



Capa de red

- ◆ Direccionamiento
- ◆ Circuitos virtuales
- ◆ Conmutación de paquetes

- ◆ IPv4
- ◆ Subredes

Capa de red



Tanto A como B deben poseer un identificador o dirección que permita enviar paquetes entre ellos.

Las direcciones de capa de red utilizan un esquema de direccionamiento jerárquico que permita encontrar una ruta en forma eficiente.

Capa de red

- ◆ Traslada segmentos de un host a otro
- ◆ En cada host se ejecutan los protocolos de nivel de red
- ◆ Cada host en el camino funciona como router: examina los encabezados IP y decide el camino a seguir

Capa de red

- Posibles funciones en capa de red
 - Forwarding: mover paquetes de un "input" del router a un "output" del router
 - Routing: determinar la ruta que deben tomar los paquetes para llegar a destino
 - Establecer conexión (ATM, frame relay, X.25)
 - Antes de intercambiar datagramas, se establece un circuito virtual entre dos hosts

Capa de red: servicios

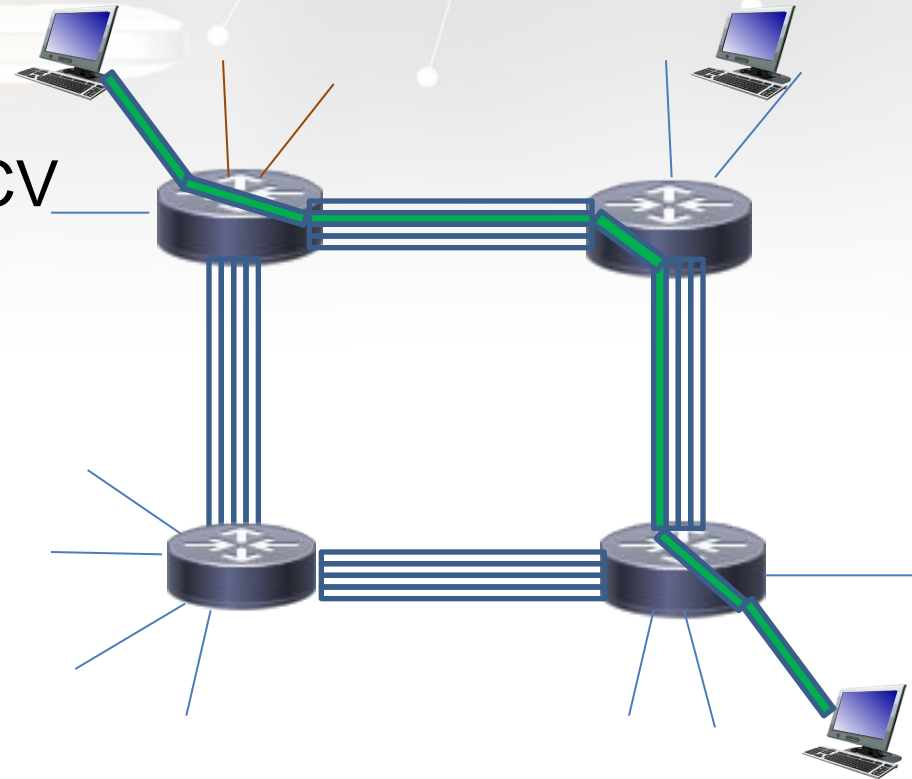
- ¿Qué servicios adicionales puede ofrecer un protocolo de red?
 - Conmutación de paquetes (datagramas)
 - Delivery garantizado
 - Delay mínimo garantizado
 - Flujo de datagramas (circuito virtual)
 - Entrega en orden
 - Bandwidth mínimo
 - Ambos
 - Integridad de datos, encriptación, ...

Circuitos virtuales

- ◆ Establecer la conexión antes de enviar datos
- ◆ Cada paquete lleva un identificador de CV
- ◆ Cada router en el camino mantiene el estado de cada CV
- ◆ Opcional: reservar recursos para un CV
 - ◆ Bandwidth
 - ◆ Espacio en buffer

Circuito virtual (Circuit switching)

- ◆ Establecer la conexión antes de enviar datos
- ◆ Cada paquete lleva un identificador de CV
- ◆ Cada router en el camino mantiene el estado de cada CV
- ◆ Opcional: reservar recursos para un CV
 - ◆ Bandwidth
 - ◆ Espacio en buffer



Circuitos virtuales

- ◆ Cada paquete lleva su número de CV.
- ◆ ¿Qué sucede si un router recibe de distintas interfaces un mismo n° de CV?

Interface de entrada	CV #	Interface de salida	CV #
1	10	3	33
1	15	2	35
2	10	3	42

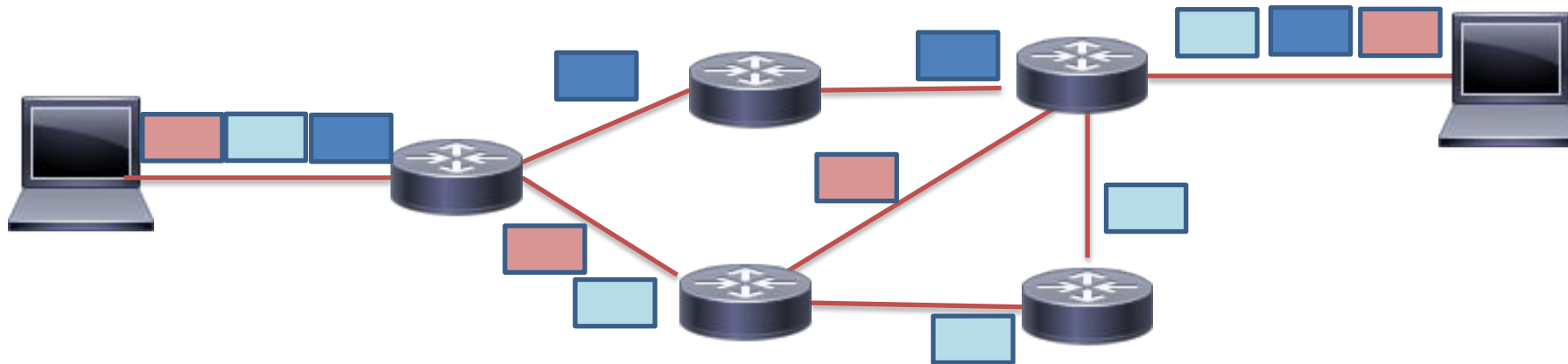
Circuitos virtuales: fases



1. Establecer la conexión: añadir una entrada a la tabla de ruteo , reservar recursos
2. Transferencia de paquetes
3. Cierre de la conexión

Conmutación de paquetes

- “Datagram networks”
 - No hay llamada previa
 - Routers: no hay estado sobre las «puntas»
 - Los paquetes se «forwardean» en base a dirección de destino

