

# Sistemas Telemáticos

## Práctica 2 – Protocolos de Encaminamiento: OSPF

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones y  
Sistemas Telemáticos y Computación

Febrero de 2018

### Resumen

Para la realización de estos ejercicios se utilizará el paquete de software *quagga* que permite estudiar el funcionamiento del protocolo OSPF. En la documentación adicional se explica cómo se configura el software *quagga* en Linux.

## 1. OSPF: todos los routers en el mismo área

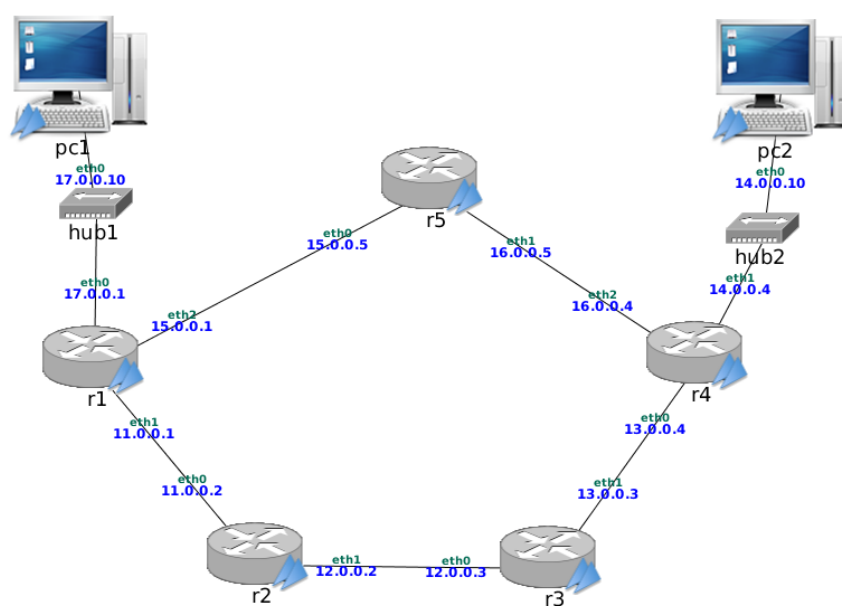


Figura 1: Diagrama de red para el protocolo OSPF

1. En el fichero `lab-OSPF.tgz` está definida una red como la que se muestra en la figura 1. Descomprime el fichero de configuración del escenario `lab-OSPF.tgz`. Al arrancar NetGUI debes abrir el escenario definido en el directorio `lab-OSPF`.
2. Arranca todas las máquinas de una en una. Las máquinas `pc1` y `pc2` tienen rutas por defecto a `r1` y `r4` respectivamente. Los *routers* no tienen configurada ninguna ruta, salvo la de las subredes a las que están directamente conectados. Compruébalo con la orden `route`.

Los routers no tienen ningún de ellos arrancado **quagga** ni configurado OSPF. En los siguientes apartados se configurará OSPF en cada *router*, **uno a uno**, todos dentro de la misma área 0. Según se vayan activando OSPF en los routers.

## 1.1. Activación de r1

Para observar los mensajes que envíe **r1** cuando se active OSPF, arranca **tcpdump** en **pc1**, en **r2(eth0)** y en **r5(eth0)** utilizando la opción **-s 0** para que capture los paquetes completos y guardando la captura en un fichero con la opción **-w**.

A continuación configura OSPF en el encaminador **r1** en el área 0 para que su identificador de *router* sea la mayor de sus direcciones IP y para que exporte las rutas hacia las tres redes a las que está conectado. Para ello edita con **mcedit** los ficheros **daemons** y **ospfd.conf**, y después arranca **quagga**. Espera un minuto aproximadamente e interrumpe las capturas.

