

Capa 3 - Routing

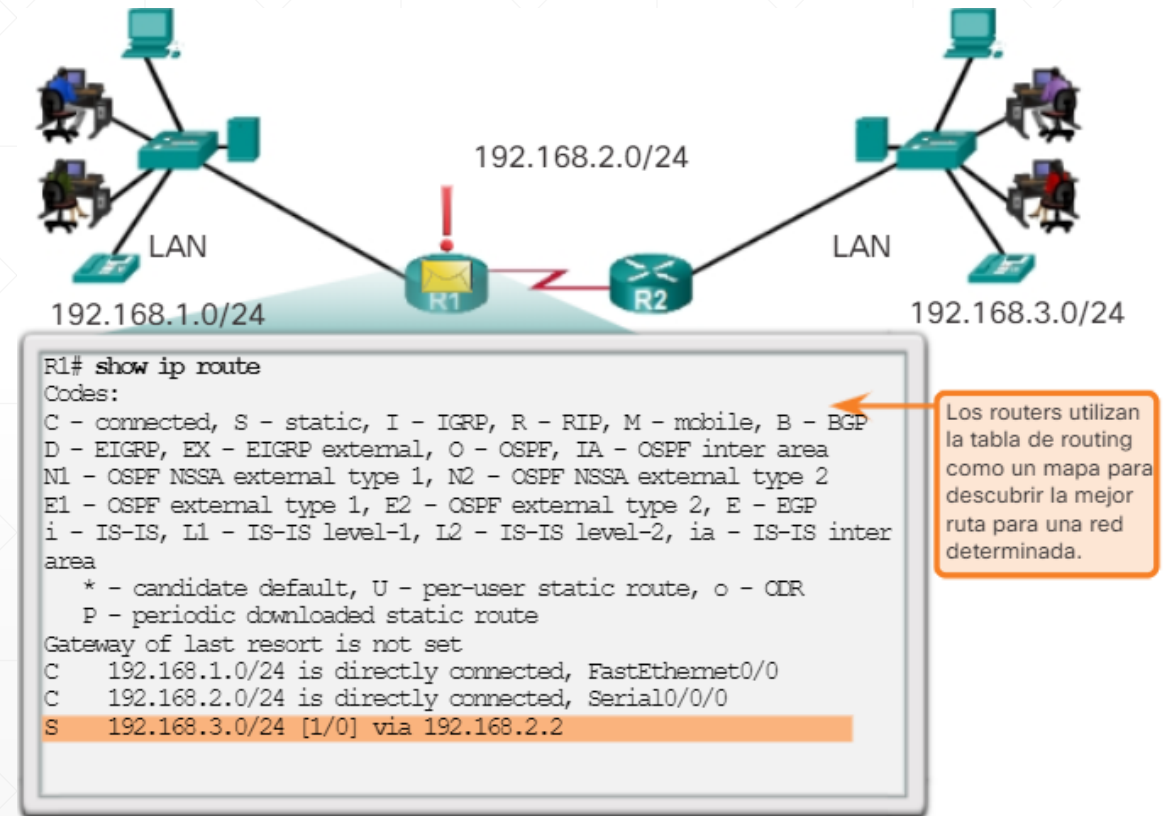
Redes I

¿Por qué es necesario el routing?

- Conectar una red con otra red
 - La comunicación entre redes no sería posible sin un router que determine la mejor ruta hacia el destino y que reenvíe el tráfico al router siguiente en esa ruta.
 - Se realiza a través de tablas de routing alojada en los routers (o switches L3)
-

Funciones principales de un router

- Determinar la mejor ruta para enviar paquetes por medio de su tabla de rutas.
- Reenviar paquetes a su destino



Funciones principales de un router

- Los routers usan rutas estáticas y protocolos de routing dinámico para descubrir redes remotas y crear sus tablas de routing.