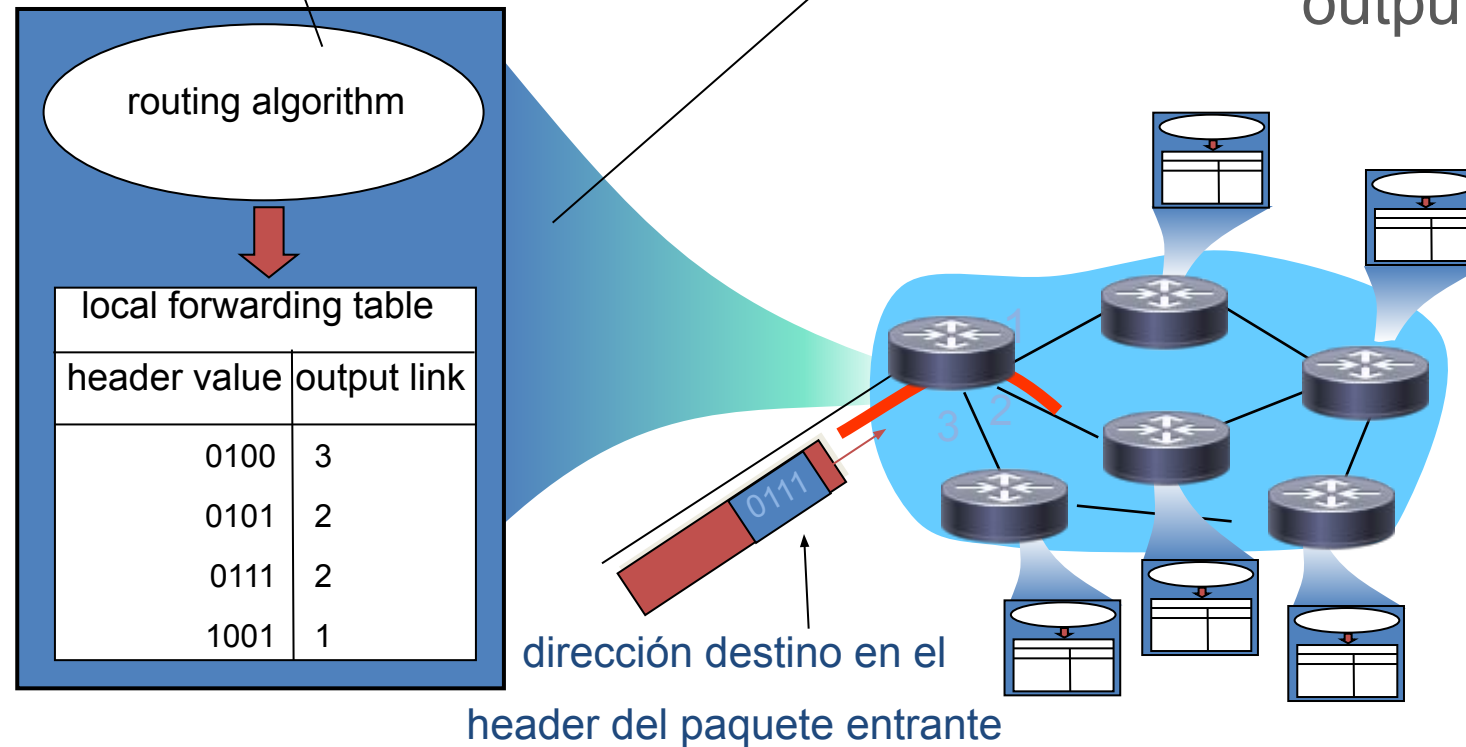


Funciones de un router

routing: determinar la ruta que van a tomar los paquetes de acuerdo a su destino

- *algoritmos de routing*

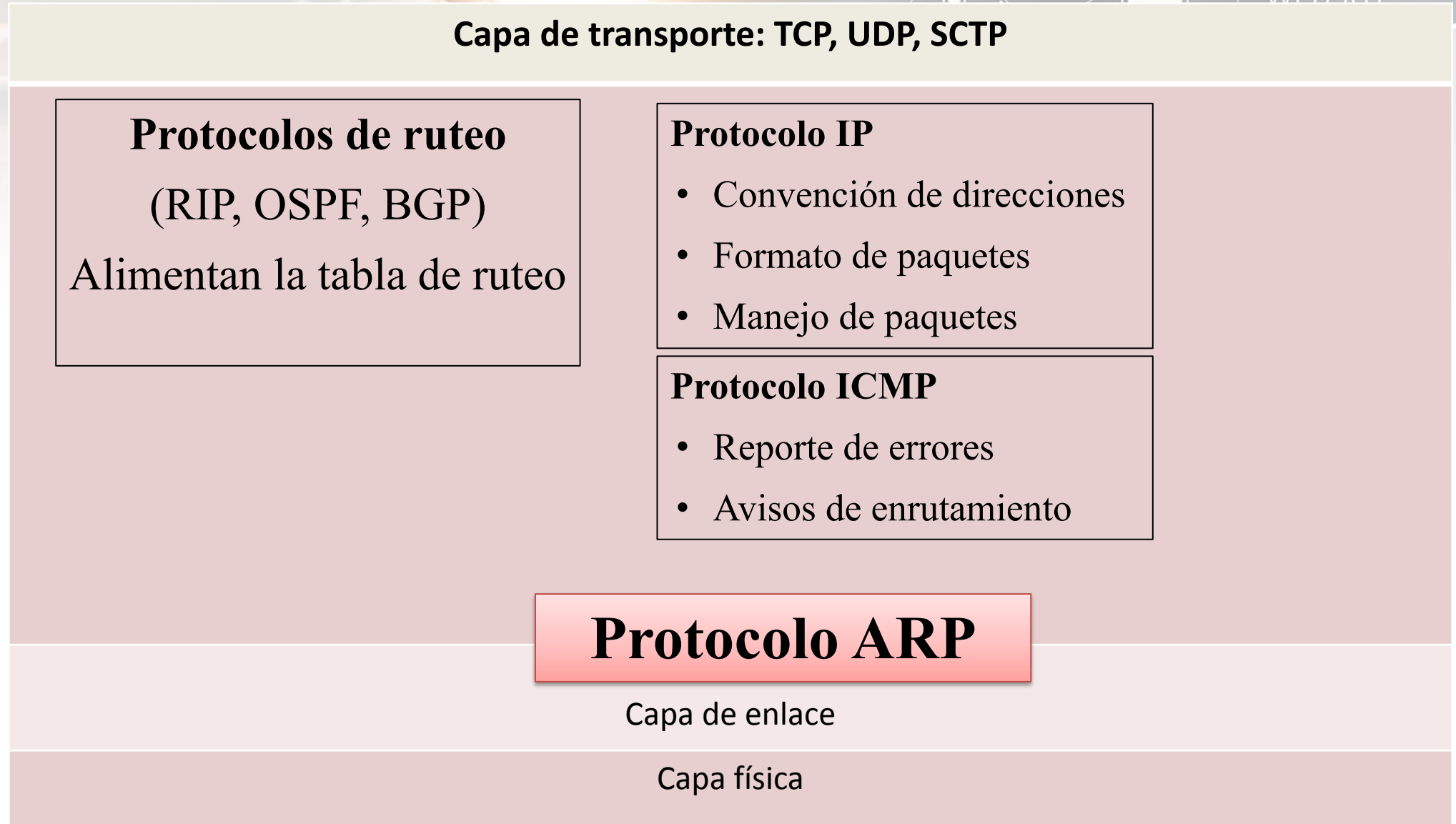
forwarding: mover los paquetes del input a su correspondiente output



