

OSPF



Antes de Imprimir este documento
considere si es necesario
Ayudemos al Ambiente !!!!

Universidad San Carlos de Guatemala
— DANILO ESCOBAR —

OSPF

Open Shortest Path First (OSPF)

Creado a principios de los años noventa, es el protocolo de enrutamiento más popular del mundo, de la categoría estado de enlace, utiliza el algoritmo *Shortest Path First* (SPF) creado por Edsger Dijkstra en 1956.

Se identifica con el número de protocolo 89 y trabaja en la capa de red del modelo OSI (por lo que no utiliza TCP/UDP ni un número de puerto) por lo que recurre a otros medios para lograr transmisiones confiables. Presenta un comportamiento *classless*, soporta autenticación y envía sus actualizaciones a la dirección de *multicast* 224.0.0.5.

A diferencia de RIP que envía su tabla de enrutamiento completa a los *routers* vecinos y que tiene una visión limitada de la red, OSPF envía la información de sus vecinos a todos los demás *routers* presentes en la topología, por lo que cada uno de los dispositivos ejecutando OSPF conoce la disposición de todos los demás dentro de la red, lo que le permite a cada *router* calcular la ruta más corta y libre de bucles hacia un destino en particular con la única desventaja que el proceso (la ejecución del algoritmo SPF) representa una carga más pesada para el procesador.

Posee una métrica basada en el ancho de banda llamada costo, calculada de la siguiente manera.

$$\text{Costo} = \frac{\text{Ancho de banda de referencia}}{\text{Ancho de banda de la interface}}$$

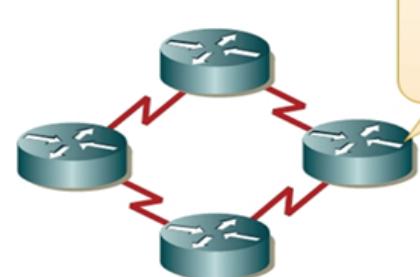
Fórmula para calcular el costo.

Tablas Mantenidas por OSPF

OSPF mantiene tres tablas para almacenar información,

- Tabla de enrutamiento: Donde se almacenan las mejores rutas y que sigue el mismo comportamiento y respeta los mismos criterios que se han presentado anteriormente.
- Tabla de vecinos (*Neighbor Table*): Donde se almacena la información de todos los dispositivos que comparten una red común (a través de alguna de sus interfaces) con el dispositivo, y que han cumplido con los requisitos para establecer una vecindad.
- Tabla de topología (*Link State Database ó LSDB*): Donde se almacena la información de todos los demás dispositivos que se encuentren en la red y que estén ejecutando OSPF.

OSPF



La tabla de topología (LSDB) muestra la disposición de los otros routers dentro de la red.

Funcionamiento basado en áreas

En un principio dos de los más grandes problemas que presentaba la implementación de OSPF en redes con una gran cantidad de dispositivos eran el tamaño de la tabla de topología (que debía tener una imagen completa de toda la red) y la cantidad de actualizaciones (ya que un dispositivo debía comunicarse con todos los demás).

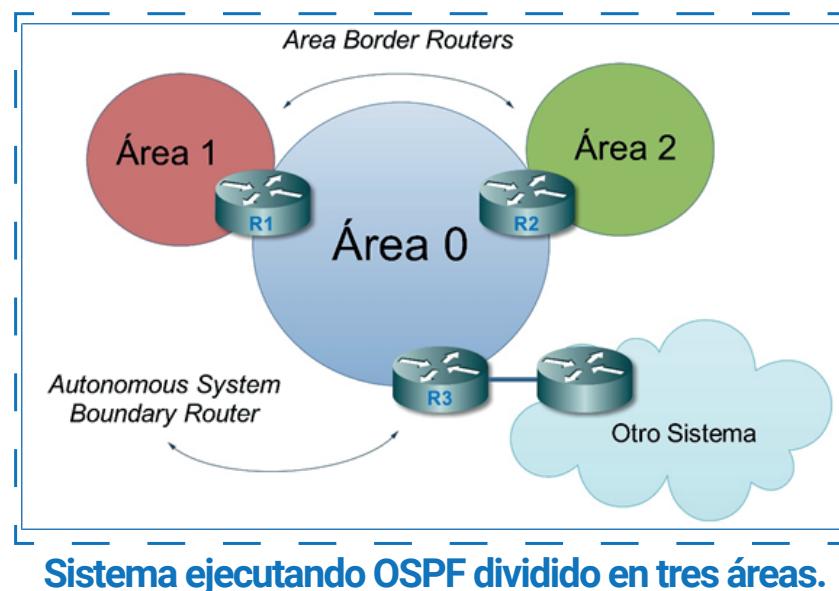
Para paliar estos problemas, tomando en cuenta las limitaciones computacionales y de ancho de banda de la época, se dispuso que el funcionamiento de OSPF se dividiera dentro de distintos tipos de áreas cuya función consistiría en acotar la red para reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento y topología y servir como contención para diversos tipos de actualizaciones.

