

# Xarxes de computadors II

Tema 3 - Encaminamiento intra-dominio

# Temas

---

- ▶ Tema 1. Introducción
- ▶ Tema 2. Arquitectura y direccionamiento en Internet
- ▶ **Tema 3. Encaminamiento intra-dominio**
- ▶ Tema 4. Encaminamiento inter-dominio
- ▶ Tema 5. Temas de investigación
- ▶ Tema 6. Conceptos avanzados



# 3. Índice

---

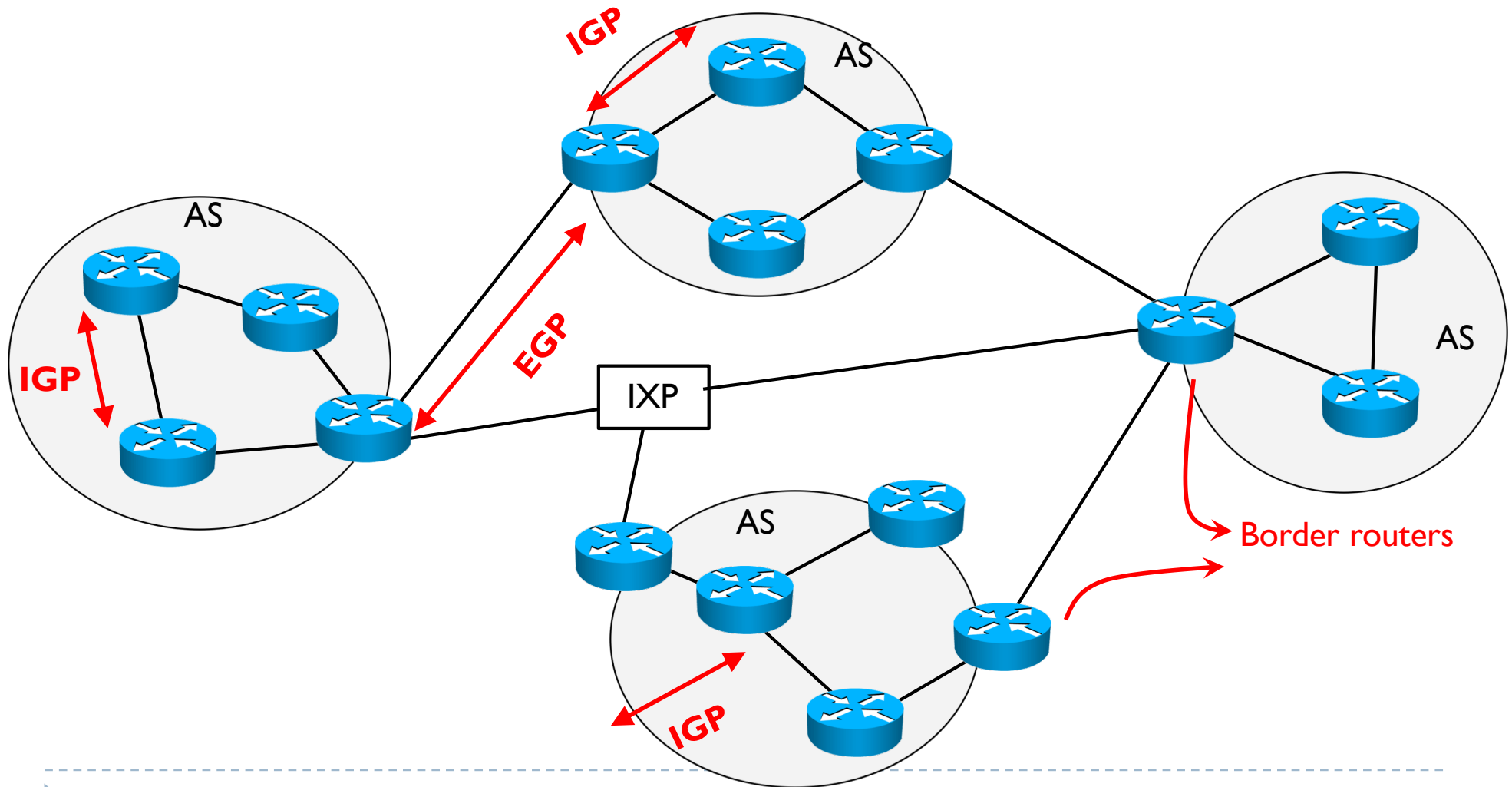
1. Contexto
2. Arquitectura de un router
3. RIP vs OSPF
4. Conceptos básicos de OSPF
5. Funcionamiento
6. Formato de los mensajes
  - ▶ Mensajes Hello y LSA
7. Identificación de las adyacencias
8. Elección del DR y BDR
9. Sincronización de las LSDB
10. OSPF jerárquico
11. Enlaces virtuales



## 3.1 Intra-dominio vs. Inter-dominio

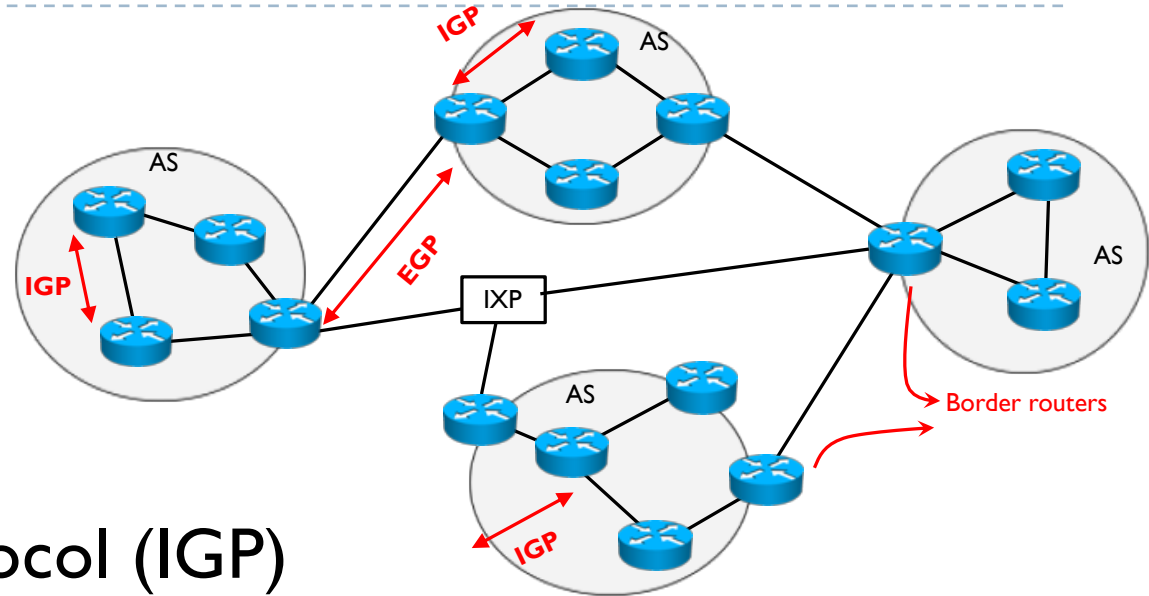
---

- ▶ Internet está formada por diferentes AS interconectados



## 3.1 Intra-dominio vs. Inter-dominio

---



- ▶ **Interior Gateway Protocol (IGP)**

- ▶ RIP - RFC 2453 (versión 2)      RFC 2080 para IPv6
- ▶ OSPF - RFC 2328 (versión 2)      RFC 5340 para IPv6
- ▶ IS-IS - RFC 1142      RFC 5308 para IPv6

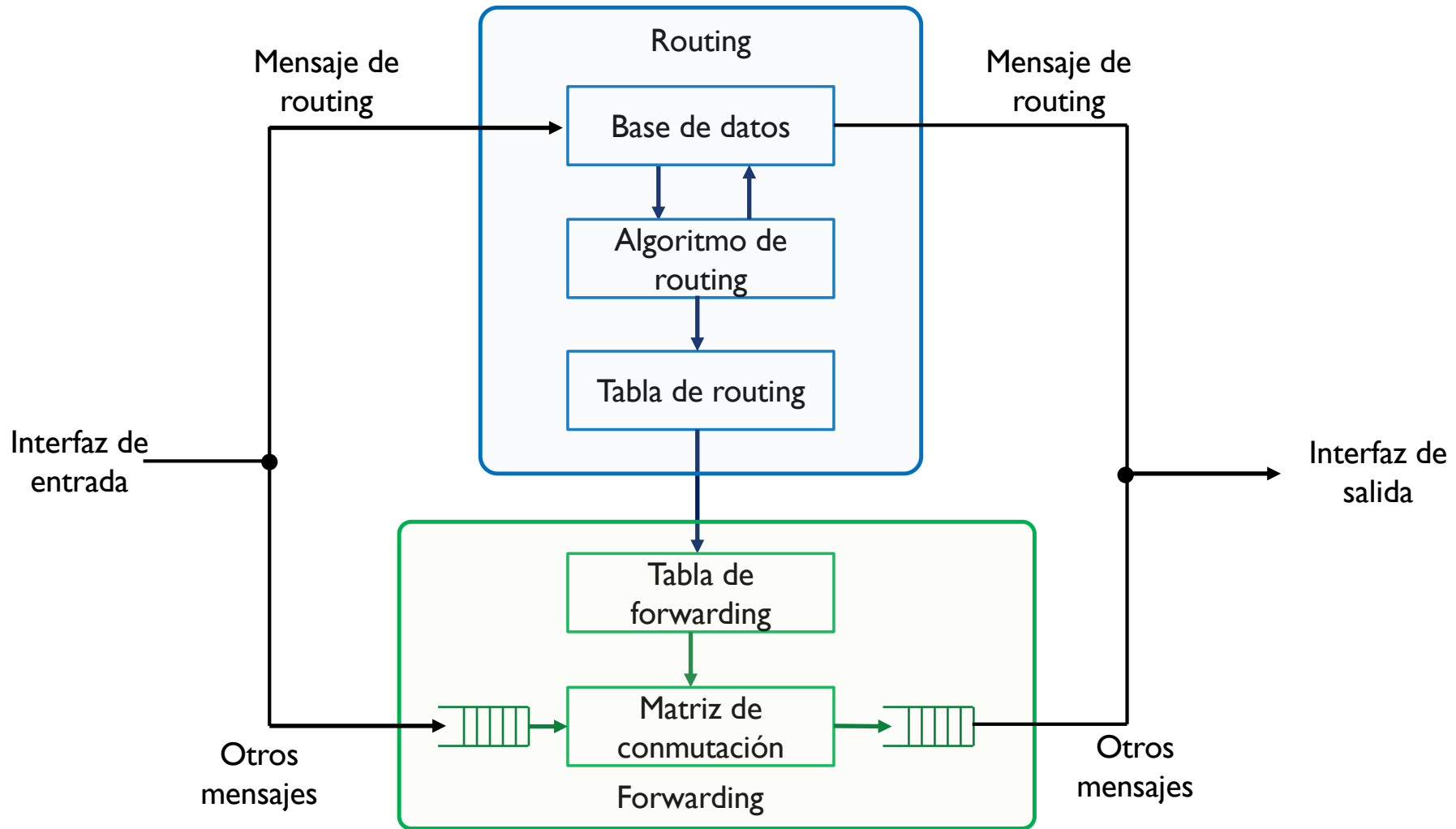
- ▶ **Exterior Gateway Protocol (EGP)**

- ▶ EGP - RFC 904
- ▶ BGP - RFC 1771 (versión 4)      RFC 2545 para IPv6



## 3.2 Arquitectura de un router

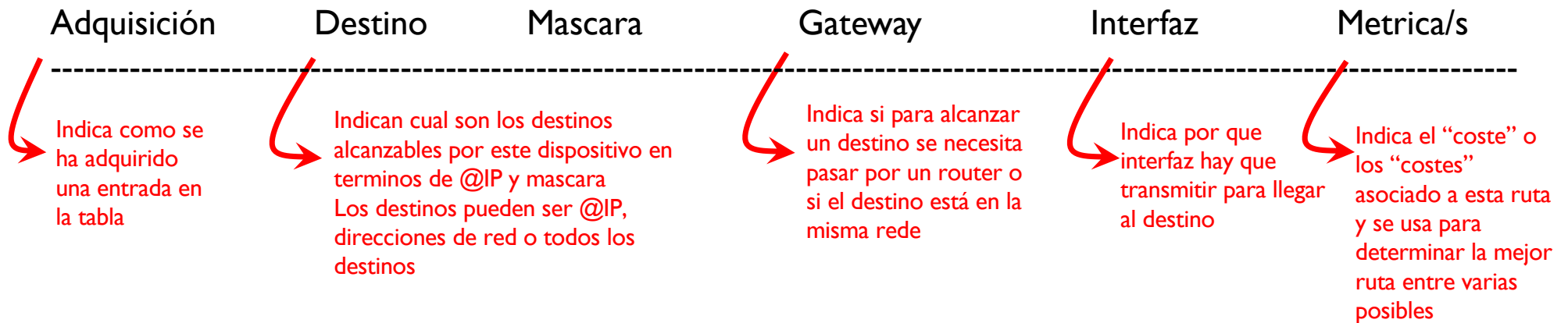
---



## 3.2 Arquitectura de un router

---

- ▶ Tabla de routing suele tener un formato estándar



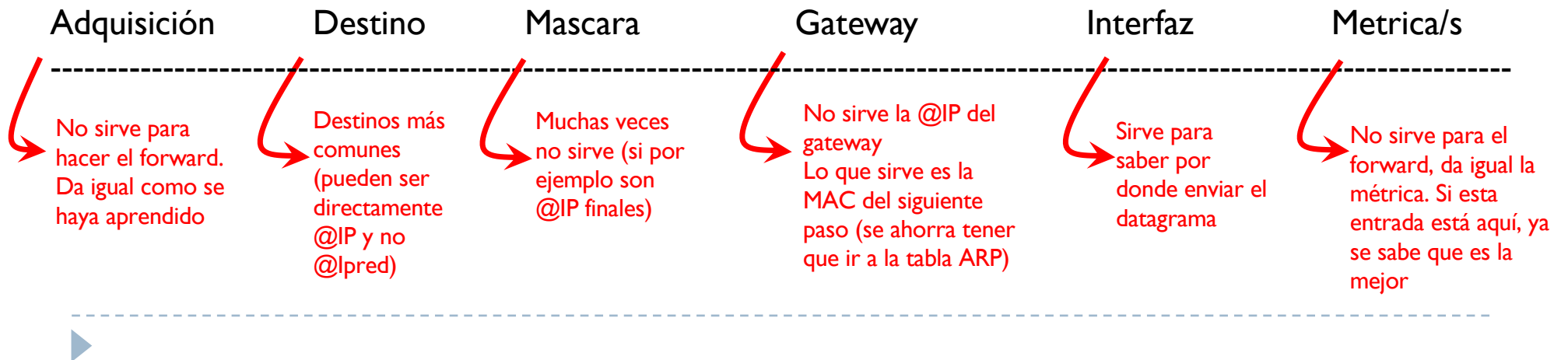
- ▶ Su estructura está optimizada para el protocolo y el algoritmo de routing
    - ▶ Actualización rápida en caso de un cambio en la tabla
    - ▶ Los mensajes de actualización pero no suelen ser muy frecuentes (orden de segundos)
    - ▶ Permite mantener muchas entradas (hoy en día puede haber tablas con 800,000 entradas)
- 



## 3.2 Arquitectura de un router

---

- ▶ Tabla de forwarding depende del fabricante y de la tecnología empleada
- ▶ Su estructura está optimizada para buscar que hacer con el datagrama y decidir por donde reenviarlo
  - ▶ Pueden llegar datagramas en el orden de ns
  - ▶ El rendimiento de un router depende en gran medida de cuanto rápido es en reenviar datagramas
- ▶ Las implementaciones más comunes solo cogen los destinos más usados y ponen MAC destino e interfaz de salida

