

# Enrutamiento estático

## Objetivos

- Definir la función general que tiene un enrutador en las redes
  - Describir las rutas estáticas con las interfaces de salida
    - Describir las redes conectadas directamente y las diferentes interfaces del enrutador

# Conceptos Generales

The background of the slide features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side and bottom, creating a modern, dynamic feel. The main text is positioned on the left side of the slide.

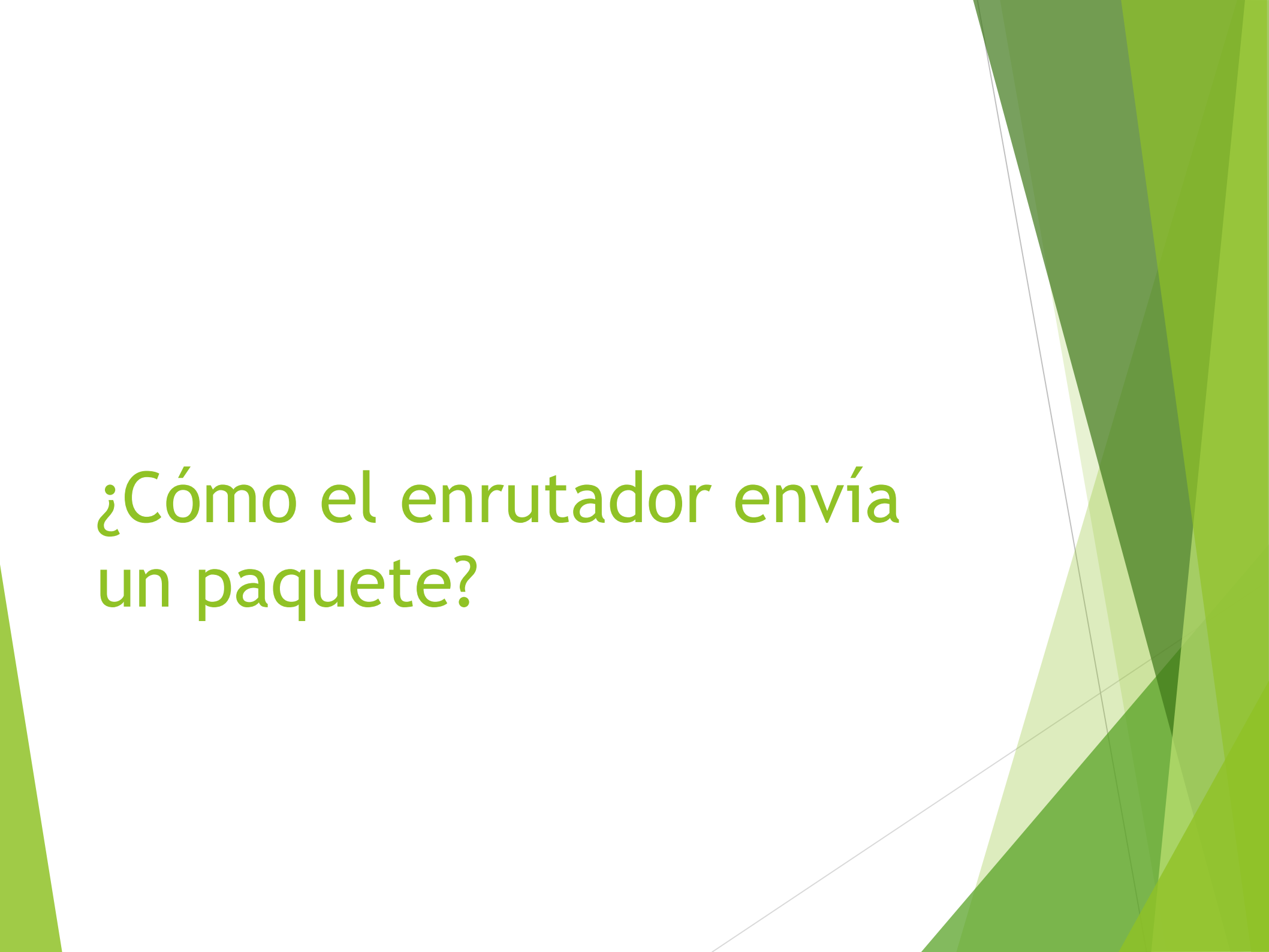
# Enrutadores y redes

## Función del enrutador

- ▶ Los enrutadores son responsables principalmente de la **interconexión de redes** por medio de:
  - la determinación del **mejor camino** para enviar paquetes
  - el **reenvío** de los paquetes a su destino

# Función del enrutador

- Los enrutadores reenvían paquetes mediante la **detección de redes remotas** y el mantenimiento de la **información de enrutamiento**. El enrutador es la unión o intersección que conecta múltiples redes IP. La principal decisión de envío de los enrutadores se basa en la información de **Capa 3**, la dirección IP de destino.

The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern and dynamic visual effect.

¿Cómo el enrutador envía  
un paquete?

# Enrutamiento directo e indirecto

Un paquete que es enviado a la red puede ser entregado a un elemento de la red que se encuentra dentro del mismo segmento de red, a este tipo de servicio se le conoce como *ruteo directo*.

Si se establece que el paquete debe ser enviado a un segmento distinto de red, el paquete deberá ser enviado a través de un enrutador, a este tipo de ruteo se le conoce como *ruteo indirecto*.

