

# 1. Encaminamiento Multicast PIM-DM

Versión 1.0, abril 2022

**Alumno (apellidos, nombre (DNI): Juan José López Gómez**

**Alumno (apellidos, nombre (DNI): Sergio Sánchez García**

**Fecha: 03/05/2022**

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

## 1.1. Entorno de trabajo

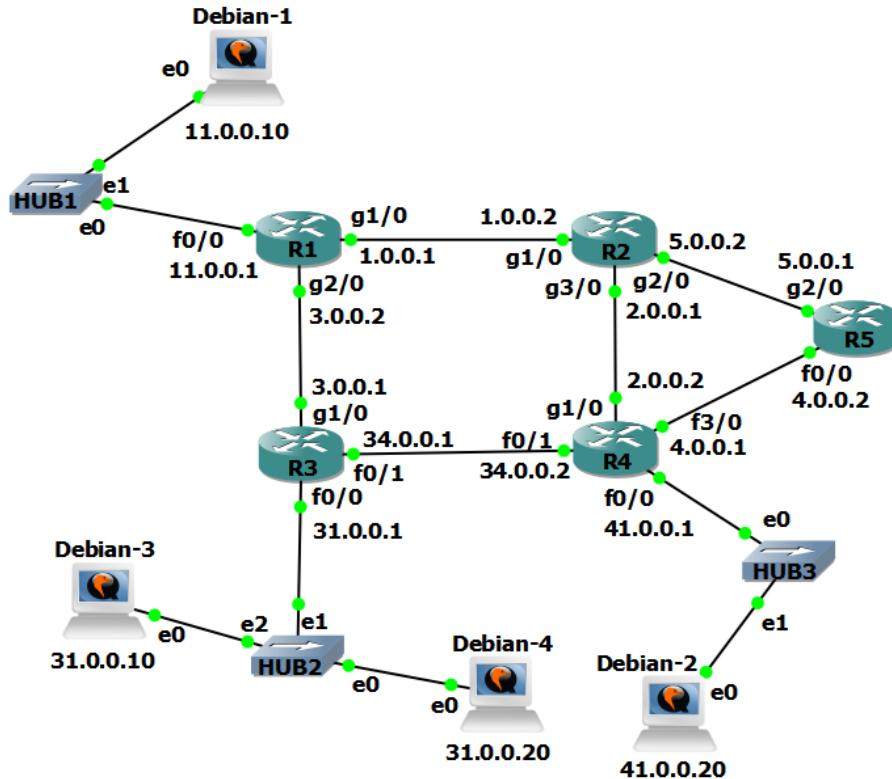
- Software de emulación de redes: GNS3 (Analizador de red: wireshark)
- Cisco IOS
- Unix virtualizado (DebianAlumno)

## 1.2. Objetivo

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 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.

Iniciamos todos los equipos pulsando el botón superior de 'Start all nodes' y posteriormente ejecutamos la orden *show ip route* en el terminal de cada uno de los routers, con ella podemos observar las direcciones IPv4 con las que está conectada cada interfaz.

R1:

```

R1
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
i0961594@s... R1 R2 R3 R4
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
      ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
      o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
C    1.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C    3.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
C    11.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
R1#

```

R2:

```

R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
      ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
      o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

O    34.0.0.0/8 [110/11] via 2.0.0.2, 00:00:30, GigabitEthernet3/0
C    1.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C    2.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O    3.0.0.0/8 [110/2] via 1.0.0.1, 00:00:30, GigabitEthernet1/0
O    4.0.0.0/8 [110/11] via 5.0.0.1, 00:00:30, GigabitEthernet2/0
                  [110/11] via 2.0.0.2, 00:00:30, GigabitEthernet3/0
C    5.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
O    41.0.0.0/8 [110/11] via 2.0.0.2, 00:00:30, GigabitEthernet3/0
O    11.0.0.0/8 [110/11] via 1.0.0.1, 00:00:30, GigabitEthernet1/0
O    31.0.0.0/8 [110/12] via 1.0.0.1, 00:00:30, GigabitEthernet1/0
R2#

```

R3:

```

R3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
      ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
      o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    34.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
O    1.0.0.0/8 [110/2] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
O    2.0.0.0/8 [110/3] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
C    3.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
O    4.0.0.0/8 [110/13] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
O    5.0.0.0/8 [110/3] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
O    41.0.0.0/8 [110/13] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
O    11.0.0.0/8 [110/11] via 3.0.0.2, 00:00:48, GigabitEthernet1/0
C    31.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
R3#

```

R4:

```
R4
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
◀ i0961594@s... × R1 × R2 × R3 × R4 × ▶
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
      ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
      o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    34.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
O    1.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.1, 00:01:24, GigabitEthernet1/0
C    2.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet1/0
O    3.0.0.0/8 [110/3] via 2.0.0.1, 00:01:24, GigabitEthernet1/0
C    4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet3/0
O    5.0.0.0/8 [110/2] via 2.0.0.1, 00:01:24, GigabitEthernet1/0
C    41.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    11.0.0.0/8 [110/12] via 2.0.0.1, 00:01:24, GigabitEthernet1/0
O    31.0.0.0/8 [110/13] via 2.0.0.1, 00:01:24, GigabitEthernet1/0
R4#
```

R5:

```
R5
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
◀ R1 × R2 × R3 × R4 × R5 × ▶
R5#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
      ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
      o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

O    34.0.0.0/8 [110/12] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
O    1.0.0.0/8 [110/2] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
O    2.0.0.0/8 [110/2] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
O    3.0.0.0/8 [110/3] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
C    4.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
C    5.0.0.0/8 is directly connected, GigabitEthernet2/0
O    41.0.0.0/8 [110/12] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
O    11.0.0.0/8 [110/12] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
O    31.0.0.0/8 [110/13] via 5.0.0.2, 00:01:33, GigabitEthernet2/0
R5#
```

## 1.4. Iniciando PIM-DM

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

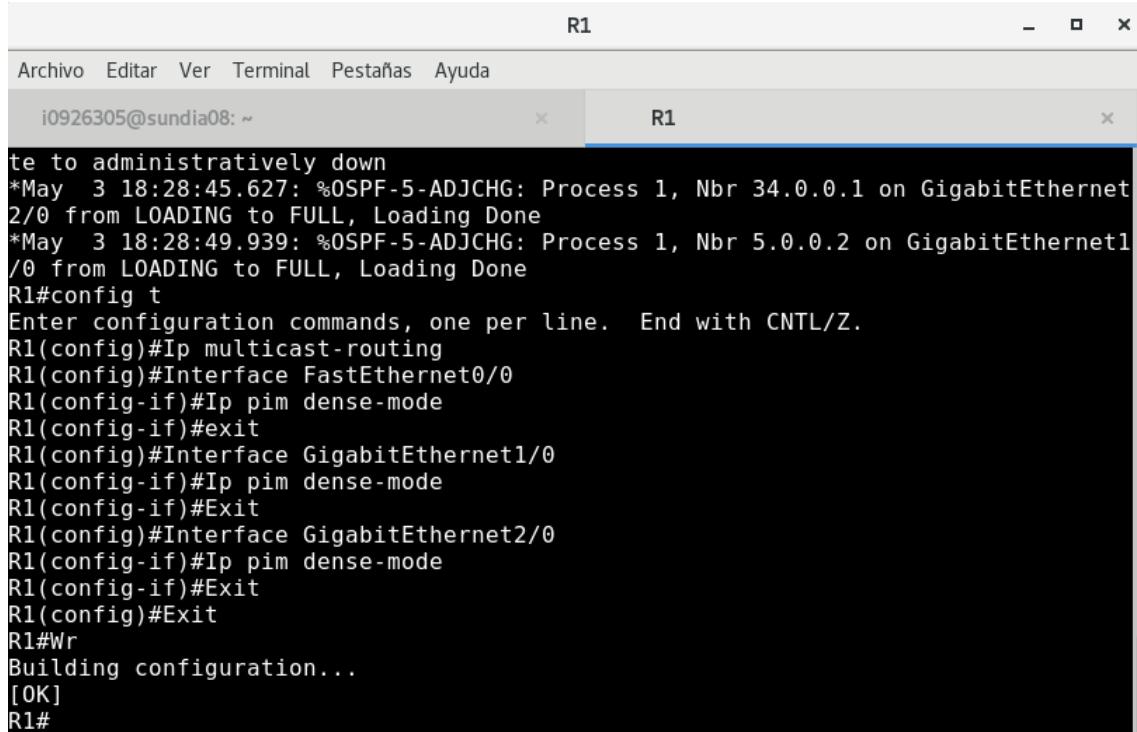
1. Habilitar el encaminamiento multicast
2. Habilitar el modo denso de PIM en cada interfaz

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>ip multicast-routing</b> | Habilita el encaminamiento multicast      |
| <b>ip pim dense-mode</b>    | 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.

*enable*

```
config t
ip multicast-routing
Interface Fastethernet0/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet1/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet2/0
ip pim dense-mode
exit
exit
wr
```



The screenshot shows a terminal window titled 'R1'. The window has two tabs: 'i0926305@sundia08: ~' and 'R1'. The 'R1' tab is active and displays the configuration commands entered in the terminal. The commands include enabling IP multicast routing and setting PIM Dense Mode on three different interfaces (Fastethernet0/0, GigabitEthernet1/0, and GigabitEthernet2/0). The configuration concludes with a 'wr' command to write the changes to memory.

```
te to administratively down
*May  3 18:28:45.627: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 34.0.0.1 on GigabitEthernet
2/0 from LOADING to FULL, Loading Done
*May  3 18:28:49.939: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 5.0.0.2 on GigabitEthernet1
/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R1#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#Ip multicast-routing
R1(config)#Interface FastEthernet0/0
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)#Interface GigabitEthernet2/0
R1(config-if)#Ip pim dense-mode
R1(config-if)#Exit
R1(config)#Exit
R1#Wr
Building configuration...
[OK]
R1#
```

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?