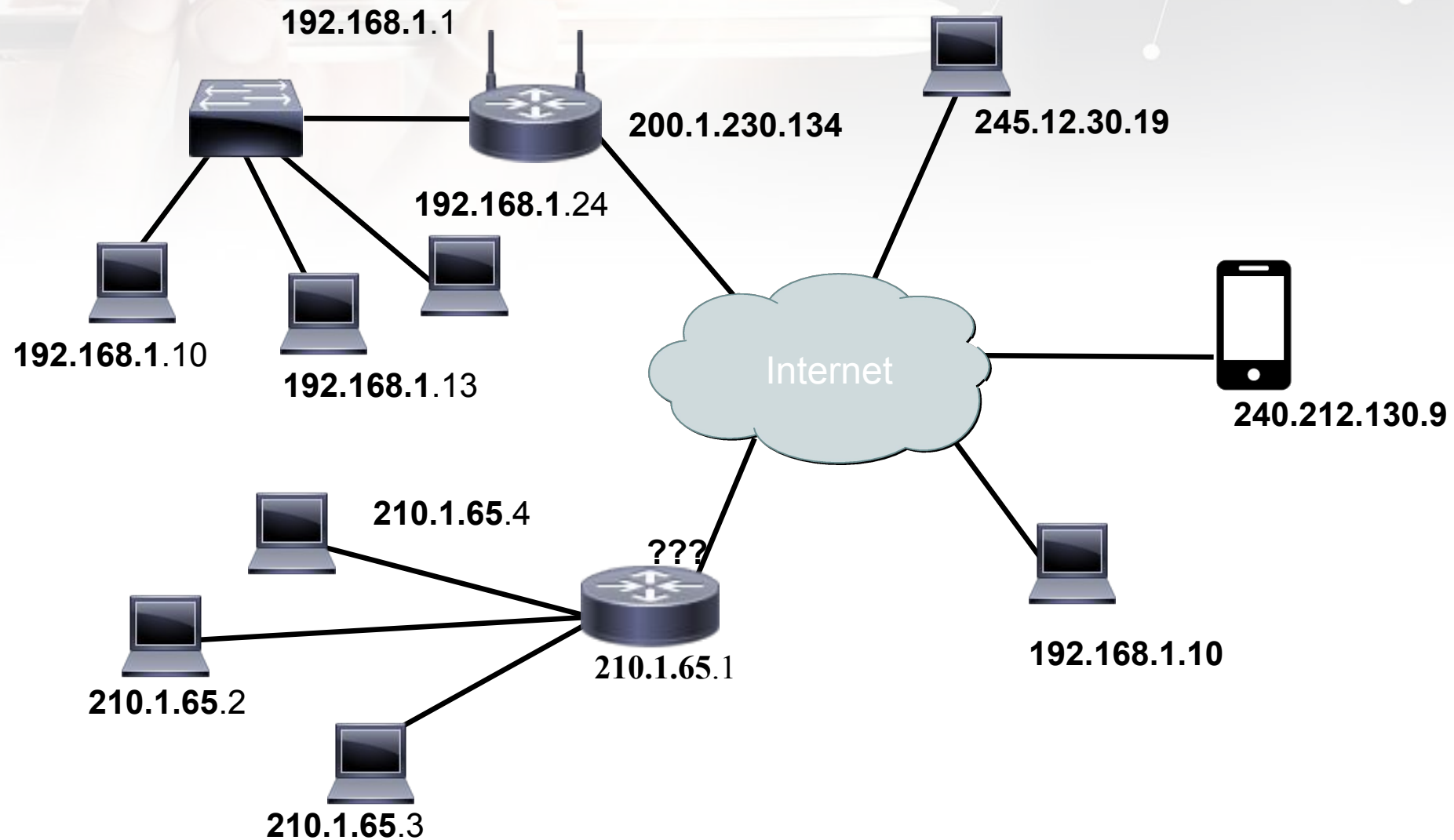
C.V. vs Conmutación de paquetes

	Datagrama	Circuito virtual
Establecer conexión	---	Requerido
Direccionamiento	Id. De host origen y destino	Número de CV
Info de estado	No	Tabla de subdred con números de CV en cada router
Enrutamiento	Cada paquete una ruta independiente	Todos los paquetes del CV una misma ruta
¿Si falla un nodo?	Se pierden algunos paquetes	Todos los CV que pasan por el nodo finalizan
Control de congestión	Complejo	Simple
Complejidad	En la capa de transporte	En la capa de red

