 224.0.1.40), 00:06:42/00:02:19, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:06:12/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:06:42/00:00:00

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  00:02:17  6.0.0.2

```

Figura 1_8_8 :Tabla de rutas y de suscriptores de R7

1	0.000000	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
2	6.000965	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
3	60.002671	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
4	68.997636	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
5	119.998360	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
6	122.005995	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
7	180.003026	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
8	181.001358	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
9	240.006693	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
10	248.002328	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
11	300.001385	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
12	308.996350	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
13	360.004042	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
14	369.998336	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
15	419.999444	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
16	421.004197	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
17	479.997510	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
18	490.005767	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
19	539.997189	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
20	545.998154	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_8_9 :Captura de wireshark de la interfaz Debian1-HUB1

1	0.000000	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
2	9.004938	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
3	59.996686	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
4	63.002654	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
5	120.003346	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
6	121.001678	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
7	128.545521	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
8	136.231982	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
9	139.263882	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
10	179.997041	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
11	181.006344	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
12	184.760313	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
13	240.002702	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
14	241.135676	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
15	247.996343	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
16	299.998378	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
17	303.688518	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
18	308.997333	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
19	359.998207	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
20	363.003182	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
21	363.559696	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
22	420.003815	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
23	427.005107	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
24	428.711547	61.0.0.20	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Report group 239.192.0.1
25	467.710341	61.0.0.20	224.0.0.2	IGMPv2	60 Leave Group 239.192.0.1
26	467.722309	61.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for group 239.192.0.1
27	468.720641	61.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, specific for group 239.192.0.1
28	480.722572	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
29	482.719236	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
30	540.722975	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
31	547.722272	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
32	600.724083	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
33	609.717420	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
34	660.726359	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
35	669.722323	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
36	720.722114	61.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
37	724.726414	61.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40

Figura 1_8_10 :Captura de wireshark de la interfaz Debian2- HUB2

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: una vez se para al emisor al y al receptor, como ya ha ocurrido en otros apartados, las tablas de routers se vacían de las entradas correspondientes a la dirección multicast 239.192.0.1, quedando únicamente en todos ellos la suscripción al grupo multicast 224.0.0.1. En cualquier caso, el receptor Debian2 al pararse, de manera análoga a como ocurría en casos anteriores, envía un mensaje de abandono del grupo multicast que es recibido por R6, y este espera durante 1 minuto a la respuesta de este equipo al enviar el mensaje periódico de especificación de grupo “*Membership Query, specific for group 239.192.0.1*”. El resto de routers, que están escuchando en modo promiscuo, se han enterado de que Debian2 ha abandonado y decide quitar la entrada de esa dirección multicast de sus tablas. Además, paramos al emisor Debian1, ya que el único suscriptor del grupo multicast al que enviaba los mensajes, ha abandonado el grupo.

```
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), 00:18:44/00:02:22, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:18:14/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:18:43/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:18:44/00:00:00

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40       GigabitEthernet1/0 00:18:43  00:02:22  1.0.0.2
224.0.1.40       FastEthernet0/0    00:18:44  00:02:17  11.0.0.1
```

Figura 1_8_11 :Tabla de rutas multicast y vecinos de R1


```

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), 00:19:08/00:02:53, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:18:38/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:19:06/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:19:08/00:00:00

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface                Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet2/0      00:19:06  00:02:50   2.0.0.2
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0      00:19:08  00:02:53   1.0.0.2

```

Figura 1_8_12 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R2

```

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), 00:19:27/00:02:31, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:19:26/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:19:27/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:19:27/00:00:00

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface                Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0      00:19:27  00:02:31   2.0.0.2

```

Figura 1_8_13 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R3

```

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), 00:19:47/00:02:15, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:19:47/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:19:47/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface                Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0         00:19:48  00:02:15  4.0.0.1
R4#

```

Figura 1_8_14 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R4

```

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), 00:20:06/00:02:56, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:19:36/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:19:37/00:00:00
    FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:20:04/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:20:06/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface                Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/1         00:20:04  00:02:55  4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0         00:20:06  00:02:56  51.0.0.1
R5#

```

Figura 1_8_15 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R5

```

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), 00:20:27/00:02:43, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:20:26/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:20:26/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:20:26/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:20:27/00:00:00

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:20:26  00:02:43   6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:20:27  00:02:35   61.0.0.1

```

Figura 1_8_16 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R6

```

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), 00:20:46/00:02:23, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:20:16/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:20:46/00:00:00

