



La tabla de enrutamiento: Un estudio detallado

Jean Polo Cequeda Olago



**Conceptos y protocolos de enrutamiento.
Capítulo 8**

Cisco | Networking Academy®
Mind Wide Open™

Objetivos

- Describir los diferentes tipos de rutas de la estructura de las tablas de enrutamiento.
- Describir el proceso de búsqueda de las tablas de enrutamiento.
- Describir el funcionamiento del enrutamiento en redes enrutadas.

Estructura de la tabla de enrutamiento

- Las entradas de la tabla de enrutamiento vienen de los siguientes orígenes:
 - Redes conectadas directamente
 - Rutas estáticas
 - Protocolos de enrutamiento dinámico

Tabla de enrutamiento de ejemplo

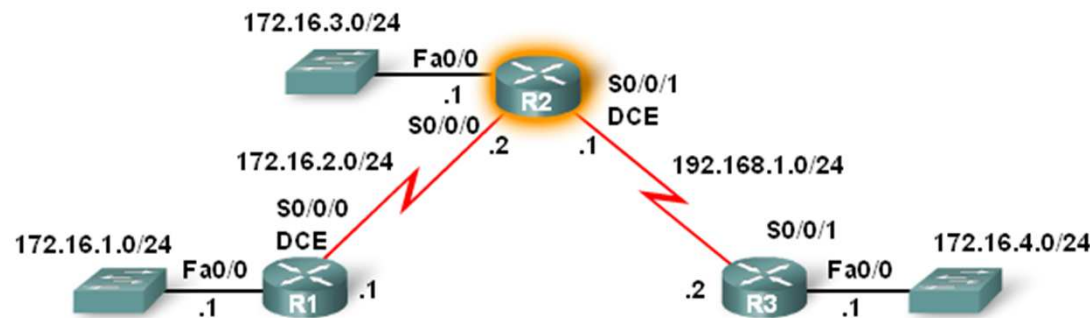
```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
S    172.16.4.0 is directly connected, Serial0/0/1
R    172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:08, Serial0/0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
10.0.0.0/16 is subnetted, 1 subnets
S    10.1.0.0 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S    192.168.100.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
Router#
```

Estructura de la tabla de enrutamiento

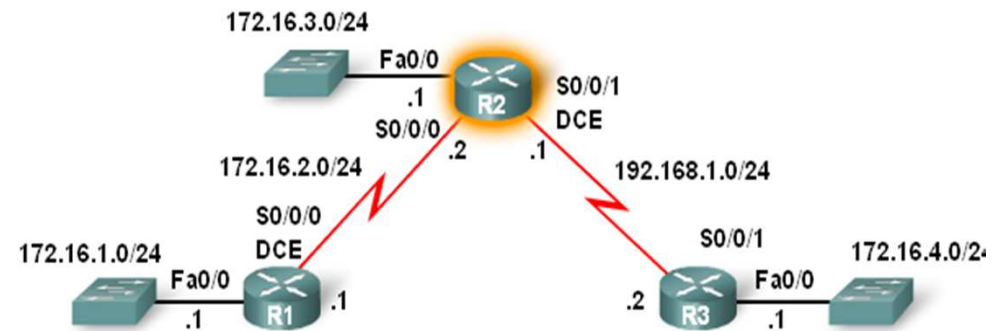
- Rutas de nivel 1
- La ruta se agrega a la tabla de enrutamiento tan pronto como se emite el comando no shutdown



```
R2#debug ip routing
IP routing debugging is on
R2#conf t
R2(config)#interface serial 0/0/1
R2(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R2(config-if)#clock rate 64000
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#
00:11:06: %LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0/1, changed state to up
R2(config-if)#
RT: add 192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, connected metric [0/0]
RT: interface Serial 0/0/1 added to routing table
R2(config-if)#end
R2#undebug all
All possible debugging has been turned off
```

Estructura de la tabla de enrutamiento

- La tabla de enrutamiento IP de Cisco es una estructura jerárquica
 - El motivo de esto es acelerar el proceso de búsqueda



Verificar que la ruta está en la tabla de enrutamiento



```
R2#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

C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```


Estructura de la tabla de enrutamiento

- Rutas de nivel 1
 - Tienen una máscara de subred igual o menor que la máscara classful de la dirección de red
- La ruta de nivel 1 puede funcionar como:
 - Ruta por defecto
 - Ruta de superred
 - Ruta de red

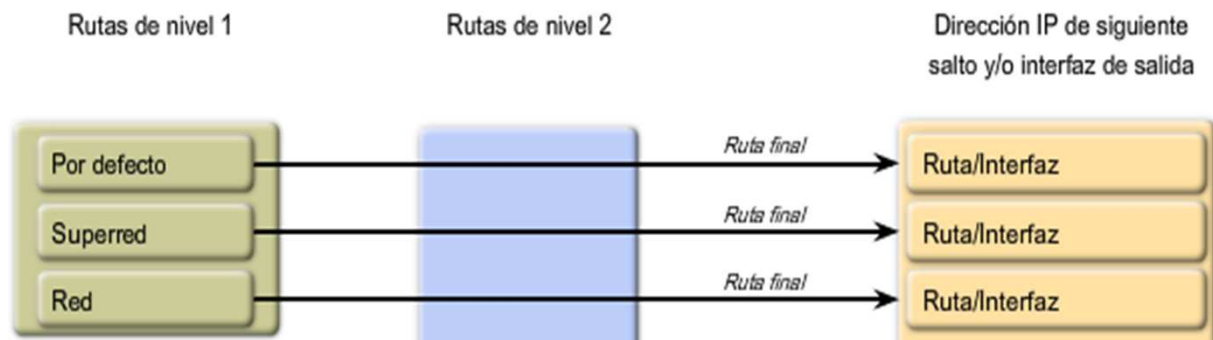


Estructura de la tabla de enrutamiento

- Rutas de nivel 1
 - Ruta final
 - Incluye:
 - Una dirección del siguiente salto
- O
- Una interfaz de salida

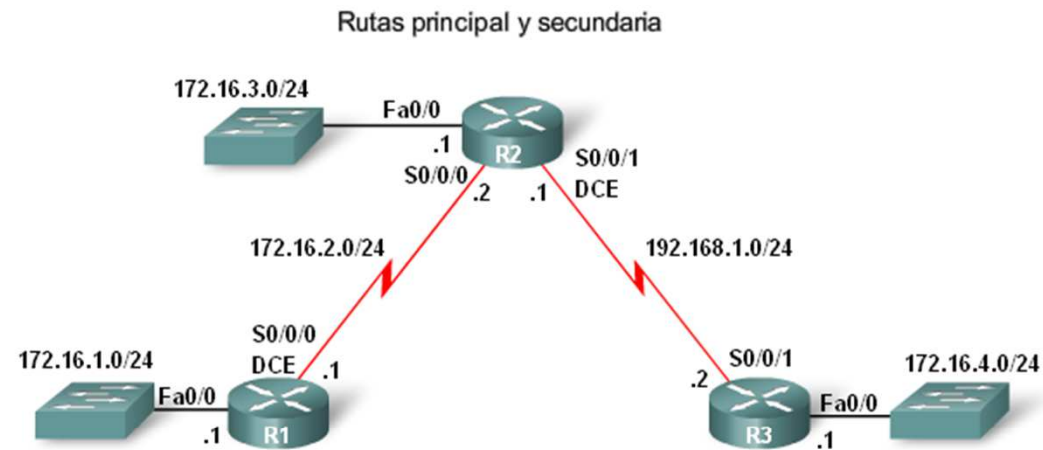
Tabla de enrutamiento: Rutas de nivel 1