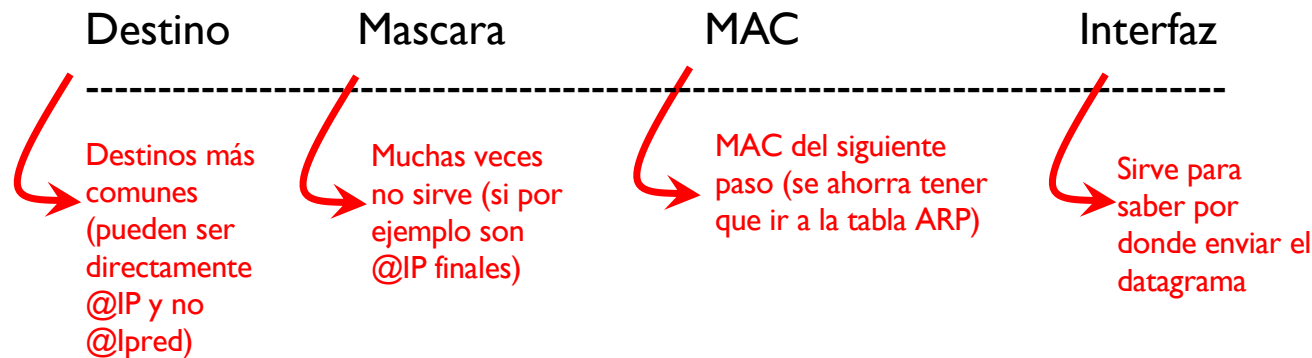




## 3.2 Arquitectura de un router

---

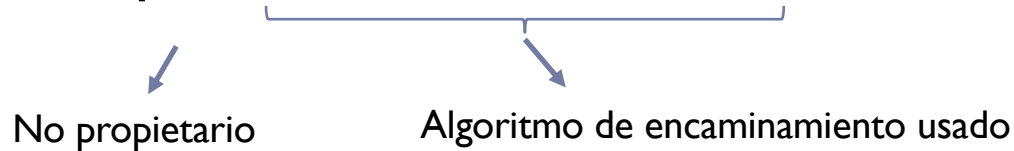
- ▶ Tabla de forwarding depende del fabricante y de la tecnología empleada
- ▶ Su estructura está optimizada para buscar que hacer con el datagrama y decidir por donde reenviarlo
  - ▶ Pueden llegar datagramas en el orden de ns
  - ▶ El rendimiento de un router depende en gran medida de cuanto rápido es en reenviar datagramas
- ▶ Las implementaciones más comunes solo cogen los destinos más usados y ponen MAC destino e interfaz de salida



## 3.3 OSPF

---

- ▶ **Open Shortest Path First**



- ▶ RFC 2328 (versión 2)
- ▶ RFC 5340 (versión para IPv6)
- ▶ Protocolo y algoritmo de encaminamiento intra-dominio
  - ▶ Uno de los más usados



## 3.3 RIP vs OSPF

---

- ▶ **RIP, enfoque vector distancia (distance-vector)**
  - ▶ Cada router envía a sus vecinos parte de su tabla de encaminamiento de forma periódica (cada 30s)
  - ▶ El número de saltos (redes que hay que cruzar) es la única métrica posible



## 3.3 RIP vs OSPF

---

- ▶ RIP, enfoque vector distancia (distance-vector)
  - ▶ Cada router envía a **sus vecinos** parte de su tabla de encaminamiento de **forma periódica** (cada 30s)
  - ▶ El número de saltos (redes que hay que cruzar) es la **única métrica** posible



## 3.3 RIP vs OSPF

---

- ▶ RIP, enfoque vector distancia (distance-vector)
  - ▶ Cada router envía a **sus vecinos** parte de su tabla de encaminamiento de **forma periódica** (cada 30s)
  - ▶ El número de saltos (redes que hay que cruzar) es la **única métrica** posible
- ▶ **Ventajas**
  - ▶ Muy simple y fácil de configurar
- ▶ **Desventajas**
  - ▶ Convergencia lenta
    - ▶ Un cambio tarda mucho en propagarse por todo el sistema)
  - ▶ Se pueden crear bucles
    - ▶ La máxima métrica de 15 limita esta posibilidad pero no la previene del todo
  - ▶ Consume recursos aunque no sea necesario
    - ▶ Si no hay cambios, es inútil enviar mensajes cada 30 s



## 3.3 RIP vs OSPF

---

- ▶ **OSPF, enfoque estado del enlace (link-state)**
  - ▶ Cada router envía un LSA (Link State Advertisement) a todos los routers cuando hay un cambio
  - ▶ Se pueden definir métricas arbitrarias
    - ▶ Ancho de banda
    - ▶ Latencia
    - ▶ Coste
    - ▶ Fiabilidad
  - ▶ Se pueden definir áreas diferentes y aplica encaminamiento jerárquico



## 3.3 RIP vs OSPF

---

- ▶ OSPF, enfoque estado del enlace (link-state)
  - ▶ Cada router envía un LSA (Link State Advertisement) a **todos los routers** cuando hay **un cambio**
  - ▶ Se pueden definir **métricas arbitrarias**
    - ▶ Ancho de banda
    - ▶ Latencia
    - ▶ Coste
    - ▶ Fiabilidad
  - ▶ Se pueden definir áreas diferentes y aplica **encaminamiento jerárquico**
  - ▶ Cada router tiene un **conocimiento global y único** del sistema



## 3.3 RIP vs OSPF

---

### ▶ OSPF, enfoque estado del enlace (link-state)

- ▶ Cada router envía un LSA (Link State Advertisement) a **todos los routers** cuando hay **un cambio**
- ▶ Se pueden definir **métricas arbitrarias**
- ▶ Se pueden definir áreas diferentes y aplica **encaminamiento jerárquico**
- ▶ Cada router tiene un **conocimiento global y único** del sistema

### ▶ Ventajas

- ▶ No se crean bucles
- ▶ Convergencia rápida
- ▶ Consume menos recursos con los mensajes LSA

### ▶ Desventajas

- ▶ Más complejos de configurar
  - ▶ Más memoria para almacenar la base de datos
  - ▶ Más potencia de procesamiento
- 

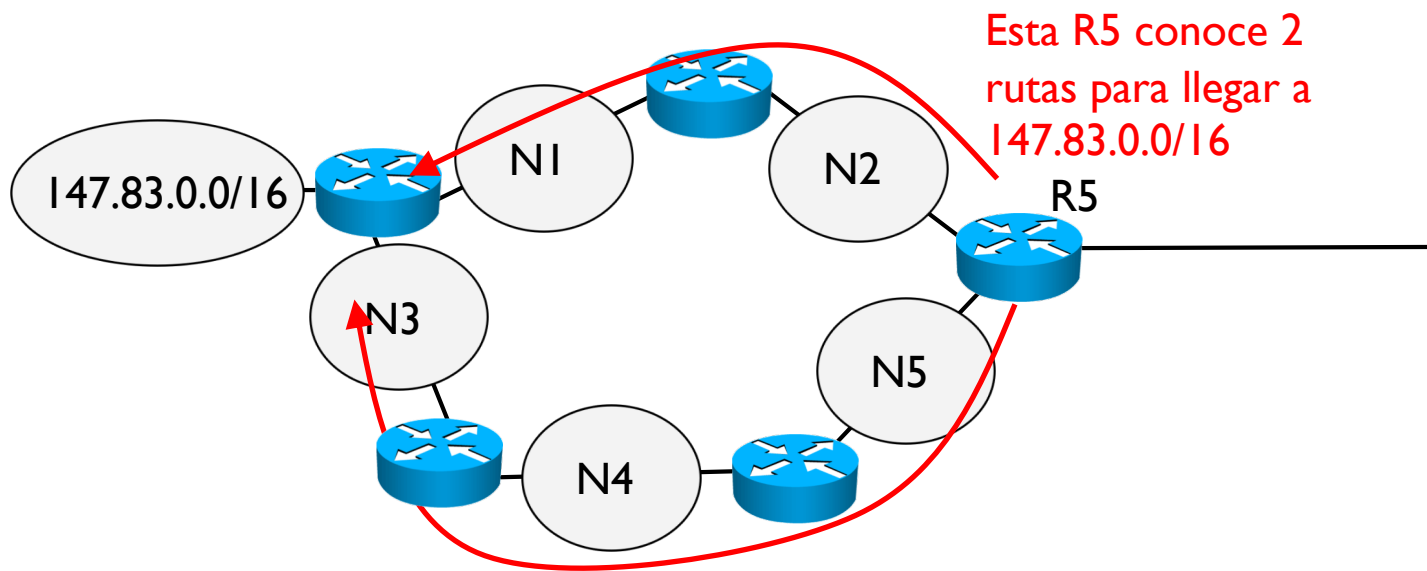




## 3.3 Conocimiento global y único

---

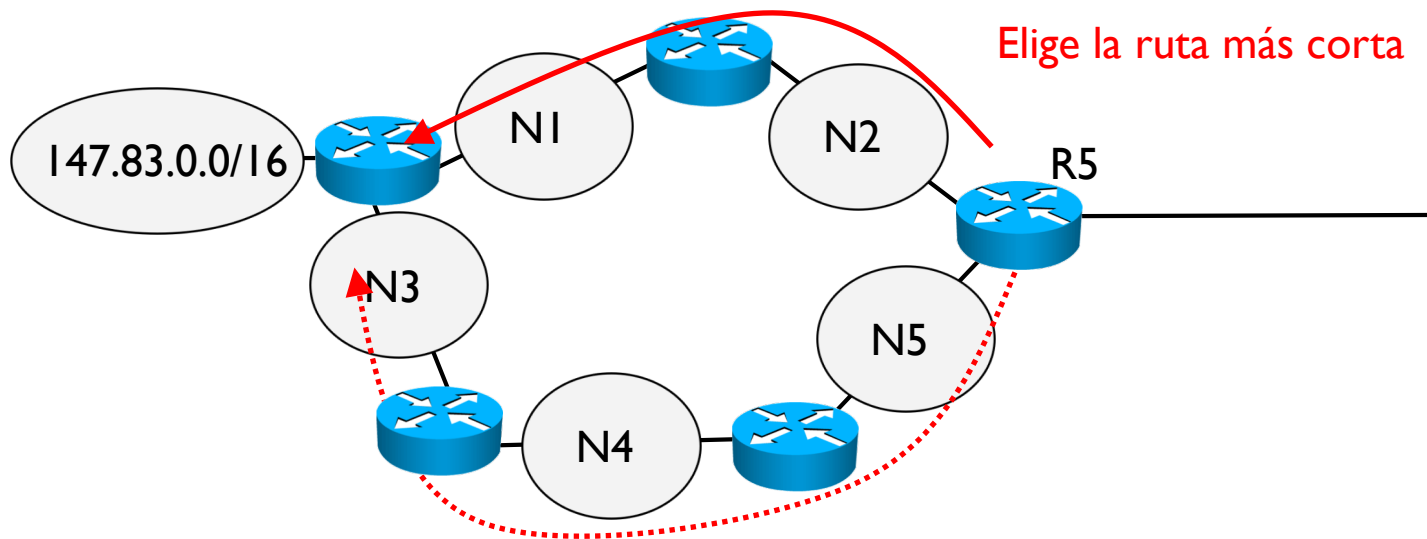
- ▶ Enfoque vector-distancia
  - ▶ El camino entre origen y destino se construye como composición de próximo salto
  - ▶ Eso implica que el conocimiento de un router depende de la decisión de otros



## 3.3 Conocimiento global y único

---

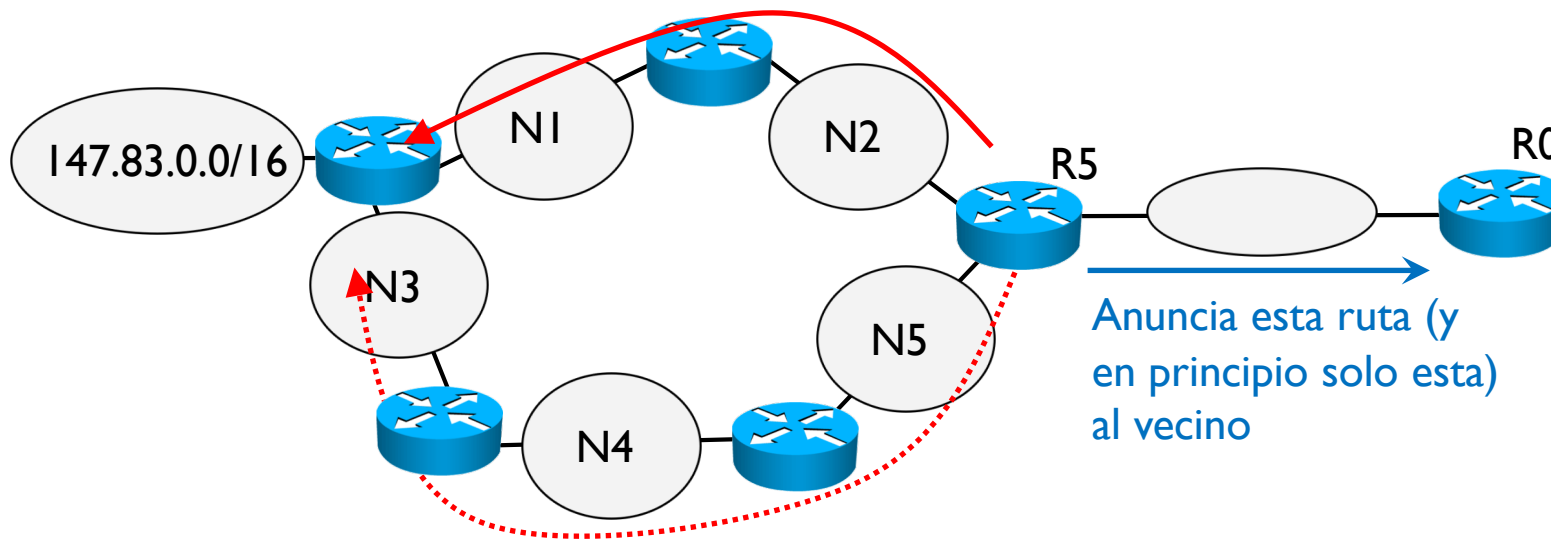
- ▶ Enfoque vector-distancia
  - ▶ El camino entre origen y destino se construye como composición de próximo salto
  - ▶ Eso implica que el conocimiento de un router depende de la decisión de otros



## 3.3 Conocimiento global y único

---

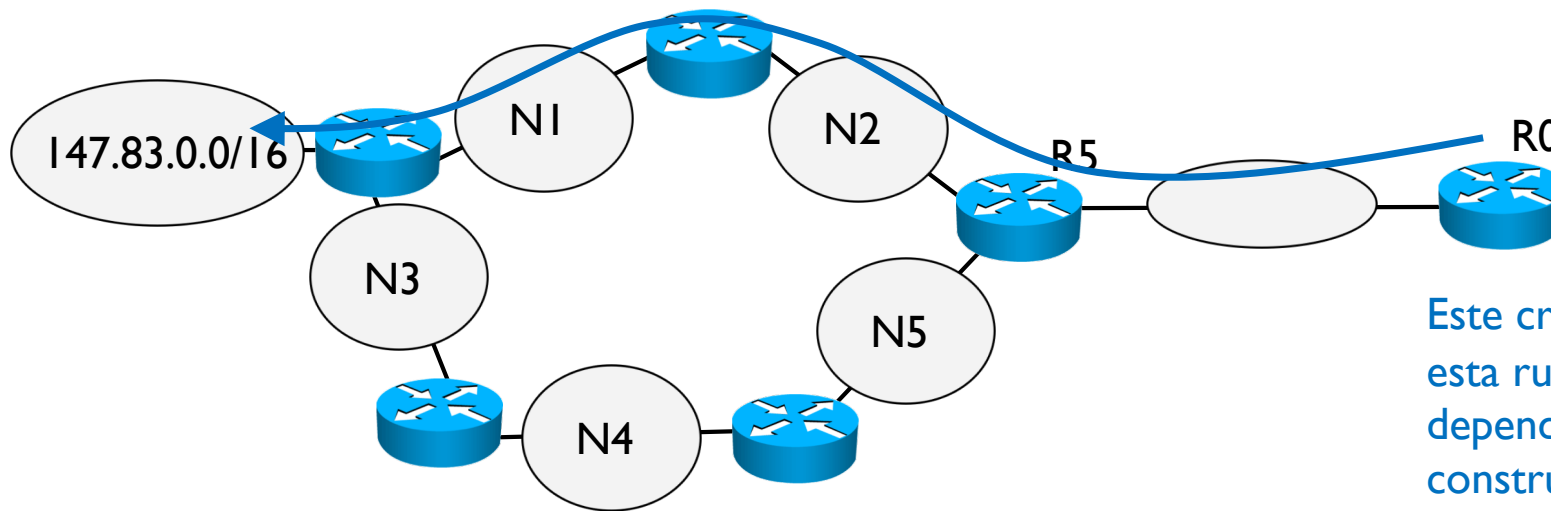
- ▶ Enfoque vector-distancia
  - ▶ El camino entre origen y destino se construye como composición de próximo salto
  - ▶ Eso implica que el conocimiento de un router depende de la decisión de otros