Los mensajes PIM (Protocol Independent Multicast) son utilizados en el protocolo PIM-DM, que es el que estamos utilizando en esta parte de la práctica. El modo denso se produce mediante inundación por todas las interfaces por donde halla vecinos descubiertos.

Para descubrir a los vecinos el protocolo PIM-DM manda un tipo específico de mensajes PIM con el tipo 0, es decir, mensajes Hello, mediante el cual se si se recibe un mensaje de este tipo mientras está el modo denso activado se añade automáticamente a la lista de interfaces de salida.

Estos mensajes se transmiten por un grupo multicast determinado 224.0.0.13 (que se dirige a todos los routers con PIM activado), con una TTL de 1, y que se reenvían cada 30 segundos.

|  |         |            |       |          |
|--|---------|------------|-------|----------|
| 19 38.401320   | 1.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 68 Hello |
| 33 68.058805   | 1.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 68 Hello |
| 49 97.287625   | 1.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 68 Hello |
| > Frame 19: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits)                            |         |            |       |          |
| > Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:1c (ca:02:32:80:00:1c), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d) |         |            |       |          |
| `- Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 224.0.0.13                                    |         |            |       |          |
| 0100 .... = Version: 4   |         |            |       |          |
| .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)  |         |            |       |          |
| `- Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)                                 |         |            |       |          |
| Total Length: 54   |         |            |       |          |
| Identification: 0x019f (415)   |         |            |       |          |
| `- Flags: 0x00   |         |            |       |          |
| Fragment Offset: 0   |         |            |       |          |
| Time to Live: 1  |         |            |       |          |
| Protocol: PIM (103)  |         |            |       |          |
| Header Checksum: 0xd5f4 [validation disabled]  |         |            |       |          |
| [Header checksum status: Unverified]   |         |            |       |          |
| Source Address: 1.0.0.1  |         |            |       |          |
| Destination Address: 224.0.0.13  |         |            |       |          |
| `- Protocol Independent Multicast  |         |            |       |          |
| 0010 .... = Version: 2   |         |            |       |          |
| .... 0000 = Type: Hello (0)  |         |            |       |          |
| Reserved byte(s): 00   |         |            |       |          |
| Checksum: 0x02a0 [correct]   |         |            |       |          |
| [Checksum Status: Good]  |         |            |       |          |
| `- PIM Options: 4  |         |            |       |          |

En cuanto a los mensajes IGMP (Internet Group Management Protocol), que es el protocolo que se utiliza para la comunicación y asignación de grupos multicast. Se generan dos tipos de mensajes IGMP dependiendo de la interfaz ya que en las interfaces g1/0 y g2/0 no hay ningún vecino conocido, debido a que los demás routers no están configurados todavía.

En todas las interfaces se generan los mensajes IGMP Membership Query, general enviado a la dirección multicast 224.0.0.1 que se identifica con todos los sistemas de la subred independientemente de si son hosts o routers. Se utilizan para preguntar a los hosts si están suscritos a algún grupo multicast.

| igmp |           |          |             |          |        |                                    |
|------|-----------|----------|-------------|----------|--------|------------------------------------|
| No.  | Time      | Source   | Destination | Protocol | Length | Info                               |
| 270  | 34.826924 | 11.0.0.1 | 224.0.0.1   | IGMPv2   | 60     | Membership Query, general          |
| 271  | 34.846963 | 11.0.0.1 | 224.0.1.40  | IGMPv2   | 60     | Membership Report group 224.0.1.40 |
| 574  | 74.872308 | 11.0.0.1 | 224.0.0.1   | IGMPv2   | 60     | Membership Query, general          |
| 606  | 78.873861 | 11.0.0.1 | 224.0.1.40  | IGMPv2   | 60     | Membership Report group 224.0.1.40 |

```
> Frame 270: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
> Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:08 (ca:02:32:80:00:08), Dst: IPv4mcast_01 (01:00:5e:00:00:01)
> Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.1, Dst: 224.0.0.1
└ Internet Group Management Protocol
    [IGMP Version: 2]
    Type: Membership Query (0x11)
    Max Resp Time: 2,5 sec (0x19)
    Checksum: 0xeeee6 [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Multicast Address: 0.0.0.0
```

El otro mensaje IGMP que se genera se encuentra en la interfaz f0/0 ya que está suscrito. Este mensaje es un Membership Report group, que se utiliza para informar a los routers que el host está suscrito a un determinado grupo multicast, hacia la dirección 224.0.1.40 que se relaciona con el RP Discovery de los PIM.

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.

Con la orden `show ip pim neighbor` se muestran los vecinos que R1 ha aprendido a través del protocolo PIM-DM, en este caso no sale ninguno debido a que R1 es el único router que tiene activo el protocolo.

```
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
R1#
```

Con la orden `show ip pim interface` se muestran las interfaces de R1, en este caso, que tienen PIM activado. Se muestran siete columnas, de izquierda a derecha, la dirección IPv4 de la interfaz, seguido de la interfaz ya sea Gigabit o Fast, después la versión que está utilizando la interfaz (en este caso D de Denso), después un contador de vecinos en esa interfaz (todos a 0 por lo expuesto anteriormente), después el intervalo de query que son cada 30s se envía el Hello, y ya queda la prioridad y la dirección IP por la que se va a enviar

```
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
1.0.0.1          GigabitEthernet1/0  v2/D    0       30     1      1.0.0.1
3.0.0.2          GigabitEthernet2/0  v2/D    0       30     1      3.0.0.2
R1#
```

Por último con `show ip igmp groups` se muestran los grupos a los que está suscrito R1, en este caso es solo 224.0.1.40 que es el que está asociado al protocolo PIM

```
R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface           Uptime   Expires  Last Reporter  Gr
oup Accounted
224.0.1.40      FastEthernet0/0    00:04:11  00:02:30  11.0.0.1
R1#
```

# 1.5. Habilitar PIM-DM en todos los routers

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

R2:

```
config t
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet3/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet1/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet2/0
ip pim dense-mode
exit
exit
wr
```

```
i0961594@sundi... R1 R2 R3 R4 R5
R2#enable
R2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#ip multicast-routing
R2(config)#interface GigabitEthernet2/0
R2(config-if)#ip pim dense-mode
R2(config-if)#exit
*May 3 18:41:02.331: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 5.0.0.2 on interface GigabitEthernet2/0
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet3/0
R2(config-if)#ip pim dense-mode
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface GigabitEthernet1/0
*May 3 18:41:17.775: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 2.0.0.1 on interface GigabitEthernet3/0
R2(config)#interface GigabitEthernet1/0
R2(config-if)#ip pim dense-mode
R2(config-if)#exit
*May 3 18:41:21.719: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 1.0.0.1 UP on interface GigabitEthernet1/0
*May 3 18:41:22.703: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 1.0.0.2 on interface GigabitEthernet1/0
R2(config-if)#exit
R2(config)#exit
R2#wr
Building configuration...
*May 3 18:41:28.367: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console[OK]
R2#
```

R3:

```

config t
ip multicast-routing
Interface Fastethernet0/1
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet1/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface Fastethernet0/0
ip pim dense-mode
exit
exit
wr