```
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```



Estructura de la tabla de enrutamiento

- Rutas primarias y secundarias
 - Una **ruta principal** es una ruta de **nivel 1**
 - Una **ruta principal no contiene** ninguna dirección IP del siguiente salto **ni** información sobre la interfaz de salida



Rutas principal y secundaria

```

R2(config)#interface fastethernet 0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<text omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
  
```

Ruta principal de nivel 1

Estructura de la tabla de enrutamiento

- Creación automática de rutas primarias
 - Se produce siempre que se agrega una subred a la tabla de enrutamiento

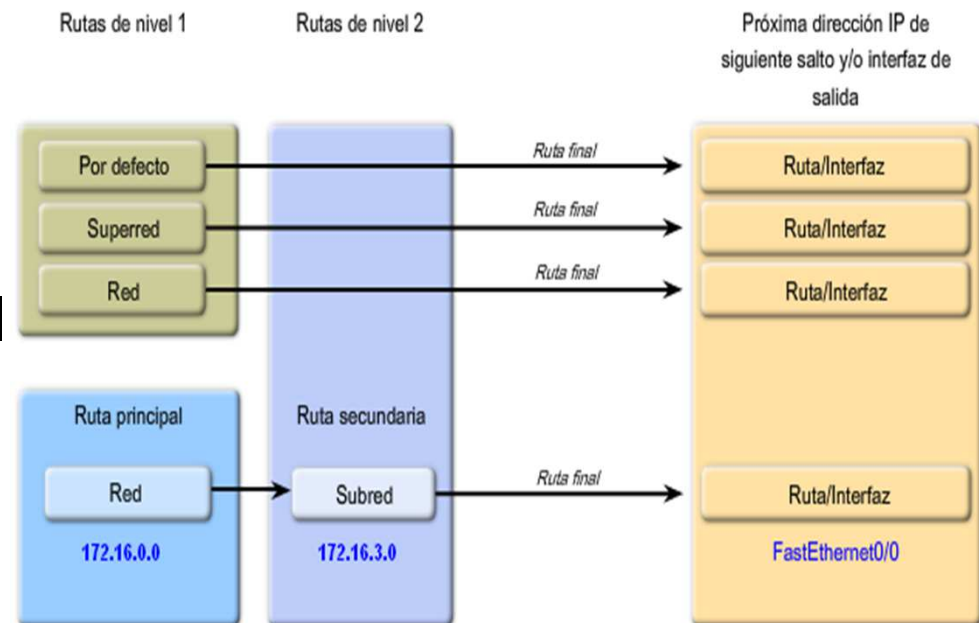
- Rutas secundarias

- Las rutas secundarias son rutas de **nivel 2**
- Las rutas secundarias son **subredes** de una dirección de red classful

Tabla de enrutamiento: Relación principal/secundaria

172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

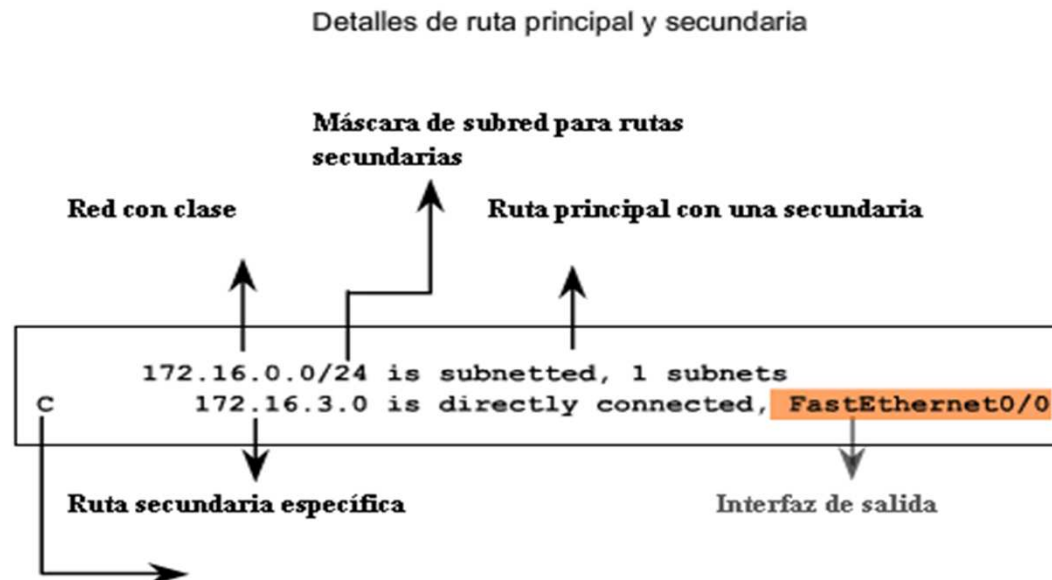
C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0



