

Práctica 3: Multicast con PIM

1- Objetivos

Análisis de enrutamiento multicast mediante routers Cisco, utilizando PIM (Protocol Independent Multicast), en modo denso (PIM-DM, dense mode) y modo disperso (PIM-SM, sparse mode).

2- Material necesario

- 4 PCs.
- 3 cables cruzados UTP cortos.
- 1 cable recto UTP largo.
- 1 hub.
- 2 Routers, Cisco 1700 y 1721.

3- Conocimientos previos recomendados

- Acceso por consola a un router Cisco.
- Configuración IP en PCs con Linux.
- Multicast.

4- Avisos generales

En los ordenadores dispuestos para la realización de estas prácticas (PC A, B y C) se ha creado una cuenta de nombre `rba` y password `telemat`. Esta cuenta tiene permisos para ejecutar mediante el comando `sudo` ciertos comandos restringidos normalmente al superusuario. Igualmente se le han otorgado permisos para modificar el contenido de ciertos ficheros del sistema necesarios para la realización de la práctica. Para más detalle diríjase a la documentación sobre los armarios.

Si quieren conservar cualquier fichero entre sesiones guárdenlo en un disquete o pendrive, dado que no se asegura que los ficheros creados o modificados durante una sesión de prácticas se mantengan para la siguiente.

Disponen de todos los privilegios en los routers Cisco, es decir, como si fueran el superusuario de un sistema UNIX. En general no tengan miedo de explorar los comandos disponibles en el Cisco IOS, sin embargo, tengan cuidado de no realizar cambios que lo inutilicen. Tengan cuidado con comandos que borren ficheros o sistemas de ficheros. También tengan especial cuidado cuando copien ficheros en la flash dado que puede haber un momento en que el router les pregunte si antes de copiar el fichero desean borrar la flash. **Nunca le digan que sí a que borre la flash** dado que en ella se encuentra el sistema operativo. Si por error proceden a borrar la flash no reinicien ni apaguen el router y avisen al profesor de prácticas.

Al empezar a trabajar con un router tengan cuidado con la configuración que pueda tener grabada y eliminen lo que no necesiten. Antes de abandonar el laboratorio borren de la configuración del arranque

sus modificaciones. Para evitar problemas con configuraciones de los routers en sesiones anteriores de prácticas lo primero que deben hacer cuando enciendan el router es borrar el fichero de configuración que carga en el arranque, es decir, en modo privilegiado (Router>enable):

Router# erase startup-config

Una vez hecho ésto reinicien el router (comando reload). Al terminar de arrancar y no encontrar el fichero de configuración el sistema ejecuta un script (setup) para realizar una primera configuración del router. Salgan del script indicando que **no** quieren configurar nada.

Con eso ya tendrán una configuración en curso limpia (running-config). Guárdenla como el nuevo fichero de configuración de arranque:

Router# copy running-config startup-config

Recuerden: **Nunca le digan que sí a que borre la flash** dado que en ella se encuentra el sistema operativo.

5- Configuración manual de IP sobre el interfaz Ethernet en los hosts

Ahora configuraremos en cada PC la dirección IP y su router por defecto, según la tabla y figura 1.

Equipo	Interfaz	Armario X
PC A	eth0	10.X.1.2/24
Router 1	FastEthernet0/0	10.X.1.1/24
	Serial0/1	10.X.10.1/30
Router 2	Serial0	10.X.10.2/30
	FastEthernet0	10.X.2.1/24
	Ethernet0	10.X.3.1/24
PC C	eth0	10.X.3.2/24
PC B	eth0	10.X.2.2/24

Tabla 1.

