



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



# FUNDAMENTOS DE REDES DE DATOS

Práctica 4: Configuración de redes IP - Mininet

# FUNDAMENTOS DE REDES DE DATOS

## OBJETIVOS

- Conocer y aprender el uso de la herramienta de emulación de redes Mininet
- Afianzar los conceptos de encaminamiento en redes IP

**DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:** 2 sesiones (4 horas).

## 1. INTRODUCCIÓN A LA EMULACIÓN DE REDES

Poder crear, configurar y analizar el comportamiento de redes IP es de gran utilidad a la hora de afianzar los conceptos teóricos estudiados en clase. Para ello, tenemos varias opciones: la utilización de dispositivos (hardware) reales, la utilización de simuladores o la utilización de emuladores.

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de cada opción.

	Ventajas	Desventajas
<b>Uso de hardware real</b>	Solución completamente realista basada en el uso de dispositivos existentes en el mercado.	Dispositivos caros, lo que limita la cantidad disponible en universidad. En muchos casos, limitada y complicada configuración de los dispositivos, dependiente del fabricante. Necesaria nueva inversión para renovar/actualizar los equipos.
<b>Simuladores</b>	Solución más barata o gratuita. Solución basada en el uso de un programa software (ejemplos: ns3, GNS3, Omnet). Existe mucha documentación de soporte.	Reproduce el comportamiento de los equipos, a veces no completamente (no todos los protocolos y aplicaciones).
<b>Emuladores</b>	Solución más barata o gratuita. Solución basada en herramientas software que recrean un escenario real.	Los dispositivos pueden presentar un comportamiento más lento que los dispositivos hardware. Limitación de recursos del equipo donde se ejecuta el emulador

## 2. MININET

Una de las herramientas más utilizadas en el ámbito académico y de investigación es el **emulador de redes Mininet** (<http://mininet.org>). Este emulador de redes permite crear redes virtuales compuestas por dispositivos de red (llamados switches en Mininet, independientemente de su modo de funcionamiento), terminales (llamados hosts en Mininet) y enlaces entre ellos, de manera relativamente fácil, rápida y escalable.

Mininet funciona únicamente sobre sistemas operativos Linux y en concreto en aquellos que usen kernels que incluyen soporte para *network namespaces*.

Haciendo uso de la virtualización, Mininet permite emular una red completa en la máquina Linux donde se ejecute, donde cada dispositivo de Mininet comparte el mismo SO y aplicaciones de usuario. Cualquier host de Mininet se comporta como una máquina real en la que podemos ejecutar cualquier programa que esté instalado en la máquina Linux. Los dispositivos de red son dispositivos software que tienen un comportamiento parecido a un dispositivo hardware. Los elementos de la red

emulada dispondrán de interfaces Ethernet que permitirá interconectarlos mediante enlaces caracterizados por una determinada velocidad de transmisión.

### 3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para el desarrollo de esta práctica emplearemos una de las máquinas virtuales creadas en las practicas anteriores.

#### 3.1 Instalación de Mininet

Vamos a instalar Mininet.

```
usuariol@fdr:~> sudo zypper install mininet
```

Para comprobar la versión de Mininet instalada podemos ejecutar:

```
usuariol@fdr:~> mn --version
```

Mininet utiliza la herramienta de Linux `ipconfig`, que en las versiones actuales de Linux ha sido sustituida por la herramienta `ip`. Por tanto, será necesario instalar la herramienta antigua:

```
usuariol@fdr:~> sudo zypper install net-tools-deprecated
```

También hay que instalar el paquete `xhost`:

```
usuariol@fdr:~> sudo zypper install xhost
```

#### **Tarea 3.1:**

- Vamos a comprobar la correcta instalación de Mininet mediante una prueba básica. Para ello, ejecutamos el emulador Mininet mediante el comando `mn`:

```
usuariol@fdr:~> sudo -E mn
```

Es posible que sea necesario arrancar el servicio `openvswitch`:

```
usuariol@fdr:~> sudo systemctl enable openvswitch.service
```

```
usuariol@fdr:~> sudo systemctl start openvswitch.service
```

¿Qué ha ocurrido? ¿Cuál es la topología de la red que se ha creado?

Para salir de Mininet, teclea `quit`.

#### 3.2. Ejecución de Mininet desde línea de comando (mn)

##### 3.2.1. Empleando topologías predefinidas

Como acabamos de ver, el comando `mn` permite ejecutar Mininet desde línea de comando. Si no se indica nada más, Mininet utiliza una topología muy simple, como has visto. Sin embargo, permite también utilizar algunas topologías predefinidas, que se pasan al programa mediante la opción `--topo`. Una de las topologías disponibles es la topología en árbol.