## 3.3 Conocimiento global y único

---

- ▶ Enfoque vector-distancia
  - ▶ El camino entre origen y destino se construye como composición de próximo salto
  - ▶ Eso implica que el conocimiento de un router depende de la decisión de otros



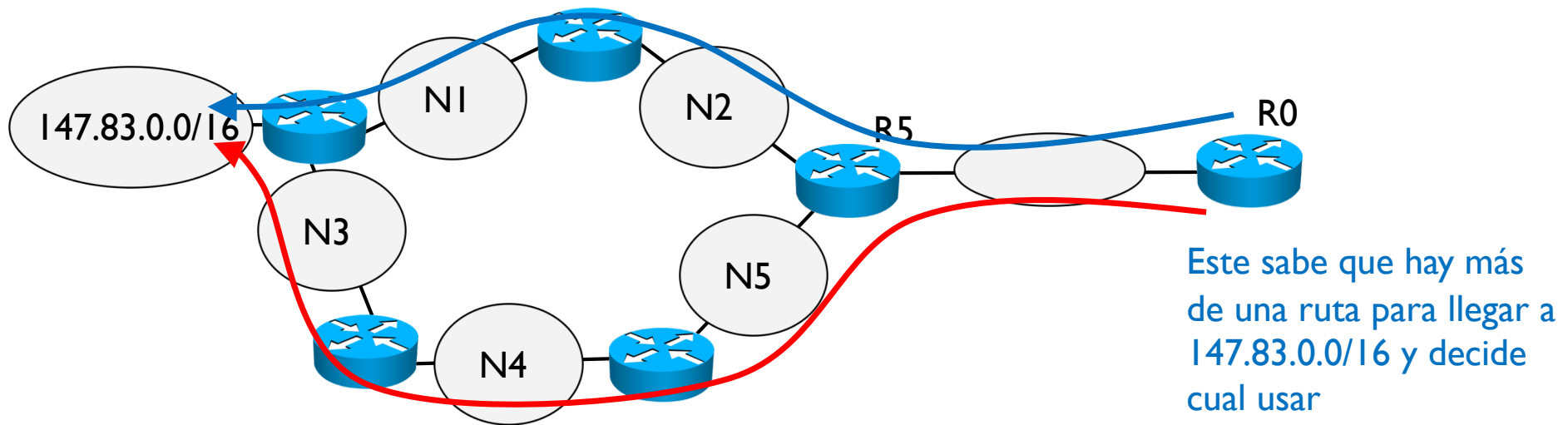
Este cree que solo existe esta ruta (porque depende del vecino) y construye su ruta a 147.83.0.0/16



## 3.3 Conocimiento global y único

---

- ▶ Enfoque **estado del enlace**
  - ▶ El camino entre origen y destino se construye conociendo todo el sistema
  - ▶ Eso implica que cada router conoce todo el sistema y decide la mejor ruta desde su punto de vista



## 3.4 Terminología OSPF

---

- ▶ **Link (enlace):** interfaz de un router
- ▶ **Link-state:** descripción de una interfaz y su relación con los routers vecinos
  - ▶ @IP y mascara
  - ▶ Tipo de red conectada
  - ▶ Routers vecinos conectados a la red
  - ▶ Métricas del enlace
  - ▶ Métricas de los vecinos, etc.
- ▶ **Link-state database (LSDB):** colección de todos los link-states
- ▶ **Link-state advertisement (LSA):** mensaje OSPF de encaminamiento
- ▶ **Router ID (RID):** cada router en un sistema OSPF se identifica con un RID único
  - ▶ Un RID es un número de 32 bits y se representa como una @IP (4 decimales separados por un punto)
- ▶ **Area:** colección de redes y routers que pertenecen a la misma área (i.e. mismo area-ID)
  - ▶ Usado en encaminamiento jerárquico
  - ▶ Si solo hay una área en el sistema, se indica como área 0
  - ▶ Si hay más de una área, la principal es la 0 y las demás son secundarias con área-ID a partir de 1



## 3.4 Router ID

---

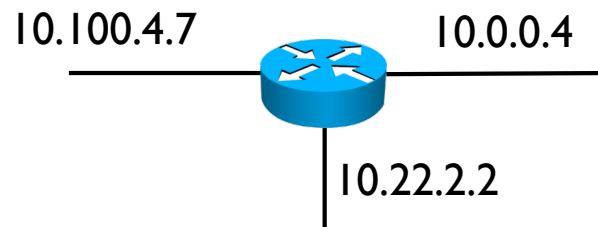
- ▶ Cada router debe tener un RID único en el sistema
- ▶ Un RID se puede definir
  - ▶ Manualmente
    - ▶ En CISCO con el comando router-id @IP
  - ▶ Si no se define manualmente, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a las interfaces virtuales (también llamadas lookbacks o dummies)
  - ▶ Si no se han configurado @IP virtuales, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a interfaces **activas** (up, no shutdown) del router



## 3.4 Router ID

---

- ▶ Cada router debe tener un RID único en el sistema
- ▶ Un RID se puede definir
  - ▶ Manualmente
    - ▶ En CISCO con el comando router-id @IP
  - ▶ Si no se define manualmente, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a las interfaces virtuales (también llamadas lookbacks o dummies)
  - ▶ Si no se han configurado @IP virtuales, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a interfaces **activas** (up, no shutdown) del router
- ▶ Ejemplo



RID =

---

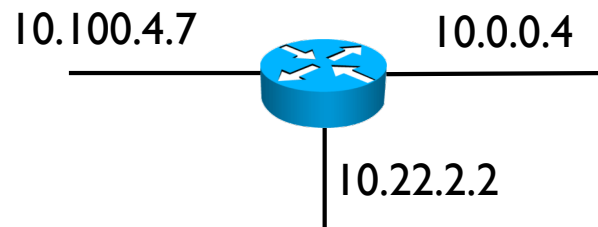




## 3.4 Router ID

---

- ▶ Cada router debe tener un RID único en el sistema
- ▶ Un RID se puede definir
  - ▶ Manualmente
    - ▶ En CISCO con el comando router-id @IP
  - ▶ Si no se define manualmente, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a las interfaces virtuales (también llamadas lookbacks o dummies)
  - ▶ Si no se han configurado @IP virtuales, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a interfaces **activas** (up, no shutdown) del router
- ▶ Ejemplo



RID = 10.100.4.7

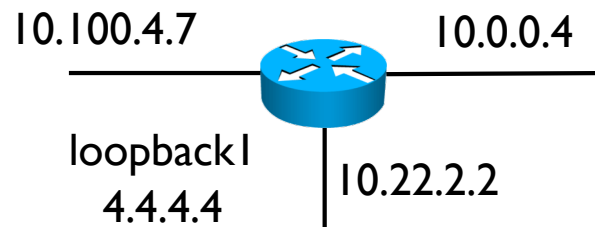
---



## 3.4 Router ID

---

- ▶ Cada router debe tener un RID único en el sistema
- ▶ Un RID se puede definir
  - ▶ Manualmente
    - ▶ En CISCO con el comando router-id @IP
  - ▶ Si no se define manualmente, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a las interfaces virtuales (también llamadas lookbacks o dummies)
  - ▶ Si no se han configurado @IP virtuales, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a interfaces **activas** (up, no shutdown) del router
- ▶ Ejemplo



RID =

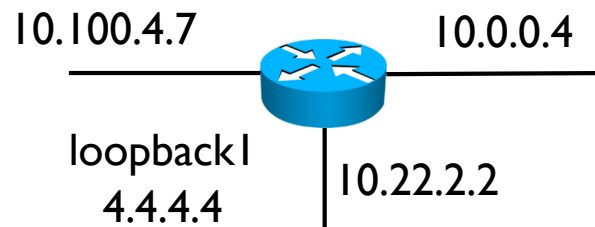
---



## 3.4 Router ID

---

- ▶ Cada router debe tener un RID único en el sistema
- ▶ Un RID se puede definir
  - ▶ Manualmente
    - ▶ En CISCO con el comando router-id @IP
  - ▶ Si no se define manualmente, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a las interfaces virtuales (también llamadas lookbacks o dummies)
  - ▶ Si no se han configurado @IP virtuales, el RID es la @IP más alta entre las @IP asignadas a interfaces **activas** (up, no shutdown) del router
- ▶ Ejemplo



RID = 4.4.4.4

---



## 3.4 Router ID - recomendación

---

- ▶ Siempre conviene configurar por lo menos una interfaz virtual (RID del router)
  - ▶ Esta interfaz depende del router, siempre estará activa siempre que el router esté activo
  - ▶ Esta interfaz cae, si cae todo el router
- ▶ Una interfaz real en cambio se puede estropear y caer
  - ▶ Pasaría a un estado down y el router debería cambiar su RID
  - ▶ Los demás routers tardarían en reconocer este router como el router antiguo con un nuevo RID, i.e. durante un tiempo pensarían que es un nuevo router
  - ▶ Las tablas de encaminamiento estarían durante un tiempo cambiando constantemente hasta llegar a sincronizarse otra vez, afectando la estabilidad del sistema
  - ▶ Convergencia lenta



## 3.4 Métricas

---

- ▶ La métrica (o coste) en OSPF indica cuanto “cuesta” enviar un datagrama por una interfaz
  - ▶ Menor coste → mejor
- ▶ El coste más común (valor por defecto) es el inverso del ancho de banda de la interfaz

$$\text{coste} = \frac{10^8}{\text{ancho de banda}}$$

- ▶ Por ejemplo
  - ▶ Para una interfaz de 1.544 Mbit/s → coste = 64
  - ▶ de 10 Mbit/s → coste = 10
  - ▶ de 100 Mbit/s → coste = 1



## 3.4 Métricas

---

- ▶ La métrica (o coste) en OSPF indica cuanto “cuesta” enviar un datagrama por una interfaz
  - ▶ Menor coste → mejor
- ▶ El coste más común (valor por defecto) es el inverso del ancho de banda de la interfaz

$$\text{coste} = \frac{10^8}{\text{ancho de banda}}$$

- ▶ Por ejemplo
  - ▶ Para una interfaz de 1.544 Mbit/s → coste = 64
  - ▶ de 10 Mbit/s → coste = 10
  - ▶ de 100 Mbit/s → coste = 1
  - ▶ ¿y para > 100 Mbit/s? → todos con coste = 1



## 3.4 Métricas

---

- ▶ Se puede modificar el valor de referencia de 108 por otro arbitrario

- ▶ En Cisco con el comando

`auto-cost reference-bandwidth VALOR`

- ▶ Donde VALOR es un valor numérico en Mbit/s

- ▶ Se puede definir otro coste arbitrario

- ▶ En Cisco con el comando

`ip ospf cost VALOR`



## 3.5 Funcionamiento

---

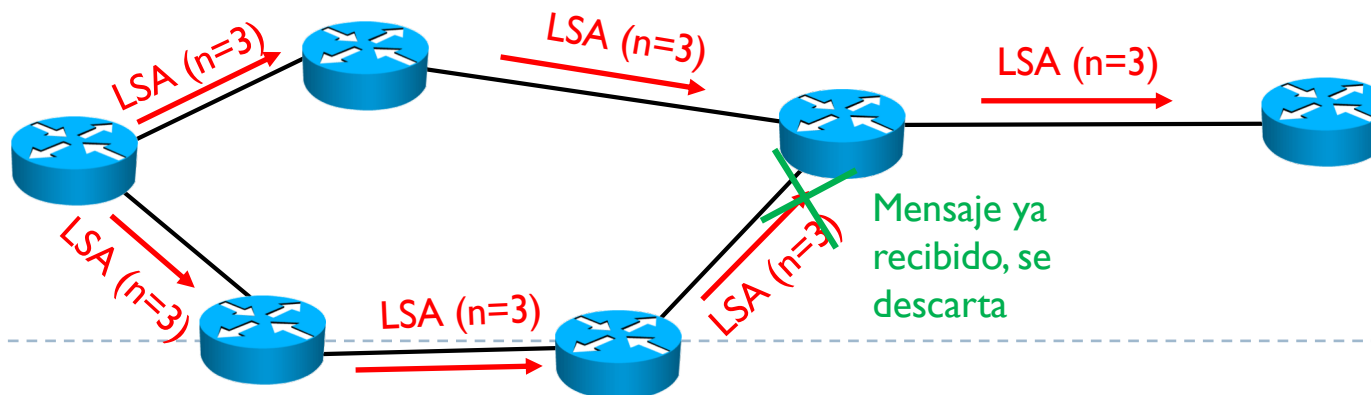
- ▶ Cuando se activa OSPF en un router, este genera un mensaje LSA
  - ▶ Este mensaje LSA contiene la información LS que conoce este router en este momento
  - ▶ También puede generar un LSA si ha habido un cambio en la información de encaminamiento (fallo de una interfaz, nuevo enlace, cambio de @IP, etc.). En este caso, el LSA contiene solo la nueva información





## 3.5 Funcionamiento

- ▶ El envío de estos LSA se hace por inundación (flooding)
  - ▶ El router envía el LSA por todas sus interfaces de salida hacia los routers vecinos
    - ▶ Además de la información de encaminamiento, el LSA contiene un número de secuencia y una edad
    - ▶ La edad indica desde cuando se ha recibido este LSA
    - ▶ El número de secuencia indica la versión de este LSA (cada actualización de la misma información es +1 respecto al anterior)
  - ▶ Cada router que recibe un LSA, lo compara con la información en su LSDB
    - ▶ Si no tiene, añade
    - ▶ Si ya tiene, compara los números de secuencia
      - Si el que recibe es más grande, sustituye la información de su LSA por la nueva
      - Si es igual o menor, descarta este LSA
    - ▶ Además estos routers reenvían este mismo mensaje (si es nuevo) por todas sus otras interfaces



## 3.5 Funcionamiento

---

- ▶ Si un mensaje LSA modifica el conocimiento que tiene un router del sistema, este router debe ejecutar el algoritmo Shortest Path First (SPF)
  - ▶ Algoritmo de búsqueda de caminos de menor coste (Dijkstra)
- ▶ El SPF mapea sobre la topología del sistema, un árbol de caminos de menor coste con raíz el router y los destinos del sistema como hojas
- ▶ A partir de este árbol, el router crea las entradas de la tabla de encaminamiento



# 3. Índice

---

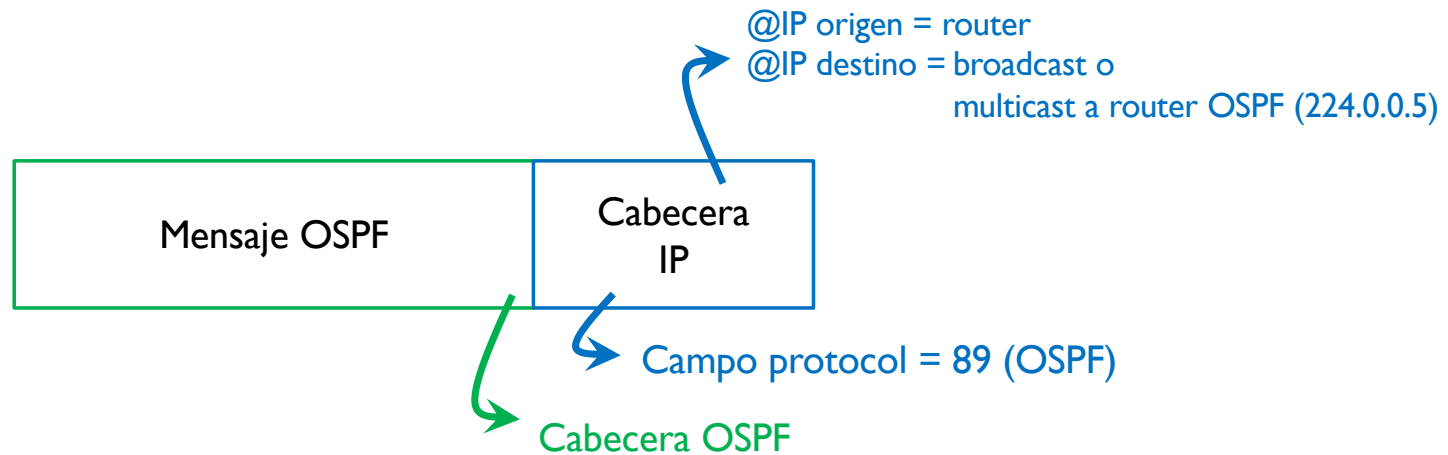
1. Contexto
2. Arquitectura de un router
3. RIP vs OSPF
4. Conceptos básicos de OSPF
5. Funcionamiento
6. Formato de los mensajes
  - ▶ Mensajes Hello y LSA
7. Identificación de las adyacencias
8. Elección del DR y BDR
9. Sincronización de las LSDB
10. OSPF jerárquico
11. Enlaces virtuales



