

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Repaso

Área de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Programación de Redes
Grado en Ingeniería Informática, 3º

Temas de teoría

1. Introducción

- Presentación
- **Repaso**

2. Campus LAN

3. Encaminamiento

4. Tecnologías de acceso y WAN

Objetivos

- Recordar la separación de funciones en niveles en TCP/IP
- Recordar el concepto de encapsulado
- Recordar cómo se hace el direccionamiento IPv4 con CIDR
- Recordar cómo funciona una tabla de rutas IPv4 (*longest prefix match*)

Una taxonomía de redes

LAN

- Local Area Network (Red de área local)
- Desde una habitación al tamaño de un campus

MAN

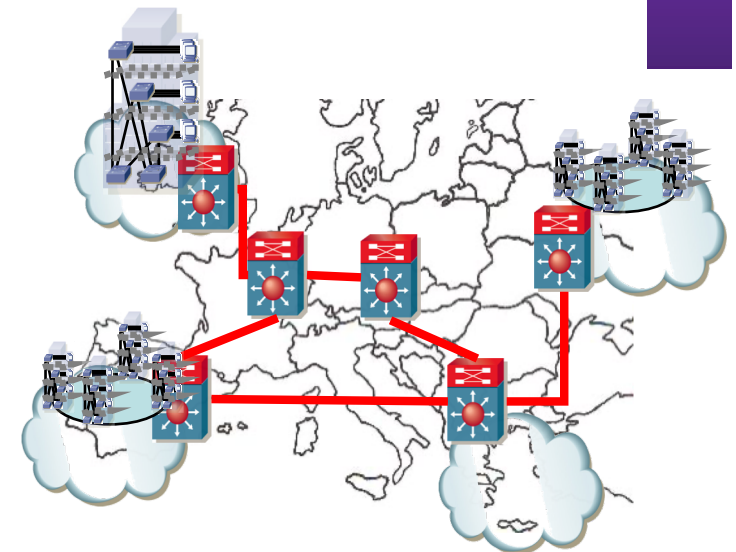
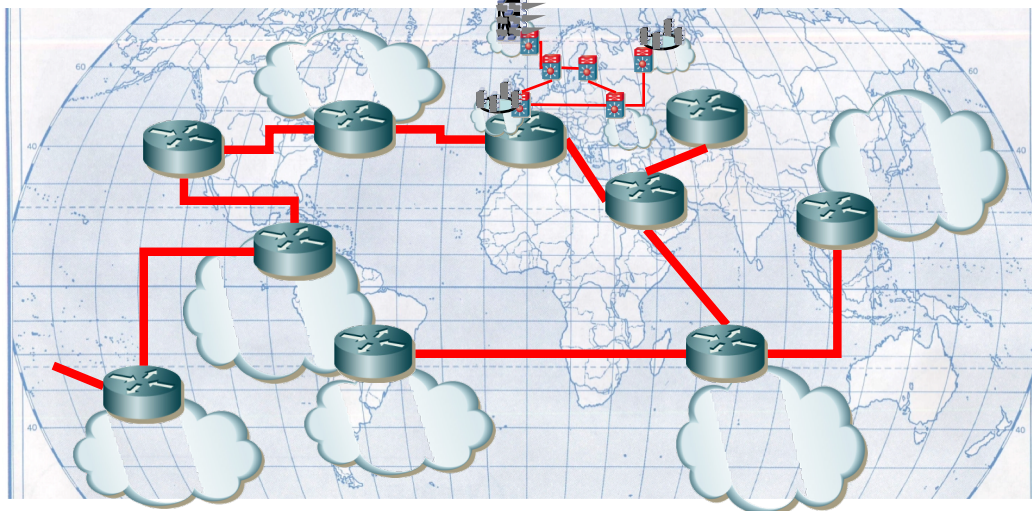
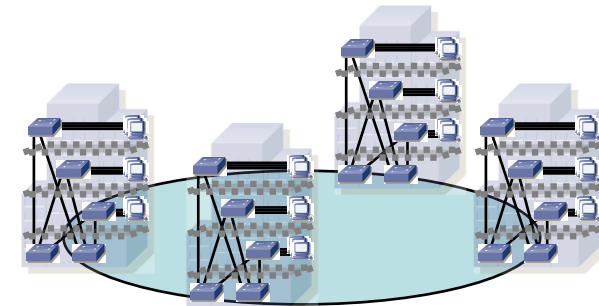
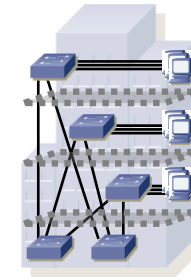
- Metropolitan Area Network (Red de área metropolitana)
- Hasta el tamaño de una ciudad

