

Protocolos de Ruteo IGP

Andres Barbieri, Matías Robles

Septiembre de 2015

Introducción, Conceptos

- El protocolo **ENRUTADO**: IP requiere los servicios de un protocolo de **ENRUTAMIENTO** para construir las tablas de ruteo en cada router.
- Los host no requieren correr protocolos de ruteo.
- Los router podrían trabajar de forma estática o dinámica.
- Una red compleja: muchos routers y enlaces requiere un protocolo de ruteo dinámico.
 - Ruteo Estático.
 - Ruteo Dinámico.

Ruteo Estático

- Las rutas son establecidas por el administrador manualmente.
- Propenso a errores.
- Si se cambia la topología requiere cambios manuales en los routers.
- Sirve cuando se tiene una red sencilla.
- No tiene problemas de seguridad ni de incompatibilidad.
- No implica costo de procesamiento extra.
- Esquema NO escalable y NO tolerante a fallos.

Ruteo Dinámico

- Requiere una configuración inicial por el administrador.
- Si se cambia la topología se adapta de forma automática.
- Facilita cuando se tiene una red compleja.
- Implica costo de procesamiento extra.
- Esquema escalable y tolerante a fallos.

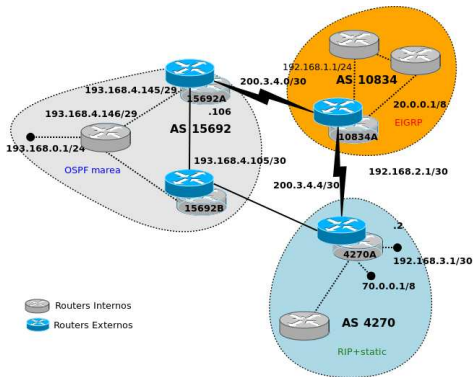
Definición de AS

Sistema Autónomo (Autonomous System, AS): conjunto de redes bajo la misma administración (podría ser gestionada por más de un operador de red), y utilizando un IGP o combinaciones de IGP para rutear internamente, independientemente de la red de su proveedor. clara y única política de ruteo. Cada AS (Sistema Autónomo) en Internet debe tener un número identificador: ASN (AS Number).

Clasificación Protocolos de Ruteo Dinámico

- IGP (Interior Gateway Protocols), trabajan en el mismo AS.
 - RIP (Routing Internet Protocol) , v1, v2 (estándar IETF).
 - IGRP e EIGRP (-Enhanced- Interior Gateway Routing Protocol) (propietarios de cisco).
 - OSPF (Open Shortest Path First) (estándar IETF).
 - IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) (estándar de la ISO).
- EGP (Exterior Gateway Protocols), trabajan entre diferentes AS.
 - GGP (Gateway to Gateway Protocol) (antecesor).
 - EGP (Exterior Gateway Protocol) (estándar IETF, en desuso).
 - BGP (Border Gateway Protocol) (estándar IETF).

IGP vs EGP



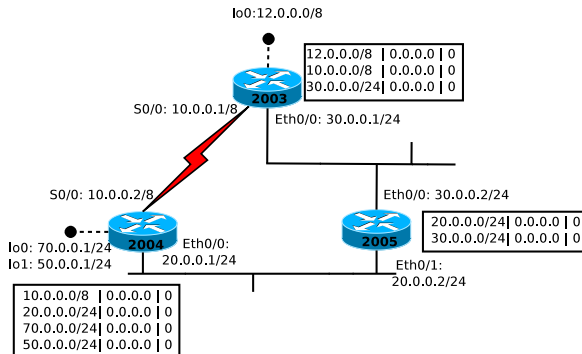
Otra Clasificación de Protocolos de Ruteo

- Protocolos de DV (Vector de Distancia)
 - RIP, v1, v2.
 - IGRP.
 - GGP.
- Protocolos de PV (Vector de Camino)
 - BGP.
 - EGP.
- Link State (Estado de Enlace)
 - OSPF.
 - IS-IS.
- Híbridos
 - EIGRP.