# Enrutamiento directo o indirecto

Pero ¿cómo sabe un nodo cuándo utilizar un ruteo directo o indirecto?

Antes de que el nodo origen envíe el paquete a la red, primero verifica la IP destino, utiliza su mascara de subred para realiza una operación AND con la IP destino y si el número de red es igual a su segmento de red, entonces los mensajes serán enviado utilizando el ruteo directo.

Caso contrario, el nodo origen deberá enviar la información necesaria al enrutador para que este pueda dirigir el paquete hacia el segmento de red adecuado.

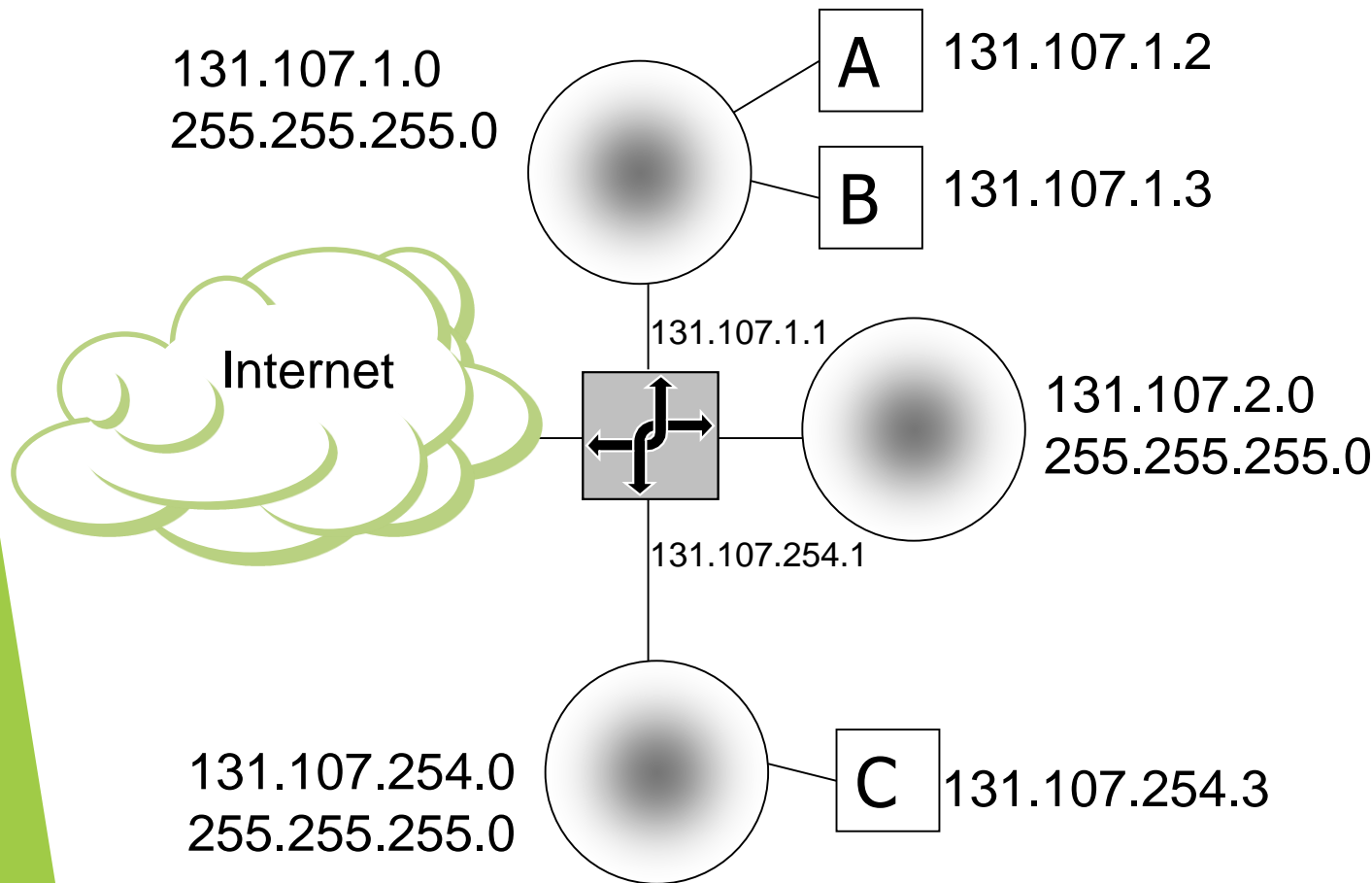
# Datos de Ruteo

Cuando se alcanza la red destino, el enrutador que se encuentra conectado a la red donde se encuentra el nodo destino manejará los paquetes como si se fuera un ruteo directo, al realizar este proceso se establece una comunicación local utilizando la dirección de acceso al medio MAC del nodo destino.



# Ejemplo de envío de paquetes con ruteo directo

- La terminal A desea comunicarse con la terminal B.