WAN

- Wide Area Network (Red de área extensa)
- Generalmente abarcan continentes

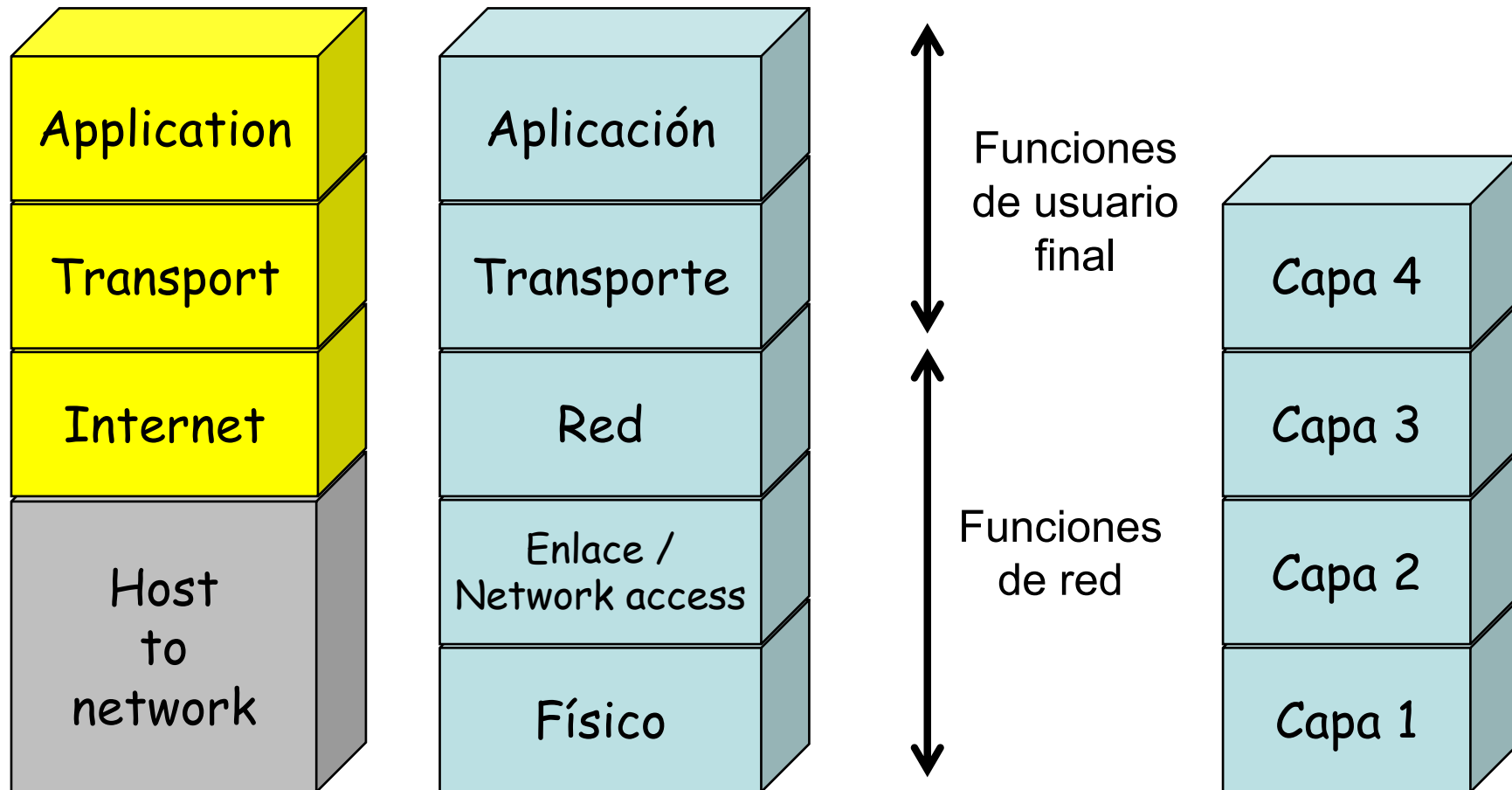
Internetwork

- Interconexión de redes WAN y LAN



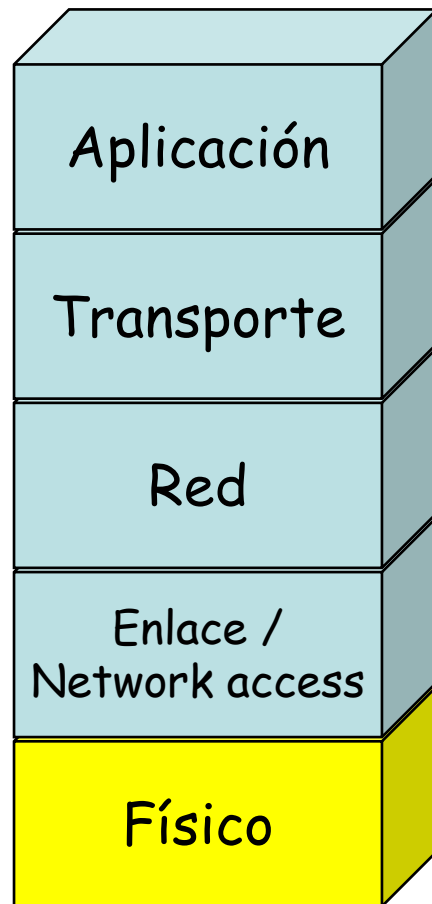
Arquitectura de protocolos TCP/IP

- Arquitectura dominante



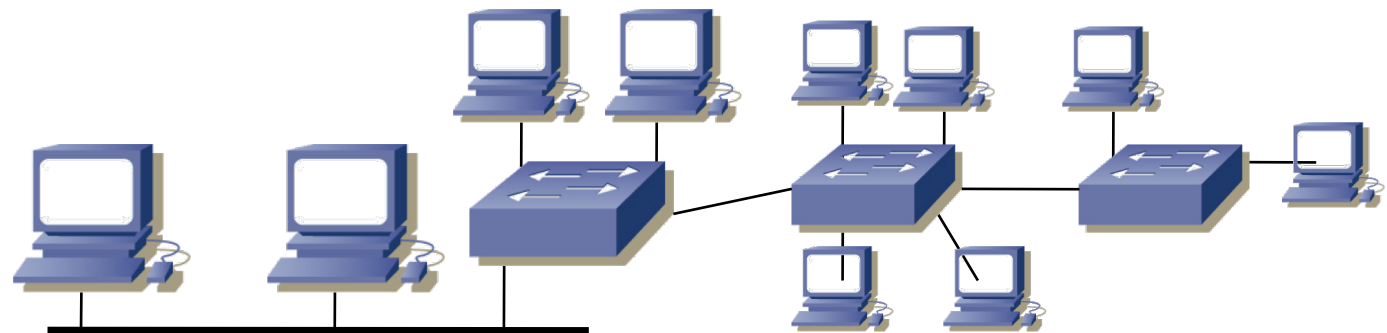
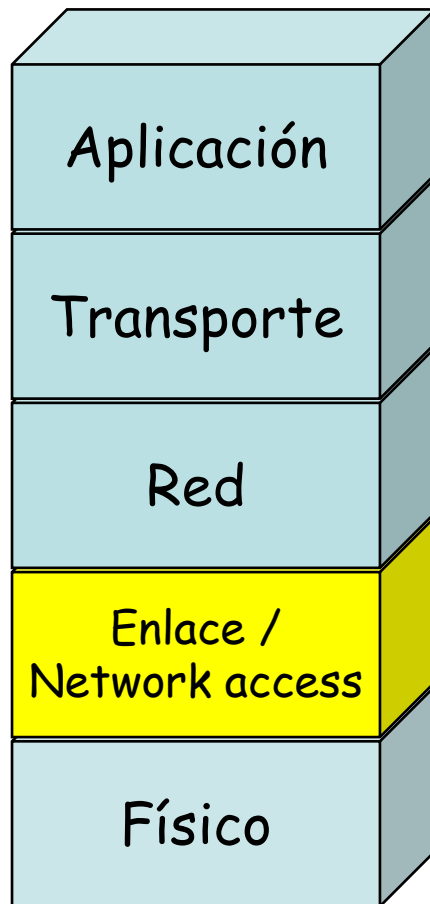
Nivel físico

- *Physical layer*
- Interfaz entre el dispositivo y el medio de transmisión
- Construye la señal y la adapta al medio. Recupera la señal
- Depende del medio físico



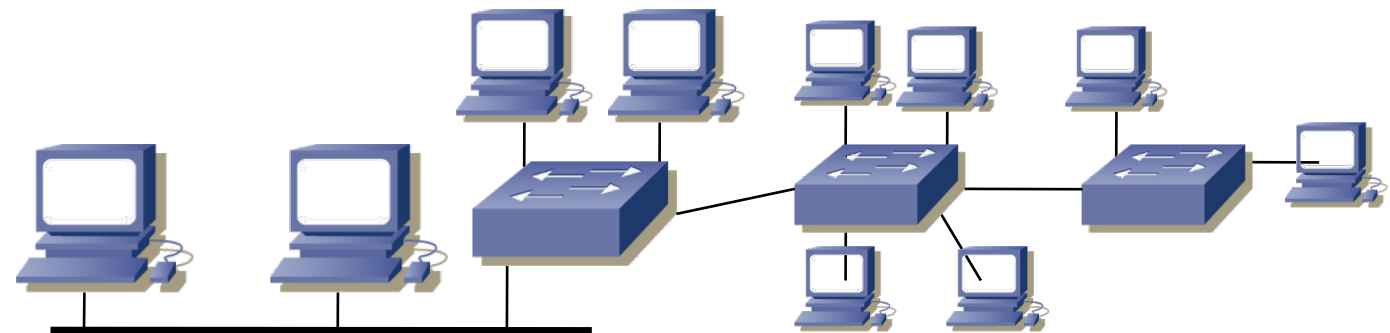
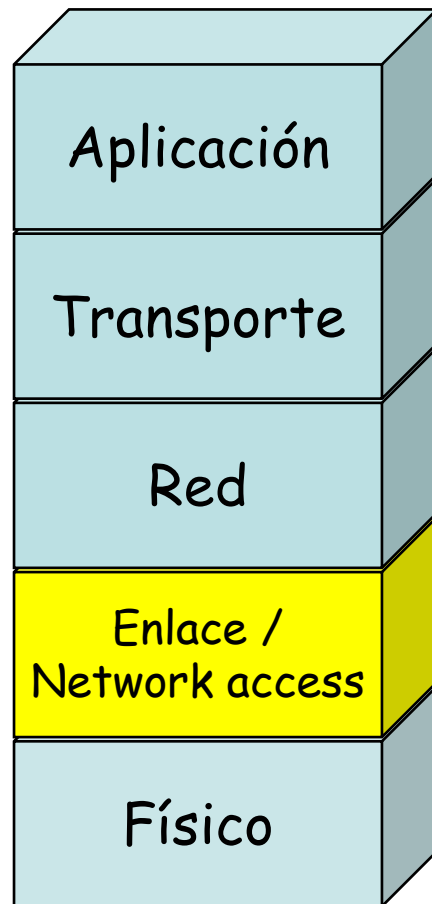
Nivel de enlace

- *Link layer, Network access layer*
 - Intercambio de datos entre hosts *en la misma red*
 - Depende del tipo (tecnología) de red
 - El nivel superior (red/Internet) independiente de las tecnologías
- Para el mismo nivel de enlace puede cambiar el nivel físico (ej: Ethernet par trenzado, fibra, coax...)
 - Implementado en los hosts y equipos de conmutación de red
 - Proporciona control del enlace (activar, mantener, desactivar)
 - Detección y control de errores
 - Envía tramas (frames)