Hoy en día existen varios tipos de áreas, algunas de ellas son definidas en el estándar mientras que otras existen gracias a extensiones propietarias. Los dos tipos esenciales se definen a continuación.

- Área 0 (Columna Vertebral ó *Backbone*): Es el área fundamental y punto de referencia que debe existir en todas las implementaciones de OSPF con más de un área. Todas las demás áreas deben conectarse al área 0 obligatoriamente para prevenir *bucles* de enrutamiento entre estas.
- Área Estándar: Cualquier otra área, identificada con cualquier otro número, dentro de la cual las tablas de topología (LSDB) de los dispositivos contengan la información de todas las rutas que componen la red. Este es el comportamiento por defecto.

OSPF

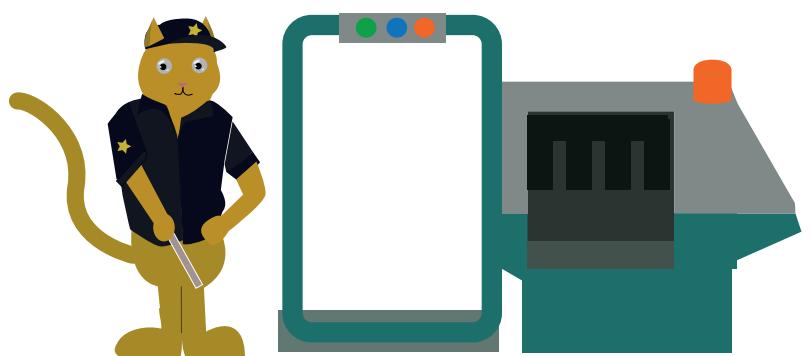
Así pues, en OSPF, la información presente en las tablas de enruteamiento y topología de un *router* dependerá del tipo de área donde se encuentre, pudiendo inclusive pertenecer a varias áreas al mismo tiempo en cuyo caso pasará a tomar un rol especial como se muestra utilizando la siguiente topología.



En el ejemplo, tanto R1 como R2 pertenecen y se encuentran entre dos áreas diferentes sirviendo como frontera entre las mismas, por lo que son considerados *area border routers* (ABR).

La función de los ABR consiste en evitar la propagación indiscriminada de las actualizaciones entre distintas áreas y limitar el tamaño de la tabla de topología al ser puntos naturales de summarización de rutas.

Finalmente se considera el funcionamiento de R3, que también es un *router* frontera, no entre áreas, sino con otro sistema ya sea otra organización o proveedor de servicios u otra parte de la misma infraestructura ejecutando un protocolo de enruteamiento diferente, por lo que recibe el nombre de *Autonomous System Boundary Router* (ASBR).



OSPF

Tipos de Paquetes

OSPF utiliza 5 tipos diferentes de paquetes:

1. *Hello*: Se utiliza para el descubrimiento, formación y mantenimiento de vecindades con otros dispositivos.
2. *Database Description* (DBD): Verifica que el dispositivo vecino tenga la misma tabla de topología o LSDB.
3. *Link State Request* (LSR): Sigue la información específica de la LSDB del vecino.
4. *Link State Update* (LSU): Envía la información solicitada por el LSR. Sirve como contenedor a los diferentes tipos de actualizaciones o *Link State Advertisements* (LSA).
5. *Link State Acknowledgement* (LSAck): Un paquete especial que sirve como acuse de recibo para comprobar que un paquete ha sido recibido con éxito para lograr una transmisión confiable.

Requerimientos

En orden de configurar OSPF se tienen que tener en cuenta los siguientes requerimientos.