**1o.** 131.107. 1 .2  
255.255.255.0  
-----  
131.107. 1 .0

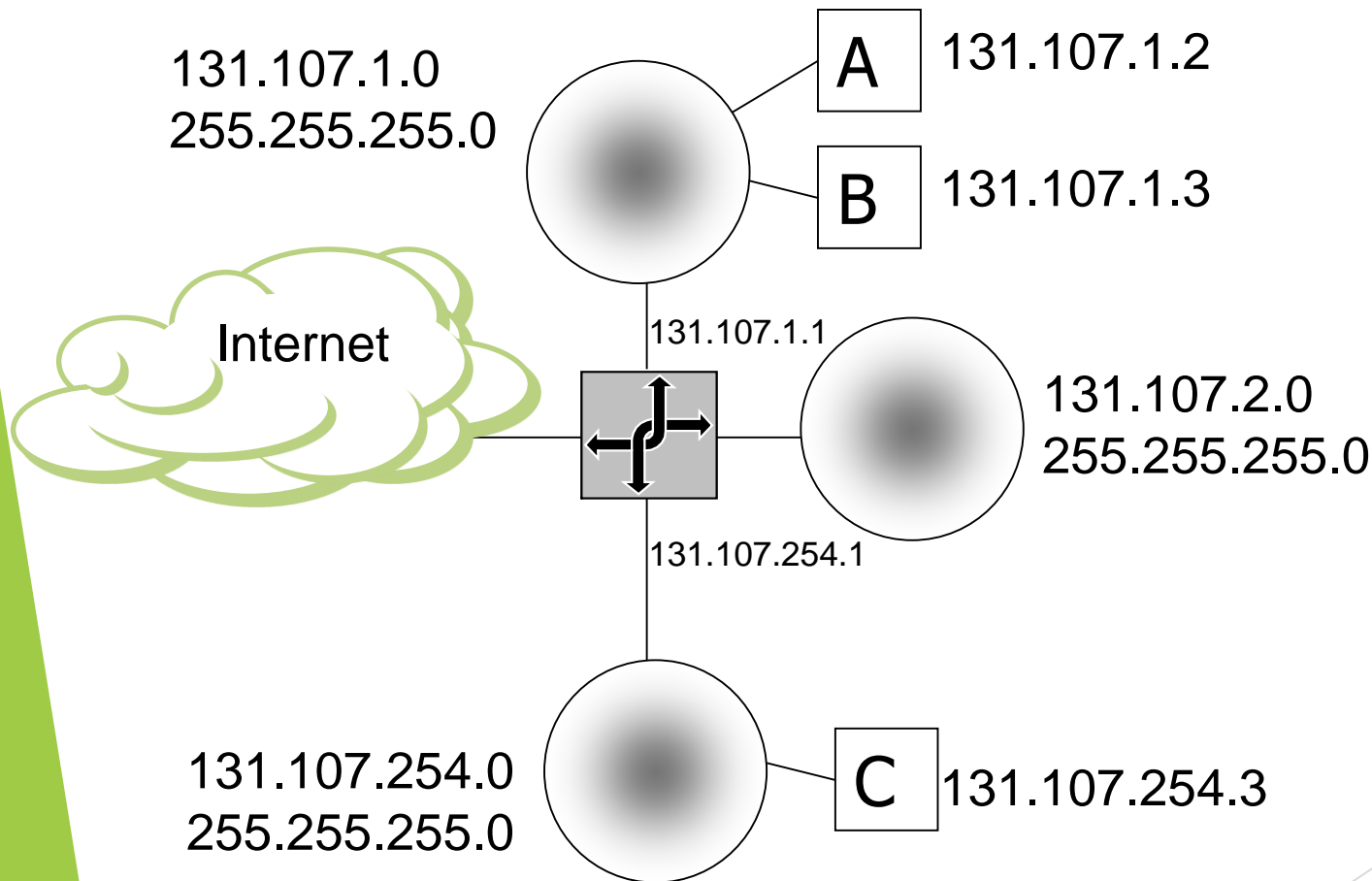
**2o.** 131.107. 1 .3  
255.255.255.0  
-----  
131.107. 1 .0

**3o.** 131.107.1.0 es  
igual a 131.107.1.0

131.107.1.2 envía una  
solicitud de ARP a  
131.107.1.3

# Ejemplo de paquetes con ruteo indirecto

La terminal A desea comunicarse con la terminal C.



**1o.** 131.107. 1 .2  
255.255.255.0  
131.107. 1 .0

**2o.** 131.107.254.3  
255.255.255.0  
131.107.254.0

**3o.** 131.107.1.0 es diferente a 131.107.254.0

131.107.1.2 envía una solicitud de ARP a 131.107.1.1 que es la puerta de enlace.

# Pasos en el envío de paquetes

- ▶ **La función de conmutación** de un router es el proceso que usa para conmutar un paquete de una interfaz de entrada a una interfaz de salida en el mismo router.
- ▶ Cuando un router recibe un paquete, sucede lo siguiente:
  - Se eliminan los encabezados de capa de enlace, es decir, las direcciones MAC.
  - Se analiza la dirección IP de destino ubicada en el encabezado de capa de red para encontrar la mejor ruta al destino.
  - Se vuelve a encapsular el paquete en una trama de la capa de enlace.
  - Se reenvía la trama a través de la interfaz de salida.