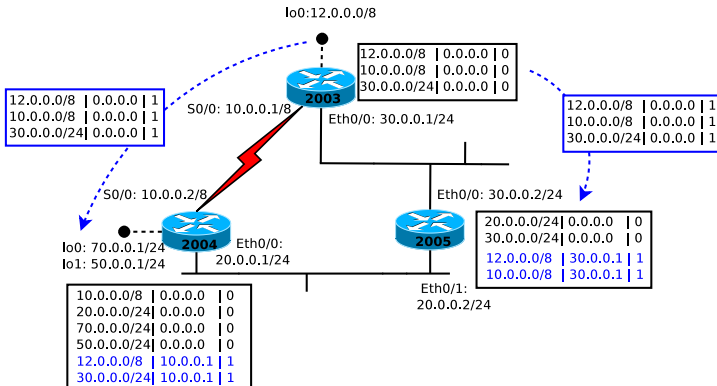
Características de Protocolos de DV

- Corren un algoritmo distribuido, conocido como Bellman-Ford.
- Cada nodo intercambia información con sus vecinos (nodos directamente conectados).
- Intercambio de información periódico, aún sin que existan cambios.
- Ven la topología de la red desde la perspectiva de los vecinos.
- Estas derivan en las siguientes consecuencias:
 - Convergencia lenta.
 - Propensos a lazos (LOOPS).
 - Requieren menos memoria y capacidad de procesamiento.

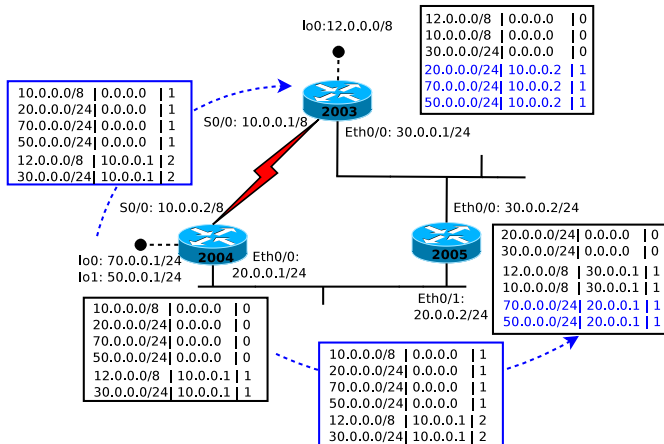
Ejemplo de Corriada de DV (base)



Ejemplo de Corriada de DV (paso 1)

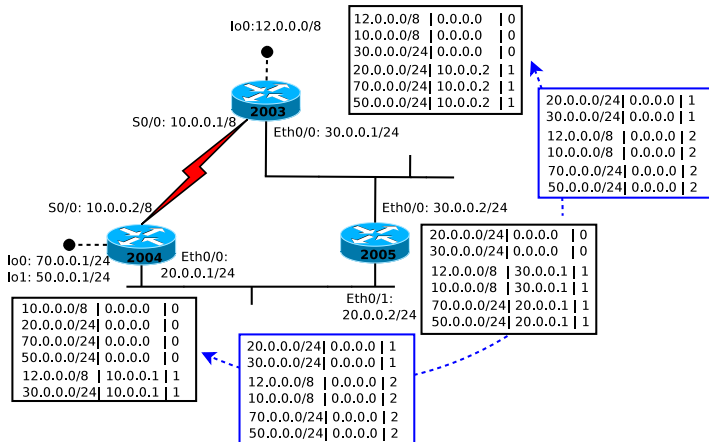


Ejemplo de Corriada de DV (paso 2)



Ejemplo de Corriada de DV (paso 3)

- La red ha convergido.



Características de RIP v1

- RIP v1 es un protocolo definido en RFC-1058, primera impl. routed BSD.
- Es un protocolo IGP (Interior Gateway Protocol).
- Ejecuta sobre UDP y utiliza para recibir y para enviar el port 520.
- Mensajes **Request** y **Response (Update)**.
- Dirección destino broadcast limitada: 255.255.255.255.
- Métrica: cantidad de saltos: hop-count, $MAX == 15$, $Inf \geq 16$.
- Poco escalable y poco inteligente al momento de elegir la mejor ruta.

Características de RIP v1 (Cont'd)

- Envía actualizaciones de toda la tabla de enrutamiento de forma periódica, cada 30 seg.
- Protocolo Classful (solo considera clases completas A,B,C), no maneja sub-redes.
- Depende de varios agregados para resolver problemas de convergencia.