Analiza el comportamiento de **r1** estudiando las capturas con *wireshark* y consultando el estado de OSPF a través de su interfaz VTY y de la orden **route**:

1. Observa los mensajes **HELLO** que se envían al arrancar **quagga** en **r1** y analízalos utilizando Wireshark.
  - a) ¿Cada cuanto tiempo se envían dichos mensajes? Observa si coincide con el valor del campo **Hello Interval** de los mensajes.
  - b) Comprueba que el campo **Area ID** se corresponde con el identificador de área que has configurado en el fichero **ospfd.conf**.
  - c) Comprueba que el identificador del *router* se corresponde con el que has configurado en el fichero mirando el campo **Source OSPF Router** de la cabecera obligatoria de OSPF en los mensajes **HELLO**.  
Comprueba que este identificador es el mismo para los mensajes enviados por cualquiera de las interfaces de **r1**, aunque los mensajes se envíen con dirección IP origen diferente (cada mensaje llevará como dirección IP origen la de la interfaz de red de **r1** por la que se envíe).
  - d) Observa el valor de los campos **DR** y **BDR** en los primeros mensajes **HELLO**. ¿Qué ocurre con dichos campos transcurridos 40 segundos después del primer mensaje **HELLO**? ¿Por qué?
2. ¿Se observan en las capturas mensajes **DB Description** o **LS Update**? ¿Por qué?
3. ¿Debería haber aprendido alguna ruta **r1**? Compruébalo consultando la tabla de encaminamiento mediante la orden **route**.
4. Consulta la información de OSPF relativa a la tabla de encaminamiento utilizando la interfaz VTY en **r1** con **show ip ospf route**.
5. Consulta la información de los vecinos que ha conocido **r1** a través de los mensajes **HELLO** recibidos mediante **show ip ospf neighbor**.
6. Consulta la información de la base de datos de *Router Link States* de **r1** con **show ip ospf database router**.
7. Consulta la información de la base de datos de *Network Link States* de **r1** con **show ip ospf database network**

## 1.2. Activación de r2

Para observar los mensajes que envíe **r2** cuando se active OSPF, y los que envíe **r1** a consecuencia de la activación de **r2**, arranca **tcpdump** en **r1(eth1)**, en **r3(eth0)** y en **r5(eth0)** utilizando la opción **-s 0** para que capture los paquetes completos y guardando la captura en un fichero con la opción **-w**.

A continuación configura OSPF en el encaminador **r2** en el área 0 para que su identificador de *router* sea la mayor de sus direcciones IP y para que exporte las rutas hacia las dos redes a las que está conectado. Para ello edita los ficheros **daemons** y **ospfd.conf**, y después arranca *quagga*.

Espera dos minutos aproximadamente e interrumpe las capturas.

Analiza el comportamiento de **r2** y **r1** estudiando las capturas con *wireshark* y consultando el estado de OSPF a través de las interfaces VTY y de la orden **route** en cada encaminador:

1. Observa la captura realizada en **r1** y responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué tipo de mensajes aparecen cuando **r1** detecta la presencia de **r2** y viceversa? ¿Cuál es su propósito? ¿Qué IP de destino llevan esos mensajes?
- b) Observa los mensajes **LS Request** que envían **r1** y **r2**. ¿Qué LSA pide cada uno al otro? ¿Qué IP de destino llevan estos mensajes?
- c) Observa el primer mensaje **LS Update** que envía **r1**. Comprueba que se corresponde con el **LS Request** enviado por **r2**. Comprueba cómo se corresponde su contenido con lo almacenado en la base de datos de **r1** analizada en el apartado anterior. Observa sus campos para ver si este mensaje incluye la información de que **r1** ha descubierto a **r2** como vecino. ¿Crees que la información contenida en este mensaje deberá cambiar próximamente? ¿Por qué?

Observa el campo **LS Age** del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

- d) Observa el primer mensaje **LS Update** que envía **r2**. Comprueba que se corresponde con el **LS Request** enviado por **r1**. Observa sus campos para ver si este mensaje incluye la información de que **r2** ha descubierto a **r1** como vecino. ¿Crees que la información contenida en este mensaje deberá cambiar próximamente? ¿Por qué?