# Pasos en el envío de paquetes

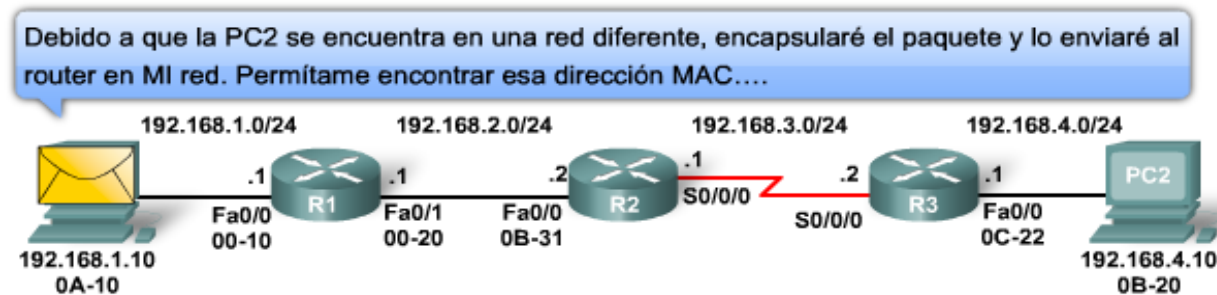
- ▶ Mientras un paquete se transmite de un dispositivo de red a otro:
  - ▶ Las direcciones IP de origen y destino **NO** cambian
  - ▶ Las direcciones MAC de origen y destino **CAMBIAN** cuando el paquete se reenvía de un router a otro.
  - ▶ El campo TTL disminuye en uno hasta llegar a un valor de cero. En ese momento, el router descarta el paquete (este mecanismo evita que los paquetes se transmitan a través de la red de forma indefinida).

# Pasos en el envío de paquetes

- A continuación, se muestra parte de lo que ocurre cuando la PC1 desea enviar un paquete a la PC2:

**Paso 1:** la PC1 encapsula el paquete en una trama. La trama tiene la dirección MAC de destino del R1

Funcionamiento diario de un paquete: Paso 1



Trama de enlace de datos de la Capa 2

Datos de la Capa 3 del paquete

MAC de destino 00-10	MAC de origen 0A-10	Tipo 800	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
----------------------	---------------------	----------	----------------------------	---------------------------	-----------	-------	---------

Caché ARP de la PC1 para R1

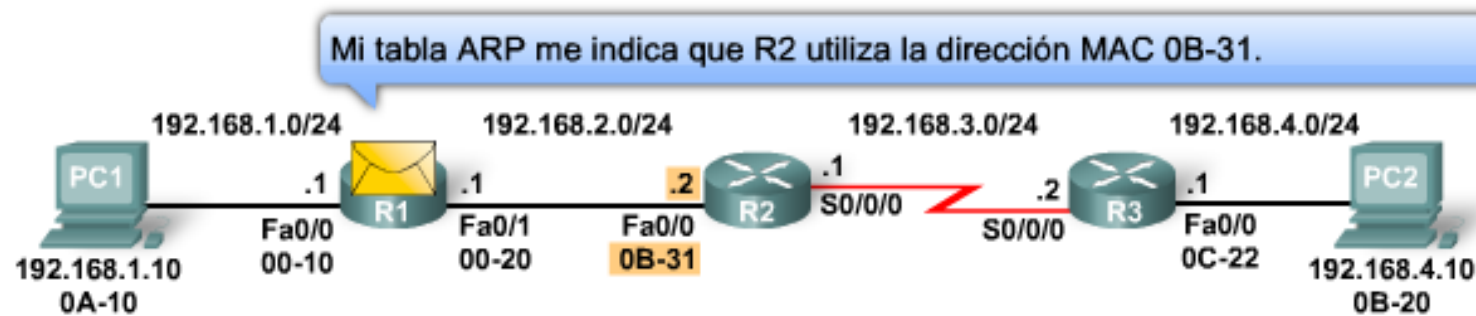
Dirección IP	Dirección MAC
192.168.1.1	00-10

# Pasos en el envío de paquetes

- ▶ **Paso 2:** R1 recibe la trama de Ethernet por su interfaz Fa0/0, FastEthernet 0/0.
  - R1 reconoce que la dirección MAC de destino coincide con su dirección MAC.
  - Entonces, R1 elimina la trama de Ethernet o en encabezado de la capa de enlace.
  - Así, R1 examina la IP de destino.
  - R1 busca la IP destino dentro de su tabla de ruteo.
  - Una vez que encontró la IP destino dentro de su tabla de ruteo, R1 busca la dirección IP de siguiente salto.
  - Entonces R1 vuelve a encapsular el paquete IP con una nueva trama de Ethernet.
  - El R1 reenvía el paquete Ethernet a través de la interfaz Fa0/1, FastEthernet 0/1.

