

**Asist. De laboratorio: Nathalia Quiroga [n.quiroga@uniandes.edu.co](mailto:n.quiroga@uniandes.edu.co)**

## **GUÍA 4 – TUTORIAL ENRUTAMIENTO DINÁMICO “RIP Y OSPF” EN IPV6**

### **1. OBJETIVO**

Este laboratorio tiene por objetivo comprender el rol de los protocolos de enrutamiento estático y dinámico RIPng y OSPFv3 en redes IP versión 6.

### **2. LECTURAS PREVIAS**

- Secciones 4.3 a 4.6 Principles of Network Applications. Computer Networking, a top-down approach. James Kurose, Keith Ross. Addison-Wesley, 6th edición.

### **3. MARCO TEÓRICO**

El direccionamiento es una función clave de los protocolos de capa de red que permite la comunicación de datos entre hosts, independientemente de si los hosts se encuentran en la misma red o en redes diferentes. Tanto el protocolo de Internet versión 4 (IPv4) como el protocolo de Internet versión 6 (IPv6) proporcionan direccionamiento jerárquico para los paquetes que transportan datos.

Las direcciones IPv6 tienen una longitud de 128 bits y se escriben como una cadena de valores hexadecimales. Cuatro bits se representan mediante un único dígito hexadecimal, con un total de 32 valores hexadecimales. Las direcciones IPv6 no distinguen mayúsculas de minúsculas y por tanto pueden escribirse en minúscula o en mayúscula.

Como se muestra en la ilustración 1, el formato preferido para escribir una dirección IPv6 es x:x:x:x:x:x:x, donde cada "x" consta de cuatro valores hexadecimales. Al hacer referencia a 8 bits de una dirección IPv4, utilizamos el término "octeto". En IPv6, un segmento de 16 bits o cuatro valores hexadecimales. Cada "x" es un único segmento de 16 bits o cuatro dígitos hexadecimales.

2001	:	0DB8	:	0000	:	1111	:	0000	:	0000	:	0000	:	0200
2001	:	0DB8	:	0000	:	00A3	:	ABCD	:	0000	:	0000	:	1234
2001	:	0DB8	:	000A	:	0001	:	0000	:	0000	:	0000	:	0100
2001	:	0DB8	:	AAAA	:	0001	:	0000	:	0000	:	0000	:	0200

Ilustración 1. Ejemplo de direcciones IP versión 6.

El formato preferido significa que la dirección IPv6 se escribe utilizando 32 dígitos hexadecimales; no significa necesariamente que es el método ideal para representar la dirección IPv6. En las siguientes páginas, veremos dos reglas que permiten reducir el número de dígitos necesarios para representar una dirección IPv6.

La primera regla que permite reducir la notación de direcciones IPv6 es que se puede omitir cualquier 0 (cero) inicial en cualquier segmento de 16 bits. Por ejemplo:

- 01AB puede representarse como 1AB.
- 09F0 puede representarse como 9F0.
- 0A00 puede representarse como A00.
- 00AB puede representarse como AB.

Esta regla solo es válida para los ceros iniciales, y NO para los ceros finales; de lo contrario, la dirección sería ambigua. Por ejemplo, el hexteto "ABC" podría ser tanto "0ABC" como "ABC0".

Recomendado	2001:0DB8:000A:1000:0000:0000:0000:0100
Sin 0 inicial	2001: DB8: A:1000: 0: 0: 0: 100
Recomendado	FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
Sin 0 inicial	FF02: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 1
Recomendado	0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
Sin 0 inicial	0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 1

Ilustración 2. Ejemplos de simplificación de la dirección IPv6.

La segunda regla que permite reducir la notación de direcciones IPv6 es que los dos puntos dobles (::) pueden reemplazar cualquier cadena única y contigua de uno o más segmentos de 16 bits compuestos solo por ceros.

Los dos puntos dobles (::) se pueden utilizar solamente una vez dentro de una dirección; de lo contrario, habría más de una dirección resultante posible. Cuando se utiliza junto con la técnica de omisión de

ceros iniciales, la notación de direcciones IPv6 generalmente se puede reducir de manera considerable. Esto se conoce como "formato comprimido".