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

```
      192.168.51.0/24 is variably subnetted, 7 subnets, 4 masks
S       192.168.51.0/27 [1/0] via 192.168.51.89
C       192.168.51.80/29 is directly connected, GigabitEthernet0/2
L       192.168.51.81/32 is directly connected, GigabitEthernet0/2
C       192.168.51.88/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.51.90/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C       192.168.51.100/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.51.101/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

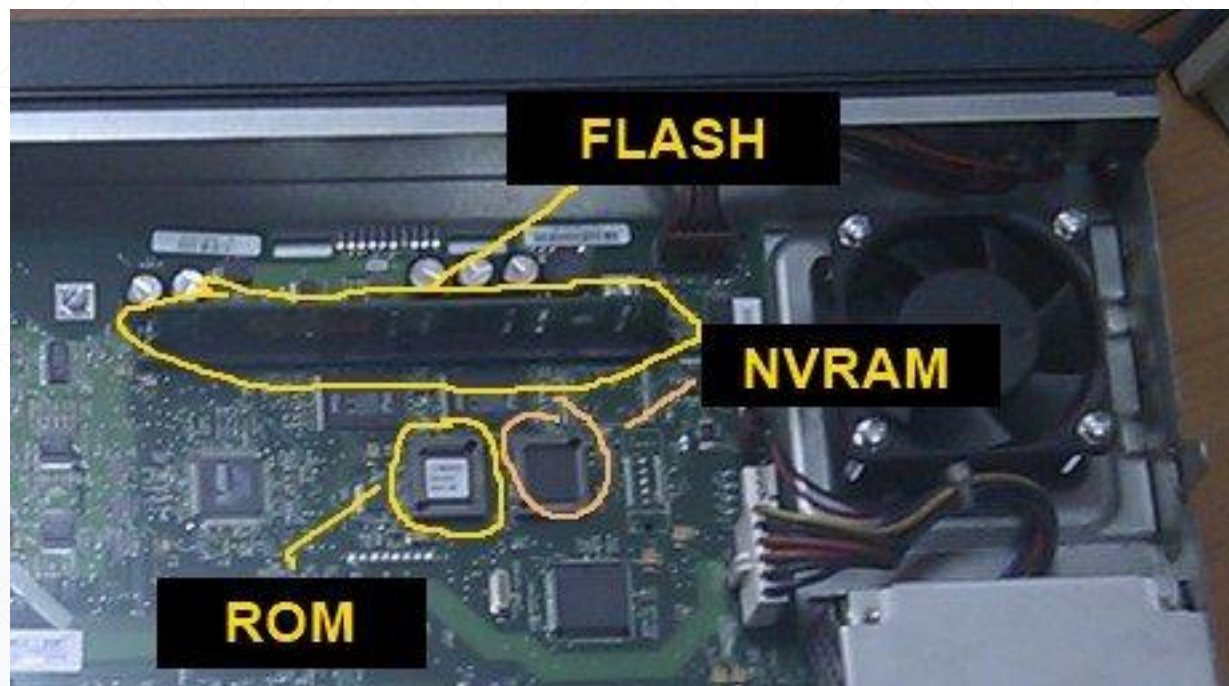
Funciones principales de un router

- Un router puede recibir un paquete encapsulado en un tipo de trama de enlace de datos y reenviarlo por una interfaz que usa otro tipo de trama de enlace de datos.
 - Tecnologías de enlace de datos a las que se puede conectar un router:
 - Ethernet
 - PPP
 - Frame Relay
 - DSL
 - 802.11
-

Memoria del router

Memoria	Descripción
Memoria de acceso aleatorio (RAM)	Memoria volátil que proporciona almacenamiento temporal para diversas aplicaciones y procesos, entre ellos: <ul style="list-style-type: none">• IOS en ejecución• Archivo de configuración en ejecución• Routing de IP y tablas ARP• Buffer de paquetes
Memoria de sólo lectura (ROM)	Memoria no volátil que proporciona almacenamiento permanente para: <ul style="list-style-type: none">• Instrucciones de arranque• Software básico de diagnóstico• IOS limitado en caso de que el router no pueda cargar el IOS con todas las funciones
Memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM)	Memoria no volátil que proporciona almacenamiento permanente para: <ul style="list-style-type: none">• El archivo de configuración de inicio
Flash	Memoria no volátil que proporciona almacenamiento de permanente para: <ul style="list-style-type: none">• IOS• Otros archivos relacionados con el sistema

Memorias del router



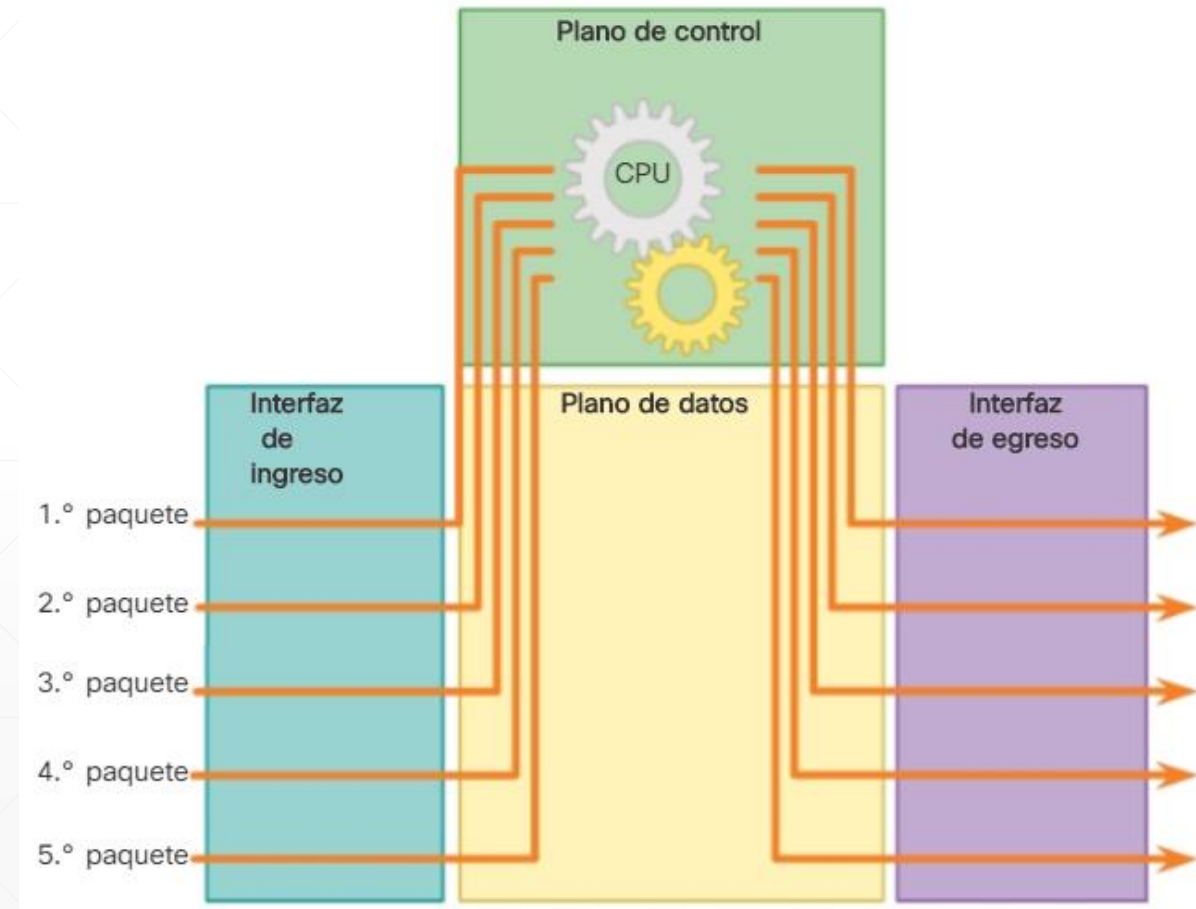
Mecanismos de reenvío de paquetes

Los routers admiten tres mecanismos de reenvío de paquetes:

- Switching de procesos
 - Switching rápido
 - Cisco Express Forwarding (CEF)
-

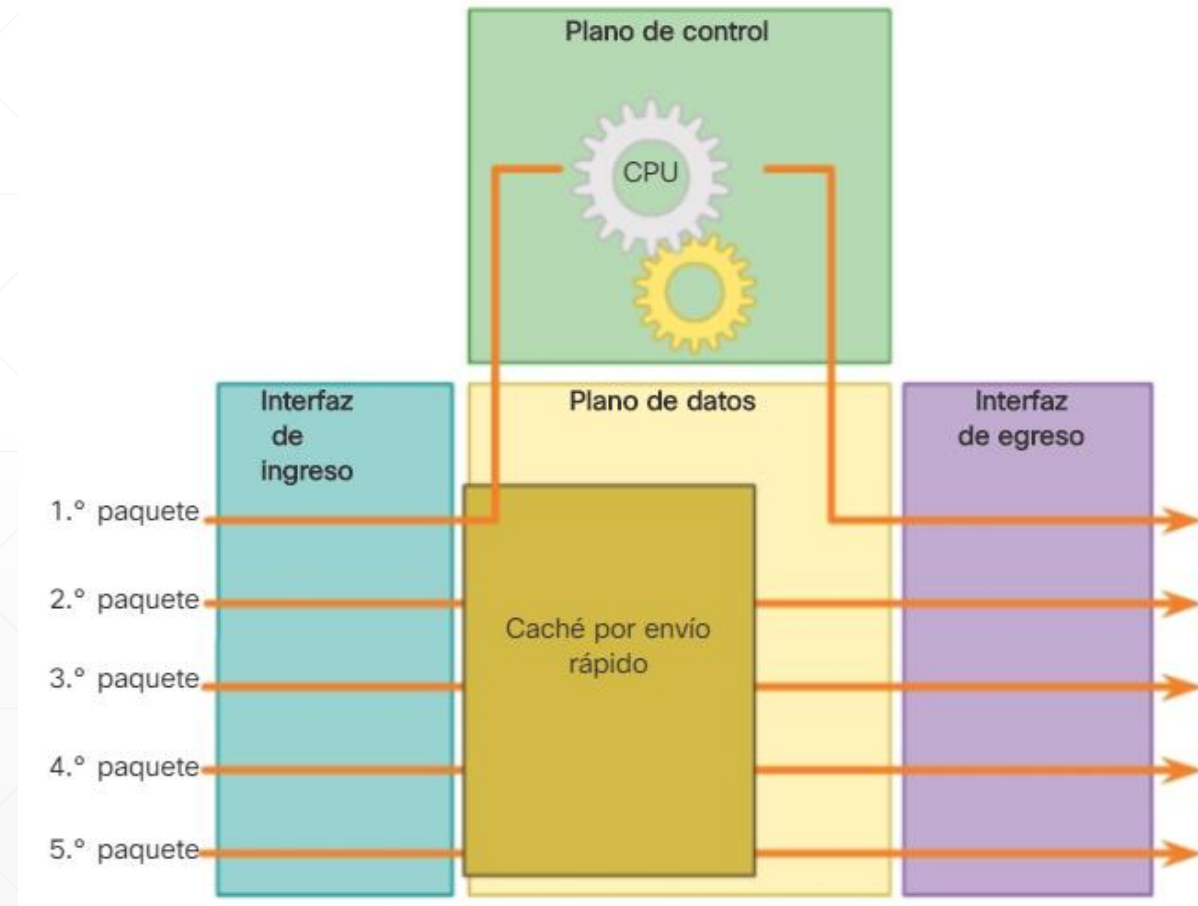
Switching de procesos

- Cuando un paquete llega al router por una interfaz se reenvía al plano de control, donde el CPU determina la interfaz de salida por medio de la dirección de destino del paquete y la tabla de routing.
- Se realiza para todos los paquetes.
- Es un mecanismo lento.



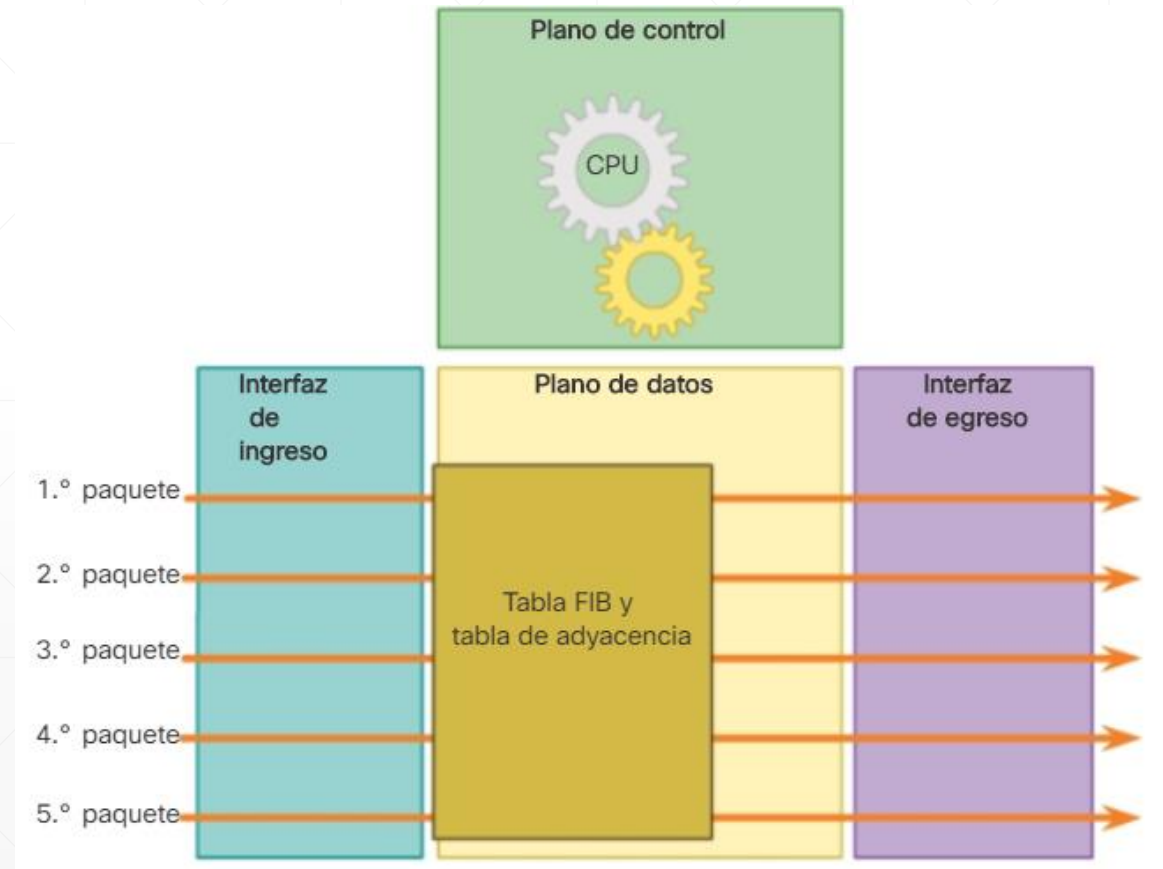
Switching rápido

- Usa una memoria caché para almacenar información del siguiente salto.
- Al llegar un paquete al plano de control, la CPU busca una coincidencia en caché.
