

Encaminamiento / Enrutamiento

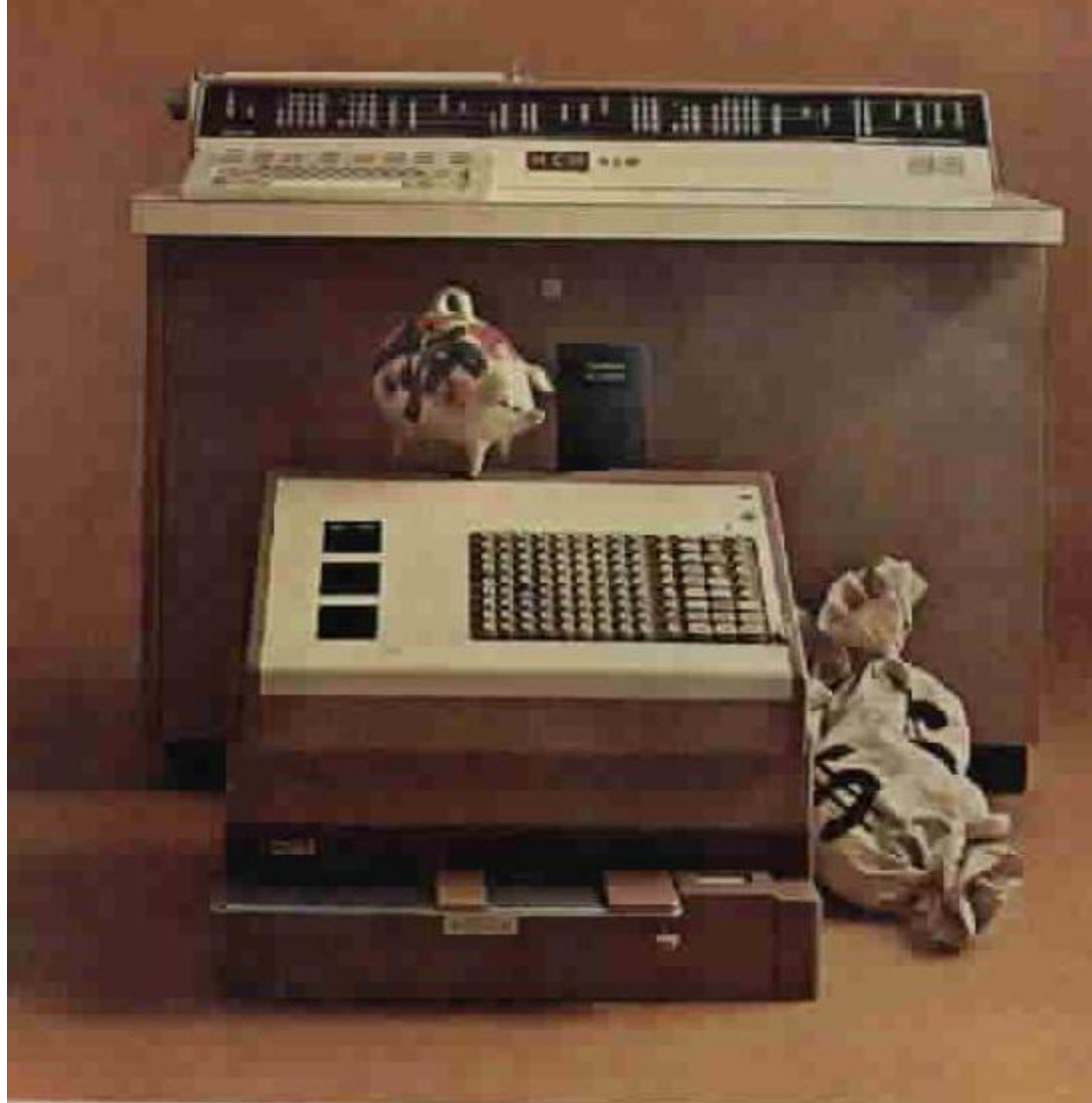
Paquete IP

Campos de paquetes IP

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4	
Versión	IHL	Tipo de servicio		Longitud del paquete			
Identificación			Señalizador		Desplazamiento de fragmentos		
Período de vida		Protocolo		Checksum del encabezado			
		Dirección de destino					
		Dirección de origen					
Opciones						Relleno	

Router

- ▶ Un **router** tiene las características físicas de una **computadora**
- ▶ El primer router, utilizado para la Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPANET), fue el Procesador de mensajes de interfaz (IMP). El IMP era una minicomputadora Honeywell DDP-516

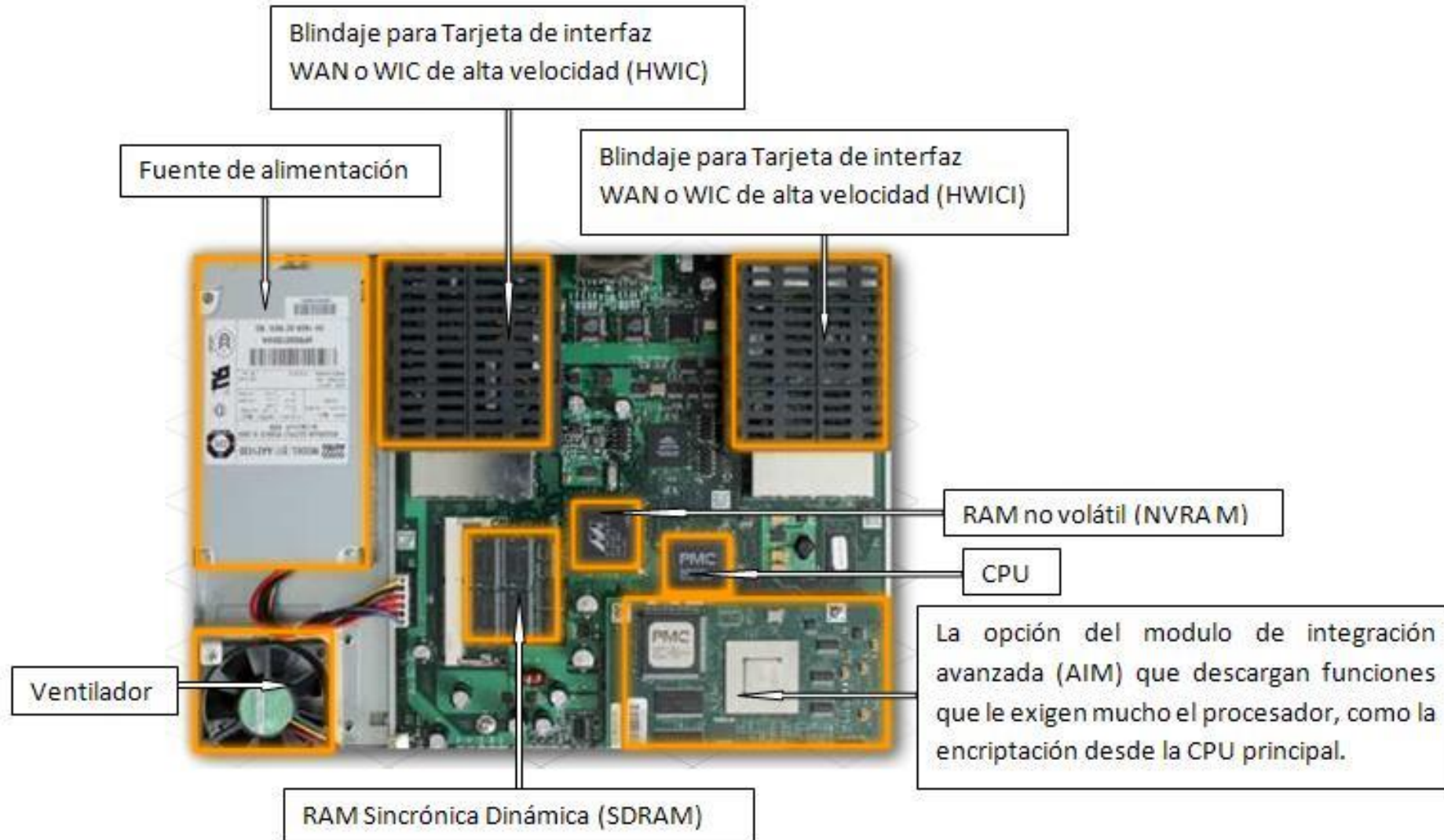


Router

Componentes:

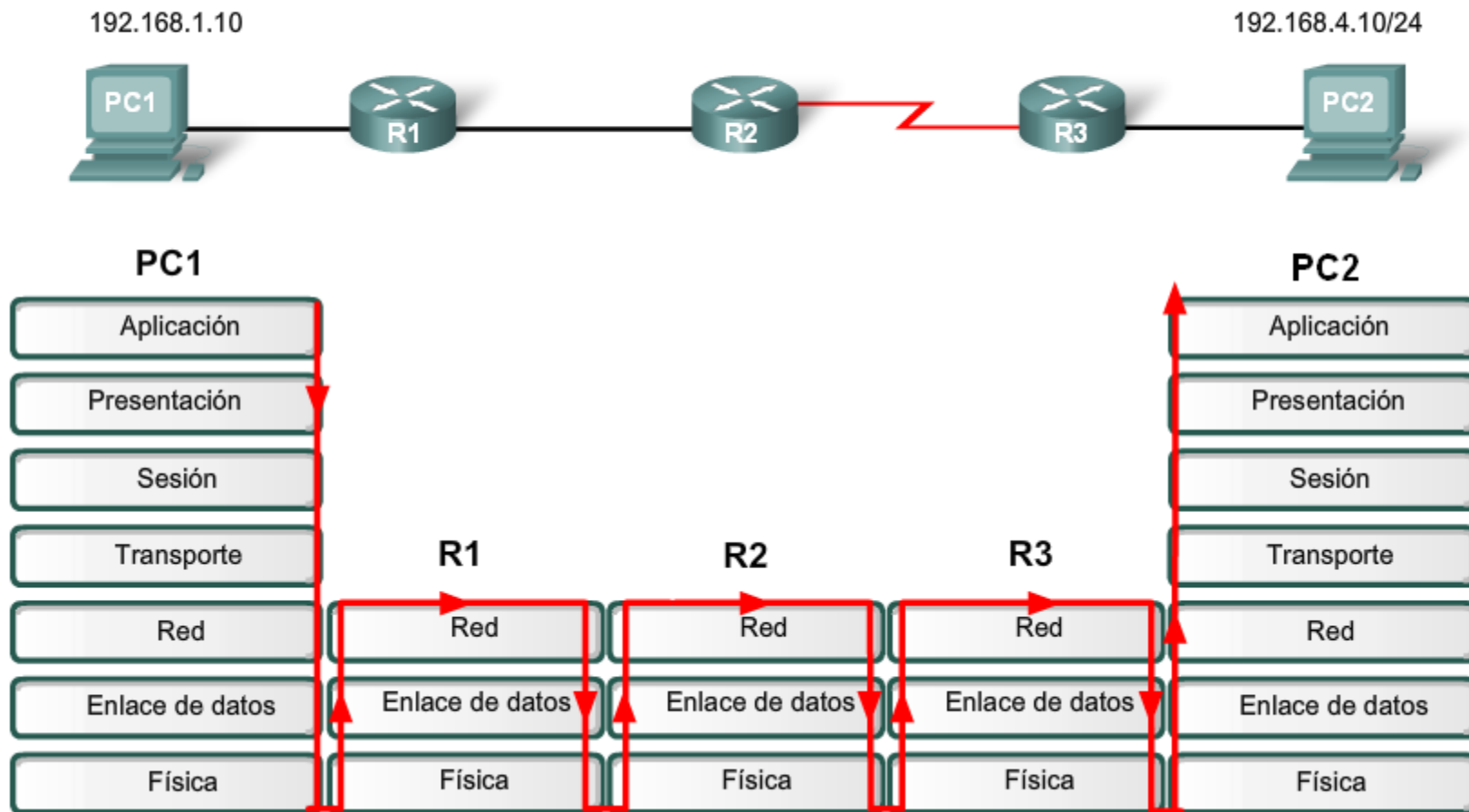
- ▶ CPU
- ▶ RAM
- ▶ ROM
 - ▶ NVRAM
 - ▶ Memoria flash
- ▶ Sistema operativo