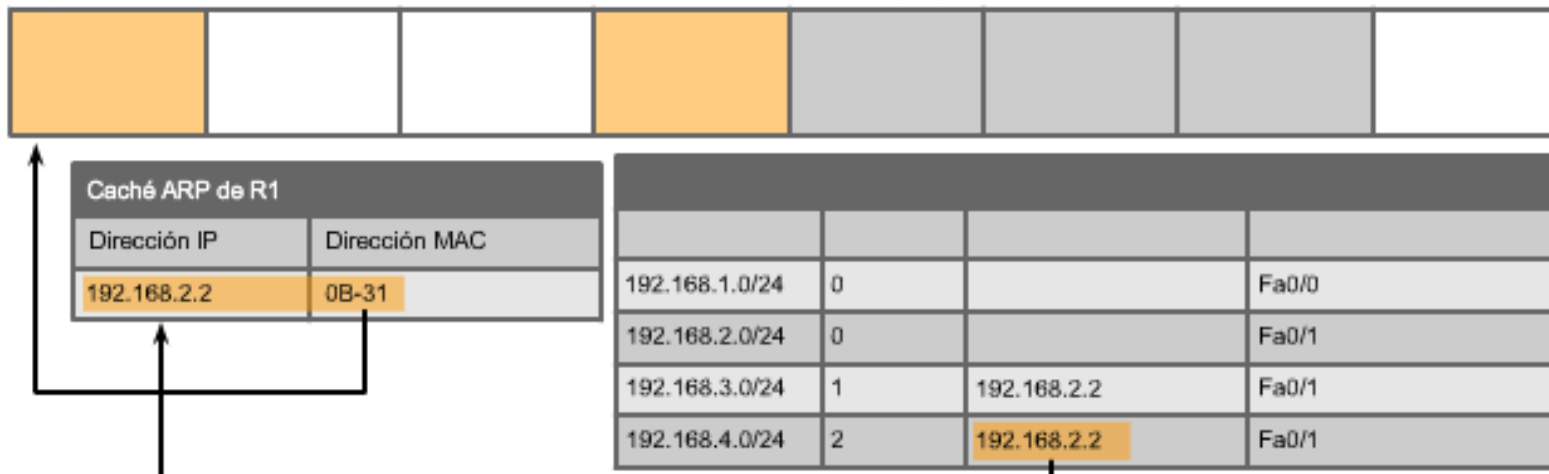
# Pasos en el envío de paquetes

## Funcionamiento diario de un paquete: Paso 2



### Capa 2: Trama de enlace de datos

### Datos de la capa 3 del paquete



# Pasos en el envío de paquetes

## ► Paso 3: el paquete llega al R2

- El R2 recibe la trama de Ethernet por su interfaz Fa0/1.
- El R2 reconoce que la dirección MAC de destino coincide con su dirección MAC.
- Entonces, R2 elimina la trama de Ethernet.
- Así. R2 examina la IP de destino.
- R2 busca la IP de destino dentro de su tabla de ruteo.
- Una vez que encontró la IP de destino dentro de su tabla de enrutamiento, busca la dirección IP de siguiente salto.
- R2 vuelve a encapsular el paquete IP con una nueva trama de enlace de datos.
- Finalmente, R2 reenvía el paquete Ethernet a través de la interfaz S0/0.

Funcionamiento diario de un paquete: Paso 3



Capa 2: Trama de enlace de datos

Datos de la capa 3 del paquete

MAC de destino 0B-31	MAC de origen 00-20						Tráiler
----------------------	---------------------	--	--	--	--	--	---------



# Pasos en el envío de paquetes

## ► Paso 4: el paquete llega a R3

- R3 recibe la trama de PPP por su interfaz S0/0.
- Luego, el R3 elimina la trama de PPP
- R3 examina la IP de destino
- Así, R3 busca la IP de destino en la tabla de enrutamiento
- Una vez que encontró la IP de destino en la tabla de enrutamiento, R3 se conecta directamente al destino a través de la interfaz Fast Ethernet.
- El R3 vuelve a encapsular el paquete IP con una nueva trama de Ethernet
- El R3 reenvía el paquete Ethernet a través de la interfaz Fa0/0

# Pasos en el envío de paquetes

## Funcionamiento diario de un paquete: Paso 4



### Capa 2: Trama de enlace de datos

### Datos de la capa 3 del paquete

MAC de destino 0B-20	MAC de origen 0C-22	Tipo 800	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
----------------------	---------------------	----------	----------------------------	---------------------------	-----------	-------	---------

**Paso 5:** el paquete IP llega a la PC2. Se desencapsula la trama y la procesan los protocolos de capa superior.

# Información de ruteo y tablas de enrutamiento

Una tabla de enrutamiento es necesaria para hacer más eficiente la decisión que debe tomar un enrutador hacia donde debe dirigir un paquete de datos.

La tabla de enrutamiento es un conjunto de entradas (rutas), las cuales definen el camino por el cual un paquete de datos debe ser enviado.

La tabla de enrutamiento esta formada por rutas previamente definidas (ruteo estático) o por intercambio de información (ruteo dinámico).