- Si no existe coincidencia, se aplica switching de procesos al paquete, y luego se reenvía a la interfaz de salida.
- La información del flujo de paquetes también se almacena en caché.

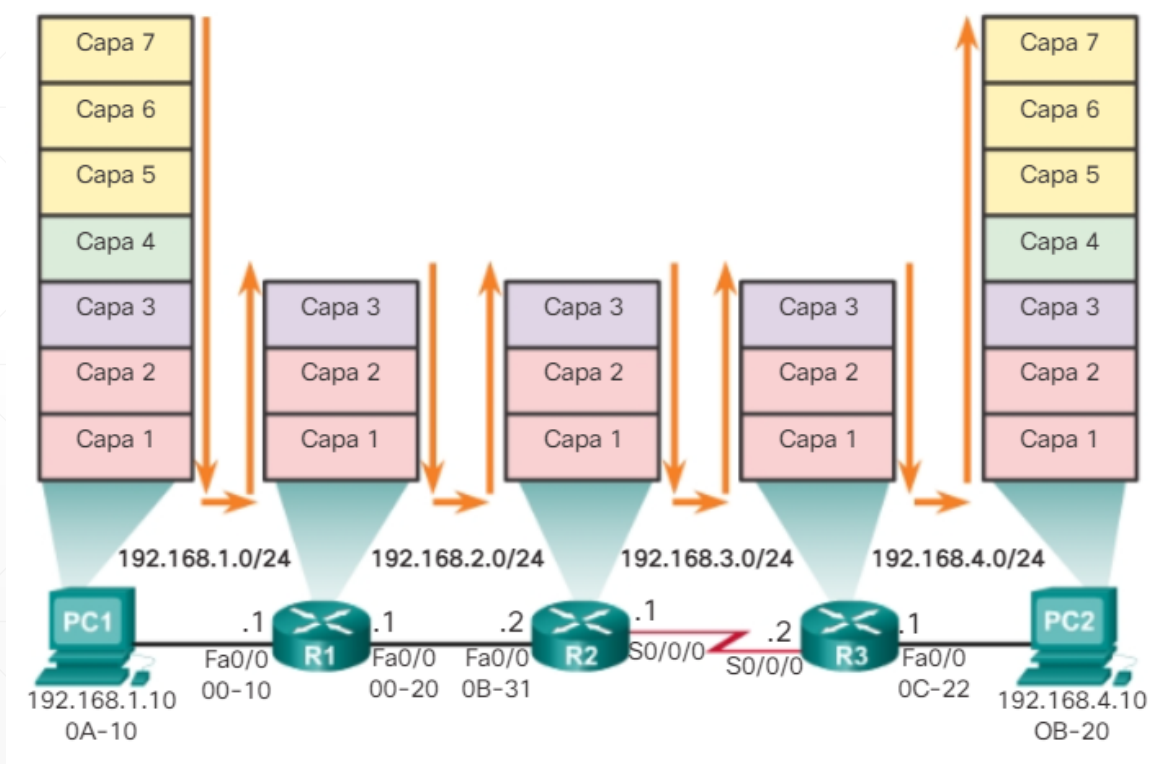


Cisco Express Forwarding (CEF)

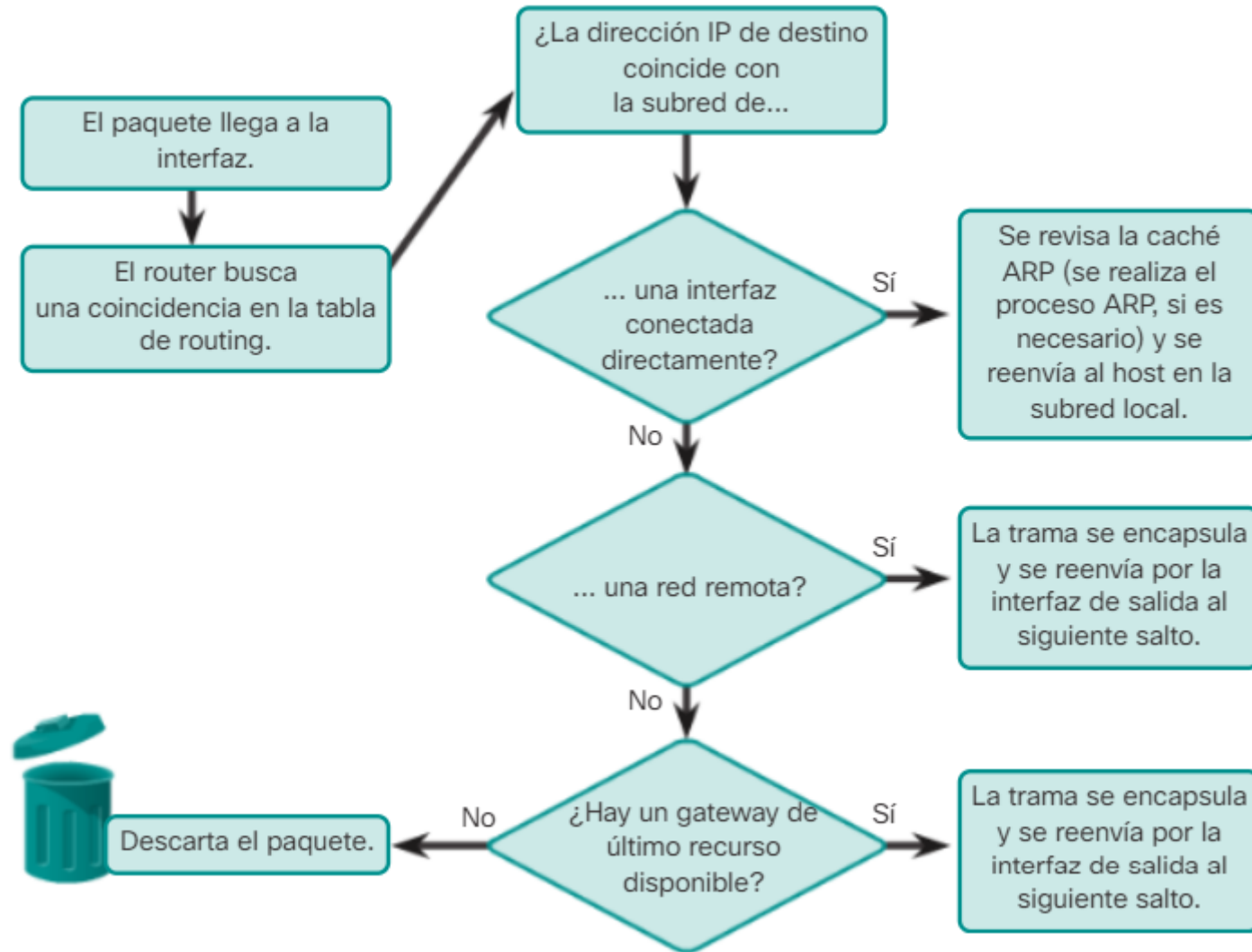
- Usa una base de información de reenvío (FIB) y una tabla de adyacencia.
- Las entradas en la tabla se modifican por los cambios en la topología de red.
- La FIB contiene:
 - Búsquedas inversas calculadas previamente
 - Información del siguiente salto para las rutas
 - Información de interfaz y capa 2



Encapsulación y desencapsulación



Proceso de decisión de reenvío de paquetes

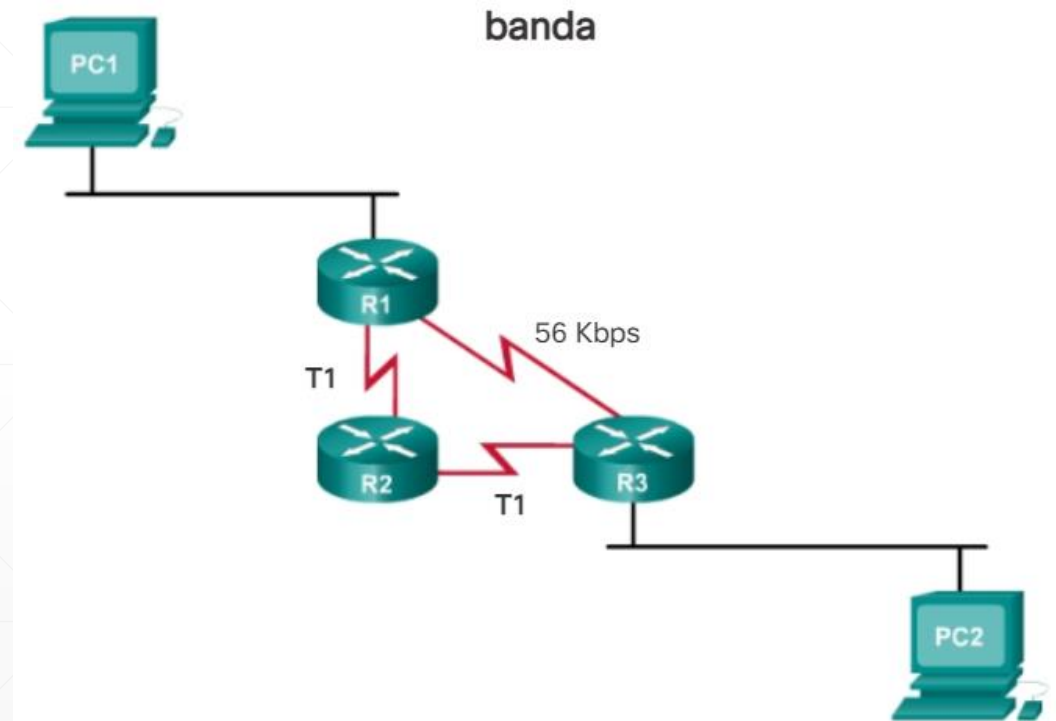


El mejor camino

- El mejor camino es elegido por un protocolo de enrutamiento en función del valor o la métrica que usa para determinar la distancia para llegar a esa red.
 - Una métrica es un valor cuantitativo que se utiliza para medir la distancia que existe hasta una red determinada.
 - El mejor camino a una red es la ruta con la métrica más baja.
-

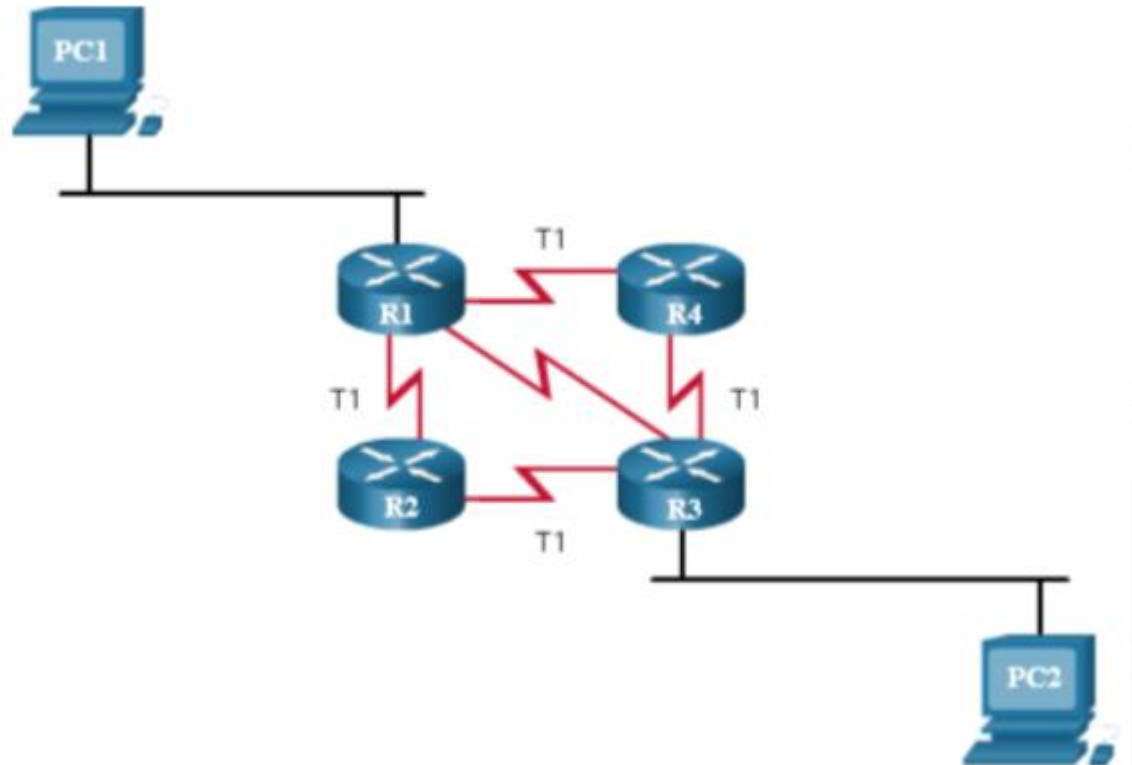
Elección del mejor camino según el protocolo dinámico

- **Protocolo de información de routing (RIP):** conteo de saltos.
- **Protocolo OSPF (Open Shortest Path First):** el costo de Cisco según el ancho de banda acumulativo de origen a destino.
- **Protocolo de routing de gateway interior mejorado (EIGRP):** ancho de banda, retraso, carga, confiabilidad.



Equilibrio de carga

- Cuando un router tiene dos o más rutas hacia un destino con métrica del mismo costo, el router reenvía los paquetes usando ambas rutas por igual.
- Esto se conoce como balanceo de carga.



Alcance de redes remotas

Un router puede descubrir redes remotas de dos maneras:

- **Manualmente:** las redes remotas se introducen de forma manual en la tabla de rutas por medio de rutas estáticas.
 - **Dinámicamente:** las rutas remotas se descubren de forma automática mediante un protocolo de routing dinámico.
-

Comparación entre routing dinámico y estático

	Enrutamiento dinámico	Routing estático
Complejidad de la configuración	Generalmente independiente del tamaño de la red	Aumentos en el tamaño de la red
Cambios de topología	Se adapta automáticamente a los cambios de topología	Se requiere intervención del administrador
Escalamiento	Adecuado para topologías simples y complejas	Adecuado para topologías simples
Seguridad	Menos segura	Más segura
Uso de recursos	Utiliza CPU, memoria y ancho de banda de enlace	Sin necesidad de recursos adicionales
Facilidad de pronóstico	La ruta depende de la topología actual	La ruta a destino siempre es la misma

Ventajas del routing estático