```

```

R3#enable
R3#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ip multicast-routing
R3(config)#interface GigabitEthernet1/0
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface GigabitEthernet1/0
*May 3 18:42:39.523: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 3.0.0.1 on interface GigabitEthernet1/0
R3(config)#interface FastEthernet0/0
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#
*May 3 18:43:04.831: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 31.0.0.1 on interface FastEthernet0/0
R3(config)#exit
*May 3 18:43:07.127: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 3.0.0.2 UP on interface GigabitEthernet1/0
*May 3 18:43:07.131: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 3.0.0.1 to 3.0.0.2 on interface GigabitEthernet1/0
R3(config)#interface FastEthernet0/1
R3(config-if)#ip pim dense-mode
R3(config-if)#exit
R3(config)#
*May 3 18:43:14.335: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 34.0.0.1 on interface FastEthernet0/1
R3(config)#
*May 3 18:45:01.663: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 34.0.0.2 UP on interface FastEthernet0/1
*May 3 18:45:01.663: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 34.0.0.1 to 34.0.0.2 on interface FastEthernet0/1
R3(config)#exit
R3#wr
*May 3 18:46:32.715: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
(R3#wr
Building configuration...
[OK]
.R3#

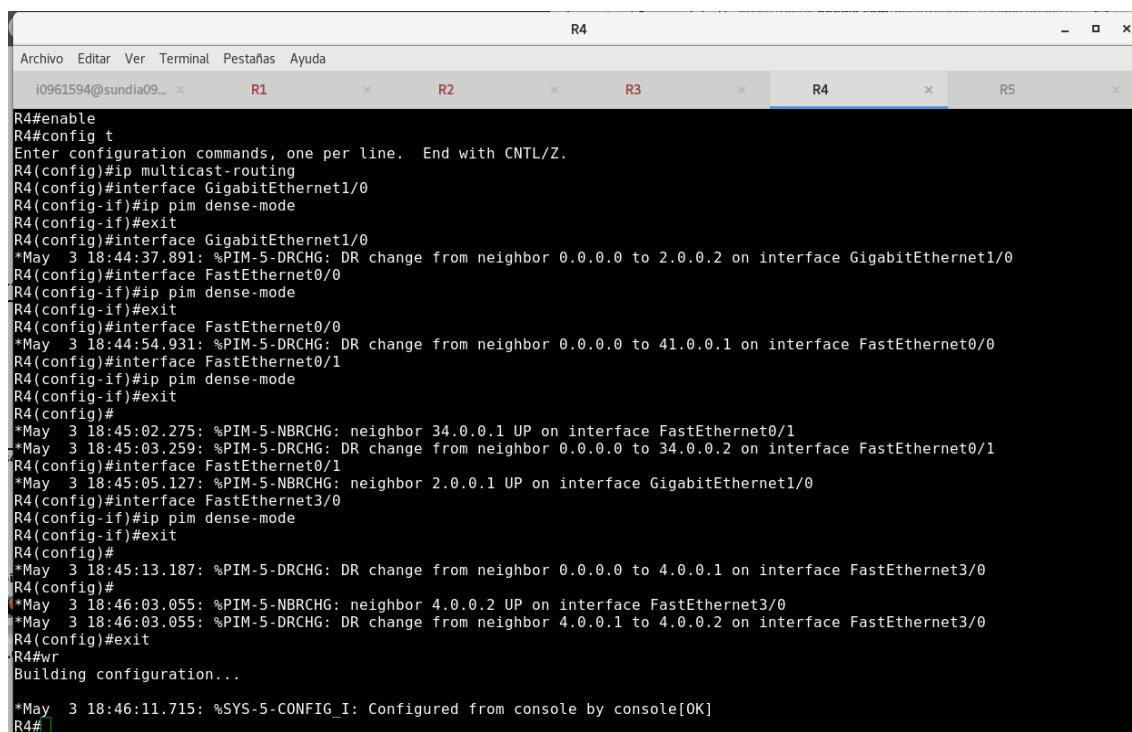
```

R4:

```

config t
ip multicast-routing
Interface Fastethernet0/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface GigabitEthernet1/0
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface Fastethernet0/1
ip pim dense-mode
exit
ip multicast-routing
Interface Fastethernet3/0
ip pim dense-mode
exit
exit
wr

```



```

R4#enable
R4#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#ip multicast-routing
R4(config)#interface GigabitEthernet1/0
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface GigabitEthernet1/0
*May 3 18:44:37.891: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 2.0.0.2 on interface GigabitEthernet1/0
R4(config)#interface FastEthernet0/0
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#interface FastEthernet0/0
*May 3 18:44:54.931: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 41.0.0.1 on interface FastEthernet0/0
R4(config)#interface FastEthernet0/1
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#
*May 3 18:45:02.275: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 34.0.0.1 UP on interface FastEthernet0/1
*May 3 18:45:03.259: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 34.0.0.2 on interface FastEthernet0/1
R4(config)#interface FastEthernet0/1
*May 3 18:45:05.127: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 2.0.0.1 UP on interface GigabitEthernet1/0
R4(config)#interface FastEthernet3/0
R4(config-if)#ip pim dense-mode
R4(config-if)#exit
R4(config)#
*May 3 18:45:13.187: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 4.0.0.1 on interface FastEthernet3/0
R4(config)#
*May 3 18:46:03.055: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 4.0.0.2 UP on interface FastEthernet3/0
*May 3 18:46:03.055: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 4.0.0.1 to 4.0.0.2 on interface FastEthernet3/0
R4(config)#exit
R4#wr
Building configuration...

*May 3 18:46:11.715: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console[OK]
R4#

```

R5:

```
config t
    ip multicast-routing
    Interface Fastethernet0/0
    ip pim dense-mode
    exit
    ip multicast-routing
    Interface GigabitEthernet2/0
    ip pim dense-mode
    exit
    exit
    wr
```

```
R5#enable
R5#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R5(config)#ip multicast-routing
R5(config)#interface FastEthernet0/0
R5(config-if)#ip pim dense-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#
*May 3 18:46:04.283: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 4.0.0.2 on interface FastEthernet0/0
R5(config)#
*May 3 18:46:31.899: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 4.0.0.1 UP on interface FastEthernet0/0
R5(config)#interface GigabitEthernet2/0
R5(config-if)#ip pim dense-mode
R5(config-if)#exit
R5(config)#
*May 3 18:46:58.747: %PIM-5-NBRCHG: neighbor 5.0.0.2 UP on interface GigabitEthernet2/0
*May 3 18:46:58.747: %PIM-5-DRCHG: DR change from neighbor 0.0.0.0 to 5.0.0.2 on interface GigabitEthernet2/0
R5(config)#exit
R5#
*May 3 18:47:01.751: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R5#wr
Building configuration...
[OK]
R5#
```

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.

Para obtener la información pedida tenemos que hacer uso de las siguientes órdenes:

- *show ip pim neighbor* → Para mostrar los vecinos de PIM
- *show ip pim interface* → Muestra las interfaces con PIM activo
- *show ip igmp groups* → Muestra los grupos multicast a los que se está suscrito dependiendo de la interfaz
- *show ip mroute* → Muestra las rutas multicast

```

R2
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
i0961594@s... × R1 × R2 × R3 × R4 × R5 ×
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
5.0.0.1            GigabitEthernet2/0 00:05:57/00:01:41 v2  1 / S
2.0.0.2            GigabitEthernet3/0 00:08:20/00:01:16 v2  1 / DR S
1.0.0.1            GigabitEthernet1/0 00:11:34/00:01:31 v2  1 / S
R2#show ip pim interface
Address           Interface          Ver/     Nbr     Query   DR      DR
                  Mode     Count   Intvl   Prior
5.0.0.2            GigabitEthernet2/0 v2/D    1       30      1      5.0.0.2
2.0.0.1            GigabitEthernet3/0 v2/D    1       30      1      2.0.0.2
1.0.0.2            GigabitEthernet1/0 v2/D    1       30      1      1.0.0.2
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address     Interface          Uptime     Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet3/0 00:08:37  00:02:52  2.0.0.2
224.0.1.40        GigabitEthernet2/0 00:12:12  00:02:51  5.0.0.2
R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:12:17/00:02:47, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:42/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:11:56/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:12:17/00:00:00
R2#

```

Como podemos ver con la orden *show ip pim neighbor* R2 tiene tres vecinos PIM:

- 5.0.0.1 → accede a R5 mediante g2/0
- 2.0.0.2 → accede a R4 mediante g3/0
- 1.0.0.1 → accede a R1 mediante g1/0

Mediante la orden *show ip pim interface* vemos datos relacionados a las interfaces de R2 como el router designado de cada subred.

Con *show ip igmp groups* vemos que tanto la interfaz g3/0 como g2/0 están conectadas al mismo grupo cuya dirección IP es 224.0.1.40.

Por último, con *show ip mroute* vemos la tabla de encaminamiento multicast, que tiene como subred de origen cualquier fuente.

```

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
3.0.0.2            GigabitEthernet1/0    00:14:46/00:01:16 v2    1 / DR S
34.0.0.2           FastEthernet0/1      00:12:52/00:01:40 v2    1 / DR S
R3#show ip pim interface
Address           Interface          Ver/   Nbr   Query   DR     DR
                  Mode    Count  Intvl  Prior
3.0.0.1            GigabitEthernet1/0  v2/D   1      30     1      3.0.0.2
31.0.0.1           FastEthernet0/0   v2/D   0      30     1      31.0.0.1
34.0.0.1           FastEthernet0/1   v2/D   1      30     1      34.0.0.2
R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address     Interface          Uptime   Expires  Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0  00:15:23 00:02:59  3.0.0.1
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), 00:15:26/00:02:56, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:13:01/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:15:26/00:00:00
R3#

```

Como podemos ver con la orden `show ip pim neighbor` R3 tiene dos vecinos PIM:

- 3.0.0.2 → accede a R1 mediante g1/0
- 34.0.0.2 → accede a R4 mediante f0/1

Mediante la orden `show ip pim interface` vemos datos relacionados a las interfaces de R3 como el router designado de cada subred.

Con `show ip igmp groups` vemos que la interfaz g1/0 está conectada al grupo cuya dirección IP es 224.0.1.40.

Por último, con `show ip mroute` vemos la tabla de encaminamiento multicast.

```

R4
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
i0961594@su... × R1 × R2 × R3 × R4 × R5 ×
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
2.0.0.1            GigabitEthernet1/0  00:11:39/00:01:25 v2   1 / S
34.0.0.1           FastEthernet0/1    00:11:42/00:01:22 v2   1 / S
4.0.0.2            FastEthernet3/0    00:10:41/00:01:22 v2   1 / DR S
R4#show ip pim interface
Address           Interface       Ver/ Mode   Nbr Count  Query Intvl DR Prior
2.0.0.2            GigabitEthernet1/0 v2/D   1     30    1     2.0.0.2
41.0.0.1           FastEthernet0/0  v2/D   0     30    1     41.0.0.1
34.0.0.2           FastEthernet0/1  v2/D   1     30    1     34.0.0.2
4.0.0.1            FastEthernet3/0  v2/D   1     30    1     4.0.0.2
R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address     Interface          Uptime   Expires   Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet3/0   00:11:07 00:02:58  4.0.0.2
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0 00:12:34 00:02:50  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
(*, 224.0.1.40), 00:12:48/00:02:44, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:11:21/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:12:22/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:12:48/00:00:00
R4#

```

Como podemos ver con la orden *show ip pim neighbor* R4 tiene tres vecinos PIM:

- 2.0.0.1 → accede a R2 mediante g1/0
- 34.0.0.1 → accede a R3 mediante f0/1
- 4.0.0.2 → accede a R5 mediante f3/0

Mediante la orden *show ip pim interface* vemos datos relacionados a las interfaces de R2 como el router designado de cada subred.