Router- internamente



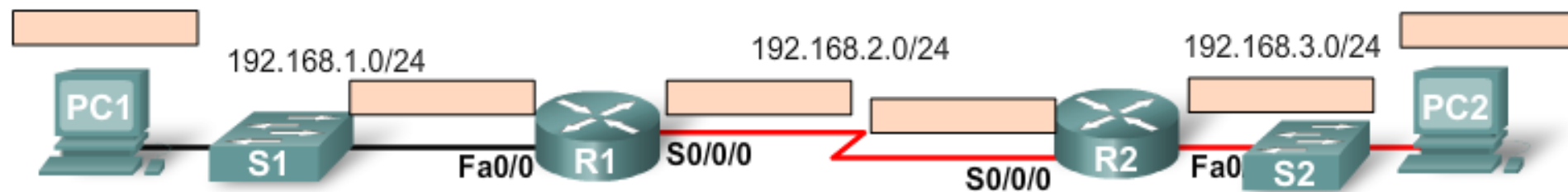
Router- Modelo OSI

El router opera en las Capas 1, 2 y 3



Router

Documentación de un esquema de direccionamiento



R1	Fa0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa0/0		255.255.255.0	N/A
	S0/0/0		255.255.255.0	N/A
PC1	N/A	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
PC2	N/A		255.255.255.0	

Tipos de rutas

- ▶ Las **rutas dinámicas** son rutas hacia redes remotas que fueron aprendidas automáticamente por el router utilizando un protocolo de encaminamiento dinámico.
- ▶ Las **rutas estáticas** son rutas hacia redes manualmente configuradas por un administrador de red.

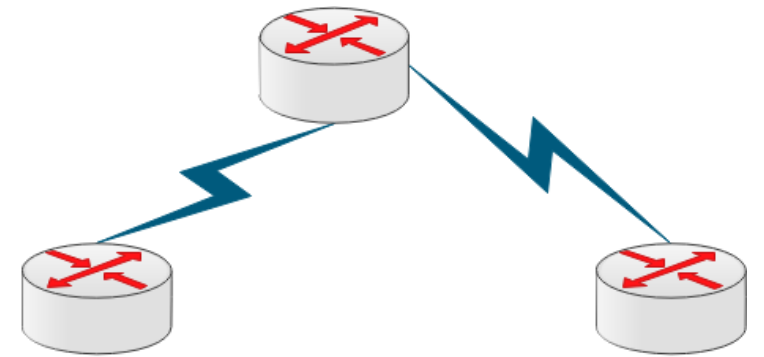
Mejor ruta

- ▶ La mejor ruta es elegida por un protocolo de encaminamiento 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 usa para medir la distancia hacia una ruta determinada.



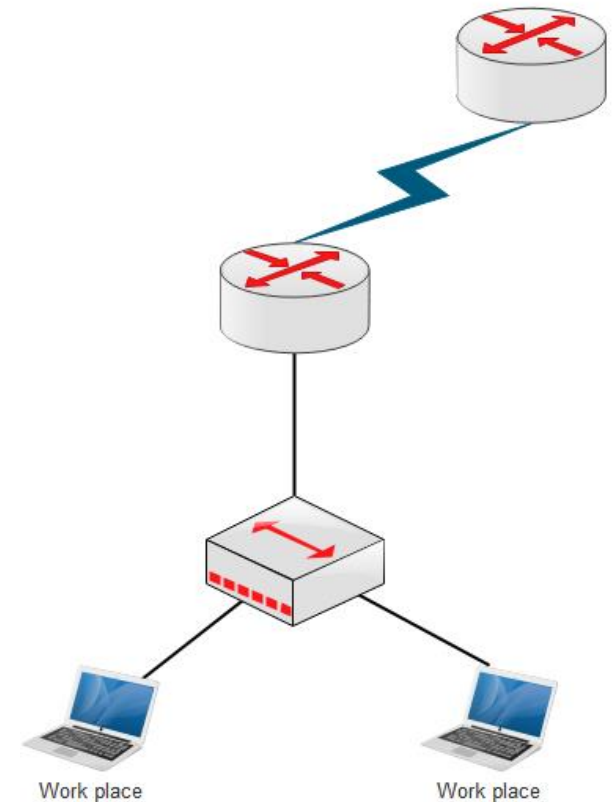
Métricas

- **Conteo de saltos:** cantidad de routers que debe atravesar un paquete antes de llegar a su destino. **Cada router es igual a un salto.** Un conteo de saltos de cuatro indica que un paquete debe atravesar cuatro routers para llegar a su destino.



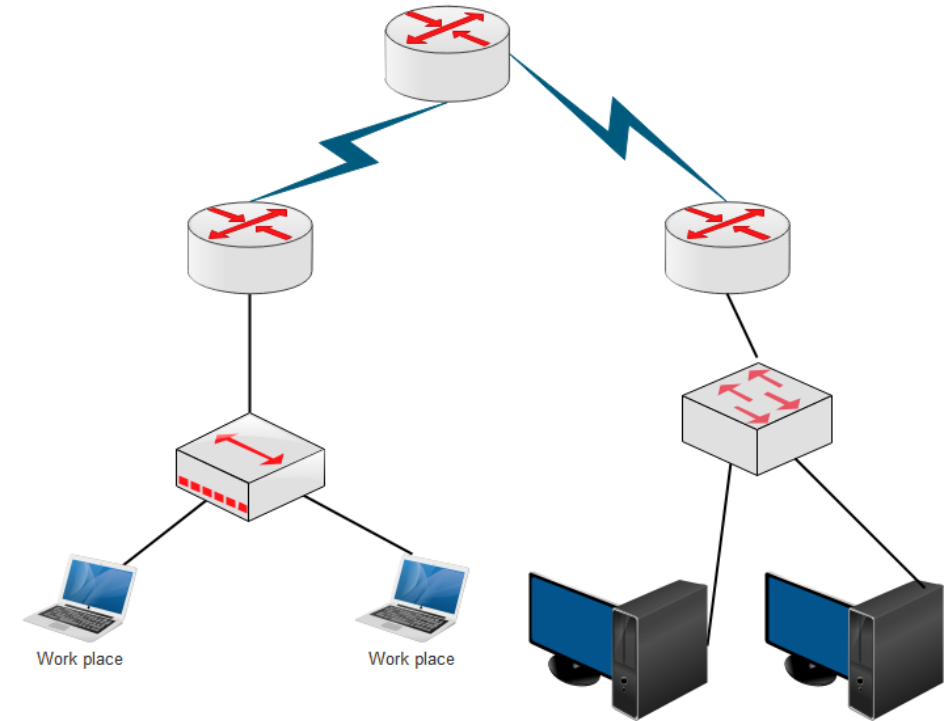
Red conectada directamente

- Si la dirección IP de destino del paquete pertenece a un dispositivo en una red que está directamente conectado a una de las interfaces del router, ese paquete se envía directamente a ese dispositivo. Esto significa que la dirección IP de destino del paquete es una dirección host en la **misma red que la interfaz de este router**.



Red remota

- ▶ Es una red que **no está directamente conectada** al router.
- ▶ A la que sólo se puede llegar mediante el envío del paquete a **otro router**.
- ▶ Las redes remotas se agregan a la tabla de encaminamiento mediante el uso de un protocolo de encaminamiento dinámico o la configuración de rutas estáticas.