La siguiente línea creará una topología de red en árbol de dos niveles, donde cada switch (de tipo `OVSBridge`) está conectado a 2 elementos:

```
# sudo -E mn --switch ovsbr --topo tree,depth=2,fanout=2
```

Ejecuta la línea de comando y compruébalo.

#### **Tarea 3.2.1:**

- Ejecutamos la línea de comando para lanzar Mininet con la topología en árbol.

Tras crearse e iniciarse la red, el emulador Mininet queda abierto (`mininet>`) y preparado para que interaccionemos con él a través de la consola.

Para conocer los comandos que el emulador Mininet ofrece desde consola (CLI), podemos teclear `help`:

```
mininet> help
```

Para saber más de cada uno de los comandos, podemos teclear `help <nombre del comando>`.

### **Tarea 3.2.1:**

- Indica para qué sirven cada uno de los siguientes comandos: `exit`, `dump`, `link`, `links`, `net`, `nodes`, `pingall`, `pingpair`, `ports`, `quit` y `switch`.
- Indica el resultado de los comandos `net`, `dump` y `pingall`

- Otro comando interesante es `xterm`, cuyo modo de uso es `xterm node1 node2`. Este comando permite abrir un terminal en los hosts indicados y así poder ejecutar comandos.

Emplea el comando para abrir un terminal en los hosts `h2` y `h4`. En el terminal de `h4` emplea el comando de Linux `ip address` para obtener la dirección IP del terminal en la red creada. Desde el terminal de `h2` realiza un ping al terminal `h4`. Anota todo lo realizado y el resultado.

- Mininet ofrece además otra manera de ejecutar comandos en los dispositivos de la red sin necesidad de abrir un terminal `xterm`. Es decir, permite ejecutar comandos en un determinado dispositivo desde la misma línea `mininet>`

Para ello, tendríamos que introducir el nombre del dispositivo en cuestión seguido del comando que deseamos ejecutar en dicho dispositivo.

Por ejemplo, si queremos ejecutar el comando `ip address` en el dispositivo `h4` (como hemos hecho antes), la forma sería tecleando:

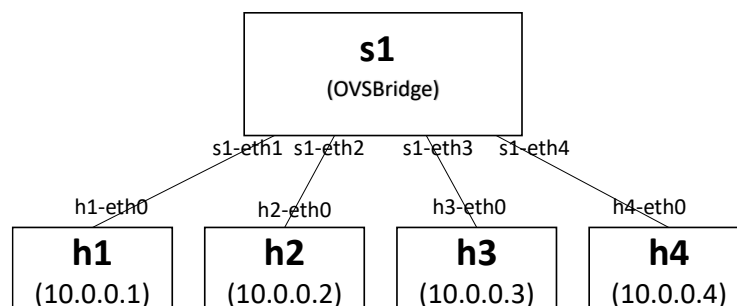
```
mininet> h4 ip address
```

Compruébalo. ¿Cómo harías un ping desde `h2` a `h4` sin utilizar `xterm`?

- **IMPORTANTE:** Para salir de Mininet teclearemos `exit`. A continuación, ejecutaremos `#sudo mn -c`. El opción `-c` o `--clean` sirve para “limpiar” el entorno de ejecución de Mininet y así evitar conflictos con una próxima ejecución. Es recomendable ejecutarlo siempre tras salir de Mininet o antes de ejecutarlo.

### **3.2.2. Empleando topologías definidas en Python**

Otra opción que permite Mininet es definir la topología de red en un fichero en Python (empleando un interfaz de programación o API). El fichero que se pasará al comando `mn` como parámetro.



*Figura 1: Escenario 1s-4h*

Por ejemplo, el siguiente fichero `topo_1s-4h_nosdn.py` define la topología de la red de la figura 2:

```
from mininet.topo import Topo
class mitopo (Topo):
    def build(self):
        s1=self.addSwitch('s1',switch='ovsbr')
```

```

h1=self.addHost('h1')
h2=self.addHost('h2')
h3=self.addHost('h3')
h4=self.addHost('h4')

self.addLink('h1','s1')
self.addLink('h2','s1')
self.addLink('h3','s1')
self.addLink('h4','s1')

topos={'mitopo':(lambda: mitopo())}

```

Analizando un poco el código:

- La clase `mitopo`, que hereda de la clase `Topo` (clase base para las topologías de red en Mininet), permite definir una topología formada por un único switch conectado a 4 hosts. Así, en la función `build` (línea 9-14), se define un switch mediante la función `addSwitch(<nombre_switch>)`, se definen los hosts llamando a la función `addHost(<nombre_host>)` y se definen los enlaces entre cada host al switch empleando la función `addLink(<extremo1>,<extremo2>)`.