Con *show ip igmp groups* vemos que tanto la interfaz f3/0 como g1/0 están conectadas al mismo grupo cuya dirección IP es 224.0.1.40.

Por último, con *show ip mroute* vemos la 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
4.0.0.1            FastEthernet0/0    00:12:16/00:01:19 v2    1 / S
5.0.0.2            GigabitEthernet2/0  00:11:49/00:01:44 v2    1 / DR S
R5#show ip pim interface
Address           Interface          Ver/     Nbr     Query   DR      DR
                  Mode      Count   Intvl   Prior
4.0.0.2            FastEthernet0/0    v2/D    1       30      1      4.0.0.2
5.0.0.1            GigabitEthernet2/0  v2/D    1       30      1      5.0.0.2
R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address     Interface          Uptime     Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet2/0  00:11:59   00:02:06  5.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0     00:13:00   00:02:05  4.0.0.2
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), 00:13:03/00:02:57, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:12:07/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:13:03/00:00:00
R5#

```

Como podemos ver con la orden ‘show ip pim neighbor’ R5 tiene tres vecinos PIM:

- 4.0.0.1 → accede a R4 mediante f0/0
- 5.0.0.2 → accede a R2 mediante g2/0

Mediante la orden ‘show ip pim interface’ vemos datos relacionados a las interfaces de R2 como el router designado de cada subred.

Con ‘show ip igmp groups’ vemos que tanto la interfaz g2/0 como f0/0 están conectadas al mismo grupo cuya dirección IP es 224.0.1.40.

Por último, con ‘show ip mroute’ vemos la 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 generamos tráfico multicast desde el equipo Debian-1 y con la ayuda de la orden `sender` de la siguiente forma:

`sender1`

Con esta orden se genera tráfico multicast cada 5 segundos dirigido al grupo multicast 239.192.0.1 con un ttl de 15 y el puerto 5004 (en UDP puesto que las aplicaciones multicast solo funcionan en este protocolo de transporte).

---

<sup>1</sup> `sender` es una implementación propia puesto que las nuevas versiones de paquete `smcrouter` no implementan el comando `mcsender`.

Analizar lo que sucede capturando tráfico en todos los enlaces y comprobando las tablas de rutas multicast y los suscriptores en todos los routers. Puedes ayudarte activando los mensajes de depuración de IGMP y PIM en el router R1 (el router al que está conectado la fuente). ¿Hasta donde llegan los datagramas emitidos? ¿Quién los recibe?

Orden para generar tráfico desde Debian-1:

```
i0961594@lvdia01: ~
root@Debian-1:~# sender -t15 -ieth0 239.192.0.1:5004
Difundiendo el mensaje Hola Mundo al grupo multicast 239.192.0.1
    nÚmero de puerto 5004
        y saltos 15 cada 5 segundos
Para finalizar la difusión pulsar CTRL-C
Enviando Hola Mundo 1
Enviando Hola Mundo 2
Enviando Hola Mundo 3
Enviando Hola Mundo 4
Enviando Hola Mundo 5
Enviando Hola Mundo 6
Enviando Hola Mundo 7
Enviando Hola Mundo 8
Enviando Hola Mundo 9
Enviando Hola Mundo 10
Enviando Hola Mundo 11
Enviando Hola Mundo 12
Enviando Hola Mundo 13
Enviando Hola Mundo 14
Enviando Hola Mundo 15
Enviando Hola Mundo 16
Enviando Hola Mundo 17
Enviando Hola Mundo 18
Enviando Hola Mundo 19
```

Debian-1 envía un mensaje UDP al grupo multicast 239.192.0.1 que es recibido por la interfaz f0/0 de R1

|      |            |           |             |     |                        |
|------|------------|-----------|-------------|-----|------------------------|
| 1313 | 212.414257 | 11.0.0.10 | 239.192.0.1 | UDP | 60 52279 → 5004 Len=13 |
|------|------------|-----------|-------------|-----|------------------------|

En la tabla de rutas de R1 aparecen dos nuevas entradas, una es la del grupo multicast \*, 239.192.0.1 para recibir por cualquier interfaz y enviarlo por g2/0 o g1/0. La otra entrada es la entrada específica de Debian-1 (11.0.0.10) al grupo multicast mediante f0/0.

Tabla de rutas de R1:

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

(*, 239.192.0.1), 00:00:11/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:11/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:11/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:11/00:02:53, flags: PT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Prune/Dense, 00:00:06/00:02:53
    GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:00:06/00:02:53

(*, 224.0.1.40), 00:29:27/00:02:34, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:28:58/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:28:58/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:29:27/00:00:00

R1#
```

Vemos como R1 procede a la inundación de las interfaces de salida (g1/0 y g2/0) de sus entradas haciendo que el mensaje llegue a R2 y R3.

| *Standard input [R2 GigabitEthernet1/0 to R1 GigabitEthernet1/0] |            |           |             |          |        |            | *Standard input [R1 GigabitEthernet2/0 to R3 GigabitEthernet1/0] |               |           |             |          |        |            |
|--|------------|-----------|-------------|----------|--------|------------|--|---------------|-----------|-------------|----------|--------|------------|
| No.  | Time       | Source    | Destination | Protocol | Length | Info       | No.  | Time          | Source    | Destination | Protocol | Length | Info       |
| 59   | 109.932524 | 11.0.0.10 | 239.192.0.1 | UDP      | 60     | 52279 → 50 | 50   | 56.194.543087 | 11.0.0.10 | 239.192.0.1 | UDP      | 60     | 52279 → 50 |

Observamos como en R2 y R3 aparecen las mismas entradas que previamente hemos comentado en R1 cambiando las interfaces por sus correspondientes.

R2 inundará por g3/0 hacia R4 y g2/0 hacia R5.

R3 inundará por f0/1 hacia R4.

Tabla de rutas de R2:

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

(*, 239.192.0.1), 00:00:22/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:22/00:00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:22/00:00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:22/00:00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:22/00:02:41, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:00:18/00:02:41
    GigabitEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:22/00:02:37

(*, 224.0.1.40), 00:29:39/00:02:21, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:29:10/00:00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:29:10/00:00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:29:39/00:00:00:00
```

R2#

**Tabla de rutas de R3:**

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

(*, 239.192.0.1), 00:00:30/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:30/00:00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:00:30/00:00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:30/00:02:34, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:25/00:02:34, A

(*, 224.0.1.40), 00:29:46/00:02:15, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:29:17/00:00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:29:17/00:00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:29:46/00:00:00:00
```

R3#

Posteriormente R5 recibe el mensaje desde R2 por la interfaz g2/0 e inundara sus interfaces de salida, en este caso, solo f0/0.

Tabla de rutas de R5:

```

from LOADING to FULL, Loading Done
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), 00:00:47/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:47/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:00:47/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:47/00:02:16, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:00:43/00:02:16, A

(*, 224.0.1.40), 00:30:04/00:01:55, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:29:34/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:30:04/00:00:00

```

R5#

R4 recibe el mensaje de R2 por la interfaz g1/0 y lo reenviará por f0/1 y f3/0 tal y como indica su tabla de rutas.

Cuando R4 recibe el mensaje de la inundación de R5 lo hará por la interfaz f3/0 la cual en su tabla de rutas es una interfaz de salida y no de entrada por lo que se detecta el mensaje duplicado y comienza el proceso Assert.

Tabla de rutas de R4:

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

(*, 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:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:00:36/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:36/00:02:27, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:36/00:02:23
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:36/00:02:23

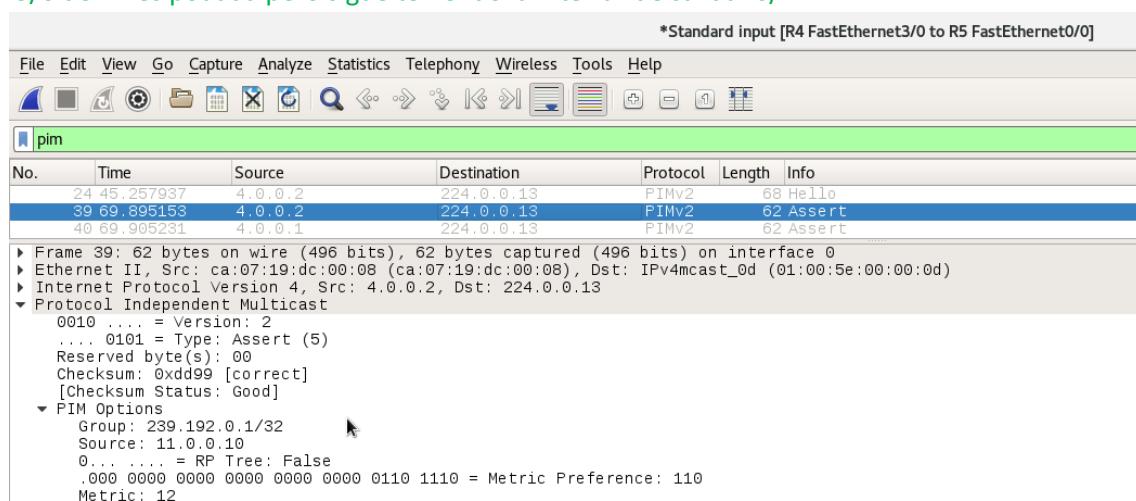
(*, 224.0.1.40), 00:29:53/00:02:07, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:29:24/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:29:24/00:00:00
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:29:24/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:51:55/00:00:00