- Las rutas estáticas no se anuncian a través de la red, lo cual aumenta la seguridad.
 - Las rutas estáticas consumen menos ancho de banda que los protocolos de routing dinámico.
 - No se utilizan ciclos de CPU para calcular y comunicar rutas.
 - La ruta siempre es conocida.
-

Desventajas del routing estático

- La configuración inicial y el mantenimiento son prolongados.
 - La configuración es propensa a errores, especialmente en redes extensas.
 - Se requiere la intervención del administrador para mantener la información cambiante de la ruta.
 - No se adapta bien a las redes en crecimiento; el mantenimiento puede tornarse complejo.
 - Requiere un conocimiento completo de toda la red para una correcta implementación.
-

Routing híbrido: estático + dinámico

- El routing estático y el routing dinámico no son mutuamente excluyentes.
 - La mayoría de redes utiliza una combinación de ambos.
 - Esto implica que el router tenga varias rutas a una red de destino a través de rutas estáticas y rutas descubiertas dinámicamente.
 - El valor de la distancia administrativa (AD) es una medida de preferencia de los orígenes de la ruta.
 - Valores bajos de AD se prefieren sobre los valores altos.
-

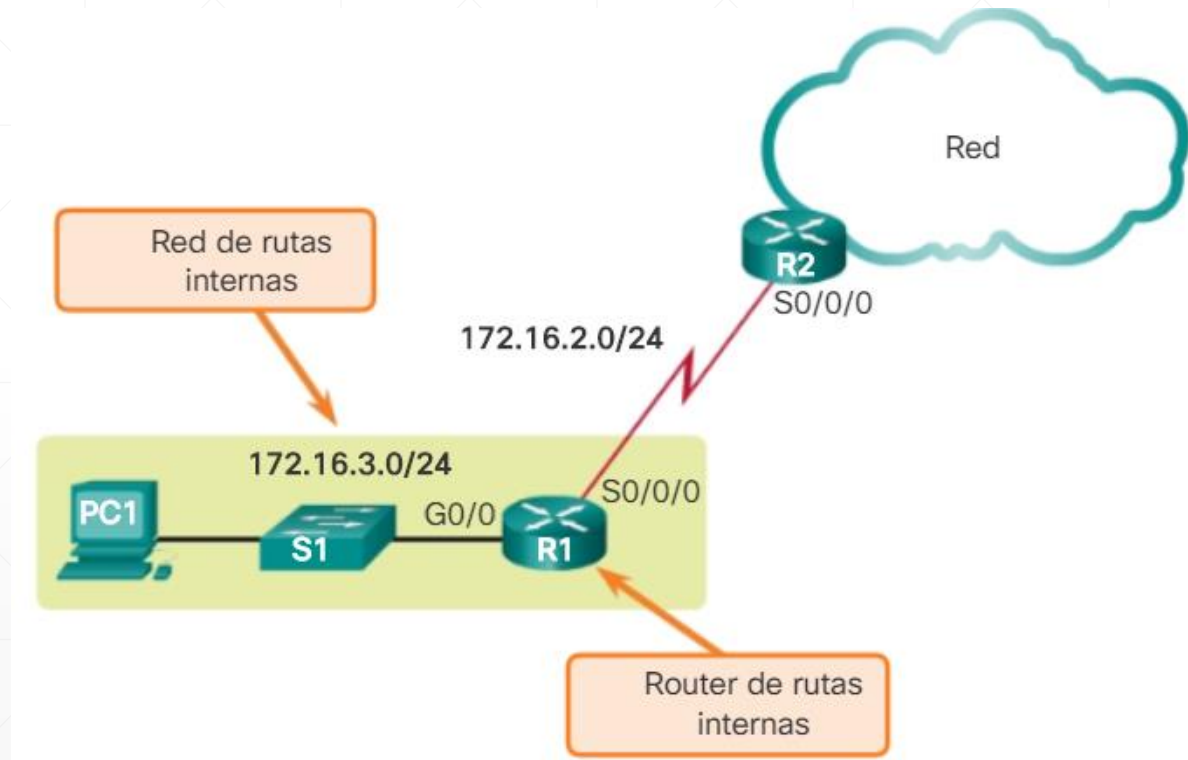
Distancia administrativa (AD)

- Característica utilizada por los routers para seleccionar el mejor camino (best path) cuando existen dos o más rutas distintas para llegar a la misma red destino aprendidas por más de un protocolo de ruteo.
 - La distancia administrativa define la confiabilidad de un protocolo de enrutamiento.
 - Cada protocolo de enrutamiento se prioriza en orden de mayor a menor confiabilidad con la ayuda de un valor de distancia administrativa.
-

Route Source	Default Distance Values
Connected interface	0
Static route	1
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) summary route	5
External Border Gateway Protocol (BGP)	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)	115
Routing Information Protocol (RIP)	120
Exterior Gateway Protocol (EGP)	140
On Demand Routing (ODR)	160
External EIGRP	170
Internal BGP	200
Unknown*	255

Cuándo usar rutas estáticas

- En redes pequeñas que no está previsto que crezcan significativamente.
- En routing hacia las redes de rutas internas o desde estas. Una red de rutas internas es aquella a la cual se accede a través de una única ruta y cuyo router tiene un solo vecino.
- Cuando se utiliza una única ruta predeterminada hacia cualquier red que no está en la tabla de routing interna del router.

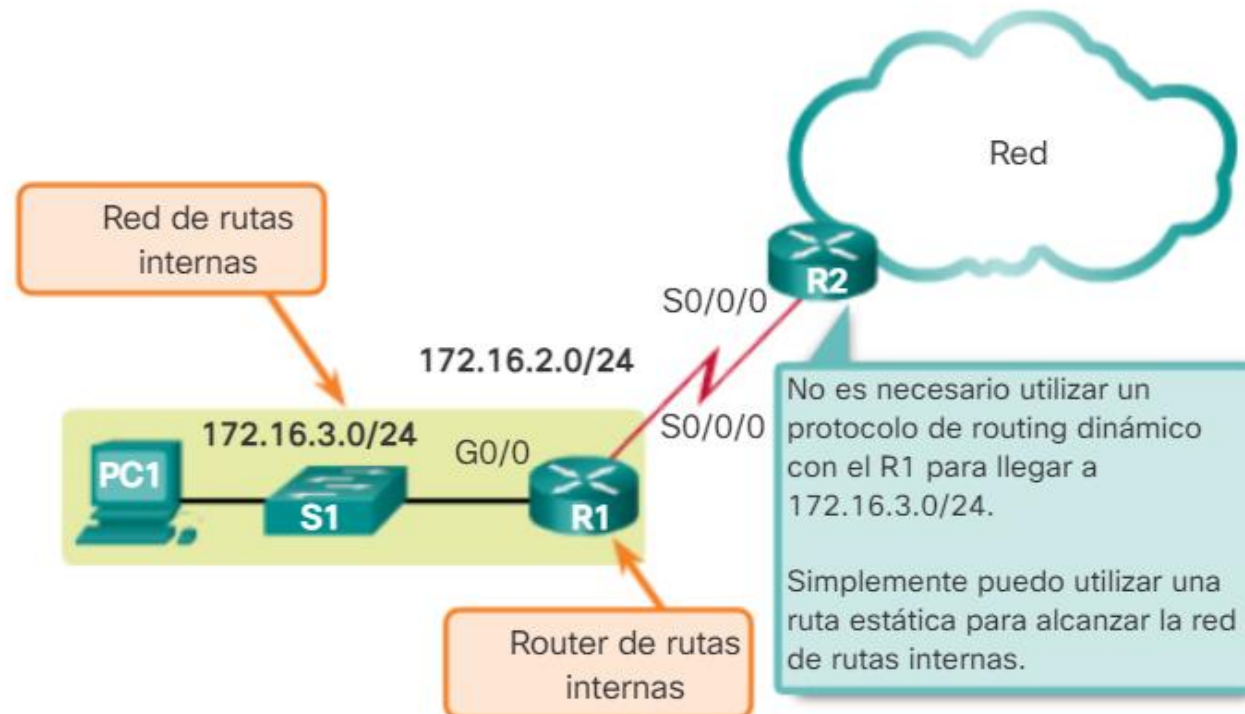


Tipos de rutas estáticas

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

Ruta estática estándar

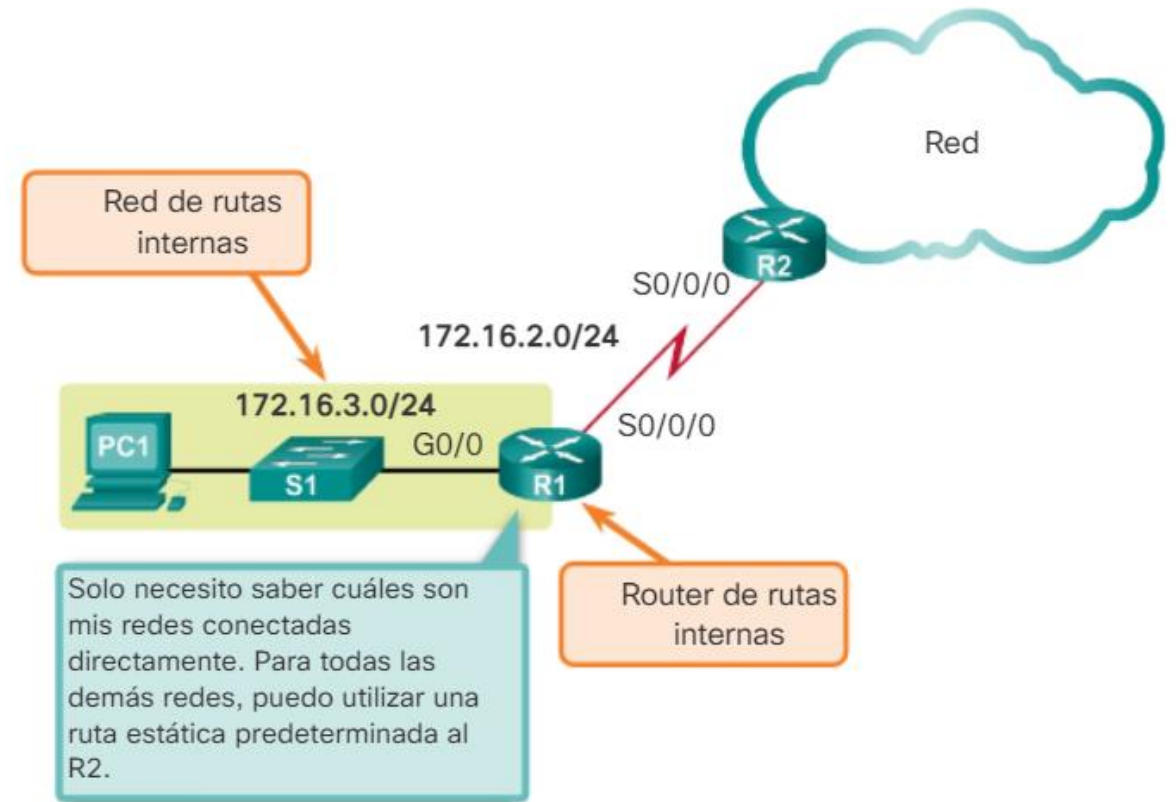