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:20:46  00:02:23   6.0.0.2

```

Figura 1_8_17 : Tabla de rutas multicast y vecinos de R7

1.9. Una fuente y dos suscriptores

En este apartado analizaremos como se modifica el árbol de distribución al añadir dos nuevos suscriptores a la situación del apartado anterior. Inicia en Debian-2 el suscriptor y en Debian-1 la fuente como hicimos en el apartado anterior. Partimos por tanto de las tablas de rutas y lista de suscriptores obtenidas en el apartado anterior. Arranca el analizador de tráfico y añade dos nuevos suscriptores en Debian-3 y Debian-4. Incluye las órdenes

RESPUESTA: en los equipos Debian2, Debian3 y Debian4 he utilizado la orden *“mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004”* indicando que son 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.

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 modifica el árbol de distribución.

RESPUESTA: al igual que en el apartado anterior, para analizar todo el recorrido de los mensajes multicast nos fijaremos en las interfaces de entrada y de salida de la entrada **(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 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 para establecer un árbol óptimo sin bucles para que los mensajes lleguen a los suscriptores.

Por tanto, R1 tiene la misma configuración que en el apartado anterior: una interfaz de entrada, la que conecta con Debian1, y dos interfaces (que conectan con R2 y R4 respectivamente) y que, a diferencia del apartado anterior, no están podadas, sino que se encuentran activas y transmite los datagramas por ambas.

Ahora R2, al igual que pasa con R1, tiene como interfaz de entrada la que conecta con R1 y ambas interfaces de salida activas.

Para R3, tiene como interfaz de entrada la que conecta con R2 y ambas interfaces de salida activas, la que conecta con R7 y la que conecta con R6

Para R4, no tiene interfaces de salida ya que está podada la única que tenía (la que conecta con R5) y tiene una interfaz de entrada, la de R1, pero al no tener interfaces de salida en su tabla de rutas será podada.

Para R5, tiene 3 interfaces de salida, dos de ellas podadas la de R4 y la de R6, y la de HUB2 activa y una interfaz de entrada que es a través de la cual está unida a R2

Por otro lado, R6 tiene como interfaz de entrada la interfaz de R3 y solo una interfaz de salida activa, la de HUB3, las de R7 y R5 están podadas ya que producen bucles.

Por tanto, a partir del árbol de expansión resultante el camino lógico para que los datagramas lleguen a Debian2 serían: Debian1 – R1 – R2 – R3 – R6 – Debian2. Y para que lleguen a Debian3 o a Debian4: Debian1 – R1 – R2 – R5 – Debian3/Debian4

```

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), 00:03:43/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:43/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:43/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:43/00:02:58, flags: T
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:43/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:38/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:09:22/00:02:40, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:08:52/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:09:21/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:22/00:00:00

```

Figura 1_9_1 : Tabla de rutas multicast de R1

```

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:25  00:02:36  1.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:26  00:02:36  11.0.0.1

```

Figura 1_9_2 : Suscriptores de R1

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:03:55/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:55/00:02:57, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:03:42/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:09:33/00:02:33, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:09:03/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:09:32/00:00:00

```

Figura 1_9_3 : Tabla de rutas multicast de R2

```
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40         GigabitEthernet2/0 00:09:34  00:02:31   2.0.0.2
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:35  00:02:25   1.0.0.2
```

Figura 1_9_4 : Suscriptores de R2

```
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), 00:04:00/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:00/00:02:52, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:55/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:09:38/00:02:28, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:09:08/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:09:38/00:00:00

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40         GigabitEthernet1/0 00:09:41  00:02:26   2.0.0.2
```

Figura 1_9_5 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R3

```
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

(*, 239.192.0.1), 00:04:04/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:04:04/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:04/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:04/00:01:58, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:04:00/00:01:58, A

(*, 224.0.1.40), 00:09:44/00:02:21, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:09:43/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:44/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:45  00:02:20   4.0.0.1
```

Figura 1_9_6 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R4


```

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

(*, 239.192.0.1), 00:04:08/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00
GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:04:08/00:00:00
FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:04:08/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:04:08/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:08/00:02:54, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:03:55/00:00:00
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:04:03/00:01:54, A
FastEthernet3/1, Prune/Dense, 00:01:08/00:01:51

(*, 224.0.1.40), 00:09:46/00:02:17, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
239.192.0.1        FastEthernet0/0 00:03:57  00:02:15  51.0.0.10
224.0.1.40         FastEthernet3/1 00:09:46  00:02:15  4.0.0.1
224.0.1.40         FastEthernet0/0 00:09:49  00:02:14  51.0.0.1

```

Figura 1_9_7 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R5

```

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), 00:04:45/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:04:45/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:04:45/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:04:45/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:45/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:12/00:02:59, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:12/00:00:00
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:01:12/00:01:47
FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:01:12/00:01:47

(*, 224.0.1.40), 00:09:51/00:02:10, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
239.192.0.1        FastEthernet0/0 00:04:47  00:02:09  61.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0 00:09:52  00:02:08  6.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0 00:09:53  00:02:06  61.0.0.1

```

Figura 1_9_8 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R6

```

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), 00:04:18/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:04:18/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:18/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:18/00:01:44, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:04:14/00:01:44, A

(*, 224.0.1.40), 00:09:56/00:02:04, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:09:27/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:56/00:00:00

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40       FastEthernet0/0    00:09:57  00:02:03  6.0.0.2

```

Figura 1_9_9 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R7

Parar la recepción en Debian-4, 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: cuando paramos Debian4, este deja de recibir datagramas del grupo multicast 239.192.0.1 y pasa a abandonar el grupo multicast. En este caso, este equipo envía el mensaje de abandono *leave* “*Leave Group 239.192.0.1*” que será recibido por el router R5 .