R4#
```

Cuando R5 recibe el mensaje de la inundación de R4 lo hará por la interfaz f0/0 la cual en su tabla de rutas es una interfaz de salida y no de entrada por lo que se detecta el mensaje duplicado y comienza el proceso Assert.

Tanto R4 como R5 envían un mensaje de tipo Assert mediante el protocolo PIMv2, ambos con la misma métrica → 12.

Debido al empate, gana el router con mayor IP, en nuestro caso este es R5 por lo que la interfaz f3/0 de R4 es podada pero sigue teniendo la interfaz de salida f0/1.



Después, se produce otro assert que conlleva al vaciado de la única interfaz de salida de la tabla de rutas de R5 por lo que R5 envía un prune a R2:

| R2-R5.pcapng |           |         |             |          |        |            |  |
|--------------|-----------|---------|-------------|----------|--------|------------|--|
| No.          | Time      | Source  | Destination | Protocol | Length | Info       |  |
| 46           | 84.139296 | 5.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Join/Prune |  |

Entre R3 y R4 también se tendrá que llevar a cabo el mecanismo Assert.

| R3-R4.pcapng |           |          |             |          |        |        |  |
|--------------|-----------|----------|-------------|----------|--------|--------|--|
| No.          | Time      | Source   | Destination | Protocol | Length | Info   |  |
| 5            | 7.685236  | 34.0.0.2 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 8            | 10.667887 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 22           | 37.579573 | 34.0.0.2 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 25           | 40.519914 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 36           | 66.761170 | 34.0.0.2 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 38           | 70.064770 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Hello  |  |
| 54           | 94.776288 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 62     | Assert |  |

Frame 54: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0  
 ▶ Ethernet II, Src: ca:05:09:6c:00:06 (ca:05:09:6c:00:06), Dst: IPv4mcast\_0d (01:00:5e:00:00:0d)  
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 34.0.0.1, Dst: 224.0.0.13  
 ▶ Protocol Independent Multicast  
   0010 . . . = Version: 2  
   .... 0101 = Type: Assert (5)  
 Reserved byte(s): 00  
 Checksum: 0x8a70 [correct]  
 [Checksum Status: Good]  
 ▶ PIM Options  
   Group: 239.192.0.1/32  
   Source: 11.0.0.10  
   0... . . . = RP Tree: False  
   .000 0000 0000 0000 0000 0110 1110 = Metric Preference: 110  
 Metric: 11

Gana R3 por lo que R4 se queda sin interfaces de salida y envía un mensaje de poda a R2:

| R2-R4.pcap |           |         |             |          |        |            |  |
|------------|-----------|---------|-------------|----------|--------|------------|--|
| No.        | Time      | Source  | Destination | Protocol | Length | Info       |  |
| 50         | 89.407091 | 2.0.0.2 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Join/Prune |  |

Posteriormente, los otros routers comienzan a quedarse sin oifs y a enviar mensajes de poda:

| R1-R3.pcapng |            |         |             |          |        |            |  |
|--------------|------------|---------|-------------|----------|--------|------------|--|
| No.          | Time       | Source  | Destination | Protocol | Length | Info       |  |
| 60           | 109.075635 | 3.0.0.1 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Join/Prune |  |

| R1-R2.pcapng |            |         |             |          |        |            |  |
|--------------|------------|---------|-------------|----------|--------|------------|--|
| No.          | Time       | Source  | Destination | Protocol | Length | Info       |  |
| 63           | 114.454744 | 1.0.0.2 | 224.0.0.13  | PIMv2    | 68     | Join/Prune |  |

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

Cuando termina la emisión los routers mantienen las entradas respectivas al grupo multicast 239.192.0.1. Como se puede observar en la entrada (11.0.0.10, 239.192.0.1) cuando pasen 3 minutos se eliminarán del router correspondiente.

## 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 `mcfirst` ejecutaremos una aplicación multicast que se suscribirá a un determinado grupo multicast. Ejecutaremos en Debian-2 la orden:

```
mcffirst -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 subscriptores en todos los routers. También se puede activar el modo depuración de los protocolos PIM e IGMP. Activaremos el modo depuración en R4 que es el router al que está conectado el suscriptor.

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

Ejecutamos la orden mencionada previamente para que Debian-2 se intente suscribir a la dirección 239.192.0.1.

```

Debian-2
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
R2 × R3 × R4 × R5 × Debian-2 ×
Trying 127.0.0.1...
Connected to 127.0.0.1.
Escape character is '^]'.

Debian GNU/Linux 10 Debian-2 ttyS0

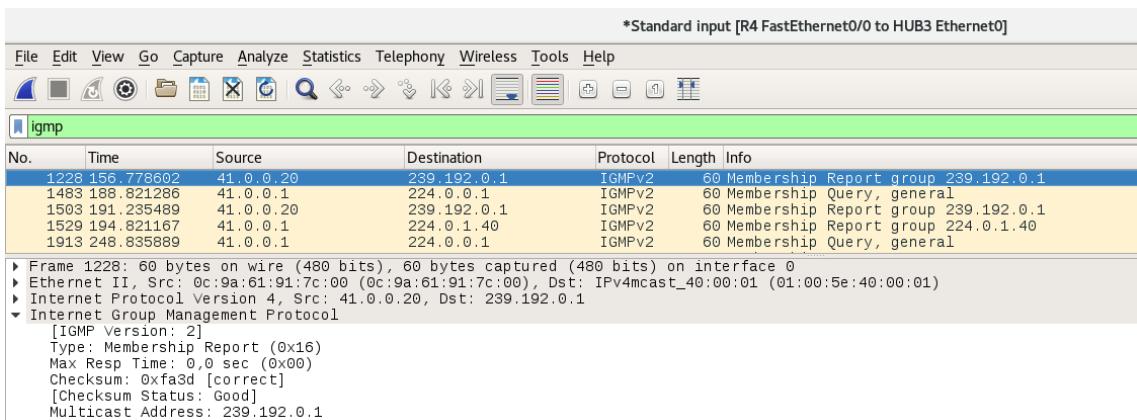
Debian-2 login: root
Contraseña:
Último inicio de sesión: dom may 1 08:12:20 CEST 2022 en ttyS0
Linux Debian-2 4.19.0-18-amd64 #1 SMP Debian 4.19.208-1 (2021-09-29) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/*copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
root@Debian-2:~# mcffirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004
mcffirst joined (*,G) = (*,239.192.0.1)

```

Debian-2 envía a R4 un Membership Report con destino a la dirección multicast.



R4 al recibir dicho mensaje actualiza su tabla de rutas y se agrega el grupo 239.192.0.1 por la interfaz f0/0, es decir, por la que se comunica con Debian-2.

```
R4
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
I0961594... × Debian-1 × R2 × R3 × R4 × R5 × Debian-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), 00:00:14/00:02:45, RP 0.0.0.0, flags: DC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:00:14/00:00:00
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:00:14/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:00:14/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:00:14/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 01:05:35/00:02:26, RP 0.0.0.0, flags: DCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 01:05:06/00:00:00
  FastEthernet3/0, Forward/Dense, 01:05:34/00:00:00
  FastEthernet0/1, Forward/Dense, 01:05:34/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:05:35/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter  Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0    00:00:18  00:02:42  41.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    01:05:37  00:02:18  4.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    01:05:39  00:02:23  41.0.0.1
R4#
```

En el resto de routers no se produce ninguna actualización ni en la tabla de rutas ni tampoco en los grupos. Por lo que el nuevo suscriptor solo aparece en R4.

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.

Tras interrumpir la aplicación, Debian-2 envía un mensaje de tipo Leave Group indicando la dirección del grupo que quiere abandonar (239.192.0.1).

| *Standard input [R4 FastEthernet0/0 to HUB3 Ethernet0]   |            |           |             |          |        |                                     |
|--|------------|-----------|-------------|----------|--------|-------------------------------------|
| File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help                       |            |           |             |          |        |                                     |
| igmp   |            |           |             |          |        |                                     |
| No.  | Time       | Source    | Destination | Protocol | Length | Info                                |
| 1914   | 249.311696 | 41.0.0.20 | 239.192.0.1 | IGMPV2   | 60     | Membership Report group 239.192.0.1 |
| 1958   | 255.817331 | 41.0.0.1  | 224.0.1.40  | IGMPV2   | 60     | Membership Report group 224.0.1.40  |
| 2097   | 274.345786 | 41.0.0.20 | 224.0.0.2   | IGMPV2   | 60     | Leave Group 239.192.0.1             |
| ▶ Frame 2097: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0           |            |           |             |          |        |                                     |
| ▶ Ethernet II, Src: 0c:9a:61:91:7c:00 (0c:9a:61:91:7c:00), Dst: IPv4mcast_02 (01:00:5e:00:00:02) |            |           |             |          |        |                                     |
| ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 41.0.0.20, Dst: 224.0.0.2                                    |            |           |             |          |        |                                     |
| ▶ 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   |            |           |             |          |        |                                     |

R4 tras recibir la petición de Debian-2 comprueba con un mensaje Membership Query si quedan suscriptores en el grupo de la dirección 239.192.0.1, como no es así no recibe respuesta y se acaba eliminando el grupo.

