

# Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

## Objetivos

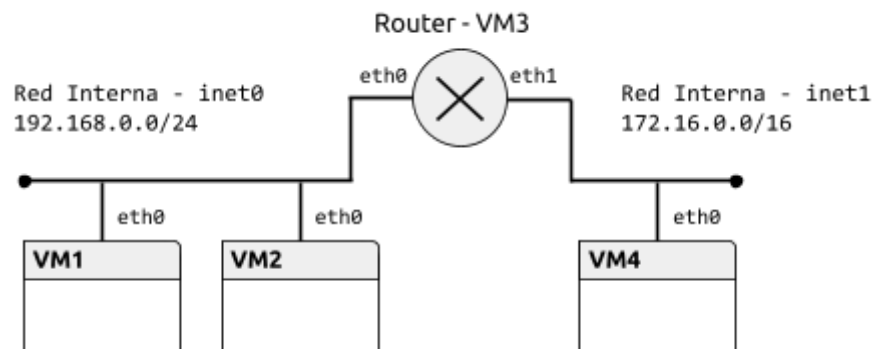
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

## Contenidos

- Preparación del entorno para la práctica
- Configuración estática
- Encaminamiento estático
- Configuración dinámica

## Preparación del entorno para la práctica

Configuraremos la topología de red que se muestra en la siguiente figura:



Todos los elementos -el router y las máquinas virtuales VM- son *clones enlazados* de la máquina base ASOR-FE. La configuración de las máquinas se realizará con la utilidad `vtopo1`, que funciona en Linux y Mac (en Windows, la topología ha de crearse directamente con VirtualBox):

1. Definir la máquina base de la asignatura:

```
$ asorregenerate
```

Este comando crea la máquina virtual base (ASOR-FE) en la herramienta VirtualBox.

**Nota:** El comando `asorregenerate` solo se debe usar en el laboratorio. En otros equipos, descargar el fichero [ASOR-FE.ova](#) e importarlo en VirtualBox.

2. Crear un archivo `pr1.topo1` con la topología de la red, que consta de 4 máquinas y dos redes. El contenido del fichero es:

```
netprefix inet
machine 1 0 0
machine 2 0 0
machine 3 0 0 1 1
machine 4 0 1
```

La sintaxis es:

```
machine <número de VM> <interfaz0> <red0> <interfaz1> <red1> ...
```

3. Crear la topología de red que arrancará las 4 máquinas virtuales (VM1, VM2, Router y VM4).

```
$ vtopol pr1.topol
```

En VirtualBox se definirán las máquinas virtuales asorfemachine\_1 (VM1), asorfemachine\_2 (VM2), asorfemachine\_3 (Router - VM3) y asorfemachine\_4 (VM4).

**Nota:** El comando **vtopol** está instalado en el laboratorio. En otros equipos, descargar el fichero [vtopol](#), darle permisos de ejecución (con `chmod +x`) y copiarlo, por ejemplo, en `/usr/local/bin`.



**Activar el portapapeles bidireccional en las máquinas** (menú Dispositivos) para copiar la salida de los comandos. Las capturas de pantalla se realizarán usando también Virtualbox (menú Ver).

Las **credenciales de la máquina virtual** son: usuario `cursoresdes`, con contraseña `cursoresdes`.

## Configuración estática

En primer lugar, configuraremos cada red de forma estática asignando a cada máquina una dirección IP adecuada.

**Ejercicio 1 [VM1].** Determinar los interfaces de red que tiene la máquina y las direcciones IP y MAC que tienen asignadas. Utilizar los comandos `ip address` e `ip link`.

### ip address

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 08:00:27:99:6a:be brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

### ip link

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN mode DEFAULT group
default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN mode DEFAULT group default
qlen 1000
    link/ether 08:00:27:99:6a:be brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

**Ejercicio 2 [VM1, VM2, Router].** Activar los interfaces eth0 en VM1, VM2 y Router, y asignar una dirección IP adecuada. Utilizar los comandos `ip address` e `ip link`.