Estructura de la tabla de enrutamiento

- Las rutas secundarias de nivel 2 contienen la ruta de origen y la dirección de red de la ruta
- Las **rutas secundarias** de nivel 2 también **son** consideradas **rutas finales**

Motivo: contienen la dirección del siguiente salto y/o la interfaz de salida

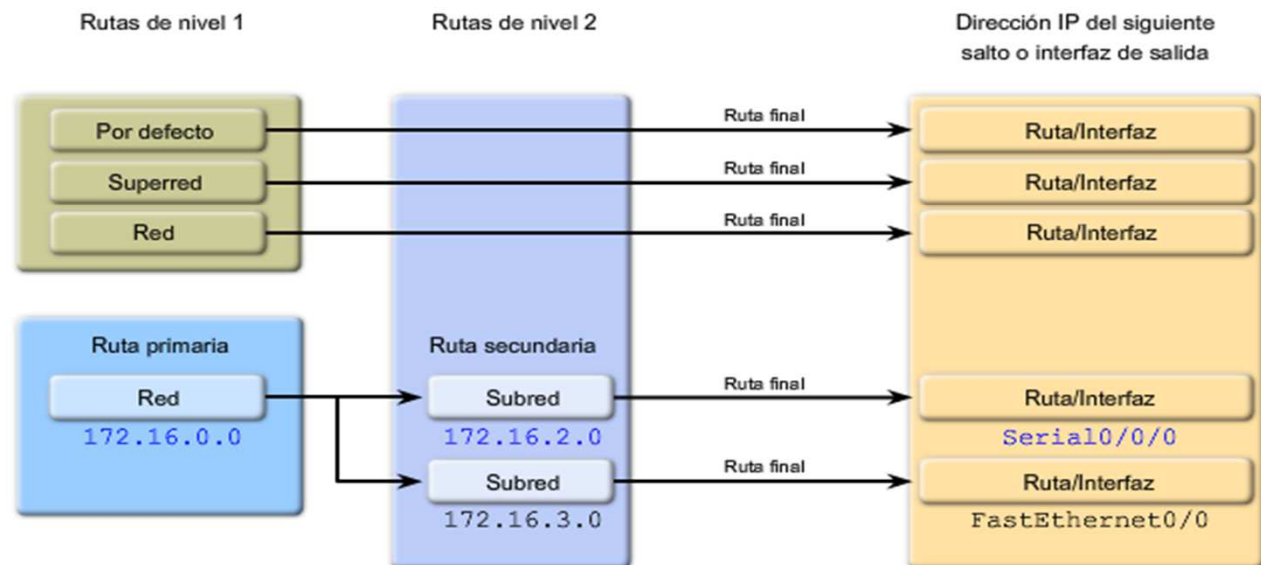


Estructura de la tabla de enrutamiento

- Las dos rutas secundarias tienen la misma máscara de subred
 - Esto significa que la ruta principal mantiene la ruta /24

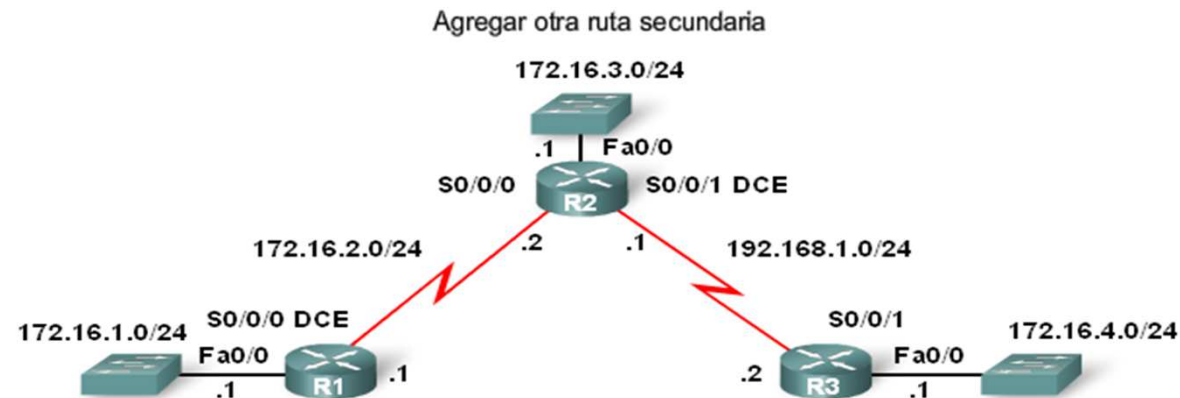
Tabla de enrutamiento: Relación principal/secundaria

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```



Estructura de la tabla de enrutamiento

- El diagrama ilustra 2 redes secundarias que pertenecen a la ruta principal 172.16.0.0 / 24



```

R2(config)#interface serial 0/0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#end
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
<text omitted>

Gateway of last resort is not set

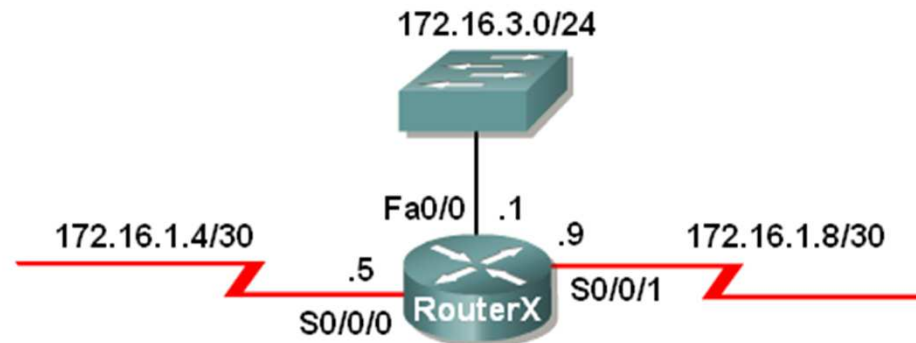
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
  
```

Ruta principal de nivel 1

Estructura de la tabla de enrutamiento

- En redes classless, las rutas secundarias no tienen que compartir la misma máscara de subred