## 3.6 Formato de los mensajes

---

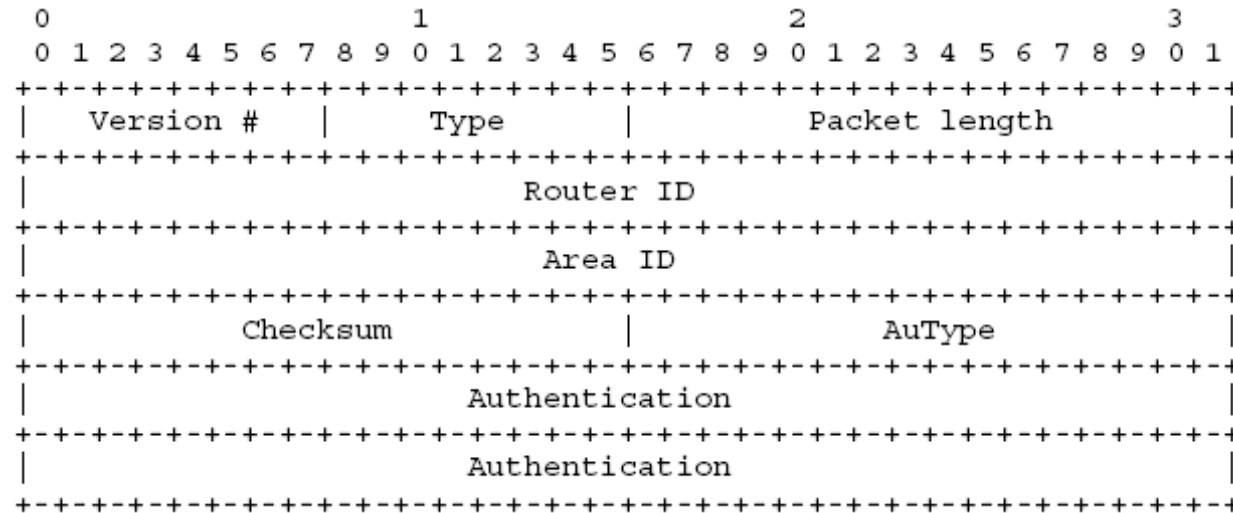
- ▶ Se encapsulan directamente en IP  
→ no usa ni TCP ni UDP



## 3.6 Formato de los mensajes

---

- ▶ Cabecera OSPF



- ▶ Longitud = 6 x 32 bits = 24 bytes



## 3.6 Formato de los mensajes

- ▶ Cabecera OSPF
- ▶ Version: 2
- ▶ Type: varios mensajes diferentes

1: Hello

2: Descripción de la LSDB

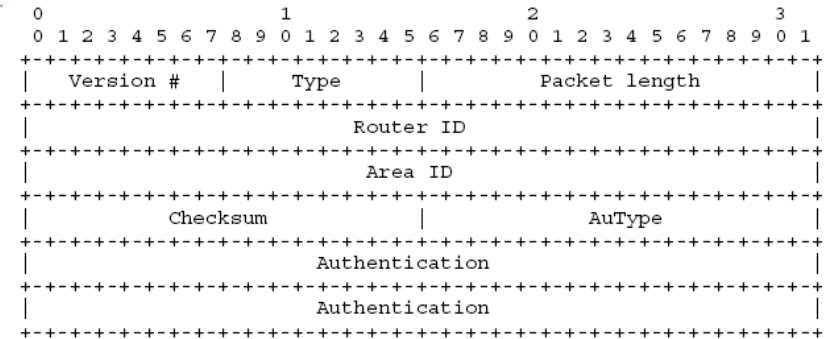
3: Petición de LS (LS request)

4: Actualización de LS (LS update)

5: Confirmación de LS (LS ack)

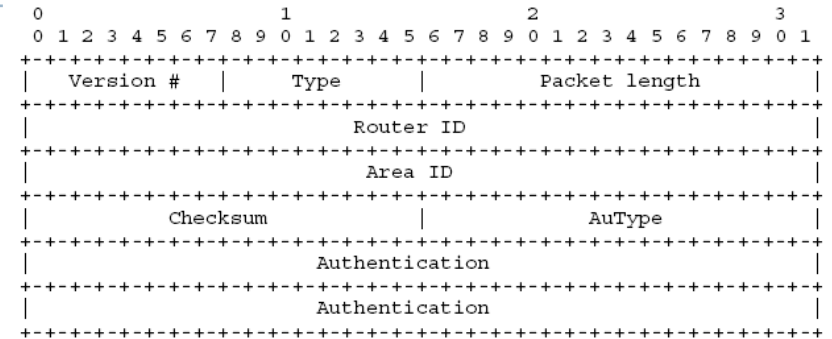
Mensajes Link State  
Advertisement (LSA)

- ▶ Packet length: longitud total del mensaje OSPF
- ▶ Router ID: RID del router origen del mensaje
- ▶ Area ID: identificador del área del router que ha generado este mensaje
- ▶ Checksum: control de error sobre todo el mensaje, excluido el campo de autenticación



## 3.6 Formato de los mensajes

- ▶ Cabecera OSPF
- ▶ AuType: tipo de autenticación
  - 0: no hay
  - 1: simple con contraseña
  - 2: con encriptación
- ▶ Authentication
  - ▶ Campo de 8 bytes donde van los datos para la autenticación



## 3.6 Mensajes Hello

---

### ▶ Objetivos

- ▶ Descubrir los routers vecinos y crear las adyacencias
- ▶ Seleccionar el Designated Router (DR) y el Backup DR (BDR) en redes de acceso múltiple
- ▶ Verificar la conectividad entre routers vecinos

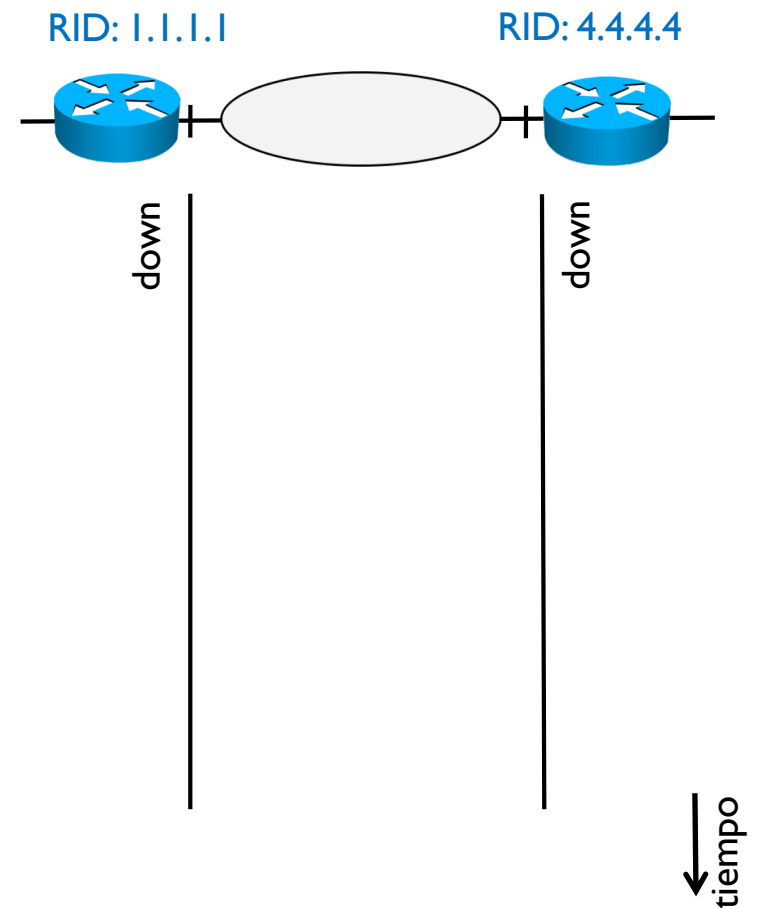




## 3.7 Identificación de las adyacencias

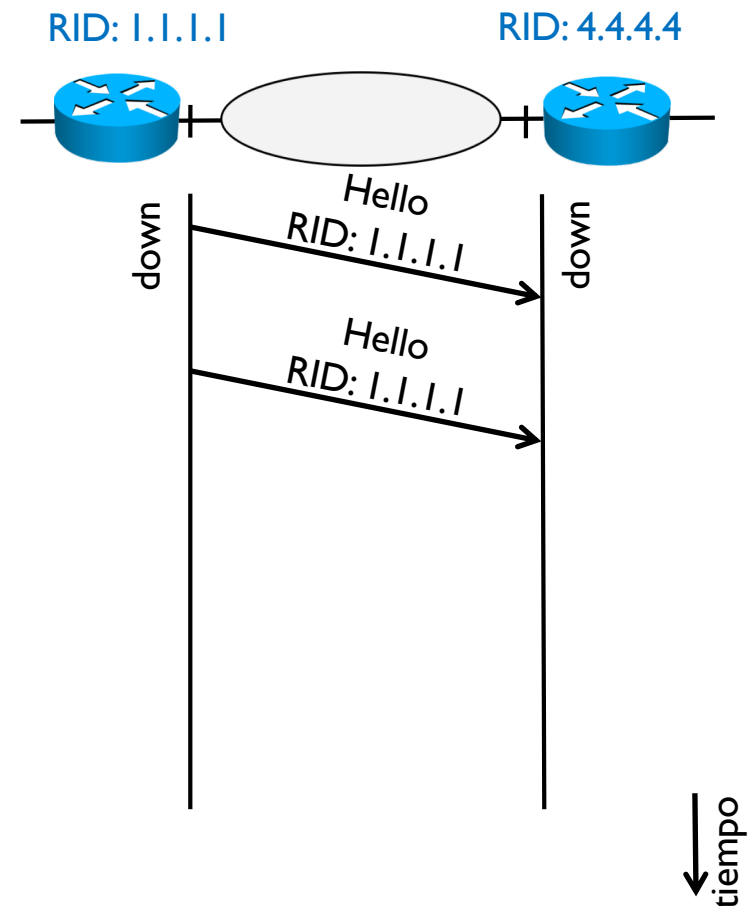
---

- ▶ **Descubrir los routers vecinos** y crear las adyacencias
- ▶ Proceso
  1. Una interfaz está inicialmente en un estado *down*



## 3.7 Identificación de las adyacencias

- ▶ Descubrir los routers vecinos y crear las adyacencias
- ▶ Proceso
  1. Una interfaz está inicialmente en un estado *down*
  2. Al activar OSPF, un router envía un Hello en broadcast (o multicast) en su red. En este mensaje se identifica con su RID. Este mensaje se envía de forma periódica.

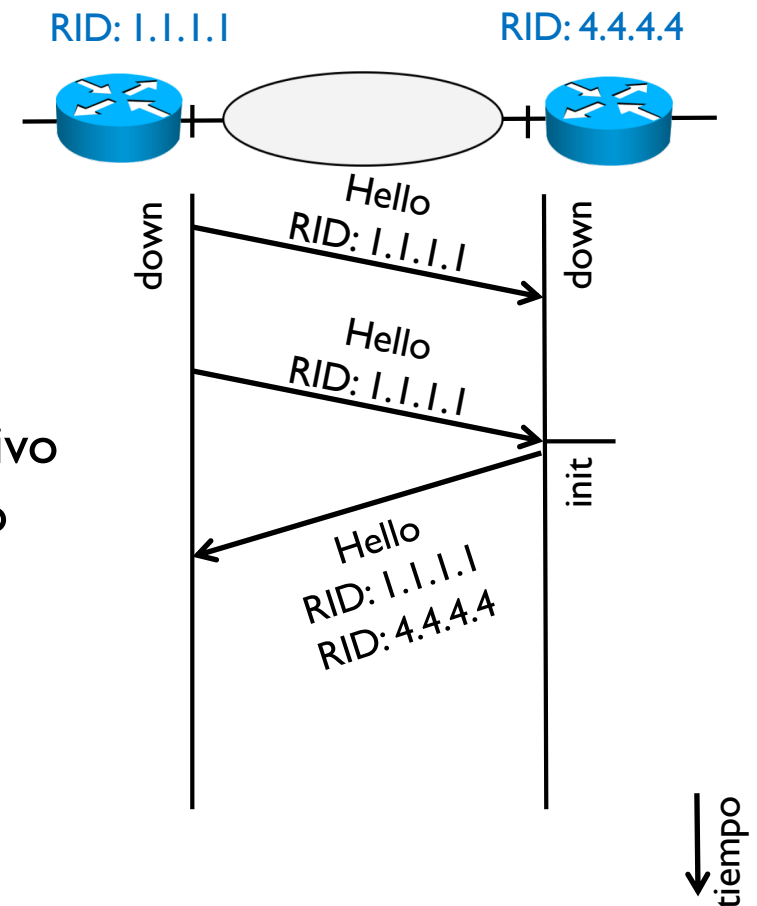


## 3.7 Identificación de las adyacencias

- ▶ Descubrir los routers vecinos y crear las adyacencias

- ▶ Proceso

1. Una interfaz está inicialmente en un estado *down*
2. Al activar OSPF, un router envía un Hello en broadcast (o multicast) en su red. En este mensaje se identifica con su RID. Este mensaje se envía de forma periódica.
3. Al recibir un Hello, un router con OSPF activo pasa al estado *init*, y contesta con otro Hello donde pone su RID y el RID del otro.

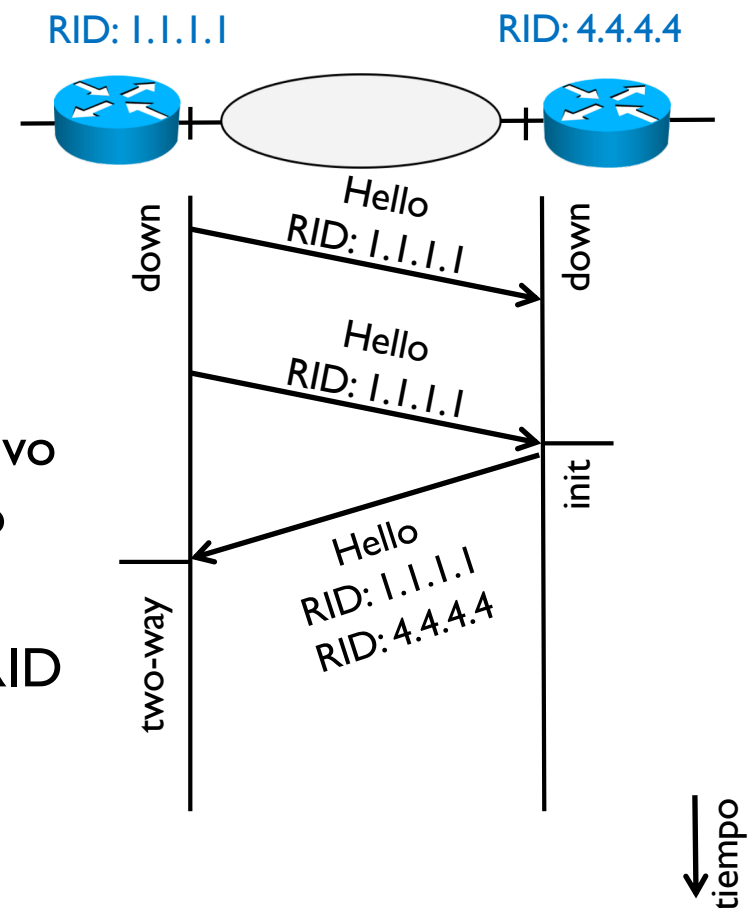


## 3.7 Identificación de las adyacencias

- ▶ Descubrir los routers vecinos y crear las adyacencias

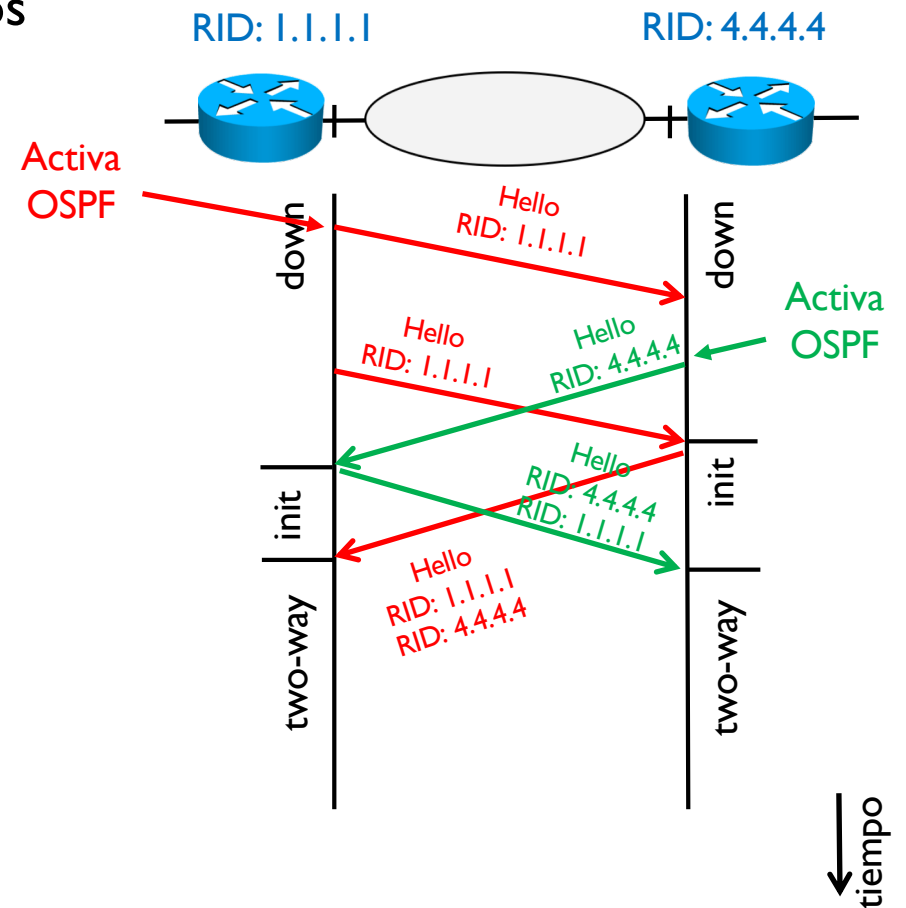
- ▶ Proceso

1. Una interfaz está inicialmente en un estado *down*
2. Al activar OSPF, un router envía un Hello en broadcast (o multicast) en su red. En este mensaje se identifica con su RID. Este mensaje se envía de forma periódica.
3. Al recibir un Hello, un router con OSPF activo pasa al estado *init*, y contesta con otro Hello donde pone su RID y el RID del otro.
4. Al recibir un Hello con su propio RID y el RID del otro, un router pasa al estado *two-way*.