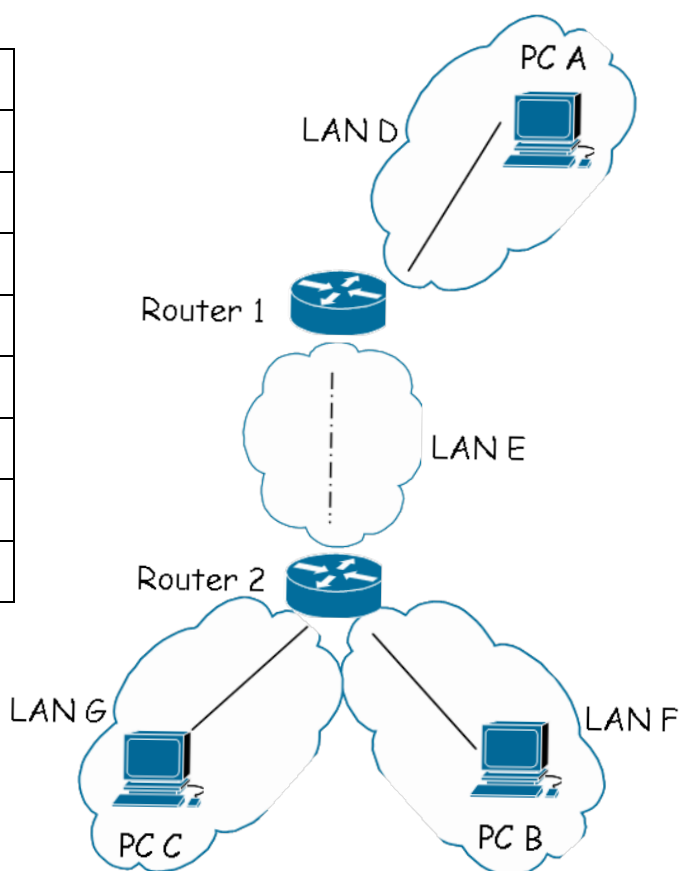


Figura 1

Los PCs A, B y C disponen cada uno de 3 tarjetas Ethernet.

Procederemos a crear tres redes con un PC en cada una de ellas, según el esquema general de la figura 1.

El comando *ifconfig* permite configurar los interfaces de red de una máquina UNIX. Si ejecuta el comando sin opciones podrá ver los interfaces que se encuentran activos. Si no ha configurado ninguno de las interfaces ethernet lo normal es que sólo aparezca el interfaz de loopback que suele ser el lo0. Este interfaz no corresponde a ninguna tarjeta de red física sino que es parte del software del sistema y puede servir para que programas ejecutándose en la misma máquina se comuniquen empleando protocolos de red.

Ejecute el comando *ifconfig* con la opción *-a*. Esta opción muestra todos los interfaces de red reconocidos por el kernel. Aquí podremos ver las tarjetas Ethernet aunque no estén configuradas siempre que hayan sido detectadas por el sistema operativo.

Para configurar los interfaces para este escenario en primer lugar asigne una red diferente para cada interfaz de los PC's A, B y C, y defina el router por defecto para cada una de ellas. Utilice la tabla y figura 1.

```
sudo ifconfig eth0 <ip> netmask 255.255.255.0

sudo route add default gw <iprouter>
```

A continuación conecten a cada uno de los interfaces Ethernet de cada router los PC's A, B y C, según se muestra en la tabla y figura 1. Router 1 sólo tiene un interface Ethernet, mientras que el router 2, tiene dos, un Fastethernet y otro Ethernet.

Para saber qué puntos del panel de parcheo corresponden a cada interfaz de los PCs y de los routers, consulte la documentación existente en:

<https://www.tlm.unavarra.es/mod/resource/view.php?id=3289>

6- Routers Cisco

6.1- Configurando los interfaces

Conecten uno de los puertos serie de router1 con uno de router2.

Uno de los dos extremos actuará como el DTE (Data Terminal Equipment) y el otro como el DCE (Data Communication Equipment). La diferencia principal es que normalmente el DCE genera la señal de sincronismo necesaria en el cable.

En el router que vaya a ser el DCE deben especificar la velocidad a la que se empleará la línea serie (comando *clock rate*).

Entren en modo de configuración de cada router y configuren sus interfaces, recurriendo, nuevamente, a la tabla y figura 1.

Configuración rápida router 1 :

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router#(config)#no ip domain-lookup

Router#(config)#interface fastethernet0/1
Router#(config-if)#ip address 10.armario.1.1 255.255.255.0
Router#(config-if)#no shutdown
Router#(config-if)#exit

Router#(config)#interface serial0/1
Router#(config-if)#ip address 10.armario.10.1 255.255.255.252
Router#(config-if)#clock rate 128000
Router#(config-if)#no shutdown
Router#(config-if)#exit
```

De manera análoga para el router 2. Tengan especial cuidado con el nombre de las interfaces, ejecuten para ello el comando:

```
Router#show ip interface brief
```

Tenga en cuenta que se ha configurado como DCE al router 1.

Con ésto, deberían poder hacer ping desde un router al otro a través de la línea serie.

Cuando desee abandonar el router, hágalo de forma ordenada tecleando CTRL+A, Z y finalmente Q, así el programa minicom libera el fichero de lock que creó para indicar al resto de aplicaciones que el puerto serie está siendo usado. De lo contrario no volverá a abrirse hasta que se borre dicho fichero. Para arreglarlo sólo tendría que borrar el fichero /var/lock/LCK...ttyS1.

6.2- Configurando OSPF

Como routing vamos a utilizar un protocolo estado del enlace no propietario, concretamente OSPF (OSPF, Open Shortest Path First). Para ello hay que habilitar el OSPF declarando todas las interfaces de cada router dentro del “área 0”, es decir, vamos a configurar todas las redes como parte del área backbone (troncal) y por tanto todos los routers van a disponer de la misma información de la red. Otra forma para realizar esta configuración OSPF, sería en el caso de tener una red de mayores dimensiones, utilizando routing jerárquico, con múltiples áreas.

La forma de configurar OSPF es como sigue:

```
Router(config)#router ospf xxx
Router(config-router)#network d.d.d.d m.m.m.m area 0
```

Donde xxx es un número o identificativo de proceso que ejecuta OSPF interno para el router (por ejemplo, podemos poner “router ospf 1” o cualquier valor), d.d.d.d son direcciones de red de redes directamente conectadas y m.m.m.m es una “wildmask”, es decir tiene el significado inverso de la

máscara, 1's en vez de 0's. Ejemplo, /24 sería 0.0.0.255 en vez de 255.255.255.0. Para poder introducir esta configuración, tenemos 2 opciones:

Especificar la dirección de las subredes de los interfaces que se vayan a anunciar con su wildmask apropiada, o en su defecto declarar la clase mayor que incluye a las interfaces y dejar que el propio proceso anuncie sólo las subredes dentro de la clase mayor declarada.

Especificar la IP de las interfaces que se vayan a anunciar con wildmask 0.0.0.0, es decir, fijando únicamente la IP de la interfaz y dejando que el proceso tome la máscara completa de la interfaz Identificada.

De estos métodos, el más simple y el que vamos a utilizar es el primero en su modo por defecto con declaración de la clase mayor. Por tanto, en nuestro caso bastará declarar en cada router:

```
(config)#router ospf 1
(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

Una vez configurado OSPF y antes de ejecutar ningún comando más, vamos a borrar las posibles rutas aprendidas si las hubiera para forzar que el router obtenga las rutas utilizando para ellos el nuevo protocolo de routing configurado. Para ello, debemos ejecutar:

```
Router#clear ip route *
```

Una vez inicializada la tabla de rutas (Routing Table (RT)), contrastar la información que nos ofrece sobre OSPF los siguientes comandos:

```
Router# show ip protocol
Router# show ip ospf nei
Router# show ip route
```

¿Se ven todas las redes? En caso de no ver todas las redes comprobar que las configuraciones son correctas y que las interfaces de todos los routers están operativas. Si todo está correcto, deja un tiempo para que las tablas de rutas se estabilicen dado que OSPF tiene que hacer con los LSP (Link State Packets) el árbol unicast SPF.

Pruebe a realizar ping a todas las interfaces de los routers y entre los hosts. Hasta que no exista conectividad IP total no podemos continuar, dado que PIM requiere conectividad IP del protocolo de routing utilizado.

Una vez tenemos conectividad IP entre todos los hosts y routers de la maqueta, vamos a lanzar una única sesión multicast. Para ello utilizaremos la aplicación de video multicast `vic` de Mbone.

Desde el PC A, abra un terminal, vaya a su escritorio (cd Desktop) y ejecute `vic`:

```
./vic grupomulticast/puerto
```

Consulte la ayuda: `./vic ?`

Una vez lanzada la aplicación correctamente, verá una ventana con la dirección de grupo multicast y puerto en la barra de título y con un mensaje de espera en el cuerpo. Por defecto, `vic`, se queda en modo de escucha.

Para transmitir video, en este caso el proporcionado por la interface gráfica de Linux, X11 (vamos a transmitir el escritorio), pulse en el botón menu y en la siguiente pantalla el botón de `Transmit`. Podrá cambiar los parámetros de transmisión así como la codificación y protocolo de transmisión de video.

A partir de este momento verá que la pantalla inicial de `vic`, muestra una pequeña imagen que es exactamente la zona de nuestro escritorio sobre la que está situada dicha pantalla. A su derecha, presenta información relativa a la fuente, dirección ip, nombre asignado, etc.

En el resto de ordenadores (uno en cada LAN de todos los routers), configure los receptores y trate de sintonizar el grupo multicast anunciado.