Para ejecutar Mininet utilizando el comando `mn` y empleando esta topología de red (la hemos llamado `mitopo`), habría que ejecutar la siguiente línea:

```
# sudo -E mn --switch ovsbr --custom topo_1s-4h_nosdn.py --mac --topo mitopo
```

### **Tarea 3.2.2:**

- Crea un directorio en tu `HOME` llamado `pruebas_redes_sdn`, y en él crea el fichero `topo_1s_4h_nosdn.py`. Dentro de este directorio, ejecuta Mininet desde línea de comando.
- Dentro de Mininet, verifica la conectividad.

## **3.3. Subredes y enrutamiento con Mininet**

En este apartado vamos a utilizar el emulador Mininet para crear topologías de red que nos permitirán aplicar los conceptos sobre direccionamiento, subredes y enrutamiento IP vistos en teoría. Gracias a Mininet crearemos los dispositivos que conforman la red y podremos configurarlos desde consola como si estuviéramos físicamente delante de un dispositivo físico.

### **3.3.1. Comandos principales para la configuración de dispositivos de red**

El sistema operativo Linux, que ejecutan los dispositivos creados en Mininet, ofrece dos comandos principales para la configuración de red: el comando `ifconfig` y el comando `route`.

El **comando `ifconfig`** permite configurar las interfaces de red de los dispositivos. Su sintaxis más habitual es:

```
ifconfig interfaz @IP/[máscara]
```

Un host tendrá normalmente una única interfaz de red. En cambio, un dispositivo que actúe como router (dispositivo de nivel IP que enruta paquetes) tendrá más de una interfaz de red que deberemos configurar de forma adecuada según el plan de direccionamiento de la red.

El **comando `route`** permite establecer rutas de encaminamiento en un dispositivo IP.

La tabla de encaminamiento de un host tendrá únicamente dos entradas: una entrada asociada a la subred IP a la que está conectado (y que le permite identificar los paquetes que van dirigidos a otros dispositivos de su misma subred) y una segunda entrada que le indicará qué hacer con los paquetes van dirigidos a dispositivos del resto de subredes. Esta segunda entrada se denomina ruta por

defecto.

La primera entrada se introduce automáticamente en la tabla de encaminamiento del host al configurar su interfaz de red con ifconfig.

La segunda entrada (entrada default) la introduciremos mediante el comando route. La sintaxis es la siguiente:

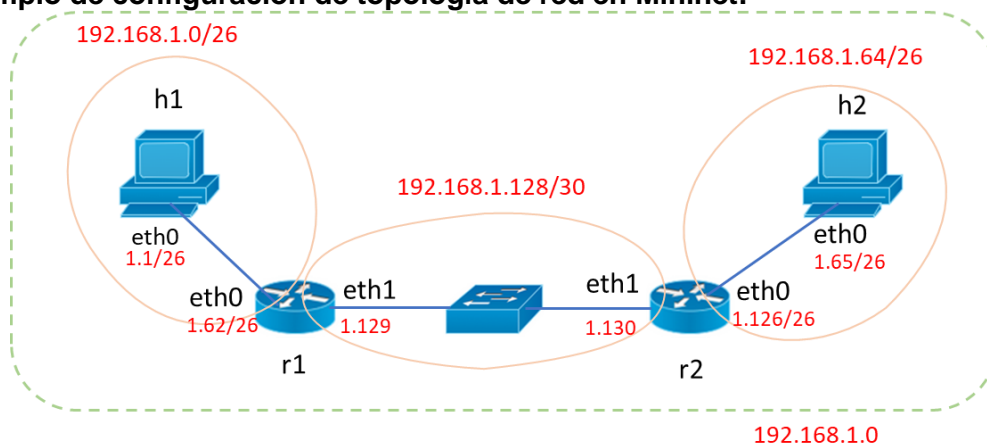
```
route add default gw @IP_SiguienteSalto
```

Las tablas de encaminamiento de los routers tendrán tantas entradas como sean necesarias para conseguir conectividad total en la red. Como en el caso de los hosts, las entradas correspondientes a una subred directamente conectada se incorporan a la tabla de encaminamiento automáticamente al configurar el interfaz.

La sintaxis para introducir una entrada en la tabla que indique cómo alcanzar una determinada subred es la siguiente:

```
route add -net @IP_destino/[mascara] gw @IP_SiguienteSalto
```

- **Ejemplo de configuración de topología de red en Mininet:**



Supongamos que hemos creado en Mininet la topología mostrada en la figura anterior y queremos configurar los dispositivos según el plan de direccionamiento indicado. Podemos observar que existen dos hosts y que dos de los dispositivos de red actúan como routers (r1 y r2).

Como habrás podido observar en las cuestiones anteriores, el nombre de las interfaces de red de los dispositivos en Mininet tienen la forma nombredispositivo-nombreinterfaz, por ejemplo, h1-eth0.

