

## 2.4. Configuración estática

Para configurar las interfaces con direcciones IPv6 se puede emplear la orden `ip`, como hacíamos con IPv4. Ahora es imprescindible especificar la longitud del prefijo, pues no hay clases predefinidas:

```
# ip addr add fd67:1180:5469:502d::1/64 dev eth0
```

Las rutas en IPv6 se pueden comprobar con las órdenes `ip` y `route`:

```
# ip -6 route show
2001:db8:1967:1110::/64 dev eth0  proto kernel  metric 256  mtu 1500  advmss 1440  hoplimit 0
fd67:1180:5469:502d:1::/64 dev eth0  proto kernel  metric 256  mtu 1500  advmss 1440  hoplimit 0
fe80::/64 dev eth0  proto kernel  metric 256  mtu 1500  advmss 1440  hoplimit 0
default via 2001:db8:1967:1110::1 dev eth0  metric 1  mtu 1500  advmss 1440  hoplimit 0
```

```
# route -6
Kernel IPv6 routing table
Destination                Next Hop                    Flag Met Ref Use If
2001:db8:1967:1110::/64    ::                          U     256 0      1 eth0
```

### 2.4.1. Configuración permanente

También se puede utilizar el archivo `/etc/network/interfaces` para guardar la configuración permanente de las interfaces, igual que hacíamos con IPv4:

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.1.26
    netmask 255.255.255.0
    broadcast 192.168.1.255
    gateway 192.168.1.1
iface eth0 inet6 static
    address 2001:db8:1967:1110::501a
    netmask 64
    gateway 2001:db8:1967:1110::1
```

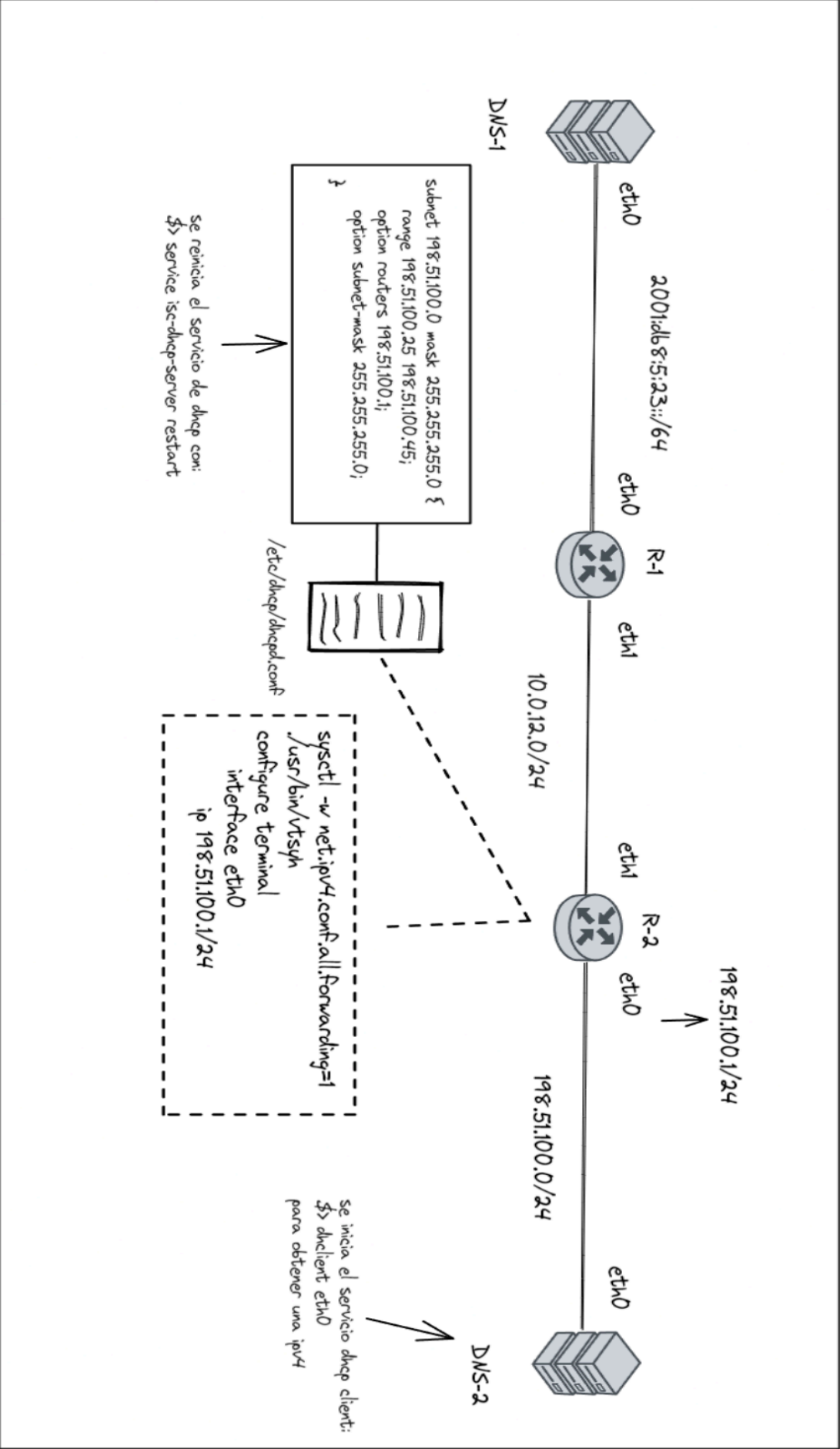
En este ejemplo se está configurando la interfaz `eth0` tanto para IPv4 como para IPv6. Además se está añadiendo una ruta por defecto, en la línea `gateway`.

### 2.6.2. Anuncio de prefijos mediante frr

Para que la autoconfiguración sea posible necesitamos tener en la red un encaminador que anuncie el prefijo, o prefijos, que se utilizan en la red. Cuando este encaminador recibe un mensaje de descubrimiento de encaminador, responde con la información correspondiente<sup>9</sup>.

Podemos emplear el demonio `zebra` para configurar un encaminador que anuncie prefijos IPv6. Para ello, en la consola `vysh` debemos incluir la información necesaria. Por ejemplo:

```
configure terminal
interface eth0
    ipv6 nd prefix 2001:db8:1::/64 86400 3600
    no ipv6 nd suppress-ra
    ipv6 nd ra-interval 600
    ipv6 nd ra-lifetime 1800
```



## 4.1. DHCPv4

Crearemos la topología de la figura 4.1. La máquina FRR-1 actuará como encaminador y servidor DHCP. En la red de SRV-1 y SRV-3 se ha reservado el rango de direcciones entre la 192.168.1.25 y la 192.168.1.40, con máscara de red 255.255.255.0. La máquina SRV-3 obtendrá su dirección a partir de ese rango de manera dinámica. En cambio, la máquina SRV-1 obtendrá desde el servidor la dirección fija 192.168.1.3/24.

En la red donde se encuentra SRV-2, el rango de direcciones reservadas para DHCP es el comprendido entre las direcciones 192.168.2.100 y 192.168.2.120, también con máscara de red 255.255.255.0.

En ambas redes se anunciarán los servidores de nombres con direcciones 172.16.4.3 y 10.0.1.1. El dominio de búsqueda será `ar.fdi.ucm.es`.

El archivo de configuración es `/etc/dhcp/dhcpd.conf`:

```
# Red inet1
subnet 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0 {

    range 192.168.1.25 192.168.1.40;

    option domain-name-servers 172.16.4.3, 10.0.1.1;
    option domain-name "ar.fdi.ucm.es";
    option routers 192.168.1.1;
    option subnet-mask 255.255.255.0;
    option broadcast-address 192.168.1.255;
```

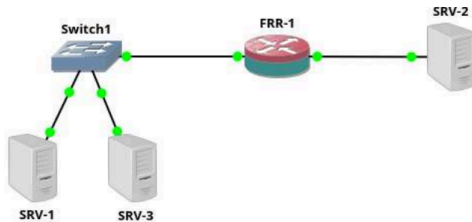


FIGURA 4.1: DHCP

```
default-lease-time 120;
max-lease-time 300;

host dns-1 {
    hardware ethernet 02:00:00:00:03:f0;
    fixed-address 192.168.1.3;
}

# Red inet2
subnet 192.168.2.0 netmask 255.255.255.0 {

    range 192.168.2.100 192.168.2.120;

    option domain-name-servers 172.16.4.3, 10.0.1.1;
    option domain-name "ar.fdi.ucm.es";
    option routers 192.168.2.1;
    option subnet-mask 255.255.255.0;
    option broadcast-address 192.168.2.255;

    default-lease-time 86400;
    max-lease-time 129600;
}
```

Una vez configurado el servidor, se debe reiniciar el servicio con<sup>1</sup>:

```
dhcpd [-f] [-cf /etc/dhcp/dhcpd.conf]
```

La opción `-f` sirve para dejar el demonio en primer plano y ver los mensajes de depuración. La opción `-cf` indica el fichero de configuración; si se omite, lee el definido por defecto, `/etc/dhcp/dhcpd.conf`<sup>2</sup>.

En el cliente:

```
dhclient [-d] eth0
```

Puede ser útil añadir el indicador `-d` para dejar al cliente en primer plano y ver los mensajes de depuración.

Comprobar, en el cliente, el contenido del archivo `/etc/resolv.conf`.

## 4.2. DHCPv6

El mismo demonio `dhcpd` puede actuar como servidor DHCPv6 añadiendo la opción `-6` a la hora de invocarlo. Sin embargo, aunque por defecto utiliza el mismo fichero de configuración `/etc/dhcp/dhcpd.conf`, la sintaxis es algo diferente y no es compatible, por lo que, si queremos tener ambas versiones del protocolo, deberemos tener sendos demonios, cada uno con su fichero de configuración.

En la misma topología del ejercicio anterior, configuraremos el servidor para que asigne direcciones dentro de los rangos 2001:db8:1::1000 y 2001:db9:1::10ff para la red `inet1`, y 2001:db8:2::2000 y 2001:db8:2::2010 para la red `inet2`, ambos con longitud de prefijo /64. El dominio de búsqueda será también `ar.fdi.ucm.es`, y los servidores DNS son ahora 2001:db8:4700::1111 y 2001:db8:f223::8888.

Guardaremos la configuración en el archivo `/etc/dhcp/dhcpd6.conf`:

```
default-lease-time 300;
preferred-lifetime 240;
option dhcp-renewal-time 60;
option dhcp-rebinding-time 120;

# Enable RFC 5007 support (same than for DHCPv4)
allow leasequery;

# Global definitions for name server address(es) and domain search list
#
#
option dhcp6.name-servers 2001:db8:4700::1111, 2001:db8:f223::8888;
option dhcp6.domain-search "ar.fdi.ucm.es";

option dhcp6.info-refresh-time 21600;

# inet1
subnet6 2001:db8:1::/64 {
    range6 2001:db8:1::1000 2001:db8:1::10ff;
}

# inet2
subnet6 2001:db8:2::/64 {
    range6 2001:db8:2::2000 2001:db8:2::2010;
}
```

Antes de arrancar el servicio debemos crear el archivo de *leases*:

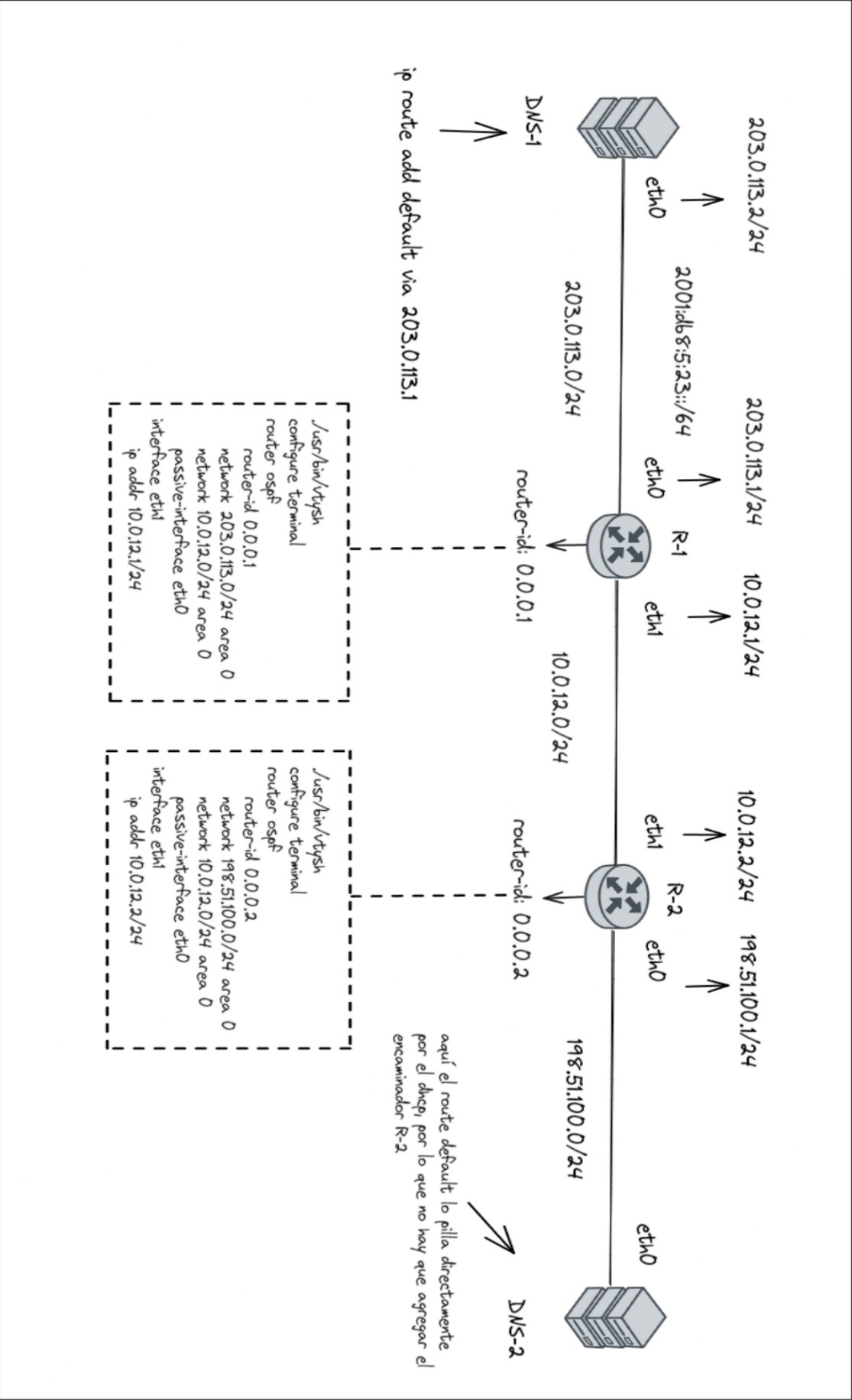
```
touch /var/lib/dhcp/dhcpd6.leases
```

Y arrancar el demonio:

```
dhcpd -6 [-f] -cf /etc/dhcp/dhcpd6.conf
```

En el cliente:

```
dhclient -6 eth0
```



## 5.1. Configuración de la red

En primer lugar crearemos tres máquinas virtuales, como en la figura 5.1. Usamos `ip address` para configurar la interfaz `eth0` de FRR-1 con una dirección de la red privada `172.16.0.0/24`<sup>1</sup>:

```
# ip addr add 172.16.0.1 dev eth0
# ip link set eth0 up
# ip add show eth0
70: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UNKNOWN
    group default qlen 1000
    link/ether ba:ef:5d:c4:a0:9a brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.16.0.1/24 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::b8ef:5dff:fec4:a09a/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

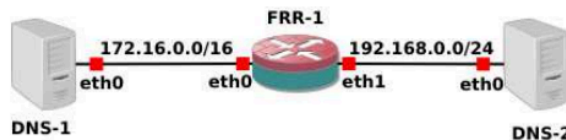


FIGURA 5.1: Configuración de las máquinas virtuales

Usamos de nuevo `ip addr` para configurar la interfaz `eth1`, esta vez con una dirección de la red `192.168.0.0/24`.

En las máquinas DNS-1 y DNS-2 configuramos sólo una interfaz en cada una, de manera que puedan conectarse a FRR-1. Comprobar que desde FRR-1 son alcanzables DNS-1 y DNS-2. La máquina FRR-1 está configurada como encaminador y tiene activado el *forwarding* por defecto, por lo que DNS-1 y DNS-2 también son alcanzables entre sí con sólo añadir una ruta por defecto a través de FRR-1. Por ejemplo, para DNS-1:

```
# ip route add default via 172.16.0.1
```

## 5.3. Visualización de la tabla de rutas en encaminadores

En los encaminadores emplearemos la utilidad `vttysh` para configurar y visualizar las tablas de enrutamiento. Veremos algunos ejemplos de cómo añadir rutas estáticas y cómo visualizar la tabla de rutas. Más adelante activaremos los algoritmos de enrutamiento para que las tablas se rellenen de manera automática.