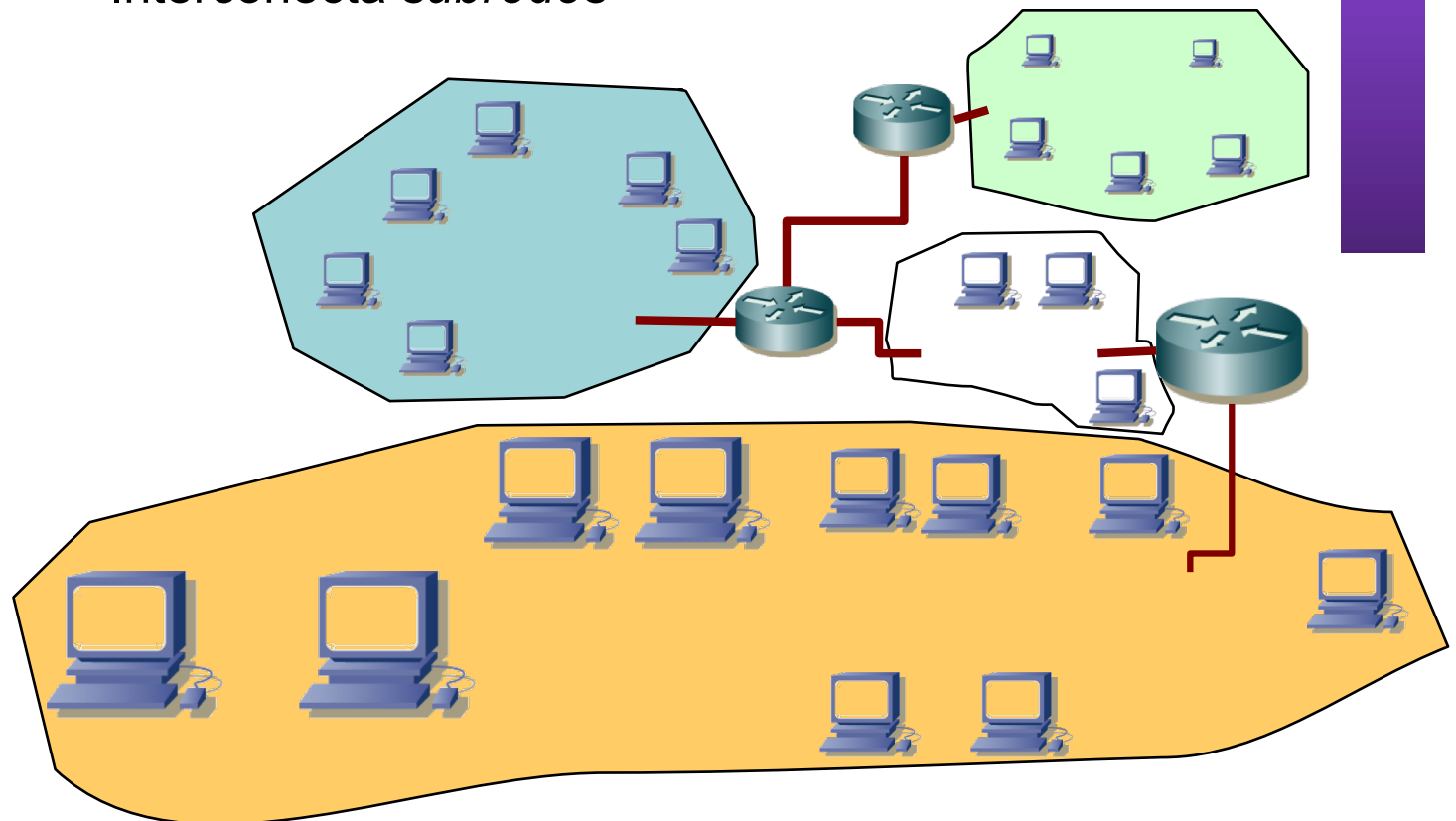
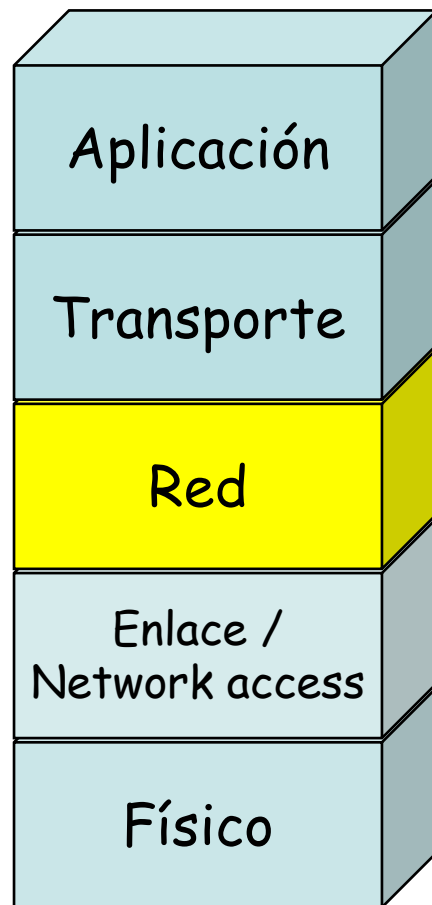
Nivel de enlace

- Se ha visto algo de Ethernet en “Arquitectura de Redes” y en “Redes de Computadores”
- Lo repasaremos y extenderemos
- Asumimos conocimiento básico sobre ARP (visto en RC)
- Veremos tecnologías (LAN) y su equipamiento
- En prácticas útil la parte con equipos de las prácticas de “Arquitectura de Redes”



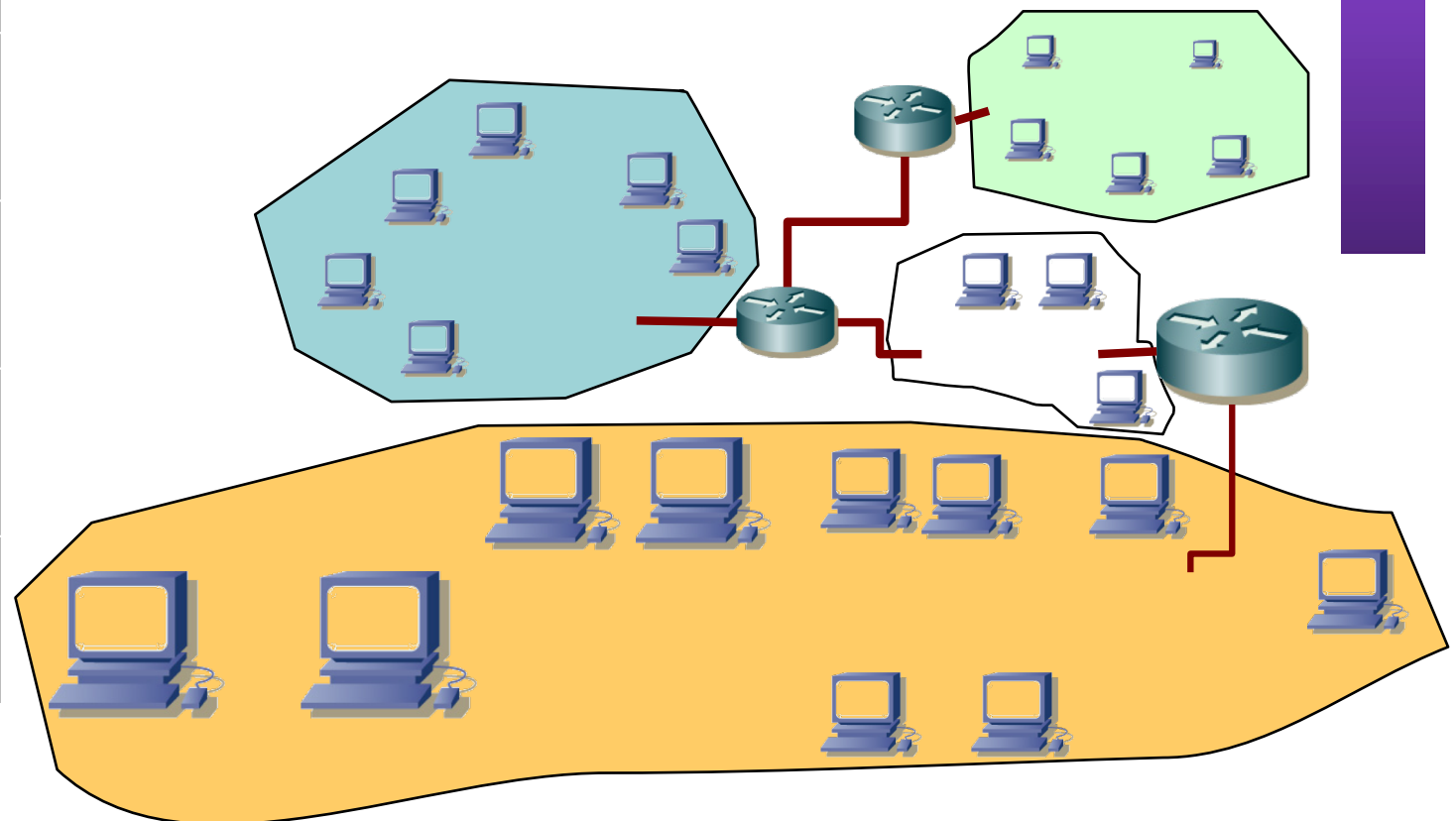
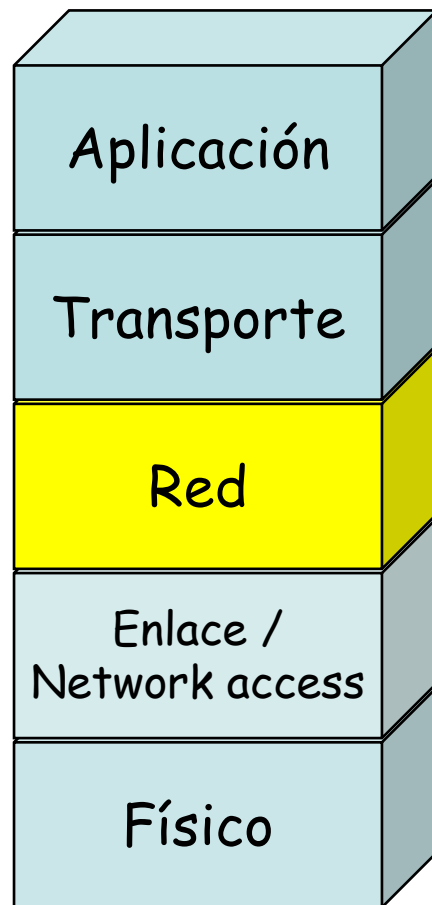
Nivel de red o de Internet

- *Network layer, Internet layer*
 - Necesario cuando los hosts están en distintas redes
 - Debe saber cómo llegar de una red a otra
 - Independiente de la tecnología empleada en cada red
- Implementado en los hosts y los conmutadores de red
 - Envía paquetes/datagramas
 - Interconecta *subredes*