Rutas principales y secundarias con VLSM



Rutas principales y secundarias con VLSM

```
RouterX#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C    172.16.1.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.1.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
C    172.16.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
RouterX#
```

Ruta principal de nivel 1

Ruta secundaria de nivel 2

Estructura de la tabla de enrutamiento

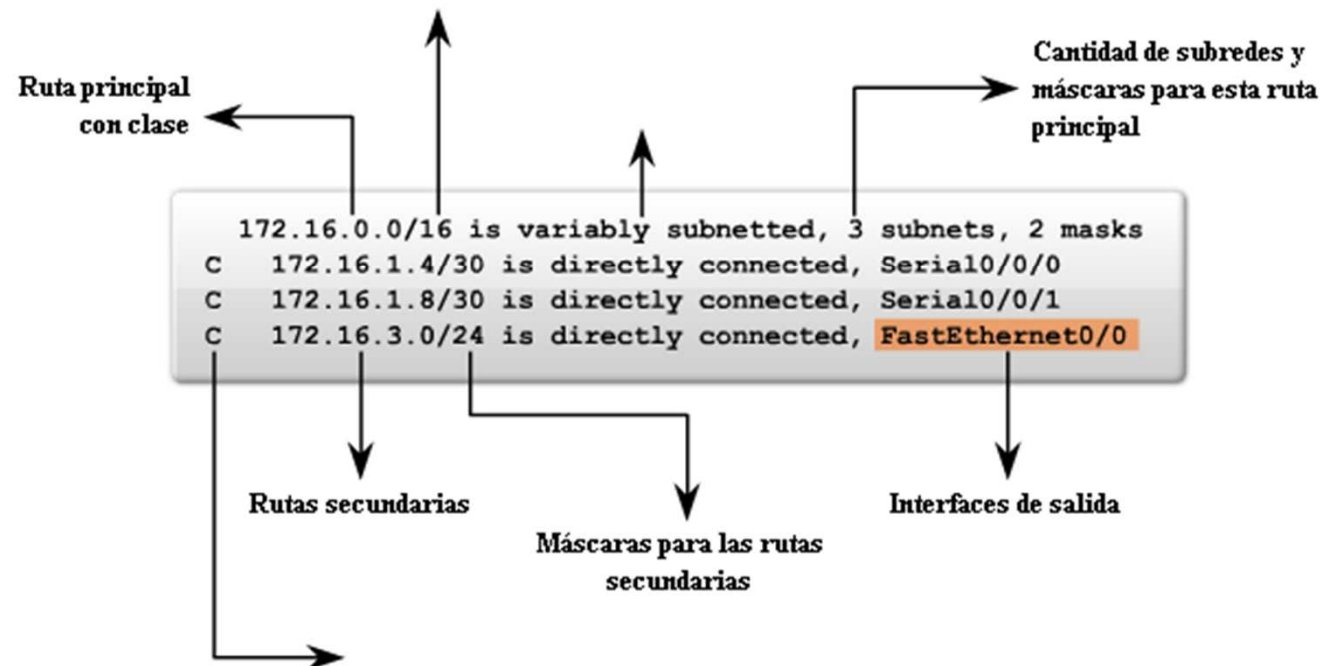
- Rutas primarias y secundarias: redes classless

Tipo de red	Se muestra la máscara classful de la ruta principal	El término variably subnetted se ve en la ruta principal de la tabla de enrutamiento	Incluye el número de las diferentes máscaras de las rutas secundarias	La máscara de subred está incluida en cada entrada de ruta secundaria
Classful	No	No	No	No
Classless	Sí	Sí	Sí	Sí

Estructura de la tabla de enrutamiento

- Rutas primarias y secundarias: redes classless

Detalles de la ruta principal y secundaria en un entorno sin clase



Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- **Proceso de búsqueda de rutas**
 - **Examinar las rutas de nivel 1**
 - Si hay una coincidencia con una ruta final de nivel 1 y no es una ruta principal, esta ruta se utiliza para reenviar el paquete
 - **El router examina las rutas de nivel 2 (secundarias)**
 - Si hay una coincidencia con la ruta secundaria de nivel 2, esa subred se utiliza para reenviar el paquete
 - Si no hay coincidencia, se determina el tipo de comportamiento de enrutamiento
 - **El router determina si el comportamiento de enrutamiento es classful o classless**
 - Si es classful, el paquete se descarta
 - Si es classless, el router busca la superred de nivel 1 y las rutas por defecto
 - Si hay una coincidencia de superred de nivel 1 o de ruta por defecto, el paquete se reenvía. De lo contrario, se descarta el paquete

Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Coincidencia más larga: rutas de red de nivel 1
 - La mejor coincidencia también es conocida como la coincidencia más larga
 - La **mejor coincidencia** es la que tiene la mayoría de los números de bits más a la izquierda entre la dirección IP de destino y la ruta de la tabla de enrutamiento

La ruta preferida es la de mayor coincidencia

Destino del paquete IP	172.16.0.10	10101100.00010000.00000000.00001010
Ruta 1	172.16.0.0/12	10101100.00010000.00000000.00000000
Ruta 2	172.16.0.0/18	10101100.00010000.00000000.00000000
Ruta 3	172.16.0.0/26	10101100.00010000.00000000.00000000

Mayor coincidencia con el destino del paquete IP



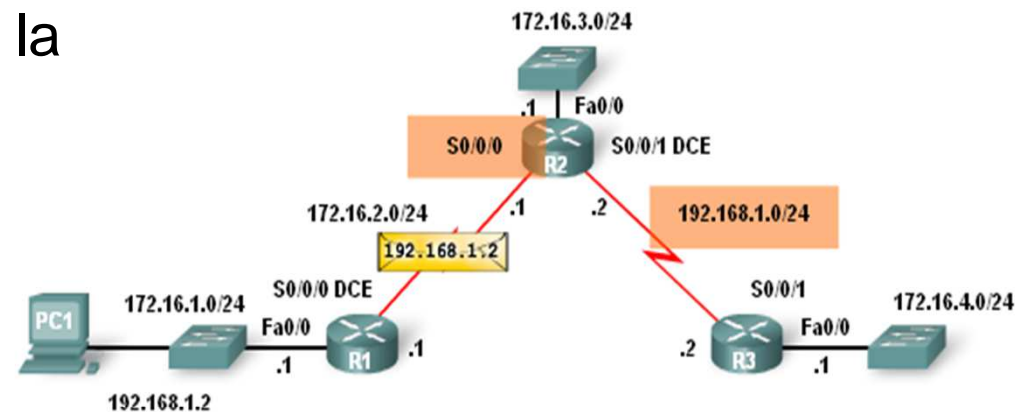
Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Búsqueda de la máscara de subred que se utiliza para determinar la coincidencia más larga