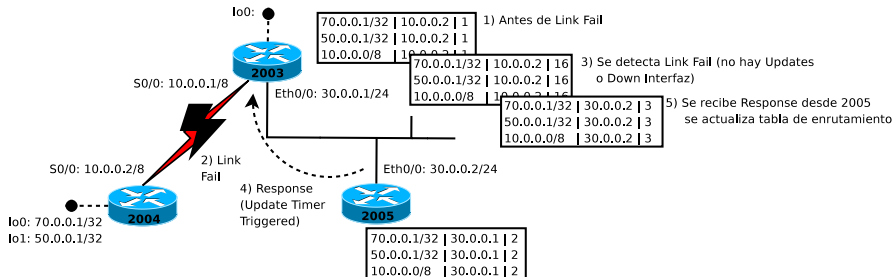
Mensaje RIP v1

0								1								2								3 3							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
command (1)								version (1)								must be zero (2)															
address family identifier (2)								must be zero (2)																							
																IP address (4)															
																must be zero (4)															
																must be zero (4)															
																metric (4)															

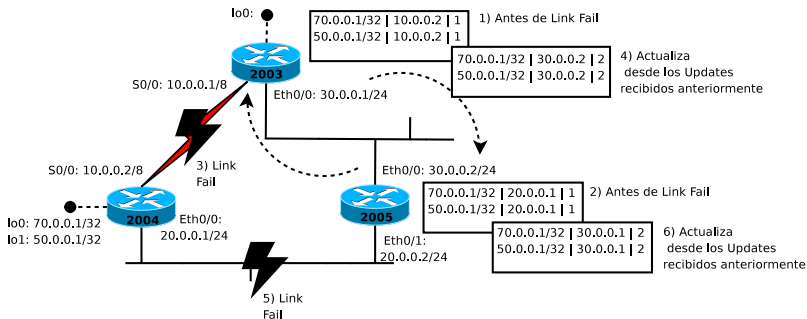
Agregados a RIP v1

- Conteo al Infinito (Counting to Infinity).
- Horizonte Dividido (Split Horizon).
- Actualizaciones Lanzadas por Eventos: (Triggered Updates).
- Timer de Mantenimiento Fuera (Hold-down Timer).

RIP: Problema del Conteo a Infinito



RIP: Problema no evitable con Split Horizon



Características de RIP v2

- Versión 2 de RIP esta definida en RFC-1388 y modif. en RFC-1723, RFC-2453.
- Compatible con la anterior, v1.
- Envía la máscara: Classless.
- Utiliza multicast en lugar de broadcast: 224.0.0.9.
- Permite autenticación en texto claro y extensiones MD5.
- Posibilidad de indicar un mejor destino: **Next Hop**.
- Marcado de rutas, **Tags**.

Mensaje RIP v2

1																2																3															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1																
Command (1)																Version (1)																unused															
Address Family Identifier (2)																Route Tag (2)																															
IP Address (4)																																															
Subnet Mask (4)																																															
Next Hop (4)																																															
Metric (4)																																															

Mensaje RIPv1 de ejemplo

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
26	34.978729	30.0.0.2	255.255.255.255	RIPv1	Response
46	62.493242	30.0.0.2	255.255.255.255	RIPv1	Response

▶ Frame 46 (86 bytes on wire, 86 bytes captured)

▶ Ethernet II, Src: Cisco_14:d1:40 (00:0d:bc:14:d1:40), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

▶ Internet Protocol, Src: 30.0.0.2 (30.0.0.2), Dst: 255.255.255.255 (255.255.255.255)

▶ User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)

▼ Routing Information Protocol

 Command: Response (2)

 Version: RIPv1 (1)

 ▼ IP Address: 20.0.0.0, Metric: 1

 Address Family: IP (2)

 IP Address: 20.0.0.0 (20.0.0.0)

 Metric: 1

 ▶ IP Address: 50.0.0.0, Metric: 2

Mensaje RIPv2 de ejemplo

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	13.697320	30.0.0.1	224.0.0.9	RIPv2	Response
9	18.229559	30.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	Response

▶ Frame 8 (166 bytes on wire, 166 bytes captured)

▶ Ethernet II, Src: c8:00:17:fa:00:00 (c8:00:17:fa:00:00), Dst: IPv4mcast_00:00:09 (01:00:5e:00:00:09)

▶ Internet Protocol, Src: 30.0.0.1 (30.0.0.1), Dst: 224.0.0.9 (224.0.0.9)

▶ User Datagram Protocol, Src Port: router (520), Dst Port: router (520)