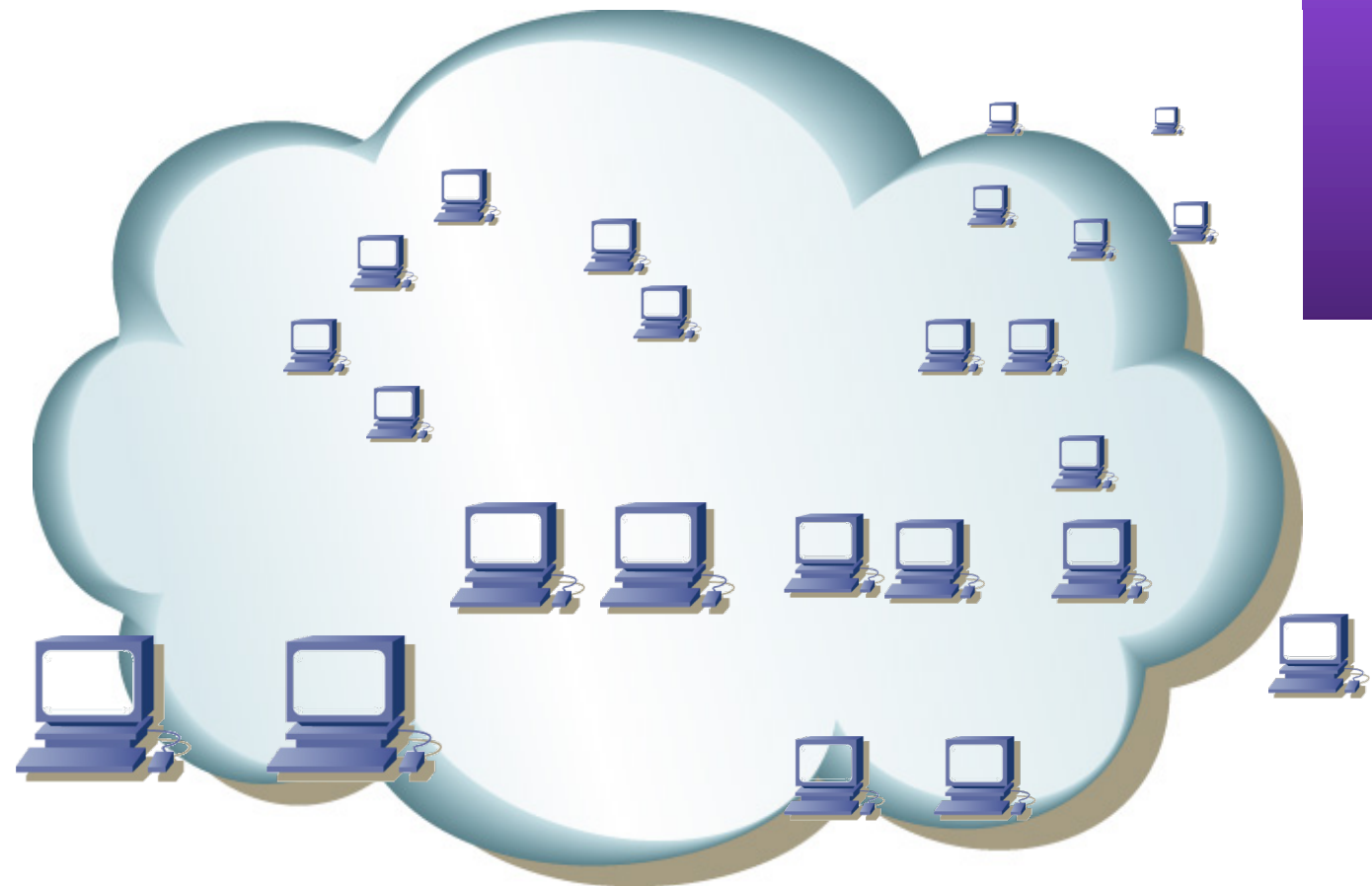
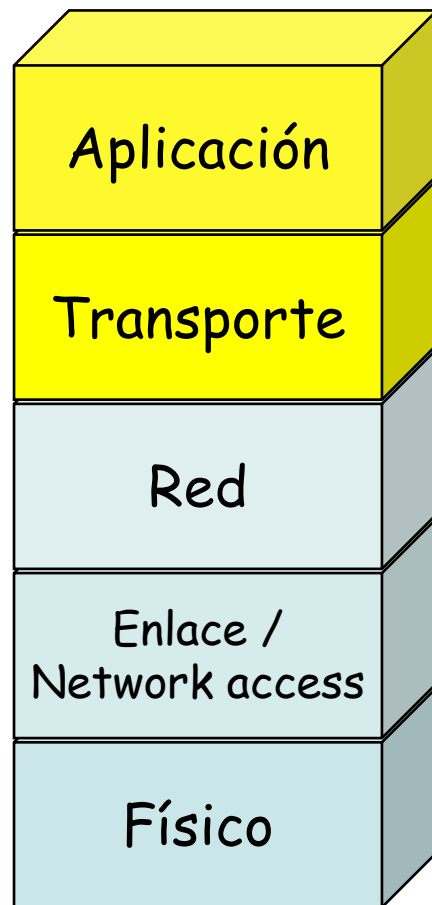
Nivel de red o de Internet

- Repasad IP de “Redes de Computadores”: direccionamiento, tablas de rutas, longest-prefix-match
- Haremos un repaso rápido hoy centrado en esta parte
- Próximo día problemas de repaso