Situación:

- PC1 hace ping en 192.168.1.2
- El router examina la ruta de nivel 1 para que haya más coincidencia
- Hay una coincidencia entre 192.168.1.2 y 192.168.1.0 / 24
- El router reenvía paquetes desde s0/0/0

Ejemplo: Ruta final de nivel 1



Paso 1: Examine las rutas del nivel 1 para lograr una mejor coincidencia con la dirección de destino del paquete.

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B -
BGP

<some output omitted>

Gateway of last resort is not set

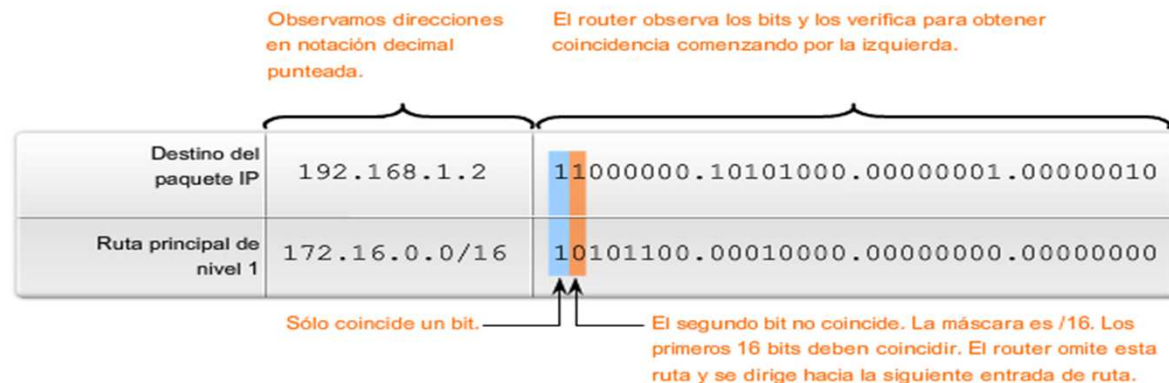
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R    172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
R    192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```


Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

■ Proceso de coincidencia

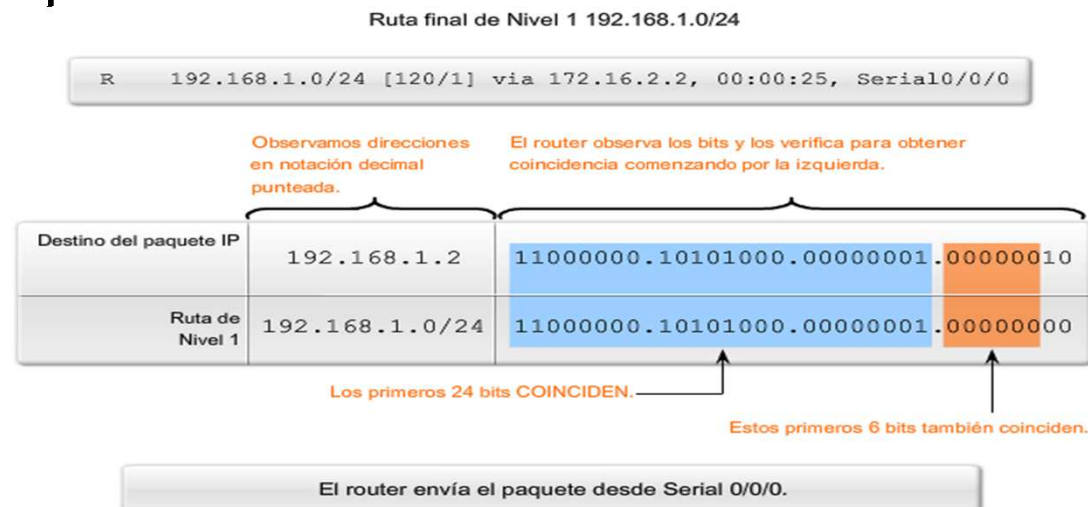
- En primer lugar, debe haber coincidencia entre la ruta principal y la IP de destino
- Si hay una coincidencia, se intenta buscar una coincidencia entre la IP de destino y la ruta secundaria

Ruta primaria de nivel 1 172.16.0.0/16



Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Búsqueda de una coincidencia entre la dirección IP de destino del paquete y la próxima ruta de la tabla de enrutamiento
 - La figura muestra una coincidencia entre la IP de destino de 192.168.1.0 y la IP de nivel 1 de 192.168.1.0 / 24. Luego, el router reenvía el paquete desde s0/0/0



Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Rutas principales de nivel 1 y rutas secundarias de nivel 2
- Antes de que se examinen las rutas secundarias de nivel 2
 - Debe haber una coincidencia entre la ruta principal classful de nivel 1 y la dirección IP de destino