¿Tenemos éxito? ¿Por qué?

Antes de continuar con el siguiente paso, debemos desconectar todos los receptores existentes y dejar sólo el único emisor conectado.

7- Routing multicast con PIM-DM o PIM en Modo Denso

Configuremos todos los routers para que ejecuten IP multicast, IGMP y PIM.

Desde el modo global de configuración ejecutamos el comando:

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

A continuación, para activar PIM-DM, hay que ir interfaz por interfaz y en TODAS ellas y en TODOS los routers, configurar como vemos para un caso general xxx/yyy

```
Router(config)#interface xxx/yyy
Router(config-if)#ip pim dense-mode
```

Es importante configurar TODAS las interfaces, dado que PIM utiliza la tabla de rutas unicast para el RPF y por tanto, si las interfaces trabajan en unicast, también lo deben de hacer para multicast.

Con la configuración de PIM-DM en los routers, tenemos disponibles en los routers los siguientes comandos, los cuales sería interesante ejecutar y tomar nota de sus diferentes salidas.

Los comandos disponibles de la versión de IOS utilizada, centrándonos en las opciones multicast, los podemos ver en el archivo “*Relación extensa de comandos de monitorización multicast*” en la página de la asignatura

Ahora, ejecutar los siguientes comandos.

Además, lance el analizador de protocolos Ethereal para ver el tráfico IP multicast generado por los hosts de cada LAN, para ver la coherencia de los comandos ejecutados a continuación. Otra forma de comprobar el tráfico multicast en la LAN es a través de IGMP.

Ya que son los routers quienes gestionan IGMP, podemos ver las solicitudes/abandonos de tráfico multicast con:

```
Router#debug ip igmp
(para desactivarlo ejecutamos "undebg all")
```

Aunque no existan receptores en el grupo del emisor multicast creado en el paso anterior, podemos comprobar como los routers siguen participando en diferentes grupos multicast. En particular, el grupo creado anteriormente, si no existen receptores, ¿Por qué aparece?

Pasemos en primer lugar a ejecutar en todos los routers (las salidas van a ser diferentes para cada router), los siguientes comandos que nos dan información de IGMP, su estado en cada interfaz y los grupos que gestiona.

```
Router#show ip igmp groups
Router#show ip igmp interface
```

El siguiente comando nos da información de los árboles multicast. La salida de este comando está estructurada por los diferentes grupos multicast (*, G) y luego el detalle de las diferentes fuentes (S, G). En modo denso, nos indica que no hay "Rendezvous Point" con RP 0.0.0.0 y con RPF nbr (Reverse Path Forwarding neighbor) la IP del router en la rama siguiente del árbol multicast. Para el grupo (*, G) mantiene activo el flag D de denso. Para las fuentes (S, G) nos indica con el flag T que está trabajando con el árbol SPT.

Para cada (S, G) nos determina además las interfaces del router que participan en el árbol.

```
Router#show ip mroute
```

Otros comandos interesantes y complementarios al anterior son con la opción de resumen (summary) y con la opción de "active" para visualizar sólo aquellas fuentes que emiten tráfico mayor que un cierto umbral:

```
Router#show ip mroute summary
Router#show ip mroute active
```

El siguiente comando nos permite ver los interfaces configurados para multicast con PIM. Deben ser todos como hemos dicho anteriormente.

```
Router#show ip pim interface
```

El siguiente comando nos permite ver el tráfico multicast de entrada y salida por las interfaces del router.

```
Router#show ip pim interface count
```

El siguiente comando nos permite ver los vecinos que ejecutan PIM.

```
Router#show ip pim nei
```

Para comprobar las adyacencias establecidas por el protocolo PIM podemos lanzar el modo depuración:

```
Router#debug ip pim
(para desactivarlo ejecutamos "undebg all")
```

Ahora podríamos comprobar que las sesiones multicast se pueden visualizar en cualquier host de cualquier LAN, si tenemos la maqueta bien configurada. Para probarlo, lo haremos a través de las siguientes pruebas, ejecutando en cada una de ellas los comandos vistos anteriormente.

Otro comentario para poder analizar los diferentes resultados, es que los usuarios suscritos a un grupo multicast, de forma indirecta participan como emisores multicast al enviar paquetes con el protocolo RTCP (Real Time Control Protocol), que monitoriza la calidad de servicio transmitiendo periódicamente paquetes UDP con información relativa a pérdida de paquetes y jitter.