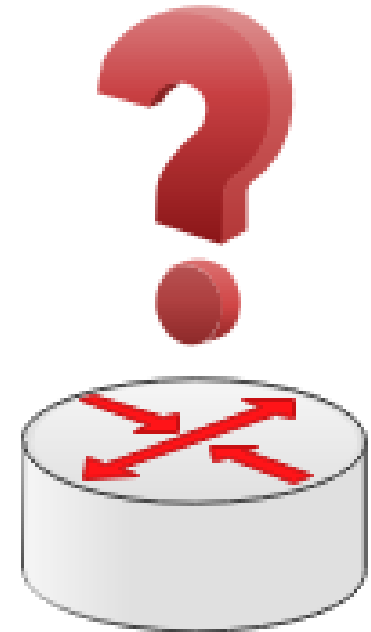


Determinación de ruta

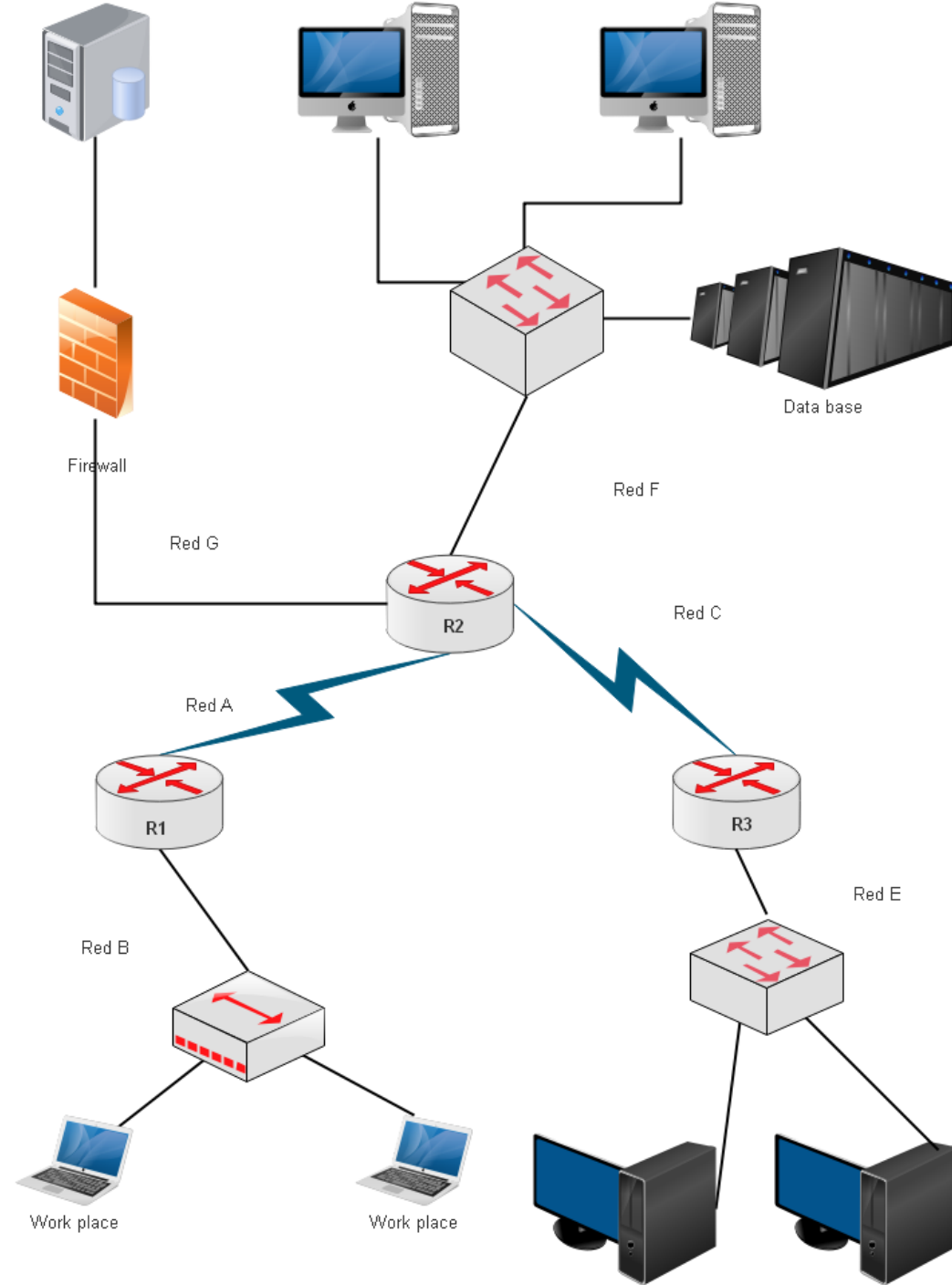
► Sin determinación de ruta:

- Si la dirección IP de destino del paquete no pertenece ya sea a una red conectada o remota, y
- Si el router no tiene una ruta por defecto, entonces el paquete se descarta.

El router envía un mensaje ICMP de destino inalcanzable a la dirección IP de origen del paquete.



Ejemplo



Tablas de encaminamiento

Tabla de encaminamiento

- La función principal de un **router** es enviar un paquete hacia su **red de destino**, que es la dirección IP de destino del paquete. Para hacerlo, el router necesita buscar la información de encaminamiento almacenada en su **tabla de encaminamiento**.

