

## Práctica 4. Enrutamiento dinámico con OSPF (Open Shortest Path First)

### Objetivos de aprendizaje

- Conocer el funcionamiento del protocolo OSPF (Open Shortest Path First) y sus características.
- Entender las diferencias con el protocolo RIP.
- Ser capaz de hacer funcionar el enrutamiento dinámico mediante OSPF en una red.
- Comprender la utilidad de las áreas de tipo *stub* y *totally stub*.
- Entender la sumarización de rutas y las repercusiones en el diseño del esquema de direccionamiento.
- Ser capaz de manejar los costes de los enlaces.
- Configurar la propagación de rutas por defecto en OSPF.

### Introducción a OSPF

OSPF es un protocolo de enrutamiento de estado de enlace. En este tipo de protocolos cada nodo mide el estado de los enlaces (retardo, ancho de banda, etc) con sus vecinos. Una vez recogida la información de vecindad y asignado un coste a los enlaces con sus vecinos, cada nodo inunda la red con esta información. Al aplicar todos los nodos el mismo procedimiento, finalmente todos los nodos conocen el grafo completo de la topología de red. A partir del grafo, cada nodo calcula la ruta de coste mínimo entre él mismo y todos los posibles destinos de la red, utilizando el algoritmo de Dijkstra. El administrador debe definir los costes de cada enlace. Por ejemplo, podría utilizar el número de saltos o unos pesos inversamente proporcionales al ancho de banda [1]. El envío de los paquetes con la información de estado de enlaces se produce periódicamente (por defecto cada media hora) o si hay un cambio del coste o del estado.

Actualmente se utilizan dos versiones del protocolo: OSPFv2 que opera con IP versión 4 [2] y OSPFv3 que lo amplía para soportar IPv6 [3]. En esta práctica nos centraremos en el uso de OSPFv2.

OSPF agrupa las redes de un sistema autónomo en áreas. Cada una de las áreas mantiene una *base de datos de estado de enlace*, que es un grafo cuyos nodos son los routers y las redes agrupadas en el área. Las aristas indican enlaces punto a punto entre dos routers o que un router tiene una interfaz en una determinada red. La topología de cada área es invisible para los routers que no pertenecen al área. Si un router pertenece a más de un área se dice que es un router fronterizo de área (*Area Border Router*, ABR). Durante el enrutamiento se pueden producir dos situaciones. Si el origen y el destino pertenecen al mismo área, se utiliza la base de datos de estado de enlace del área. Si las áreas del origen y el destino son distintas, la ruta puede dividirse en tres tramos: El tramo desde el origen hasta el router fronterizo de área, el tramo de red troncal entre el ABR del área de origen y el ABR del área de destino, y, finalmente, el tramo desde el ABR del área destino hasta la red de destino. Todas las redes OSPF deben contener al menos un área troncal, el área 0.0.0.0, que se encarga de enrutar el tráfico entre áreas no troncales. Todos los routers fronterizos de áreas deben pertenecer al área troncal [2].

En OSPF se distinguen cuatro tipos de routers:

- Router interno: Todas las redes directamente conectadas pertenecen al mismo área.
- Router fronterizo de área (ABR): Es un router conectado a varias áreas.
- Routers troncales: Tienen una interfaz conectada a una red del área troncal. Todos los routers fronterizos de área son también routers troncales, pero no al revés.
- Router fronterizo del sistema autónomo (ASBR): Es un router que intercambia información con otro sistema autónomo.

Asimismo, las interfaces OSPF reconocen tres tipos de redes:

- Broadcast: No se puede saber de antemano cuantos routers hay conectados. Las redes con tecnología Ethernet son un ejemplo de red broadcast.
- Punto-a-punto: Son redes en las que sólo participan dos nodos.
- Redes de acceso múltiple sin capacidad broadcast (NBMA): Son redes de con tecnologías X.25, Frame Relay o ATM.