Capa de red en Internet



Direccionamiento IPv4

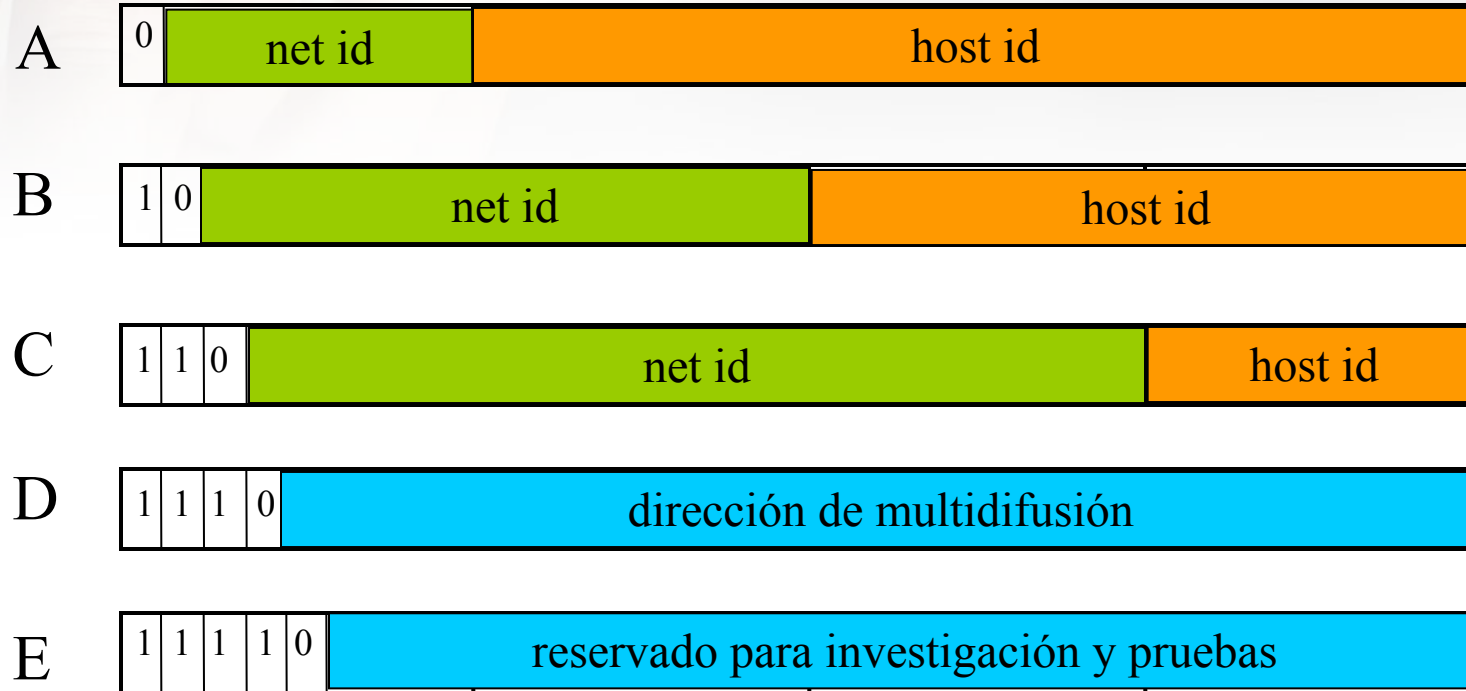


Direccionamiento IPv4

- ◆ Asigna una dirección única a cada host en Internet.
- ◆ Permite a cada host (computadora, impresora, router, etc.) en una red IP ser identificado unívocamente.
- ◆ Cada dirección se forma con 32 bits (aprox. 3.700 millones de direcciones)
- ◆ Se escriben como 4 números separados por puntos (200.1.230.50, 192.168.2.1, etc.)
- ◆ Cada nro IP consta de 2 partes:
 - ◆ Network ID
 - ◆ Host ID
- ◆ Todos los host de una misma red comparten el Network ID

Direccionamiento IPv4

Clases de direcciones IP



Direccionamiento IPv4

Direcciones IP reservadas

- ◆ Loopback: las comenzadas con 127 (ej. 127.0.0.1)
- ◆ Identificar la red: *host id* con todos ceros
- ◆ Broadcast: *host id* con todos unos
- ◆ Redes privadas (RFC 1918):
 - ◆ 10.x.x.x
 - ◆ 172.16.0.0 a 172.31.255.255
 - ◆ 192.168.x.x
- ◆ Link local (RFC 6890)
 - ◆ 169.254.0.0/16

Direccionamiento IPv4

Clase IP	Rango	Máscara	Redes	Hosts en cada red
A	1.0.0.0 a 126.0.0.0	255.0.0.0	126	16,777,214
B	128.0.0.0 a 191.255.0.0	255.255.0.0	16,384	65,534
C	192.0.0.0 a 223.255.255.0	255.255.255.0	2,097,151	254

Dada una dirección IP se puede determinar la red a la cual pertenece y así “*rutear*” el paquete.

Tabla de ruteo “classful”

Network	Gateway	Interface	Metric
11.0.0.0			
13.0.0.0			
129.10.0.0			
129.11.0.0			
129.12.0.0			
210.34.45.0			
210.45.34.0			
0.0.0.0 (*)			

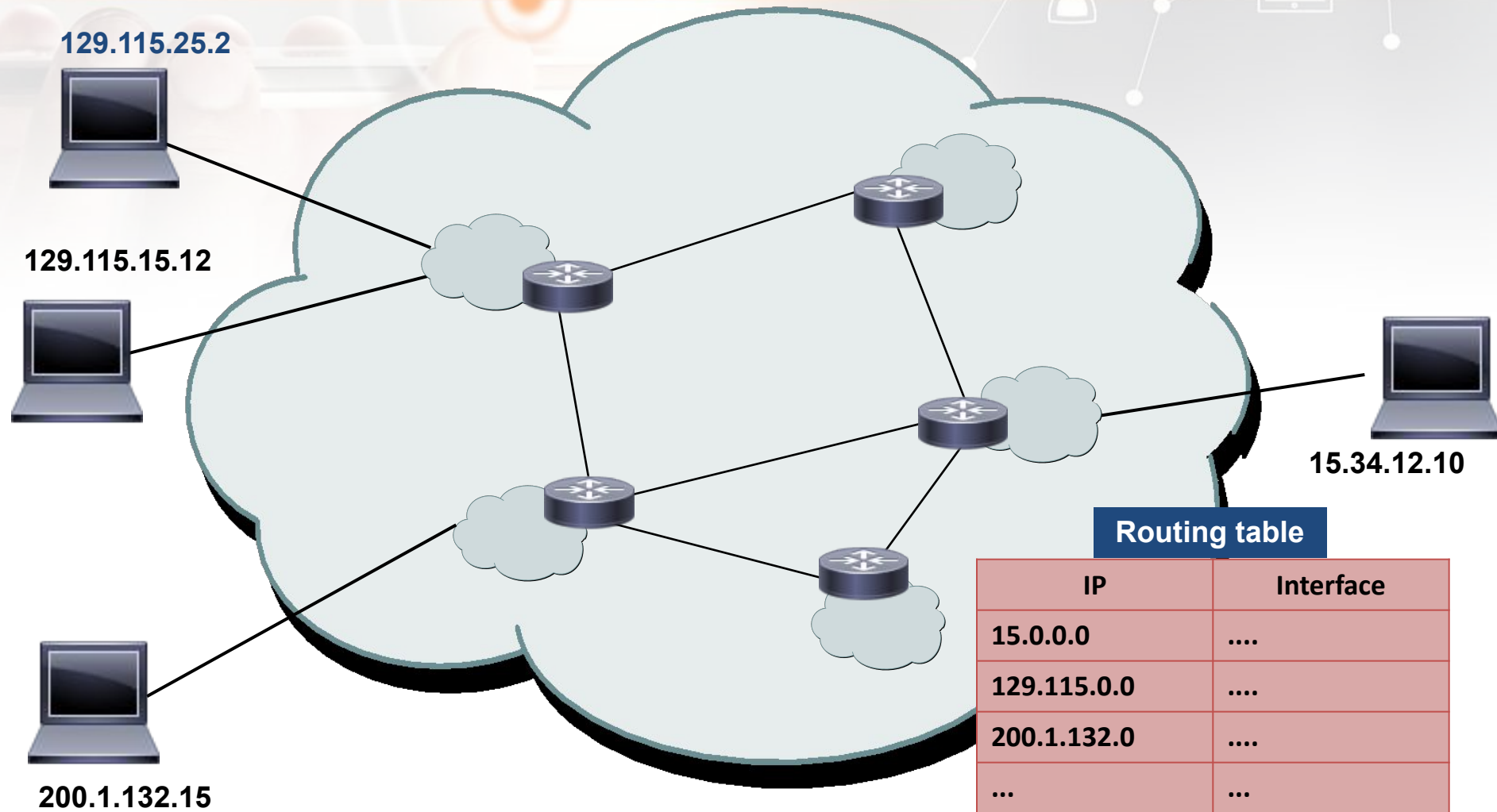
Paquete IPv4 (datagrama)