## 3.7 Identificación de las adyacencias

- ▶ Descubrir los routers vecinos y crear las adyacencias
- ▶ Notar que este proceso es bidireccional
- ▶ Realmente los dos routers pasan por los tres estados ya que se intercambian en total 4 mensajes
- ▶ Los dos routers al final estarán en *two-way*





## 3.7 Mensajes Hello

- ▶ **Verificar la conectividad** entre routers vecinos
- ▶ **Hello interval:** cada 10 segundos (valor por defecto, se puede configurar), un router envía a sus adyacencias un Hello para notificar que sigue activo
- ▶ **Dead interval:** como máximo espera 4 periodos (valor por defecto, se puede configurar) de 10 segundos un Hello de sus adyacencias
- ▶ Si un Hello de una adyacencia no llega en este periodo, la adyacencia se considera muerta

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.1.1.1 (10.1.1.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xd695 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    Options: 0x12 (L, E)
      0... .... = DN: DN-bit is NOT set
      .0.. .... = O: O-bit is NOT set
      ..0. .... = DC: Demand circuits are NOT supported
      ...1 .... = L: The packet contains LLS data block
      .... 0... = NP: Nssa is NOT supported
      .... .0.. = MC: NOT multicast capable
      .... ..1. = E: ExternalRoutingCapability
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 10.1.1.2
```

Common OSPF Header

OSPF Hello packet

## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ **Seleccionar el Designated Router (DR) y el Backup DR (BDR)**
- ▶ OSPF define 4 tipos diferentes de redes según la tecnología de nivel 2
  1. **Redes punto a punto**

Redes donde solo hay dos routers  
Por ejemplo, conexión serie, PPP, DHLC.
  2. **Redes de acceso múltiple y broadcast**

Redes donde hay conectividad completa entre todos y los paquetes se pueden enviar en broadcast  
Por ejemplo, Ethernet y WiFi
  3. **Redes de acceso múltiple pero no broadcast**

Redes hay multiples routers pero la transmisión en broadcast no es posible  
Por ejemplo, ATM, X.25
  4. **Redes punto a multipunto**

Redes donde no hay conectividad completa entre todos  
Por ejemplo, Frame Relay, Ethernet E-Tree

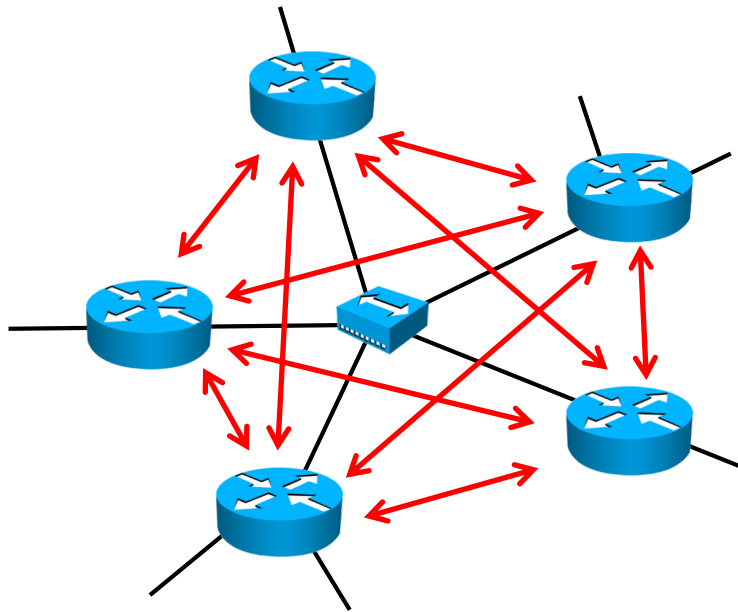




## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ En redes acceso múltiple y broadcast hay un problema



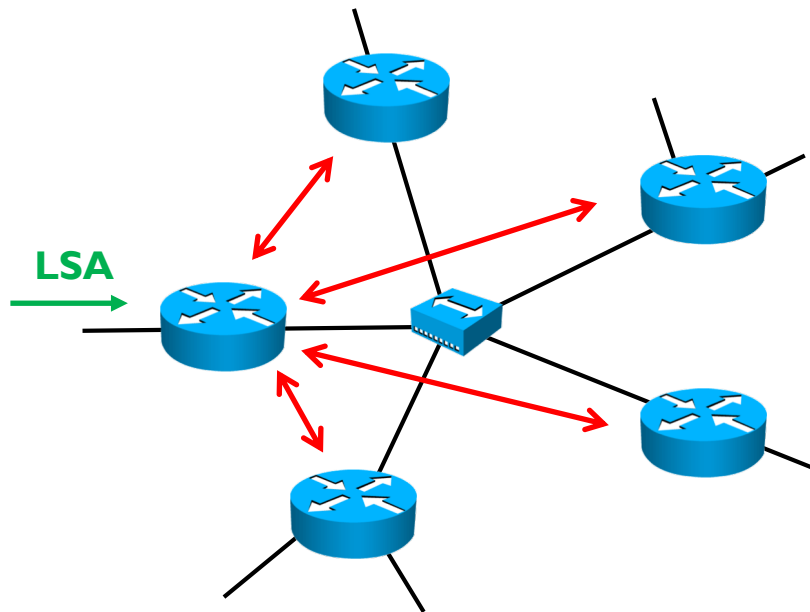
- ▶ Cada router tiene 4 adyacencias i.e., hay una malla completa de adyacencias (full mesh)



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ En redes acceso múltiple y broadcast hay un problema



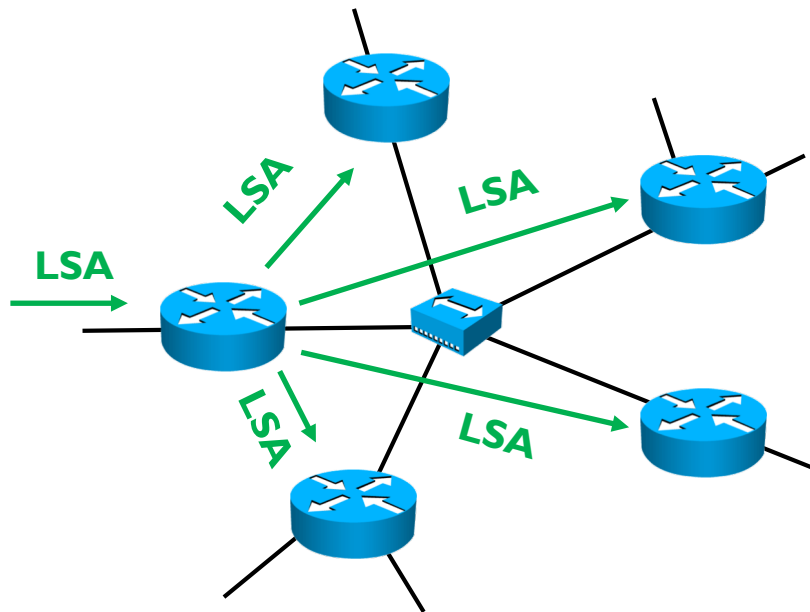
- ▶ Cada router tiene 4 adyacencias
- ▶ Al recibir un LSA, un router debe reenviarlo a todas sus adyacencias



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ En redes acceso múltiple y broadcast hay un problema



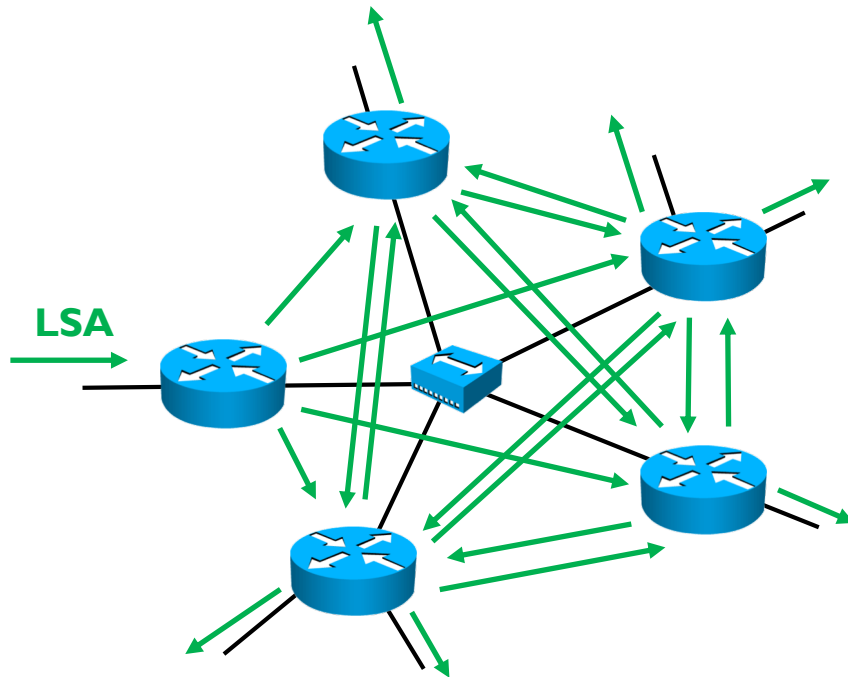
- ▶ Cada router tiene 4 adyacencias
- ▶ Al recibir un LSA, un router debe reenviarlo a todas sus adyacencias



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ En redes acceso múltiple y broadcast hay un problema



- ▶ Cada router tiene 4 adyacencias
- ▶ Al recibir un LSA, un router debe reenviarlo a todas sus adyacencias
- ▶ Y eso lo hará cada router, creando múltiples LSA duplicados inútilmente

- ▶ En este caso, el flooding no funcionaría correctamente
- 



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ En redes acceso múltiple y broadcast se usa un proceso diferente
  - ▶ Los routers saben a que tipo de red están conectados
- ▶ Hay que elegir dentro de una red de esto tipo un DR y un BDR
  - ▶ Se eligen durante el proceso de descubrimiento de los routers vecinos
  - ▶ El DR es el router con el RID más alto
  - ▶ El BDR es el router con el segundo RID más alto
  - ▶ Los routers que no son ni DR ni BDR se llaman OTHER
- ▶ Con este proceso
  - ▶ Los routers OTHER establecen una adyacencia solo con el DR y el BDR
  - ▶ El DR y el BDR establecen una adyacencia entre ellos y con todos los OTHER



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ **Proceso de envío de LSA**
- ▶ **Cuando un LSA llega al DR**
  - ▶ Se envía a todos los OTHER y al BDR
- ▶ **Si el LSA llega a un router OTHER**
  - ▶ Se envía solo al DR y al BDR
  - ▶ El DR envía este LSA a los demás routers OTHER y al BDR
  - ▶ El BDR recibe dos copias del mismo LSA
- ▶ **Si el LSA llega al BDR**
  - ▶ Se envía al DR
  - ▶ El DR envía este LSA a los demás routers OTHER y al BDR