Observa el campo **LS Age** del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

- e) Observa el segundo y tercer mensajes **LS Update** que envía **r1**. ¿Responden a algún **LS Request** previo? ¿Por qué se envían? ¿Qué información contienen?

Observa el campo **LS Age** de los anuncios que viajan en los mensajes, y explica su valor.

- f) Observa el segundo mensaje **LS Update** que envía **r2**. ¿Responde a algún **LS Request** previo? ¿Por qué se envía? ¿Qué información contiene?

Observa el campo **LS Age** del anuncio que viaja en el mensaje, y explica su valor.

- g) ¿Por qué razón **r2** no envía ningún mensaje **Network-LSA**?
- h) Observa los mensajes **LS Acknowledge**. Mira su contenido para comprobar a qué LSAs asienten.
- i) Pasados 40 segundos del arranque de **r2**, ¿qué ocurre con los campos DR y BDR de los mensajes **HELLO** que intercambian?

2. Observa la captura realizada en **r5**:

- a) Explica por qué no aparecen los mensajes **LS Update** que crea **r1** y envía a **r2**.
- b) Explica por qué no aparecen los mensajes **LS Update** que crea **r2** y envía a **r1**, y **r1** debería propagar por inundación.

3. Observa la captura realizada en **r3**:

- a) Explica por qué no aparecen los mensajes **LS Update** que crea **r2** y envía a **r1**.
- b) Explica por qué no aparecen los mensajes **LS Update** que crea **r1** y envía a **r2**, y **r2** debería propagar por inundación.

4. ¿Deberían haber aprendido alguna ruta **r2** y **r1**? Compruébalo consultando la tabla de enca­minamiento en ambos encaminadores mediante la orden **route**.

5. Consulta la información de OSPF relativa a la tabla de enca­minamiento utilizando la interfaz VTY en cada encaminador con **show ip ospf route**. Comprueba la métrica de cada ruta y a través de qué *router* se alcanza.

6. Consulta la información de los vecinos que ha conocido cada encaminador a través de los mensajes **HELLO** mediante **show ip ospf neighbor**.

7. Consulta en cada encaminador la información de las bases de datos de *Router Link States* y de *Network Link States* mediante **show ip ospf database router** y **show ip ospf database network** respectivamente.

Comprueba que la información mostrada coincide con el contenido de los últimos **LS Update** enviados por los encaminadores.

8. Apunta el número de secuencia de los mensajes Router-LSA y Network-LSA que ha generado **r1**, los campos LS Age y su contenido (recuerda que se encuentran almacenados en la base de datos de **r1** y **r2**). En un apartado posterior se hará referencia a esta información.

9. Consulta un resumen de las bases de datos en cada encaminador con **show ip ospf database**.

### 1.3. Activación de **r3** y **r4**

Para observar los mensajes que envíen **r3** y **r4** cuando activen OSPF, y los que envíe **r2** a consecuencia de la activación de **r3** y **r4**, arranca **tcpdump** en **r1(eth1)**, en **r2(eth1)** y en **r3(eth1)** utilizando la opción **-s 0** para que capture los paquetes completos y guardando la captura en un fichero con la opción **-w**.

Configura OSPF en **r3** y en **r4** (ambos en el área 0), y **arráncalos a la vez**. Analiza el com­portamiento de los encaminadores estudiando las capturas con *wireshark* y consultando el estado de OSPF a través de las interfaces VTY y de la orden **route** en cada encaminador:

1. Trata de suponer los valores de DR y BDR en las subredes 12.0.0.0/24 y 13.0.0.0/24. Com­prueba si tus suposiciones son ciertas. Comprueba en los mensajes **HELLO** de la captura en **r3** cómo se ha producido la elección de DR y BDR al arrancar **r3** y **r4** a la vez.