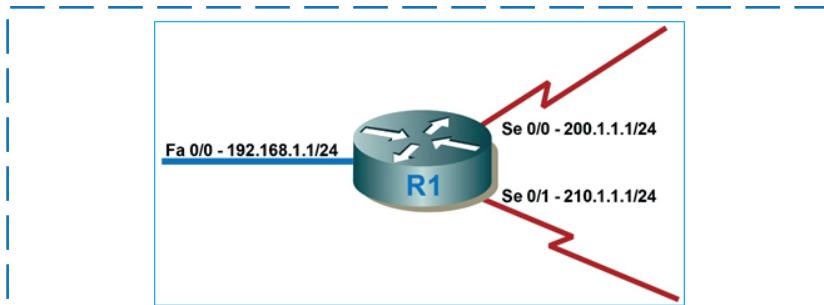
1. Un identificador de proceso (*Process ID*): Un dispositivo puede ejecutar varias instancias de OSPF al mismo tiempo. El identificador de proceso es un número asignado por el usuario a manera de poder distinguir entre ellos.
2. Un número de área: Cada interfaz habilitada para enviar y recibir actualizaciones tiene que pertenecer necesariamente a un área específica.
3. Un identificador para el Router (*Router ID*): El requerimiento más importante, es el nombre utilizado para distinguir un router de otros en la topología. No pueden existir dos Router ID idénticos dentro de una misma red y sin el mismo el proceso OSPF no puede iniciar.

OSPF

La elección del *Router ID* se realiza utilizando la siguiente secuencia:

1. Es posible establecer manualmente el identificador del router a través del comando *router-id*.
2. Si no se establece manualmente. Entonces se utiliza la dirección IP de la interfaz virtual o de *loopback* más alta. Las interfaces de *loopback* ofrecen la gran ventaja de siempre permanecer encendidas al existir solamente a nivel lógico por lo que son la práctica recomendada en muchas implementaciones.
3. Si no existen interfaces de *loopback* se toma la dirección IP más alta de aquellas interfaces que estén encendidas dentro del dispositivo.

A manera de ejemplo se presenta el siguiente dispositivo:



Elección Router ID – Interfaz física.

En este caso al no configurarse manualmente y no existir una interfaz de *loopback* el *Router ID* de R1 será la dirección IP más alta dentro de las interfaces encendidas: 210.1.1.1

Wildcard Mask

Es una máscara cuya función consiste en marcar *bits* de una dirección IP para indicar cuáles de ellos serán sujetos a comparación.

Más antiguas que las máscaras de subred, fueron creadas antes de la adopción de CIDR y desarrolladas a manera que pudieran ser implementadas fácilmente utilizando lenguaje ensamblador. Los valores de la misma funcionan de la siguiente manera.

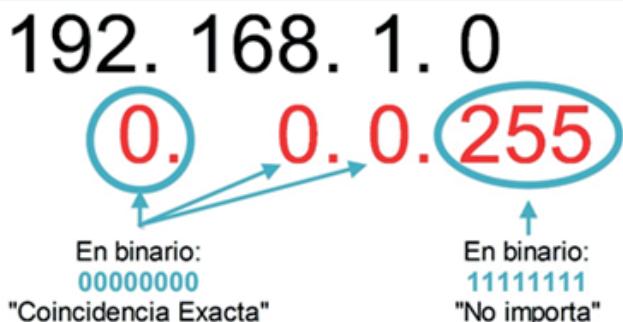
0	Exige una coincidencia exacta del bit equivalente.
1	No importa el valor del bit equivalente.

Función de los bits en una Wildcard Mask.

OSPF

Utilizadas hoy en día por OSPF, EIGRP y en listas de control de acceso, fueron mantenidas por razones de compatibilidad con implementaciones más antiguas y por ser más versátiles que las máscaras de subred (De ahí el nombre *Wildcard*) al no estar limitadas por las restricciones de las últimas y poder realizar una comparación *bit a bit* con una dirección IP lo que permite hacer selecciones variadas con un mínimo de sentencias.

Por ejemplo, para seleccionar la red 192.168.1.0/24 es posible utilizar la *wildcard mask* 0.0.0.255 como se muestra a continuación.



Wildcard Mask para seleccionar la red 192.168.1.0/24.