# Información de ruteo y tablas de enrutamiento

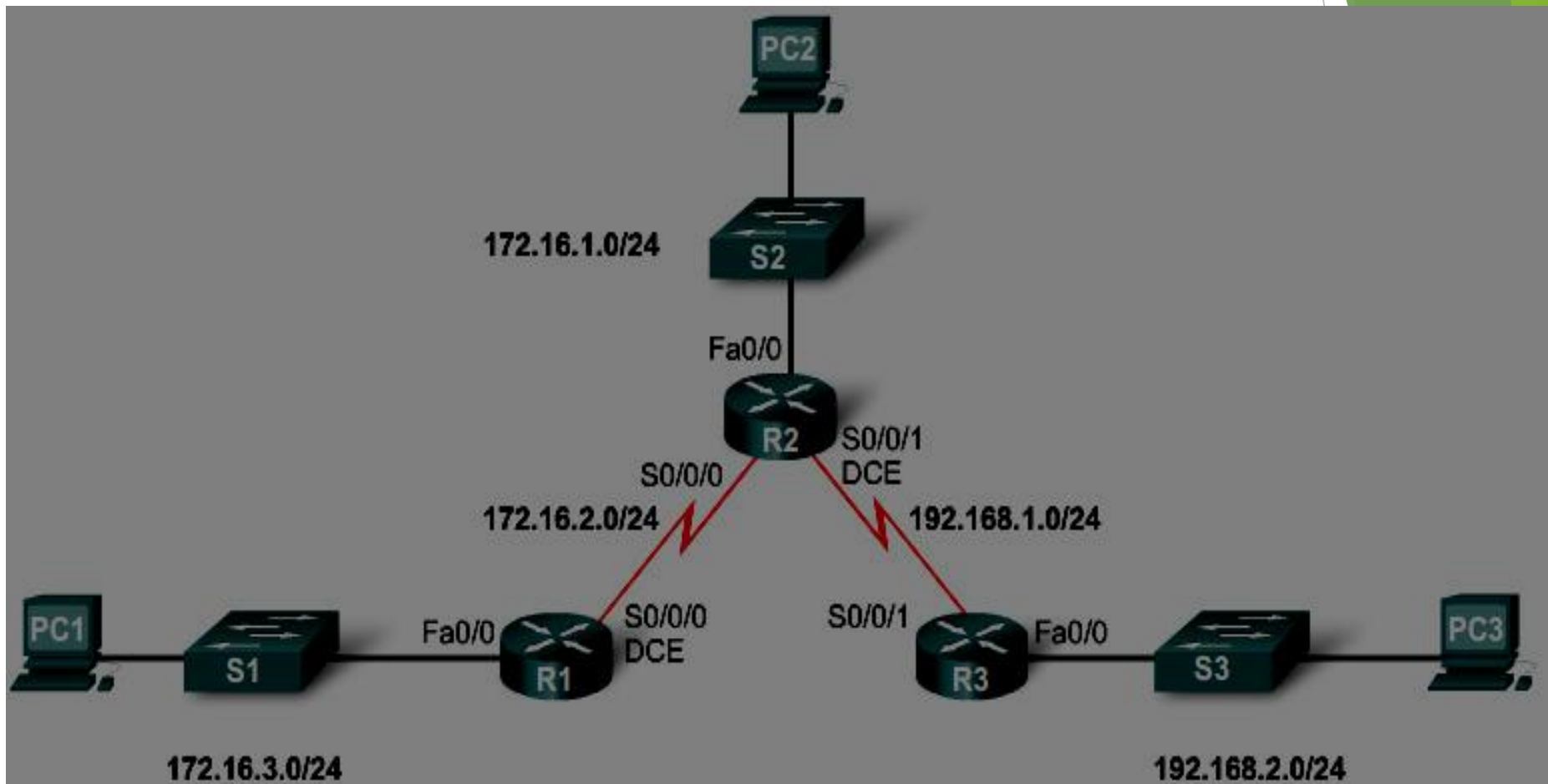
El **ruteo estático** siempre designa las mismas rutas para trayectorias equivalentes de la red, esto es conveniente cuando hay pocos nodos en la red.

En el método de **ruteo dinámico** los enrutadores eligen las rutas, calculando en cada ocasión las rutas más convenientes. El parámetro que se elige como referencia para calcular la mejor ruta se llama métrica..

# Práctica 1

Enrutamiento estático

# Introducción de la topología



# Topología

- La topología está compuesta por tres routers, denominados R1, R2 y R3. Los routers R1 y R2 se conectan a través de un enlace WAN y los routers R2 y R3 se conectan a través de otro enlace WAN. Cada router está conectado a una LAN Ethernet diferente, representada por un switch y una PC.

# Tabla de direccionamiento

Dispositivo	Interfaz	Dirección IP	Máscara de subred	Gateway predeterminado
R1	Fa0/0	172.16.3.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.2.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa0/0	172.16.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.2.2	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.1.2	255.255.255.0	N/A
R3	Fa0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
PC1	NIC	172.16.3.10	255.255.255.0	172.16.3.1
PC2	NIC	172.16.1.10	255.255.255.0	172.16.1.1
PC3	NIC	192.168.2.10	255.255.255.0	192.168.2.1



# Interfaces y sus estados

- ▶ El estado de cada interfaz se puede examinar mediante el uso de varios comandos.
- ▶ El comando **show interfaces** muestra el estado y proporciona una descripción detallada de todas las interfaces del router.
- ▶ R1#show interfaces fastethernet 0/0
- ▶ FastEthernet0/0 se encuentra administratively down; line protocol is down.

# Comandos adicionales para interfaz

- El comando **show ip route** se utiliza para mostrar la tabla de enrutamiento. En principio, la tabla de enrutamiento estará vacía si no se configuró ninguna interfaz.
- El comando **show ip interface brief** se puede utilizar para ver una parte de la información de la interfaz en formato condensado.

