

|   |   |
|---|---|
| <b>Práctica Encaminamiento</b>                |   |
| Redes y Servicios de Comunicaciones Avanzados | 2017-2018   |

## 1.- Introducción y Objetivos

El objetivo de esta práctica es desplegar y configurar una red IP, de forma que todos los elementos de la misma se puedan comunicar entre sí y con otras redes configuradas por terceros. Dicha configuración se realizará de diversas maneras, ejercitando los conocimientos adquiridos acerca de encaminamiento estático, RIP y OSPF, así como realizando configuraciones más complejas involucrando la convivencia simultánea de diferentes protocolos de encaminamiento. Para todo ello partimos de un escenario cuyo direccionamiento ya ha sido estudiado y planificado con anterioridad.

## 2.- Normas de la práctica

Lea atentamente el enunciado hasta el final antes de empezar a ejecutar la práctica.

La evaluación de la práctica se hace durante la sesión de prácticas. La evaluación se realiza en base a una serie de hitos que deben completarse, así como en la entrega de un pequeño formulario (incluido al final de la práctica). Avise al profesor a medida que complete la configuración necesaria y haya comprobado que el escenario cumple con la funcionalidad que se requiere en cada hito. El formulario completado por el grupo de prácticas se debe entregar como muy tarde al finalizar la última sesión de laboratorio dedicada a la realización de esta práctica.

Para poder realizar la práctica es necesario disponer de una cuenta de usuario en los laboratorios docentes del Departamento de Ingeniería Telemática. Para algunos de los comandos es necesario tener permisos de *superusuario* (administrador). Para dichos comandos (configuración de direcciones, rutas, etc), deben anteponer el comando `sudo` (se os pide vuestra contraseña de usuario). Si tiene problemas, pregunte al profesor de prácticas.

Consulte el manual de los routers Linksys WRT54GS/GL empleados en las prácticas, disponible en <http://www.it.uc3m.es/linksys/>

A cada grupo de prácticas le será asignado un número al inicio de la primera sesión de laboratorio dedicada a la realización de esta práctica. Es importante utilizar dicho número (y no otro diferente) a la hora de configurar – tal y como se indica en este enunciado – los equipos pertenecientes a su grupo.

**NOTA: Ha de entregarse un plan de direccionamiento por grupo de prácticas que cumpla con los requisitos que se detallan en la siguiente sección. La fecha límite de entrega es el comienzo de la sesión 13 (18 de octubre de 2017). Sin la entrega al profesor de un plan de direccionamiento no se podrá realizar la práctica.**

Recuerde que puede emplear el “Laboratorio Virtual UC3M” [5] – un entorno virtual que permite realizar configuraciones sobre escenarios complejos de red empleando para ello tan sólo un PC – para probar sus configuraciones y preparar la práctica antes de ir al laboratorio. El “Laboratorio Virtual UC3M” se encuentra instalado en todos los clientes de los laboratorios docentes del Departamento de Ingeniería Telemática.



*Las partes del enunciado entre estos símbolos indican los hitos de los que se compone la práctica. Avise al profesor de prácticas a medida que vaya completando los diferentes hitos de la práctica.*



*Duración estimada: 16 horas (8 sesiones).*

## 3.- Descripción de la práctica

La arquitectura lógica del escenario de red a construir y configurar en la práctica aparece en la Figura 1. Dicho escenario se corresponde a la topología de red de una sucursal de la empresa descrita en el ejercicio

previo de diseño de red. Asigne direcciones a la red en base a los resultados del ejercicio de diseño que ha realizado con anterioridad a esta práctica y al número de grupo que se le ha asignado. A continuación, resumimos los requisitos de diseño del escenario mostrado en la Figura 1:

- Para la sucursal dispone del rango de direcciones 10.0.X.0/24, donde 'X' indica el número asignado a su grupo de prácticas
- La red troncal que interconecta las sucursales tiene asignado el rango 10.0.0.0/24.
- Se utilizarán routers Linksys WRT54GS/GL que cuentan con 5 interfaces de red LAN (Ethernet).
- Cada sucursal cuenta con varias dependencias, a saber, la Oficina 1, la Oficina 2 y la sala dónde se alojan los diversos servidores de los que hace uso la sucursal. Por la naturaleza de las distintas tareas realizadas en cada dependencia, es necesario contar con redes independientes en cada uno de ellos. La unión entre las diversas redes se realiza tal y como aparece en el esquema de la Figura 1. Dicho esquema proporciona cierta redundancia ante algunos fallos/roturas de enlaces. Tenga en cuenta dicha redundancia a la hora de diseñar las tablas de encaminamiento necesarias en los routers.
- La red de la Oficina 1 debe tener capacidad para albergar hasta 40 equipos finales (PCs, impresoras, etc.) conectados.
- La red de la Oficina 2 debe tener capacidad para albergar hasta 20 equipos finales (PCs, impresoras, etc.) conectados.
- La red de servidores debe tener capacidad para albergar hasta 60 equipos finales conectados.
- Se tienen que asignar direcciones también para las redes (punto a punto) utilizadas para interconectar los diferentes routers.
- Debe asignar direcciones a las interfaces de *loopback* de todos los routers. Estas direcciones han de tener una máscara /32 (es decir, no deben pertenecer a subredes en las que pueda haber otras interfaces conectadas).