Recomendado	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Sin 0 inicial	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200
Comprimida	2001:DB8:0:1111::200

Recomendado	FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
Sin 0 inicial	FF02: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 1
Comprimida	FF02::1

Ilustración 3. Dirección IPv6 comprimida.

Existen tres tipos de direcciones IPv6:

- **Unicast:** las direcciones IPv6 unicast identifican de forma exclusiva una interfaz en un dispositivo con IPv6 habilitado. Como se muestra en la ilustración, las direcciones IPv6 de origen deben ser direcciones unicast.
- **Multicast:** las direcciones IPv6 multicast se utilizan para enviar un único paquete IPv6 a varios destinos.
- **Anycast:** las direcciones IPv6 anycast son direcciones IPv6 unicast que se pueden asignar a varios dispositivos. Los paquetes enviados a una dirección anycast se enrutan al dispositivo más cercano que tenga esa dirección. En este curso, no se analizan las direcciones anycast.

A diferencia de IPv4, IPv6 **no tiene una dirección de broadcast**. Sin embargo, existe una dirección IPv6 multicast de todos los nodos que brinda básicamente el mismo resultado.

IPv6 utiliza la duración de prefijo para representar la porción de prefijo de la dirección. IPv6 no utiliza la notación decimal punteada de máscara de subred. La duración de prefijo se utiliza para indicar la porción de red de una dirección IPv6 mediante el formato de dirección IPv6/duración de prefijo.

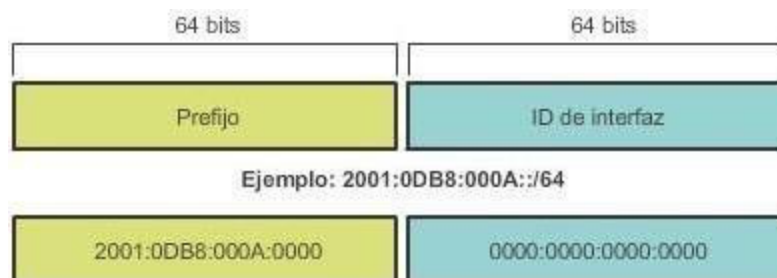


Ilustración 4. Prefijo de red IPv6.

La duración de prefijo puede ir de 0 a 128. Una duración de prefijo IPv6 típica para LAN y la mayoría de los demás tipos de redes es /64. Esto significa que la porción de prefijo o de red de la dirección tiene una longitud de 64 bits, lo cual deja otros 64 bits para la ID de interfaz (porción de host) de la dirección.

## Enrutamiento Estático en redes IPv6

Las rutas estáticas para IPv6 se configuran con el comando **ipv6 route** de configuración global. La mayoría de los parámetros son idénticos a la versión IPv4 del comando. Las rutas estáticas IPv6 también se pueden implementar como:

- Ruta estática estándar IPv6
- Ruta estática predeterminada IPv6
- Ruta estática resumida IPv6
- Ruta estática flotante IPv6

Para configurar enrutamiento estático IPv6 en un router Cisco, siga las siguientes instrucciones:

1. Habilite el enrutamiento unicast IPv6 en el router, para esto utilice el comando:

**Router(config)# ipv6 unicast-routing**

2. Configure las interfaces de red en el router con direcciones IPv6. Observe que IPv6 está habilitado en cada interfaz. La interfaz G0/1 tiene una dirección de unidifusión enrutable globalmente. La interfaz S0/0/1 tiene una dirección local única y enrutable de forma privada, que se recomienda para las conexiones seriales punto a punto.

```
Router(config)# interface g0/1
Router(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:ACAD:A::/64
Router(config-if)# no shutdown
```

```
Router(config-if)# interface serial 0/0/1
Router(config-if)# ipv6 address FC00::1/64
Router(config-if)# no shutdown
```

```
Router(config-if)# exit
```

3. Para configurar una ruta estática IPv6 conectada directamente, utilice el siguiente formato de comando:

```
Router(config)# ipv6 route <ipv6-prefix/prefix-length> <outgoing-interface-type>
<outgoing-interface-number>
```

```
Router(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:B::/64 serial 0/0/1
```