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, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static ro
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C    10.1.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S    10.1.0.0/16 [1/0] via 10.1.3.1
C    10.1.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S    10.200.1.1/32 [1/0] via 10.1.3.1
S    10.200.1.4/32 [1/0] via 10.1.4.1
```

Tabla de encaminamiento

- ▶ Es un archivo de datos en la RAM que se usa para almacenar la información de la ruta **sobre redes remotas y conectadas directamente.**
- ▶ Contiene asociaciones entre la red y el **siguiente salto.**
- ▶ La asociación del siguiente salto también puede ser la interfaz de salida hacia el **destino final.**

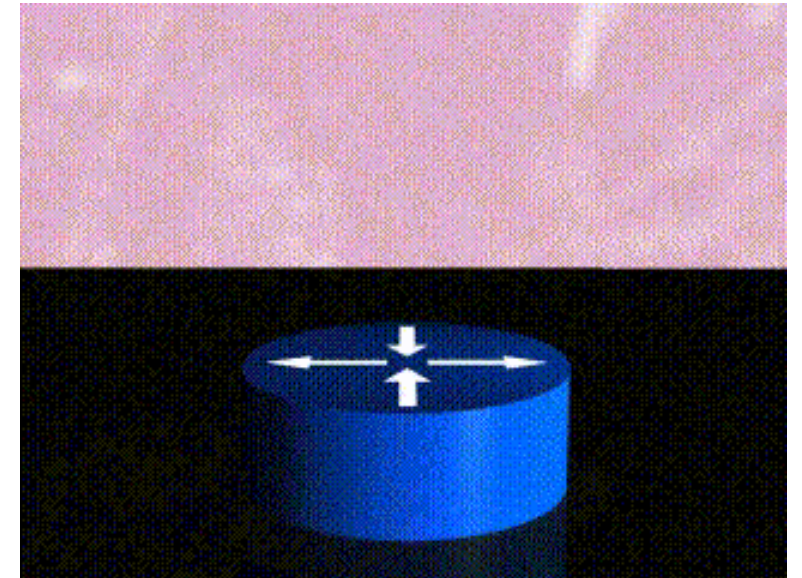


Tabla de encaminamiento

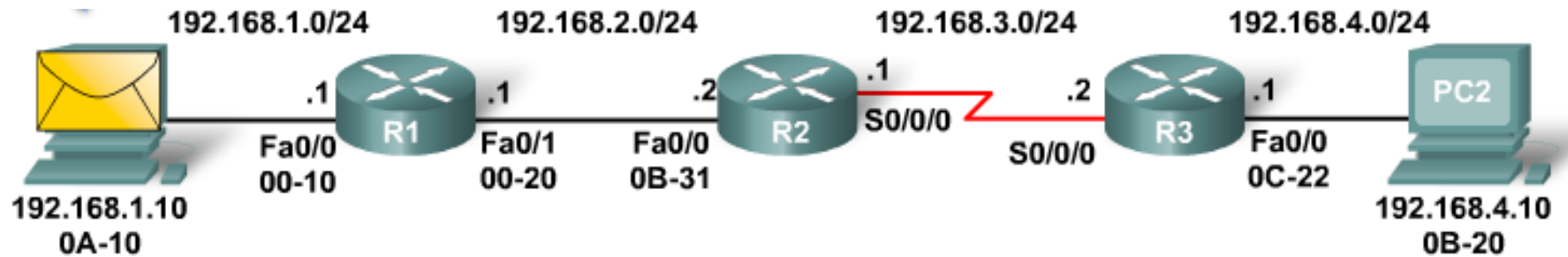


Tabla de encaminamiento del Router R1

Segmento de Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.2.0/24			
192.168.3.0/24			
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

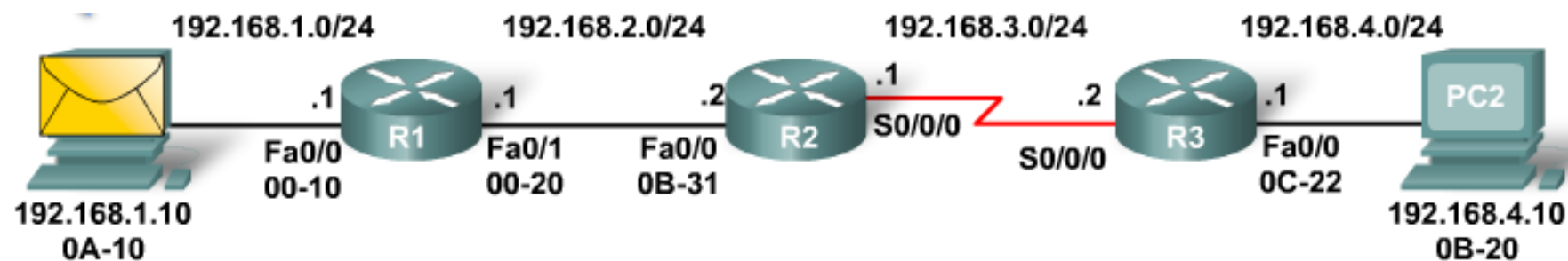


Tabla de encaminamiento del Router R1

Segmento de Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/1
192.168.3.0/24			
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

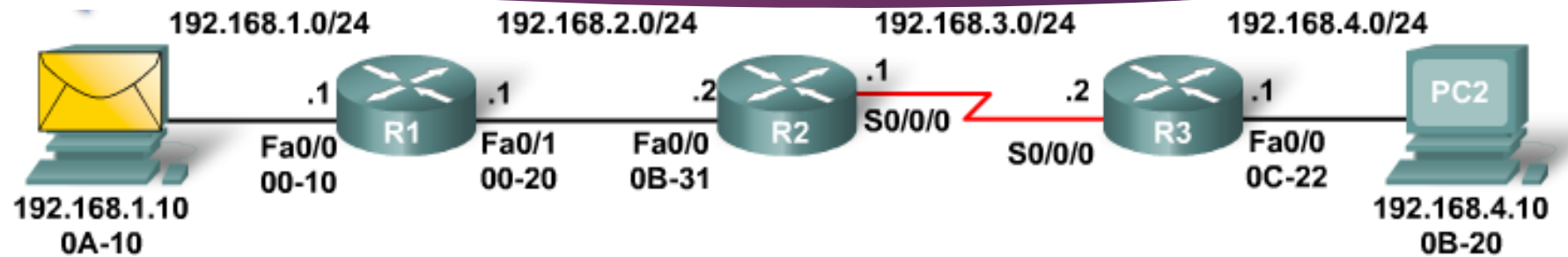


Tabla de encaminamiento del Router R1

Segmento de Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa 0/1
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

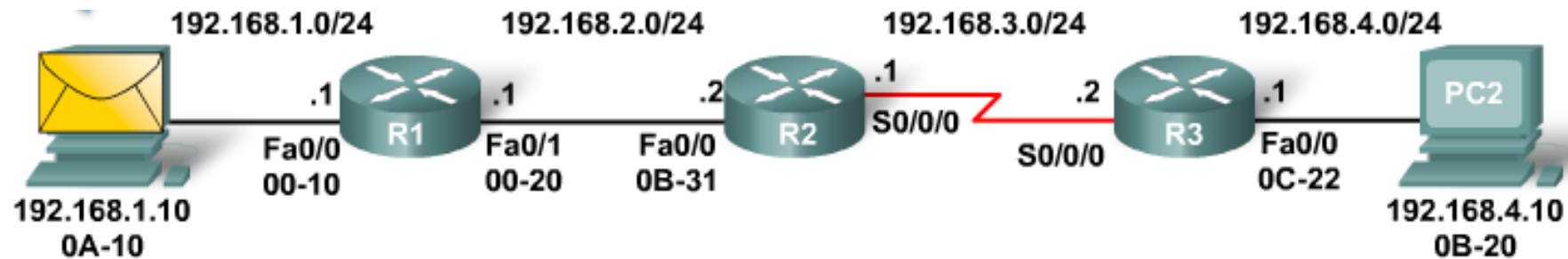


Tabla de encaminamiento del Router R1

Segmento de Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa 0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa 0/1

Tabla de encaminamiento

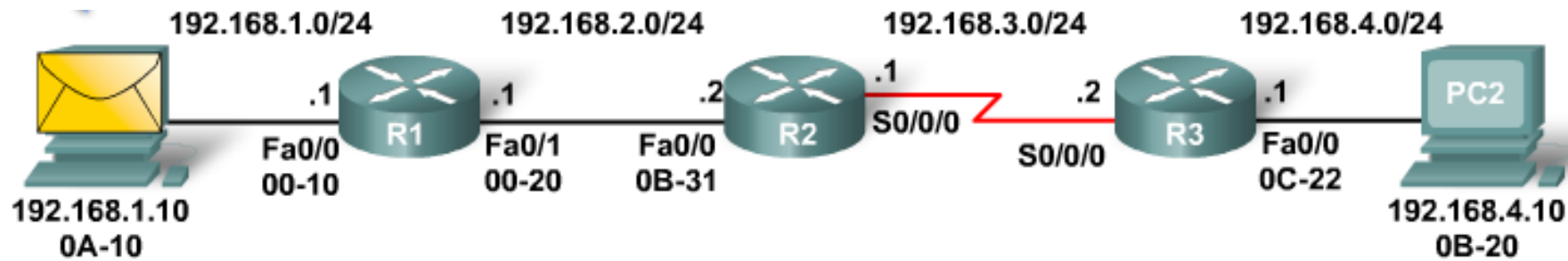


Tabla de encaminamiento del Router R2

Segmento de Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa 0/0
192.168.2.0/24			
192.168.3.0/24			
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

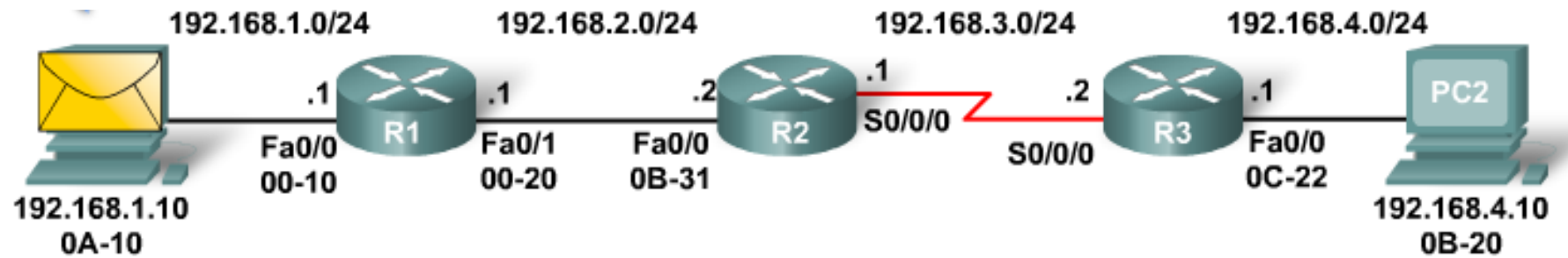


Tabla de encaminamiento del Router R2

Segmento de Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.3.0/24			
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

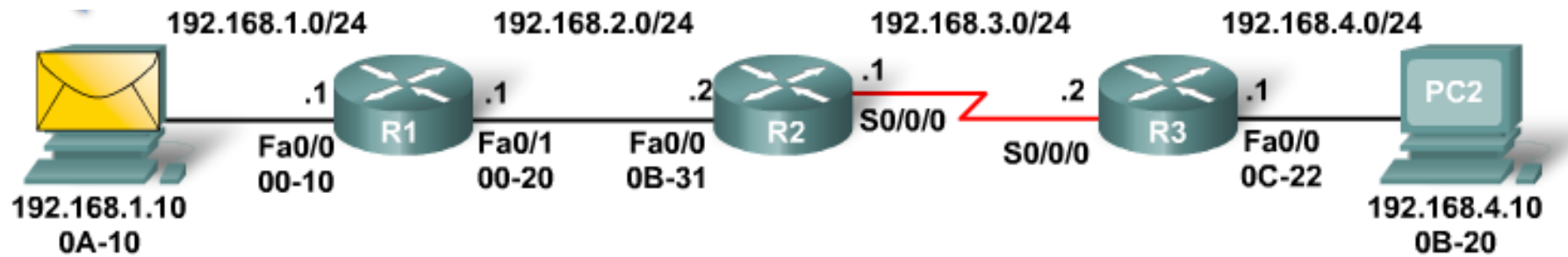


Tabla de encaminamiento del Router R2

Segmento de Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.3.0/24	0	C.D.	S0/0/0
192.168.4.0/24			

Tabla de encaminamiento

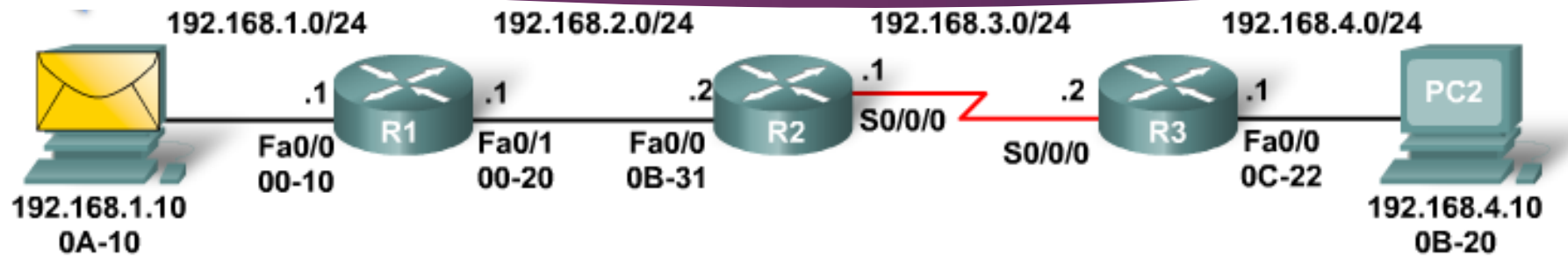
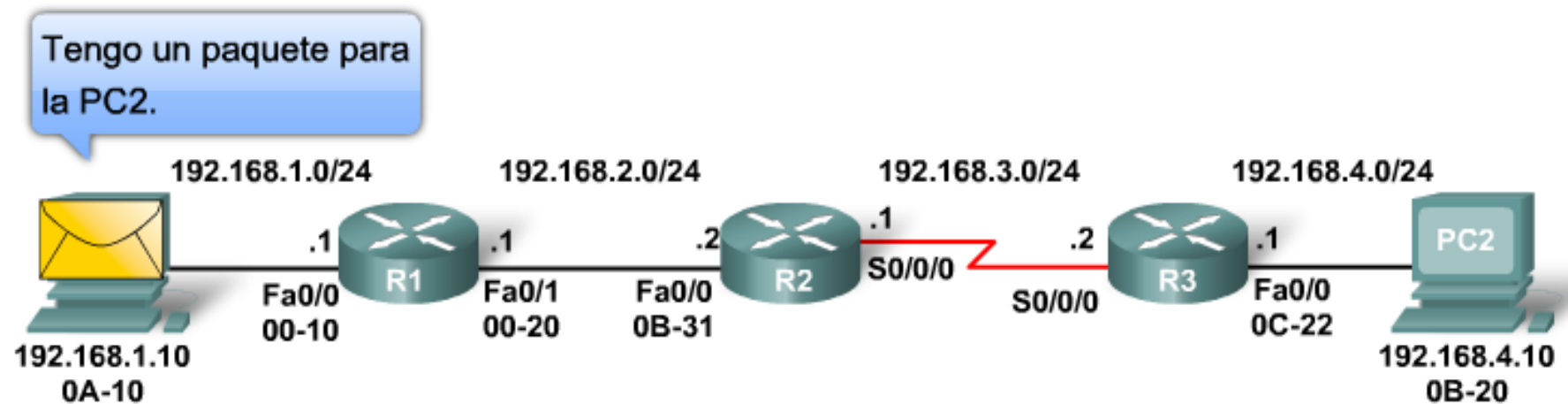


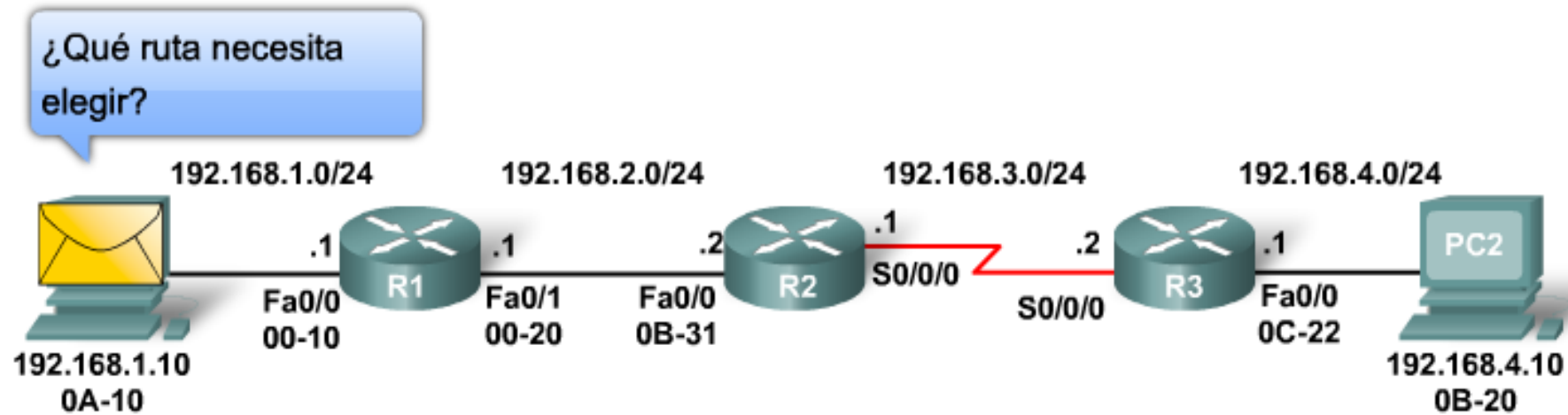
Tabla de encaminamiento del Router R2

Segmento de Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa 0/0
192.168.2.0/24	0	C.D.	Fa 0/0
192.168.3.0/24	0	C.D.	S0/0/0
192.168.4.0/24	1	192.168.3.2	S0/0/0

Funcionamiento de un paquete (1)



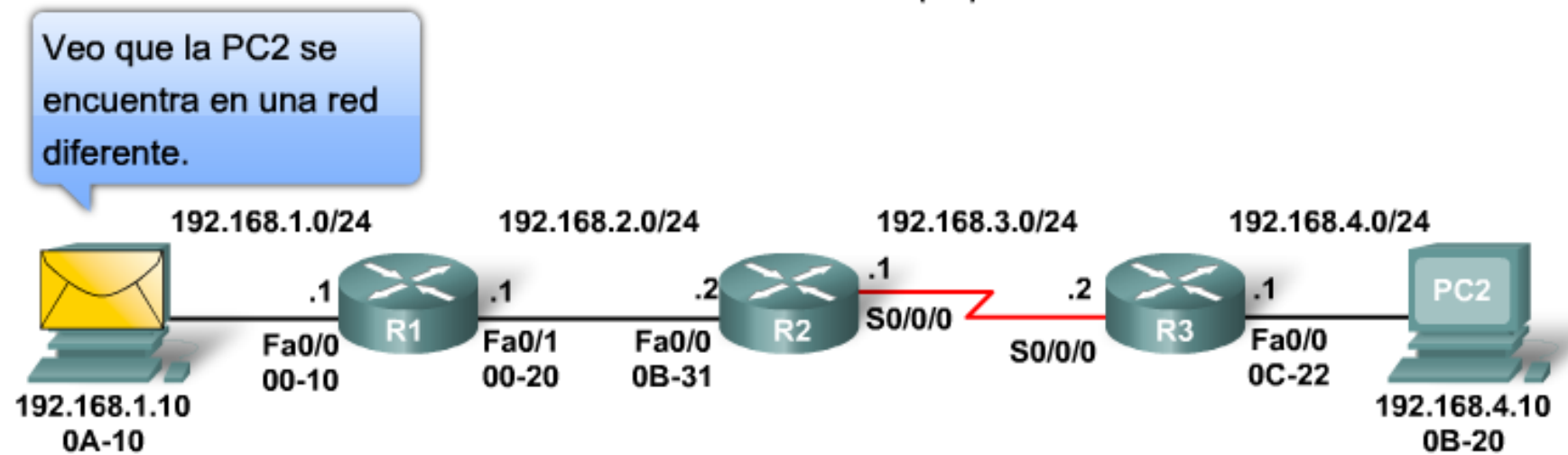
Funcionamiento de un paquete (2)



Datos de la Capa 3 del paquete

IP de destino	IP de origen	Campos IP	Datos
192.168.4.10	192.168.1.10		

Funcionamiento de un paquete (3)

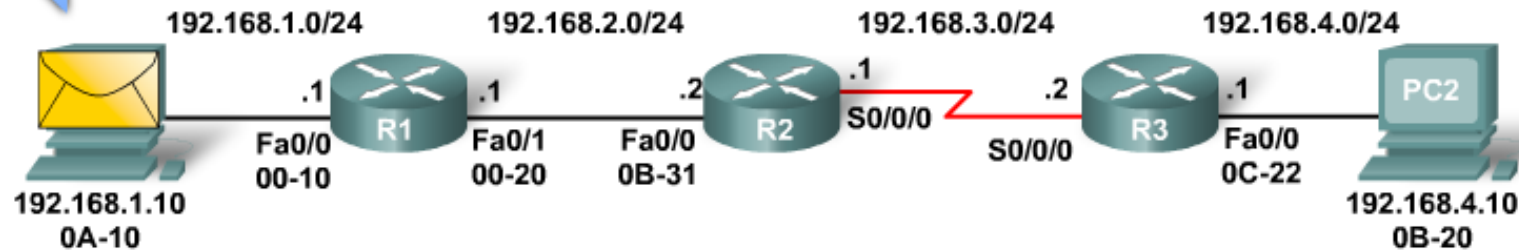


Datos de la Capa 3 del paquete

IP de destino	IP de origen	Campos IP	Datos
192.168.4.10	192.168.1.10		

Funcionamiento de un paquete (4)

Debido a que la PC2 se encuentra en una red diferente, encapsularé el paquete y lo enviaré al router en MI red. Permítame encontrar esa dirección MAC....



Trama de enlace de datos de la Capa 2

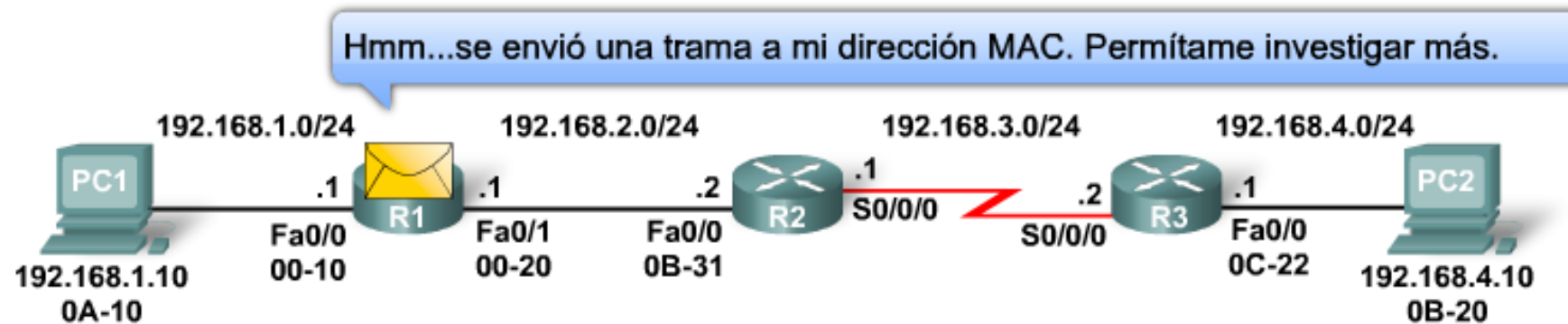
Datos de la Capa 3 del paquete

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

Funcionamiento de un paquete (5)



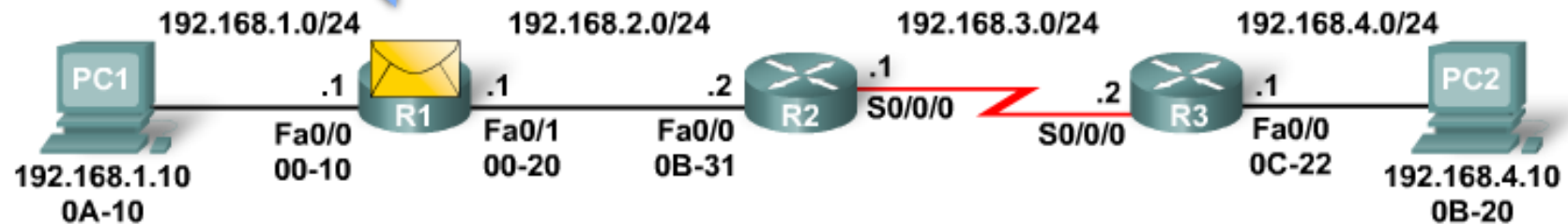