# Configuración de una interfaz Ethernet

- Los siguientes comandos agregan una ruta y activan la interfaz. De manera predeterminada, todas las interfaces del enrutador están apagadas. Para cambiar el estado administrativo de la interfaz, se usa el comando `no shutdown`
- `R1(config)#interface fastethernet 0/0`
- `R1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0`
- `R1(config-if)#no shutdown`

# Lectura de la tabla de enrutamiento

```
R1#show ip route
```

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

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
R1#
```

Ahora R1 tiene una red conectada.

# Lectura de la tabla de enrutamiento

- Observe que R1 ahora tiene una interfaz FastEthernet 0/0 "conectada directamente" como una red nueva. La interfaz se configuró con la dirección IP 172.16.3.1/24, lo que hace que sea miembro de la red 172.16.3.0/24.
- C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
- La letra C al comienzo de la ruta indica que es una red conectada directamente.

# Los routers generalmente almacenan direcciones de red

- Salvo contadas excepciones, las tablas de enrutamiento tienen rutas para **direcciones de red** en lugar de direcciones host individuales. La ruta 172.16.3.0/24 de la tabla de enrutamiento significa que esta ruta coincide con todos los paquetes con una dirección de destino perteneciente a esta red.

# Verificar una interfaz Ethernet

- Comandos para verificar la configuración de la interfaz
- El comando **show interfaces fastethernet 0/0** muestra que ahora la interfaz está up y el protocolo de línea está up (activados)

## Verificando las direcciones MAC en interfaces Ethernet

```
R1#show interfaces fastethernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is AmdFE, address is 000c.3010.9260 (bia 000c.3010.9260)
  Internet address is 172.16.3.1/24
  <resultado omitido>
R1#
```

Las interfaces Ethernet tienen direcciones MAC.

# Comandos para verificar la configuración de la interfaz

```
R1#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	172.16.3.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Serial0/0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down

```
R1#
```

Interfaz LAN ahora "up" y "up" con una dirección IP.



# Configuración de una interfaz serial

- ▶ A continuación configuraremos la interfaz serial 0/0/0 en el router R1. Esta interfaz se encuentra en la red 172.16.2.0/24 y se le asigna la dirección IP y la máscara de subred de 172.16.2.1/24. El proceso que utilizamos para la configuración de la interfaz serial 0/0/0 es similar al proceso que utilizamos para configurar la interfaz FastEthernet 0/0.

- R1(config)#interface serial 0/0/0
- R1(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
- R1(config-if)#no shutdown

# Configuración de una interfaz serial

- ▶ Configuraremos ahora el otro extremo de este enlace: enlace serial 0/0/0 para el router R2.
- 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

# Exploración de redes conectadas directamente

- Conceptos de la tabla de enrutamiento
- Una **tabla de enrutamiento** es una estructura de datos que **almacena información de enrutamiento** obtenida de diferentes orígenes. Su objetivo principal es **proporcionarle al enrutador rutas para llegar a diferentes redes de destino**.
- La tabla de enrutamiento consiste en una lista de direcciones de red "conocidas", es decir, aquellas direcciones que **están conectadas directamente**. R1 y R2 sólo tienen rutas para redes conectadas directamente.

# Incorporación de rutas a la tabla de enrutamiento

- ▶ Primero, activaremos la depuración. El comando `debug ip routing` nos permitirá ver cualquier cambio que realice el router al agregar o eliminar rutas.
- ▶ `R2# debug ip routing`
- ▶ `IP routing debugging is on`

# Configuración de la dirección IP y la máscara de subred

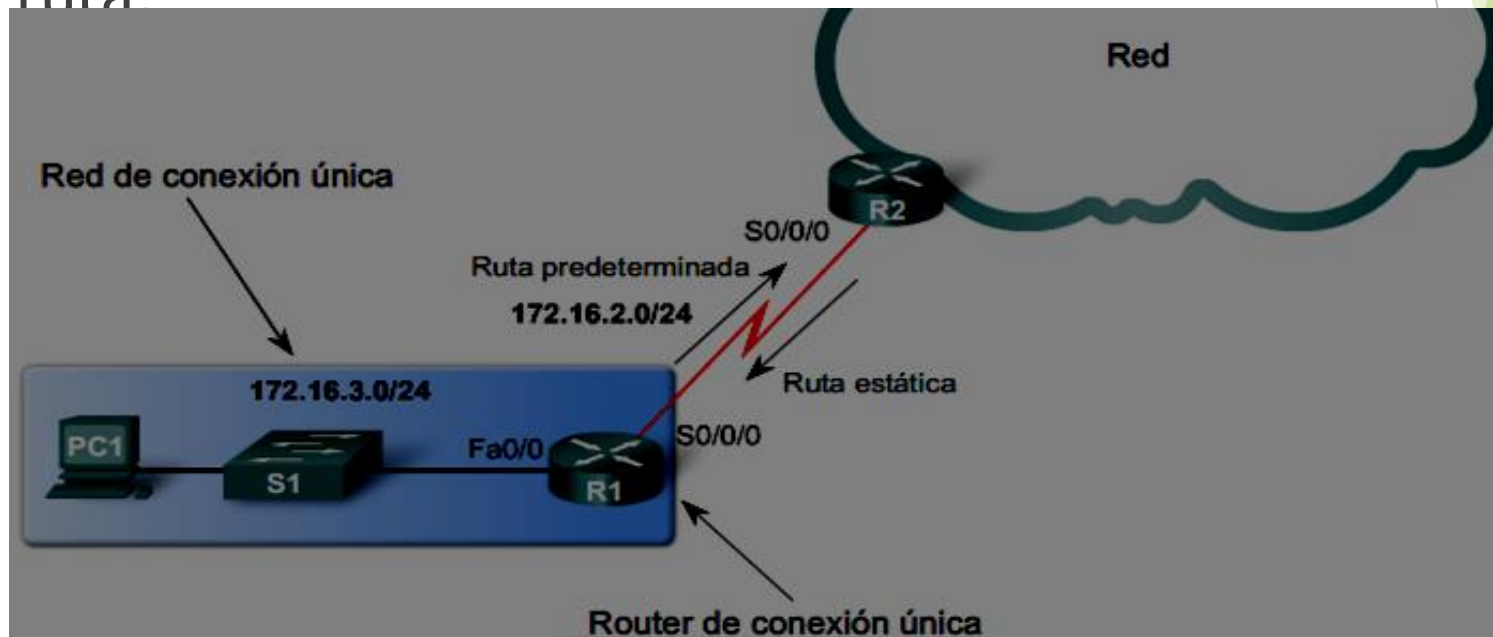
- ▶ A continuación, configuraremos la dirección IP y máscara de subred para la interfaz FastEthernet 0/0 de R2 y utilizaremos el comando no shutdown.
- R2(config)#interface fastethernet 0/0
- R2(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
- R2(config-if)#no shutdown
- Resultado de la depuración:
- 02:35:30: RT: add 172.16.1.0/24 via 0.0.0.0, connected metric [0/0]
- 02:35:30: RT: interface FastEthernet0/0 added to routing table