  - ▶ El BDR recibe dos copias del mismo LSA



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ **Proceso de envío de LSA**
- ▶ **Cuando un LSA llega al DR**
  - ▶ Se envía a todos los OTHER y al BDR
- ▶ **Si el LSA llega a un router OTHER**
  - ▶ Se envía solo al DR y al BDR
  - ▶ El DR envía este LSA a los demás routers OTHER y al BDR
  - ▶ El BDR recibe dos copias del mismo LSA
- ▶ **Si el LSA llega al BDR**
  - ▶ Se envía al DR
  - ▶ El DR envía este LSA a los demás routers OTHER y al BDR
  - ▶ El BDR recibe dos copias del mismo LSA
- ▶ **¿Por qué el BDR recibe dos copias?**



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ ¿Por qué el BDR recibe dos copias?
- ▶ Esto le sirve al BDR para saber si el DR ha hecho su trabajo
  - ▶ Cuando un BDR recibe un LSA de otra red o de un OTHER de esta red, inicializa un temporizador
  - ▶ Si pasado este temporizador, no recibe la copia del DR, entiende que al DR le ha pasado algo y hace la tarea del DR





## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ ¿Por qué el BDR recibe dos copias?
- ▶ Esto le sirve al BDR para saber si el DR ha hecho su trabajo
  - ▶ Cuando un BDR recibe un LSA de otra red o de un OTHER de esta red, inicializa un temporizador
  - ▶ Si pasado este temporizador, no recibe la copia del DR, entiende que al DR le ha pasado algo y hace la tarea del DR
- ▶ Si un DR cae
  - ▶ Se descubre con los Hello de verificación que se siguen enviando entre todos los vecinos, no solo entre las adyacencias
  - ▶ El BDR se convierte en DR y se elige un nuevo BDR
  - ▶ En algunas implementaciones, si el DR vuelve a funcionar se pasa a la configuración inicial



## 3.8 Elección DR y BDR

---

- ▶ Algunas clarificaciones
- ▶ Si un nuevo router se conecta a una red donde ya se han elegido DR y BDR, estos no cambian aunque el nuevo router tenga el RID más alto
- ▶ El envío de los LSA a los DR y BDR solo afecta a estos datagramas, a los de encaminamiento (parte de routing de un router)
- ▶ Los paquetes IP (parte de forwarding de un router) se siguen enviando según la tabla de encaminamiento/forwarding
  - ▶ Es decir un router OTHER no reenvía un paquete IP al DR para que luego este lo envíe a otro router de la misma red
  - ▶ Un router reenvía los paquetes independientemente de los DR y BDR según su tabla



# 3. Índice

---

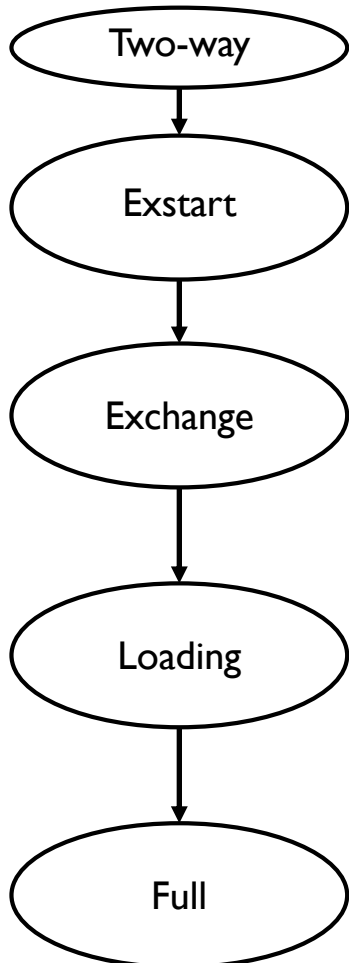
1. Contexto
2. Arquitectura de un router
3. RIP vs OSPF
4. Conceptos básicos de OSPF
5. Funcionamiento
6. Formato de los mensajes
  - ▶ Mensajes Hello y LSA
7. Identificación de las adyacencias
8. Elección del DR y BDR
9. Sincronización de las LSDB
10. OSPF jerárquico
11. Enlaces virtuales



## 3.9 Sincronización de las LSDB

---

- ▶ Una vez creadas las adyacencias, los routers deben sincronizar las LSDB para llegar al conocimiento único del sistema



- Se elige un número de secuencia inicial para reconocer las actualizaciones (serán +1)
- Es un número de 32 bits; si se da toda la vuelta, se hace un flush de la LSDB (borrado) y se vuelve a enviar con el número de secuencia inicial
- Cada router, por ejemplo R1, inicialmente envía un LSA tipo 2 (LSDB description) por flooding con su conocimiento actual del sistema
- Este tipo 2 contiene solo un resumen, información incompleta
- Cada router, por ejemplo R2, compara este LSA con su conocimiento
- Si este LSA recibido contiene información más reciente (secuencia más alto), el router R2 envía un LSA tipo 3 (LS request) al router R1 origen de este LSA
- El router R1 que recibe este LS request, contesta con un LSA tipo 4 (LS update) con la información completa
- Se completa con el router R2 que envía un LSA tipo 5 (LS ack) para confirmar la recepción
- Al final de todo eso, las LSDB están sincronizadas y todos los routers saben lo mismo



## 3.9 Sincronización de las LSDB

---

- ▶ Si hay un cambio en el sistema
- ▶ Los routers que detectan este cambio (ha caído una interfaz, la comunicación en una red común, una nueva interfaz, un cambio de IP, etc.), envían un LSA tipo 4 (LS update) por flooding a todos los demás
  - ▶ Si el cambio afecta mucha información, también se suele enviar al principio solo un LSA tipo 2, es decir un resumen de este cambio
  - ▶ Ya que puede ser muy probable que varios routers detecten este cambio a la vez y un flooding con toda la información de este cambio podría inundar todo el sistema y congestionarlo
  - ▶ De esta forma, solo se envía un resumen y los demás routers ya pedirán, si necesaria, la información completa (LS request)