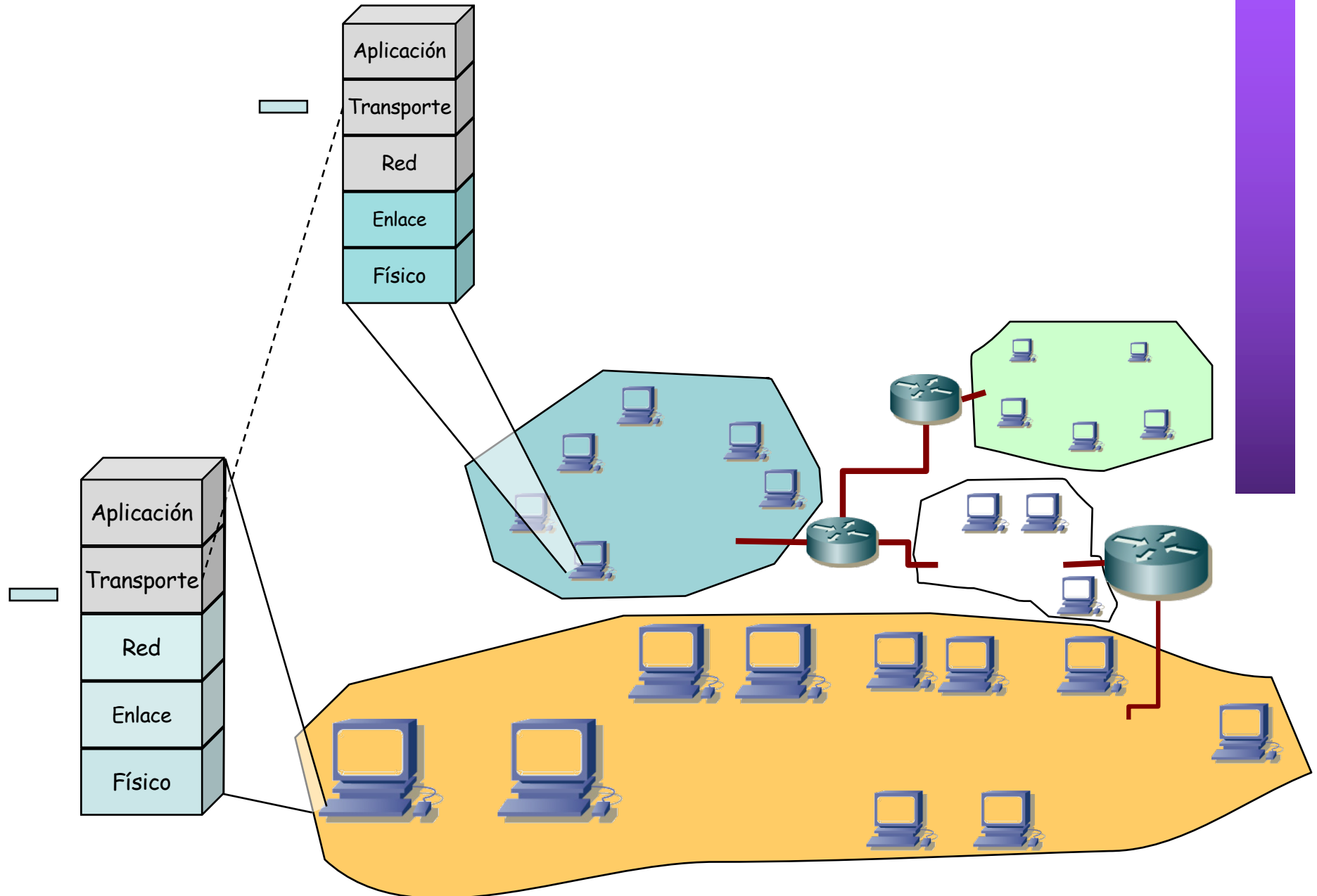


Niveles de transporte y aplicación

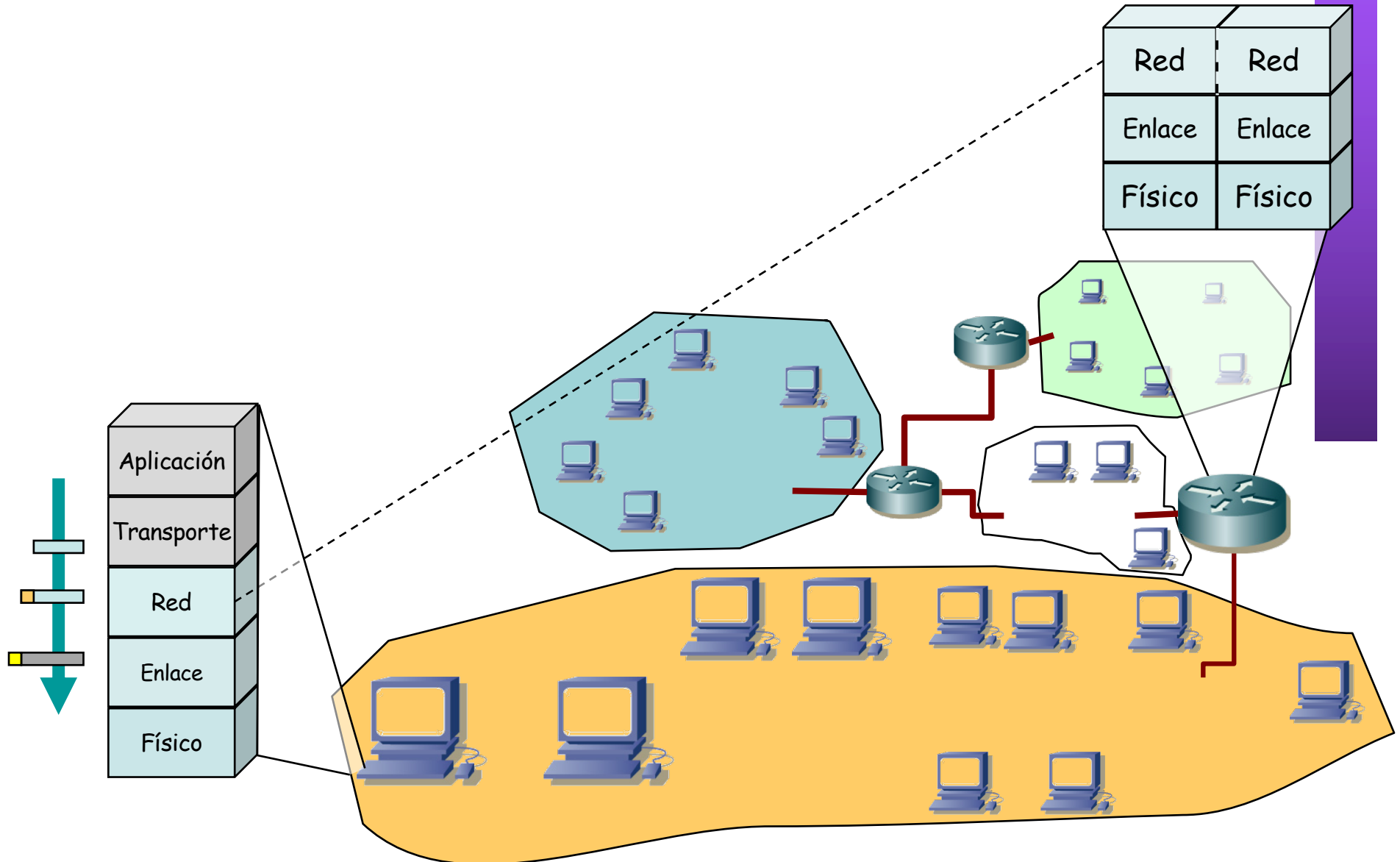
- No ampliamos
- Simplemente usados en aplicaciones que empleemos para probar las redes configuradas