- Son utilizadas para conectarse a una red remota específica.
- Se puede utilizar para conectarse a cualquier red.



Ruta estática por defecto

- Una ruta predeterminada es una ruta que coincide con todos los paquetes y es utilizada por el router si un paquete no coincide con ninguna otra ruta más específica en la tabla de routing.
- Una ruta estática predeterminada es simplemente una ruta estática con 0.0.0.0/0 como dirección IPv4 de destino.
- Al configurar una ruta estática predeterminada, se crea un Gateway de último recurso.

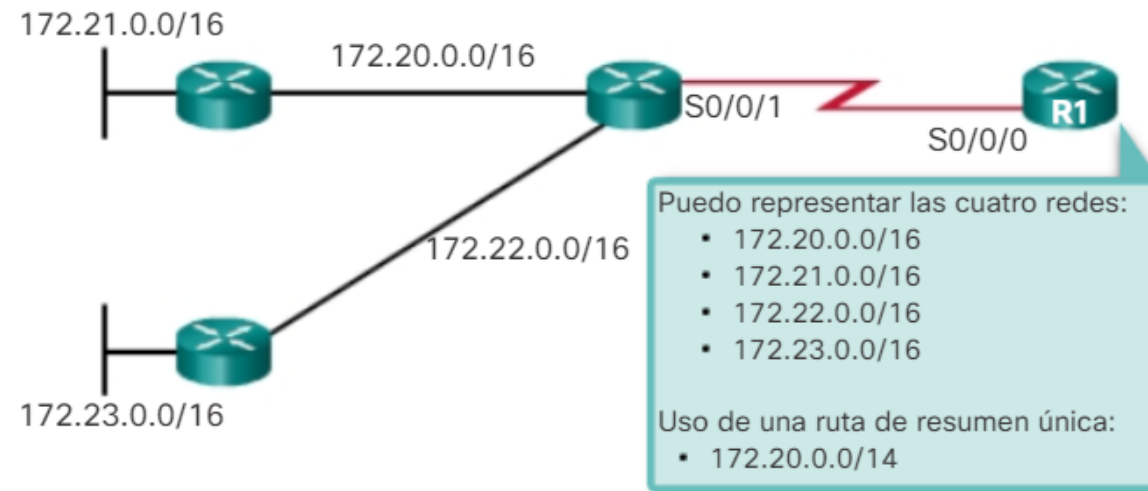
Conexión de un router de rutas internas



Ruta estática resumida

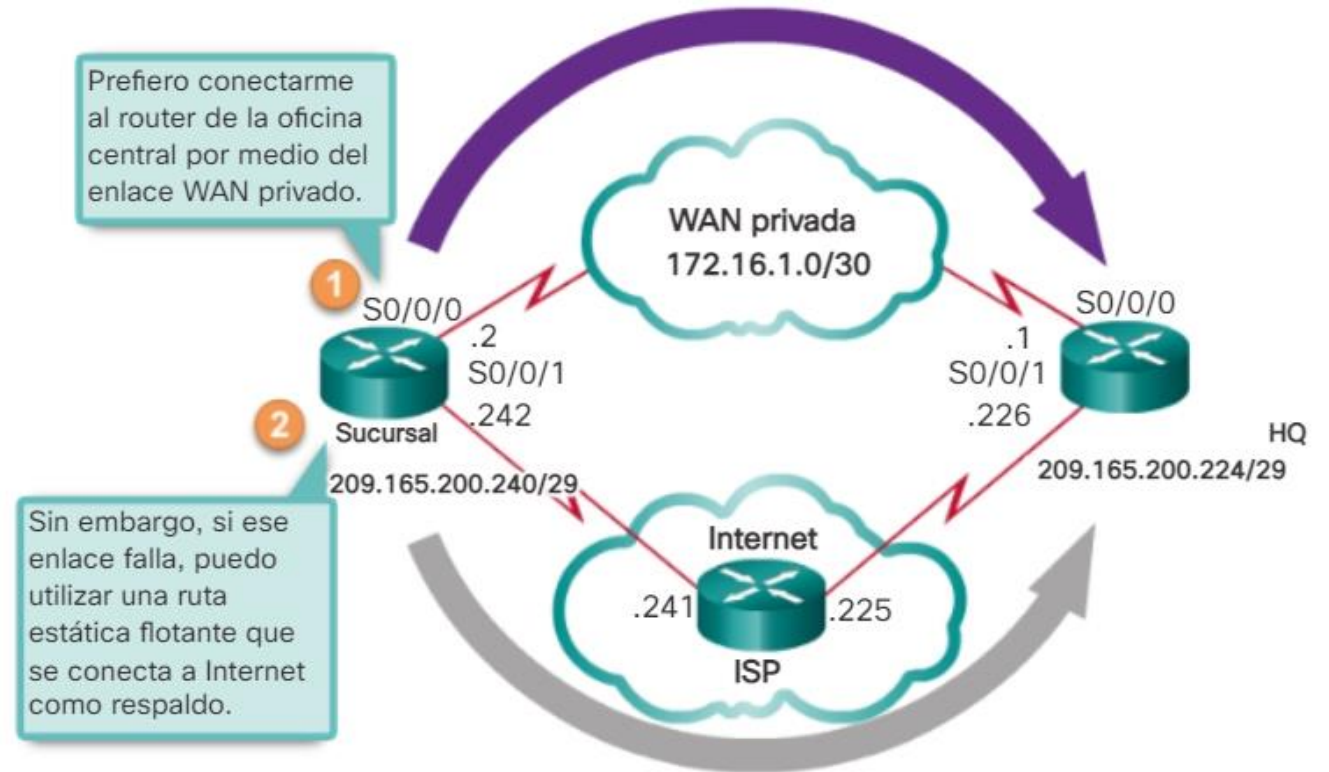
Se pueden resumir varias rutas estáticas en una única ruta estática si se presentan las siguientes condiciones:

- Las redes de destino son contiguas y se pueden resumir en una única dirección de red.
- Todas las rutas estáticas utilizan la misma interfaz de salida o la dirección IP del siguiente salto.



Ruta estática flotante

- Se utilizan para proporcionar una ruta de respaldo a una ruta estática o dinámica principal, en el caso de una falla del enlace.
- Para lograrlo, la ruta estática flotante se configura con una distancia administrativa mayor que la ruta principal.



Sintaxis del comando “ip route”

Comando:

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

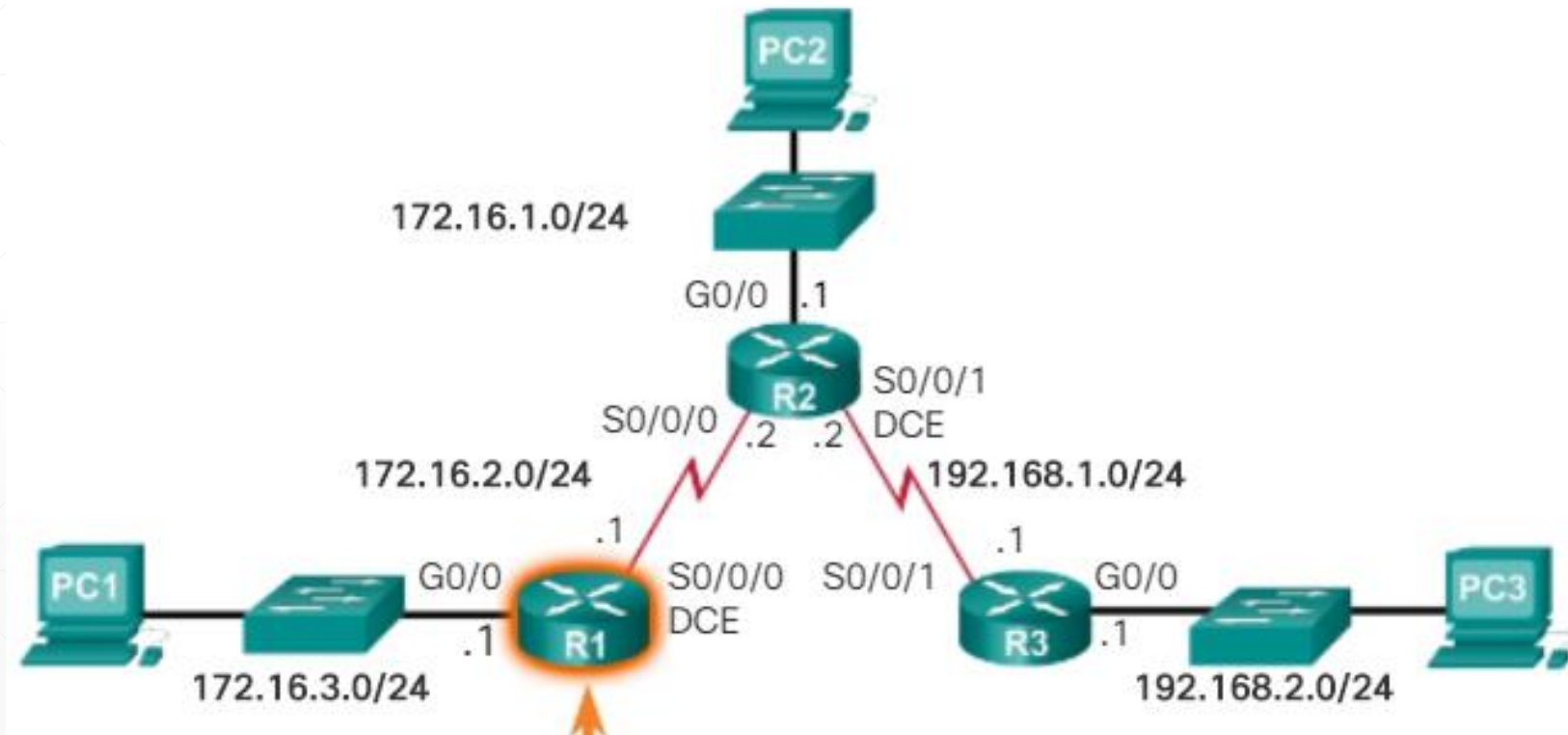
Parámetros:

- **Dirección de red:** dirección de la red de destino remota
 - **Máscara-subred:** máscara de subred de la red remota.
 - **Dirección-ip:** IP del router del siguiente salto
 - **Interfaz-salida:** si se quiere reenviar paquetes a la red de destino. Crea una ruta conectada directamente.
 - **Distancia:** configura una distancia administrativa (opcional). Se utiliza para configurar una ruta estática flotante.
-

Tipos de ruta estática según especificación del destino

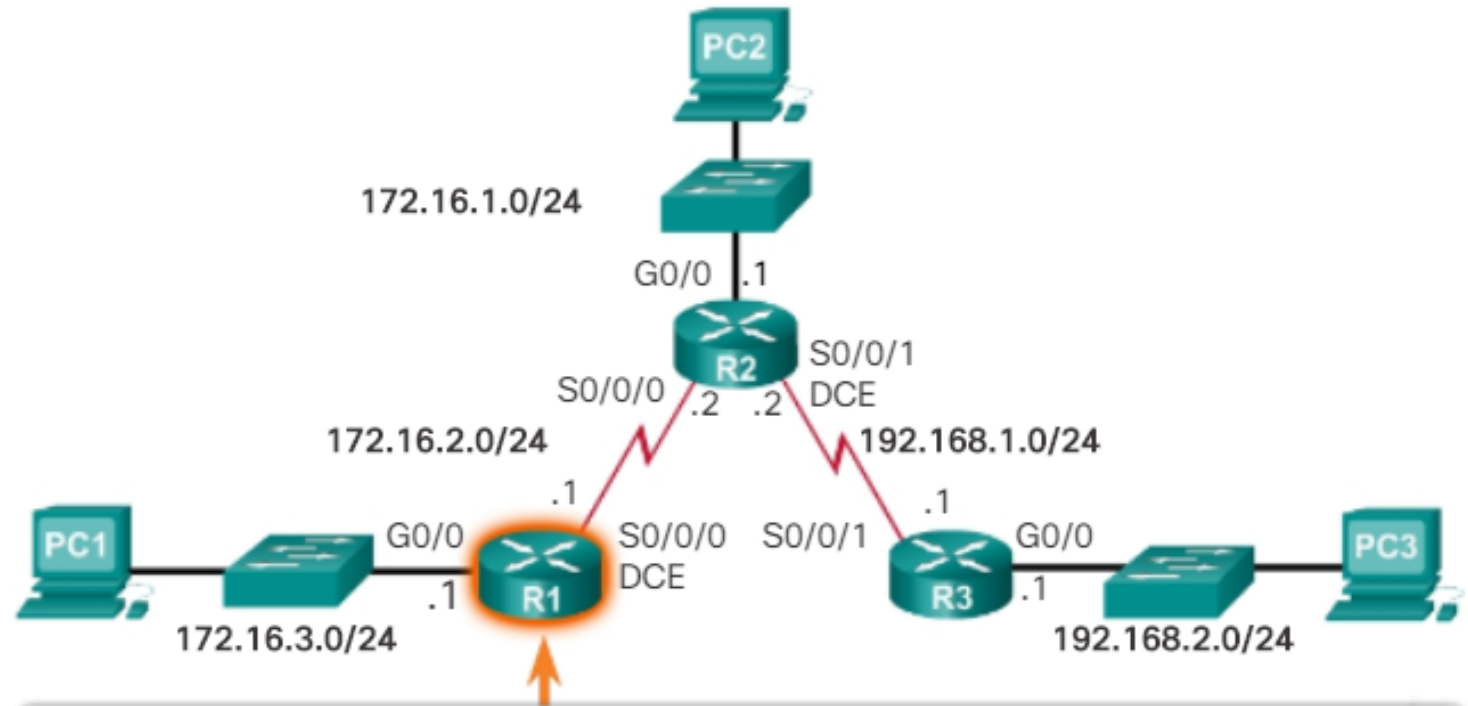
- **Ruta del siguiente salto:** solo se especifica la dirección IP del siguiente salto.
 - **Ruta estática conectada directamente:** solo se especifica la interfaz de salida del router.
 - **Ruta estática especificada completamente:** se especifican la dirección IP del siguiente salto y la interfaz de salida.
-

Ejercicio: Configuración de las rutas de siguiente salto en el R1



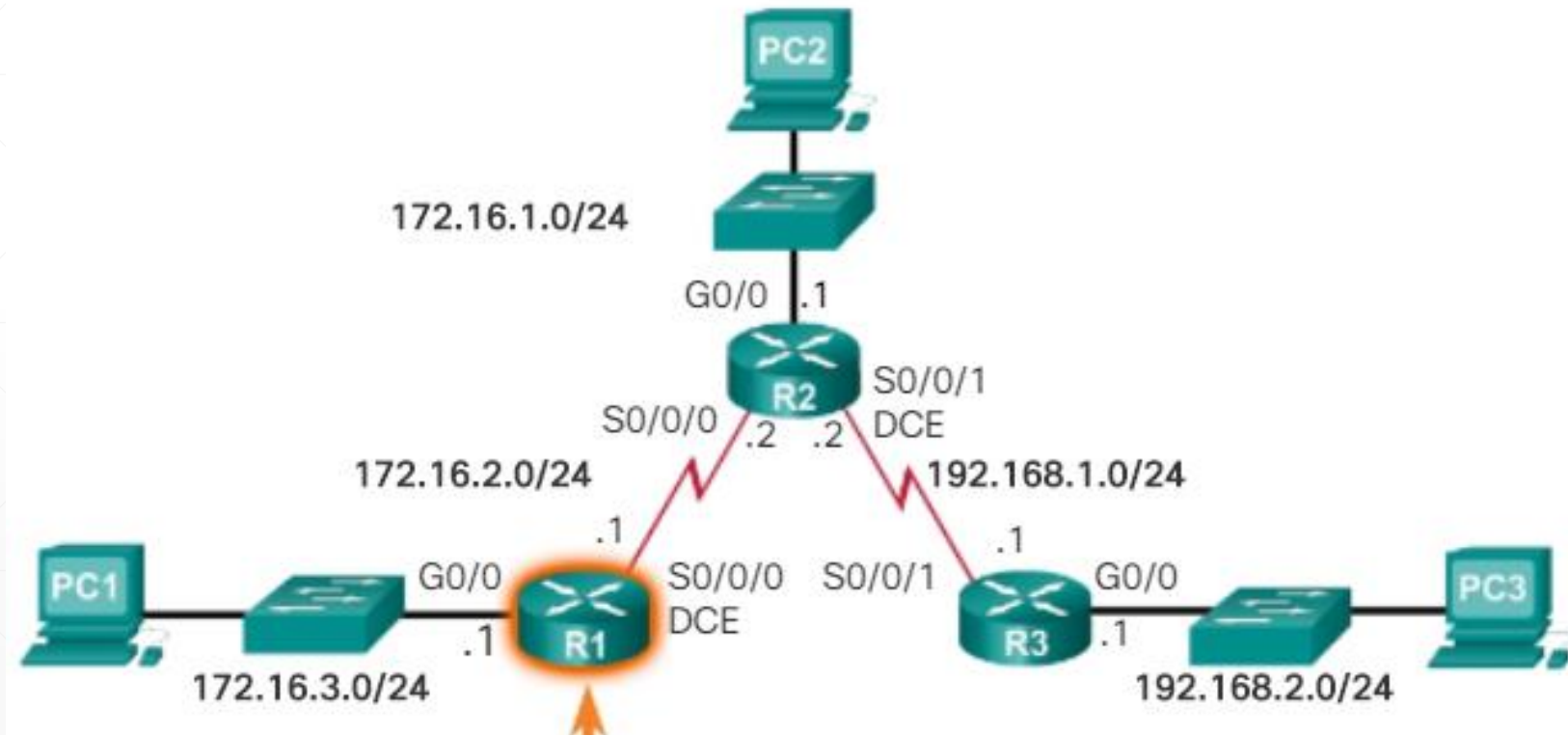
Router(config)# **ip route** *network-address subnet-mask {ip-address | exit-intf}*

Solución



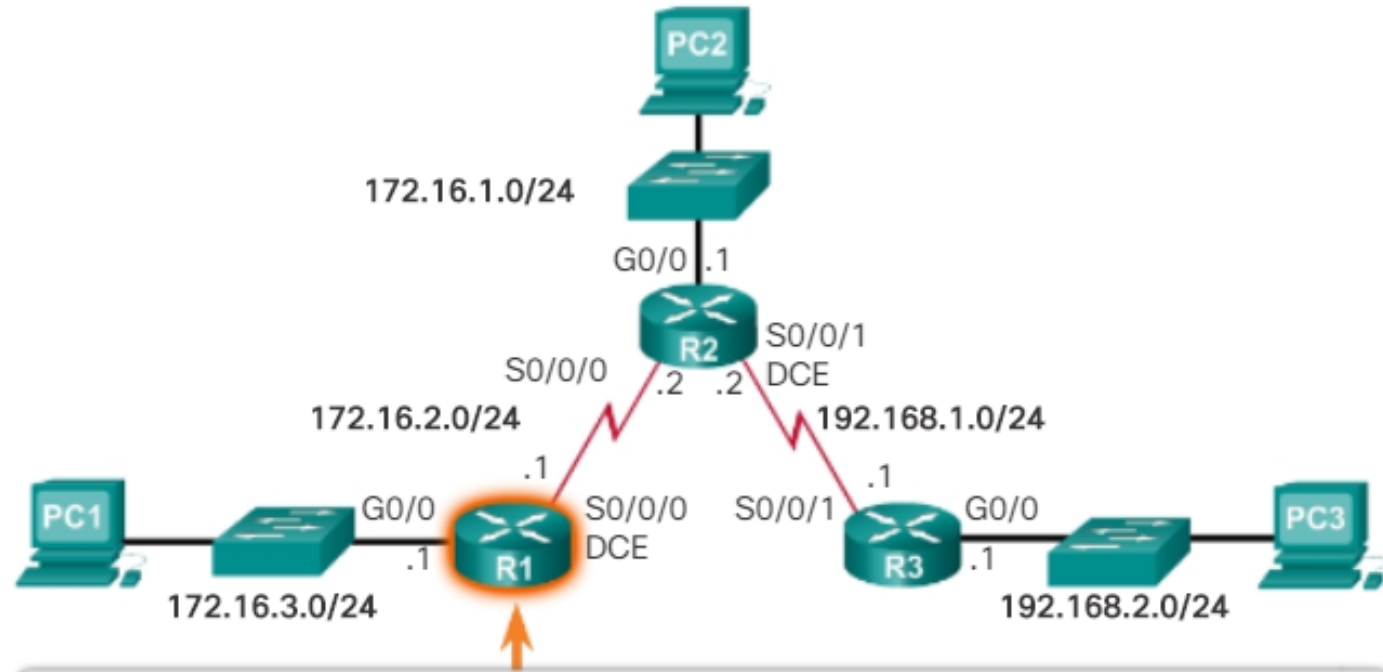
```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.2
R1(config)#
```

Ejercicio: Configuración de rutas conectadas directamente en el R1



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

Solución



