Redes de Computadores

Nivel de Red:
Reenvío IP + ICMP

Área de Ingeniería Telemática
Dpto. Automática y Computación
http://www.tlm.unavarra.es/

En clases anteriores...

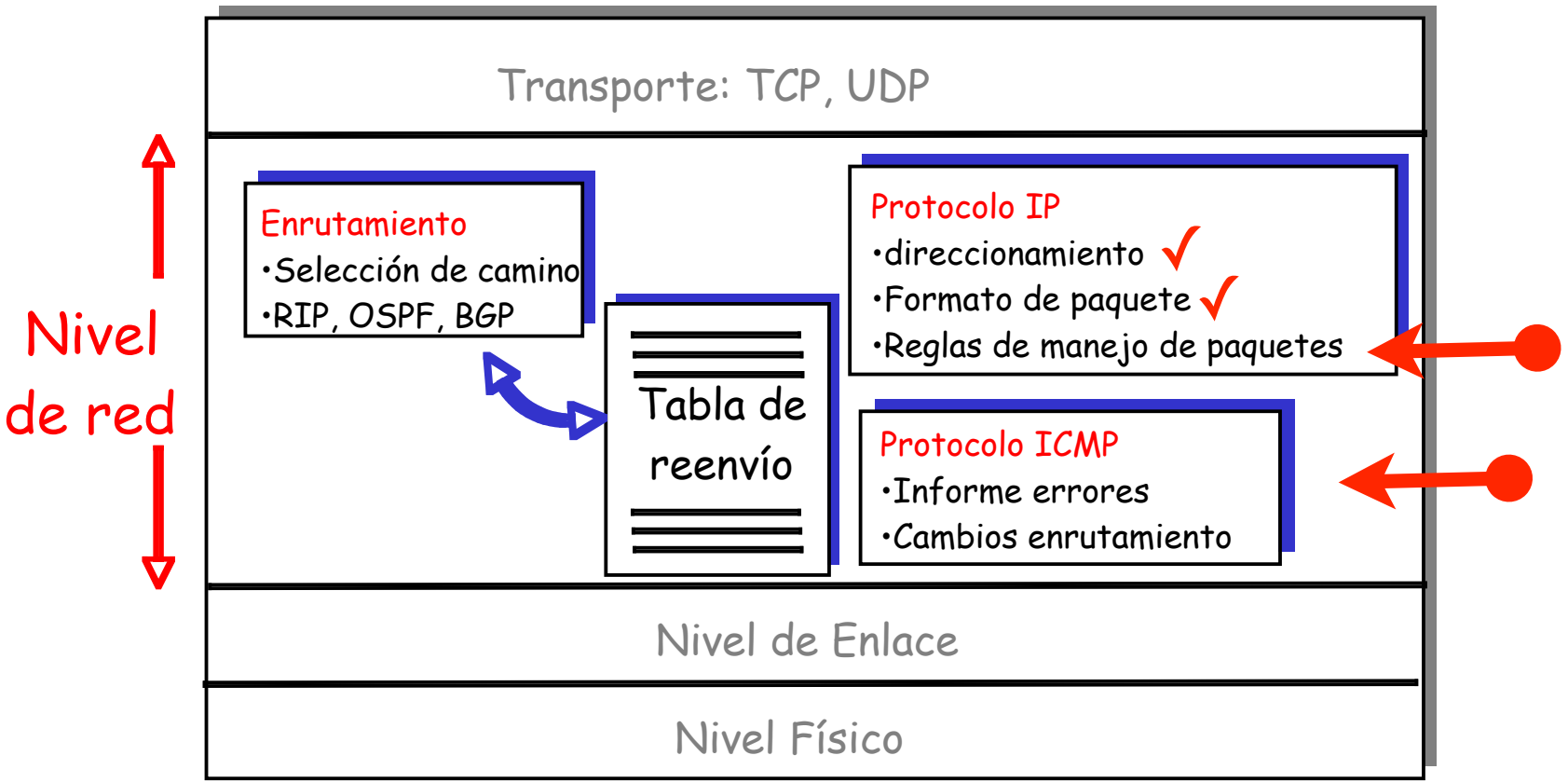
- El nivel de red IP
- Tabla de reenvío prefijos y direccionamiento IP

En esta clase...