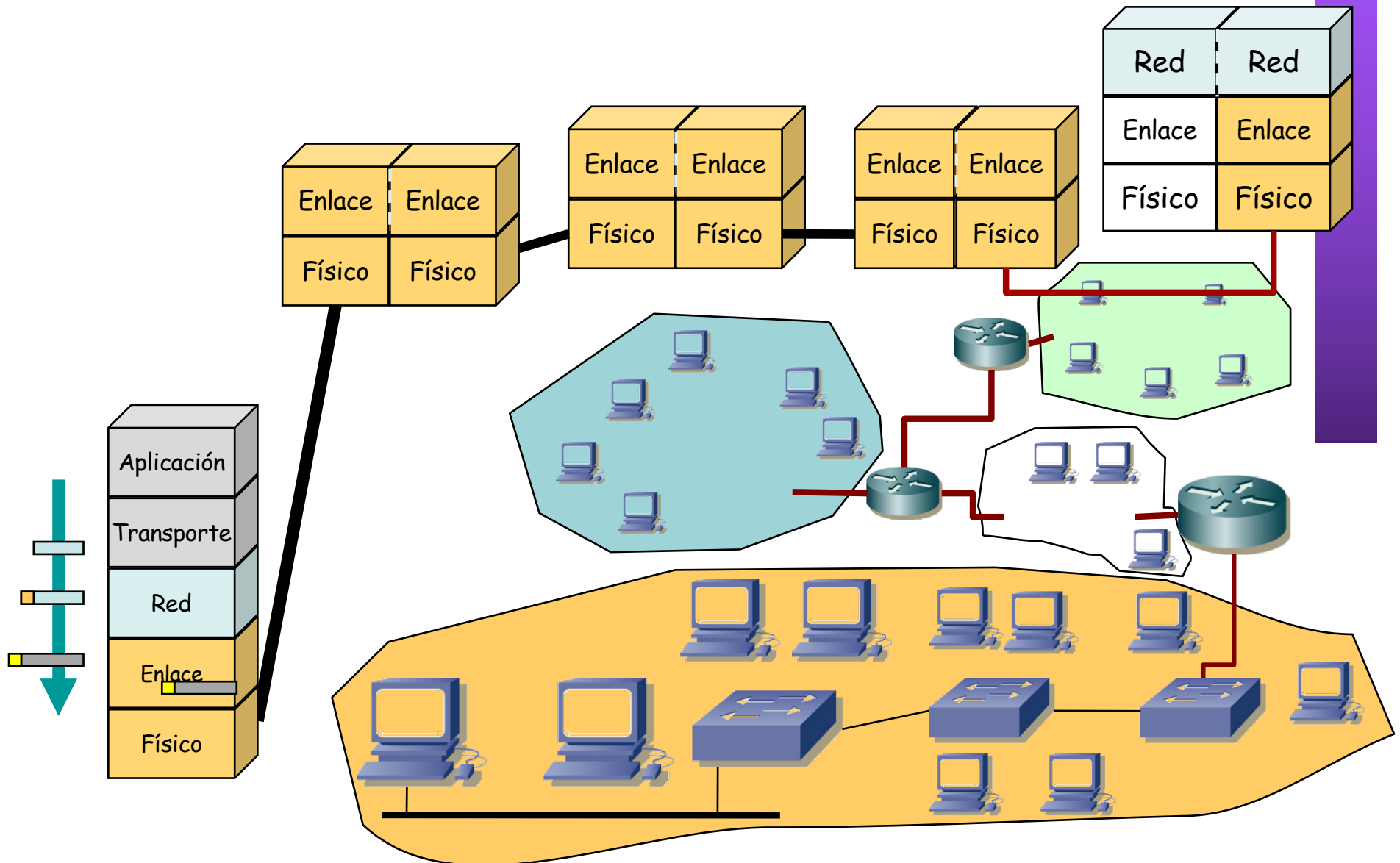
Extremo a extremo



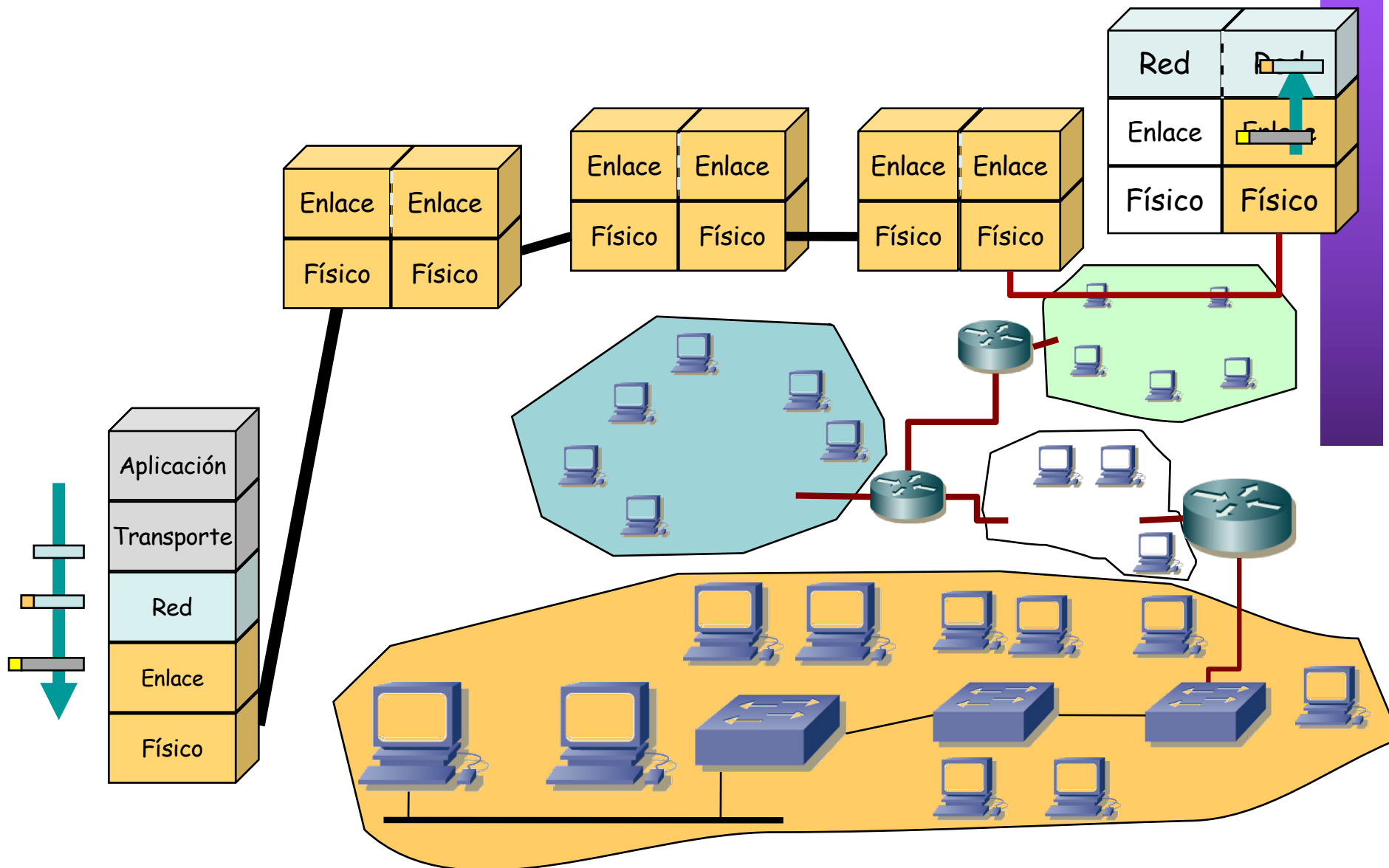
Extremo a extremo



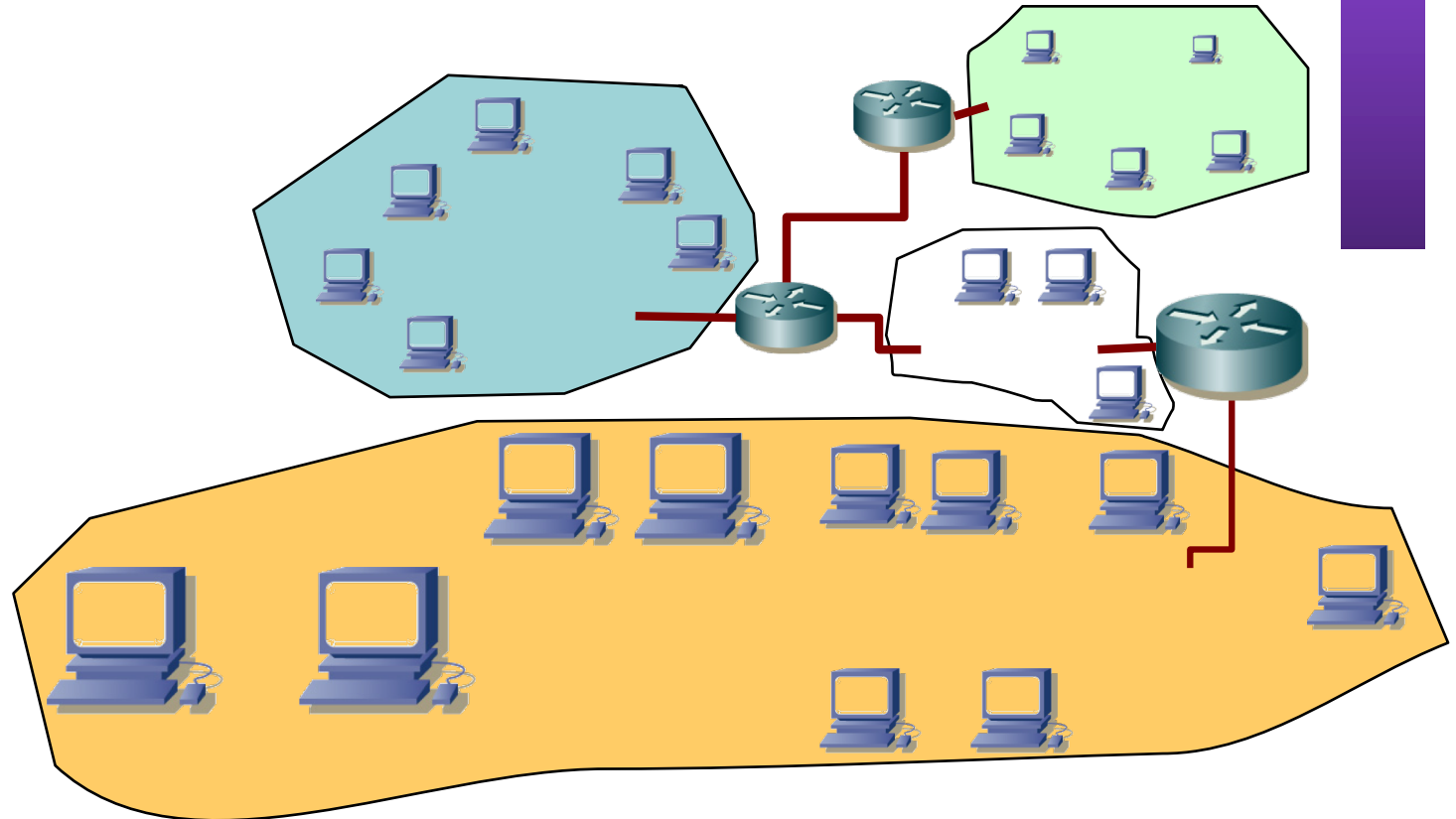
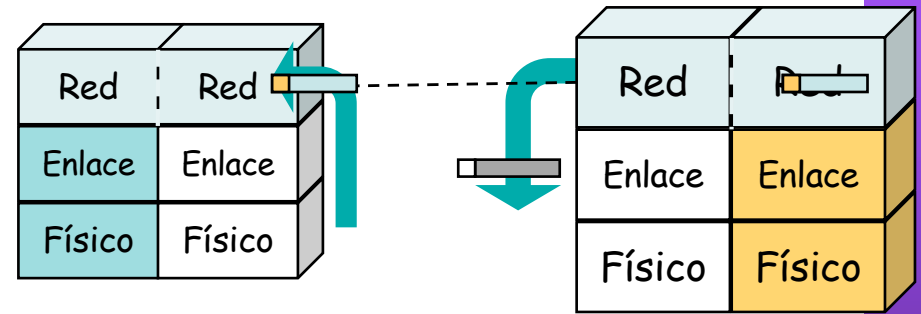
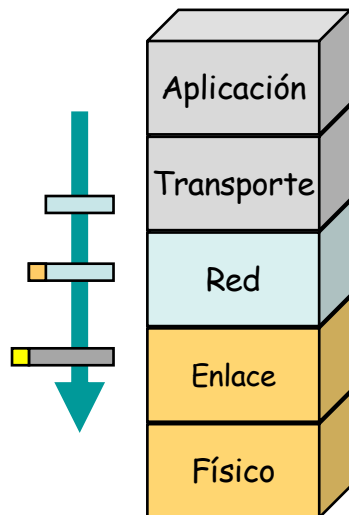
Extremo a extremo