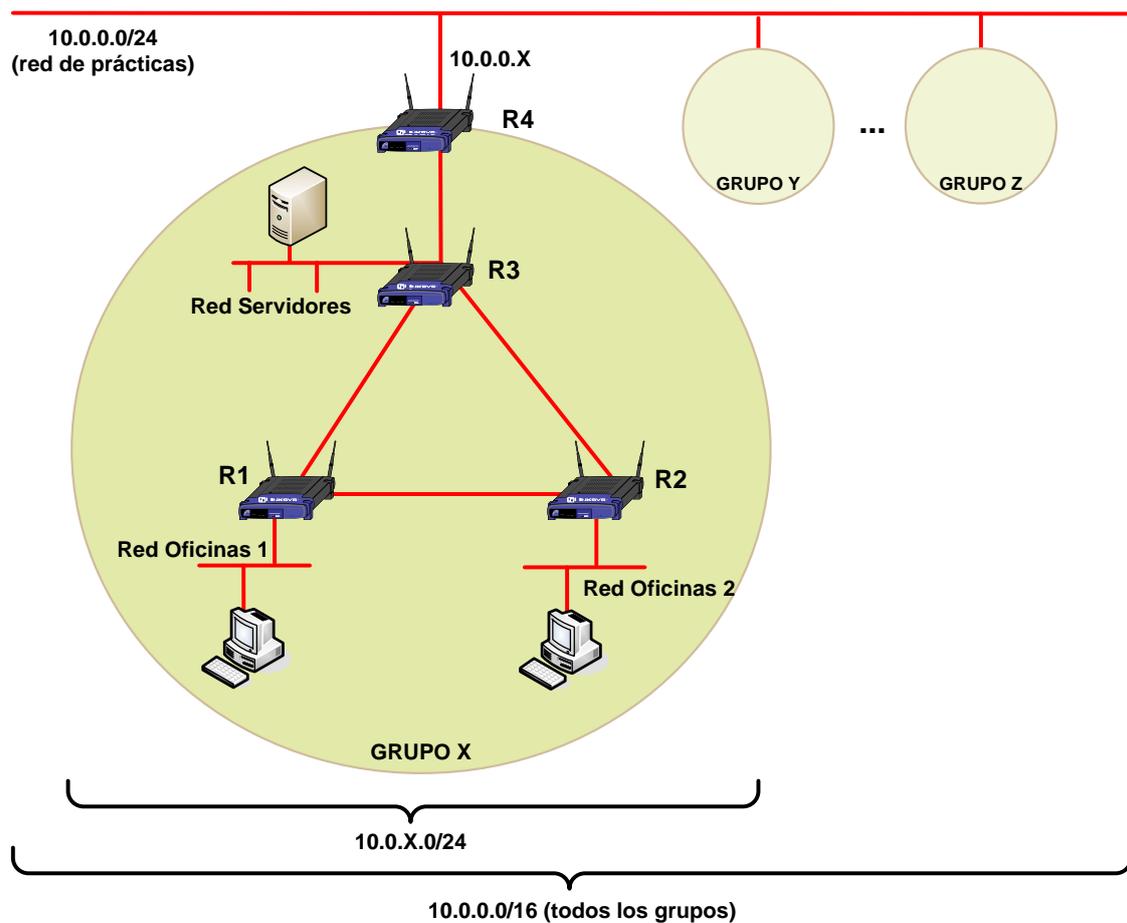


Figura 1 Escenario de red a configurar

### 3.1.- Encaminamiento estático

En esta primera parte de la práctica – cuyo objetivo principal es familiarizarse con los routers, y repasar las configuraciones básicas ya ejercitadas en la asignatura *Redes y Servicios de Comunicaciones* – se va a proceder a configurar los routers de la sucursal utilizando encaminamiento estático. Además, se deben configurar también los sistemas finales (PCs conectados a las redes de la sucursal empleadas<sup>1</sup>) de manera adecuada. Los pasos recomendados a seguir para la realización de este apartado son los siguientes:

1. Construya las redes de la Oficina 1, Oficina 2 y Servidores. Para construir dichas redes puede optar por utilizar un hub/switch, o – dado que sólo vamos a utilizar como máximo un PC por red – por conectar directamente mediante un cable de red la interfaz de Prácticas (*eth1*) del PC a una de las interfaces del router Linksys (R1, R2 o R3). Asigne direcciones IP a la interfaz del router utilizada y a la interfaz de Prácticas del PC. Compruebe que existe conectividad entre el PC y el router utilizando, por ejemplo, el comando *ping*.
2. Interconecte los routers R1, R2 y R3 entre sí como se indica en la figura. Asigne direcciones IP a cada una de las redes creadas para interconectar los routers.
3. Configure las rutas estáticas necesarias en R1, R2, R3 y en los PCs conectados a las diferentes redes, para asegurar una conectividad total entre todas las subredes formadas (y también con las direcciones de *loopback* de los routers). Compruebe que existe conectividad entre las diferentes subredes utilizando, por ejemplo, el comando *ping*. Compruebe también que la ruta seguida por los paquetes es la correcta, utilizando el comando *traceroute* (tanto desde los routers como desde los PCs).
4. Conecte R4 y configure las rutas necesarias en todos los equipos para asegurar la conectividad global del escenario.



**HITO 1:** Compruebe que desde cualquier router y PC tiene conectividad IP con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito.



5. Configure en los routers las rutas de respaldo adicionales necesarias, de forma que, si se rompe alguno de los enlaces entre R1, R2 y R3, no se pierde la conectividad global en el escenario. Para simular la rotura de un enlace, utilice el comando de configuración de interfaz *shutdown* para deshabilitar las interfaces de **cada uno de los dos routers** conectados al enlace cuya caída se quiere emular (si tiene dudas sobre este punto, consulte con el profesor de prácticas).



**HITO 2:** Compruebe que la conectividad global se mantiene, a pesar de la caída de un enlace entre R1, R2 y R3. Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito.



### 3.2.- Encaminamiento dinámico con RIP

En la segunda parte de la práctica se van a proceder a configurar todos los routers de la sucursal para que empleen el protocolo de encaminamiento dinámico RIP. Los pasos recomendados a seguir para la realización de este apartado de la práctica son los siguientes (suponiendo que se parte de la configuración del apartado anterior; en caso contrario, es decir, si parte de routers sin configurar, repita los puntos 1 y 2 anteriores):

6. Elimine las rutas estáticas configuradas anteriormente en **todos** los routers. A continuación, procederemos a configurar los routers utilizando el protocolo de encaminamiento RIP.
7. Active y configure adecuadamente el protocolo de encaminamiento dinámico RIP sólo en las interfaces de los routers en las que sea necesario. Compruebe, utilizando los comandos de visualización del router, que el protocolo de encaminamiento está funcionando como espera, redistribuyendo la información de encaminamiento necesaria.

---

<sup>1</sup> Como mínimo se deben utilizar 2 PCs por sucursal, cada uno de ellos conectado a una de las redes de oficinas. Si la disponibilidad de equipos en el laboratorio lo permite, puede emplear 3 PCs, de forma que pueda disponer de un terminal conectado a cada una de las redes finales de la sucursal.

 **HITO 3:** Compruebe que desde cualquier router y PC tiene conectividad IP con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Verifique, utilizando los comandos de visualización de los que dispone el router, que el protocolo RIP está funcionando adecuadamente. Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito. 

8. Desconecte el cable que interconecta los routers R1 y R2.

 **HITO 4:** Compruebe que transcurrido un tiempo el protocolo de encaminamiento restaura un camino entre las dos subredes de oficinas. Calcule teóricamente cuál es el tiempo (proporcione unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) que tarda el protocolo de encaminamiento en recuperarse de este fallo, sabiendo que los routers empleados no son capaces de detectar el fallo/recuperación de un enlace cuando éste se produce. Mida experimentalmente el tiempo que transcurre desde que desconecta el cable entre R1 y R2 hasta que el encaminamiento llega a una situación estable de conectividad (*tiempo de convergencia*). Incluya ambas respuestas (el cálculo teórico razonado y la medida experimental) en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado. 

Compruebe con el enlace R1-R2 caído – y una vez transcurrido el tiempo de convergencia necesario – que desde cualquier router y PC tiene conectividad IP con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Verifique, utilizando los comandos de visualización de los que dispone el router, que el protocolo RIP está funcionando adecuadamente. Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito.