0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3
Vers			
Hlen			
ToS			
Longitud total			
Identificación			
Flags			
Desplazamiento de fragmento			
TTL			
Protocolo			
Header checksum			
Dirección origen			
Dirección destino			
Opciones			
Relleno			
Datos			

Direccionamiento IP



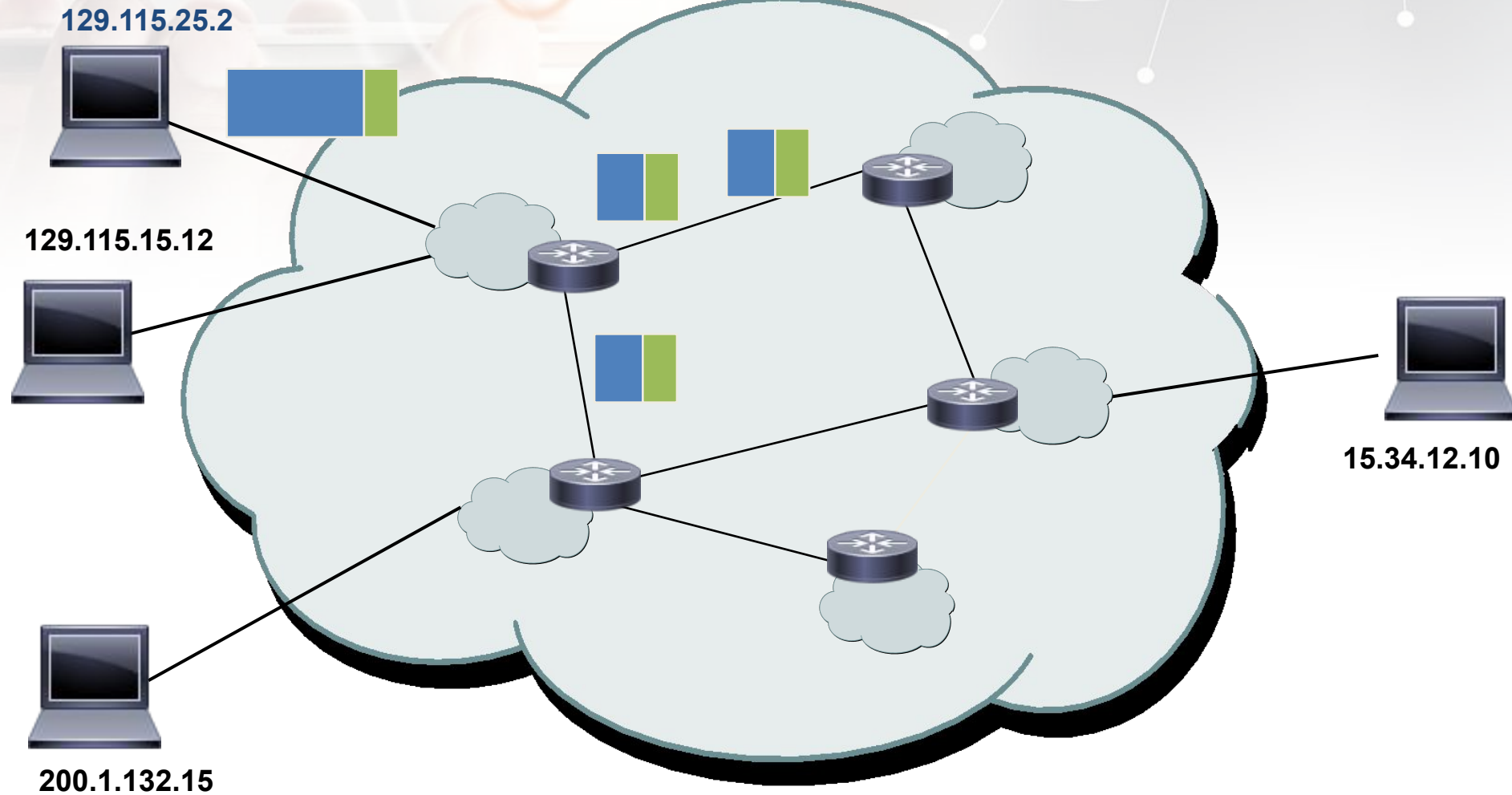
Direccionamiento IP



Routing table

IP	Interface
15.0.0.0	...
129.115.0.0	...
200.1.132.0	...
...	...
0.0.0.0	(gateway)