- IP
  - reglas de reenvio
- ICMP
  - ping
  - traceroute

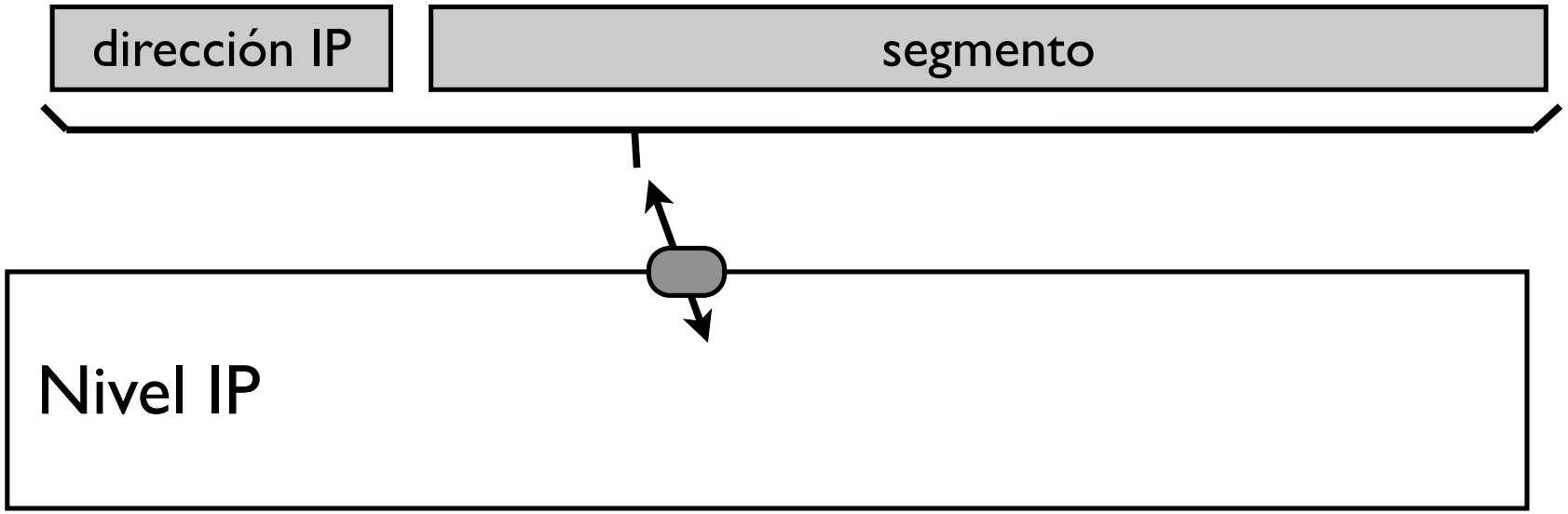
El nivel de Red de Internet

- Componentes del Nivel de Red



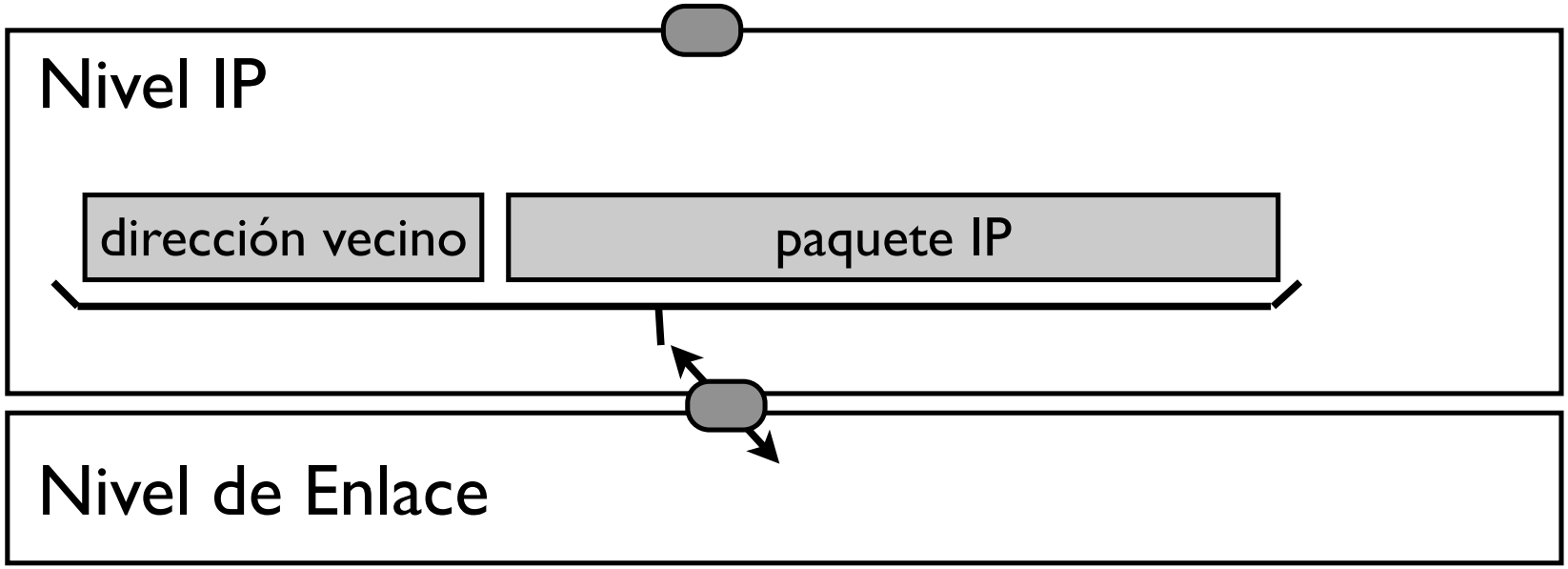
Interfaz con el nivel de transporte

- Envía este segmento a esta dirección IP
  - El puerto no existe a nivel IP
  - El tamaño máximo de segmento es: 65535-20
- Llega este segmento desde esta IP



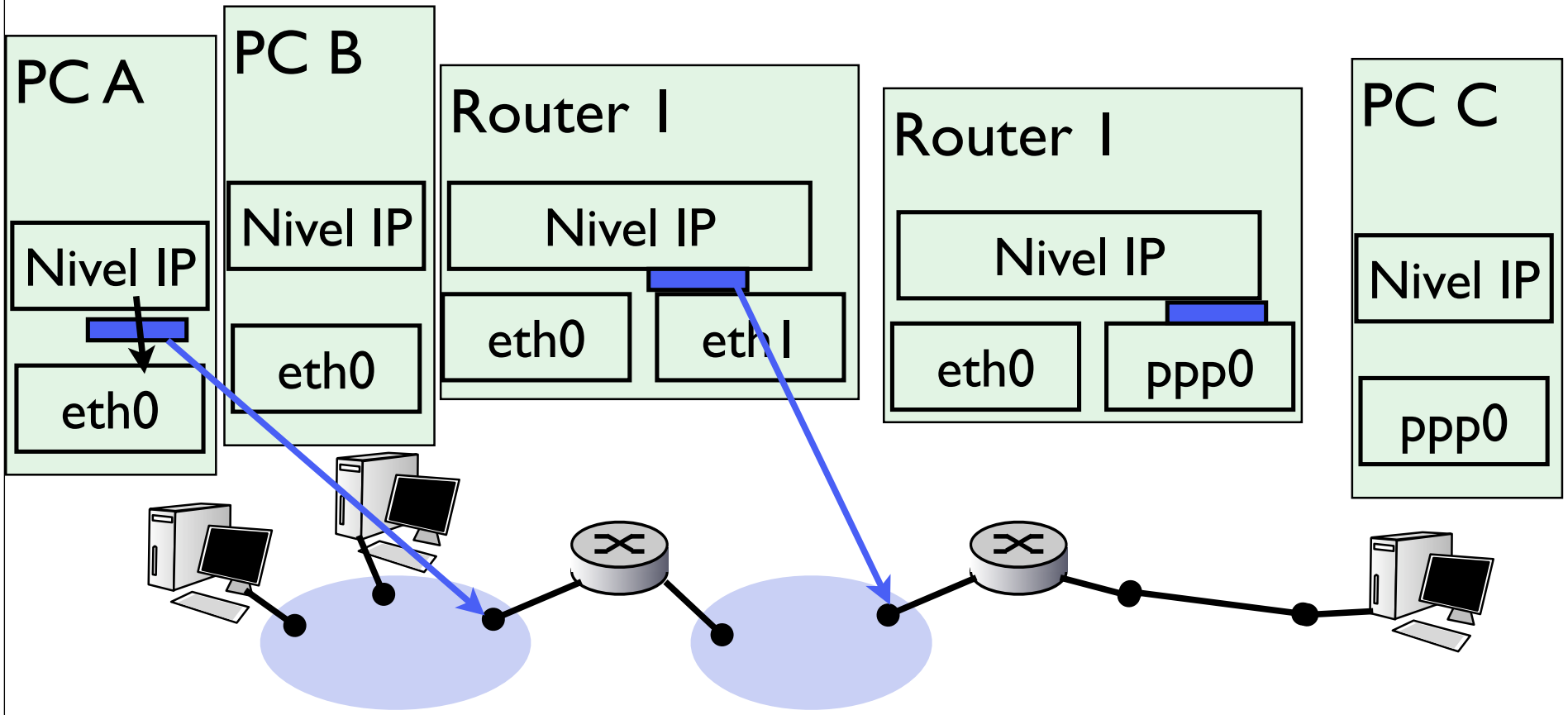
Interfaz con el nivel de enlace

- Envía estos datos (paquete IP) a este vecino
- Llega este paquete IP de este vecino
- Como identificamos a los vecinos?
- Que pasa si el ordenador tiene varios interfaces?



Interfaz con el nivel de enlace

- La dirección de un vecino es:
  {interfaz local, dirección del vecino en la red de area local}
- En algunos tipos de enlaces el interfaz es suficiente



Interfaz con el nivel de enlace

- Los niveles de enlace de redes de área local (por ejemplo Erthernet) utilizan diferentes tipos de direcciones para identificar a los ordenadores en una red de área local
- Estas direcciones las llamaremos direcciones de nivel de enlace o direcciones Ethernet (también direcciones físicas o direcciones MAC)

  Las veremos en el tema de nivel de enlace
- El sistema operativo proporciona a IP mecanismos para obtener la dirección de nivel de enlace de los vecinos a partir de la dirección IP.
  - Se mantiene una tabla de direcciones de los vecinos conocidos en cada interfaz
  - Cuando un vecino que necesitamos no está en la tabla se envían mensajes para localizarlo (Vease ARP en el siguiente tema)

Nivel IP

- Entradas
  - Llega un paquete procedente del nivel de enlace (independientemente de cual)
  - Llega un paquete a enviar procedente del nivel de transporte
  - En ambos casos IP hace el mismo proceso
- Resultados
  - Entregar un paquete al nivel superior
  - Enviar un paquete a través de uno de los interfaces