Pasemos a realizar las siguientes pruebas e interpretar los resultados correspondientes, en todos los routers de la maqueta. Tened en cuenta que los cambios a producir pueden llevar su tiempo (del orden de minutos), tal como se indicó en la introducción.

En particular el comando “show ip mroute [source][group]” permite observar las rutas multicast para un origen (source) o grupo (group) en concreto. En nuestro caso particular, puede ser útil fijar “source”, como la IP del emisor multicast en la LAN D (PC A).

Pruebas a realizar: (según la figura 1.)

1. Comprobar el árbol de distribución cuando sólo tenemos un emisor en la LAN D (PC A)., y un receptor, por ejemplo en la LAN F (PC B). ¿Coincide con lo esperado?
2. Una vez visto el árbol de distribución creado, desconectar el receptor. Esperar el tiempo necesario hasta que el árbol de distribución se haya modificado, ¿cuál es el nuevo árbol?
3. Ahora conectar en cada LAN G (PC C) un receptor y analizar cuál es el nuevo árbol de distribución.
4. Una vez tenemos todo el árbol, ¿qué pasaría si desconectáremos el emisor?

Punto de control 1: Muestre al profesor un ejemplo en el cual se vea el funcionamiento de la configuración de PIM modo-denso realizada.

8- Routing multicast con PIM-SM o PIM en Modo Disperso

Uno de los inconvenientes de PIM-DM es la cantidad innecesaria de tráfico que se realiza.
¿Por qué?

Para solucionarlo, planteamos utilizar PIM-SM. En primer lugar, cerramos todas las sesiones de vic lanzadas en el apartado anterior. A continuación vamos a eliminar cualquier tipo de configuración relacionada con PIM-DM simplemente con el comando (en cada router):

```
Router(config)# no ip multicast-routing
```

Una vez borrada la configuración, volvemos a proceder como en el paso anterior (en cada router).

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

Antes de seguir, conecten su red multicast con la del otro armario de su mesa, tal y como se indica en la figura 2. Para ello deben conectar los routers 1 por el interface serie que les queda libre y los routers 2 mediante un hub y sus interfaces fastethernet.

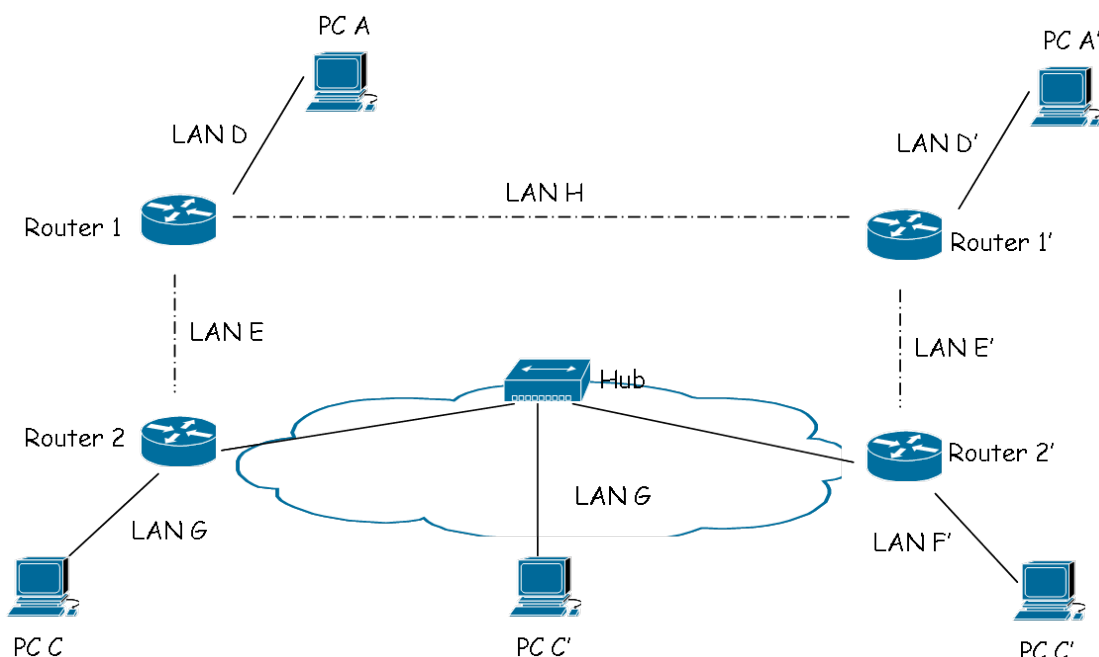


Figura 2.