Ejemplo: Ruta principal de nivel 1 y Rutas secundarias de nivel 2



```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B -
BGP
      <output omitted>

Gateway of last resort is not set

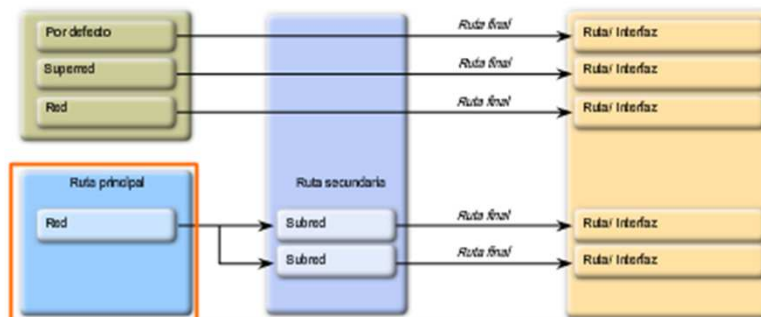
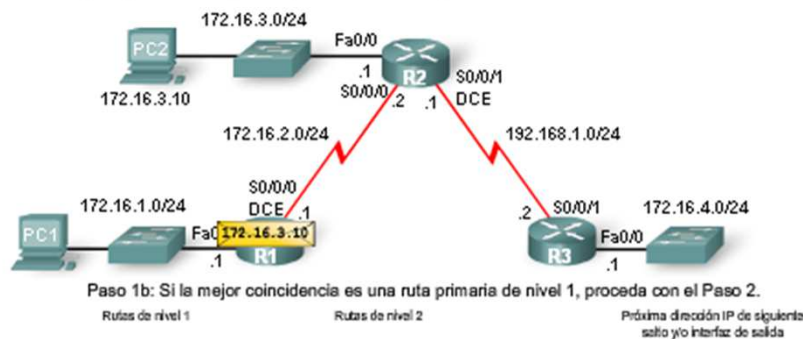
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R    172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
R    192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
```

"Encabezado" de ruta principal de nivel 1 para rutas secundarias

Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Después de que se realice la coincidencia con una ruta principal, se examinarán las rutas secundarias de nivel 2 para una coincidencia
 - El proceso de búsqueda de rutas busca una ruta secundaria con una coincidencia con la IP de destino

Ejemplo: Ruta principal de nivel 1 y Rutas secundarias de nivel 2

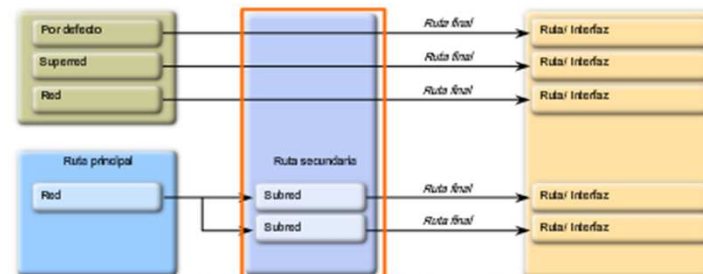


```

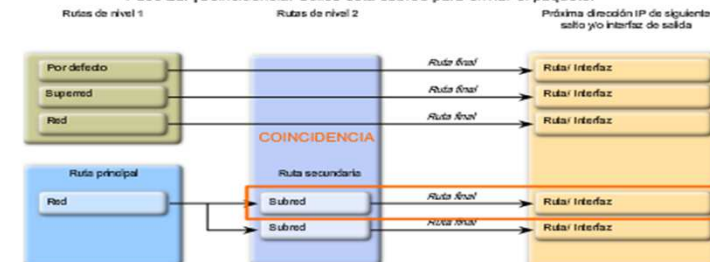
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B
       B - BGP
       * - candidate default
       U - user-defined route
       <output omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
R    172.16.3.0 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
R    192.168.1.0/24 [120/1] via 172.16.2.2, 00:00:25, Serial0/0/0
  
```



Paso 2a: ¡Coincidencia! Utilice esta subred para enviar el paquete.



Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- Cómo el router busca una coincidencia con una de las rutas secundarias de nivel 2
 - Primero, el router examina las rutas primarias para encontrar una coincidencia
 - Si hay una coincidencia:
 - Se examinan las rutas secundarias
 - La ruta secundaria elegida es la que tiene la coincidencia más larga

Ejemplo: Ruta principal de nivel 1 y Rutas secundarias de nivel 2

	172.16.3.10	10101100 00010000 00000011 00001010
Ruta principal de nivel 1	172.16.0.0/16	10101100 00010000 00000000 00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.1.0/24	10101100 00010000 00000001 00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.2.0/24	10101100 00010000 00000010 00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.3.0/24	10101100 00010000 00000011 00000000

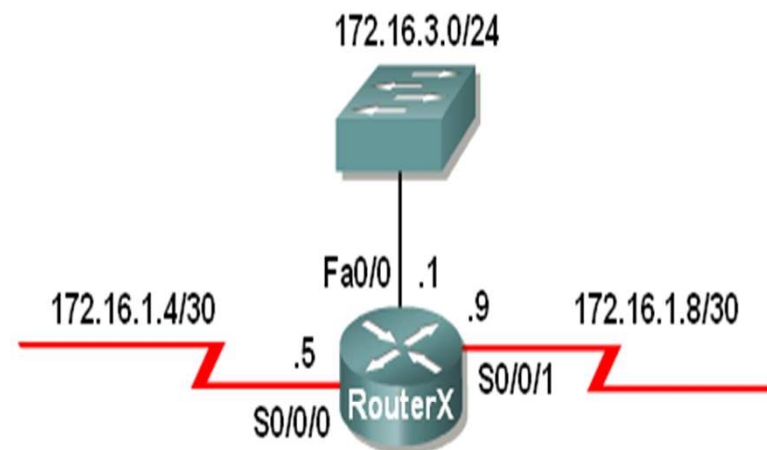
Los primeros 24 bits coinciden.

Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

■ Ejemplo: Proceso de búsqueda de rutas con VLSM

- El uso de VLSM no cambia el proceso de búsqueda
- Si hay una coincidencia entre la dirección IP de destino y la ruta primaria de nivel 1
- Se buscarán rutas secundarias de nivel 2

Proceso de búsqueda de ruta con VLSM



```
RouterX#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C    172.16.1.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.1.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
C    172.16.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
RouterX#
```

Ruta principal de nivel 1

Comportamiento de enrutamiento

- **Protocolos de enrutamiento** classful y classless

Afectan la forma en que se **puebla**

- La tabla de enrutamiento. **Comportamientos de enrutamiento** classful y classless

Determina cómo se **busca** una tabla de enrutamiento después de que se completa

Comparación entre protocolos de enrutamiento y comportamientos de enrutamiento

Origen del enrutamiento

Redes conectadas directamente

Rutas estáticas

Protocolos de enrutamiento con clase

RIPv1

IGRP

Protocolos de enrutamiento sin clase

RIPv2

EIGRP

OSPF

IS-IS

- Los orígenes de enrutamiento (incluyendo los protocolos) se utilizan para construir la tabla de enrutamiento.
- Pueden utilizarse múltiples orígenes y protocolos de enrutamiento.