9. Vuelva a interconectar R1 y R2. Calcule teóricamente el tiempo necesario para que RIP vuelva a utilizar el camino más corto para conectar las dos subredes de oficinas, sabiendo que los routers empleados no son capaces de detectar el fallo/recuperación de un enlace cuando éste se produce. Mida experimentalmente el tiempo que transcurre desde que conecta el cable entre R1 y R2 hasta que la ruta utilizada vuelve a ser la directa entre R1 y R2. Incluya ambas respuestas (el cálculo teórico razonado y la medida experimental) en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado.
10. A continuación, vamos a simular la situación en la que los routers utilizados soportaran la detección automática de la caída de un enlace. Para ello, tenemos que utilizar el comando de configuración de interfaz `shutdown` para deshabilitar las interfaces de **cada uno de los dos routers** (intente deshabilitar las interfaces de ambos routers de forma lo más simultánea que le sea posible) conectados al enlace (si tiene dudas este punto, consulte con el profesor de prácticas). Calcule teóricamente cuál es el tiempo (proporcione unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) que debe tardar la red en recuperarse de este fallo. Mida el tiempo experimentalmente que transcurre desde que deshabilita las interfaces del enlace R1-R2 hasta que el protocolo de encaminamiento llega a una situación estable de conectividad (*tiempo de convergencia*). Incluya ambas respuestas (el cálculo teórico razonado y la medida experimental) en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado.

Compruebe que con el enlace R1-R2 caído – y una vez transcurrido el tiempo de convergencia necesario – desde cualquier router y PC tiene conectividad IP con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Verifique, utilizando los comandos de visualización de los que dispone el router, que el protocolo RIP está funcionando adecuadamente.

11. Vuelva a habilitar (utilizando el comando de interfaz `no shutdown`) las interfaces que interconectan R1 y R2. Calcule teóricamente el tiempo necesario para que RIP vuelva a utilizar el camino más corto para conectar las dos subredes de oficinas. Mida experimentalmente el tiempo que transcurre desde que habilita las interfaces que conectan R1 y R2 entre sí hasta que se vuelve a emplear la ruta directa entre R1 y R2. Incluya ambas respuestas (el cálculo teórico razonado y la medida experimental) en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado.

### 3.3.- Encaminamiento dinámico con OSPF

En esta parte de la práctica se van a proceder a configurar todos los routers de la sucursal para que empleen el protocolo de encaminamiento dinámico OSPF. Los pasos recomendados a seguir para la realización de este apartado la práctica son los siguientes (suponiendo se que parte de la configuración del apartado anterior; en caso contrario, es decir, si parte de routers sin configurar, repita los puntos 1 y 2):

12. Deshabilite RIP en **todos** los routers. A continuación, procederemos a configurar los routers utilizando el protocolo de encaminamiento OSPF.
13. Active y configure el protocolo de encaminamiento dinámico OSPF en las interfaces de los routers en las que sea necesario. No olvide configurar el `router-id` OSPF en cada router. Cada sucursal, es decir, cada grupo, es un área – de tipo *regular* (es decir, normal) – OSPF distinta (utilice como identificador de área la dirección IP 10.0.X.0, dónde X es el número de su sucursal<sup>2</sup>). En la Figura 2 se muestra la configuración de áreas a utilizar en la práctica. Compruebe con los comandos de visualización del router que el protocolo de encaminamiento está funcionando como espera, redistribuyendo la información de encaminamiento necesaria.