```
R1(config)# ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 s0/0/0
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 s0/0/0
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 s0/0/0
R1(config)#
```

Routing dinámico: ¿cuánto cuesta?

- La mejor ruta se puede encontrar usando diferentes protocolos y métricas.
 - Algunas métricas que se usan son:
 - Ancho de banda
 - Costo
 - Demora
 - Saltos
-

Clasificación de los protocolos de routing

	Protocolos de gateway interior (intra-domain)				Protocolos de gateway exterior (inter-domain)
	Vector distancia		Estado de enlace		Vector ruta
IPv4	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP-4
IPv6	RIPng	EIGRP para IPv6	OSPFv3	IS-IS para IPv6	BGP-MP

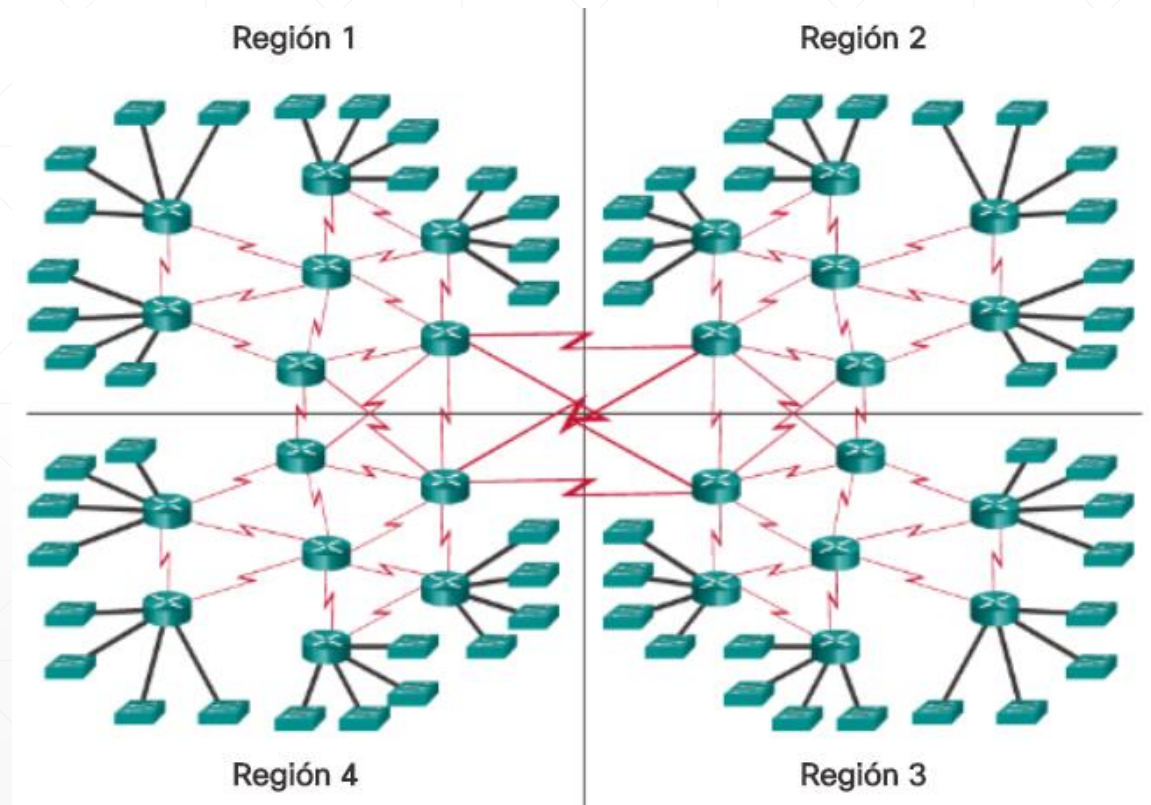
Propósito de protocolos de routing dinámico

- Detección de redes remotas
 - Mantener la información de routing actualizada
 - Escoger el mejor camino hacia las redes de destino
 - Poder encontrar un mejor camino nuevo si la ruta actual deja de estar disponible
-

Componentes de los protocolos de routing dinámico

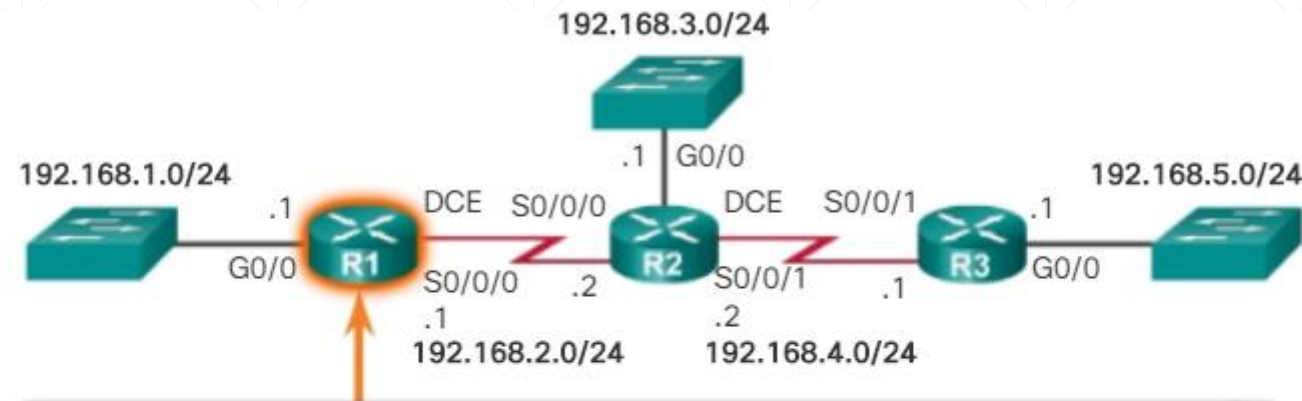
- **Estructuras de datos:** bases de datos para sus operaciones. Esta información se guarda en la RAM.
 - **Mensajes del protocolo de routing:** mensajes para descubrir vecinos, intercambiar información de routing y otras tareas para descubrir la red y conservar información precisa acerca de ella.
 - **Algoritmo:** lista finita de pasos para determinar el mejor camino.
-

¿Cómo administraría las rutas para esta red?



RIPv1

- Configuración de RIPv1