#### VM1

```
sudo ip addr add 192.168.0.1/24 dev eth0
sudo ip link set dev eth0 up
```

#### VM2

```
sudo ip addr add 192.168.0.2/24 dev eth0
sudo ip link set dev eth0 up
```

#### Router (VM3)

```
sudo ip addr add 192.168.0.3/24 dev eth0
sudo ip link set dev eth0 up
```

**Ejercicio 3 [VM1, VM2].** Abrir la herramienta Wireshark en VM1 e iniciar una captura en el interfaz de red. Desde VM1, comprobar la conectividad con VM2 usando la orden `ping`. Observar el tráfico generado, especialmente los protocolos encapsulados en cada datagrama y las direcciones origen y destino. Para ver correctamente el tráfico ARP, puede ser necesario eliminar la tabla ARP en VM1 con la orden `ip neigh flush dev eth0`.

Completar la siguiente tabla para todos los mensajes intercambiados hasta la recepción del primer mensaje ICMP Echo Reply:

- Para cada protocolo, anotar las características importantes (p. ej. pregunta/respuesta ARP o tipo ICMP) en el campo "Tipo de mensaje".
- Comparar los datos observados durante la captura con el formato de los mensajes estudiados en clase.

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:99:6a:be	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	Broadcast	Request
08:00:27:f7:8e:82	08:00:27:99:6a:be	ARP	192.168.0.2	192.168.0.1	Reply
08:00:27:99:6a:be	08:00:27:f7:8e:82	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	Request
08:00:27:f7:8e:82	08:00:27:99:6a:be	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	Reply

The screenshot shows the Wireshark interface on VM1. The capture is on the eth0 interface. The packet list shows the following packets:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00000000	CadmusCo_99:6a:be	Broadcast	ARP	42	who has 192.168.0.2? Tell 192.168.0.1
2	0.00035122	CadmusCo_f7:8e:82	CadmusCo_99:6a:be	ARP	60	192.168.0.2 is at 08:00:27:f7:8e:82
3	0.00035594	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x07eb, seq=1/256, ttl=64 (reply
4	0.00074531	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x07eb, seq=1/256, ttl=64 (reques
5	1.00131262	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x07eb, seq=2/512, ttl=64 (reply
6	1.00173578	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x07eb, seq=2/512, ttl=64 (reques
7	2.00165843	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x07eb, seq=3/768, ttl=64 (reply

The packet details pane for the first packet (Frame 1) shows:

- Frame 1: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: CadmusCo\_99:6a:be (08:00:27:99:6a:be), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  - Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  - Source: CadmusCo\_99:6a:be (08:00:27:99:6a:be)
  - Type: ARP (0x0806)
- Address Resolution Protocol (request)

**Ejercicio 4 [VM1, VM2].** Ejecutar de nuevo la orden ping entre VM1 y VM2 y, a continuación, comprobar el estado de la tabla ARP en VM1 y VM2 usando el comando `ip neigh`. El significado del estado de cada entrada de la tabla se puede consultar en la página de manual del comando.

**VM1**

`192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:f7:8e:82 REACHABLE`

El estado nos indica que la entrada es válida hasta que el tiempo de espera expire.

**VM2**

`192.168.0.1 dev eth0 lladdr 08:00:27:99:6a:be STALE`

El estado nos indica que la entrada es válida pero sospechosa.

**Ejercicio 5 [Router, VM4].** Configurar Router y VM4 y comprobar su conectividad con el comando ping.

**Router (VM3)**

`sudo ip addr add 172.16.0.3/16 dev eth1`

`sudo ip link set dev eth1 up`

**VM4**

`sudo ip addr add 172.16.0.4/16 dev eth0`

`sudo ip link set dev eth0 up`

**Salida comando ping**

`[cursoredes@localhost ~]$ ping -c 5 172.16.0.4`

`PING 172.16.0.4 (172.16.0.4) 56(84) bytes of data.`

`64 bytes from 172.16.0.4: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.423 ms`

`64 bytes from 172.16.0.4: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.396 ms`

`64 bytes from 172.16.0.4: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.423 ms`

`64 bytes from 172.16.0.4: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.425 ms`

`64 bytes from 172.16.0.4: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.451 ms`

`--- 172.16.0.4 ping statistics ---`

`5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4001ms`

`rtt min/avg/max/mdev = 0.396/0.423/0.451/0.028 ms`

## Encaminamiento estático

Según la topología de esta práctica, Router puede encaminar el tráfico entre ambas redes. En esta sección, vamos a configurar el encaminamiento estático, basado en rutas que fijaremos manualmente en todas las máquinas virtuales.