- ▶ Estos routers luego esperan recibir un LSA tipo 5 (LS ack) de sus adyacencias



# 3. Índice

---

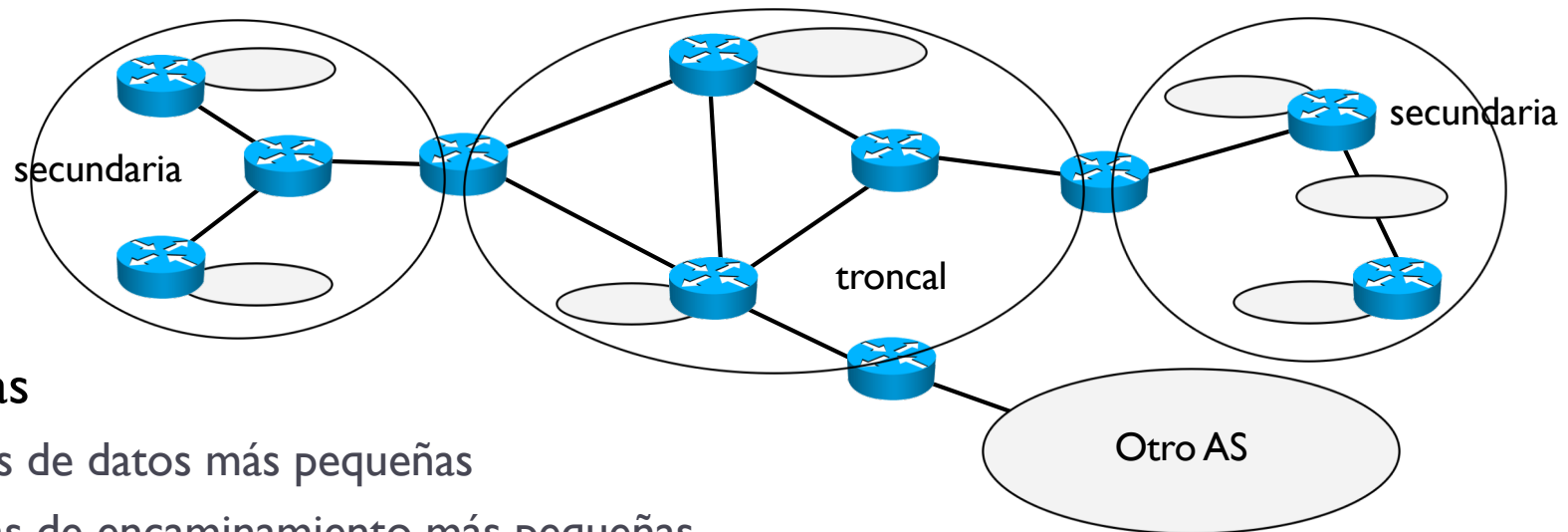
1. Contexto
2. Arquitectura de un router
3. RIP vs OSPF
4. Conceptos básicos de OSPF
5. Funcionamiento
6. Formato de los mensajes
  - ▶ Mensajes Hello y LSA
7. Identificación de las adyacencias
8. Elección del DR y BDR
9. Sincronización de las LSDB
10. OSPF jerárquico
11. Enlaces virtuales



## 3.10 OSPF jerárquico

---

- ▶ Para mejorar la escalabilidad, se puede dividir un sistema OSPF en varias áreas



- ▶ **Ventajas**

- ▶ Bases de datos más pequeñas
- ▶ Tablas de encaminamiento más pequeñas
- ▶ Menor número de LSA
- ▶ Menor número de re-cálculos de rutas ya que un cambio puede no modificar la LSDB de routers de otras áreas

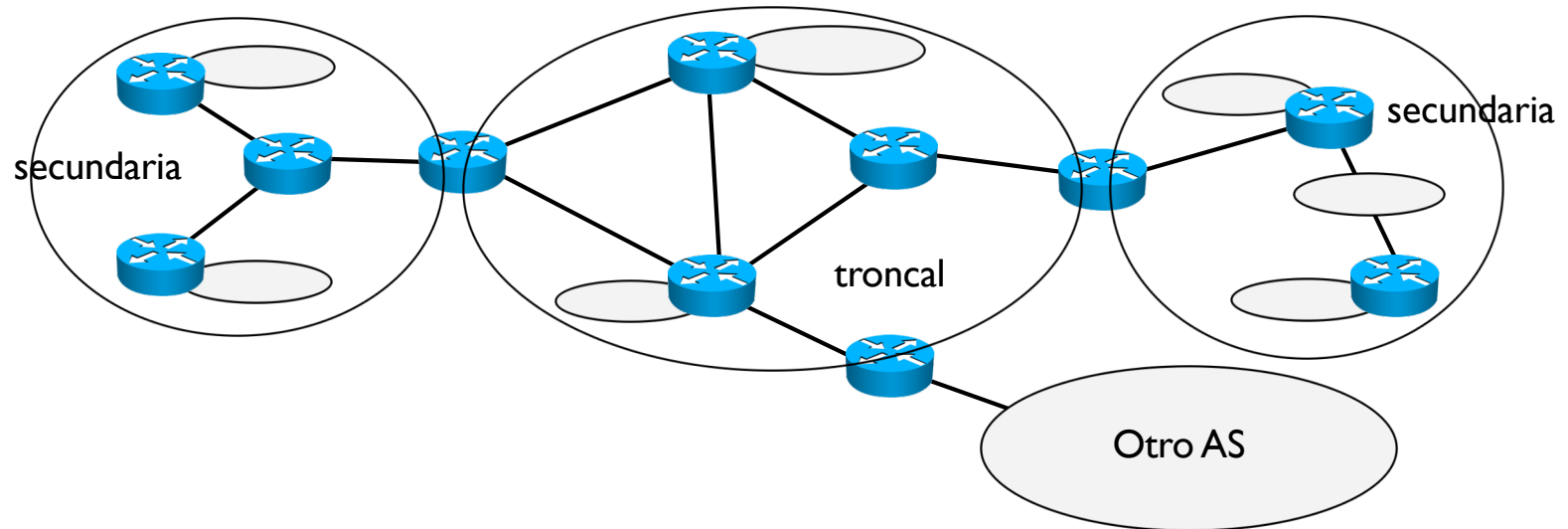
- ▶ **Desventaja**

- ▶ Requiere una planificación del sistema para dividirlo en áreas
- ▶ Más configuración en los routers
- ▶ Puntos críticos de posible desconexión y aislamiento



## 3.10 OSPF jerárquico

- ▶ Para mejorar la escalabilidad, se puede dividir un sistema OSPF en varias áreas



- ▶ Algunos números indicativos

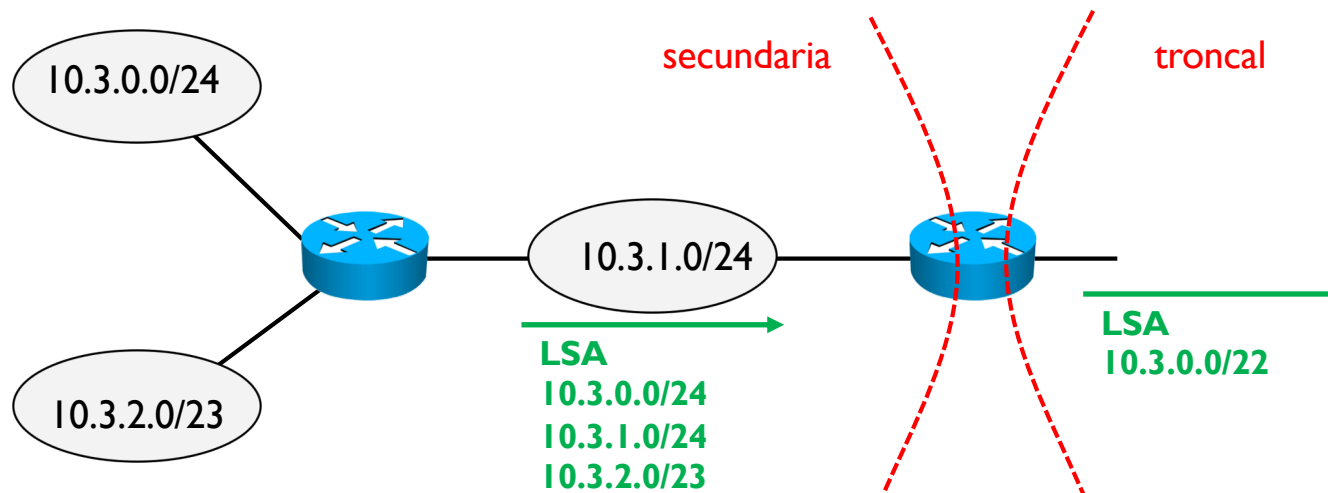
	Mínimo	Media	Máximo
Routers en un AS	20	510	1000
Routers en un área	20	160	350
Áreas por AS	1	23	60





## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers

- ▶ **Internal Router (IR)**
  - ▶ Router que tiene todas sus interfaces en la misma área
  - ▶ Los IR de un área tienen idénticas LSDB
- ▶ **Area Border Router (ABR)**
  - ▶ Routers que tienen interfaces en más de un área
  - ▶ Un ABR mantiene una LSDB por cada área
  - ▶ Puede sumarizar los LSA entre un área secundaria y el área troncal
  - ▶ Tienen la obligación de re-enviar los LSA recibidos en el área troncal

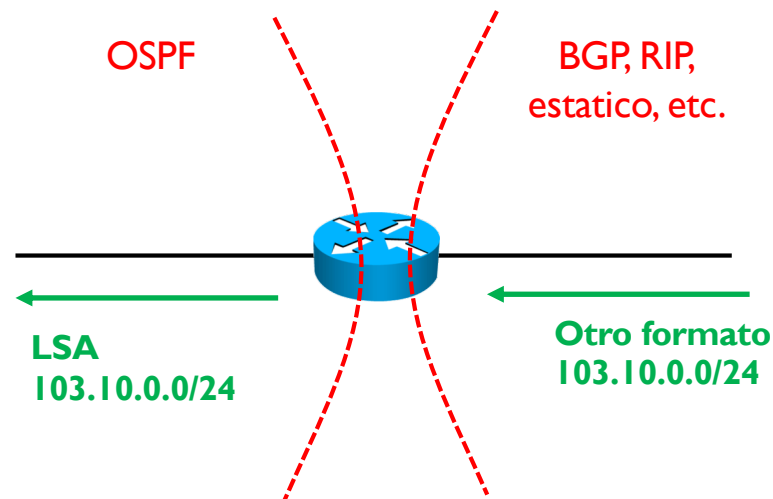


## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers

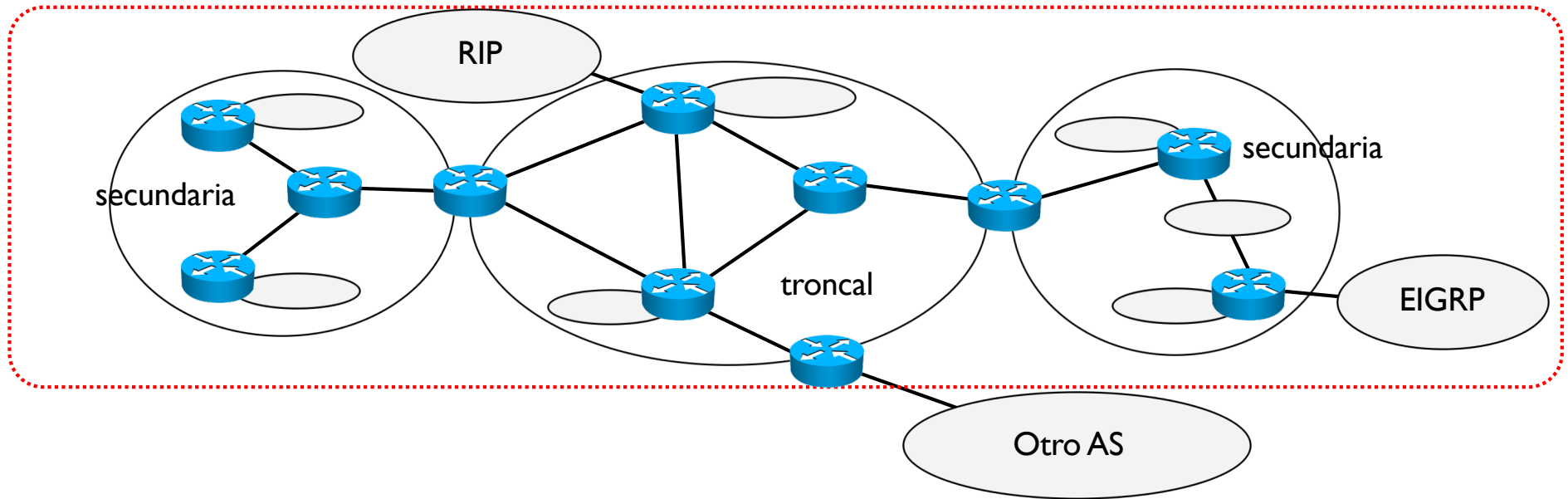
---

### ▶ AS Boundary Router (ASBR)

- ▶ Router que tiene por lo menos una interfaz conectada a un sistema OSPF y una a uno que no usa OSPF
- ▶ Un ASBR es capaz de importar información de encaminamiento que no es OSPF (por ejemplo RIP, IS-IS, BGP), convertirla a OSPF y distribuirla por el sistema OSPF
- ▶ Y viceversa

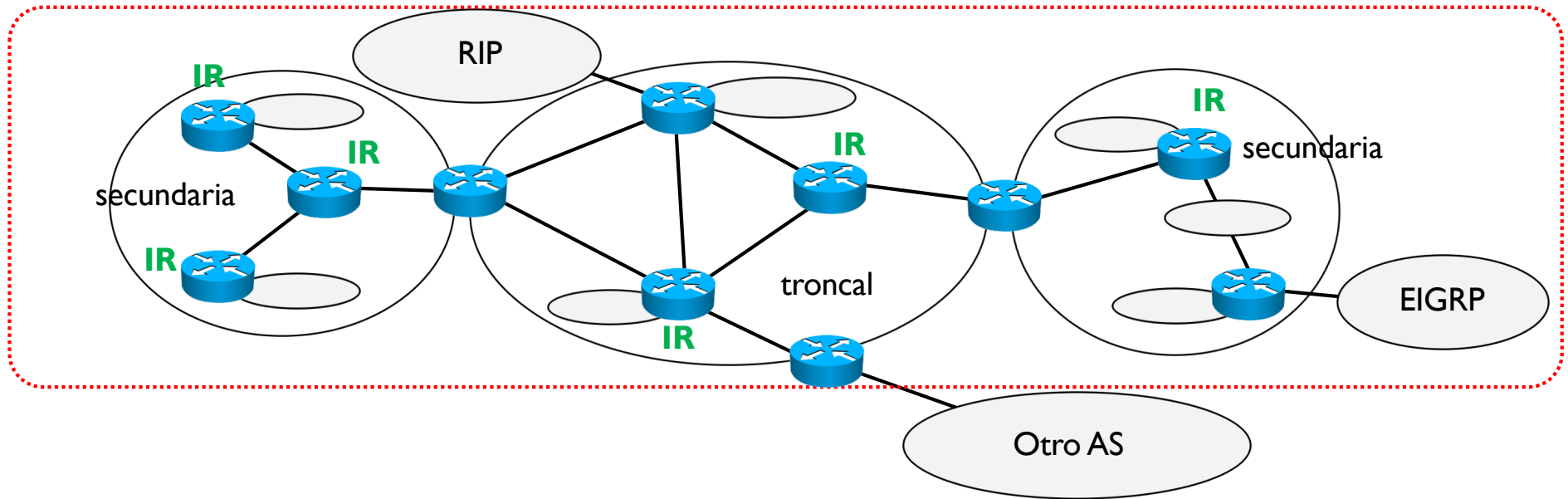


## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers



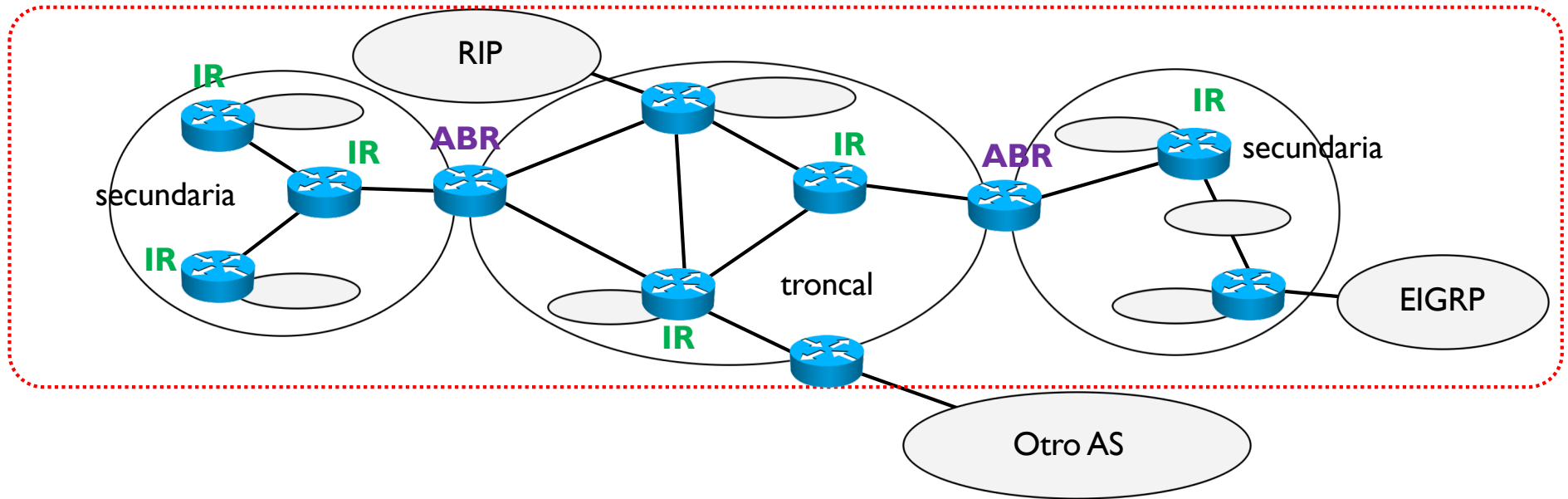
- ▶ Identificar de que tipo son los routers
  - ▶ IR
  - ▶ ABR
  - ▶ ASBR

## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers



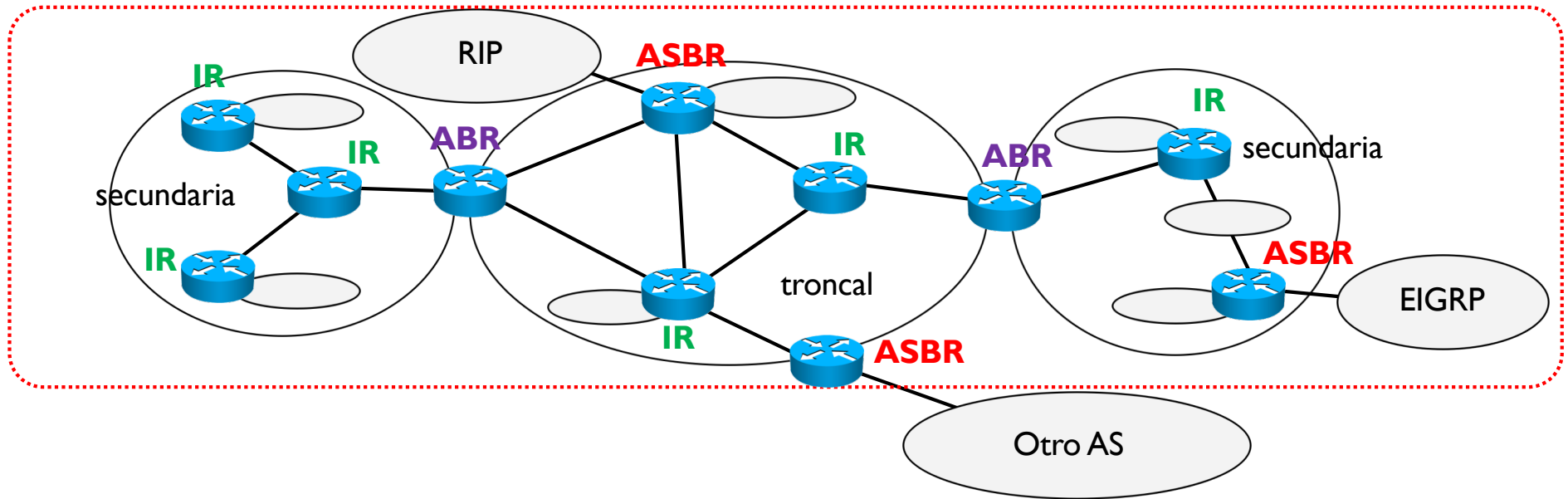
- ▶ Identificar de que tipo son los routers
  - ▶ IR
  - ▶ ABR
  - ▶ ASBR

## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers



- ▶ Identificar de que tipo son los routers
  - ▶ **IR**
  - ▶ **ABR**
  - ▶ ASBR

## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de routers



- ▶ Identificar de que tipo son los routers
  - ▶ **IR**
  - ▶ **ABR**
  - ▶ **ASBR**

## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de áreas

---

### ▶ Troncal

- ▶ Área 0, área de tránsito, área principal: toda la información de encaminamiento debe ser distribuida a esta área
- ▶ Todas las demás áreas deben estar conectadas directamente a esta área

### ▶ Secundaria

- ▶ Todas las áreas que no son la principal
- ▶ Área 1, 2, 3, etc.
- ▶ Se suele usar una notación como una @IP: el área 1 es 0.0.0.1, el área 2 es 0.0.0.2, etc.
- ▶ Pueden ser configuradas de forma distinta según necesidad, potencia, requisitos, etc.
  - ▶ Stub
  - ▶ Totalmente stub
  - ▶ No tan stub
  - ▶ No tan totalmente stub



## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de áreas

---

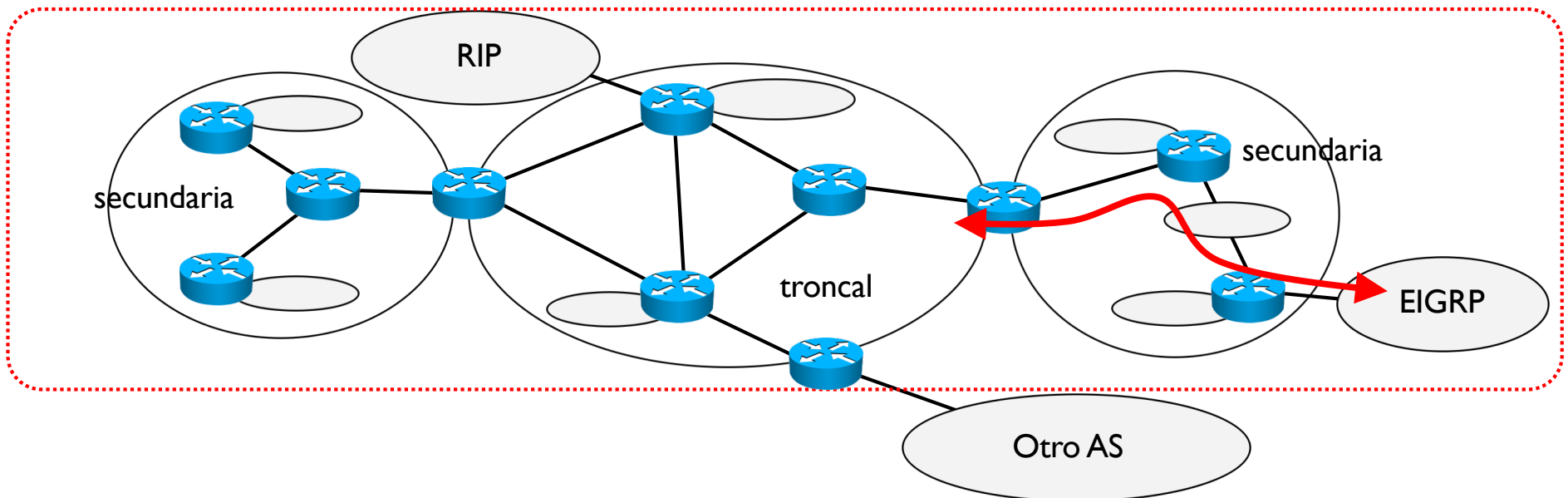
- ▶ **Área secundaria stub**
  - ▶ Área que no acepta información externa al sistema
  - ▶ El ABR no deja pasar LSA con información externa al sistema de la troncal a la stub
  - ▶ En cambio, el ABR sustituye esta información por una ruta por defecto que distribuye en el área stub
- ▶ **Área secundaria totalmente stub**
  - ▶ Área que no acepta información externa al área misma
  - ▶ El ABR no deja pasar LSA con información externa al área de la troncal a la totalmente stub
  - ▶ En cambio, el ABR sustituye esta información por una ruta por defecto que distribuye por esta área totalmente stub





## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de áreas

- ▶ Área secundaria no tan stub (Not-So-Stubby Area, NSSA)