En el caso anterior la *wildcard* elegida selecciona todas aquellas direcciones cuyos primeros tres octetos sean exactamente 192.168.1 abarcando efectivamente todas las direcciones requeridas. Algunos ejemplos más son mostrados en la siguiente tabla.

Dirección	Wildcard	Observaciones
192.168.1.1	0.0.0.0	Una <i>wildcard</i> compuesta enteramente por ceros selecciona una y solo una dirección IP.
192.168.1.0	255.255.255.255	Una <i>wildcard</i> compuesta enteramente por unos selecciona todas las redes posibles. En este ejemplo, se podría haber utilizado la sentencia: 0.0.0.0 255.255.255.255. Donde los cuatro ceros significan "cualquier red" y los resultados serían los mismos.
192.168.10.0	0.255.0.255	Esta <i>wildcard</i> selecciona todas las redes cuyo primer octeto sea 192 y cuyo tercer octeto sea 10. Las <i>wildcard</i> discontinuas (en donde se pueden alternar ceros y unos) pueden aplicarse en listas de control de acceso pero no en OSPF y EIGRP.

Ejemplo de la utilización de las Wildcard Masks.

OSPF

Para realizar implementaciones sencillas en donde quiere marcarse una red en particular, es posible calcular fácilmente la *wildcard* necesaria utilizando la siguiente fórmula:

255. 255. 255. 255
-Máscara de Subred
Wildcard Mask

Fórmula para calcular la *Wildcard Mask*.

Por ejemplo, para calcular la *wildcard* necesaria para marcar las direcciones contenidas dentro de la subred 172.18.10.0 255.255.255.240 (/28)

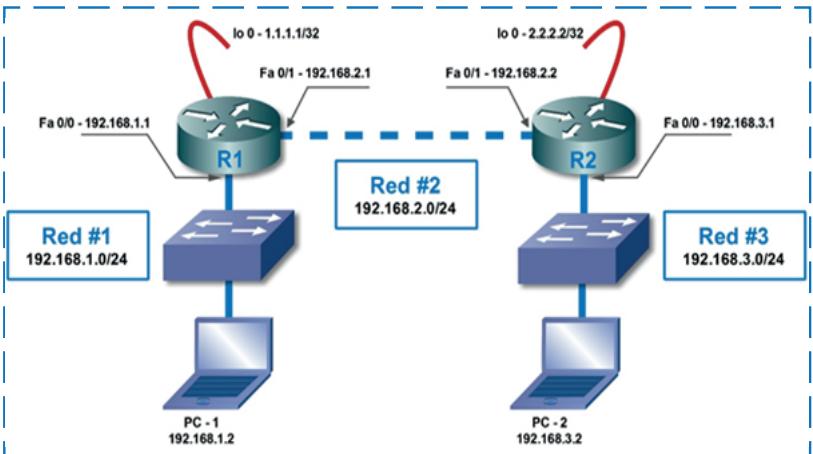
255. 255. 255. 255
-**255. 255. 255. 240**
0. 0. 0. 15

Cálculo de la *Wildcard Mask* para la red 172.18.10.0/28.

Por la sencillez de este cálculo usualmente se refiere, aunque erróneamente, a la *wildcard mask* como el inverso de la máscara de subred.

Configuración

En orden de demostrar la implementación de OSPF se recurre nuevamente a la topología base utilizada en explicaciones anteriores con la única diferencia de que en esta ocasión se han configurado interfaces de *loopback* en cada uno de los routers como se muestra a continuación.



Topología base para los ejemplos de las secciones de enrutamiento con interfaces de *loopback*.

OSPF

En este caso se configurará OSPF utilizando como identificador de proceso el número 1. Una vez iniciado el proceso el identificador de R1 será 1.1.1.1 debido a la presencia de la interfaz de *loopback* misma que será configurado también de manera manual con el comando *router-id* siguiendo la sugerencia presentada anteriormente para evitar problemas a futuro.

```
R1(config)# router ospf ?  
<1-65535> Process ID  
R1(config)# router ospf 1  
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1
```

Para indicar las interfaces que serán parte del proceso OSPF se utiliza nuevamente el comando *network*, con las adiciones de la *wildcard mask* que introduce flexibilidad en la selección de direcciones y el número de área a las que las mismas serán asignadas.