▼ Routing Information Protocol

- Command: Response (2)
- Version: RIPv2 (2)
- Routing Domain: 0
- ▼ Authentication: Keyed Message Digest
 - Authentication type: Keyed Message Digest (3)
 - Digest Offset: 104
 - Key ID: 1
 - Auth Data Len: 20
 - Seq num: 8
 - Zero Padding
- ▶ Authentication Data Trailer
- ▼ IP Address: 10.0.0.0, Metric: 1
 - Address Family: IP (2)
 - Route Tag: 0
 - IP Address: 10.0.0.0 (10.0.0.0)
 - Netmask: 255.255.255.252 (255.255.255.252)
 - Next Hop: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
 - Metric: 1
- ▶ IP Address: 50.0.0.0, Metric: 2
- ▶ IP Address: 70.0.0.0, Metric: 2
- ▶ IP Address: 70.1.1.0, Metric: 1

Características de Protocolos de Link State

- Todos los nodos comparten toda la información con todos: imagen común.
- Una vez que todos tienen la imagen de la red ejecutan un algoritmo centralizado por ejemplo el de Dijkstra -SFP-.
- No hay intercambio de toda la información (tabla de enrutamiento) de forma periódica
- Se informan cambios, actualizaciones y se lanzan paquetes para testear los enlaces.
- Alto consumo de bandwidth al principio, hasta que converge pero luego es mínimo.
- Capacidad de organizar en áreas.
- Ven la topología de la red completa en cada nodo.

Características de Protocolos de Link State (Cont'd)

- Consecuencias de las Características:
 - Convergencia más rápida, más fácil de detectar nuevos caminos y descartar lazos.
 - No son propensos a lazos (LOOPLESS).
 - Requieren más memoria y capacidad de procesamiento porque deben almacenar la información de la red completa, y para cada destino, cada nodo, debe correr el algoritmo de forma independiente.

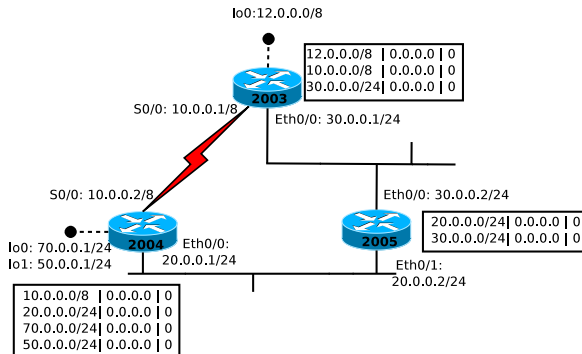
Funcionamiento de OSPF: Link State

- Se identifica el mismo router, las redes directas y se descubre a los vecinos.
- Se recomienda usar direcciones de loopback como **Router ID**.
- Se agrega un número de secuencia a la información y se envía como LSA (Link State Advertisement).
- Este mensaje es enviado en forma de *flooding* a toda la red (limitado por el área).
- Cada nueva actualización, **LSA Update**, obtiene un nuevo número de secuencia.
- Los LSA re-enviados deben ser recordados por los routers para no volver a generarlos.
- Los LSA con números de secuencia nuevos son solo considerados.

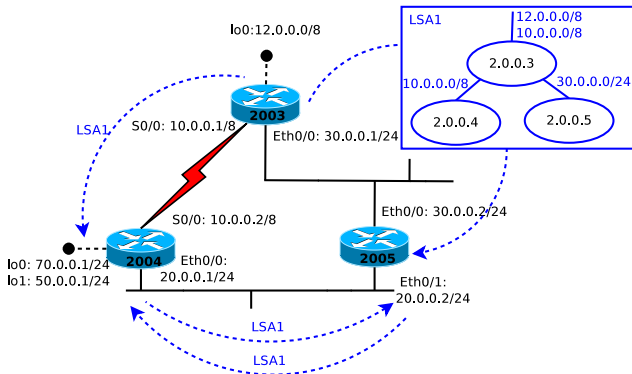
Funcionamiento de OSPF: Link State (Cont'd)

- A partir de los LSA recibidos cuando todos los nodos incluidos acuerdan en la misma información, son consistentes se los agrega en la **DB topológica (grafo)**. Si dos routers no acuerdan en sus LSA, estos no se agregan al grafo.
- Una vez armada la DB topológica, se corre de forma centralizada algoritmo sobre grafo: Dijkstra y se generan las entradas que van a la **tabla de ruteo**.