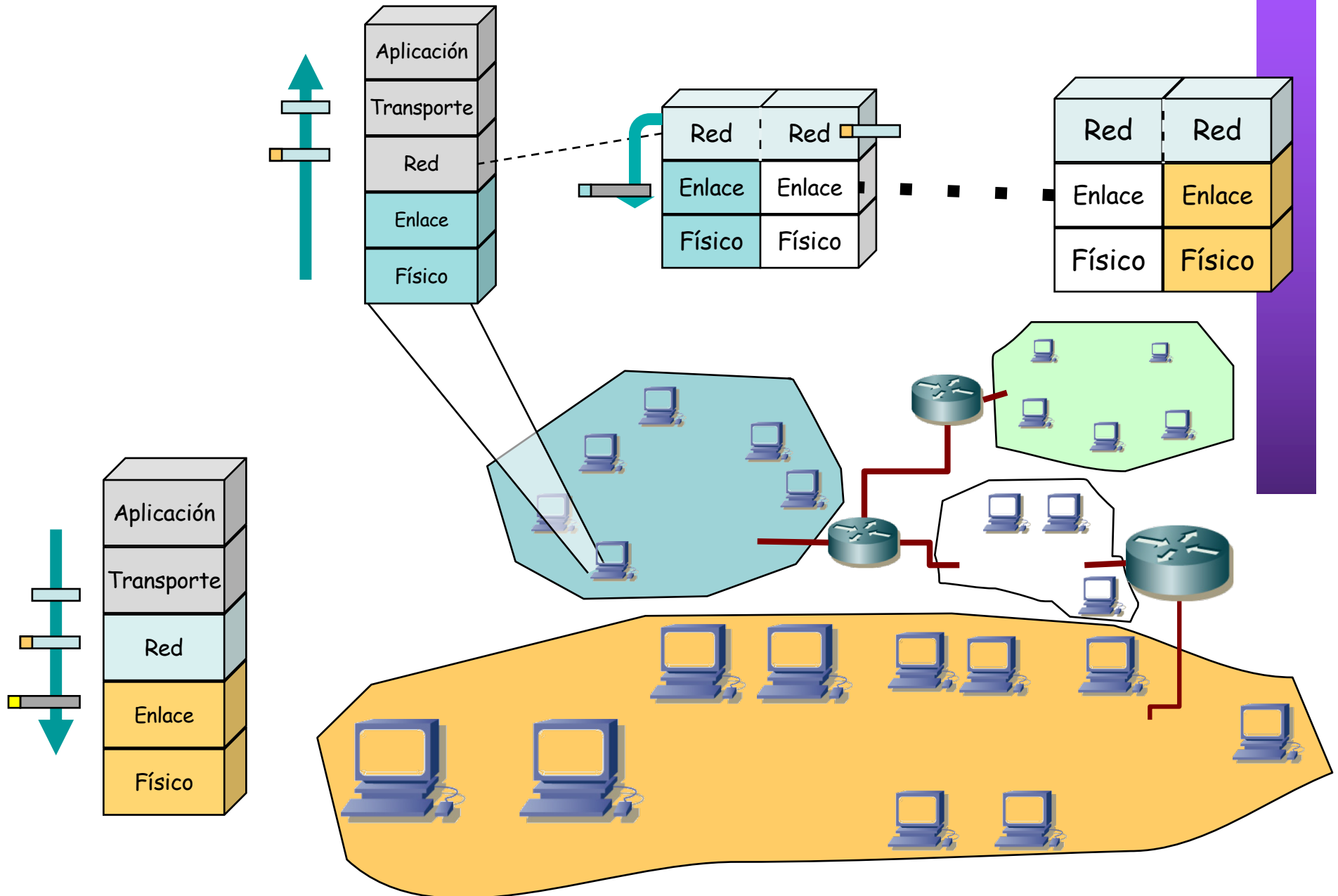
Extremo a extremo



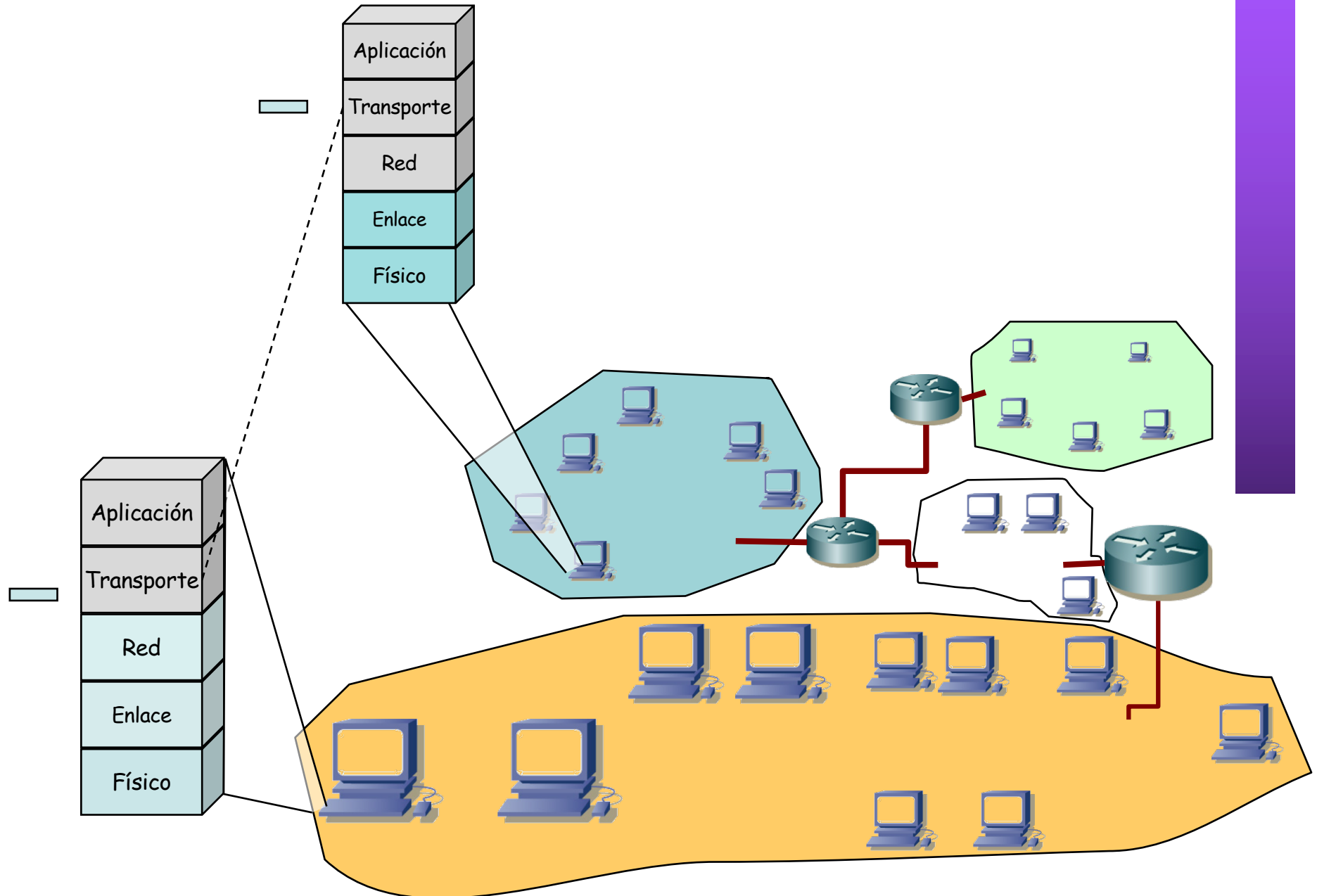
Extremo a extremo



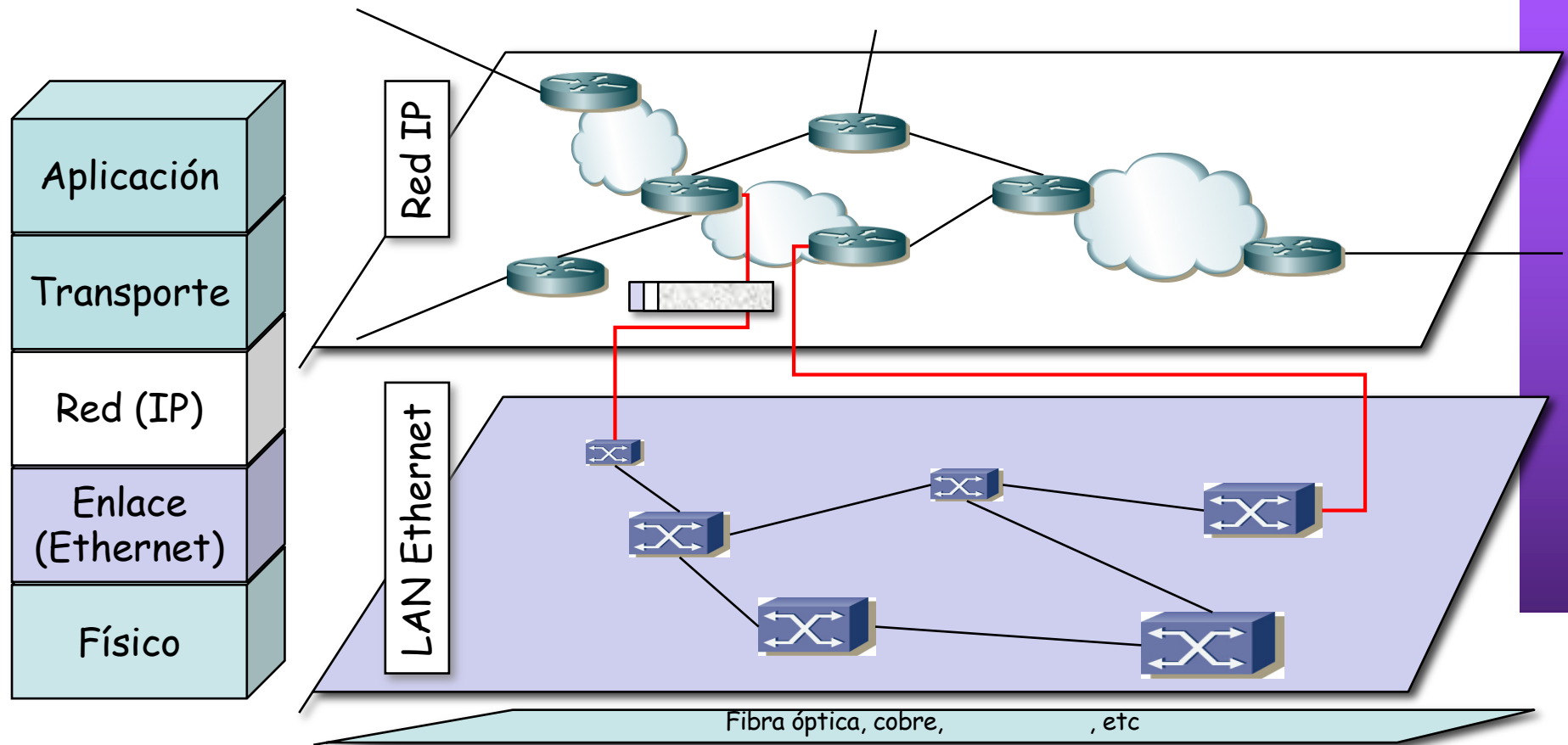
Extremo a extremo



Extremo a extremo



Ejemplo: IP over Ethernet



- Algunos enlaces directos (Ethernet u otro tipo)
- Otros: LANs de mayor tamaño
- Ejemplo: router reenvía paquete IP

Ejemplo: IP over Ethernet

```
0000 0c07 ac03 000d 9331 59fa 0800 4500 0262 5983 4000 4006 5fbc 82ce
a99f d155 8198 d19a 0050 6a45 0f75 28d8 c360 8018 ffff 81ab 0000
0101 080a 2a86 df2e 1426 9e6d 4745 5420 2f20 4854 5450 2f31 2e31
0d0a 486f 7374 3a20 7777 772e 676f 6f67 6c65 2e65 730d 0a55 7365
722d 4167 656e 743a 204d 6f7a 696c 6c61 2f35 2e30 2028 4d61 6369
6e74 6f73 683b 2055 3b20 5050 4320 4d61 6320 4f53 2058 204d 6163
682d 4f3b 2065 6e2d 5553 3b20 7276 3a31 2e38 2e30 2e37 2920 4765
636b 6f2f 3230 3036 3039 3131 2043 616d 696e 6f2f 312e 302e 330d
0a41 6363 6570 743a 2074 6578 742f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174
696f 6e2f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174 696f 6e2f 7868 746d 6c2b
786d 6c2c 7465 7874 2f68 746d 6c3b 713d 302e 392c 7465 7874 2f70
6c61 696e 3b71 3d30 2e38 2c69 6d61 6765 2f70 6e67 2c2a 2f2a 3b71
3d30 2e35 0d0a 4163 6365 7074 2d4c 616e 6775 6167 653a 2065 732c
656e 3b71 3d30 2e39 2c64 653b 713d 302e 372c 6672 3b71 3d30 2e36
2c6e 6c3b 713d 302e 342c 6974 3b71 3d30 2e33 2c6a 613b 713d 302e
310d 0a41 6363 6570 742d 456e 636f 6469 6e67 3a20 677a 6970 2c64
6566 6c61 7465 0d0a 4163 6365 7074 2d43 6861 7273 6574 3a20 4953
4f2d 3838 3539 2d31 2c75 7466 2d38 3b71 3d30 2e37 2c2a 3b71 3d30
2e37 0d0a 4b65 6570 2d41 6c69 7665 3a20 3330 300d 0a43 6f6e 6e65
6374 696f 6e3a 206b 6565 702d 616c 6976 650d 0a43 6f6f 6b69 653a
2050 5245 463d 4944 3d35 3164 3636 3038 3832 3362 3839 3831 653a
544d 3d31 3135 3031 3239 3033 333a 4c4d 3d31 3135 3031 3239 3033