Recibiendo un paquete IP

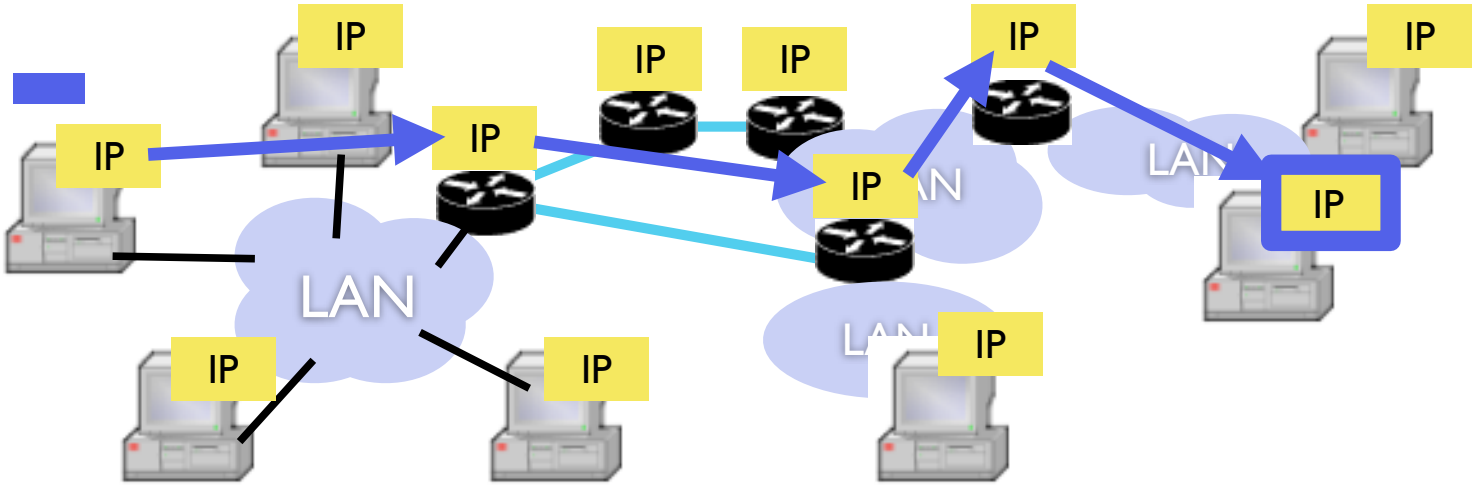
- El nivel IP recibe un paquete proveniente del nivel inferior
  - **Comprobar que la cabecera es correcta con el checksum**
    - Error: descartar el paquete
  - **Extraer la dirección IP destino**
  - **Es un paquete dirigido a este host? (la dirección IP es la mía? o una de las mías?)**
    - SI: entregar al nivel superior
    - NO: pasa a la siguiente pregunta...
  - **Soy un router? (IP_FORWARDING activado?)**
    - SI: pasamos al algoritmo de envío
    - NO: descartar el paquete

Enviando un paquete IP

- El nivel IP recibe un paquete proveniente del nivel de transporte
  - **Extraer la dirección IP destino**
  - **Es un paquete dirigido a este host? (la dirección IP es la mía? o una de las mías?)**
    - SI: entregar al nivel superior
    - NO: pasamos al algoritmo de envío

Envío de un paquete IP

- 2 envíos diferentes
  - Saber que hacer con los destinos que no están en mi LAN
    - Saber cual es el siguiente salto
    - Enviar al siguiente salto
  - Enviar a los destinos **que estén en mi LAN**



Enviando un paquete IP

- El nivel IP tiene un paquete a enviar
  - Proveniente del nivel superior
  - Es un paquete que me ha llegado y no es para mi (y soy un router)
- **Extraer dirección de destino**

  Esta en alguna de las subredes a las que estoy conectado?
  - SI = el destino es un vecino

    enviar paquete utilizando el nivel de enlace
  - NO = el destino no es un vecino

    Determinar el **siguiente salto**
    - Tabla de encaminamiento con los siguientes saltos según prefijos

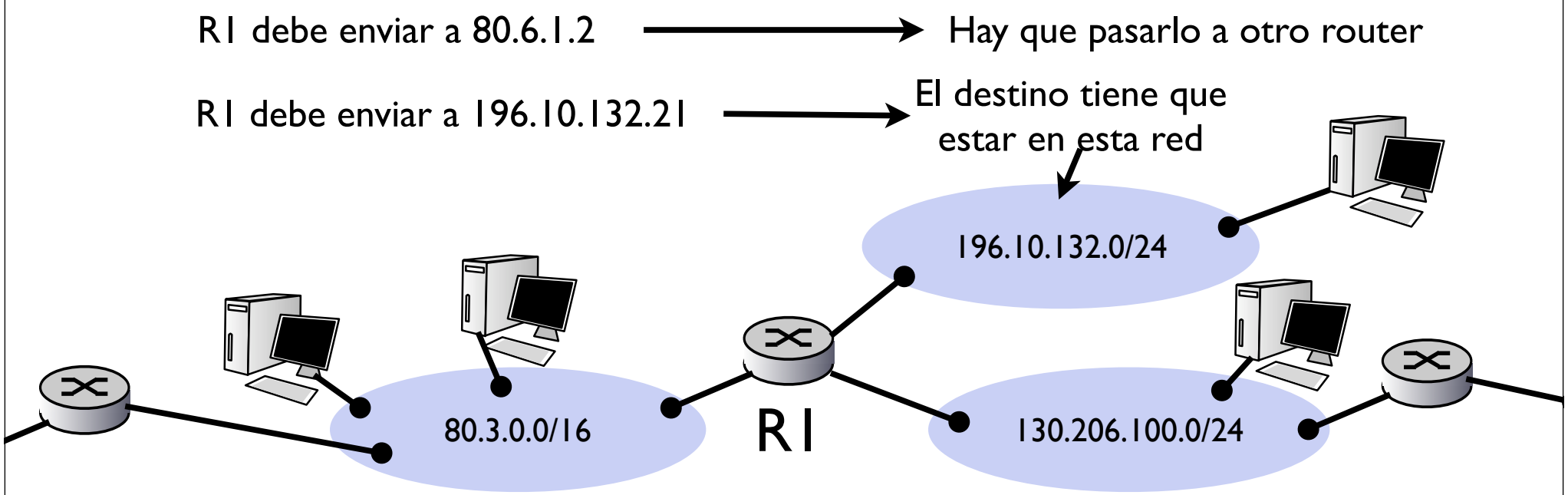
      La tabla de rutas

Problemas

- Cómo saber si el destino es un vecino o no de este router?
  - Para eso se organizan las redes en grupos de direcciones contiguas para decidir rápidamente si una dirección de destino está en una red
- Cómo saber cual es el siguiente salto?
  - Para eso tenemos la tabla de rutas, nos dice como ir a cada posible dirección (o a cada posible prefijo)
- Qué hacemos cuando sabemos el siguiente salto?
  - El siguiente salto si tiene que ser un vecino
  - Se le envía al vecino el paquete IP, ese paquete IP va al vecino pero no tiene como destino la dirección IP del vecino así que el vecino lo reenviará