En las redes broadcast y de acceso múltiple con al menos dos routers existe un router designado (*Designated router*, DR). El router designado, entre otras responsabilidades, genera los LSA (*link state advertisement*) en la red. La elección del router designado se produce por medio del protocolo *Hello*. Esto permite reducir el número de adyacencias en este tipo de redes y en consecuencia reducir el tráfico debido a OSPF y el tamaño de las bases de datos de estado de enlace. Además del router designado, también se elige un router designado de backup (*backup designated router*, BDR) que hace de router designado cuando éste falla [2].

## Topología

Descargue el fichero con la topología del aula virtual. Este fichero contendrá todas las máquinas virtuales con una configuración básica y las direcciones de red estarán asignadas a las interfaces.

En la tabla 1 podrá encontrar un listado con cada una de las interfaces y sus direcciones.

## Paso 1. Configurar el área 0

Configure OSPF para las redes del área 0 en QuaggaRouter-3 y QuaggaRouter-6. En el caso de QuaggaRouter-6 los comando a ejecutar serían:

```
router6(config)# router ospf
router6(config-router)# network 10.0.0.4/30 area 0
router6(config-router)# network 10.0.0.0/30 area 0
```

A continuación, revise las tablas de enrutamiento de ambos routers. Por ejemplo, para QuaggaRouter-6:

```
router6# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - stat
       0 - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

0  10.0.0.0/30 [110/10] is directly connected,
C>* 10.0.0.0/30 is directly connected, eth1
0  10.0.0.4/30 [110/10] is directly connected,
C>* 10.0.0.4/30 is directly connected, eth0
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

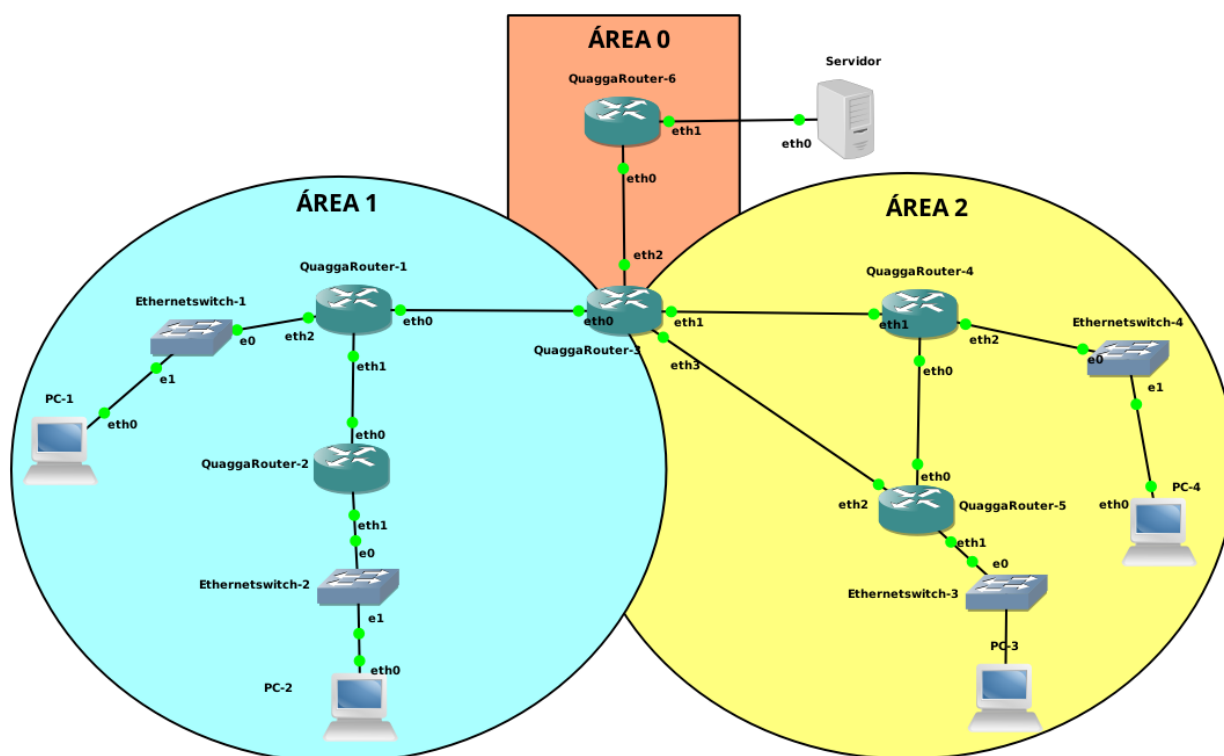


Figura 1: Esquema de la topología de red.

## Paso 2. Configurar OSPF para el resto redes en el resto de áreas

Es importante recalcar que lo que pertenece a las áreas son las redes y no los routers (recuerde los tipos de routers que se mencionaron en la introducción). Por ejemplo, en QuaggaRouter-1 la secuencia de órdenes a ejecutar sería:

```

router1(config)# router ospf
router1(config-router)# network 10.0.0.8/30 area 1
router1(config-router)# network 10.0.0.20/30 area 1
router1(config-router)# network 10.1.0.0/20 area 1
  
```

## Paso 3. Configurar los Router-ID

Para ver los vecinos de un router se utiliza el comando `show ip ospf neighbor`. Por ejemplo, para QuaggaRouter-3:

```

router3# show ip ospf neighbor
Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface RXmtL RqstL DBsmL
10.1.0.1 1 Full/DR 30.815s 10.0.0.10 eth0:10.0.0.9 0 0 0
10.2.1.1 1 Full/DR 36.400s 10.0.0.14 eth1:10.0.0.13 0 0 0
10.0.0.5 1 Full/Backup 36.933s 10.0.0.5 eth2:10.0.0.6 0 0 0
  
```

Observe la primera columna de la izquierda. Esta columna corresponde a los Router-ID de los vecinos. OSPF utiliza el Router-ID para identificar al dispositivo que origina o procesa información del protocolo. El Router-ID es un entero de 32 bits que se suele expresar en notación decimal en formato de 4 bytes (igual que las direcciones IPv4). La asignación del Router-ID realiza mediante el siguiente procedimiento:

1. Si Router-ID está configurado, se utiliza el valor establecido en la configuración.

Dispositivo	Interfaz	Dirección/Máscara
QuaggaRouter-1	eth0	10.0.0.10/30
QuaggaRouter-1	eth1	10.0.0.21/30
QuaggaRouter-1	eth2	10.1.0.1/24
QuaggaRouter-2	eth0	10.0.0.22/30
QuaggaRouter-2	eth1	10.1.1.1/24
QuaggaRouter-3	eth0	10.0.0.9/30
QuaggaRouter-3	eth1	10.0.0.13/30
QuaggaRouter-3	eth2	10.0.0.6/30
QuaggaRouter-3	eth3	10.0.0.26/30
QuaggaRouter-4	eth0	10.0.0.17/30
QuaggaRouter-4	eth1	10.0.0.14/30
QuaggaRouter-4	eth2	10.2.1.1/24
QuaggaRouter-5	eth0	10.0.0.18/30
QuaggaRouter-5	eth1	10.2.0.1/24
QuaggaRouter-5	eth2	10.0.0.25/30
QuaggaRouter-6	eth0	10.0.0.5/30
QuaggaRouter-6	eth1	10.0.0.1/30
PC1	eth0	10.1.0.2/24
PC2	eth0	10.1.1.2/24
PC3	eth0	10.2.0.2/24
PC4	eth0	10.2.1.2/24
Servidor	eth0	10.0.0.2/30

Tabla 1: Direcciones de red en cada interfaz.

- Si **Router-ID** no está configurado se utiliza la dirección IP más alta de las interfaces de loopback configuradas.
- Si no hay ninguna interfaz de loopback configurada, se toma la IP más alta de las interfaces físicas que se encuentren operativas (up) en el momento de activar el proceso OSPF en el router.
- Si no hay ninguna interfaz física operativa el proceso de OSPF no se inicia.

En el estado actual del router los **Router-ID** se asignan utilizando el punto 3, ya que el **Router-ID** no está configurado y tampoco hay interfaces loopback. El uso de este procedimiento podría dar lugar a una asignación de **Router-ID** distinta cada vez que se inicia el router, ya que el orden de activación de las interfaces puede depender de otros dispositivos de la red. Estas variaciones pueden dificultar el proceso de depuración para el administrador. Por ello, es conveniente asignar un identificador fijo a cada router utilizando el siguiente comando:

```
router3(config)# router ospf
router3(config-ospf)# router-id 3.3.3.3
```

donde 3.3.3.3 es el identificador, en este caso del router 3. Ahora que ya sabe como asignar un **Router-ID**, asigne uno a cada router de la red.

```
router3# show ip ospf neighbor
```

Neighbor	ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface	RXmtL	RqstL	DBsmL
1.1.1.1		1	Full/DR	37.693s	10.0.0.10	eth0:10.0.0.9	0	0	0
4.4.4.4		1	Full/DR	37.895s	10.0.0.14	eth1:10.0.0.13	0	0	0
6.6.6.6		1	Full/Backup	33.775s	10.0.0.5	eth2:10.0.0.6	0	0	0

## Paso 4. Propagación de una ruta por defecto

Ahora, en el **QuaggaRouter-6**, instale una ruta estática por defecto que lleve el tráfico hacia el **Servidor**, que sería un host de Internet. Para que dicha ruta por defecto se propague hacia el resto de la red, deberá realizar

los pasos de configuración necesarios en QuaggaRouter-6. Averigüe las configuraciones que deberá llevar a cabo y aplíquelas.

## Paso 5. Optimizando el tamaño de las bases de datos de estado de enlace: Áreas de tipo *stub*

Las áreas de tipo stub son aquellas en las que todo el tráfico que entra o sale del área pasa por un único ABR. En el caso de la topología de esta práctica, el área 1 es un área de tipo *stub*.

Revise la tabla de enrutamiento de QuaggaRouter-1:

```
router1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/11] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O>* 10.0.0.0/30 [110/30] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O>* 10.0.0.4/30 [110/20] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O   10.0.0.8/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:24:49
C>* 10.0.0.8/30 is directly connected, eth0
O>* 10.0.0.12/30 [110/20] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O>* 10.0.0.16/30 [110/30] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O   10.0.0.20/30 [110/10] is directly connected, eth1, 00:53:19
C>* 10.0.0.20/30 is directly connected, eth1
O>* 10.0.0.24/30 [110/20] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O   10.1.0.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 01:46:39
C>* 10.1.0.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.1.1.0/24 [110/20] via 10.0.0.22, eth1, 00:04:27
O>* 10.2.0.0/24 [110/40] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
O>* 10.2.1.0/24 [110/30] via 10.0.0.9, eth0, 00:04:26
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Como puede comprobar la tabla de enrutamiento contiene una entrada por cada una de las redes de la topología, incluso aquellas pertenecientes a otras áreas. La pregunta que surge inmediatamente es: ¿Dónde ha quedado el aislamiento entre las distintas áreas? Al no haber indicado el tipo de área todas las áreas son standard y la base de datos de estado de enlace se propaga por todas ellas.

En OSPF se distinguen distintos tipos de áreas:

- Standard: Es el tipo de área predeterminado. Permite la actualización de rutas, la sumarización de rutas y las rutas externas al sistema autónomo.
- Backbone: Es el área principal de una topología OSPF. **Se etiqueta como área 0 y debe existir en todas las redes.** Permite la actualización de rutas, la sumarización de rutas y las rutas externas al sistema autónomo.
- Stub Area: Este tipo de área no acepta rutas del exterior del sistema autónomo, ni redistribución de rutas (rutas procedentes de otros protocolos de enrutamiento como RIP o EIGRP). Para salir del **sistema autónomo** se emplea la ruta por defecto propagada por el ABR hacia los routers internos del área.
- Totally Stub Area: Este tipo de área no acepta rutas del exterior del sistema autónomo, ni redistribución de rutas (rutas procedentes de otros protocolos de enrutamiento como RIP o EIGRP), ni rutas de otras áreas. Para salir del **área** se emplea la ruta por defecto propagada por el ABR hacia los routers internos del área.
- Not-so-stubby area (NSSA): Son iguales a las áreas stub, con la diferencia de que si es posible conectar un ASBR que propague procedentes de otros orígenes como RIP, EIGRP, etc.