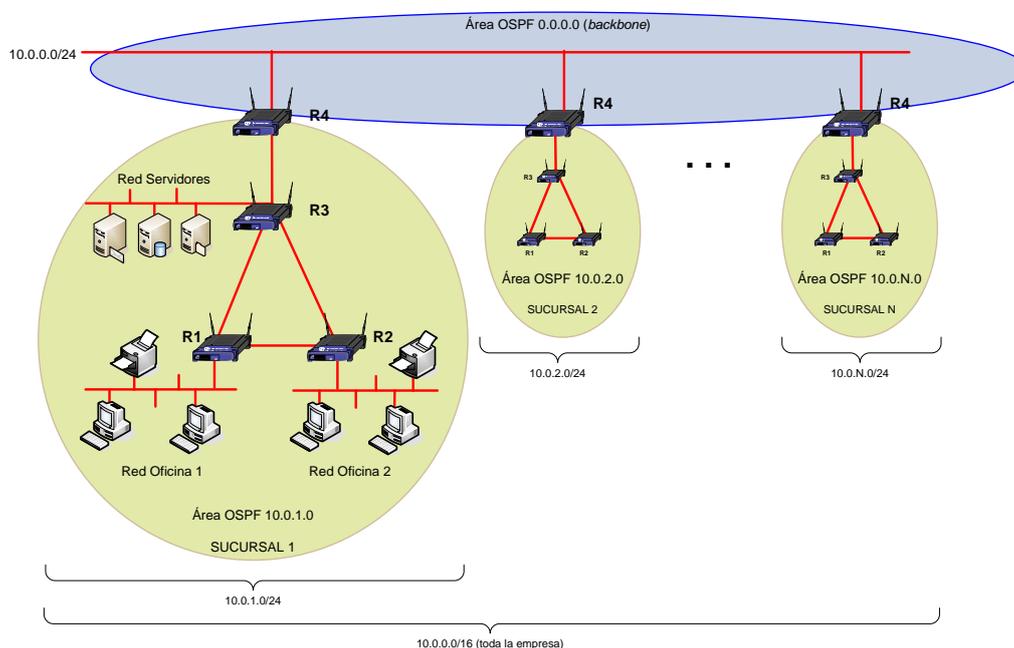


Figura 2 Configuración de áreas OSPF en la práctica

14. Conecte el router R4 a la red de prácticas del laboratorio. Para ello, conecte uno de los cables etiquetados con “Eth-pract” (conector de color rojo) al router. Configure OSPF para que la interfaz del router R4 conectada a la red de prácticas del laboratorio pertenezca al área 0.0.0.0 (*backbone*), con objeto de que se distribuya información de encaminamiento entre diferentes grupos, de forma que se asegure la conectividad entre las subredes (sucursales) conectadas.



**HITO 5:** Compruebe que desde cualquier router y PC tiene conectividad IP con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Verifique, utilizando los comandos de visualización de los que dispone el router, que el protocolo OSPF está funcionando adecuadamente. Compruebe también que desde cualquier equipo de la subred de su grupo (sucursal) tiene conectividad IP con cualquier equipo de la subred de otro grupo<sup>3</sup> (sucursal), y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible. Emplee para ello los comandos `ping` y `traceroute`. Una vez realizada la



<sup>2</sup> Alternativamente, puede también emplear su número de “meta-grupo”/sucursal – X – como identificador de área OSPF.

<sup>3</sup> Si no ha llegado ningún otro grupo a este punto, existe un router previamente configurado por los profesores de prácticas a modo de sucursal 100. Dicho router anuncia la alcanzabilidad del prefijo 10.0.100.0/24. Dentro de este rango, puede emplear 10.0.100.100 como dirección destino en pruebas de conectividad (`ping` y `traceroute`) con la sucursal 100.

configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor para que verifique este hito.

15. Desconecte el cable que interconecta los routers R1 y R2.



**HITO 6:** Compruebe que, transcurrido un tiempo, el protocolo de encaminamiento restaura un camino entre las dos subredes de oficinas. Compruebe que con el enlace R1-R2 caído – y una vez transcurrido el tiempo de convergencia necesario –tiene conectividad IP desde cualquier router y PC con cualquier interfaz de red de todos los equipos del escenario (y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible). Verifique, utilizando los comandos de visualización de los que dispone el router, que el protocolo OSPF está funcionando adecuadamente. Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito.



16. Vuelva a interconectar R1 y R2. Verifique que el protocolo OSPF vuelve a emplear la ruta directa entre R1 y R2 transcurrido el tiempo de convergencia necesario.

### **3.4.- Redistribución de rutas estáticas en OSPF**

En esta parte de la práctica se va a realizar una configuración en la que se redistribuyen rutas estáticas mediante OSPF. Conviene recordar que desde el punto de vista de OSPF, las rutas estáticas son rutas externas (equivalente a que procedieran de otro OSPF AS).

A continuación, se detallan los pasos a realizar (y los hitos a evaluar) en este apartado de la práctica. Por favor, preste atención a todos los pasos necesarios (suponiendo se que parte de la configuración del apartado anterior):

17. Conecte y configure una interfaz adicional del router R2 tal y como aparece en la Figura 3. Específicamente, esto supone conectar una de las interfaces que tuviera disponibles el router R2 a la red de prácticas del laboratorio. Para ello, conecte uno de los cables etiquetados con “Eth-pract” (conector de color rojo) al router. Después configure en la interfaz utilizada de R2 la dirección IP 172.16.0.N/24, dónde N es el número asignado a su grupo. Por último, configure una ruta estática en el router R2 para llegar a la red 172.20.0.0/24 utilizando como siguiente salto a 172.16.0.100. Compruebe que tiene conectividad desde R2 (utilizando ping) a las direcciones 172.16.0.100 y 172.20.0.100.