4. En una ruta estática predeterminada o por defecto, el prefijo IPv6 de destino y la longitud de prefijo son todos ceros.

```
Router(config)# ipv6 route ::/0 <outgoing-interface-type> <outgoing-
interface-number> {and/or} <next-hop-ipv6-address>
```

```
Router(config)# ipv6 route ::/0 serial 0/0/1
```

5. Para eliminar una ruta estática, anteponga el comando **no** a una ruta estática ya definida.

```
Router(config)# no ipv6 route 2001:DB8:ACAD:B::/64 serial 0/0/1
```

6. Revise el estado de las interfaces en el router utilizando los comandos **show ipv6 interface brief**, **show ipv6 interface**, **show ipv6 route**.

## RIPng – Routing Information Protocol Next Generation

RIP de última generación (RIPng) es un protocolo de enrutamiento vector distancia para enrutar direcciones IPv6. RIPng se basa en RIPv2 y tiene la misma distancia administrativa y limitación de 15 saltos. Esta guía lo ayudará a familiarizarse con RIPng.

Para configurar RIPng en un router Cisco, siga las siguientes instrucciones:

1. Habilite el enrutamiento unicast IPv6 en el router, para esto utilice el comando:

```
Router(config)# ipv6 unicast-routing
```

2. Ingrese al modo de configuración del protocolo RIPng. En este modo es necesario especificar el nombre del dominio del sistema autónomo en el que va a operar RIPng. Para este ejemplo se utilizará **infracom** como nombre del sistema autónomo.

```
Router(config)# ipv6 router rip infracom
```

3. A diferencia de RIPv2, RIPng se habilita en una interfaz de red y no en el modo de configuración del router. De hecho, no hay un comando **network dirección-red** disponible en RIPng. En cambio, utilice el comando de configuración de interfaz **ipv6 rip nombre-dominio enable**. Habilite RIPng para las redes que se conectan al Router.

```
Router(config-rtr)# interface g0/0
```

```
Router(config-if)# ipv6 rip infracom enable
```

```
Router(config-if)# interface s0/0/0
```

```
Router(config-if)# ipv6 rip infracom enable
```

4. Guarde la configuración.
5. Los comandos **show ipv6 protocols**, **show run**, **show ipv6 rip database** y **show ipv6 rip nombre\_dominio\_de\_enrutamiento** se pueden usar para verificar la configuración que se esté ejecutando en un router con RIPng. Emita el comando **show ipv6 protocols**

```
Router# show ipv6 protocols
```

```
IPv6 Routing Protocol is "connected"
```

```
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "rip infracom"
Interfaces:
Serial0/0/0
GigabitEthernet0/1
Redistribution:
    None
```

## 6. Emita el comando **show ipv6 rip infracom**.

```
Router# show ipv6 rip infracom
RIP process "Test1", port 521, multicast-group FF02::9, pid 314
    Administrative distance is 120. Maximum paths is 16
Updates every 30 seconds, expire after 180
    Holddown lasts 0 seconds, garbage collect after 120
    Split horizon is on; poison reverse is off
    Default routes are not generated
    Periodic updates 1, trigger updates 0
Full Advertisement 0, Delayed Events 0
Interfaces:
    GigabitEthernet0/1
    Serial0/0/0
Redistribution:
    None
```

## 7. Emita el comando **show ipv6 route**.

```
Router# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 8 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
        B - BGP, R - RIP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2
        IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP, EX - EIGRP external
        ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect
        O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
        ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2 R
2001:DB8:CAFE:1::/64 [120/3]
    via FE80::FE99:47FF:FE71:78A0, Serial0/0/1 R
2001:DB8:CAFE:2::/64 [120/2]
    via FE80::FE99:47FF:FE71:78A0, Serial0/0/1 C
2001:DB8:CAFE:3::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L   2001:DB8:CAFE:3::1/128 [0/0]      via
GigabitEthernet0/0, receive
(output omitted)
```

Las rutas estáticas por defecto se pueden incluir en las actualizaciones RIPng mediante el comando **ipv6 rip nombre\_dominio\_de\_enrutamiento default-information originate** en el modo de configuración de interfaz. Ejemplo:

```
Router(config)# interface s0/0/0
Router(config-rtr)# ipv6 rip infracom default-information originate
Router(config)# interface s0/0/1
```

```
Router(config-rtr)# ipv6 rip infracom default-information originate
```

## OSPFv3 – Open Shortest Path First IPv6 Support

El protocolo OSPF (Open Shortest Path First) es un protocolo de routing de estado de enlace de estándar abierto para las redes IP. Se definió OSPFv2 para redes IPv4, y OSPFv3 para redes IPv6. OSPFv2 y OSPFv3 son protocolos de routing completamente separados, es decir que las modificaciones en OSPFv2 no afectan al routing OSPFv3 y viceversa.