2. En la captura en **r3** observa el intercambio de mensajes **LS Update** que se produce mientras arrancan **r3** y **r4**.

3. En la captura en **r2** observa el intercambio de mensajes **LS Update** que se produce mientras arrancan **r3** y **r4**.

Observa también en dicha captura los mensajes **LS Update** que **r3** envía por inundación de los recibidos por él de **r4**. Indica cómo puedes saber si un **LS Update** lo ha originado el encaminador que lo envía o está siendo propagado por inundación.

4. Antes de examinar la captura en **r1** trata de suponer qué tipos de mensaje aparecerán en ella. Comprueba tus suposiciones.
5. Trata de suponer qué modificaciones se habrán realizado en las tablas de encaminamiento de cada *router*. Observa las tablas de encaminamiento utilizando la interfaz VTY con el proceso **ospfd** para verificar tus suposiciones.
6. Consulta la información de los vecinos que ha conocido cada encaminador a través de los mensajes **HELLO** mediante la interfaz VTY.
7. Consulta en cada encaminador la información de las bases de datos de *Router Link States* y de *Network Link States*.  
Comprueba que la información mostrada coincide con el contenido de los últimos **LS Update** enviados por los encaminadores.
8. Por activar **r3** y **r4** la información de los mensajes Network-LSA y Router-LSA que generó **r1** (que se encuentran almacenados en todas las bases de datos) no debería haber cambiado (salvo LS Age). Compruébalo con la información que apuntaste en el apartado 1.2 (8). Fíjate en el campo número de secuencia y responde a estas preguntas:
  - Si es el mismo que tenías apuntado, fíjate en el campo LS Age e indica cuándo crees que cambiará el número de secuencia y por qué. Espera ese tiempo para comprobarlo.
  - Si es diferente, fíjate en el campo LS Age e indica cuándo ha cambiado y por qué.
9. Consulta el resumen de las bases de datos en cada encaminador.

## 1.4. Reconfiguración de rutas:

### Activación y desactivación de **r5**

1. Tras haber arrancado OSPF en los encaminadores **r1**, **r2**, **r3** y **r4**, **pc1** y **pc2** deberían tener conectividad IP. Compruébalo con las órdenes **ping** y **traceroute**.  
Interrumpe *quagga* en los encaminadores **r1**, **r2**, **r3** y **r4**. Comprueba que ya no funciona un **ping** de **pc1** a **pc2**. Deja lanzado el **ping** de **pc1** a **pc2**, y rearranca *quagga* en **r1**, **r2**, **r3**, **r4**, fijándote en los segundos (aproximadamente) que pasan desde que está arrancado *quagga* en todos los encaminadores hasta que el **ping** empieza a funcionar. Apunta este valor de tiempo.
2. Fíjate en la tabla de encaminamiento de **r1** que se muestra con la orden **route**. Fíjate en la métrica para la red **14.0.0.0/24**.
3. Realiza los cambios necesarios para que la ruta seguida por los datagramas IP que envía **pc1** a **pc2** vayan por la ruta **pc1 => r1 => r5 => r4 => pc2**, y para que los que envía **pc2** a **pc1** vayan por la ruta **pc2 => r4 => r5 => r1 => pc1**. Para realizar este apartado no podrás añadir o eliminar manualmente rutas en las tablas de encaminamiento. Mirando la tabla de encaminamiento de **r1**, observa y apunta el número de segundos que aproximadamente tarda en aprender **r1** la nueva ruta.

Comprueba que se está utilizando dicha ruta a través de la orden **traceroute**. Comprueba las rutas y sus métricas en las tablas de encaminamiento de cada encaminador.

Comprueba cómo ha mejorado la métrica para la red **14.0.0.0/24** desde el *router* **r1**.

4. Comprueba la ruta que están siguiendo los mensajes intercambiados entre `pc1` y `pc2` con `tracert`.

Deja corriendo en `pc1` un `ping` hacia `pc2`.