  - ▶ Puede pasar que sea necesario que un área secundaria tenga que proporcionar transito
  - ▶ Es el caso de una zona que no usa OSPF conectada a un área secundaria



- ▶ Pero sigue siendo stub: es un área que no acepta información externa al sistema

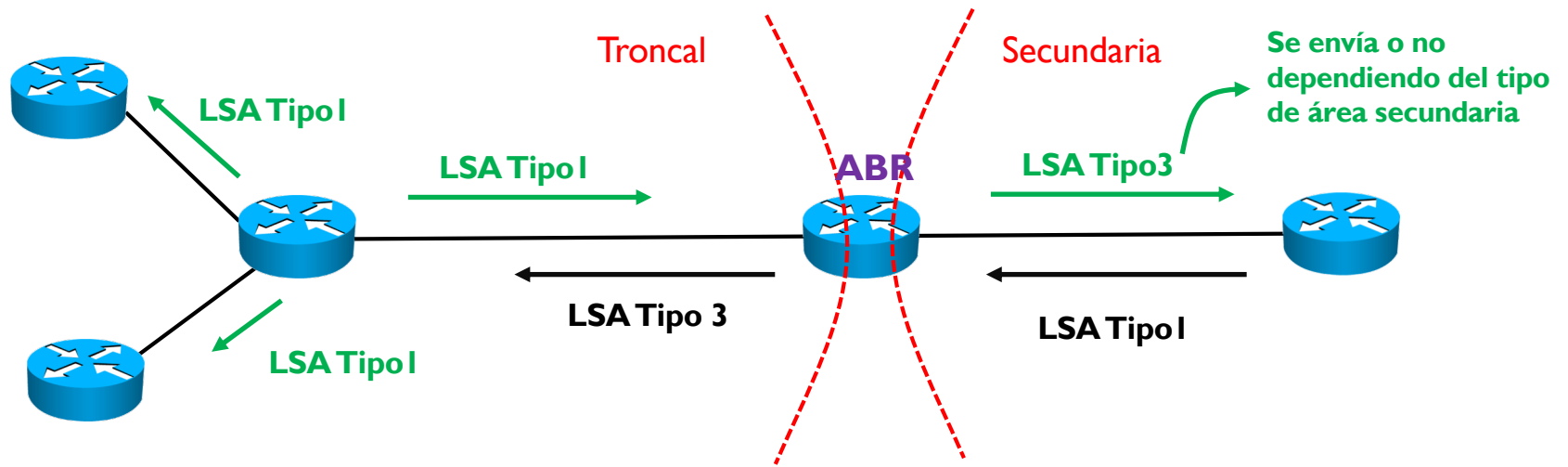
## 3.10 OSPF jerárquico – tipos de áreas

---

- ▶ Área secundaria no tan totalmente stub (totally NSSA)
  - ▶ Mismo caso que el anterior, pero en este caso el área que no acepta información externa al área misma

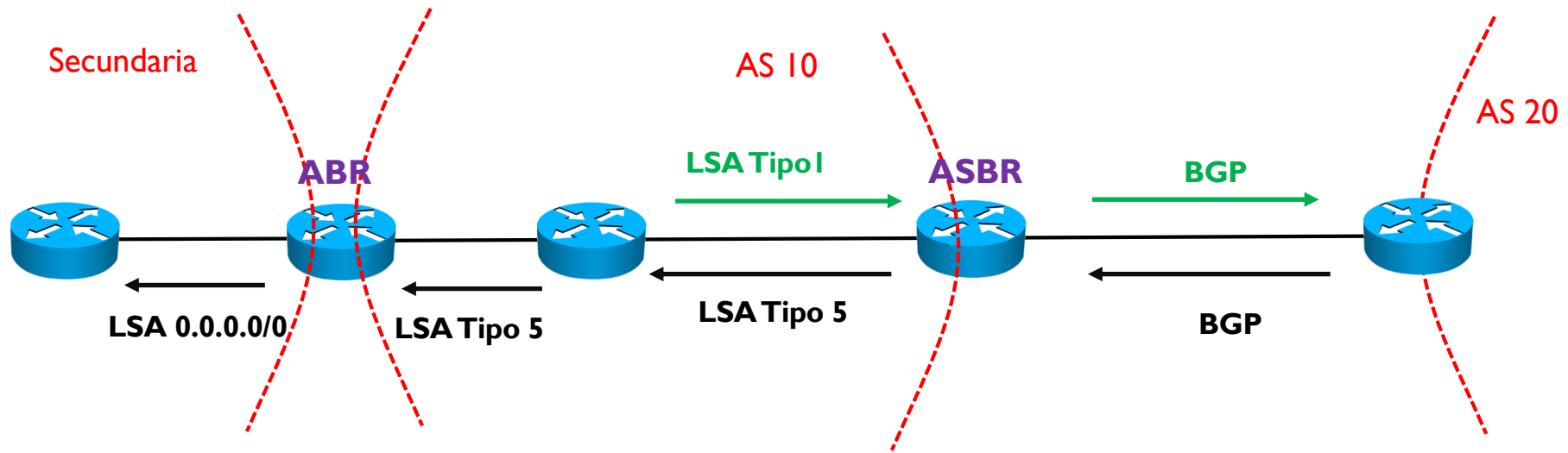


## 3.10 OSPF jerárquico – subtipo LSA



- ▶ LSA Tipo 1: LSA que circula dentro de una misma área
  - ▶ Aparece en las tablas de encaminamiento con una O en la columna adquisición
- ▶ LSA Tipo 3: LSA que ha ido de un área a otra
  - ▶ Aparece en las tablas de encaminamiento con una O IA en la columna adquisición
  - ▶ De una secundaria a la troncal: siempre se envía
  - ▶ De una troncal a una secundaria, depende del tipo de área secundaria
    - ▶ Stub: el ABR reenvía el LSA sumariado por el área stub
    - ▶ Totalmente stub: el ABR reenvía en su lugar un LSA con una ruta por defecto 0.0.0.0/0

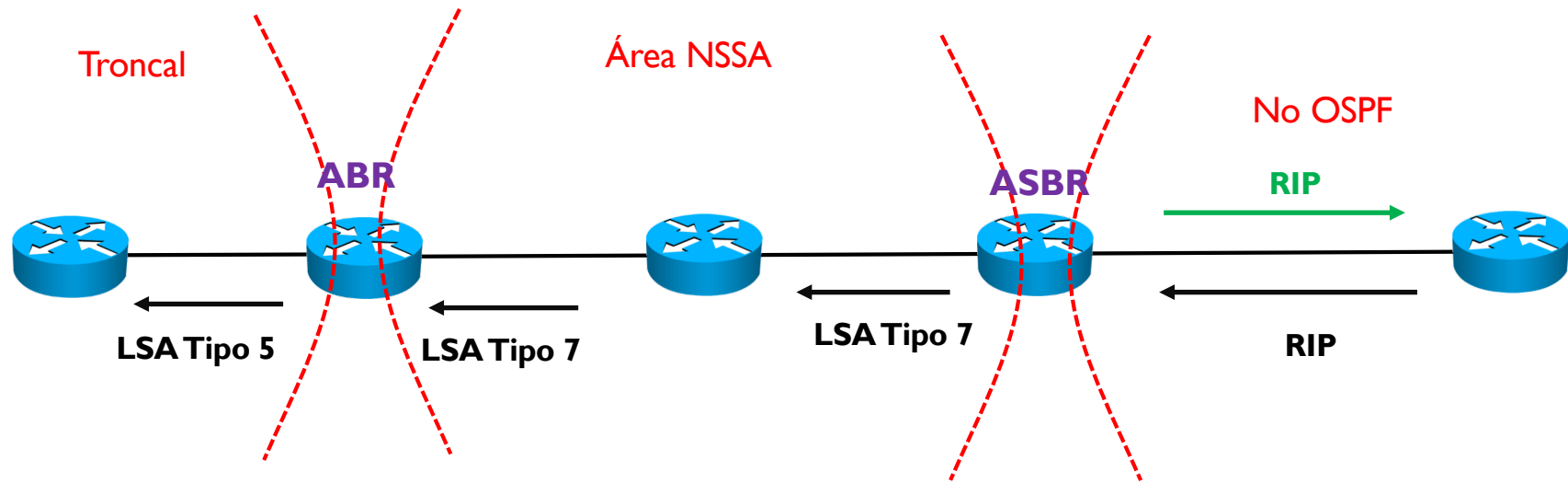
## 3.10 OSPF jerárquico – subtipo LSA



- ▶ LSA Tipo 5: LSA que viene de un ASBR
  - ▶ Aparece en las tablas de encaminamiento con una  $\circ$  E2 o  $\circ$  E1 en la columna adquisición
    - ▶  $\circ$  E2: método por defecto, el coste OSPF de esta ruta la decide el ASBR y no se añade ningún coste de la red interna
    - ▶  $\circ$  E1: el coste OSPF de esta ruta la decide el ASBR y se añade el coste OSPF de cada link
  - ▶ Independientemente del tipo de área secundaria (stub, totalmente stub o NSSA), un ABR reenvía en su lugar un LSA con una ruta por defecto 0.0.0.0/0

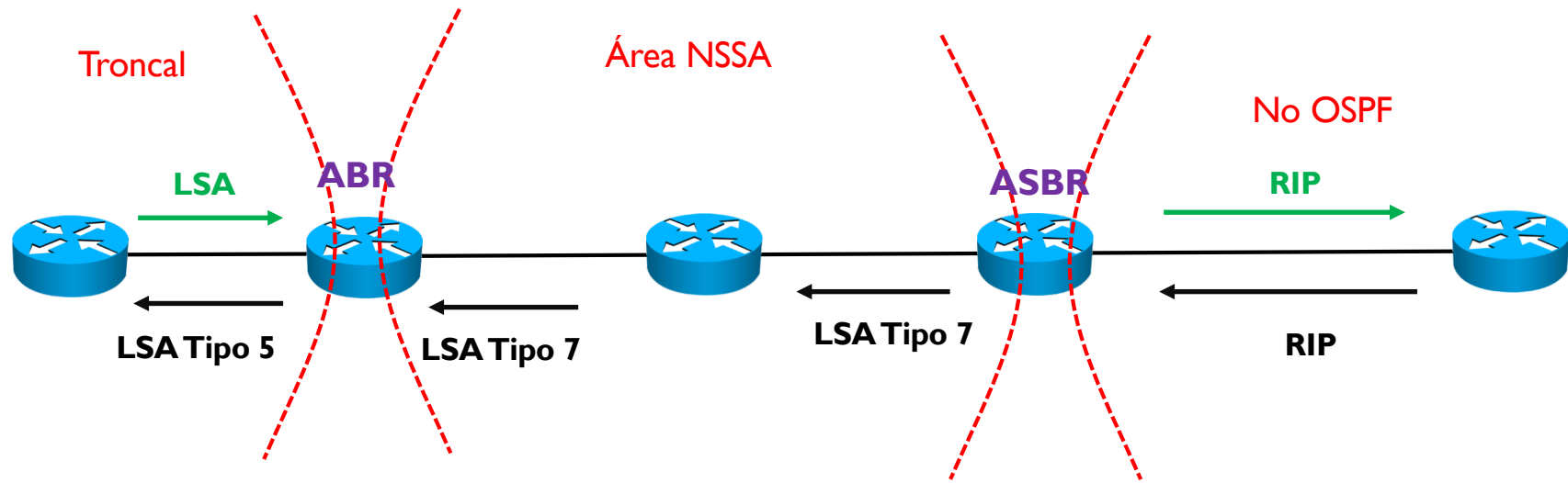


## 3.10 OSPF jerárquico – subtipo LSA



- ▶ LSA Tipo 7: LSA que cruza un área secundaria NSSA de un ASBR a un ABR
  - ▶ Aparece en las tablas de encaminamiento con una  $\circ$  N2 o  $\circ$  N1 en la columna adquisición
    - ▶  $\circ$  N2: método por defecto, el coste OSPF de esta ruta la decide el ASBR y no se añade ningún coste de la red interna
    - ▶  $\circ$  N1: el coste OSPF de esta ruta la decide el ASBR y se añade el coste OSPF de cada link
  - ▶ El ABR convierte el tipo 7 en 5 cuando distribuye el LSA por el área troncal

## 3.10 OSPF jerárquico – subtipo LSA



- ▶ Para el sentido contrario, de la troncal a la NSSA, depende del tipo de área NSSA
  - ▶ NSSA Stub: el ABR reenvía el LSA sumariado por el área NSSA
  - ▶ NSSA totalmente stub: el ABR reenvía en su lugar un LSA con una ruta por defecto 0.0.0.0/0

# 3. Índice

---

1. Contexto
2. Arquitectura de un router
3. RIP vs OSPF
4. Conceptos básicos de OSPF
5. Funcionamiento
6. Formato de los mensajes
  - ▶ Mensajes Hello y LSA
7. Identificación de las adyacencias
8. Elección del DR y BDR
9. Sincronización de las LSDB
10. OSPF jerárquico
11. Enlaces virtuales



## 3.11 Enlaces virtuales

---

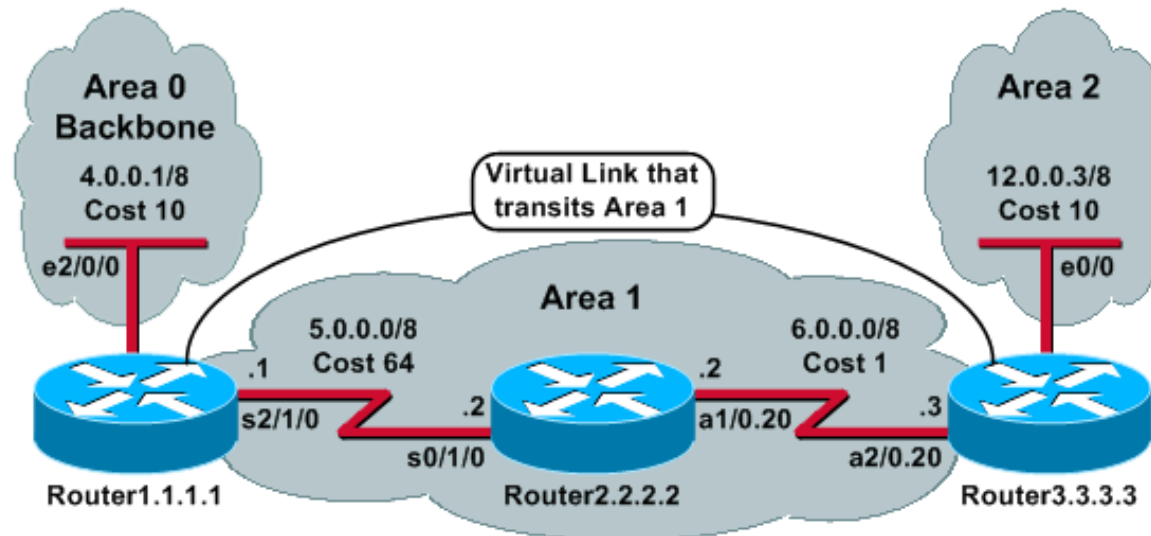
- ▶ Por como funciona OSPF, es necesario que todas las áreas secundarias estén conectadas directamente con el área 0
- ▶ Hay situaciones donde no hay conexión física de un área secundaria al área troncal o no es practica hacer esta conexión
- ▶ Para estos casos, se usan enlaces virtuales





## 3.11 Enlaces virtuales

- ▶ Si no hay conexión física posible

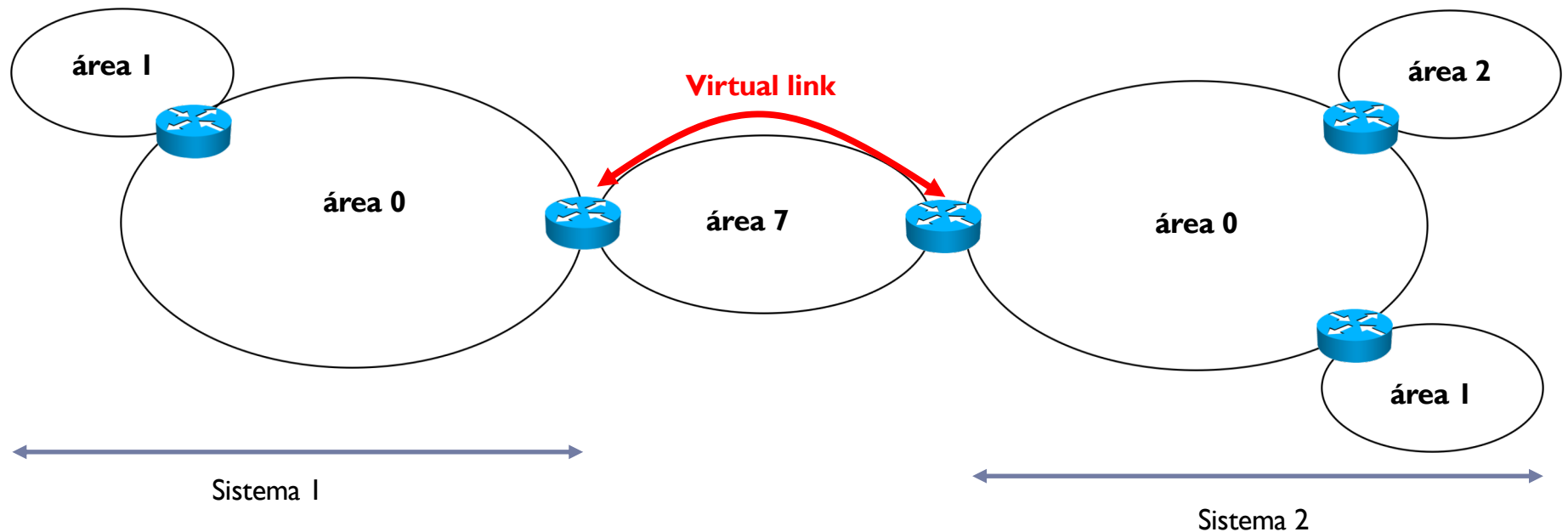


- ▶ Se conecta un área secundaria (la 2 en la figura) a otra área secundaria (la 1)
- ▶ Se establece un enlace virtual entre los dos ABR Router1 y Router 3
  - ▶ Router1# area 1 virtual-link 3.3.3.3
  - ▶ Router3# area 1 virtual-link 1.1.1.1

## 3.11 Enlaces virtuales

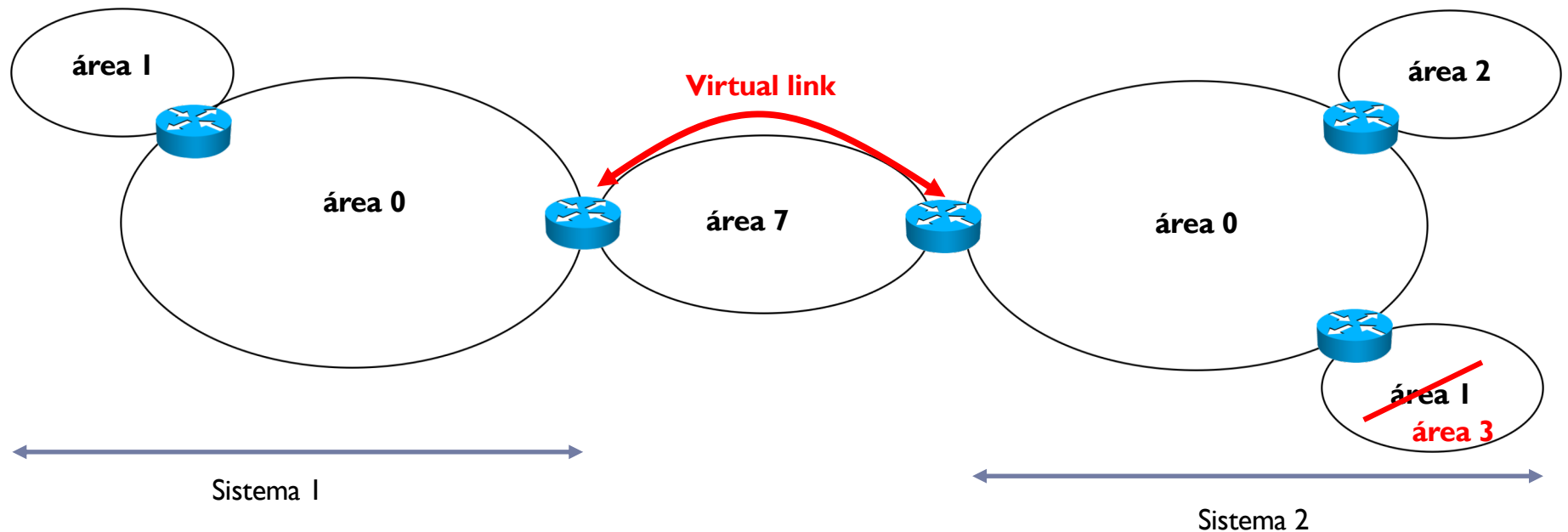
---

- ▶ Cuando no es practico porque necesitaría reconfigurar todo el sistema
- ▶ Por ejemplo, cuando dos sistemas separados deciden juntarse
  - ▶ Cada sistema tiene su propia área 0 y sus áreas secundarias
  - ▶ Ya que no es posible tener dos áreas 0, se juntan las dos con un enlace virtual y un área secundaria en el medio



## 3.11 Enlaces virtuales

- ▶ Cuando no es practico porque necesitaría reconfigurar todo el sistema
- ▶ Por ejemplo, cuando dos sistemas separados deciden juntarse
  - ▶ Cada sistema tiene su propia área 0 y sus áreas secundarias
  - ▶ Ya que no es posible tener dos áreas 0, se juntan las dos con un enlace virtual y un área secundaria en el medio



# Xarxes de computadors II

Tema 3 - Encaminamiento intra-dominio