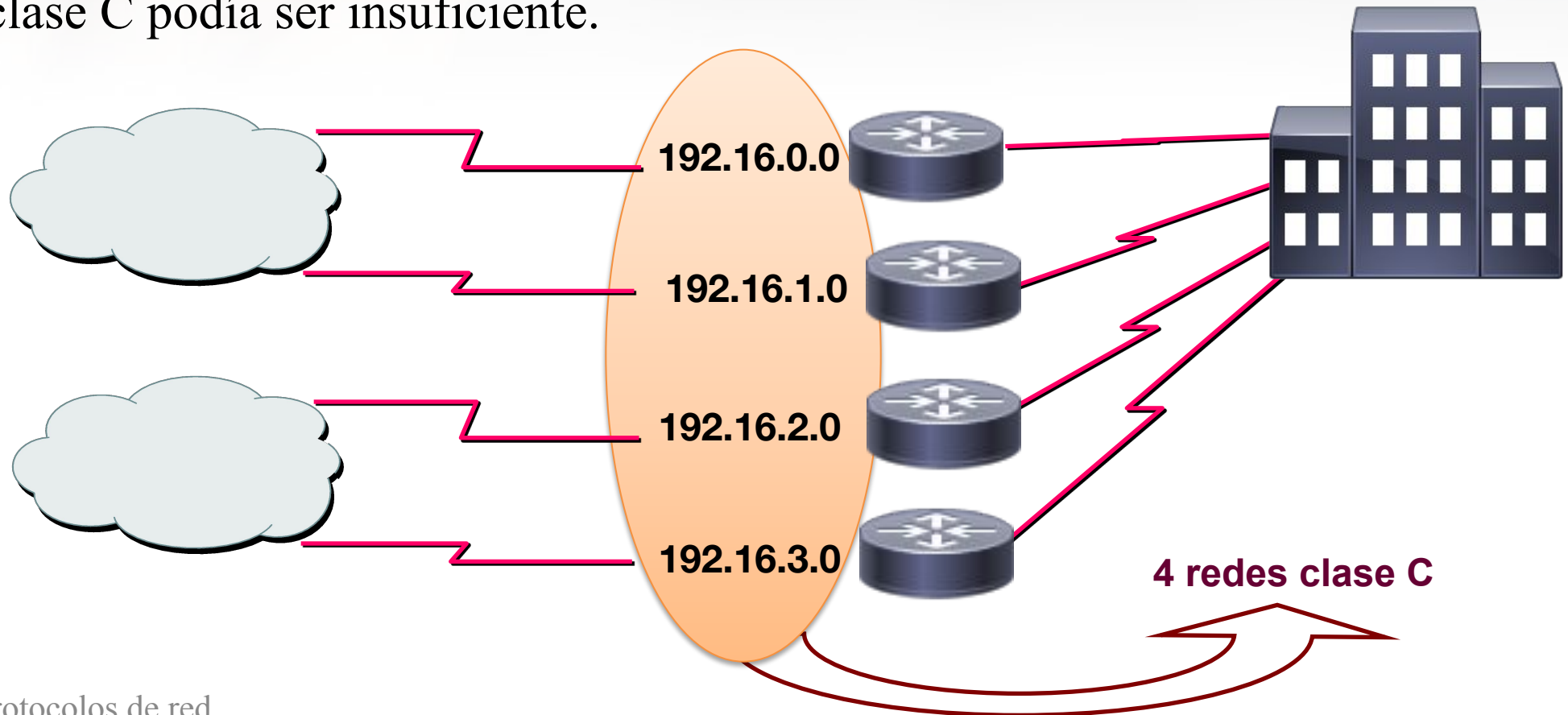
Fragmentación y ensamblado



Superredes

Cuando se diseñaron las clases de direcciones IP no se pensaba en un gran crecimiento en la cantidad de redes.

Las direcciones clase B se agotaban y para una organización una única dirección clase C podía ser insuficiente.



Superredes

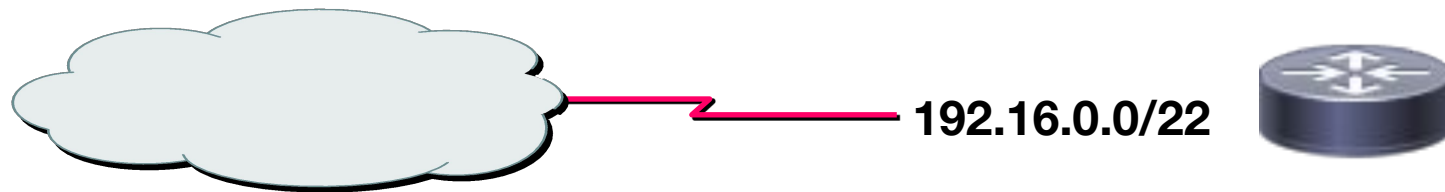
Bloques CIDR (1993)

Uno de los problemas era mantener las tablas de los routers. Se requería un nuevo esquema de asignación de direcciones, otorgando un rango de direcciones clase C pero identificada como una sola red (**superred**).

Se estableció el uso de una **máscara** en lugar de una clase para determinar la red de destino llamado CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*).

Bloques CIDR

192.16.0.0 = 11000000 00010000 00000000 host
192.16.1.0 = 11000000 00010000 00000001 host
192.16.2.0 = 11000000 00010000 00000010 host
192.16.3.0 = 11000000 00010000 00000011 host



Dirección de red usando CIDR: **192.16.0.0/22**

Máscara de red: **255.255.252.0**

Bloques CIDR

En cada router se almacena la dirección de red junto con la cantidad de bits que forman la máscara.

Ejemplo: 200.1.230.0/24

Ejercicio: Un ISP obtiene el rango de direcciones
192.100.0.0 a 192.100.7.255

Cant. de hosts: 2046 (*192.100.0.0 y 192.100.7.255 no se usan*)

Máscara: 255.255.248.0

Red: 192.100.0.0/21

Ejemplo: tabla de ruteo pc "hogareña"

Destination	Gateway	Mask	Iface
0.0.0.0	192.168.1.1	0.0.0.0	eth0
192.168.1.0	*	255.255.255.0	eth0
192.168.1.15	*	255.255.255.255	lo
127.0.0.0	*	255.0.0.0	lo

Subredes

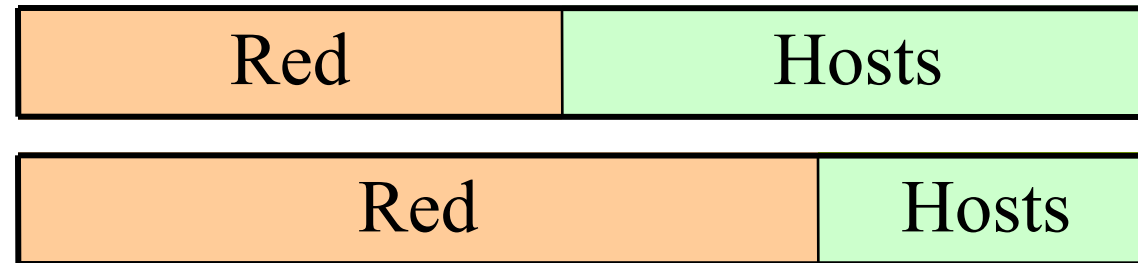
Problema: Una organización con dirección clase B. No se puede administrar como una única red de 65,534 hosts.

Solución: Dividir la red internamente en redes más pequeñas. Cada subred tendrá una máscara de acuerdo a la cantidad de hosts que necesite.

Subredes

Máscaras de subred

A los bits asignados a la red se le suman n bits asignados a los hosts y formar así 2^n subredes.



Ver RFC 1812: *Requirements for IP Version 4 routers*

Subredes

Máscaras de subred (RFCs 1812 y 1878)

Ejercicio: Dada la red 192.100.32.0/24, se la quiere dividir en subredes de 12 hosts cada una.