5. A continuación interrumpe la ejecución de `quagga` en el encaminador `r5` utilizando la orden `/etc/init.d/quagga stop`. Podrás observar con la orden `route` que ahora `r5` no conoce rutas aprendidas por OSPF. Tampoco exporta información de vecinos hacia otros encaminadores.

6. Observarás que el `ping` de `pc1` a `pc2` deja de funcionar durante un buen rato (fíjate en el número de secuencia `icmp_seq`, éste aumenta con cada paquete enviado cada segundo).

Observa durante este periodo, en el que no está funcionando `r5`, la tabla de encaminamiento de `r1` y `r4`.

Observa también durante este periodo la lista de vecinos conocidos por `r1` y por `r4` (utilizando la interfaz VTY con el proceso `ospfd`). Observa la evolución de la columna `Dead Time` de las distintas entradas. ¿Qué entradas no reinician la cuenta desde los 40 segundos? ¿Por qué?

7. Espera hasta que vuelva a funcionar el `ping` (fíjate en el número `icmp_seq`). Observa y apunta el número de segundos que aproximadamente está sin funcionar el `ping` debido a que aún no se ha olvidado la ruta a través de `r5`.

Comprueba que finalmente `r5` ha desaparecido de entre los vecinos conocidos por `r1` y `r4`.

8. Comprueba ahora las entradas de las tablas de encaminamiento de `r1` y de `r4`.

Interrompe el `ping` y comprueba la ruta que están siguiendo los mensajes intercambiados entre `pc1` y `pc2` con `tracert`.

9. Por último, vuelve a arrancar de nuevo `quagga` en `r5`. Observa cómo cambian las tablas de encaminamiento en `r1` y `r4` y apenas se interrumpe el `ping`.

Comprueba de nuevo cuál es ahora la ruta que están siguiendo los mensajes intercambiados entre `pc1` y `pc2` con `tracert`. Observa y apunta el número de segundos que aproximadamente tarda en aprenderse de nuevo la ruta a través de `r5`, mirando continuamente la tabla de encaminamiento de `r1`. Mira también los números de secuencia de los `icmps` del `ping`, y fíjate si alguno se pierde mientras se cambia de la ruta antigua a la ruta nueva.

## 2. OSPF: red con varias áreas

En el fichero `lab-OSPF-Areas.tgz` está definida una red como la que se muestra en la figura 2. Descomprime el fichero de configuración del escenario `lab-OSPF-Areas.tgz`. Al arrancar NetGUI debes abrir el escenario definido en el directorio `lab-OSPF-Areas`.

- Arranca todas las máquinas de una en una. Las máquinas `pc1` y `pc2` tienen rutas por defecto a `r1` y `r4` respectivamente. Los *routers* tienen configurado OSPF, **estando todos ellos en el área 0**.
  - Arranca `quagga` en todos los *routers*, y espera aproximadamente un minuto.
1. Con la orden `route` comprueba las tablas de encaminamiento en `r1`, `r4`, `r6` y `r9`. Deberían tener ruta a todas las redes de la figura. Comprueba el coste de cada ruta.