Capa 2: Trama de enlace de datos

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
-------------------------	------------------------	------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

Funcionamiento de un paquete (6)

Por el tipo de dirección IP de destino, puedo ver que este paquete debe reenviarse.



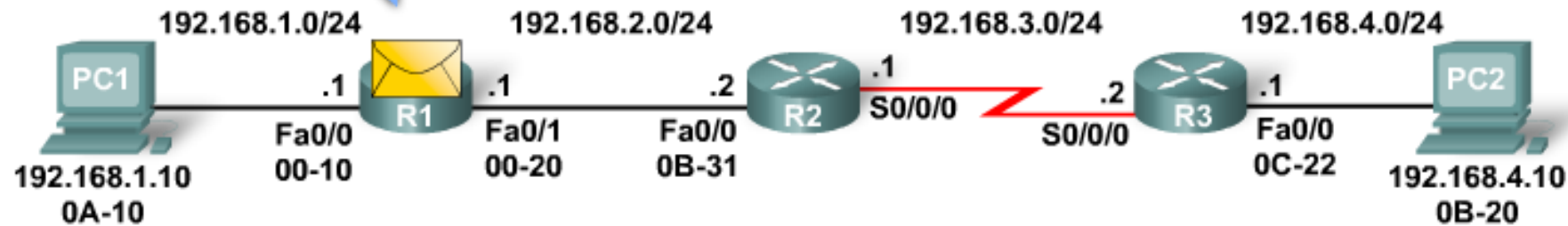
Capa 2: Trama de enlace de datos

Datos de la capa 3 del paquete

		Tipo (800)	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
--	--	------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

Funcionamiento de un paquete (7)

Tengo una ruta fuera de mi interfaz Fa0/1 para alcanzar la PC2.



Capa 2: Trama de enlace de datos

Datos de la capa 3 del paquete

		Tipo (800)	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
--	--	------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

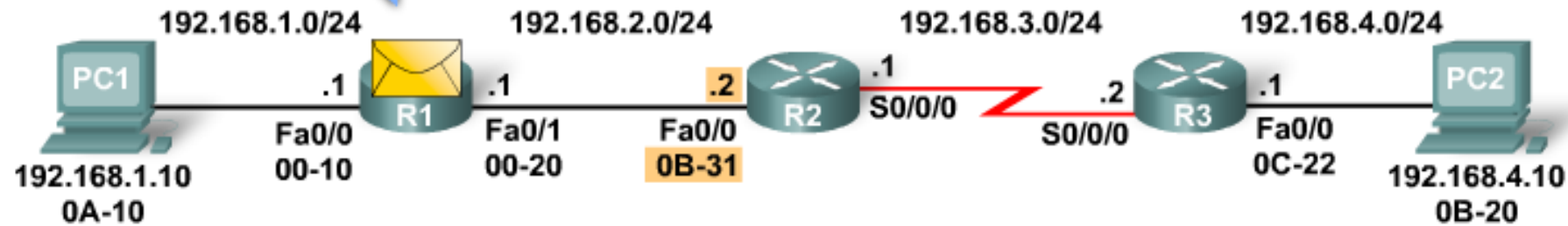
Tabla de enrutamiento de R1

Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Conexión directa	Fa0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa0/1

Funcionamiento de un paquete (8)

Permítame reconstruir la información en la trama.

Mi tabla ARP me indica que R2 utiliza la dirección MAC 0B-31.



Capa 2: Trama de enlace de datos

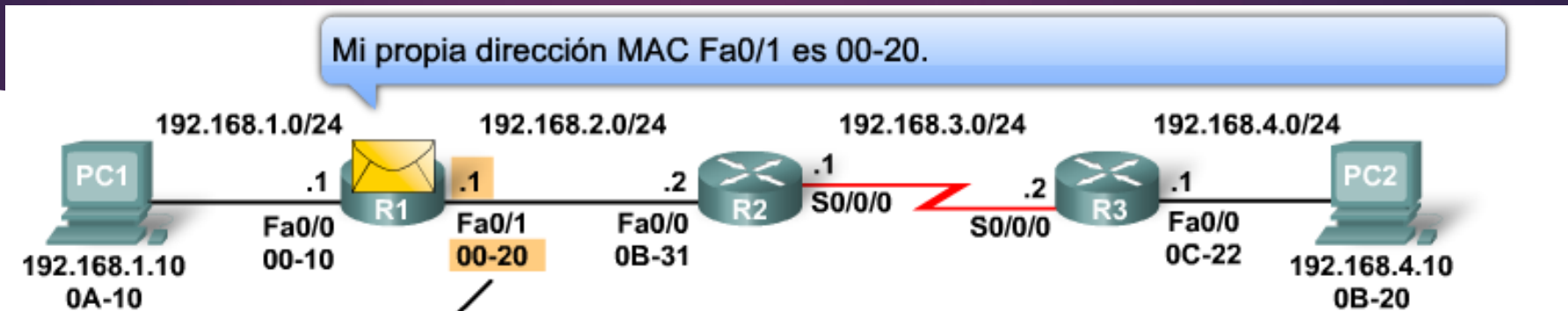
Datos de la capa 3 del paquete

MAC de destino 0B-31		Tipo (800)	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
-------------------------	--	------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

Caché ARP de R1	
Dirección IP	Dirección MAC
192.168.2.2	0B-31

Tabla de enrutamiento de R1			
Red	Salto	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Conexión directa	Fa0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa0/1

Funcionamiento de un paquete (9)



Capa 2: Trama de enlace de datos

Datos de la capa 3 del paquete

MAC de destino 0B-31	MAC de origen 00-20	Tipo (800)	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
-------------------------	------------------------	------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

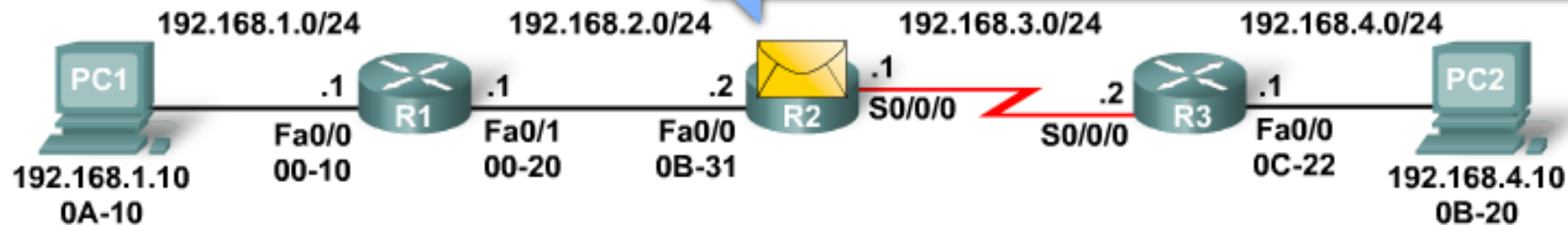
Tabla de enrutamiento de R1

Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Conexión directa	Fa0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa0/1

La trama ya está lista para que yo pueda enviar mi Fa0/1.

Funcionamiento de un paquete (10)

Debido a que el paquete se envía a través de una conexión serial, utilizaré una dirección de destino de broadcast.



Capa 2: Trama de enlace de datos

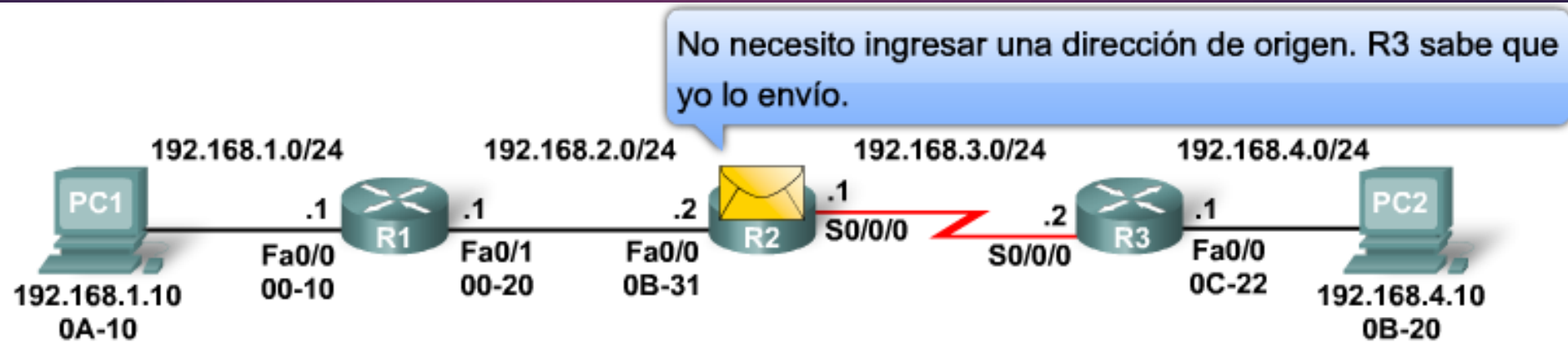
Datos de la capa 3 del paquete

Dirección 0x8F			IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
-------------------	--	--	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

Tabla de enrutamiento de R2

Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0
192.168.3.0/24	0	Conexión directa	S0/0/0
192.168.4.0/24	1	192.168.3.2	S0/0/0

Funcionamiento de un paquete (11)



Capa 2: Trama de enlace de datos

Dirección	Control	Protocolo	IP de destino	IP de origen	Campos IP	Datos	Tráiler
0x8F	0x00	800	192.168.4.10	192.168.1.10			

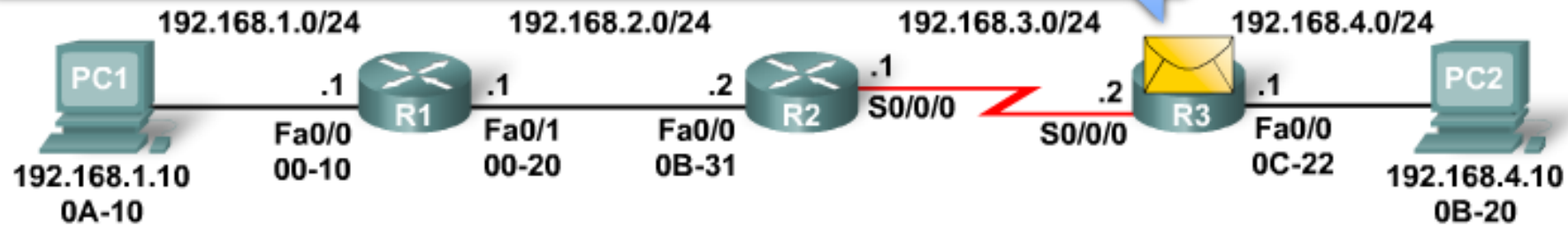
Datos de la capa 3 del paquete

Tabla de enrutamiento de R2

Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	1	192.168.2.1	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0
192.168.3.0/24	0	Conexión directa	S0/0/0
192.168.4.0/24	1	192.168.3.2	S0/0/0

Funcionamiento de un paquete (12)

Tengo una ruta fuera de mi interfaz Fa0/0 para alcanzar la PC2.



Capa 2: Trama de enlace de datos

Datos de la capa 3 del paquete