En este *router* se utilizará una *wildcard mask* compuesta enteramente por unos (255.255.255.255) por lo que todas las redes existentes dentro del dispositivo y por ende todas sus interfaces serán incluidas dentro del proceso. Esta práctica es válida solamente dentro de un laboratorio de pruebas, ya que en implementaciones reales podría resultar en la publicación no deseada de ciertas redes dentro de la topología.

Para complementar la configuración también se configura la interfaz Fastethernet 0/0 para evitar que se envíen o reciban publicaciones a través de la interface a donde están conectados los ordenadores de los usuarios. En el caso de OSPF ya no se enviarán o recibirán paquetes hello lo que impide efectivamente la formación de vecinos sobre enlaces no deseados.

```
R1(config-router)# network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0  
R1(config-router)# passive-interface fastethernet 0/0
```



OSPF

La configuración de R2 se realizará de manera similar, en esta ocasión para indicar las interfaces que formarán parte del proceso se utilizará una *Wildcard Mask* compuesta enteramente por ceros (0.0.0.0) para activar única y exclusivamente las interfaces necesarias. Además se emplea el comando *passive-interface default* el cual configura todas las interfaces como pasivas lo que obliga a revertir ese comportamiento sobre las interfaces donde queremos formar vecindades con otros dispositivos. Estas medidas resultan en una implementación más segura de este protocolo.

```
R2(config)# router ospf 1
R2(config-router)# router-id 2.2.2.2
R2(config-router)# passive-interface default
R2(config-router)# network 192.168.2.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)# network 192.168.3.1 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)# network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)# no passive-interface fastethernet 0/1
```

Una vez finalizada la configuración de R2, es posible establecer comunicación entre los ordenadores.

Al ver la tabla de enrutamiento de R1 se puede apreciar que este posee las rutas necesarias.

```
R1# show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C 1.1.1.1 is directly connected, Loopback0
2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O 2.2.2.2 [110/2] via 192.168.2.2, 00:00:00, FastEthernet0/1
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O 192.168.3.0/24 [110/2] via 192.168.2.2, 00:08:30, FastEthernet0/1
```

OSPF



Para ver los protocolos que están siendo ejecutados por el dispositivo así como otros detalles importantes puede emplearse la siguiente instrucción.

```
R1# show ip protocols  
  
Routing Protocol is "ospf 1"  
Outgoing update filter list for all interfaces is not set  
Incoming update filter list for all interfaces is not set  
Router ID 1.1.1.1  
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa  
Maximum path: 4  
Routing for Networks:  
 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0  
Passive Interface(s):  
Vlan1  
FastEthernet0/0  
Loopback0  
Routing Information Sources:  
Gateway Distance Last Update  
 1.1.1.1 110 00:18:34  
 2.2.2.2 110 00:10:03  
Distance: (default is 110)
```

Sumarización de rutas

Es una técnica que nos permite publicar varias subredes como parte de una subred más grande para ahorrar ancho de banda, reducir actualizaciones y acortar la tabla de enrutamiento de otros dispositivos.

En el caso de RIP y EIGRP puede realizarse en cualquier punto de la red mientras que en OSPF su uso está reservado a los ABR y ASBR.

La summarización sigue los siguientes lineamientos generales cuando se utiliza con los protocolos anteriormente mencionados.

- Una ruta summarizada será publicada mientras exista al menos una subred dentro de su rango de direcciones.
- Una ruta summarizada utilizará como métrica alguna de las encontradas en las subredes contenidas dentro de su rango de direcciones. EIGRP utilizará la métrica más pequeña encontrada mientras que en el caso de OSPF su elección dependerá de la revisión del estándar donde está definido. Las implementaciones compatibles con el rfc1583 usan la métrica más pequeña mientras que las compatibles con el rfc2328 (más moderno) usarán la métrica más grande, dentro del Cisco IOS existe un comando que permite elegir entre las mismas (**compatible rfc1583**). RIP es una excepción.

OSPF

- El dispositivo donde se realice la summarización generará automáticamente una ruta estática hacia una interfaz especial llamada *null0*, cuya función es desechar los paquetes que lleguen a ella y cuyo propósito en este caso es evitar posibles bucles de enrutamiento. La excepción a esta regla es RIP, en donde se recomienda que dicha ruta se agregue manualmente.