| *Standard input [R4 FastEthernet0/0 to HUB3 Ethernet0]   |            |           |             |          |        |  |
|--|------------|-----------|-------------|----------|--------|--|
| File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help                             |            |           |             |          |        |  |
| igmp   |            |           |             |          |        |  |
| No.  | Time       | Source    | Destination | Protocol | Length | Info   |
| 2097   | 274.345786 | 41.0.0.20 | 224.0.0.2   | IGMPV2   | 60     | Leave Group 239.192.0.1                          |
| 2098   | 274.355110 | 41.0.0.1  | 239.192.0.1 | IGMPV2   | 60     | Membership Query, specific for group 239.192.0.1 |
| 2105   | 275.354502 | 41.0.0.1  | 239.192.0.1 | IGMPV2   | 60     | Membership Query, specific for group 239.192.0.1 |
| ▶ Frame 2098: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0                 |            |           |             |          |        |  |
| ▶ Ethernet II, Src: ca:06:2c:7c:00:08 (ca:06:2c:7c:00:08), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01) |            |           |             |          |        |  |
| ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 41.0.0.1, Dst: 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   |            |           |             |          |        |  |

| R4   |        |          |          |          |       |                         |
|--|--------|----------|----------|----------|-------|-------------------------|
| Archivo  | Editar | Ver      | Terminal | Pestañas | Ayuda |                         |
| i0961594...  | X      | Debian-1 | X        | R2       | X     | R3 X R4 X R5 X Debian-2 |
| <pre>R4#show ip mroute IP Multicast Routing Table Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,        L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,        T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,        X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,        U - URD, I - Received Source Specific Host Report,        Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,        Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group  Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner Timers: Uptime/Expires Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode  (*, 224.0.1.40), 01:24:01/00:02:55, RP 0.0.0.0, flags: DCL Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0 Outgoing interface list:     GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 01:23:32/00:00:00     FastEthernet3/0, Forward/Dense, 01:24:00/00:00:00     FastEthernet0/1, Forward/Dense, 01:24:00/00:00:00     FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:24:01/00:00:00  R4#show ip igmp groups IGMP Connected Group Membership Group Address      Interface          Uptime      Expires     Last Reporter   Group Accounted 224.0.1.40        FastEthernet3/0    01:24:03    00:02:52    4.0.0.2 224.0.1.40        FastEthernet0/0    01:24:05    00:02:49    41.0.0.1 R4#</pre> |        |          |          |          |       |                         |

## 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).

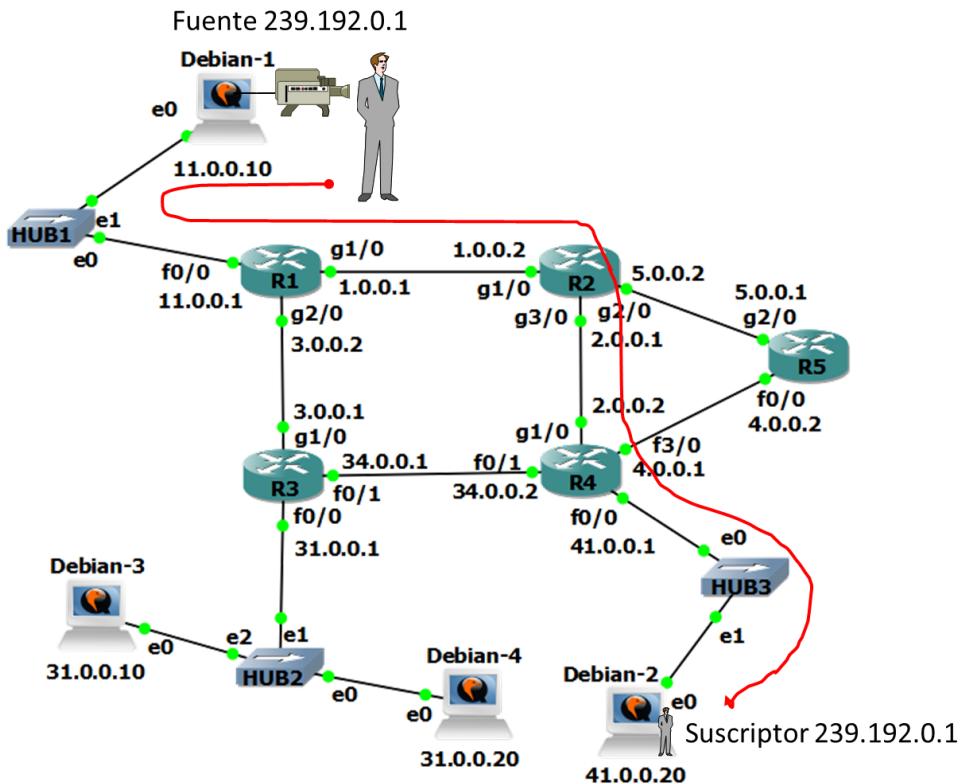


Figura 2: Un suscriptor y una fuente.

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 1.6. Incluye las órdenes.

Desde Debian-2:

```
mcfirst -4 -l eth0 -t600 239.192.0.1 5004
```

Desde Debian-1:

```
sender -t15 -i eth0 239.192.0.1:5004
```

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

Para consultar las tablas de rutas hacemos uso de `show ip mroute` que nos muestra las tablas de encaminamiento de los distintos grupos multicast siendo una tupla (subred de origen, grupo multicast) y mostrando para esa tupla las interfaces por las que se va a recibir y por las que se van a reenviar.

Mientras para ver los suscriptores se utiliza `show ip igmp groups` que muestra el grupo, la interfaz, el tiempo activo y el que le queda para expirarse y por último la IP por la que sea a obtenido la última actualización de ese grupo multicast

R1:

```
(*, 239.192.0.1), 00:01:36/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:01:36/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:01:36/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:01:36/00:02:54, flags: T
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:01:36/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:01:31/00:01:27

(*, 224.0.1.40), 00:06:16/00:02:45, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:47/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:05:47/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:06:16/00:00:00
```

R1#

```
R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires   Last Reporter   Group A
ccounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0    00:05:59  00:02:59  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0     00:07:04  00:02:51  11.0.0.1
R1#
```

R2:

```
(*, 239.192.0.1), 00:02:52/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:02:52/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:02:52/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:02:52/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:02:52/00:02:58, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Prune/Dense, 00:02:48/00:00:11
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:02:52/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:07:32/00:02:30, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:07:02/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:03/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:07:32/00:00:00
```

R2#

| IGMP Connected Group Membership |                    |          |          |               |         |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------|---------------|---------|
| Group Address                   | Interface          | Uptime   | Expires  | Last Reporter | Group A |
| 224.0.1.40                      | GigabitEthernet1/0 | 00:07:59 | 00:02:58 | 1.0.0.2       |         |

R3:

```
(*, 239.192.0.1), 00:03:36/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:36/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:03:36/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:36/00:02:26, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:03:32/00:02:26, A

(*, 224.0.1.40), 00:08:17/00:02:39, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:07:47/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:07:47/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:17/00:00:00
```

R3#

```
R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter  Group A
ccounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:08:37  00:02:19  31.0.0.1
R3#
```

R4:

```
(*, 239.192.0.1), 00:04:48/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:04:48/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:04:48/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:04:48/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:48/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:15/00:02:55, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:04:15/00:00:00
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:01:15/00:01:44
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:01:15/00:01:44

(*, 224.0.1.40), 00:08:55/00:02:05, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:25/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:26/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:08:27/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:08:57/00:00:00
```

R4#

```
R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter  Group A
ccounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0    00:05:20  00:02:33  41.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:08:32  00:02:37  4.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:09:27  00:02:31  41.0.0.1
R4#
```

R5:

```
(*, 239.192.0.1), 00:05:02/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:02/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:02/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:05:02/00:01:00, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:04:57/00:01:00, A

(*, 224.0.1.40), 00:09:41/00:02:23, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:09:12/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:41/00:00:00
```

R5#

| IGMP Connected Group Membership |                 |          |          |               |         |
|---------------------------------|-----------------|----------|----------|---------------|---------|
| Group Address                   | Interface       | Uptime   | Expires  | Last Reporter | Group A |
| 224.0.1.40                      | FastEthernet0/0 | 00:10:13 | 00:02:50 | 4.0.0.2       |         |

Debian-1 envía mensajes UDP a la dirección multicast 239.192.0.1 llegando al router R1 por su interfaz FastEthernet0/0. Este inunda por sus otras dos interfaces de salida, por lo que lo recibirán R2 y R3.

R3 recibe estos mensajes por la interfaz por la que alcanza a la fuente, por lo que inunda por su otra interfaz, es decir, FastEthernet0/1, llegando al router R4. Pero no inunda por la interfaz F0/0 debido a que no hay ningún suscriptor del grupo multicast por esa interfaz.

R2 por su parte, realiza el mismo procedimiento, lo recibe por la interfaz por la que alcanza la fuente e inunda por sus dos interfaces, llegando a R4 y R5.