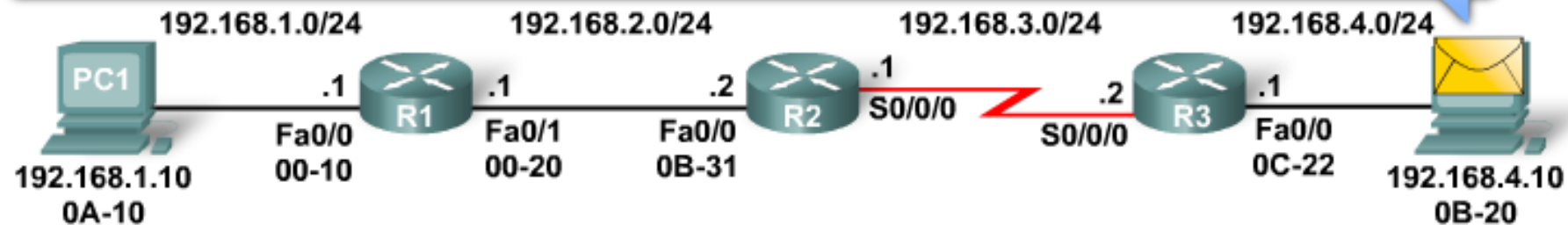
		Tipo 800	IP de destino 192.168.4.10	IP de origen 192.168.1.10	Campos IP	Datos	Tráiler
--	--	-------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	-------	---------

Tabla de enrutamiento de R3

Red	Saltos	IP del siguiente salto	Interfaz de salida
192.168.1.0/24	2	192.168.3.1	S0/0/0
192.168.2.0/24	1	192.162.3.1	S0/0/0
192.168.3.0/24	0	Conexión directa	S0/0/0
192.168.4.0/24	0	Conexión directa	Fa0/0

Funcionamiento de un paquete (13)

Mire, se envió una trama a mi dirección MAC, permítame procesarlo. El paquete además coincide con mi dirección IP, entonces DEBE ser mío.



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
----------------------	---------------------	----------	----------------------------	---------------------------	-----------	-------	---------

Enrutamiento dinámico

Tipos de enrutamiento

▶ Estático

- ▶ El administrador de red coloca a mano las entradas para las tablas de encaminamiento en los routers.

▶ Dinámico

- ▶ Se configuran protocolos dinámicos en los routers, que a través de algoritmos, empezarán a crear las tablas de encaminamiento.

Enrutamiento dinámico

- ▶ Generalmente se usa en **redes de mayor tamaño** para facilitar la administración.
- ▶ Normalmente, una red usa una **combinación** de un protocolo de enrutamiento dinámico y rutas estáticas.
- ▶ En la mayoría de las redes, se usa un único protocolo de enrutamiento dinámico, pero hay casos en que las distintas partes de la red pueden usar **diferentes protocolos** de enrutamiento.

Enrutamiento dinámico versus enrutamiento estático

	Enrutamiento dinámico	Enrutamiento estático
Complejidad de la configuración	Por lo general es independiente del tamaño de la red	Se incrementa con el tamaño de la red
Conocimientos requeridos del administrador	Se requiere de un conocimiento avanzado	No se requieren conocimientos adicionales
Cambios de topología	Se adapta automáticamente a los cambios de topología	Se requiere la intervención del administrador
Escalamiento	Adecuado para las topologías simples y complejas	Adecuada para topologías simples
Seguridad	Es menos seguro	Más segura
Uso de recursos	Utiliza CPU, memoria y ancho de banda de enlace	No se requieren recursos adicionales
Capacidad de predicción	La ruta depende de la topología actual	La ruta hacia el destino es siempre la misma

Protocolos de gateway interiores

Protocolos de Gateway Exterior

Protocolos de enrutamiento de
vector de distancia

Protocolos de enrutamiento
de estado de enlace

Vector de ruta

Con clase

RIP

IGRP

EGP

Sin clase

RIPv2

EIGRP

OSPFv2

IS-IS

BGPv4

IPv6

RIPng

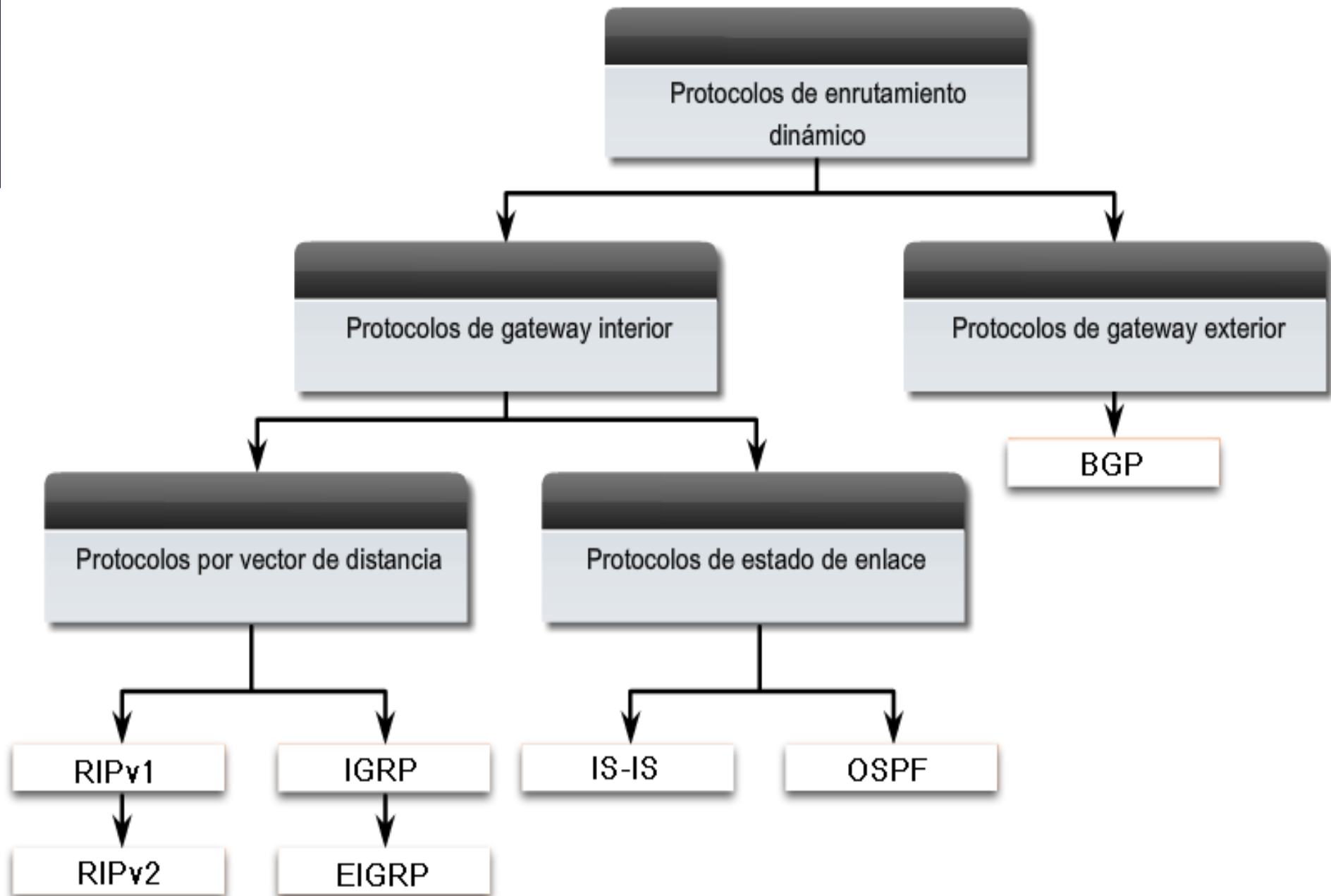
EIGRP para IPv6

OSPFv3

IS-IS para IPv6

BGPv4 para IPv6

Protocolos que se usan con más frecuencia



Clasificación de los protocolos de enrutamiento

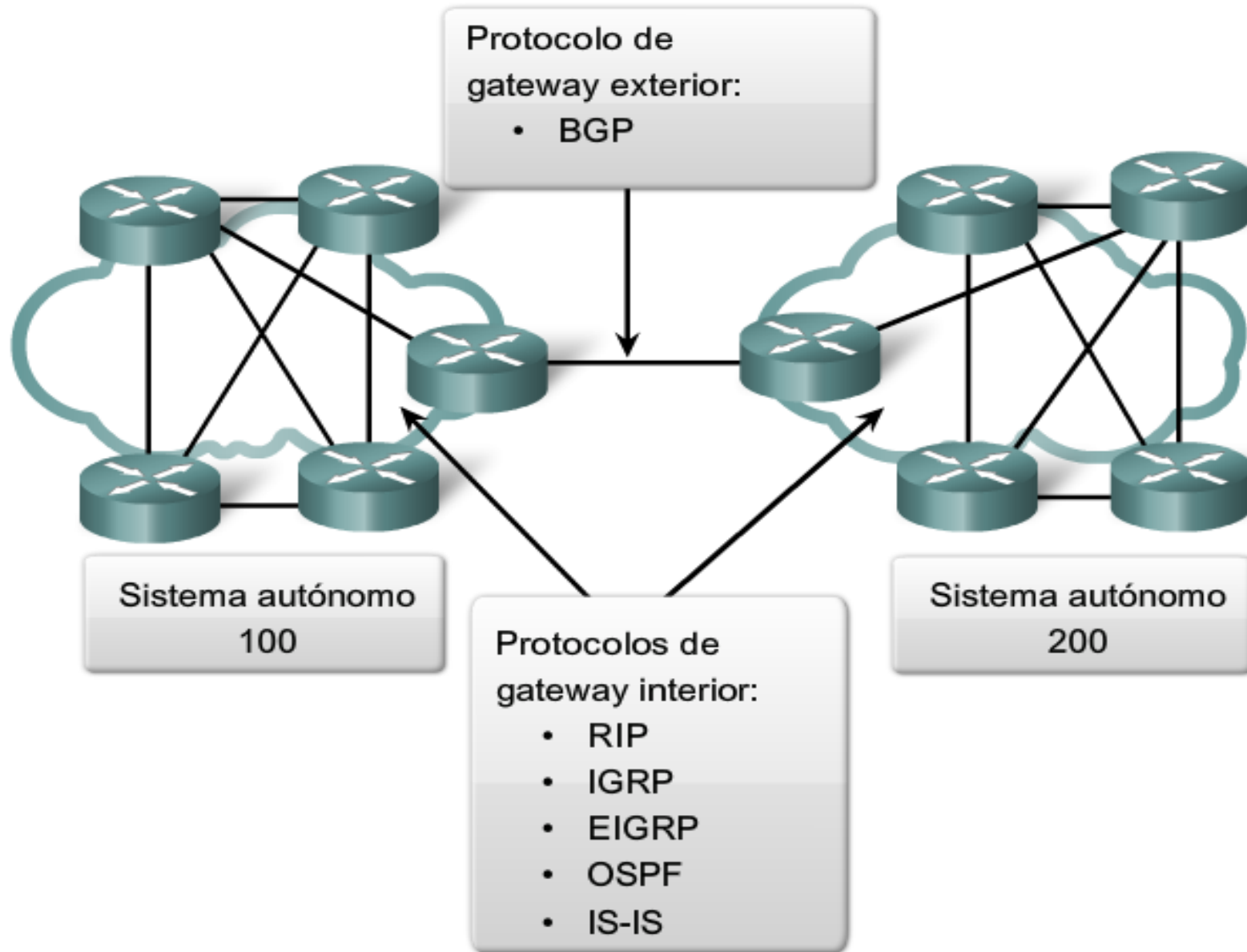
Sistema Autónomo

- ▶ Conocido también como **dominio de enrutamiento**, es un conjunto de routers que se encuentran bajo una **administración en común**.
- ▶ Ejemplos:
 - ▶ La red interna de una empresa.
 - ▶ La red de un proveedor de servicios de Internet (ISP).

Debido a que Internet se basa en el concepto de sistema autónomo, se requieren dos tipos de protocolos de enrutamiento

- ▶ **Interior Gateway** Protocols (IGP): Se usan para el enrutamiento de sistemas **intraautónomos** (el enrutamiento dentro de un sistema autónomo)
- ▶ **Exterior Gateway** Protocols (EGP) : se usan para el enrutamiento de sistemas **interautónomos** (el enrutamiento entre sistemas autónomos)