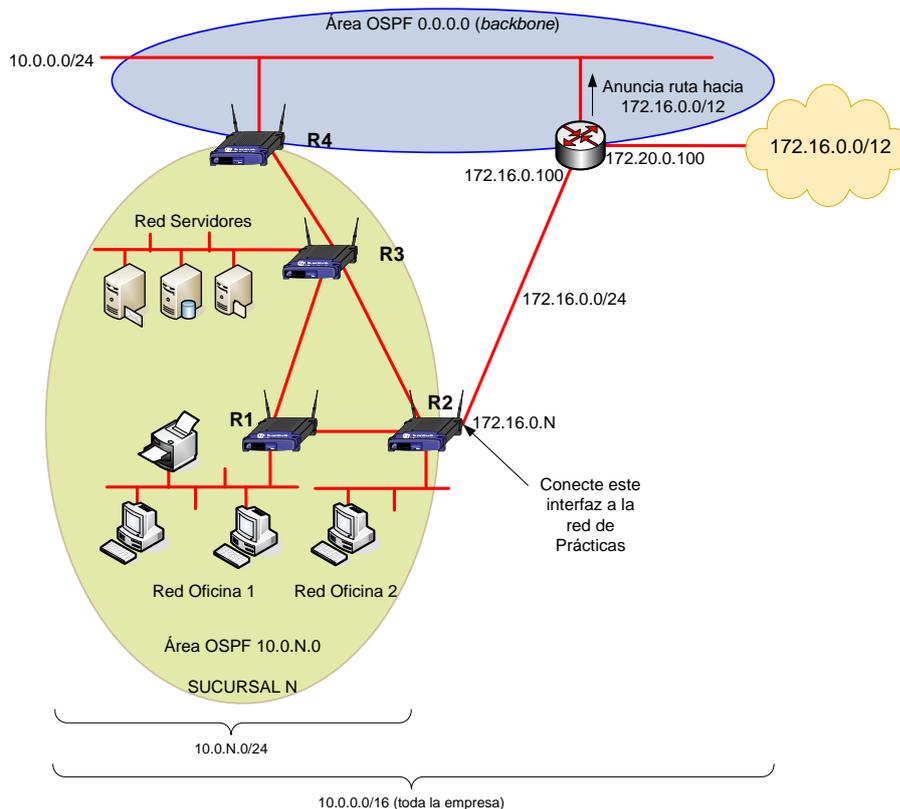
18. Configure R2 para que redistribuya la ruta estática mediante OSPF.



**HITO 7:** Verifique que el resto de routers del grupo han aprendido una ruta hacia la red 172.20.0.0/24 (ruta estática anunciada por R2), visualizando la tabla de rutas de los routers y empleando las herramientas de monitorización de OSPF disponibles en el router. Compruebe que desde un PC de la Red de Oficinas 1 de su sucursal tiene conectividad IP con el equipo 172.20.0.100 y anote la ruta seguida (utilizando `traceroute`). Anote también (guarde la salida en un fichero de texto) las tablas de rutas de los 4 routers de su sucursal.



Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito.



**Figura 3 Escenario redistribución rutas estáticas en OSPF**

20. Configure el área OSPF de su grupo como tipo *stub*.

**HITO 8:** Transcurrido el tiempo de convergencia necesario, verifique la conectividad con el equipo 172.20.0.100. Guarde las tablas de rutas de los 4 routers de su sucursal y compárelas con las obtenidas en el apartado anterior (área OSPF configurada como tipo *regular*), ¿qué cambios observa?, ¿a qué se deben? Compruebe que desde un PC de la Red de Oficinas 1 de su sucursal tiene conectividad IP con el equipo 172.20.0.100 y anote la ruta seguida (utilizando `tracert`). Comente los cambios observados respecto a la ruta obtenida en el apartado anterior. Incluya las respuestas en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado.