A continuación, R5 enviará un mensaje de consulta específica dirigida al grupo multicast 239.192.0.1 “*Membership Query, specific for group 239.192.0.1*” para ver si hay más suscriptores por la interfaz por la que ha recibido el mensaje y, al detectar que en efecto hay uno más (Debian3), decide mantener activo el grupo multicast y aún tiene un apuntada la dirección multicast en su tabla de vecinos, por lo que no se modifican.

Aunque en la imagen se muestra que la interfaz de salida de R5 que conecta con HUB2 ha expirado, es porque habían pasado los 600 segundos que se mantenían los suscriptores escuchando de la dirección multicast y recibiendo los datagramas de Debian1 y una vez pasados, dejaban de escuchar abandonando el grupo multicast y siguiendo el mismo procedimiento que el explicado anteriormente.


```

      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), 00:10:29/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:29/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:29/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:29/00:02:52, flags: T
Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:29/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:24/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:16:08/00:02:53, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:15:38/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:16:07/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:16:08/00:00:00

R1#show ip igmp groups
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1#show ip igmp groups
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40       GigabitEthernet1/0 00:16:14  00:02:46   1.0.0.2
224.0.1.40       FastEthernet0/0    00:16:15  00:02:42   11.0.0.1

```

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:10:38/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:10:38/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:38/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:38/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:38/00:02:54, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:38/00:00:00
  GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:23/00:02:36

(*, 224.0.1.40), 00:16:16/00:02:52, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:15:47/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:16:15/00:00:00

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40       GigabitEthernet2/0 00:16:17  00:02:50   2.0.0.2
224.0.1.40       GigabitEthernet1/0 00:16:18  00:02:41   1.0.0.2

```

Figura 1_9_10 Y 1_9_11 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R1 y R2

```

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), 00:10:42/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:10:42/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:42/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:42/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:42/00:02:59, flags: T
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:38/00:00:00
  GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:01:13/00:01:46

(*, 224.0.1.40), 00:16:21/00:02:48, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:15:51/00:00:00
  GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:16:20/00:00:00

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40       GigabitEthernet1/0 00:16:23  00:02:45   2.0.0.2

```

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:10:46/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:46/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:10:46/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:46/00:01:16, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 14.0.0.1
Outgoing interface list:
  FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:10:42/00:01:16, A

(*, 224.0.1.40), 00:16:26/00:02:34, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:16:25/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:16:26/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime    Expires    Last Reporter
224.0.1.40       FastEthernet0/0    00:16:28  00:02:32   4.0.0.1

```

Figura 1_9_12 Y 1_9_13 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R3 y R4

```

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

(*, 239.192.0.1), 00:10:50/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:10:50/00:00:00
FastEthernet3/1, Forward/Dense, 00:10:50/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:10:50/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:50/00:02:22, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet4/0, RPF nbr 25.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:10:46/00:01:13, A
FastEthernet3/1, Prune/Dense, 00:01:49/00:01:10

(*, 224.0.1.40), 00:16:29/00:02:36, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet4/0, Forward/Dense, 00:15:59/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:15:59/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter
224.0.1.40 FastEthernet3/1 00:16:28 00:02:28 4.0.0.1
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:16:31 00:02:34 51.0.0.1

```

```

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), 00:11:27/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:11:27/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:11:27/00:00:00
FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:11:27/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:54/00:01:37, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.1
Outgoing interface list:
FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:01:53/00:01:06
FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:01:53/00:01:06

(*, 224.0.1.40), 00:16:33/00:02:33, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:16:32/00:00:00
GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:16:32/00:00:00

R6#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter
224.0.1.40 FastEthernet3/0 00:16:35 00:02:31 6.0.0.2
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:16:35 00:02:22 61.0.0.1

```

Figura 1_9_14 Y 1_9_15 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R5 y R6

```

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), 00:10:58/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:58/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:10:58/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:10:58/00:01:05, flags: PT
Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 7.0.0.2
Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:10:54/00:01:05, A

(*, 224.0.1.40), 00:16:36/00:02:29, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:16:07/00:00:00
FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:16:36/00:00:00

R7#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:16:37 00:02:29 6.0.0.2

```

Figura 1_9_16 : Tabla de rutas multicast y suscriptores de R7

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