Comportamientos de enrutamiento

Con clase

`no ip classless`

IP sin clase

`ip classless`

- Los comportamientos de enrutamiento se utilizan para encontrar información en la tabla de enrutamiento.
- Sólo puede utilizarse un único comportamiento de enrutamiento.

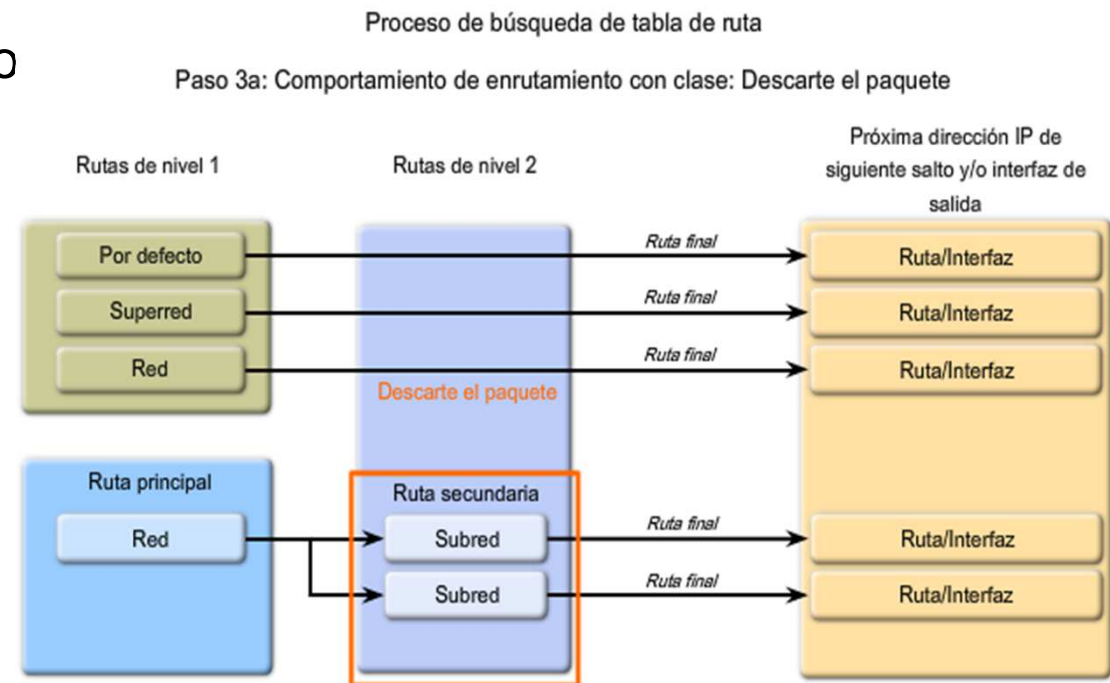
Comportamiento de enrutamiento

- Comportamiento de enrutamiento classful: no ip classless
- ¿Qué sucede si **no hay coincidencia** de la ruta principal con las rutas secundarias de nivel 2?

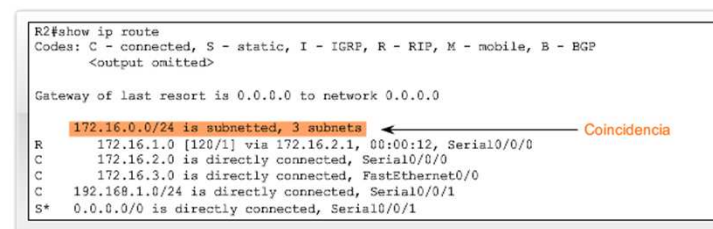
- El router debe determinar si el comportamiento de enrutamiento es classless o classful

- Si el router está utilizando **un comportamiento de enrutamiento classful**

- El proceso de búsqueda finaliza y **el paquete se descarta**



- Comportamiento de enrutamiento classful: proceso de búsqueda
- Ejemplo del comportamiento de enrutamiento classful en efecto y de por qué el router descarta el paquete
 - La máscara de subred de destino es /24, y ninguna de las rutas secundarias restantes coinciden con los primeros 24 bits. Esto significa que el paquete se descarta



Destino del paquete IP	172.16.4.10	10101100.00010000.00000100.00000101
Ruta principal de nivel 1	172.16.0.0/16	10101100.00010000.00000000.00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.1.0/24	10101100.00010000.00000001.00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.2.0/24	10101100.00010000.00000010.00000000
Ruta secundaria de nivel 2	172.16.3.0/24	10101100.00010000.00000011.00000000

27



Comportamiento de enrutamiento

- Comportamiento de enrutamiento classful: proceso de búsqueda
- El motivo por el que el router no buscará más allá de las rutas secundarias
 - Originalmente, las redes eran todas classful
 - Esto significaba que una organización podía dividir en subredes una dirección de red y “dar a conocer” a todos los routers de la organización la división en subredes
 - Por lo tanto, si la subred no estaba en la tabla de enrutamiento, la subred no existía y el paquete se descartaba



Comportamiento de enrutamiento

- ip classless
- A partir de IOS 11.3, ip classless estaba configurada por defecto
- El comportamiento de enrutamiento classless funciona para
 - Redes no contiguas
 - y
 - Superredes CIDR

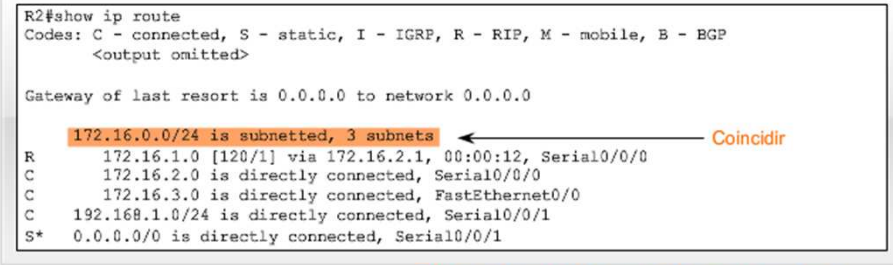


Comportamiento de enrutamiento

- Comportamiento de enrutamiento classless: ip classless
 - La ruta realiza el proceso de búsqueda cuando ip classless está en uso
 - Si el **comportamiento de enrutamiento classless** está funcionando
 - Examina las rutas de nivel 1
 - Las rutas de superredes se verifican primero
 - Si hay una coincidencia, el paquete se reenvía
 - Las rutas por defecto se verifican en segundo lugar
- Si no hay coincidencia ni ruta por defecto
- el paquete se descarta