Se menciona nuevamente que tanto RIP como EIGRP poseen un mecanismo de summarización automática (auto summarización) cuando se encuentran en redes discontinuas, siendo la práctica recomendada desactivar dicha función para proceder después con una summarización manual en caso ésta sea necesaria.

A manera de ejemplo se presentan las siguientes ocho subredes para realizar una summarización, con lo que se pretende anunciar las mismas como parte de una subred más grande y reducir el tamaño de la tabla de enrutamiento de los demás dispositivos al reducir ocho posibles rutas a solo una,

10.0.0.1/24	10.0.1.1/24	10.0.2.1/24	10.0.3.1/24
10.0.4.1/24	10.0.5.1/24	10.0.6.1/24	10.0.7.1/24

Rutas a sumarizar.

Para apreciar de una mejor manera el rango de direcciones puede utilizarse la siguiente disposición.

#	Red	Primera Dirección Utilizable	Última Dirección Utilizable	Broadcast
1	10.0.0.0	10.0.0.0	10.0.0.254	10.0.0.255
2	10.0.1.0	10.0.1.0	10.0.1.254	10.0.1.255
3	10.0.2.0	10.0.2.0	10.0.2.254	10.0.2.255

7	10.0.6.0	10.0.6.0	10.0.6.254	10.0.6.255
8	10.0.7.0	10.0.7.0	10.0.7.254	10.0.7.255

Detalle de las redes a summarizar.

Es ahora evidente que la subred que se pretende crear debe abarcar desde la dirección 10.0.0.0 hasta la 10.0.7.255 y que la dirección de red de la siguiente subred será 10.0.8.0.

OSPF

Al hacer un análisis es posible notar que el incremento entre las mismas es de 8 y que tiene lugar en el tercer octeto.

#
	10.0.0.0			10.0.7.255
	10.0.8.0			

El incremento es de 8 y se encuentra en el tercer octeto.

Lo único que resta es encontrar el valor que provocará dicho incremento e incluirlo en la máscara de subred en el octeto necesario, en este caso el tercero.

128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	1	1	1	0	0	0

Asignación de bits en la parte de red (Se agregan bits con un valor de uno) de la máscara de subred hasta lograr el incremento necesario en el octeto adecuado.

De esta manera se obtiene una nueva máscara que define o que cubre el rango de direcciones necesarias para cumplir con el propósito original siendo esta 255.255.248.0 o /21.

Para apreciar de una mejor manera el rango de direcciones puede utilizarse la siguiente disposición.

Nótese que para los valores correspondientes de la máscara de subred de los dos primeros octetos en donde no hay cambio (10.0.x.x) se han colocado los valores de 255 y que en el tercer octeto en donde se aprecia el incremento entre ambas subredes se han agregado bits a la parte de red de la máscara hasta lograr el incremento deseado dejando los demás bits a cero.

Así que es posible anunciar las ocho subredes deseadas como una sola ruta: 10.0.0.0/21 o 10.0.0.0 255.255.248.0



OSPF

Consideraciones finales

Para concluir la discusión de OSPF se presentan dos consideraciones a tomar en cuenta a la hora de implementar este protocolo.

Reconfiguración del ancho de banda de referencia

Como se ha explicado anteriormente la métrica de OSPF utiliza una fórmula sencilla que utiliza un valor de referencia de 100 Mbps para calcular el costo entre varias rutas. Dicho valor, funcional en los orígenes del protocolo, es insuficiente hoy en día para calcular correctamente el costo de los enlaces con una velocidad superior a *fastethernet* debido a las limitaciones del cálculo a valores enteros positivos.

Para resolver este problema es posible ajustar el valor de referencia como se presenta a continuación.

```
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# auto-cost reference-bandwidth ?
<1-4294967> The reference bandwidth in terms of Mbits per second
```