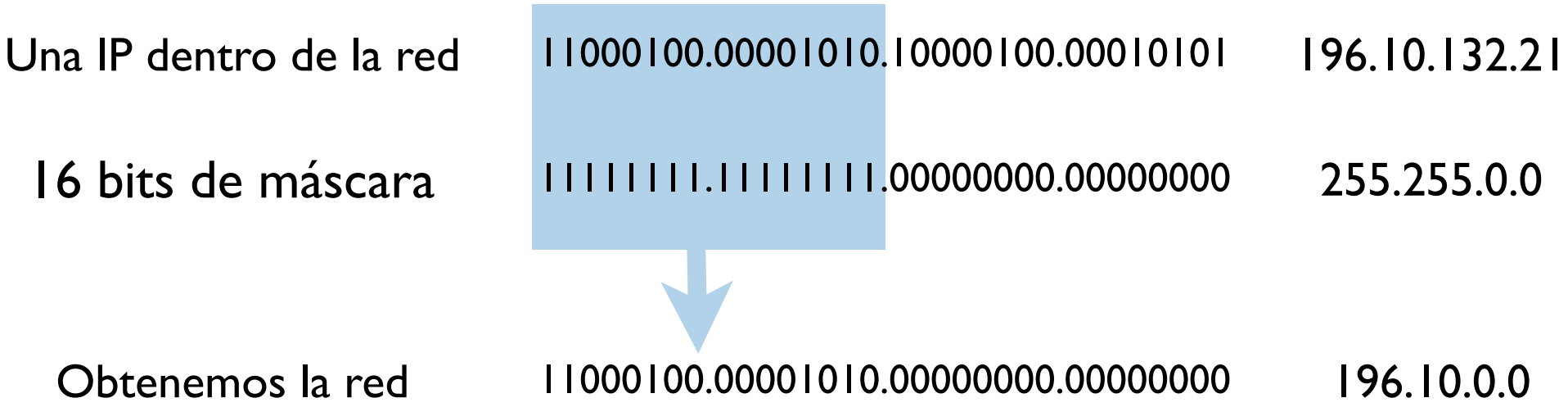
Problemas

- Cómo saber si el destino es un vecino o no de este router?
- Las direcciones en la red se usan en bloques con prefijo común
  - Cada router sabe que bloques tienen las redes de area local a las que esta conectado
  - Si un paquete va a uno de estos bloques hay que enviarlo en esas redes de area local
  - Si no hay que enviarlo a otro router



Redes y máscaras

- Para almacenar las redes vecinas (y para las tablas de rutas) el nivel IP utiliza la máscara para extraer el prefijo de una IP destino
  - Almaceno por cada interfaz mi dirección IP y una máscara (al aplicar la mascara a la dirección IP obtengo el prefijo)



Redes y máscaras

- En este caso el router R1 tendrá las siguientes configuraciones en sus interfaces

```
eth0:
    IP: 80.3.3.23
    mascara: 255.255.0.0

eth1:
    IP: 196.10.132.1
    mascara: 255.255.255.0

eth2:
    IP: 130.206.100.254
    mascara: 255.255.255.0
```

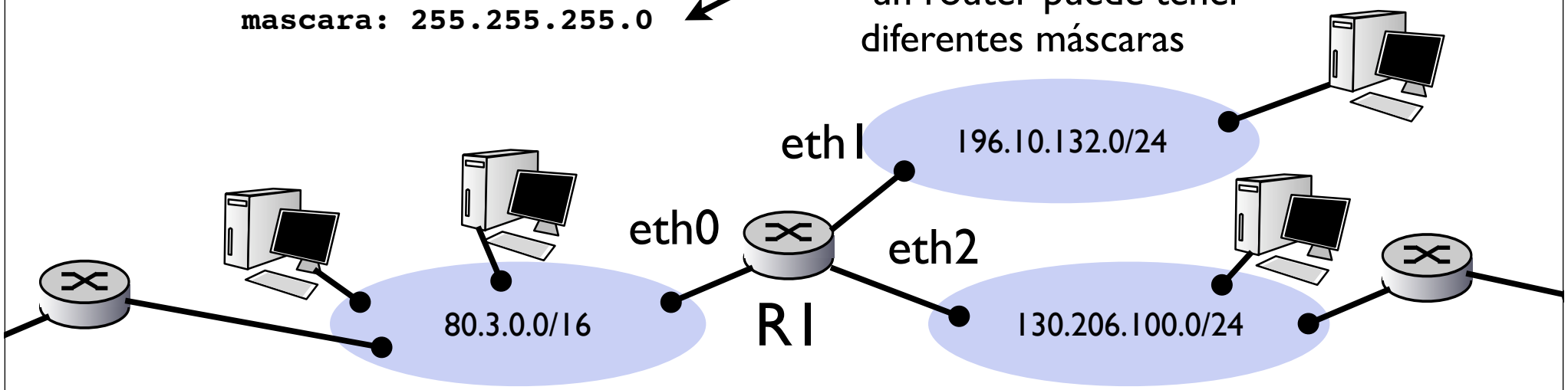
No tiene por que ser la .1

No tiene por que ser la .254

Podría ser la .255 ?

La máscara es del interfaz no del router

un router puede tener diferentes máscaras



Configuración de IP

- Cada interfaz del nivel IP se configura con
  - Una **dirección IP**

    Indica que paquetes debo recibir y que IP origen debo enviar
  - Una **máscara de red**

    Indica quienes son mis vecinos

    Que IPs hay en la misma red de área local
- Con esto es suficiente para comunicarse con la subred

Configurando IP

- Ejemplos configuración de IP
  - En Linux

```
$ ifconfig eth0 10.1.1.14 netmask 255.255.0.0
$ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0D:56:84:6D:A1
          inet addr:10.1.1.14  Bcast:10.1.255.255  Mask:255.255.0.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:16424 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:12100 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:5772581 (5.5 Mb)  TX bytes:3466780 (3.3 Mb)
          Base address:0xdf40 Memory:fcfe0000-fd000000
```

  - En CiscoIOS

```
# sh interface ethernet 0
Ethernet0 is up, line protocol is up
  Hardware is QUICC Ethernet, address is 0004.2721.e196 (bia 0004.2721.e196)
  Internet address is 10.1.1.247/24
  MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit, DLY 1000 usec, rely 255/255, load 1/255
  [...]
```

La tabla de rutas

- Para enviar a otras subredes el nivel IP mantiene una tabla con los caminos a otras redes organizadas por prefijos
  - Los prefijos se indican/configuran con prefijo y mascara
  - o con prefijo y numero de bits de la máscara
- Para cada prefijo {dirección y máscara} se almacena el *siguiente salto*, la dirección IP de un router que reenviará el paquete
- Ejemplo:

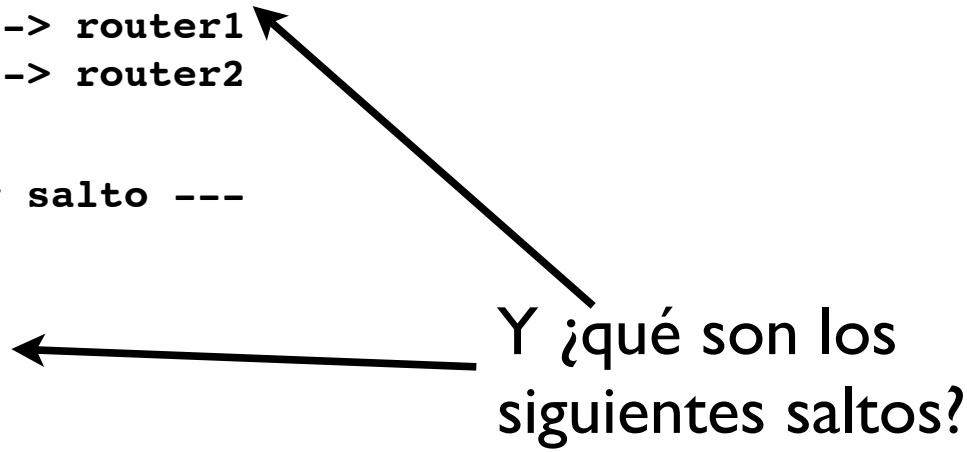
```
-------- prefijo -----------    --- sig salto ---
red              mascara
130.206.20.0     255.255.255.0 -> router1
80.10.0.0        255.255.0.0  --> router2
10.0.0.0         255.0.0.0  ----> router1
los demas       ----------------> router2
```