**Ejercicio 6 [Router].** Activar el reenvío de paquetes (*forwarding*) en Router para que efectivamente pueda funcionar como encaminador entre las redes. Ejecutar el siguiente comando:

```
$ sudo sysctl net.ipv4.ip_forward=1
```

**Ejercicio 7 [VM1, VM2].** Añadir Router como encaminador por defecto para VM1 y VM2. Usar el comando `ip route`.

**Comando para VM1 y VM2**

`sudo ip route add default via 192.168.0.3`

**Salida ip route**

default via 192.168.0.3 dev eth0

192.168.0.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.0.1

**Ejercicio 8 [VM4].** Aunque la configuración adecuada para la tabla de rutas en redes como las consideradas en esta práctica consiste en añadir una ruta por defecto, es posible incluir rutas para redes concretas. Añadir en VM4 una ruta a la red 192.168.0.0/24 vía Router. Usar el comando `ip route`.

**Comando**

`sudo ip route add 192.168.0.0/24 via 172.16.0.3`

**Salida ip route**

172.16.0.0/16 dev eth0 proto kernel scope link src 172.16.0.4

192.168.0.0/24 via 172.16.0.3 dev eth0

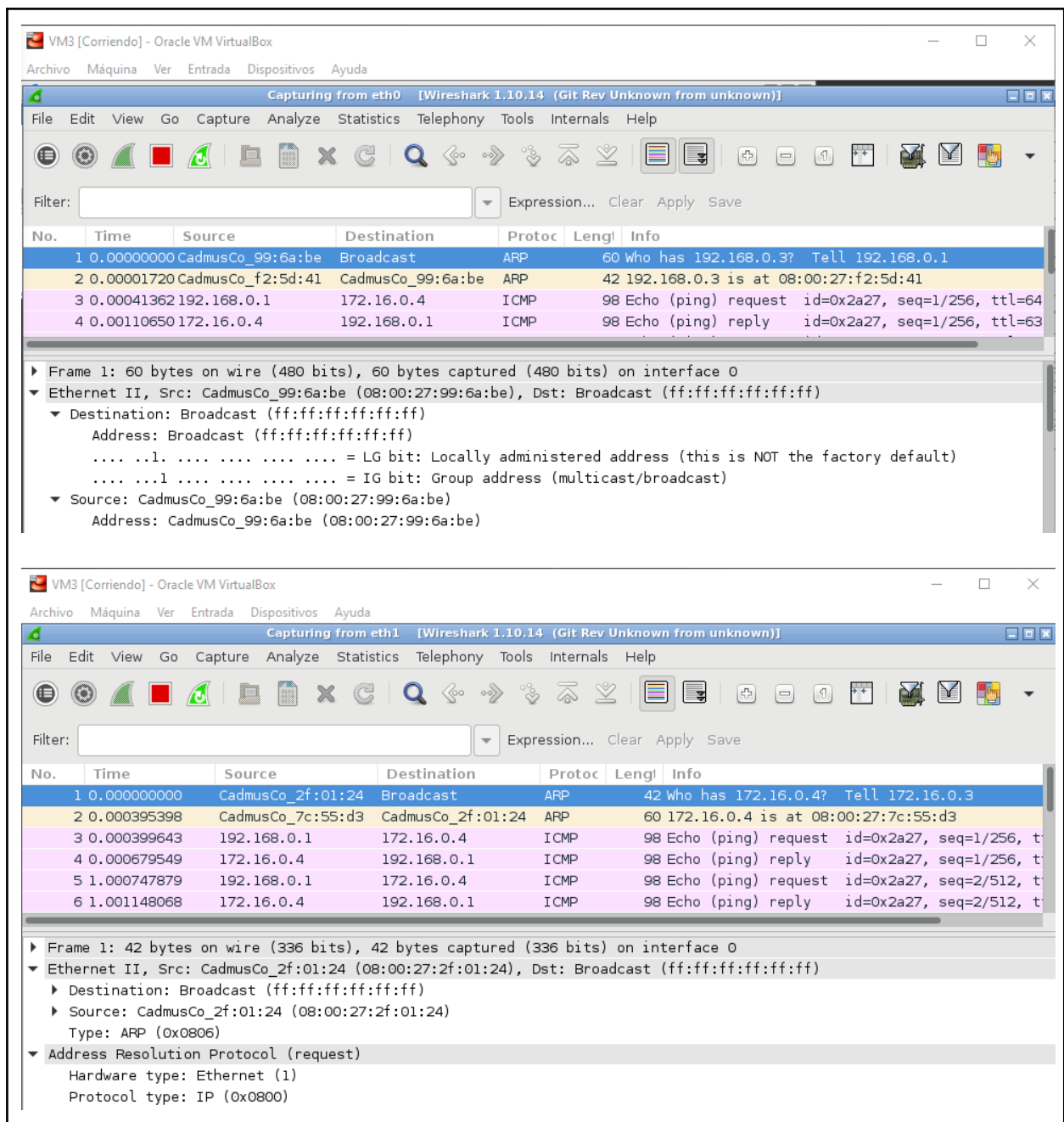
**Ejercicio 9 [VM1, VM4, Router].** Abrir la herramienta Wireshark en Router e iniciar dos capturas, una en cada interfaz de red. Eliminar la tabla ARP en VM1 y Router. Desde VM1, comprobar la conectividad con VM4 usando la orden `ping`. Completar la siguiente tabla para todos los paquetes intercambiados hasta la recepción del primer *Echo Reply*.