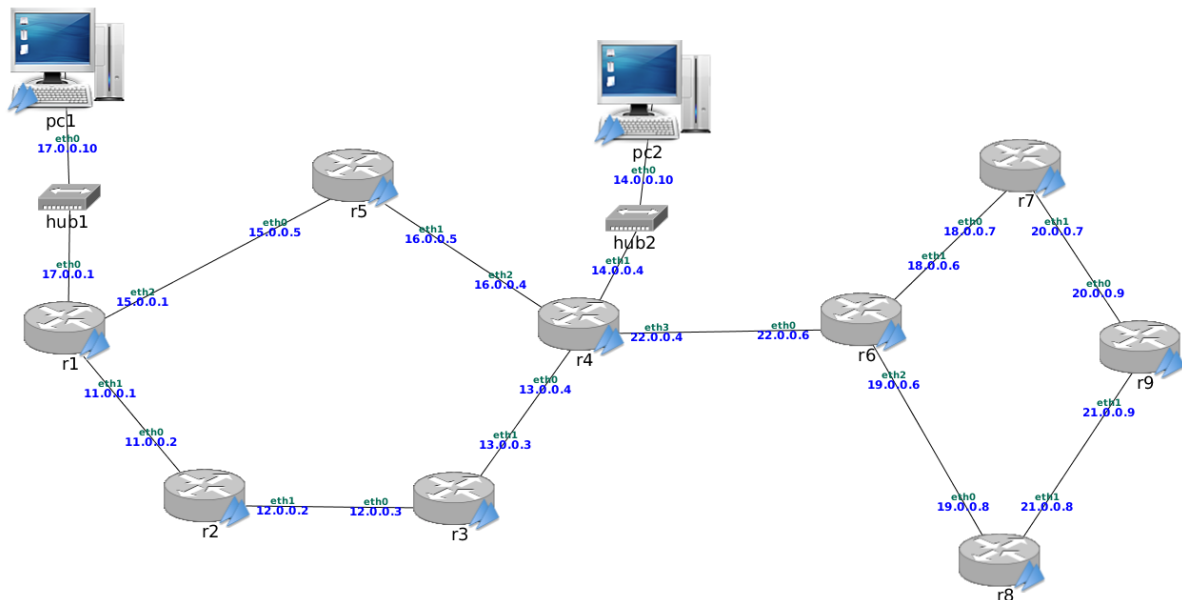


Figura 2: Diagrama de red con todos los *routers* en el área 0

2. Comprueba en esos mismos *routers*, a través de su interfaz VTY, los mensajes LSU *Router-LSA* y *Network-LSA* presentes en sus bases de datos. Toma nota de qué mensajes hay exactamente.
- Apaga *quagga* en todos los *routers*. Configura ahora todos ellos de forma que se establezcan las áreas que se muestran en la figura 3. Para ello, edita sus ficheros `/etc/quagga/ospfd.conf` y cambia el área al que pertenece cada interfaz de cada router en las líneas **network**.