Más ejemplo

- La tabla almacena una serie de prefijos que se almacenen o se configuren con mascaras o con bits (es indiferente y depende solo de interfaz de usuario)
- Las dos tablas de rutas dicen lo mismo:

```
-------- prefijo -----------    --- sig salto ---
red             mascara
130.206.20.0    255.255.255.0 -> router1
80.10.0.0       255.255.0.0  --> router2
10.0.0.0        255.0.0.0  ----> router1
default        ----------------> router2


---- prefijo ----      --- sig salto ---
130.206.20.0 / 24  -> router1
80.10.0.0 / 16  ----> router2
10.0.0.0 / 8    ----> router1
default    ---------> router2
```



El prefijo por defecto es el prefijo que todas las IPs cumplen o sea
0.0.0.0 máscara 0.0.0.0
o bien 0.0.0.0/0

Tabla de rutas

- Pongamos que la tabla de rutas de R1 sea esta

```
-------- prefijo -----------     --- sig salto ---
red              mascara
130.206.20.0     255.255.255.0 -> 130.206.100.8
80.10.0.0        255.255.0.0  --> 80.3.9.21
10.0.0.0         255.0.0.0  ----> 130.206.100.8
default         ----------------> 80.3.9.21
```

- Los siguientes saltos tienen que ser direcciones IP vecinas !!

  Para que podamos entregarles un paquete a nivel de enlace

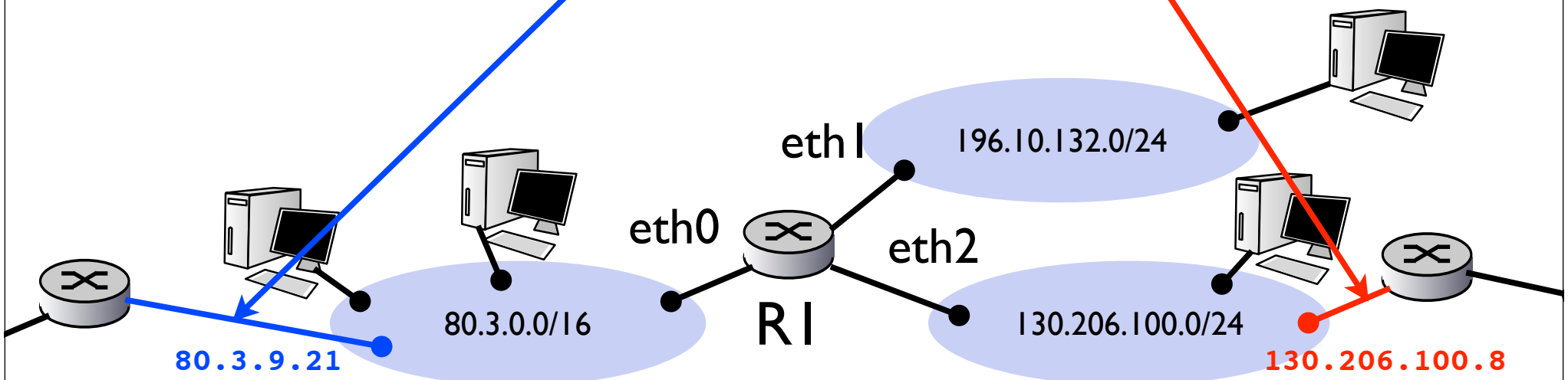


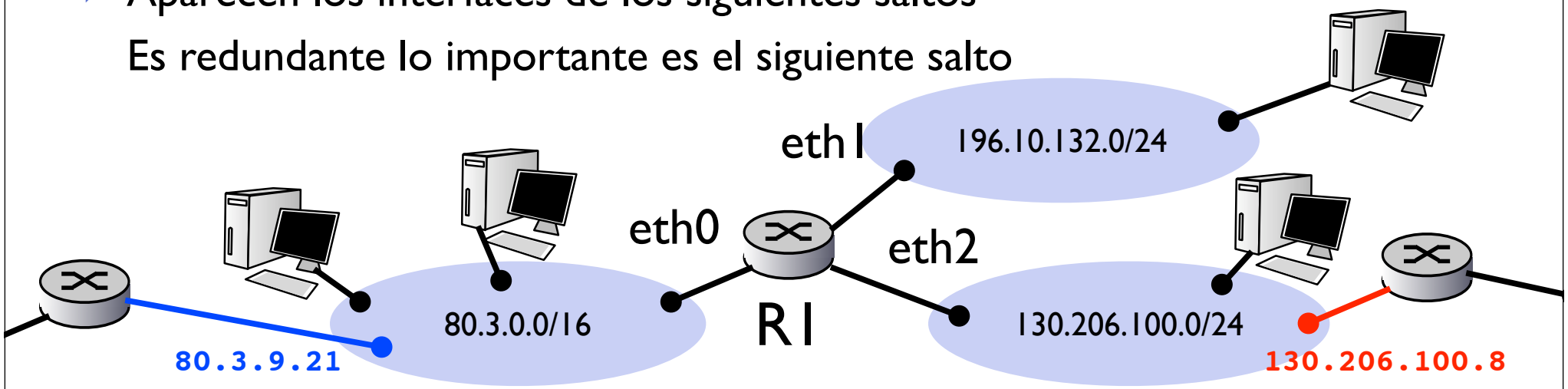
Tabla de rutas

- En implementaciones reales sale más información

```
-------- prefijo -----------    --- sig salto ---   -- interfaz --
red              mascara
130.206.100.0    255.255.255.0    conectado           eth2
196.10.132.0     255.255.255.0    conectado           eth1
80.3.0.0         255.255.0.0      conectado           eth0
130.206.20.0     255.255.255.0 -> 130.206.100.8       eth2
80.10.0.0        255.255.0.0  --> 80.3.9.21           eth0
10.0.0.0         255.0.0.0  ----> 130.206.100.8       eth2
0.0.0.0          0.0.0.0  ------> 80.3.9.21           eth0
```

- Aparecen las IPs conectadas a los interfaces
- Aparecen los interfaces de los siguientes saltos

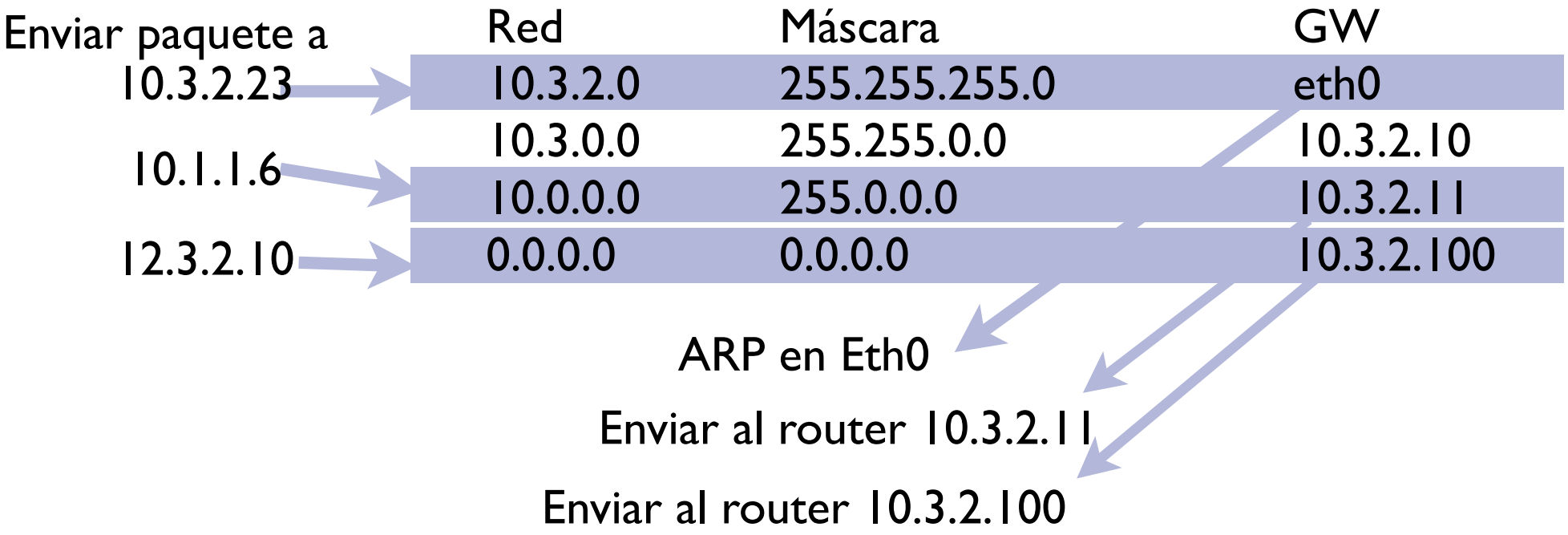
  Es redundante lo importante es el siguiente salto