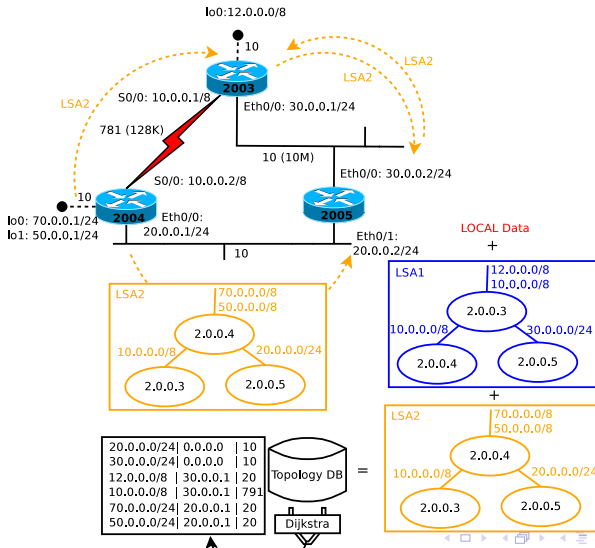
Ejemplo de Corriada de LS (base)



Ejemplo de Corriada de LS (paso 1)



Ejemplo de Corriada de LS (paso 2)



Características de OSPF: Link State

- Es un protocolo IGP (Interior Gateway Protocol) corre solo intra-AS.
- Ejecuta directamente sobre IP y usa el número de protocolo 89.
- Destino la dirección de multicast 224.0.0.5 (todos los routers OSPF) y la 224.0.0.6 (todos los DR OSPF).
- Depende del Flooding (inundación de la red).
- Como métrica puede usar varios valores o combinarlos, Utiliza BW.
- Es más escalable e inteligente al momento de elegir la mejor ruta. Permite balancear.