Los pasos podrían ser los siguientes:

%Configuramos los interfaces de red de los dispositivos

```
mininet> h1 ifconfig h1-eth0 192.168.1.1/26
mininet> h2 ifconfig h2-eth0 192.168.1.64/26
mininet> r1 ifconfig r1-eth0 192.168.1.62/26
mininet> r1 ifconfig r1-eth1 192.168.1.129/30
mininet> r2 ifconfig r2-eth0 192.168.1.130/30
mininet> r2 ifconfig r2-eth1 192.168.1.126/26
```

%Podemos comprobar en este punto el contenido de las tablas de encaminamiento, confirmando que están incluidas las entradas correspondientes a subredes directamente conectadas

```
mininet> h1 route -n
mininet> h2 route -n
mininet> r1 route -n
mininet> r2 route -n
```

%Para que h1 pueda enviar tráfico a cualquier otro dispositivo de la red, necesita la entrada default. En este caso, el GW o siguiente salto es el r1, en concreto la interfaz eth0 del r1. Por ello:

```
mininet> h1 route add default gw 192.168.1.62
```

%Para que h2 pueda enviar tráfico a cualquier otro dispositivo de la red, necesita la entrada default. En este caso, el GW o siguiente salto es el r2, en concreto la interfaz eth1 del r2. Por ello:

```
mininet> h2 route add default gw 192.168.1.126
```

%Por último queda introducir las entradas en las tablas de encaminamiento de r1 y r2 para que puedan encaminar tráfico hacia redes no directamente conectadas:

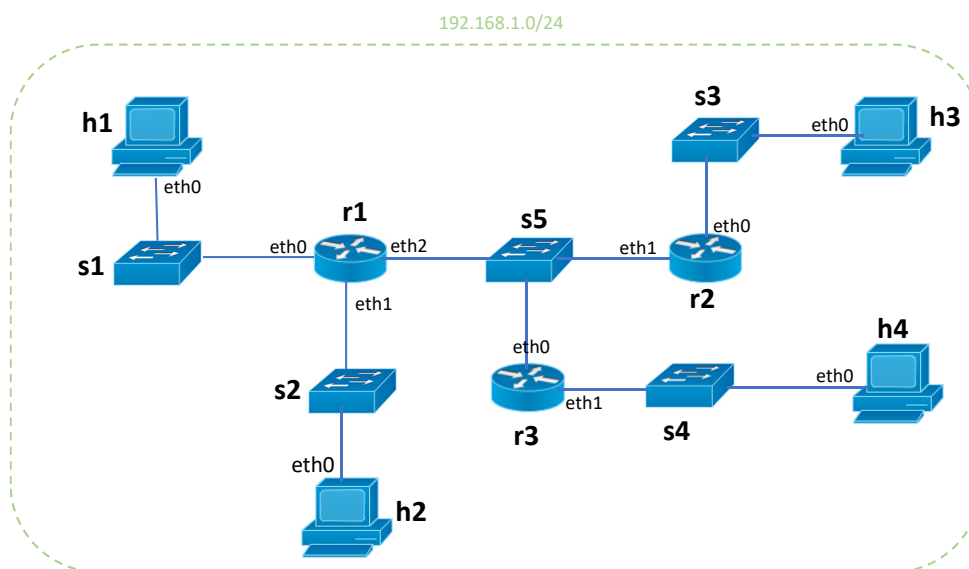
```
mininet> r1 route add -net 192.168.1.64/26 gw 192.168.1.130
```

```
mininet> r2 route add -net 192.168.1.0/26 gw 192.168.1.129
```

Como hemos visto anteriormente, la configuración de los hosts y los routers podría hacerse también desde un terminal propio, abierto con el comando `xterm` de Mininet.

### **Tarea 3.3:**

Considera la siguiente topología de red, definida en el fichero `topo_routing.py`:



- Realiza el diseño del plan de direccionamiento IP para esta red. Para ello contesta las siguientes preguntas:
  - Identifica las subredes que componen la red y empleando subredes de igual tamaño define un plan de direccionamiento adecuado (en papel).
  - Traslada el plan de direccionamiento a Mininet, configurando las interfaces de los dispositivos.
- Realiza el diseño de las tablas de encaminamiento de los dispositivos de esta red. Para ello contesta las siguientes preguntas:
  - Determina el valor de la entrada default de los hosts (en papel)
  - Traslada el valor de la entrada default de los hosts a Mininet
  - Comprueba el valor de las tablas de encaminamiento de los hosts en Mininet
  - Determina el valor de las entradas de las tablas de encaminamiento de cada router para poder alcanzar las redes no directamente conectadas (en papel)
  - Traslada el valor de las entradas a Mininet
  - Comprueba el valor de las tablas de encaminamiento de los routers en Mininet.
- Una vez configurada la red, verifica la conectividad haciendo un ping desde cada host hacia el resto de los hosts de la red (no emplees el comando `pingall`).