Un área accesible por un único ABR puede considerarse como un área *stub* o *totally stub* (áreas 1 y 2). Para que OSPF tenga en cuenta este hecho, deberá configurar el área 1 como área stub en cada uno de los routers internos del área. Por ejemplo en el *QuaggaRouter-1* se haría:

```
router1(config)# router ospf
router1(config-router)# area 1 stub
```

En el ABR del área, para convertir el área stub en un área totally stub utilice:

```
router3(config)# router ospf
router3(config-router)# area 1 stub no-summary
```

Una vez configurados los tres routers del área 1, espere a que se transmitan los mensajes de estado de enlace y compruebe nuevamente la tabla de enrutamiento de *QuaggaRouter1*.

```
router1# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/11] via 10.0.0.9, eth0, 00:20:03
O   10.0.0.8/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:40:26
C>* 10.0.0.8/30 is directly connected, eth0
O   10.0.0.20/30 [110/10] is directly connected, eth1, 01:08:56
C>* 10.0.0.20/30 is directly connected, eth1
O   10.1.0.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 02:02:16
C>* 10.1.0.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.1.1.0/24 [110/20] via 10.0.0.22, eth1, 00:20:04
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Observe que ahora todas las rutas hacia redes fuera del área 1 han sido reemplazadas por una ruta por defecto, reduciendo así el tamaño de la base de datos de estado de enlace del área 1.

**Ahora declare el área 2 como área *totally stub* y observe lo que sucede.** Analice las tablas de enrutamiento de *QuaggaRouter-4* y *QuaggaRouter-5*.

## Paso 6. Sumarización de rutas

Observe la tabla de enrutamiento de *QuaggaRouter-6*:

```
router6# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O   10.0.0.0/30 [110/10] is directly connected, eth1, 04:05:32
C>* 10.0.0.0/30 is directly connected, eth1
O   10.0.0.4/30 [110/10] is directly connected, eth0, 03:15:15
C>* 10.0.0.4/30 is directly connected, eth0
O>* 10.0.0.8/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 03:14:12
O>* 10.0.0.12/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 02:55:53
O>* 10.0.0.16/30 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 02:55:53
O>* 10.0.0.20/30 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 02:23:15
O>* 10.0.0.24/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 02:17:22
O>* 10.1.0.0/24 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 00:00:02
O>* 10.1.1.0/24 [110/40] via 10.0.0.6, eth0, 00:00:02
O>* 10.2.0.0/24 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 00:00:02
O>* 10.2.1.0/24 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 00:00:02
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Vea como esta tabla contiene un número elevado de entradas. Recuerde que un router debe procesar la tabla de enrutamiento cada vez que un paquete IP pasa por él. Si el número de entradas de la tabla fuese menor se reduciría el tiempo de procesamiento. Una buena configuración de red debería favorecer un número reducido de entradas.

Active el mecanismo de sumariación de rutas para las áreas 1 y 2 en el ABR:

```
router3(config-router)# area 2 range 10.2.0.0/23
router3(config-router)# area 1 range 10.1.0.0/23
```