```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# network 192.168.1.0
R1(config-router)# network 192.168.2.0
R1(config-router)#
```

RIPv1

- RIPv1 es un protocolo de routing con clase (Classful) para IPv4.
 - Si se introduce una dirección de subred (classless) el IOS la convierte automáticamente a la dirección de red con clase.
 - Por ejemplo si se introduce el comando **network 192.168.1.32** se convertirá automáticamente a **network 192.168.1.0**
-

Verificar el routing del RIP

- El comando **show ip protocols** muestra los parámetros del protocolo de routing IPv4 configurados actualmente en el router.

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "rip"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Sending updates every 30 seconds, next due in 16 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Redistributing: rip

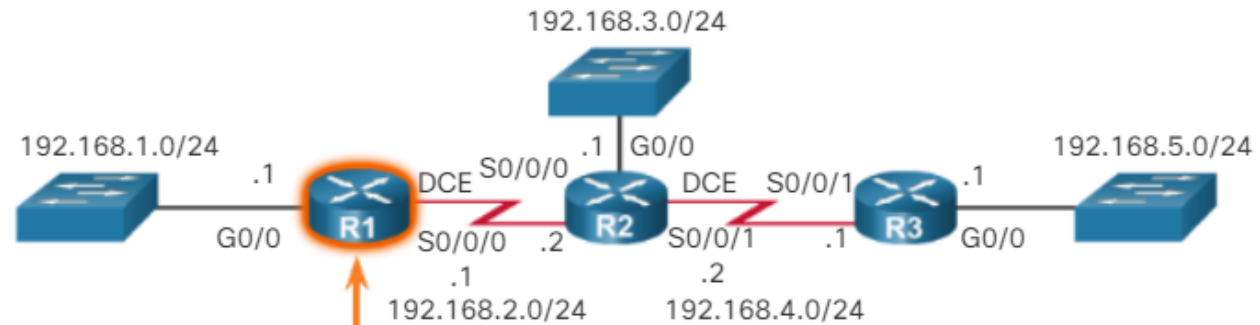
  Default version control: send version 1, receive any version
  Interface          Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
  GigabitEthernet0/0  1     1 2
  Serial0/0/0         1     1 2

Automatic network summarization is in effect
Maximum path: 4
Routing for Networks:
  192.168.1.0
  192.168.2.0

Routing Information Sources:
  Gateway            Distance      Last Update
  192.168.2.2         120           00:00:15
Distance: (default is 120)

R1#
```