Enviando un paquete IP

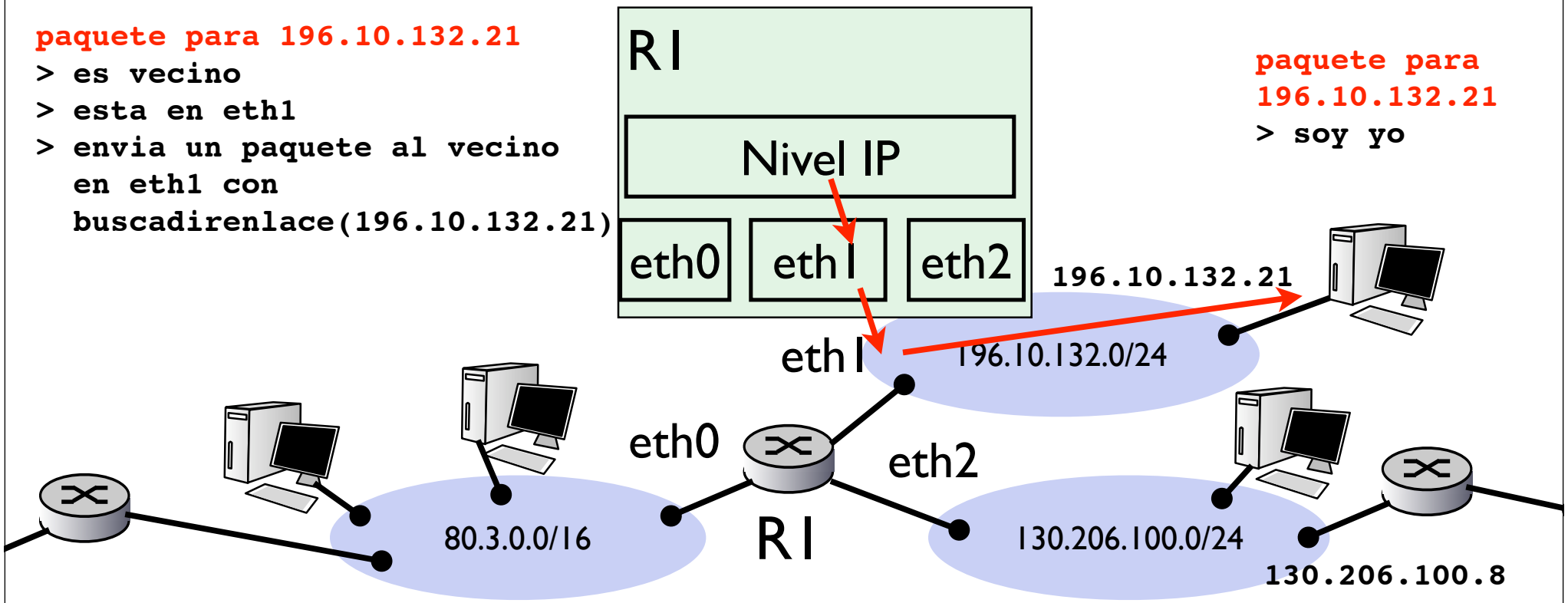
- Se busca la primera entrada de la tabla que coincida.

  Empezando por las máscaras más restrictiva (segun la implementación la tabla está almacenada en orden más restrictivo o bien se busca en ese orden)
- Si coincide obtenemos el interfaz o el siguiente router



Enviando al siguiente salto

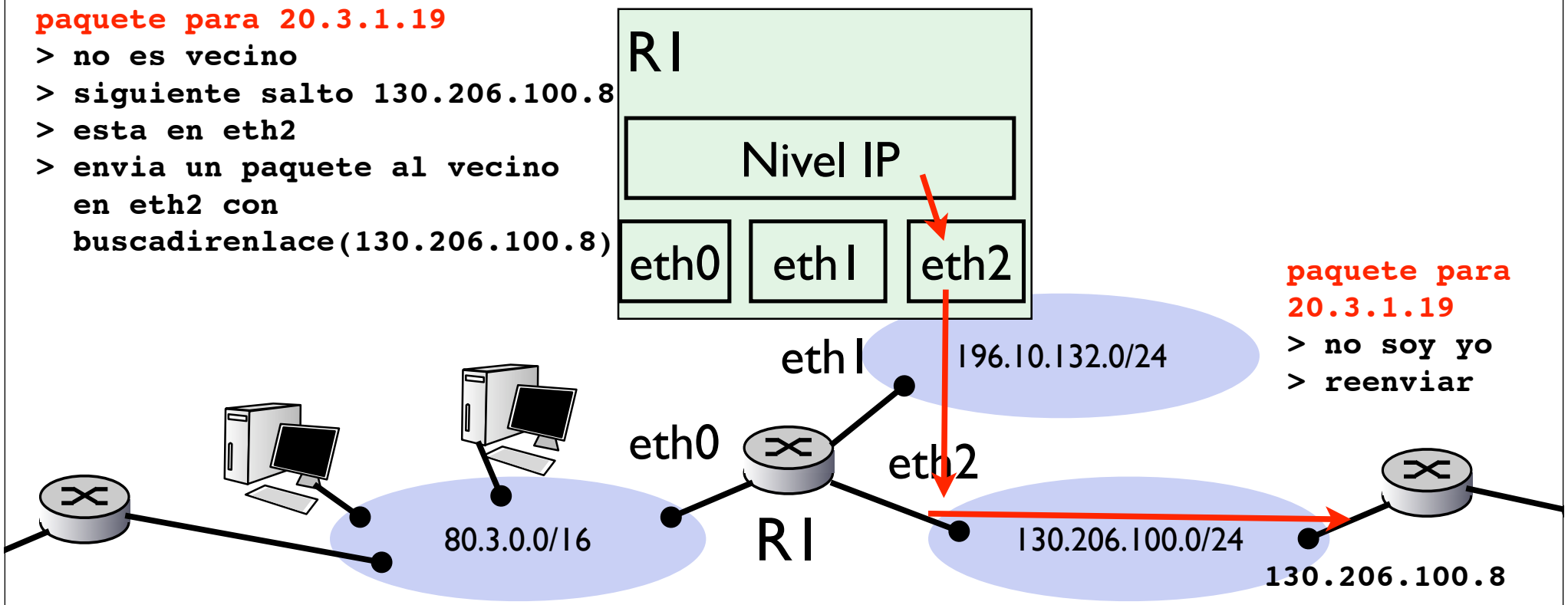
- Si el destino es vecino
  - > Se le da al nivel de enlace el paquete IP pidiéndole que lo transmita a ese vecino en el interfaz correspondiente
  - > El vecino recibe un paquete que va para su IP y lo entrega al nivel superior