Para configurar OSPFv3 en un router Cisco, siga las siguientes instrucciones:

7. Habilite el enrutamiento unicast IPv6 en el router, para esto utilice el comando:

```
Router(config)# ipv6 unicast-routing
```

8. Emita el comando **ipv6 router ospf** para iniciar un proceso OSPFv3 en el router. Recuerde que es necesario especificar un número de proceso o número de sistema autónomo, para este caso se utilizará el número de sistema autónomo 1.

```
Router(config)# ipv6 router ospf 1
```

**Nota:** el ID del proceso OSPF se mantiene localmente y no tiene sentido para los otros routers de la red.

El proceso de OSPF utiliza un parámetro denominado router ID para identificar el dispositivo que origina o procesa información del protocolo. Este router ID es un identificador de 32 bits de longitud que se expresa en notación decimal de puntos en formato de 4 octetos, es decir, el formato de una dirección IPv4 (aunque NO es una dirección IP). Un ejemplo de router ID puede ser: 1.1.1.1. En OSPF versión 2, el router ID es automáticamente una dirección IP asignada al router si este valor no es especificado, en una red IPv6 es necesario especificar el router ID.

9. OSPFv3 sigue utilizando una dirección de 32 bits para el ID del router. Debido a que no hay direcciones IPv4 configuradas en los routers, asigne manualmente el ID del router mediante el comando **router-id**. Ejemplo para asignar el ID 1.1.1.1 a un router utilice los comandos:

```
Router(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
```

**Nota:** Es una práctica común identificar los routers en una red OSPF con IDs del tipo 1.1.1.1, 2.2.2.2, 3.3.3.3, etc. Sin embargo, es válido utilizar cualquier tipo de dirección IPv4 como identificador.

10. Para verificar el router ID configurado, ejecute el comando **show ipv6 ospf**.

```
R2# show ipv6 ospf
Routing Process "ospfv3 1" with ID 2.2.2.2
Event-log enabled, Maximum number of events: 1000, Mode: cyclic
Router is not originating router-LSAs with maximum metric
<Output Omitted>
```

11. Con IPv6, es común tener varias direcciones IPv6 configuradas en una interfaz. La instrucción `network` se eliminó en OSPFv3. En cambio, el routing OSPFv3 se habilita en el nivel de la interfaz.

Emita el comando **ipv6 ospf 1 area 0** para cada interfaz en el router que participará en el enrutamiento OSPFv3.

```
Router(config)# interface g0/0
Router(config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
```

```
Router(config-if)# interface s0/0/0
Router(config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
```

```
Router(config-if)# interface s0/0/1
Router(config-if)# ipv6 ospf 1 area 0
```

**Nota:** el ID del proceso debe coincidir con el ID del proceso que usó en el paso 1.

12. Asigne las interfaces de otros routers al proceso de enrutamiento de OSPFv3. Al agregar las interfaces al área 0, debería ver mensajes de adyacencia de vecino.

```
Router#
*Mar 19 22:14:43.251: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 2.2.2.2 on Serial0/0/0 from
LOADING to FULL, Loading Done
```

```
Router#
*Mar 19 22:14:46.763: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 3.3.3.3 on Serial0/0/1 from
LOADING to FULL, Loading Done
```

13. Ejecute el comando **show ipv6 ospf neighbor** para verificar que el router haya formado una adyacencia con los routers vecinos. Si no se muestra el ID del router vecino o este no se muestra en el estado FULL, los dos routers no formaron una adyacencia OSPF.

```
Router# show ipv6 ospf neighbor
```

OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Interface ID	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:39	6	Serial0/0/1
2.2.2.2	0	FULL/ -	00:00:36	6	Serial0/0/0

14. El comando **show ipv6 protocols** es una manera rápida de verificar información fundamental de configuración de OSPFv3, incluidas el ID del proceso OSPF, el ID del router y las interfaces habilitadas para OSPFv3.

```
Router# show ipv6 protocols
```

```
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "ospf 1"
```

```
Router ID 1.1.1.1
```

```
Number of areas: 1 normal, 0 stub, 0 nssa
```



```

Interfaces (Area 0):
  Serial0/0/1
  Serial0/0/0
  GigabitEthernet0/0
Redistribution:
  None

```

15. Ejecute el comando **show ipv6 ospf interface** para mostrar una lista detallada de cada interfaz habilitada para OSPF.

```

Router# show ipv6 ospf interface
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
  Link Local Address FE80::1, Interface ID 7
  Area 0, Process ID 1, Instance ID 0, Router ID 1.1.1.1
  Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    Hello due in 00:00:05
  Graceful restart helper support enabled
  Index 1/3/3, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 3.3.3.3
  Suppress hello for 0 neighbor(s)

```

16. Para mostrar un resumen de las interfaces con OSPFv3 habilitado, emita el comando **show ipv6 ospf interface brief**.

```

Router# show ipv6 ospf interface brief

```

Interface	PID	Area	Intf ID	Cost	State	Nbrs	F/C
Se0/0/1	1	0	7	64	P2P	1/1	
Se0/0/0	1	0	6	64	P2P	1/1	Gi0/0
1 0		3	1 DR	0/0			

17. Ejecute el comando **show ipv6 route** para verificar que todas las redes aparezcan en la tabla de enrutamiento.

```

Router# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 10 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
  B - BGP, R - RIP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2
  IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP, EX - EIGRP external
  ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect
  O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
  ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
O 2001:DB8:ACAD:A::/64 [110/65] via FE80::1,
Serial0/0/0 C 2001:DB8:ACAD:B::/64 [0/0]
via GigabitEthernet0/0, directly connected
L 2001:DB8:ACAD:B::2/128 [0/0] via
GigabitEthernet0/0, receive O

```

```

2001:DB8:ACAD:C::/64 [110/65]      via FE80::3,
Serial0/0/1
C 2001:DB8:ACAD:12::/64 [0/0]      via
Serial0/0/0, directly connected L
2001:DB8:ACAD:12::2/128 [0/0]      via
Serial0/0/0, receive 0
2001:DB8:ACAD:13::/64 [110/128]    via
FE80::3, Serial0/0/1      via FE80::1,
Serial0/0/0 C 2001:DB8:ACAD:23::/64
[0/0]      via Serial0/0/1, directly
connected L2001:DB8:ACAD:23::2/128
[0/0]      via Serial0/0/1, receive L
FF00::/8 [0/0]      via Null0, receive

```

## 4. REFERENCIAS

---

[1] Kurose, James. Ross, Keith. Computer Networking: A Top-Down Approach. 5<sup>th</sup> edition. AddisonWesley. Capítulo 4.

[2] Curriculum Cisco CCNA. Programa de la Academia de Networking de CISCO. CCNA 2 – Routers y Protocolos de Enrutamiento.

## HISTORIAL DE REVISIONES

FECHA	AUTOR	OBSERVACIONES
30/03/2025	<b>Nathalia Quiroga</b> <a href="mailto:n.quiroga@uninades.edu.co">n.quiroga@uninades.edu.co</a>	Modificaciones menores.
10/04/2023	<b>Ana Gabriela Suaza</b> <a href="mailto:a.suaza@uninades.edu.co">a.suaza@uninades.edu.co</a>	Modificaciones de estilo menores.
17/01/2018	<b>Jonatan Legro Pastrana</b> <a href="mailto:j.legro@uniandes.edu.co">j.legro@uniandes.edu.co</a>	Modificaciones menores de contenido.
27/03/2015	<b>Jesse Padilla Agudelo</b> <a href="mailto:pa.jesse10@uniandes.edu.co">pa.jesse10@uniandes.edu.co</a>	Versión inicial del documento.