Publicación de una ruta por defecto

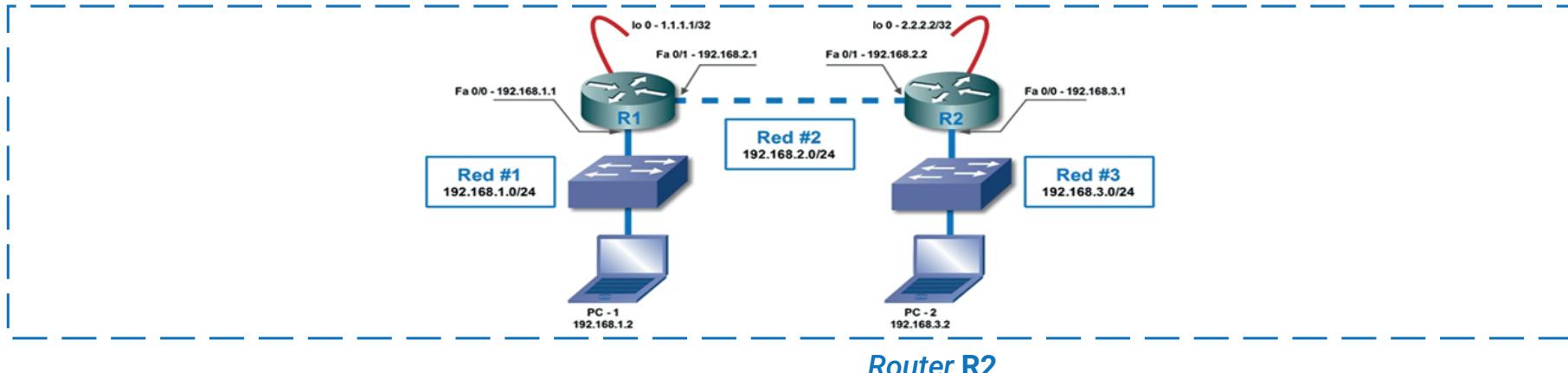
Es una red con una gran cantidad de dispositivos es conveniente poseer la capacidad de injectar o redistribuir una ruta por defecto (por ejemplo la ruta que conduce al ISP) en las publicaciones de un protocolo.

Para este propósito OSPF incluye el comando *default-information originate*.

```
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 [Dirección IP del ISP]
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# default-information originate
```

OSPF

Resumen de la configuración OSPF

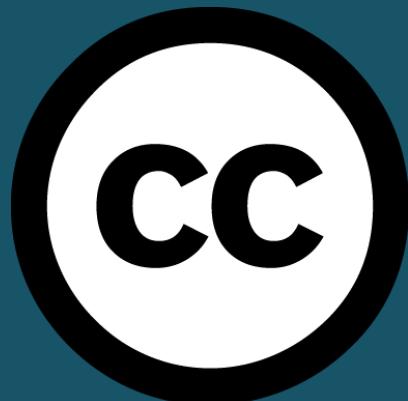


Router R1

```
R1# configure terminal  
  
R1(config)# interface fastethernet 0/0  
R1(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.255  
R1(config-if)# no shutdown  
  
R1(config)# interface fastethernet 0/1  
R1(config-if)# ip address 192.168.2.1 255.255.255.255  
R1(config-if)# no shutdown  
  
R1(config)# interface loopback 0  
R1(config-if)# ip address 1.1.1.1 255.255.255.255  
  
R1(config)# router ospf 1  
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1  
R1(config-router)# network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0  
R1(config-router)# passive-interface fastethernet 0/0
```

Router R2

```
R2# configure terminal  
  
R2(config)# interface fastethernet 0/0  
R2(config-if)# ip address 192.168.3.1 255.255.255.255  
R2(config-if)# no shutdown  
  
R2(config)# interface fastethernet 0/1  
R2(config-if)# ip address 192.168.2.2 255.255.255.255  
R2(config-if)# no shutdown  
  
R2(config)# interface loopback 0  
R2(config-if)# ip address 2.2.2.2 255.255.255.255  
  
R2(config)# router ospf 1  
R2(config-router)# router-id 2.2.2.2  
R2(config-router)# passive-interface default  
R2(config-router)# network 192.168.2.2 0.0.0.0 area 0  
R2(config-router)# network 192.168.3.1 0.0.0.0 area 0  
R2(config-router)# network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0  
R2(config-router)# no passive-interface fastethernet 0/1
```



► **Diseño y edición:**

María Esther Pineda
Carolina Villatoro

► **Descargo de Responsabilidad**

El autor y los colaboradores de este trabajo han hecho su mejor esfuerzo en la preparación del mismo para asegurar que su contenido sea lo más exacto posible, sin embargo, no se hacen responsables por el uso de la información en este documento así como de errores u omisiones que pudieran resultar en pérdida de cualquier tipo.

La información está proporcionada “como está” para ser utilizada bajo “su propia cuenta y riesgo”.