Enviando al siguiente salto

- Si el destino no es vecino
  - > Se busca el siguiente salto en la tabla de rutas
  - > Se le da al nivel de enlace el paquete IP pidiéndole que lo transmita al siguiente salto ese vecino en el interfaz correspondiente
  - > El vecino recibe un paquete que no va para su IP y lo reenvía

```
paquete para 20.3.1.19
> no es vecino
> siguiente salto 130.206.100.8
> esta en eth2
> envia un paquete al vecino
  en eth2 con
  buscadirenlace(130.206.100.8)
```



La tabla de rutas

- Ejemplos consultando la tabla de rutas
  - En Linux

```
$ route -n
10.1.0.0        0.0.0.0         255.255.0.0     U     0      0        0 eth0
169.254.0.0     0.0.0.0         255.255.0.0     U     0      0        0 eth0
127.0.0.0       0.0.0.0         255.0.0.0       U     0      0        0 lo
0.0.0.0         10.1.1.1        0.0.0.0         UG    0      0        0 eth0
```

  - En CiscoIOS

```
> show ip route
Gateway of last resort is 10.6.1.248 to network 0.0.0.0

     10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C       10.6.4.0/24 is directly connected, Vlan8
S       10.3.0.0/16 [1/0] via 10.1.1.247
C       10.1.0.0/16 is directly connected, Vlan3
C       10.6.1.0/24 is directly connected, Vlan6
C       10.6.3.0/24 is directly connected, Vlan7
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 10.6.1.248
```

Construcción de la tabla de rutas

- **Enrutamiento estático**

  = La configura el administrador

  - No se adapta a los cambios, no reacciona ante fallos de enlaces
  - Más fácil en redes simples. Hay pocas redes y siempre está clara la ruta por defecto hacia afuera

- **Enrutamiento dinámico**

  = Protocolos de enrutamiento, los routers hablan con sus vecinos y se ponen de acuerdo en las tablas de rutas (Algoritmos de Dijkstra y Bellman-Ford distribuidos)

  - Se adapta a los cambios
  - Es mas cómodo cuando todo funciona
  - Problemas de algoritmos distribuidos... puede tardar en estabilizarse la solución, pueden generarse ciclos de enrutamiento...
  - Interesante pero no hay tiempo para ver esto

    (si tiene interés vea Redes en segundo ciclo de Ingeniería Informática)

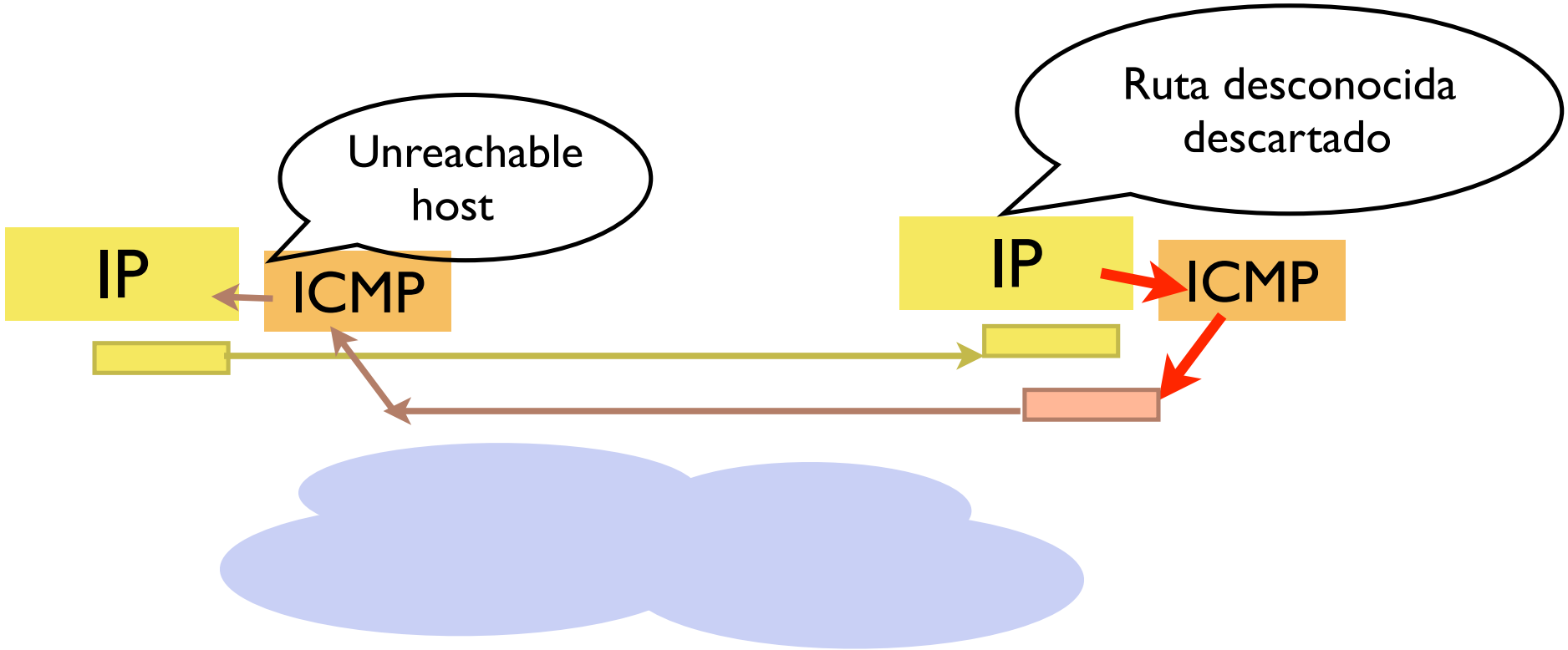
Protocolos de soporte a IP

- Nivel de red en Internet formado por
  - Protocolo IP + reglas de reenvío (ok)
  - Tabla de rutas (ok)
  - Protocolos de encaminamiento dinámico (ok)
  - Protocolos ICMP

ICMP

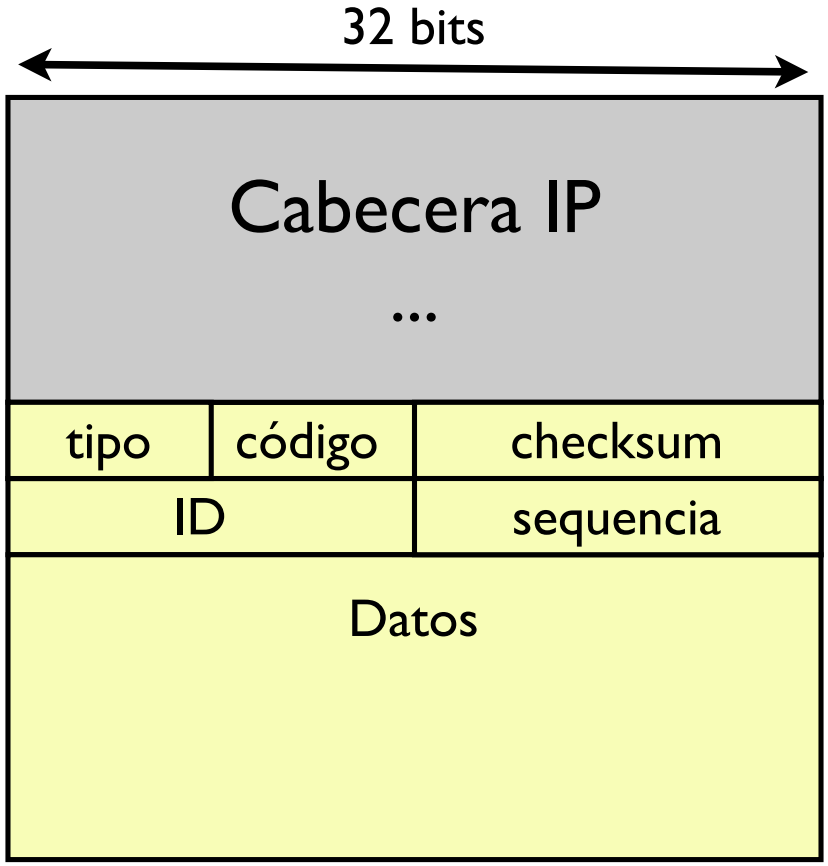
- Internet Control Message Protocol (RFC 792)