Máscara: 255.255.255.240

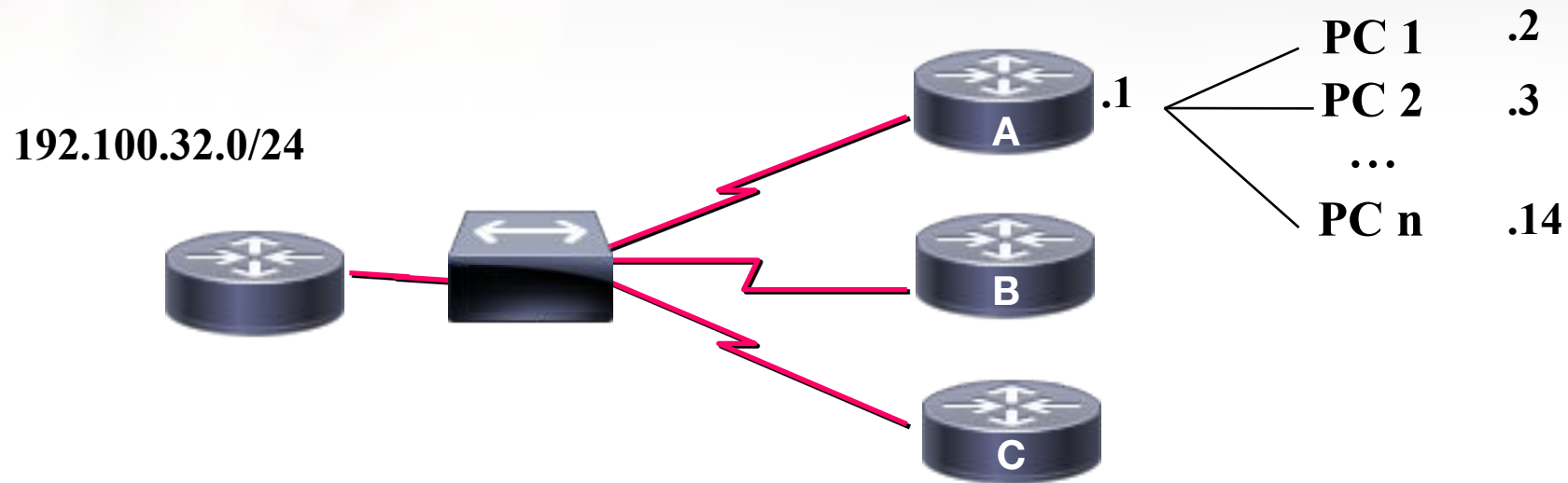
Subred	Rango hosts	Broadcast
192.100.32.0	192.100.32.1 – 192.100.32.14	192.100.32.15
192.100.32.16	192.100.32.17 – 192.100.32.30	192.100.32.31
192.100.32.32	192.100.32.33 – 192.100.32.46	192.100.32.47
...		

Cantidad de subredes: 16

Subredes

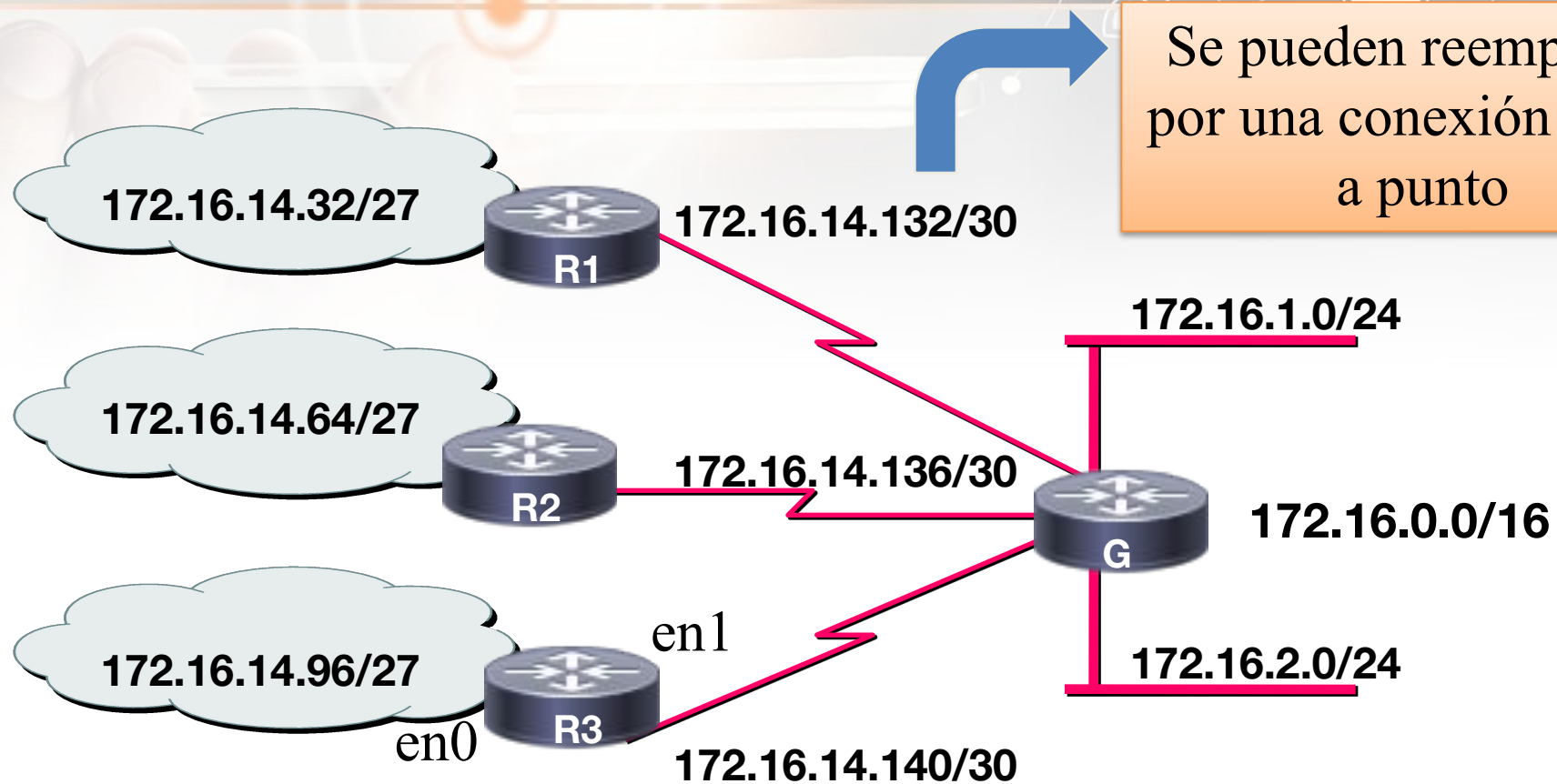
Máscaras de subred

A cada subred del ejemplo anterior se la aísla físicamente con un router.