RIPv2

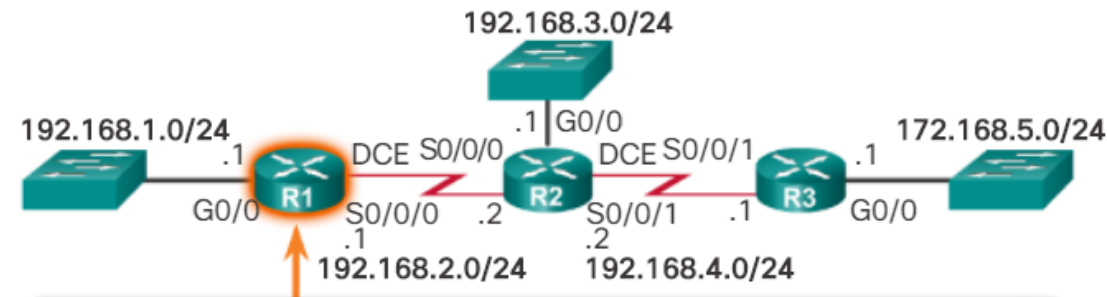


```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 2
R1(config-router)# ^Z
R1#
R1# show ip protocols | section Default
Default version control: send version 2, receive version 2
Interface      Send  Recv  Triggered  RIP Key-chain
GigabitEthernet0/0  2    2
Serial0/0/0      2    2
R1#
```

RIPv2

- Incluye todas las subredes y sus máscaras correspondientes en sus actualizaciones de routing.
 - Para lograrlo se debe hacer lo siguiente:
 - Incluir “**versión 2**” dentro de la configuración router RIP
 - Deshabilitar el resumen automático para que no se sumaricen las subredes a su clase:
no auto-summary
-

RIPv2 Deshabilitar el resumen automático



```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# no auto-summary
R1(config-router)# end
R1#
*Mar 10 14:11:49.659: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from
console by console
R1# show ip protocols | section Automatic
Automatic network summarization is not in effect
R1#
```