Para añadir rutas estáticas hay que estar en modo configuración. Veamos un par de ejemplos, tanto para IPv4 como para IPv6:

```
FRR-1# configure terminal
FRR-1(config)# ip route 10.0.12.0/24 192.168.0.3
FRR-1(config)# ipv6 route 2001:db8:12::/48 fe80::2812:e4ff:fe19:2c91 eth1
FRR-1(config)# exit
FRR-1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
        O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
        T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP,
        F - PBR, f - OpenFabric,
        > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
```

```
S>* 10.0.12.0/24 [1/0] via 192.168.0.3, eth1, weight 1, 00:02:27
C>* 172.16.0.0/24 is directly connected, eth0, 04:05:43
C>* 192.168.0.0/24 is directly connected, eth1, 04:01:37
```

```
FRR-1# show ipv6 route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,
        O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, N - NHRP, T - Table,
        v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
        f - OpenFabric,
        > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
```

```
S>* 2001:db8:12::/48 [1/0] via fe80::2812:e4ff:fe19:2c91, eth1, weight 1, 00:00:09
C * fe80::/64 is directly connected, eth1, 04:08:04
C * fe80::/64 is directly connected, eth0, 04:08:04
C * fe80::/64 is directly connected, eth5, 04:08:04
C * fe80::/64 is directly connected, eth3, 04:08:05
C * fe80::/64 is directly connected, eth2, 04:08:05
```

Por ejemplo, para FRR-1:

```
router bgp 65512
no bgp ebgp-requires-policy
no bgp network import-check
router-id 0.0.0.1
network 10.12.0.0/16
network 172.16.12.0/24
network 192.168.0.0/23
neighbor 10.0.0.2 remote-as 65513

address-family ipv6
neighbor 10.0.0.2 activate
network 2001:db8:12::/52
network 2001:db8:12:1000::/52
network 2001:db8:12:2000::/52
exit-address-family
```

Por ejemplo, si la máquina FRR-1 pertenece al AS65512:

```
router bgp 65512
no bgp ebgp-requires-policy ! No requiere una política explícita para eBGP
no bgp network import-check ! No es necesario asignar direcciones al loopback
router-id 0.0.0.1
network 10.12.0.0/16
network 172.16.12.0/24
network 192.168.0.0/23
neighbor 10.0.0.2 remote-as 65513
```

## 5.6. Protocolo RIP

El demonio `ripd` implementa el protocolo de enrutamiento RIP, versiones 1 y 2, compatible exclusivamente con IPv4. La configuración es muy sencilla, pues sólo hace falta especificar qué interfaces participan en el algoritmo:

```
FRR-1# configure terminal
FRR-1(config)# router rip
FRR-1(config-router)# network eth0
FRR-1(config-router)# network eth1
FRR-1(config-router)# passive-interface eth0
```

El paquete `frr` también soporta el protocolo RIPng, y será el utilicemos en esta ocasión. La configuración es muy similar a la de RIP. Prestar mucha atención al comienzo de la sección de RIPng, que se especifica por la orden `router ripng` en lugar de `router rip`.

## 5.7. Encaminamiento OSPF

El algoritmo RIP, debido a los problemas de convergencia, es sólo adecuado para redes pequeñas. El protocolo más empleado como enrutamiento interior es OSPF, de la familia de protocolos de “estado del enlace”.

OSPF se puede usar tanto para IPv4 (OSPFv2) como para IPv6 (OSPFv3). Es necesario que esté activado el demonio correspondiente en el archivo `/etc/quagga/daemons`:

```
zebra=yes
ospfd=yes
ospf6d=yes
```

La configuración de ambos protocolos se guarda en los archivos `ospfd.conf` y `ospf6d.conf`, respectivamente, cuando se utiliza la configuración desglosada. En nuestro caso, la configuración se guarda en un único fichero, `frr.conf`, igual que en RIP.

Veamos un ejemplo de configuración sencillo para OSPFv2:

```
router ospf
router-id 0.0.0.1
passive-interface eth0
passive-interface eth1
network 10.1.2.0/24 area 0.0.0.0
network 10.1.4.0/24 area 0.0.0.0
network 172.16.1.0/28 area 0.0.0.0
network 172.16.2.0/28 area 0.0.0.0
```

Y para OSPFv3:

```
interface eth0
ipv6 ospf6 passive
ipv6 ospf6 network broadcast
```

```
interface eth1
ipv6 ospf6 passive
ipv6 ospf6 network broadcast
```

```
interface eth2
ipv6 ospf6 network broadcast
```

```
interface eth3
ipv6 ospf6 network broadcast
```

```
router ospf6
router-id 0.0.0.1
interface eth0 area 0.0.0.0
interface eth1 area 0.0.0.0
interface eth2 area 0.0.0.0
interface eth3 area 0.0.0.0
```

este archivo se crea ejecutando:  
\$ touch /var/cache/bind/master/slaves/names  
y se modifica con el editor "vi", tal que:  
\$ vi /etc/named.conf