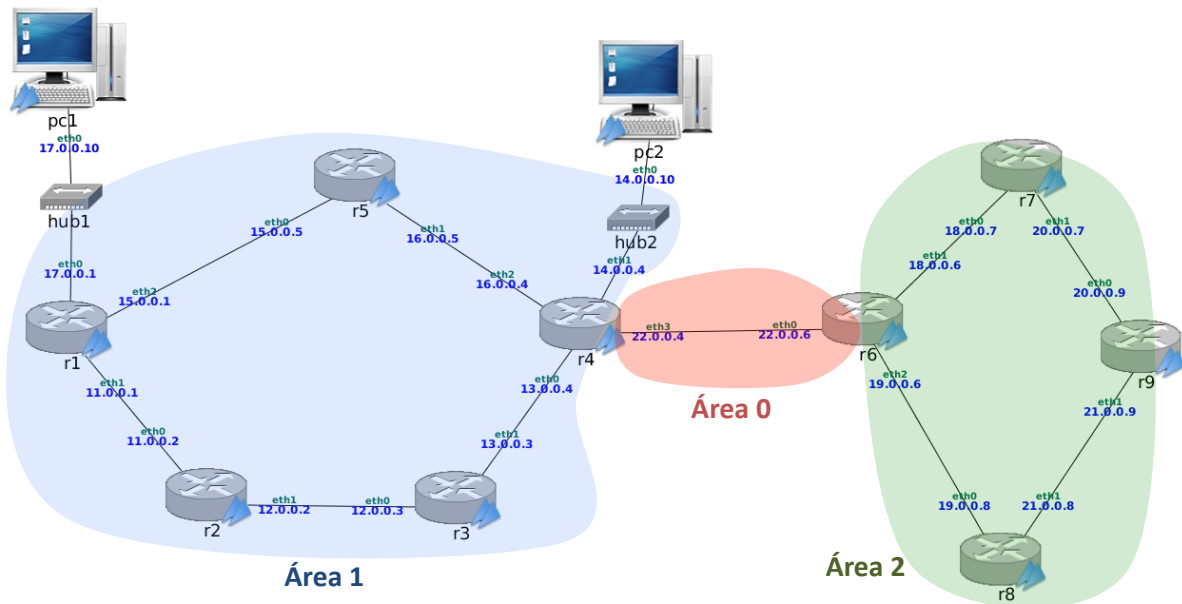


Figura 3: Diagrama de red con varias áreas

- Reinicia *quagga* en todos los *routers* **excepto** r4 y r6, y espera aproximadamente un minuto.
3. Mira las bases de datos de r1 y r5. ¿Hay algún mensaje LSU *Summary-LSA* en ellas? ¿Por qué?

- Para observar los mensajes que envíen **r4** y **r6** cuando activen OSPF, arranca `tcpdump` en **r3(eth1)**, **r4(eth3)** y **r7(eth0)**.
  - Arranca ahora *quagga* en **r4** y **r6**, y espera aproximadamente un minuto. Interrumpe las capturas.
4. Localiza en la captura los mensajes **LS Update** que envía **r4** a **r3** que permiten a **r3** añadir una ruta para cada una de las siguientes redes:
- 18.0.0.0/24
  - 19.0.0.0/24
  - 20.0.0.0/24
  - 21.0.0.0/24

Contesta a las siguientes preguntas:

- a) ¿De qué tipo de LSAs se trata?
  - b) ¿Qué router es el que está anunciando esos LSAs? ¿Por qué no es **r6** si las subredes son del área 2?
  - c) Para cada uno de esos LSAs, indica cuál es su métrica y por qué.
  - d) Busca en la tabla de encaminamiento OSPF de **r3** y relaciona el valor de la métrica del mensaje con el coste que tiene aprendido en la tabla de encaminamiento.
5. Con lo que has aprendido del apartado anterior, trata de suponer cómo serían los mensajes que **r6** le envía a **r7** para informar de las siguientes subredes:
- 11.0.0.0/24
  - 12.0.0.0/24
  - 13.0.0.0/24
  - 14.0.0.0/24
  - 15.0.0.0/24
  - 16.0.0.0/24
  - 17.0.0.0/24
- a) Para cada uno de los anuncios anteriores supón qué tipo de LSA, qué valor viaja en el campo **Advertising router**, cuál es el valor de métrica anunciado. Localiza en la captura los mensajes **LS Update** que envía **r6** a **r7** para confirmar tu suposición.
  - b) Supón qué habrá añadido **r7** en su tabla de encaminamiento OSPF y comprueba tus suposiciones consultando la tabla en **r7**.
6. Localiza en las tres capturas qué tipo de LSA contiene el anuncio de la existencia de la red 22.0.0.0/24:
- cuando **r3** la aprende de **r4**
  - cuando **r6** la aprende de **r4**
  - cuando **r7** la aprende de **r6**



7. Localiza en las tres capturas qué tipo de LSA contiene el anuncio de la existencia de la red 14.0.0.0/24:
  - cuando r3 la aprende de r4
  - cuando r6 la aprende de r4
  - cuando r7 la aprende de r6
8. Comprueba las tablas de encaminamiento en r1, r4, r6 y r9. Comprueba el coste de cada ruta. Compara los resultados con los obtenidos en la pregunta 1.
9. Comprueba en esos mismos *routers*, a través de su interfaz VTY, los mensajes LSU *Router-LSA*, los *Network-LSA* y los *Summary-LSA* presentes en sus bases de datos. Compara con los resultados obtenidos en la pregunta 2.