  Protocolo para comunicacion de control entre niveles IP



Formato de paquete ICMP

- Protocolo sobre IP
  - tipo y codigo del mensaje
  - id y secuencia para identificarlo
  - checksum de la cabecera



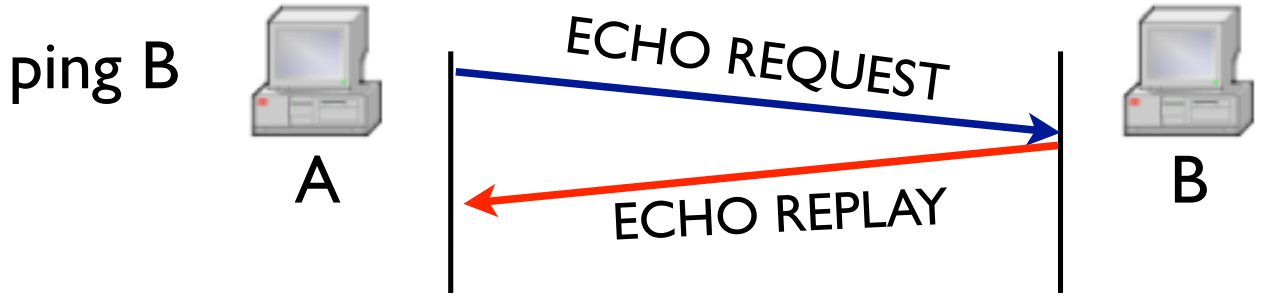
ICMP: tipos y códigos de los mensajes

tipo	código	description	
0	0	echo reply (ping)	
3	0	dest. network unreachable	Informar de errores
3	1	dest host unreachable	
3	2	dest protocol unreachable	
3	3	dest port unreachable	
3	6	dest network unknown	
3	7	dest host unknown	
4	0	source quench (congestion control - not used)	
8	0	echo request (ping)	
9	0	route advertisement	control routers
10	0	router discovery	
11	0	TTL expired	Informar de errores
12	0	bad IP header	

+ ECHO REQUEST/REPLAY

Ping

- Mediante ICMP se ofrece el servicio de Ping
  - Si un nivel ICMP recibe un paquete ECHO REQUEST
  - Responde con un paquete ECHO REPLAY al origen
  - Útil para gestión y mantenimiento de la red, permite averiguar si hay un host en una dirección IP dada (y cuanto retardo hay hasta ella)

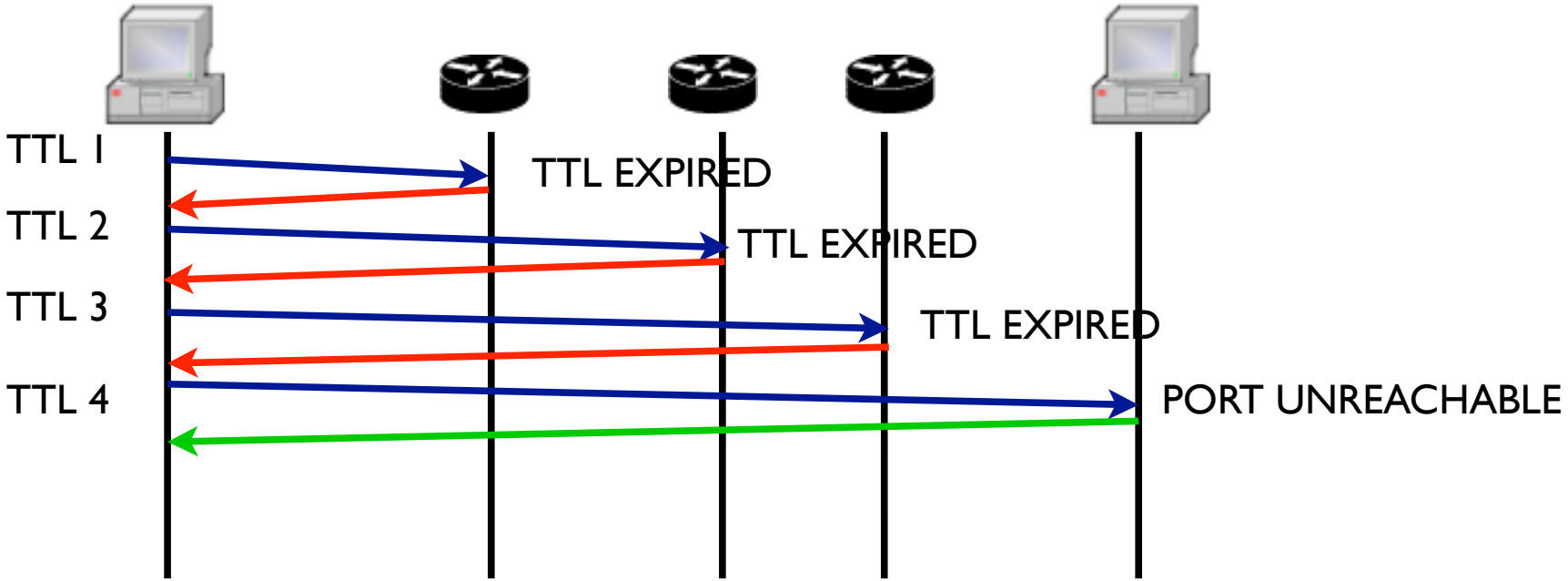



```
$ ping www.google.com
PING www.l.google.com (216.239.59.104): 56 data bytes
64 bytes from 216.239.59.104: icmp_seq=0 ttl=242 time=196.928 ms
64 bytes from 216.239.59.104: icmp_seq=1 ttl=242 time=197.240 ms
64
64
```

```
1124636694.904248 IP 192.168.1.33 > 216.239.59.104: icmp 64: echo request seq 0
1124636695.100972 IP 216.239.59.104 > 192.168.1.33: icmp 64: echo reply seq 0
1124636695.904467 IP 192.168.1.33 > 216.239.59.104: icmp 64: echo request seq 1
1124636696.101508 IP 216.239.59.104 > 192.168.1.33: icmp 64: echo reply seq 1
1124636696.904678 IP 192.168.1.33 > 216.239.59.104: icmp 64: echo request seq 2
1124636697.101080 IP 216.239.59.104 > 192.168.1.33: icmp 64: echo reply seq 2
...
```

Traceroute

- Sistema parecido al ping pero averigua todos los saltos
  - Usa UDP sobre IP (podría tambien usar ICMP ECHO)
  - Envía paquetes al destino con TTL incrementandose
  - El router que tira el paquete envia un ICMP TTL EXPIRED



Conclusiones

- El protocolo IP reenvía los paquetes a los routers vecinos o al destino final
  - Para ello debe saber quien esta en su red de area local
  - Necesita configuración una dirección, una máscara
  - y la **tabla de rutas**
- ICMP permite enviar errores y mensajes de control entre niveles IP
  - va sobre paquetes IP
  - permite algunas uttilidades: ping, traceroute

Próxima clase:

- Nivel de enlace