Cantidad de PCs en cada subred: 13
Cantidad de subredes de PCs: 13

VLSM (1995, RFCs 1860/1878)

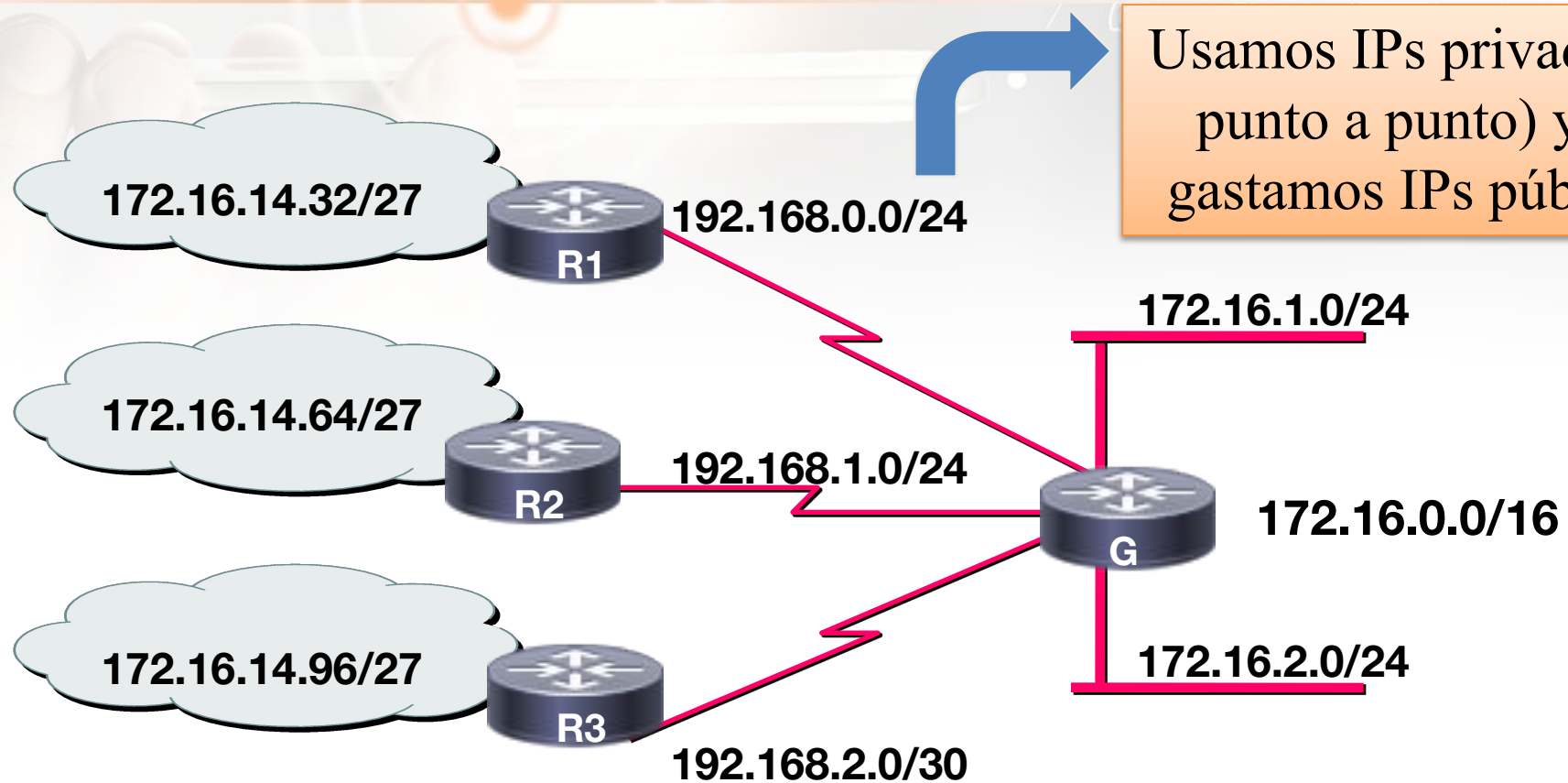


La subred 172.16.14.0/24 se dividió en subredes más pequeñas con máscara (/27) y (/30).

Tabla de ruteo R3

Destination	Gateway	Mask	Iface
172.16.14.141	*	255.255.255.255	lo
172.16.14.97	*	255.255.255.255	lo
172.16.14.96	*	255.255.255.224	en0
172.16.14.64	172.16.14.36	255.255.255.224	en1
172.16.14.32	172.16.14.132	255.255.255.224	en1
172.16.14.140	*	255.255.255.224	en1
127.0.0.0	*	255.0.0.0	lo
0.0.0.0	172.16.40.142	0.0.0.0	en1

Variante al escenario anterior



La subred 172.16.14.0/24 se dividió en subredes más pequeñas con máscara (/27) y (/30).

Subredes

VLSM: Cálculo de las direcciones y máscaras de red

♦ **Paso 1:** Determinar la subred con la mayor cantidad de hosts (ejemplo: 250 hosts)

Dirección de red: 172.16.0.0/16

En binario: 10101100.00010000.00000000.00000000

Dirección subred para 250 hosts: 172.16.0.0/24

Si necesito en total 3 redes de 250 hosts utilizo además:

10101100. 00010000.00000001.00000000	172.16.1.0/24
10101100. 00010000.00000010.00000000	172.16.2.0/24

¿ Cuántas subredes /24 puedo formar ?

Subredes

- ♦ **Paso 2:** determinar el segundo nivel de subredes. Tomar una o varias subredes /24 y “abrir las”.

	Subred	172.16.14.0/24
Binario	10101100.00010000.00001110.00000000	

Generar redes /27

10101100.	00010000.	00001110.	00000000	172.16.14.0/27
10101100.	00010000.	00001110.	00100000	172.16.14.32/27
10101100.	00010000.	00001110.	01000000	172.16.14.64/27
10101100.	00010000.	00001110.	01100000	172.16.14.96/27

Tomamos la 172.16.14.128/27 para generar las /30

10101100.	00010000.	00001110.	10000100	172.16.14.132/30
10101100.	00010000.	00001110.	10001000	172.16.14.136/30
10101100.	00010000.	00001110.	10001100	172.16.14.140/30

Subredes

Motivos para crear subredes

Razones topológicas

- ◆ Hosts muy distantes
- ◆ Interconectar distintas capas físicas
- ◆ Filtrar tráfico entre redes

Organización

- ◆ Simplificar la administración de la red
- ◆ Mapear la estructura de la organización
- ◆ Aislar el tráfico

Direccionamiento IPv4

Clase IP	Rango	Máscara	Redes	Hosts en cada red
A	11.0.0.0 a 126.0.0.0	255.0.0.0	116	16,777,214
B	128.0.0.0 a 191.255.0.0	255.255.0.0	16,384	65,534
C	192.0.0.0 a 223.255.255.0	255.255.255.0	2,097,151	254

Cantidad de hosts: 3,552,542,234

¿ Será suficiente ?