Para el enlace serie use la subred (LAN H) **10.armario+armario'.10.0/30** y asigne una ip al interface serie correspondiente de su router 1.

Para el enlace Ethernet use la subred (LAN G) **10.armario+armario'.2.0/24** y asigne una ip al interface fastethernet correspondiente de su router 2.

Activamos PIM-SM, en TODAS las interfaces de los routers, que para un caso general xxx/yyy

```
Router(config)#interface xxx/yyy  
Router(config-if)#ip pim sparse-mode
```

Otro elemento necesario y característico de los modos de routing multicast en modo disperso para PIM-SM, es especificar el lugar de encuentro de los emisores multicast o sesiones multicast, el llamado “Rendezvous Point”. Para configurar el “Rendezvous Point” en los routers, debemos de introducir en todos ellos:

```
Router(config)#ip pim rp-address "d.d.d.d"
```

En este caso “d.d.d.d” es la dirección de uno de los interfaces de un router que realizará el papel de “Rendezvous Point”.

En nuestro caso configuraremos cualquiera de las IP de las interfaces del router 2. En el mismo router, podemos bien no configurar nada o configurarse a él como su propio “Rendezvous Point”.

Una vez realizada la configuración anterior, comprobar que todas las interfaces están en modo disperso.

Utilice el interface `eth1` de PC B, para escuchar el tráfico entre los routers 2, para ello le bastará con activar dicho interface mediante la orden: `sudo ifconfig eth1 up`. Analice dicho tráfico entre routers 2 mediante la aplicación `ethereal` y verifique la información obtenida, con la facilitada, al ejecutar en los routers, los diferentes comandos de monitorización multicast.

Ejecutar los siguientes comandos. Destacar que la versión de PIM-SM en Cisco Systems conmuta rápidamente (con el primer paquete) del CBT con “Rendezvous Point” al modo SPT.

```
Router#show ip igmp groups  
Router#show ip igmp interface
```

El siguiente comando nos da información de los árboles multicast. La salida de este comando está estructurada por los diferentes grupos multicast (*, G) y luego el detalle de los diferentes fuentes (S, G).

En modo disperso, nos indica para (*, G) el “Rendezvous Point” con RP y la IP, además el flag S nos indica que estamos en modo Sparse. Con RPF nbr (Reverse Path Forwarding neighbor) la IP del router en la rama ascendente del árbol multicast. Para (S, G) se puede observar los flags de T o J, que nos dan información de si la ruta es según SPT en el caso de T o si el CBT ha conmutado a SPT por superar el umbral de tráfico en caso de J. Dado que la conmutación de CBT a SPT por defecto es con 0 Kbps, no observaremos los árboles con raíz en el “Rendezvous Point”, aunque sí nos indicará que ha sido el punto de encuentro.

Para cada (S, G) nos determina además las interfaces del router que participan en el árbol.

```
Router#show ip mroute  
Router#show ip mroute summary  
Router#show ip mroute active  
  
Router#show ip pim interface  
Router#show ip pim interface count  
Router#show ip pim nei
```

```
Router#debug ip pim
(para desactivarlo ejecutamos "undebg all")
```

Ahora, vamos a comprobar el mapeo de "Rendezvous Point" y su funcionamiento. Para ello, ejecutamos:

```
Router#show ip pim rp mapping
```

```
Router#debug ip pim auto-rp
```

(para desactivarlo ejecutamos "undebg all"). En este caso, el mapeo es estático, aunque no por ello el router trata de buscar anuncios de RP.

En base a los comandos anteriores:

¿Cuáles son las diferencias más evidentes entre PIM-DM y PIM-SM?

¿Cuáles son los nuevos árboles de distribución creados cuando utilizamos "Rendezvous Point"?

Realice las siguientes pruebas:

1. Defínala como RP el interface fastethernet del router 2, según la figura 2.
2. Lance una sesión multicast en el PC A y ponga un receptor en PC C'.
3. Una vez visto el árbol de distribución creado, ponga otro emisor en PC A'. Esperar el tiempo necesario hasta que el árbol de distribución se haya modificado, ¿cuál es el nuevo árbol?
4. Ahora conectar en cada PC C un receptor y analizar cuál es el nuevo árbol de distribución
5. Una vez tenemos todo el árbol, ¿qué pasaría si desconectáremos el emisor?

Punto de control 2: Muestre al profesor un ejemplo en el cual se vea el funcionamiento de la configuración de PIM modo-disperso realizada.