/var/cache/bind/master/db.192.168.0 /var/cache/bind/master/db.ar.fh.um.es

- **II** SGA **reduces** **disadvantages**
  - 302052107; **noise**
  - 423007; **slow**
  - 5600; **repairs**
  - 607400; **expire**
  - 1800; **negative** **caching**
- **serverless** **advantages**
  - II** **AS** **reduces** **disadvantages**; **primary**
  - IV** **AS** **reduces** **disadvantages**; **secondary**
- **nodes**

```

@ IV_S04 star_Ribosomes_Ribosomes (
  4200032001, master
  42000, stereo
  3600, reference
  604800, expert
  1800, negative coding
)

; Serotypes: autoradiars
IV_M5 ml: primary
IV_M5 ml2: secondary
; Serotypes
ml IV_A IV_M2_M6_0.2
ml2 IV_A IV_M2_M6_1.2
ar_Ribosomes_CNAME ml

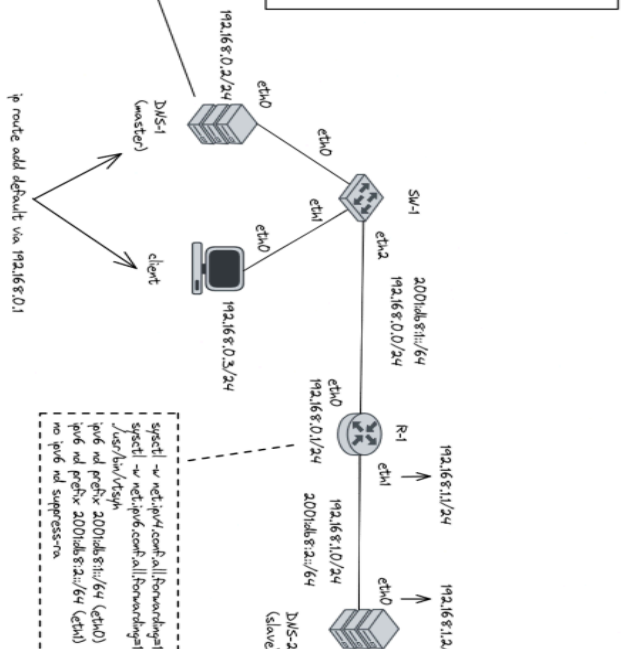
```

```

7) File master/flow/alice.cas;
   nbfly.yes;
   allow-transfer $ /192.168.1.2;
   allow-query $ any;
7) zone "0.0.0.0::in-addr.arpa." IN {
   type master;
   file master/alt/192.168.0';
   allow-query $ any;
7) zone "168.192.in-addr.arpa." IN {
   type master;
   file master/alt/192.168.0';
   allow-query $ any;
7)

```

/etc/bind/named.conf.local



```
/etc/bind/named.conf.local
```

file "slave/dbar.Fdb.names;  
masters { 192.168.0.2; }  
};

```
archivo de configuración del slave
/etc/bind/named.conf.local
```

```
sysctl -w net.ipv6.conf.all.accept_ra=1
sysctl -w net.ipv6.conf.iface.use_tempaddr=2
```

todas las máquinas tendrán la autoconfiguración activada por defecto

```
sysctl -w net.ipv4.conf.all.forwarding=1
sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1
/usr/bin/vsptn
ip66 nd prefix 2001:db8::1::64 (eth0)
ip66 nd prefix 2001:db8::2::64 (eth1)
no ip66 nd suppress-ra
```

```
ip route add default via 192.168.0.1
```

para saber si sintácticamente está bien escrito:

```
$> named-checkzone "ar.fdi.uen.es" \
```

/var/cache/bind/master/db.0r.ftdi.uem.es

a) terminar de configurar el dns master

hay que ejecutar el como  
de normal

if named

que no devolverá nada por la terminal pero guardará la configuración.

si has hecho algún cambio en el archivo de configuración de zona, deberás reiniciar "named" con el siguiente comando:

```
$ service named restart
```

comando "host" para obtener información sobre un dns:

\$> host -a ar.fdi.unice.fr

devolverá toda la info disponible sobre el los registros del cens

\$> host -t a.nslar.fdi.unm.es

comando "dig" para obtener el dns a partir de una IP

\$&gt;\$ dig -x 192.168.0.2

obtenemos como respuesta (entre otras cosas):

2.0.168.192.in-addr.arpa. 3600 IN PTR ns1.ar.fdi.ucm.es.

```
$>> dig -t PTR 2.0.168.192.in-addr.arpa
```