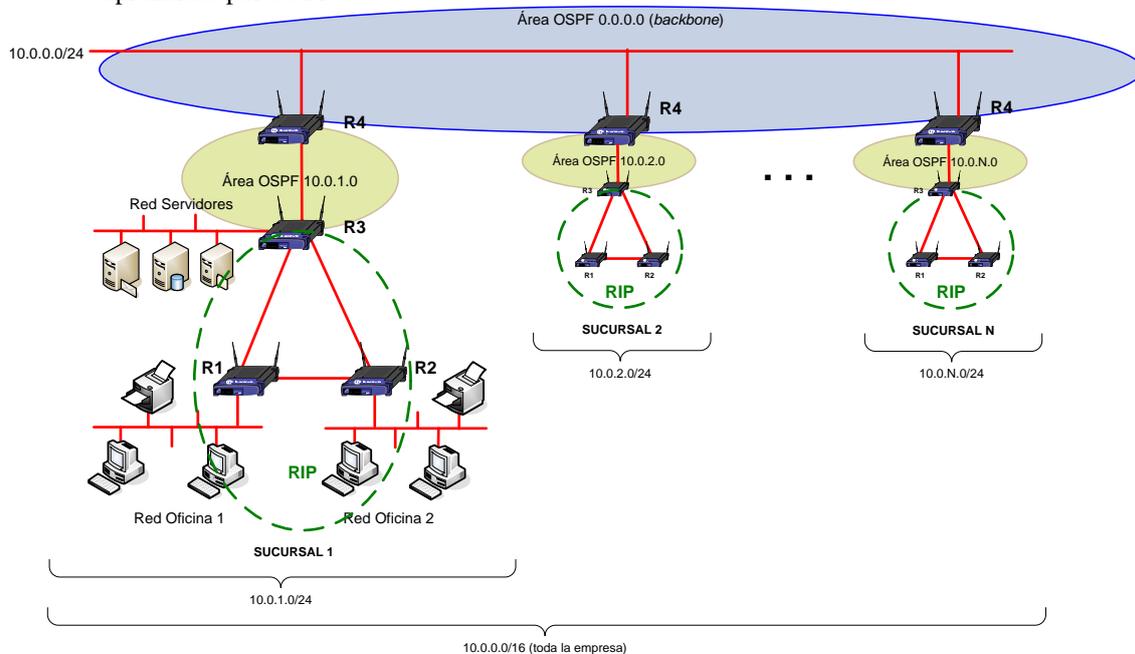
### 3.5.- Redistribución de rutas OSPF - RIP

En esta última parte de la práctica se va a realizar una configuración más compleja. En los 3 primeros apartados de la práctica se ha procedido a configurar todo el escenario de forma homogénea, utilizando el mismo protocolo de encaminamiento intra-dominio. A continuación, se va a proceder a configurar el escenario de manera mixta, de forma que en determinadas partes se emplee RIP, mientras que en otras se utilice OSPF, redistribuyéndose la información de encaminamiento de ambos protocolos con el objetivo de obtener una conectividad total (como en los apartados anteriores). Este escenario refleja – de una forma simplificada – un ejemplo de configuración de protocolos de encaminamiento más complejo.

Los pasos recomendados a seguir para la realización de este apartado la práctica son los siguientes (suponiendo que se parte de la configuración del apartado anterior; en caso contrario, es decir, si parte de routers sin configurar, repita los puntos 1 y 2):

21. Elimine la configuración de OSPF anterior en **todos** los routers. Elimine la conexión adicional de R4 que introdujo en el apartado adicional, así como la ruta estática que configuró en dicho apartado.
22. Active y configure RIP en los routers R1, R2 y R3, tal y como aparece en la Figura 4.

23. Active y configure OSPF en las interfaces que interconectan los routers R3 y R4, de forma que pertenezcan a un área OSPF de tipo *regular* (es decir, normal), usando como identificador de área la dirección IP 10.0.X.0.
24. Configure OSPF para que la interfaz del router R4 conectada a la red de prácticas del laboratorio pertenezca al área 0.0.0.0 (*backbone*), para que se distribuya información de encaminamiento entre diferentes grupos, de forma que se asegure la conectividad entre las sucursales conectadas.
25. Realice la configuración del protocolo RIP necesaria para que éste redistribuya las rutas aprendidas por OSPF.



**Figura 4 Escenario redistribución RIP-OSPF**

26. Realice la configuración del protocolo OSPF necesaria para que éste redistribuya las rutas aprendidas por RIP.

 **HITO 9:** Compruebe que desde cualquier equipo de la subred de su grupo (sucursal) tiene conectividad IP con cualquier equipo de la subred de otro grupo (sucursal), y que la ruta seguida por los paquetes es la más óptima posible. Emplee para ello los comandos `ping` y `traceroute`. Una vez realizada la configuración necesaria y comprobada la funcionalidad requerida, avise al profesor de prácticas para que verifique este hito. 

27. Configure el área 10.0.X.0 como tipo *stub*. Verifique el funcionamiento en este caso, ¿qué ocurre?, explique el comportamiento observado y el porqué del mismo. Incluya la respuesta en el formulario de respuestas que se incluye al final de este enunciado.