- Comportamiento de enrutamiento classless: proceso de búsqueda
- El router comienza el proceso de búsqueda cuando encuentra una coincidencia entre la IP de destino y una ruta principal

Ejemplo: R2 funcionando con comportamiento de enrutamiento sin clase

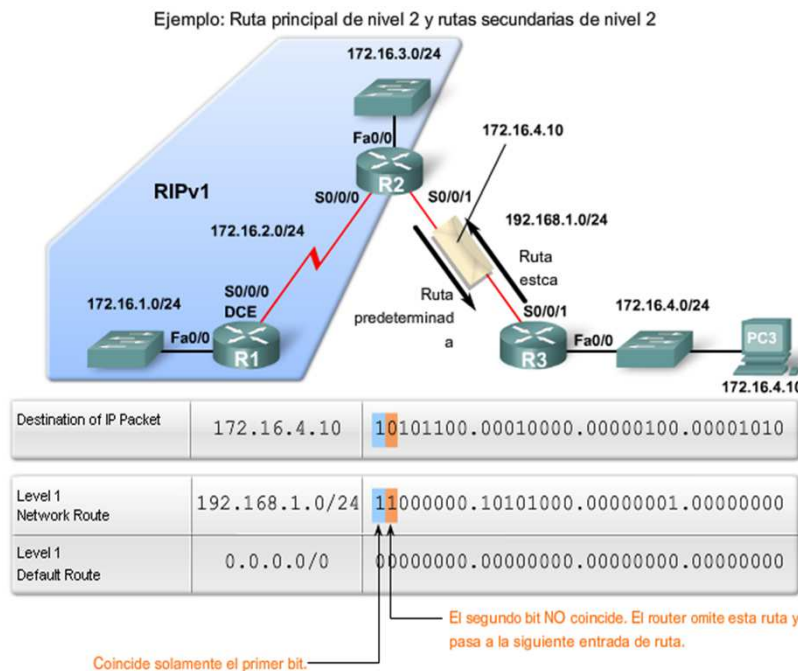


Destino del paquete IP	172.16.4.10	10101100.00010000.00000100.00001010
Ruta primaria de Nivel 1	172.16.0.0/16	10101100.00010000.00000000.00000000
Ruta secundaria de Nivel 2	172.16.1.0/24	10101100.00010000.00000001.00000000
Ruta secundaria de Nivel 2	172.16.2.0/24	10101100.00010000.00000010.00000000
Ruta secundaria de Nivel 2	172.16.3.0/24	10101100.00010000.00000011.00000000

Comportamiento de enrutamiento

- Comportamiento de enrutamiento classless: proceso de búsqueda
- Si **no se encuentra una coincidencia en las rutas secundarias** de la diapositiva anterior,

el router continúa la búsqueda en la tabla de enrutamiento de una coincidencia con menos bits



Una maza /0 significa que no es necesario que coincidan los bits para usar la ruta predeterminada. R2 utiliza la ruta predeterminada y reenvel paquete.

Destino del paquete IP	172.16.4.10	10101100.00010000.00000100.00001010
Ruta de red de Nivel 1	192.168.1.0/24	11000000.10101000.00000001.00000000
Ruta predeterminada de Nivel 1	0.0.0.0/0	00000000.00000000.00000000.00000000

```
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
<output omitted>

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
R 172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:12, Serial0/0/0
C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S* 0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

Concordar
No hay coincidencia
No hay coincidencia
No hay coincidencia
No hay coincidencia
Utilizar predeterminada

Se utiliza la ruta predeterminada. R2 reenvel paquete a R3.



Comportamiento de enrutamiento

- **Classful versus classless: comportamiento de enrutamiento**
 - Se recomienda utilizar el comportamiento de enrutamiento classless
 - Motivo: Para que la superred y las rutas por defecto se puedan utilizar cuando sea necesario

Resumen

Contenido/estructura de una tabla de enrutamiento

- **Entradas de las tablas de enrutamiento**

- Redes conectadas directamente
- Ruta estática
- Protocolos de enrutamiento dinámico

- **Las tablas de enrutamiento son jerárquicas**

- Ruta de nivel 1

Tiene una máscara de subred menor o igual que la máscara de subred classful de la dirección de red

- Ruta de nivel 2

Éstas son subredes de una dirección de red

Resumen

Proceso de búsqueda de la tabla de enrutamiento

- **Comienza con la examinación de las rutas de nivel 1** para una mejor coincidencia con la IP de destino del paquete

- Si la mejor coincidencia es igual a la ruta final:

- Se reenvía el paquete
 - Se examina una ruta principal

Si la ruta principal y la IP de destino coinciden,
se examinan las rutas de nivel 2 (secundarias)

- **Examinación de la ruta de nivel 2**

- Si se encuentra una coincidencia entre la IP de destino y la ruta secundaria: Se reenvía el paquete
 - Si el router está utilizando un comportamiento de enrutamiento classful:
El paquete se descarta
 - Si el router está utilizando un comportamiento de enrutamiento classless:
El router realiza la búsqueda en **la superred de nivel 1 y las rutas por defecto** de una coincidencia
 - Si encuentra una coincidencia, el paquete se reenvía. De lo contrario,
 - El paquete se descarta



Resumen

- **Comportamientos de enrutamiento**

- Esto se refiere a cómo se realiza una búsqueda en una tabla de enrutamiento

- **Comportamiento de enrutamiento classful**

- Indicado por el uso de un comando no ip classless
- El router **no buscará** más allá de las rutas secundarias una coincidencia menor

- **Comportamiento de enrutamiento classless**

- Indicado por el uso de un comando ip classless
- El router buscará más allá de las rutas secundarias una coincidencia menor