Vuelva a comprobar la tabla de enrutamiento en QuaggaRouter-6:

```
router6# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O   10.0.0.0/30 [110/10] is directly connected, eth1, 04:09:47
C>* 10.0.0.0/30 is directly connected, eth1
O   10.0.0.4/30 [110/10] is directly connected, eth0, 03:19:30
C>* 10.0.0.4/30 is directly connected, eth0
O>* 10.0.0.8/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 03:18:27
O>* 10.0.0.12/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 03:00:08
O>* 10.0.0.16/30 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 03:00:08
O>* 10.0.0.20/30 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 02:27:30
O>* 10.0.0.24/30 [110/20] via 10.0.0.6, eth0, 02:21:37
O>* 10.1.0.0/23 [110/40] via 10.0.0.6, eth0, 00:01:05
O>* 10.2.0.0/23 [110/30] via 10.0.0.6, eth0, 00:01:20
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Observe como las rutas que ha anunciado el ABR para las áreas 1 y 2 son 10.1.0.0/23 y 10.2.0.0/23, que son los prefijos comunes de las redes principales de las áreas 1 y 2. Se han reducido el número de entradas en 2 al sumariarse las entadas con prefijo común. Sin embargo, sigue habiendo una entrada por cada una de las redes de interconexión ya que aún perteneciendo al área no comparten el prefijo asignado. La pregunta que surge es, ¿se puede mejorar el esquema de direccionamiento para favorecer la sumariación de rutas?. La respuesta es sí. Para ello es necesario agrupar todas las redes dentro del mismo área en el mismo bloque de direcciones, tal y como se ha visto en clase.

Escriba un nuevo esquema de direccionamiento para facilitar la sumariación de rutas en el esquema de esta práctica. Para ello, deberá agrupar todas las redes pertenecientes al mismo área bajo un prefijo común. Asuma que el prefijo de la red principal es 10.0.0.0/8. **No lo configure en los dispositivos. Sólo debe escribirlo.**

## Paso 7. Manejo de los costes de los enlaces

A diferencia de RIP, OSPF permite tener en cuenta los costes reales de cada uno de los enlaces. Los costes dependen del ancho de banda de cada enlace. El coste mínimo que se puede asignar es 1 (salvo para las redes directamente conectadas que es 0). Para calcular los costes OSPF utiliza un coste de referencia que por defecto es 10000 Kbps. El coste de cada enlace se calcula:

$$\text{Coste} = \left\lceil \frac{\text{Coste de referencia}}{\text{Ancho de banda del enlace en Kbps}} \right\rceil \quad (1)$$

El coste de referencia se puede modificar a nivel de router y el ancho de banda se debe configurar para cada interfaz de red:

```
router(config)# int eth0
router(config-if)# bandwidth 100000
```

Modifique los anchos de banda de los enlaces para los paquetes que vayan desde **QuaggaRouter-5** hacia el **QuaggaRouter-3** vayan por **QuaggaRouter-4**, de forma que el enlace directo quede como backup. Nota: Aumente el ancho de banda del camino indirecto y baje el ancho de banda del camino directo. Tenga en cuenta que **no** está modificando la velocidad del enlace, sólo el valor que se utiliza como coste.

## Referencias

- [1] Jim Kurose y Keith Ross, Redes de Computadoras. Un enfoque descendente, Addison-Wesley, 5ª Edición.
- [2] <http://tools.ietf.org/html/rfc2328>
- [3] <https://tools.ietf.org/html/rfc5340>



# Parte I.

## Laboratorio

### Objetivos de aprendizaje

- Conocer el funcionamiento del protocolo OSPF (Open Shortest Path First) y sus características.
- Ser capaz de hacer funcionar el enrutamiento dinámico mediante OSPF en una red.
- Aplicar la sumarización de rutas de OSPF.

Esta práctica se hará en el aula.

## Esquema de red

### Paso 1. Esquema de red inicial

El esquema de red que deberá montar cada grupo será el de la figura 2.

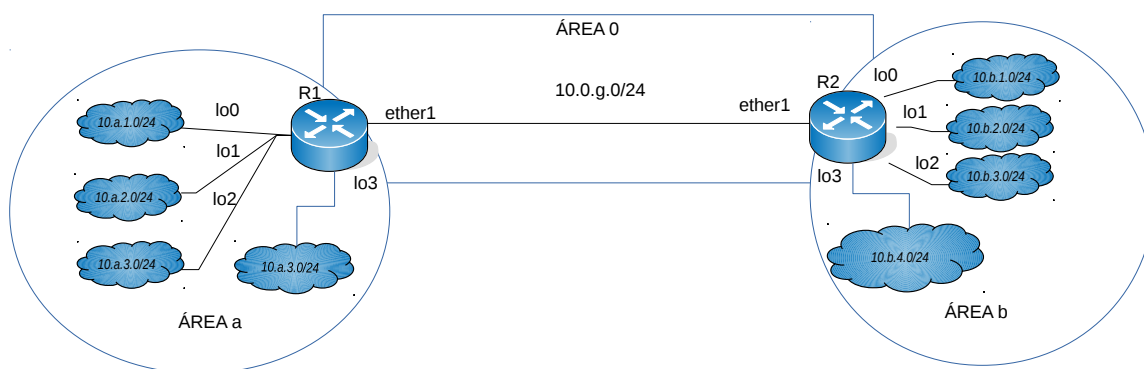


Figura 2: Esquema de red

Cada grupo deberá tener asignados los números de área  $a$  y  $b$ , así como su número de grupo  $g$ , para realizar correctamente la asignación de direcciones. Estos tres números no deben tener coincidencia con ningún otro grupo. Por lo tanto, al comienzo de la clase deberá organizarse la asignación de los mismos.

### Paso 1. Interfaces de loopback.

La presencia de múltiples redes dependientes de cada router se simulará mediante interfaces de *loopback*. En RouterOS, las interfaces de loopback se añaden de la siguiente manera:

```
/interface bridge add name=lo0
```

donde lo0 es el nombre de la interfaz. Del mismo, modo deberá crear las interfaces del lo1, lo2 y lo3.

### Paso 2. Asignar direcciones a las interfaces de red

Ahora deberá asignar una dirección IP a cada una de las interfaces de loopback que acaba de crear. La dirección asignada deberá pertenecer a la red que figura en el esquema y cuya numeración habrá decidido en clase con el profesor.

Asimismo, asigne la dirección a las interfaces físicas de interconexión de ambos routers.

La tabla 2 muestra las direcciones a asignar a las interfaces de cada dispositivo:

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP
R1	lo0	10.a.1.1/24
	lo1	10.a.2.1/24
	lo2	10.a.3.1/24
	lo3	10.a.4.1/24
	ether1	10.0.g.1/24
R2	lo0	10.b.1.1/24
	lo1	10.b.2.1/24
	lo2	10.b.3.1/24
	lo3	10.b.4.1/24
	ether1	10.0.g.2/24

Tabla 2: Direcciones a asignar a las interfaces de cada dispositivo .a y b son los números de área asignados a su grupo de prácticas. g es el número de su grupo.

### Paso 3. Activar el enrutamiento mediante OSPF

En RouterOS, el protocolo OSPF se activa en tres pasos:

1. Activar una instancia OSPF en el router:

```
routing ospf instance add name=default
```

Este paso deberá realizarlo en todos los routers que utilizarán OSPF.

2. Crear las áreas: Para añadir un área tendrá que asignarle un nombre y un identificador de área, que es un entero de 32-bits, que se expresa con la misma nomenclatura que las direcciones IP versión 4. Por ejemplo, para crear un área con nombre **area1** e identificador 0.0.0.0, se utiliza:

```
routing ospf area add name=area1 area-id=0.0.0.1
```

El área 0 o **backbone** no es necesario crearla, viene creada por defecto.

3. Asignar redes a las áreas: Para añadir una red a un área debemos utilizar:

```
routing ospf network add network=10.0.g.0/24 area=backbone
```

El parámetro **network** corresponde a la red a añadir y el parámetro **area** es el nombre del área a la que se va a añadir, en este caso **backbone**.

Añada las redes correspondientes a las interfaces de loopback a las áreas asignadas a sus routers. La red física de interconexión a través de las interfaces **ether1** deberá asignarla al área 0 o backbone.

### Paso 4. Comprobación del funcionamiento

Compruebe las tablas de enrutamiento de ambos routers para ver si el protocolo OSPF se ha activado correctamente.

### Paso 5. Sumarización de rutas

En ambos ABR active la sumarización de rutas para las redes correspondientes al área asociada a ese router. Por ejemplo, para el área 1 sería:

```
ospf area range add area=area1 range=10.1.0.0/16
```

Realice este paso en ambos routers (sólo para las áreas distintas de la de backbone) y compruebe el efecto sobre las tablas de enrutamiento.

## Interconexión entre grupos

Una vez que funciona el esquema de red de cada uno de los grupos, vamos a proceder a interconectar las redes de cada grupo con las de los demás. Para ello, seguimos el esquema que se muestra en la figura 3. La red de cada grupo queda representada mediante una nube y se han obviado las redes internas que ya están configuradas.

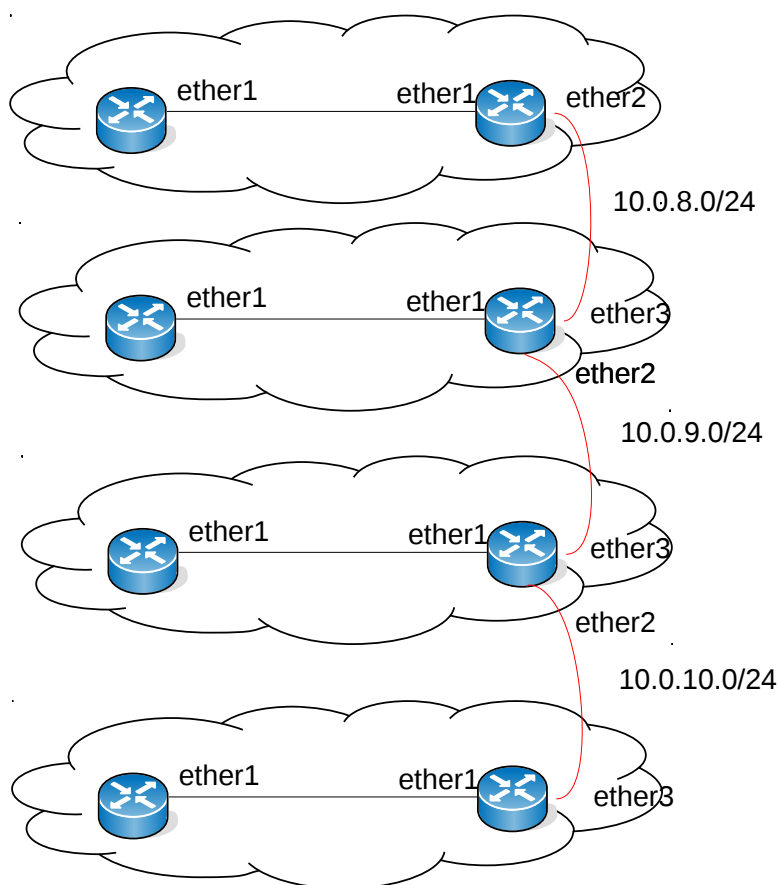


Figura 3: Esquema de red con todas las redes interconectadas

Cada grupo deberá interconectar su red a través del router R2 hacia los grupos contiguos, tal y como se muestra en la figura. Para ello se deben:

- Añadir las direcciones a las interfaces.
- Añadir las redes de interconexión al área 0 de OSPF.

Finalmente, habrá que comprobar si se propagan las rutas correctamente a través del esquema de red revisando las tablas enrutamiento y comprobando la conectividad.

## Paso 1: Conversión a áreas totally stub

Intente convertir las áreas *a* y *b* asignadas a su grupo en áreas totally stub. Para convertir cambiar el tipo de área a área totally stub se utiliza:

```
routing ospf area set area1 type=stub inject-summary-lsa=yes
```

donde **area1** es el nombre del área al que desea modificar el tipo, en este caso, a totally stub.

Convierta las áreas asignadas a su grupo en áreas totally stub y compruebe lo que sucede con las tablas de enrutamiento.

## **Paso 2: Cambiando la red de interconexión a otro área**

Ahora modifique la configuración de OSPF para que la red interconexión entre R1 y R2 pertenezca al área *a* y compruebe las tablas de enrutamiento.

¿Se ha producido algún cambio? ¿a qué es debido?