R5 recibe los mensajes de R2 por la interfaz que alcanza la fuente, por lo tanto, inunda llegando a R3 y R5. Como al router R3 le llegan por donde tiene como interfaz de salida de ese grupo multicast, manda un mensaje Assert a R5 y del mismo modo R5, se lo manda a R3 para comparar la tupla. Como R3 tiene menos métrica hacia la fuente (11 frente a la métrica 12 de R5), gana el Assert por lo que R5 marcará como podada su interfaz FastEthernet0/1. Podemos ver estos mensajes Assert en esta captura de tráfico:

|  |            |          |            |       |           |
|--|------------|----------|------------|-------|-----------|
| 71   | 131.780759 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 62 Assert |
| > Frame 71: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface -, id 0       |            |          |            |       |           |
| > Ethernet II, Src: ca:05:09:6c:00:06 (ca:05:09:6c:00:06), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d) |            |          |            |       |           |
| > Internet Protocol Version 4, Src: 34.0.0.1, Dst: 224.0.0.13                                    |            |          |            |       |           |
| < Protocol Independent Multicast   |            |          |            |       |           |
| 0010 .... = Version: 2   |            |          |            |       |           |
| .... 0101 = Type: Assert (5)   |            |          |            |       |           |
| Reserved byte(s): 00   |            |          |            |       |           |
| Checksum: 0x1f65 [correct]   |            |          |            |       |           |
| [Checksum Status: Good]  |            |          |            |       |           |
| < PIM Options  |            |          |            |       |           |
| < Group: 239.192.0.1/32  |            |          |            |       |           |
| Address Family: IPv4 (1)   |            |          |            |       |           |
| Encoding Type: Native (0)  |            |          |            |       |           |
| > Flags: 0x00  |            |          |            |       |           |
| Masklen: 32  |            |          |            |       |           |
| Group: 239.192.0.1   |            |          |            |       |           |
| > Source: 11.0.0.10  |            |          |            |       |           |
| 0.... .... = RP Tree: False  |            |          |            |       |           |
| .000 0000 0000 0000 0000 0110 1110 = Metric Preference: 110                                      |            |          |            |       |           |
| Metric: 11   |            |          |            |       |           |

R3 inundará los mensajes UDP multicast hasta que envíe un mensaje Membership Query preguntando si alguien está suscrito a algún multicast. Al no obtener respuesta, envía un mensaje de poda hacia R1.

|  |            |         |            |       |               |
|--|------------|---------|------------|-------|---------------|
| 68   | 120.558249 | 3.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 68 Join/Prune |
| > Frame 68: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface -, id 0       |            |         |            |       |               |
| > Ethernet II, Src: ca:05:09:6c:00:1c (ca:05:09:6c:00:1c), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d) |            |         |            |       |               |
| > Internet Protocol Version 4, Src: 3.0.0.1, Dst: 224.0.0.13                                     |            |         |            |       |               |
| < Protocol Independent Multicast   |            |         |            |       |               |
| 0010 .... = Version: 2   |            |         |            |       |               |
| .... 0011 = Type: Join/Prune (3)   |            |         |            |       |               |
| Reserved byte(s): 00   |            |         |            |       |               |
| Checksum: 0xdbe1d [correct]  |            |         |            |       |               |
| [Checksum Status: Good]  |            |         |            |       |               |
| < PIM Options  |            |         |            |       |               |
| > Upstream-neighbor: 3.0.0.2   |            |         |            |       |               |
| Reserved byte(s): 00   |            |         |            |       |               |
| Num Groups: 1  |            |         |            |       |               |
| Holdtime: 210  |            |         |            |       |               |
| < Group 0  |            |         |            |       |               |
| > Group 0: 239.192.0.1/32  |            |         |            |       |               |
| Num Joins: 0   |            |         |            |       |               |
| < Num Prunes: 1  |            |         |            |       |               |
| > IP address: 11.0.0.10/32   |            |         |            |       |               |

R2 recibe los mensajes de R1 por la interfaz por la que alcanza la fuente, por lo que inunda hacia R4 y R5 por sus interfaces GigabitEthernet3/0 y GigabitEthernet2/0 respectivamente. R4 los recibe por la interfaz por la que alcanza la fuente por lo que inunda por las 3 interfaces. En el apartado 1.6 no enviaba por la interfaz FastEthernet0/0 porque no tenía ningún suscriptor por ella.

Con esto, Debian-2 comienza a recibir la difusión. Se produce un mecanismo Assert entre R4 y R3, ganándose R3 por lo que R4 poda su interfaz FastEthernet0/1. R3 enviará tráfico hasta que envíe un Query y no obtenga respuesta, momento en el que enviará la correspondiente poda hacia R1.

|    |            |          |            |       |           |
|----|------------|----------|------------|-------|-----------|
| 71 | 131.780759 | 34.0.0.1 | 224.0.0.13 | PIMv2 | 62 Assert |
|----|------------|----------|------------|-------|-----------|

```

> Frame 71: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface -, 
> Ethernet II, Src: ca:05:09:6c:00:06 (ca:05:09:6c:00:06), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
> Internet Protocol Version 4, Src: 34.0.0.1, Dst: 224.0.0.13
▼ Protocol Independent Multicast
  0010 .... = Version: 2
  .... 0101 = Type: Assert (5)
  Reserved byte(s): 00
  Checksum: 0x1f65 [correct]
  [Checksum Status: Good]
  ▼ PIM Options
    > Group: 239.192.0.1/32
    > Source: 11.0.0.10
    0... .... = RP Tree: False
    .000 0000 0000 0000 0000 0110 1110 = Metric Preference: 110
    Metric: 11

```

R5 también recibe tráfico por parte de R2, y como esta por la interfaz por la que alcanza a la fuente inunda por FastEthernet0/0 produciéndose nuevamente el mecanismo Assert. En este caso, como la tupla es idéntica, el desempate se produce eligiendo el router que tenga la mayor IP, que en este caso es R5. R5 enviará un mensaje de poda hacia R4.

Una vez finalizado todo este proceso, observamos como los paquetes multicast enviados por Debian-1 siguen el camino R1->R2->R4->Debian-2, por lo que, por estos enlaces no se cortará el tráfico multicast, siendo este el árbol de expansión. Esto también es observable en las tablas de rutas, en las que vemos que todas las interfaces están podadas menos las necesarias para que los paquetes siguen la ruta escrita.

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.

## R1:

```
(*, 239.192.0.1), 00:06:17/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:06:17/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:17/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:06:17/00:02:52, flags: T
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:17/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:13/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:10:58/00:02:57, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:10:28/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:10:28/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:10:58/00:00:00

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    00:09:57  00:02:53  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0      00:11:02  00:02:52  11.0.0.1
R1#
```

## R2:

```
(*, 239.192.0.1), 00:06:59/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:06:59/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:06:59/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:06:59/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:06:59/00:02:11, 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, Prune/Dense, 00:00:54/00:02:05

(*, 224.0.1.40), 00:11:39/00:02:15, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:11:09/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:11:10/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:11:39/00:00:00

R2#
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires  Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0    00:11:43  00:02:11  1.0.0.2
R2#
```

R3:

```
(*, 239.192.0.1), 00:07:16/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:07:16/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:07:16/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:07:16/00:01:46, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:07:12/00:01:46, A

(*, 224.0.1.40), 00:11:57/00:02:57, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:11:27/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:11:27/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:11:57/00:00:00

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:11:58  00:02:56  31.0.0.1
R3#
```

R4:

```
(*, 239.192.0.1), 00:08:01/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:08:01/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:07:29/00:01:32, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:01:28/00:01:31
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:01:28/00:01:31

(*, 224.0.1.40), 00:12:08/00:02:53, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:11:39/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:11:39/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:11:39/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:12:09/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet3/0    00:11:28  00:02:37  4.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:12:23  00:02:38  41.0.0.1
R4#
```

R5:

```
(*, 239.192.0.1), 00:07:58/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:07:58/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:07:58/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:07:58/00:01:05, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:07:53/00:01:05, A

(*, 224.0.1.40), 00:12:37/00:02:22, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:12:08/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:12:37/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:12:39  00:02:20  4.0.0.2
R5#
```

Al parar la suscripción en Debian-2, este envía un mensaje Leave Group comunicando que quiere abandonar el grupo multicast. R4 envía mensajes Membership Query specific for group 239.192.0.1 y como nadie le responde lo elimina de la tabla de suscriptores y marca la interfaz como podada.

Al quedarse sin interfaces de salida para este grupo multicast, manda un mensaje de poda hacia el router por el que alcanza la fuente (R2).

R2 a su vez se queda sin interfaces de salida, por lo que manda la poda hacia R1.

## 1.9. Una fuente y dos subscriptores

En este apartado analizaremos cómo se modifica el árbol de distribución al añadir dos nuevos subscriptores 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 subscriptores obtenidas en el apartado anterior. Arranca el analizador de tráfico y añade dos nuevos subscriptores en Debian-3 y Debian-4. Incluye las órdenes.