**Red 192.168.0.0/24 - Router (eth0)**

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:99:6a:be	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	Broadcast	Request
08:00:27:f2:5d:41	08:00:27:99:6a:be	ARP	192.168.0.3	192.168.0.1	Reply
08:00:27:99:6a:be	08:00:27:f2:5d:41	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.4	Request
08:00:27:f2:5d:41	08:00:27:99:6a:be	ICMP	172.16.0.4	192.168.0.1	Reply

**Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)**

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:2f:01:24	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	172.16.0.3	Broadcast	Request
08:00:27:7c:55:d3	08:00:27:2f:01:24	ARP	172.16.0.4	172.16.0.3	Reply
08:00:27:2f:01:24	08:00:27:7c:55:d3	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.4	Request
08:00:27:7c:55:d3	08:00:27:2f:01:24	ICMP	172.16.0.4	192.168.0.1	Reply



## Configuración dinámica

El protocolo DHCP permite configurar dinámicamente los parámetros de red de una máquina. En esta sección configuraremos Router como servidor DHCP para las dos redes. Aunque DHCP puede incluir muchos parámetros de configuración, en esta práctica sólo fijaremos el encaminador por defecto.

**Ejercicio 10 [VM1, VM2, VM4].** Eliminar las direcciones IP de los interfaces (`ip addr del`) de todas las máquinas salvo Router.

**Ejercicio 11 [Router].** Configurar el servidor DHCP para las dos redes:

- Editar el fichero `/etc/dhcp/dhcpd.conf` y añadir dos secciones subnet, una para cada red, que definan, respectivamente, los rangos de direcciones 192.168.0.50-192.168.0.100 y

172.16.0.50-172.16.0.100. Además, incluir la opción routers con la dirección IP de Router en cada red. Ejemplo:

```
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.0.11 192.168.0.50;
    option routers 192.168.0.3;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
}
```

- Arrancar el servicio con el comando `sudo service dhcpd start`.

**Ejercicio 12 [Router, VM1].** Iniciar una captura de paquetes en Router. Arrancar el cliente DHCP en VM1 con `dhclient -d eth0` y observar el proceso de configuración. Completar la siguiente tabla:

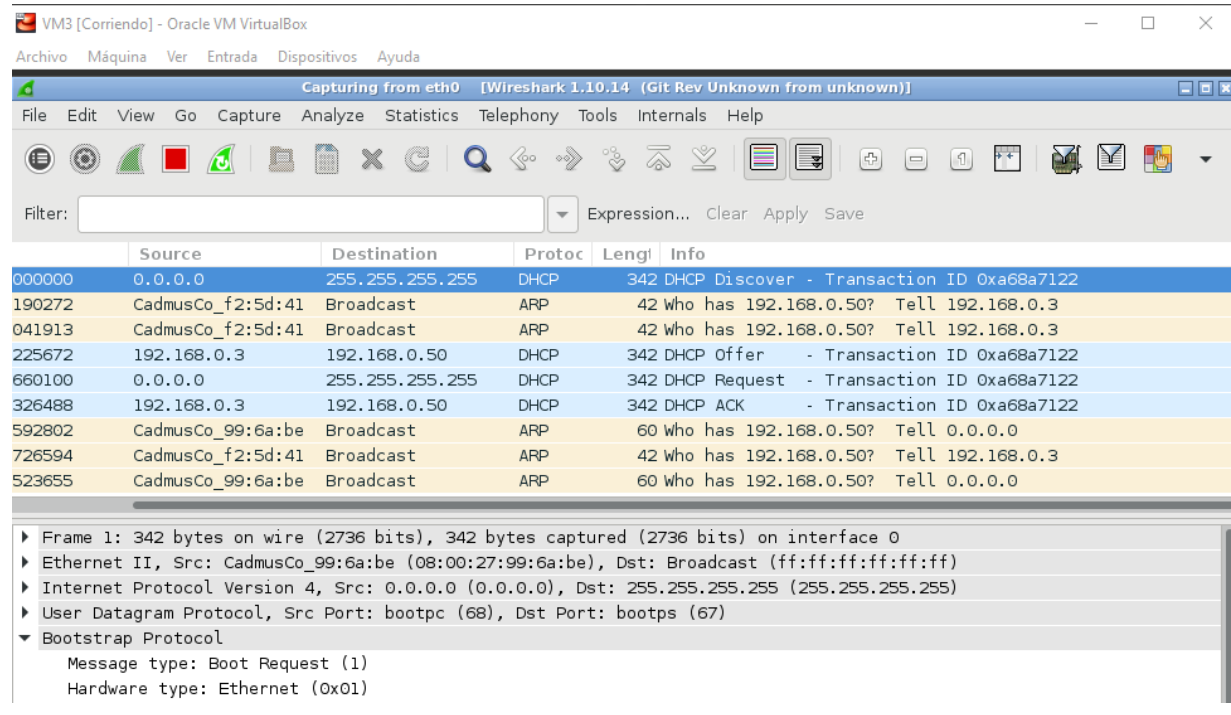
IP Origen	IP Destino	Mensaje DHCP	Opciones DHCP
0.0.0.0	255.255.255.255	Discover	Option: (53) DHCP Message Type Option: (50) Requested IP Address Option: (55) Parameter Request List Option: (255) End
192.168.0.3	192.168.0.50	Offer	Option: (53) DHCP Message Type Option: (54) DHCP Server Identifier Option: (51) IP Address Lease Time Option: (1) Subnet Mask Option: (28) Broadcast Address Option: (3) Router Option: (255) End
0.0.0.0	255.255.255.255	Request	Option: (53) DHCP Message Type Option: (54) DHCP Server Identifier Option: (50) Requested IP Address Option: (55) Parameter Request List Option: (255) End
192.168.0.3	192.168.0.50	ACK	Option: (53) DHCP Message Type Option: (54) DHCP Server Identifier Option: (51) IP Address Lease Time Option: (1) Subnet Mask Option: (28) Broadcast Address Option: (3) Router Option: (255) End

#### **Salida dhclient**

Internet Systems Consortium DHCP Client 4.2.5  
Copyright 2004-2013 Internet Systems Consortium.  
All rights reserved.  
For info, please visit <https://www.isc.org/software/dhcp/>

Listening on LPF/eth0/08:00:27:99:6a:be  
Sending on LPF/eth0/08:00:27:99:6a:be  
Sending on Socket/fallback  
DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 6 (xid=0x22718aa6)  
DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x22718aa6)  
DHCPOFFER from 192.168.0.3

*DHCPACK from 192.168.0.3 (xid=0x22718aa6)  
bound to 192.168.0.50 -- renewal in 18365 seconds.*



**Ejercicio 13 [VM4].** Durante el arranque del sistema se pueden configurar automáticamente interfaces según la información almacenada en el disco del servidor (configuración persistente). Consultar el fichero `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0` de VM4, que configura automáticamente `eth0` usando DHCP. Para configuración estática, se usarían las siguientes opciones:

```
TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=none
IPADDR=<dirección IP estática>
PREFIX=<tamaño del prefijo de red>
GATEWAY=<dirección IP estática del encaminador por defecto (si existe)>
DEVICE=eth0
```

**Nota:** Estas opciones se describen en detalle en `/usr/share/doc/initscripts-*/sysconfig.txt`.

**Ejercicio 14 [VM2, VM4].** Comprobar la configuración persistente con DHCP usando órdenes `ifup` e `ifdown`. Verificar la conectividad entre todas las máquinas de las dos redes.