## Referencias

- [1] Páginas de manual de GNU/Linux
- [2] Manual de configuración de los routers Linksys WRT54GS/GL utilizados en las prácticas, <http://www.it.uc3m.es/linksys/>
- [3] Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO, <http://www.lartc.org/howto>  
En español: <http://almacen.gulic.org/lartc/lartc.pdf>
- [4] Linux Networking HOWTO, <http://www.tldp.org/HOWTO/Net-HOWTO/>
- [5] Laboratorio virtual UC3M, [http://www.it.uc3m.es/uc3m\\_lab\\_virtual/](http://www.it.uc3m.es/uc3m_lab_virtual/)

|   |   |
|---|---|
| <b>Práctica Encaminamiento</b>                |   |
| Redes y Servicios de Comunicaciones Avanzados | 2017-2018   |

## Formulario de cuestiones

|                     |  |
|---------------------|--|
| Grupo:              |  |
| Nombre y Apellidos: |  |

**NOTA:** Tenga en cuenta que los routers empleados implementan “*triggered updates*” (no es posible desactivarlo mediante configuración), que la variante “*split-horizon*” está activada por defecto y que se utilizan los valores de los temporizadores RIP por defecto.

**Cuestión 1.** Calcule teóricamente el tiempo de convergencia (proporcionando unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) del protocolo de routing RIP tras desconectar el enlace R1-R2, sabiendo que los routers empleados no son capaces de detectar el fallo/recuperación de un enlace cuando éste se produce. Razone y detalle el cálculo realizado.

**Cuestión 2.** Mida el tiempo experimentalmente que transcurre desde que desconecta el cable entre R1 y R2 hasta que el protocolo de encaminamiento RIP llega a una situación estable de conectividad (*tiempo de convergencia*). ¿Se corresponde con el valor calculado teóricamente en la cuestión anterior? Comente los resultados obtenidos.

**Cuestión 3.** Calcule teóricamente el tiempo de convergencia (proporcionando unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) del protocolo de routing RIP tras volver a conectar el enlace R1-R2, sabiendo que los routers empleados no son capaces de detectar el fallo/recuperación de un enlace cuando éste se produce. Razone y detalle el cálculo realizado.

**Cuestión 4.** Mida el tiempo experimentalmente que transcurre desde que conecta el cable entre R1 y R2 hasta que RIP llega a una situación estable de conectividad en la que se vuelve a emplear el camino más corto para encaminar paquetes entre las dos redes de oficinas. ¿Se corresponde con el valor calculado teóricamente en la cuestión anterior? Comente los resultados obtenidos.

**Cuestión 5.** Calcule teóricamente el tiempo de convergencia (proporcionando unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) del protocolo de encaminamiento RIP tras deshabilitar las interfaces que interconectan a R1 y R2. Razone y detalle el cálculo realizado.

**Cuestión 6.** Mida el tiempo experimentalmente que transcurre desde que deshabilita las interfaces que interconectan a R1 y R2 hasta que RIP llega a una situación estable de conectividad (*tiempo de convergencia*). ¿Se corresponde con el valor calculado teóricamente en la cuestión anterior? Comente los resultados obtenidos.

**Cuestión 7.** Calcule teóricamente el tiempo de convergencia (proporcionando unos márgenes de tiempo con la mayor precisión que pueda) del protocolo de encaminamiento RIP tras volver a habilitar las interfaces que interconectan a R1 y R2. Razone y detalle el cálculo realizado.

**Cuestión 8.** Mida el tiempo experimentalmente que transcurre desde que habilita las interfaces que interconectan a R1 y R2 hasta que RIP llega a una situación estable de conectividad en la que se emplea el camino más corto para encaminar paquetes entre las dos redes de oficinas. ¿Se corresponde con el valor calculado teóricamente en la cuestión anterior? Comente los resultados obtenidos.

**Cuestión 9.** Indique los cambios observados en las tablas de rutas de los routers de su sucursal cuando configura – en el apartado 3.4 de la práctica – el área OSPF de su sucursal como tipo *stub* frente a cuando está configurada como área *regular*. Explique a qué se deben. Comente también los cambios observados en la ruta seguida por un paquete IP entre un PC de la Red de Oficinas 1 de su sucursal y el equipo 172.20.0.100.

**Cuestión 10.** Explique el comportamiento observado y el porqué del mismo cuando configura el área OSPF de su sucursal como área de tipo *stub* en el apartado 3.5 de la práctica.