$$f(bw, delay, mtu, cost, ...) = K/bw = 10^8/bw_{bps} = 100.000.000/bw_{bps}$$

Mensaje OSPF (Router Link)

```

0                               1                               2                               3 3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               LS age               |      Options      |      1      |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Link State ID        |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Advertising Router   |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               LS sequence number   |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|      LS checksum      |                   length      |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|      0      |V|E|B|      0      |      # links      |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Link ID              |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Link Data            |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|      Type      |      # TOS      |      metric      |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               ...                  |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|      TOS      |      0      |      TOS metric      |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Link ID              |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|               Link Data            |                   |               |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```


Tabla de Costos OSPF

Link Tech	Costo en OSPF
10G Ethernet	1
GigabitEthernet	1
FastEthernet	1
T3	2
10 Mbps Ethernet	10
T1	64
256K	390
128K	781
64K	1562

Table : Tabla de Costos en OSPF.

Notar que para Fast, Giga y 10G bit Ethernet el costo es el mismo.

Etapas de OSPF

Protocolo Hello: Se utiliza para descubrir a los vecinos. y para detectar fallas.

Protocolo del Elección del DR: Forma parte del **Hello**. Usado en redes multi-acceso, para ahorrar BW. Router Designado (RD) y Router de Backup (BDR).

Protocolo Exchange: Se utiliza para realizar la sincronización de las LS DBs.

Protocolo Flooding: Mantiene actualizada las LS DBs. Mensajes: **LSA (Link State Advertisements)**, **LSA Update** y **LSA ACK**.

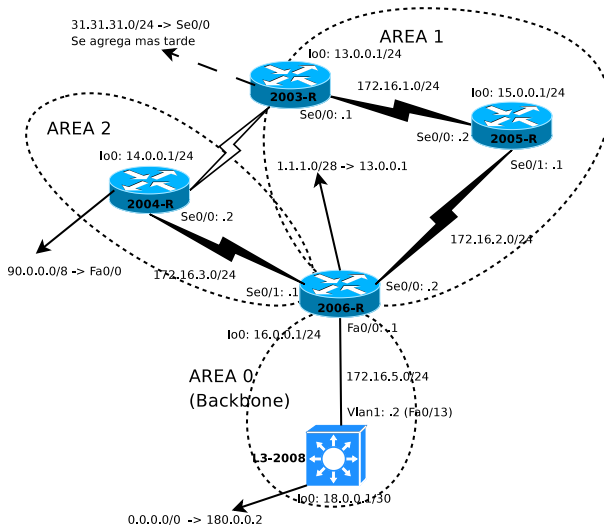
Mensaje OSPF de ejemplo

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
62	135.371408	172.17.4.3	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
63	137.177180	172.17.4.4	224.0.0.6	OSPF	LS Update
64	137.215300	172.17.4.6	224.0.0.5	OSPF	LS Update
65	139.729903	172.17.4.3	224.0.0.5	OSPF	LS Acknowledge

Internet Protocol, Src: 172.17.4.4 (172.17.4.4), Dst: 224.0.0.6 (224.0.0.6)

- Open Shortest Path First
 - OSPF Header
 - LS Update Packet
 - Number of LSAs: 1
 - LS Type: Router-LSA
 - LS Age: 1 seconds
 - Do Not Age: False
 - Options: 0x22 (DC, E)
 - Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
 - Link State ID: 14.0.0.1
 - Advertising Router: 14.0.0.1 (14.0.0.1)
 - LS Sequence Number: 0x80000007
 - LS Checksum: 0x2b1b
 - Length: 48
 - Flags: 0x01 (B)
 - Number of Links: 2
 - Type: Stub ID: 40.0.0.1 Data: 255.255.255.255 Metric: 1
 - IP network/subnet number: 40.0.0.1
 - Link Data: 255.255.255.255
 - Link Type: 3 - Connection to a stub network
 - Number of TOS metrics: 0
 - TOS 0 metric: 1
 - Type: Transit ID: 172.17.4.6 Data: 172.17.4.4 Metric: 1

OSPF Areas



Tipos de Rutas OSPF

Código en el Router	Tipo de Ruta OSPF
O –	OSPF intra area.
O IA	OSPF inter area.
O N1	OSPF NSSA external type 1.
O N2	OSPF NSSA external type 2.
O E1	OSPF external type 1.
O E2	OSPF external type 2.

Table : Tabla de tipos de rutas OSPF según cisco.

Tipos de Areas OSPF

Tipo de Area	aprenden dentro del área/enseñan fuera de área
NORMAL	-, IA, E / IA, E
STUB	-, IA, IA(default) / IA
NSSA (NO SO STUBY AREA)	-, IA, IA(default), N(E de area) / IA E (N re-escritas)
STUB NO-SUMMARY	-, IA(default) / IA
NSSA NO-SUMMARY	-, IA(default), N(E de area) / IA E (N re-escritas)

Table : Tabla de áreas OSPF.

OSPF Link Types (Tipo de Links)

Código de Link	Descripción en OSPF
L1	Router Link
L2	Network Link
L3	Summary Link (IP network)
L4	Summary Link (Link to ABR)
L5	External Link
L6	Group Membership Mcast. (MOSPF)
L7	Type-7 AS External Link States

Table : Tabla de tipos de LSA en OSPF.



TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, Addison-Wesley, 1994. W. Richard Stevens.



Routing in the Internet. Prentice Hall, 1995. Christian Huitema.



<http://www.ietf.org/rfc/rfc1058.txt>.
Routing Information Protocol.
(C. Hedrick (Rutgers University), 1988).



<http://www.ietf.org/rfc/rfc1388.txt>.
RIP Version 2: Carrying Additional Information.
(G. Malkin (Xlogics Inc.), 1993).



<http://www.ietf.org/rfc/rfc1723.txt>.
RIP Version 2: Carrying Additional Information.
(G. Malkin (Xlogics Inc.), 1994).



<ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2453.txt>.
RIP Version 2. (G. Malkin (Bay Networks), 1998).



OSPF Specification V1. 1984.



OSPF version 2, J. Moy (Proteon, Inc.), 1991.



OSPF version 2, J. Moy (Proteon, Inc.), 1994.



Multicast Extensions to OSPF. J. Moy (Proteon, Inc.), 1994.



The OSPF NSSA Option. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1587.txt>. R. Coltun (RainbowBridge Communications), V. Fuller (Stanford University), 1994.



OSPF version 2, J. Moy (Cascade Communications Corp.), 1997.



<http://www.ietf.org/rfc/rfc2740.txt>.

OSPF for IPv6 (version 3), R. Coltun (Siara Systems), D. Ferguson (Juniper Networks), J. Moy (Sycamore Networks), 1999.