Comparación entre protocolos de enrutamiento IGP y EGP





Los protocolos de gateway interiores (IGP) pueden clasificarse en dos tipos:

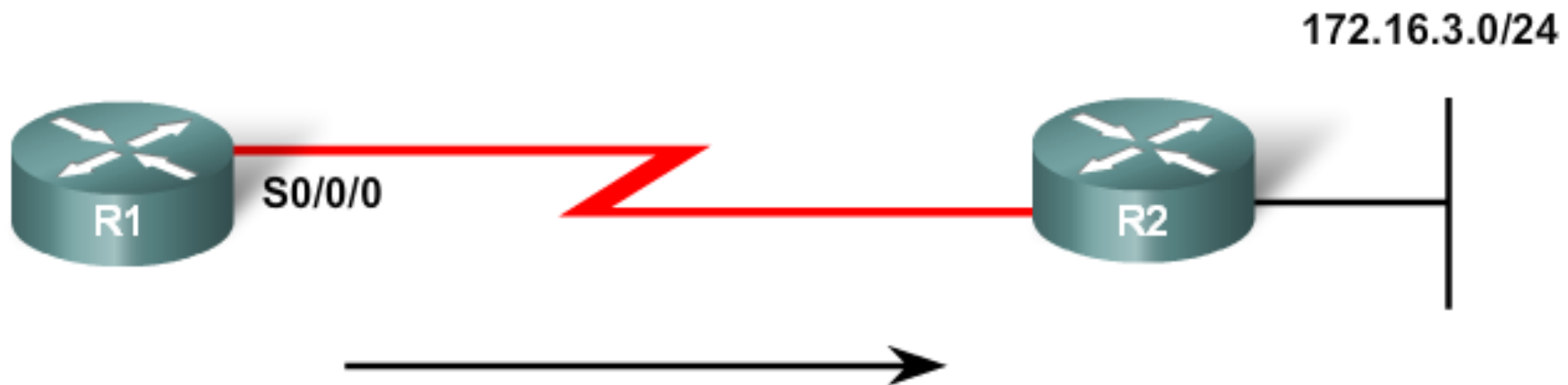
- ▶ Protocolos de enrutamiento por vector de distancia
- ▶ Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

Operación del protocolo de enrutamiento por vector de distancia

- ▶ Las rutas son publicadas como vectores de **distancia y dirección**
- ▶ La distancia se define en términos de una **métrica**.
- ▶ Los protocolos por vector de distancia generalmente usan el algoritmo **Bellman-Ford** para la determinación de la mejor ruta.

El significado del vector de distancia

Distancia = cuán lejos



Vector = dirección

Para R1, 172.16.3.0/24 está a un salto (distancia).
Puede alcanzarse a través de R2 (vector).

Protocolos por vector de distancia

- ▶ Algunos envían en forma periódica **tablas de enrutamiento completas** a todos los vecinos conectados.
- ▶ La única información que conoce el router sobre una red remota es la **distancia o métrica** para llegar a esa red y qué **ruta o interfaz** usar para alcanzarla.

Los protocolos de enrutamiento por vector de distancia

Incluyen:

- ▶ RIP,
- ▶ IGRP y
- ▶ EIGRP.

RIP

El Routing Information Protocol

- ▶ Utiliza el conteo de saltos como métrica para la selección de rutas.
- ▶ Si el conteo de saltos de una red es mayor de 15, el RIP no puede suministrar una ruta para esa red.
- ▶ Por defecto, se envía un broadcast o multicast de las actualizaciones de enrutamiento cada 30 segundos.

IGRP

El Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) es un protocolo patentado desarrollado por Cisco.

- ▶ Se considera el ancho de banda, el retardo, la carga y la confiabilidad para crear una métrica compuesta.
- ▶ Por defecto, se envía un broadcast de las actualizaciones de enrutamiento cada 90 segundos.
- ▶ El IGRP es el antecesor de EIGRP y actualmente se considera obsoleto.

EIGRP

- ▶ Enhanced IGRP (IGRP mejorado)
- ▶ Utiliza el Algoritmo de actualización por difusión (DUAL) para calcular la ruta más corta.
- ▶ No existen actualizaciones periódicas, como sucede con el RIP y el IGRP. Las actualizaciones de enrutamiento sólo se envían cuando se produce un cambio en la topología.

Operación del protocolo de estado de enlace

- ▶ El router puede crear una "vista completa" o topología de la red al reunir información proveniente de todos los demás routers.
- ▶ Todos los routers de estado de enlace usan un "mapa" idéntico de la red.
- ▶ Un router crea un mapa de la topología y seleccionar la mejor ruta hacia todas las redes de destino en la topología.

Proceso de enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router aprende de cada una de sus propias redes conectadas directamente.
2. Cada router tiene la responsabilidad de "saludar" a sus vecinos en redes conectadas directamente.
3. Cada router crea un Paquete de estado de enlace (LSP) que contiene el estado de cada enlace conectado directamente.
4. Cada router inunda el LSP hacia todos sus vecinos, quienes luego almacenan en una base de datos todos los LSP recibidos.
5. Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa topológico completo y calcula la mejor ruta para cada red de destino.

Ventajas de los protocolos de enrutamiento de estado de enlace

- Cada router crea su propio mapa topológico de la red para determinar la ruta más corta.
- La saturación inmediata de los LSP logra una convergencia más rápida.
- Sólo se envían LSP cuando se produce un cambio en la topología y éstos únicamente contienen la información relacionada con tal cambio.