Desde Debian-3:

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

Desde Debian-4:

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

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

R1:

```
(*, 239.192.0.1), 00:03:14/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:03:14/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:14/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:03:14/00:02:51, flags: T
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:03:08/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:32/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:17:49/00:02:10, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:17:20/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:17:20/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:17:49/00:00:00

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    00:17:05  00:02:56  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0     00:18:00  00:01:59  11.0.0.1
R1#
```

## R2:

```
(*, 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, 00:04:00/00:00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:04:00/00:00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:04:00/00:02:55, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:00:55/00:00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:03:54/00:00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:18:35/00:02:21, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:18:06/00:00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:18:06/00:00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:18:35/00:00:00:00

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0  00:18:42   00:02:14  1.0.0.2
R2#
```

## R3:

```
(*, 239.192.0.1), 00:05:00/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:02:18/00:00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:05:00/00:00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:05:00/00:00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:05:00/00:02:55, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:02:18/00:00:00:00
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:04:55/00:01:03, A

(*, 224.0.1.40), 00:19:35/00:02:25, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:19:05/00:00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:19:06/00:00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:19:35/00:00:00:00

R3#show ip igmp route
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires   Last Reporter   Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0   00:02:28   00:02:09  31.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet0/0   00:19:45   00:02:15  31.0.0.1
R3#
```

## R4:

```
(*, 239.192.0.1), 00:05:27/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:21/00:00:00
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:05:27/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:05:27/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:05:27/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:05:27/00:02:57, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.1.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:21/00:00:00
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:02:26/00:00:32
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:02:26/00:00:32

(*, 224.0.1.40), 00:20:03/00:02:53, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:19:33/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:19:34/00:00:00
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:19:35/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:20:04/00:00:00

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires     Last Reporter   Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0    00:05:30    00:02:42    41.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0    00:19:12    00:02:50    4.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:20:12    00:02:44    41.0.0.1
R4#
```

## R5:

```
(*, 239.192.0.1), 00:05:56/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:56/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:05:56/00:00:00
    11.0.0.10, 239.192.0.1, 00:05:56/00:00:06, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:05:52/00:00:06, A

(*, 224.0.1.40), 00:20:32/00:02:30, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:20:03/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:20:32/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires     Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40         FastEthernet0/0    00:20:44    00:02:19    4.0.0.2
R5#
```

Partiendo del árbol de expansión del apartado anterior, añadimos los nuevos suscriptores. Estos enviarán los mensajes Membership Report al grupo multicast 239.192.0.1 llegando a R3, por lo que R3 añade que tiene suscriptores de ese grupo multicast a través de su interfaz FastEthernet0/0 como podemos ver en la captura:

|  |           |             |        |  |
|--|-----------|-------------|--------|--|
| 493 44.870914  | 31.0.0.20 | 239.192.0.1 | IGMPv2 | 60 Membership Report group 239.192.0.1 |
| 549 49.624042  | 31.0.0.10 | 239.192.0.1 | IGMPv2 | 60 Membership Report group 239.192.0.1 |
| > Frame 622: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0            |           |             |        |  |
| > Ethernet II, Src: 0c:9a:61:de:01:00 (0c:9a:61:de:01:00), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01) |           |             |        |  |
| > Internet Protocol Version 4, Src: 31.0.0.10, Dst: 239.192.0.1  |           |             |        |  |
| `- 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   |           |             |        |  |

En la captura se observa tanto como Debian-3 como Debian-4 envían el mensaje del protocolo IGMP de Membership Report Group hacia el grupo dado que en este caso es 239.192.0.1.

Como anteriormente R3, había comunicado que no estaba interesado en recibir mensajes del emisor ya que no tenía ningún receptor ( o ninguna interfaz de salida). En el momento de añadir los dos nuevos suscriptores al grupo multicast tiene que volver al árbol de expansión, para ello hace uso de los mensajes del protocolo PIM Graft que envía hacia R1, esto hace que en las tablas de rutas de R1 la entrada cambie el estado de Prune a Forward. Esto se puede ver si lanzamos el analizador de red entre R3 y R1:

| 28   | 46.405276 | 3.0.0.1 | 3.0.0.2 | PIMv2 | 76 Graft |
|--|-----------|---------|---------|-------|----------|
| > Frame 28: 76 bytes on wire (608 bits), 76 bytes captured (608 bits) on interface -<br>> Ethernet II, Src: ca:05:09:6c:00:1c (ca:05:09:6c:00:1c), Dst: ca:02:32:80:00:38 (ca:02:32:80:00:38)<br>> Internet Protocol Version 4, Src: 3.0.0.1, Dst: 3.0.0.2<br>▼ Protocol Independent Multicast<br>0010 .... = Version: 2<br>.... 0110 = Type: Graft (6)<br>Reserved byte(s): 00<br>Checksum: 0xbff43 [correct]<br>[Checksum Status: Good]<br>▼ PIM Options<br>▼ Upstream-neighbor: 3.0.0.2<br>Address Family: IPv4 (1)<br>Encoding Type: Native (0)<br>Unicast: 3.0.0.2<br>Reserved byte(s): 00<br>Num Groups: 1<br>Holdtime: 210<br>▼ Group 0<br>> Group 0: 239.192.0.1/32<br>▼ Num Joins: 1<br>> IP address: 11.0.0.10/32<br>Num Prunes: 0 |           |         |         |       |          |

| 29  | 46.415283 | 3.0.0.2 | 3.0.0.1 | PIMv2 | 80 Graft-Ack |
|---|-----------|---------|---------|-------|--------------|
| > Frame 29: 80 bytes on wire (640 bits), 80 bytes captured (640 bits) on interface -, id 0x0000000000000000<br>> Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:38 (ca:02:32:80:00:38), Dst: ca:05:09:6c:00:1c (ca:05:09:6c:00:1c)<br>> Internet Protocol Version 4, Src: 3.0.0.2, Dst: 3.0.0.1<br>▼ Protocol Independent Multicast<br>0010 .... = Version: 2<br>.... 0111 = Type: Graft-Ack (7)<br>Reserved byte(s): 00<br>Checksum: 0xa244 [correct]<br>[Checksum Status: Good]<br>▼ PIM Options<br>> Upstream-neighbor: 3.0.0.1<br>Reserved byte(s): 00<br>Num Groups: 1<br>Holdtime: 210<br>▼ Group 0<br>> Group 0: 239.192.0.1/32<br>▼ Num Joins: 1<br>> IP address: 11.0.0.10/32<br>Num Prunes: 0 |           |         |         |       |              |

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.

R1:

```
(*, 239.192.0.1), 00:08:13/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:08:13/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:13/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:08:13/00:02:52, flags: T
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:06/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:31/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:22:48/00:02:15, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:22:18/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:22:19/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:22:48/00:00:00

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    00:21:56  00:02:12  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0      00:22:51  00:02:04  11.0.0.1
R1#
```

R2:

```
(*, 239.192.0.1), 00:08:29/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:29/00:00:00
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:08:29/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:08:29/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:08:29/00:02:55, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:05:25/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:08:23/00:00:00

(*, 224.0.1.40), 00:23:05/00:02:56, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:22:36/00:00:00
    GigabitEthernet3/0, Forward/Dense, 00:22:36/00:00:00

R2#
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0    00:23:08  00:02:53  1.0.0.2
R2#
```

## R3:

```
(*, 239.192.0.1), 00:09:04/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:06:22/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:09:04/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:09:04/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:09:04/00:02:59, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:06:22/00:00:00
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:08:59/00:02:59, A

(*, 224.0.1.40), 00:23:39/00:02:24, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:23:10/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:23:10/00:00:00

R3#
R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0     00:06:28  00:02:13  31.0.0.10
224.0.1.40         FastEthernet0/0     00:23:45  00:02:18  31.0.0.1
R3#
```

## R4:

```
(*, 239.192.0.1), 00:09:24/stopped, RP 0.0.0.0, flags: DC
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:18/00:00:00
    FastEthernet3/0, Forward/Dense, 00:09:24/00:00:00
    GigabitEthernet1/0, Forward/Dense, 00:09:24/00:00:00
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:09:24/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:09:24/00:02:50, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:18/00:00:00
    FastEthernet0/1, Prune/Dense, 00:00:23/00:02:36
    FastEthernet3/0, Prune/Dense, 00:00:23/00:02:36

(*, 224.0.1.40), 00:24:00/00:02:59, RP 0.0.0.10, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/1, Forward/Dense, 00:23:30/00:00:00

R4#
R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
239.192.0.1        FastEthernet0/0     00:09:21  00:02:52  41.0.0.20
224.0.1.40         FastEthernet3/0     00:23:03  00:02:00  4.0.0.2
224.0.1.40         FastEthernet0/0     00:24:03  00:02:56  41.0.0.1
R4#
```

R5:

```
(*, 239.192.0.1), 00:09:42/stopped, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:09:42/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:09:42/00:00:00

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:09:42/00:02:21, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:09:37/00:02:21, A
      []
(*, 224.0.1.40), 00:24:17/00:02:49, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Dense, 00:23:48/00:00:00
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:24:17/00:00:00

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime      Expires  Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:24:19   00:02:47  4.0.0.2
R5#
```

Debian-4 abandona el grupo multicast para ello envía un mensaje Leave Group a la dirección 239.192.0.1.

R3 lo recibe y envía al grupo el mensaje de Membership Query preguntando que si todavía quedan suscriptores de ese grupo multicast (que en este caso sí, si no quedan tendría que mandar un mensaje de Prune para notificar que no le envían más tramas de ese grupo).

Por lo que en las tablas de rutas R3, no borra de ella la entrada porque todavía queda suscrito al grupo multicast Debian-3.

## 2. Órdenes IOS

| Encaminamiento multicast     |  |
|------------------------------|--|
| <b>ip multicast-routing</b>  | Habilita el encaminamiento multicast             |
| <b>ip pim dense-mode</b>     | Activa PIM-DM en la interfaz seleccionada        |
| <b>show ip pim neighbor</b>  | Muestra los vecinos que tienen activo PIM        |
| <b>show ip pim interface</b> | Muestra las interfaces que tienen activo PIM     |
| <b>show ip igmp groups</b>   | Muestra los suscriptores en cada interfaz        |
| <b>show ip mroute</b>        | Consulta la tabla de encaminamiento multicast    |
| <b>debug ip igmp</b>         | Activa el modo depuración para el protocolo IGMP |
| <b>debug ip pim</b>          | Activa el modo depuración para el protocolo ICMP |