# Cambio de una dirección IP

- Si desea cambiar una dirección IP o máscara de subred para una interfaz, reconfigure la dirección IP y máscara de subred para dicha interfaz
- Para eliminar una red conectada directamente de un router, utilice estos dos comandos: shutdown y no ip address.

# Rutas estáticas con direcciones del “siguiente salto”

- Rutas estáticas
- Las rutas estáticas se utilizan generalmente cuando se enruta desde una red a una red de conexión única. Una red de conexión única es una red a la que se accede por una sola ruta



# El comando ip route

- El comando para configurar una ruta estática es ip route

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask  
{ip-address | exit-interface }
```

Parámetro	Descripción
<b>network-address</b>	Dirección de la red de destino de la red remota que será agregada a la tabla de enrutamiento.
<b>subnet-mask</b>	Máscara de subred de la red remota que será agregada a la tabla de enrutamiento. La máscara de subred puede ser modificada para resumir un grupo de redes.
<b>ip-address</b>	Se le denomina comúnmente como dirección IP del router del siguiente salto.
<b>exit-interface</b>	Interfaz de salida utilizada para enviar paquetes a la red de destino.



# Instalación de una ruta estática en la tabla de enrutamiento

- ▶ R1#debug ip routing
- ▶ R1#conf t
- ▶ R1(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
- ▶ Analicemos cada elemento de este resultado:
  - ip route: comando de ruta estática
  - 172.16.1.0: dirección de red de la red remota
  - 255.255.255.0: máscara de subred de la red remota
  - 172.16.2.2: dirección IP de la interfaz serial 0/0/0 de R2, que es el "siguiente salto" para esta red

# Configuración de rutas estáticas

```
R1#debug ip routing  
(**resultado omitido**)
```

```
R1#conf t
```

```
R1(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

```
00:20:15: RT: add 172.16.1.0/24 via 172.16.2.2, static metric [1/0]
```

```
R1#show ip route
```

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

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
S      172.16.1.0 [1/0] via 172.16.2.2
```

```
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
R1#
```

# Verificación de la ruta estática

- ▶ El resultado de `debug ip routing` muestra que esta ruta se ha agregado a la tabla de enrutamiento.
- ▶ 00:20:15: RT: add 172.16.1.0/24 via 172.16.2.2, static metric [1/0]
- ▶ Analicemos este resultado:
  - S: código de la tabla de enrutamiento para la ruta estática
  - 172.16.1.0: dirección de red para la ruta
  - /24: máscara de subred para esta ruta
  - [1/0]: distancia administrativa y métrica para la ruta estática
  - via 172.16.2.2: dirección IP del router del siguiente salto, la dirección IP de la interfaz serial 0/0/0 de R2
  - Todos los paquetes con una dirección IP de destino cuyos primeros 24 bits de la izquierda coincidan con 172.16.1.0, usarán esta ruta.

# Configuración de rutas a otras dos redes remotas

```
R2 (config) #ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 172.16.2.1  
R2 (config) #ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.1
```

```
R3 (config) #ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2  
R3 (config) #ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 192.168.1.2  
R3 (config) #ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```

# Verificación de rutas estáticas

R1#show ip route

\*\*\* resultado omitido \*\*\*

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

R2#show ip route

\*\*\* resultado omitido \*\*\*

```
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
S    172.16.3.0 [1/0] via 172.16.2.1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1
```

R3#show ip route

\*\*\* resultado omitido \*\*\*

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
S    172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2
S    172.16.2.0 [1/0] via 192.168.1.2
C    172.16.3.0 [1/0] via 192.168.1.2
```

# Referencias

- CCNA 2. Conceptos y protocolos de enrutamiento, CISCO Networking Academy