- Diseño jerárquico utilizado cuando se implementan varias áreas.

Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

- ▶ A los protocolos de enrutamiento de estado de enlace también se los conoce como protocolos de *shortest path first* y se desarrollan en torno del algoritmo shortest path first (SPF) de Edsger Dijkstra.

Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

Los protocolos de enrutamiento de estado de enlace IP son:

- ▶ Open Shortest Path First (OSPF)
- ▶ Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)

Protocolos de enrutamiento con clase

Protocolos de enrutamiento con clase

- ▶ No envían información de la **máscara** de subred en las actualizaciones de enrutamiento.
- ▶ Dado que no incluyen la máscara de subred, **no** pueden usarse en **todas** las situaciones.
- ▶ No admiten máscaras de subred de longitud variable (**VLSM**).

Protocolos de enrutamiento sin clase

- ▶ Incluyen la **máscara** de subred con la **dirección** de red en las actualizaciones de enrutamiento.
- ▶ Las redes de la actualidad ya **no** se asignan en función de las **clases** y la máscara de subred no puede determinarse según el valor del primer octeto.
- ▶ La mayoría de las redes de la actualidad requieren protocolos de enrutamiento sin clase porque **admiten VLSM**.

Seguridad en la Capa de Red

Seguridad

El estandar ISO 7498-2 contempla los siguientes servicios de seguridad en el nivel de red:

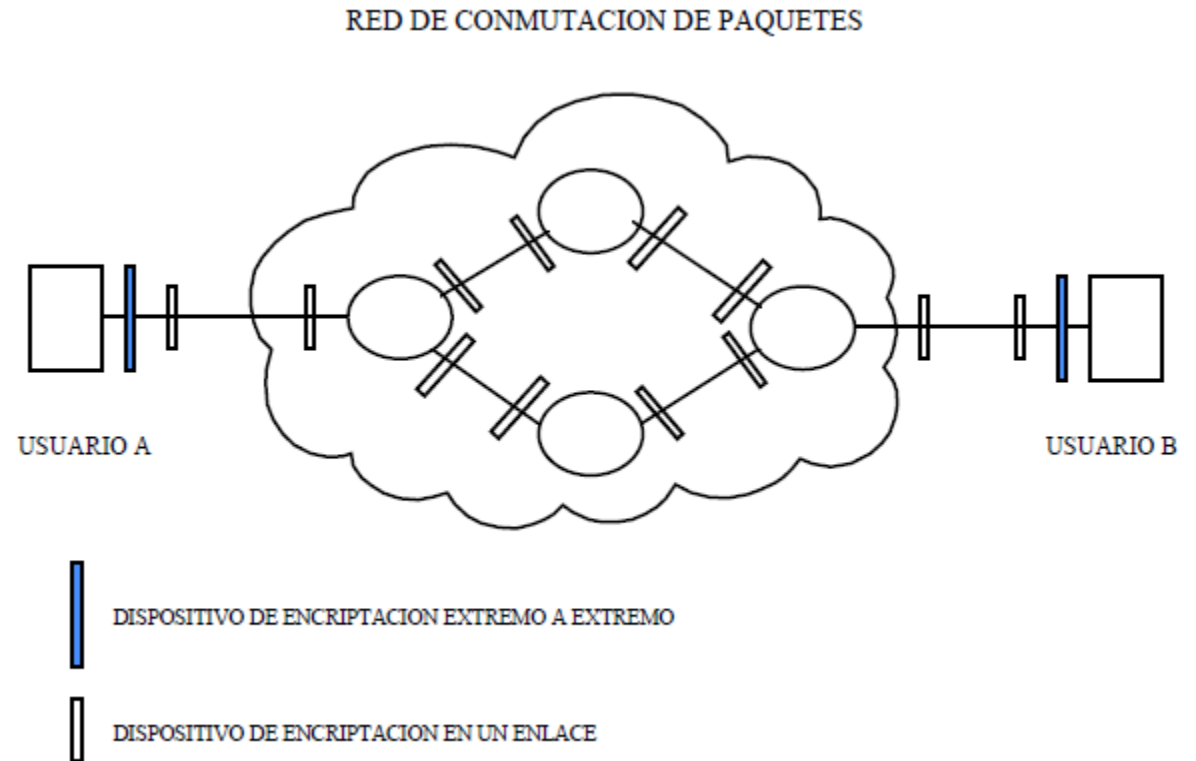
- ▶ **Autenticación de entidad par:** Este servicio puede ser implementado con los mecanismos de intercambio de autenticación o de firma digital
- ▶ **Autenticación de datos de origen:** Este servicio puede ser implementado con los mecanismos de cifrado o de firma digital.
- ▶ **Servicio de control de acceso:** Este servicio proporciona los mecanismos apropiados de control de acceso. El control de acceso permite a los sistemas finales controlar el establecimiento de conexiones de red y para rechazar llamadas no deseadas. También permite que una o más subredes controlen el uso de los recurso de nivel de red.

Seguridad

- ▶ **Confidencialidad orientada a conexión:** Este servicio puede ser implementado con los mecanismos de **cifrado y control de encaminamiento**.
- ▶ **Confidencialidad aplicada al control de tráfico:** Este servicio puede ser implementado con un mecanismo de tráfico de relleno en conjunción con un servicio de confidencialidad con capas inferiores al nivel de red y con mecanismos de **control de encaminamiento**.
- ▶ **Integridad orientada a conexión sin recuperación:** Este servicio puede ser implementado con un mecanismo de **integridad de datos** algunas veces en conexión con un **mecanismo de cifrado**
- ▶ **Integridad no orientada a conexión:** Este servicio puede ser implementado con un **mecanismo de integridad de datos** algunas veces en conexión con un **mecanismo de cifrado**

Cifrado

se pueden utilizar mecanismos de **cifrado** entre cada **par de nodos** de manera que en los enlaces irían cifrados tanto los **datos** como las **cabeceras** de los paquetes protegiendo así el control de tráfico y además se seguirían utilizando los mecanismos de cifrado en los **sistemas finales** con el fin de proteger los datos de usuario



Control de encaminamiento

- ▶ Es posible configurar rutas para encaminar las unidades de datos etiquetas con un cierto grado de seguridad.
- ▶ Se puede utilizar una ruta alternativa si se detectan manipulaciones de la unidades de datos