333a 533d 7939 7575 7a66 4452 416a 396d 4e32 2d77 0d0a 4361 6368
652d 436f 6e74 726f 6c3a 206d 6178 2d61 6765 3d30 0d0a 0d0a
```

Cabecera Ethernet

Ethertype 2048 (IP)

Ejemplo: IP over Ethernet

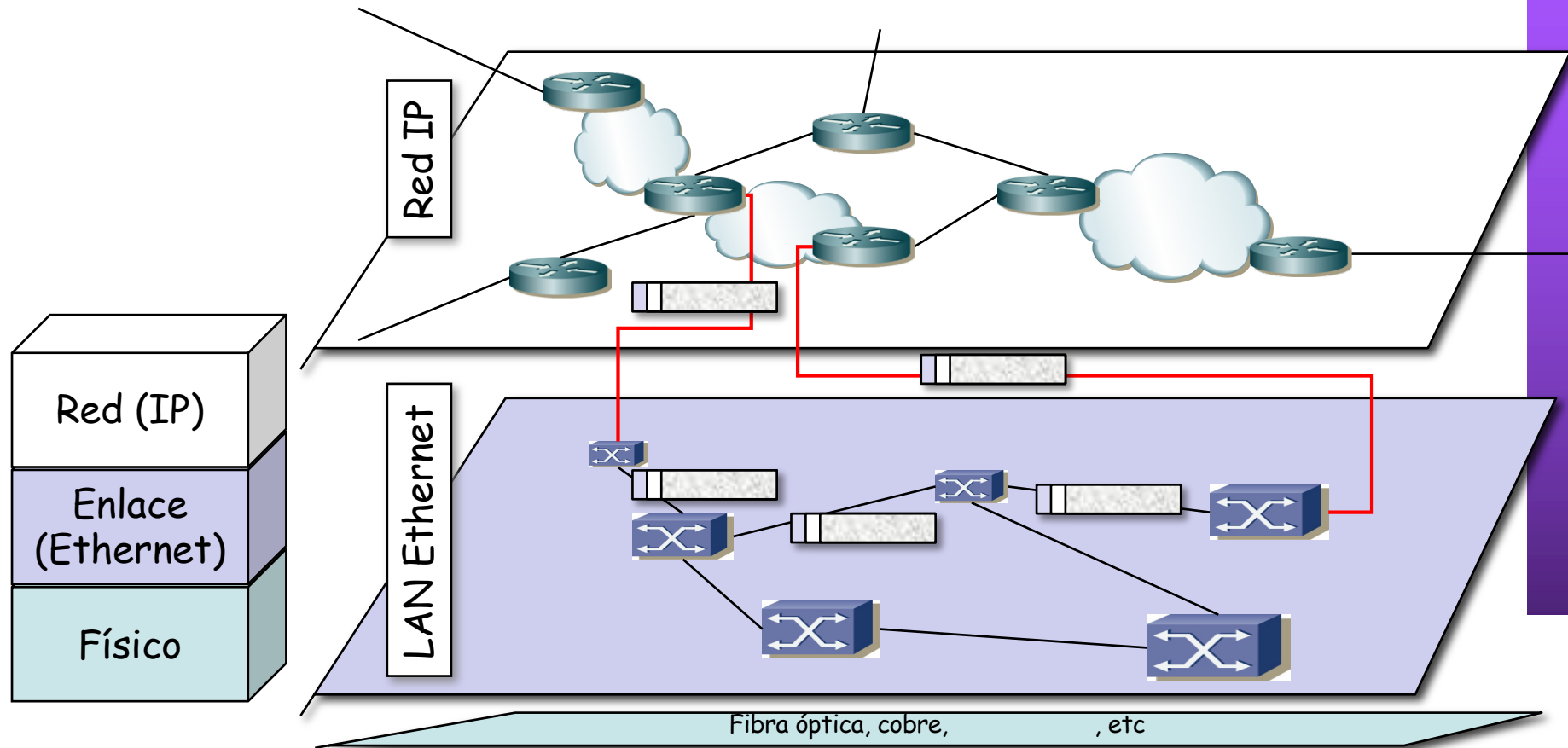
0000	0c07	ac03	000d	9331	59fa	0800	4500	0262	5983	4000	4006	5fbc	82ce
a99f	d155	8193	d19a	0050	6a45	0175	28d8	c360	8018	1111	81ad	0000	
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31	
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365	
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369	
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	8320	4f53	2058	204d	6163	
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765	
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d	
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b	
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c2b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70	
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71	
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c	
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	653b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36	
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e	
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64	
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953	
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30	
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65	
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a	
2050	5245	463d	4944	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a	
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033	
333a	533d	7939	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368	
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a		

Paquete IP

Cabecera IP

Dirección IP destino

Ejemplo: IP over Ethernet



- Sin cambios en la trama

Ejemplo: IP over Ethernet

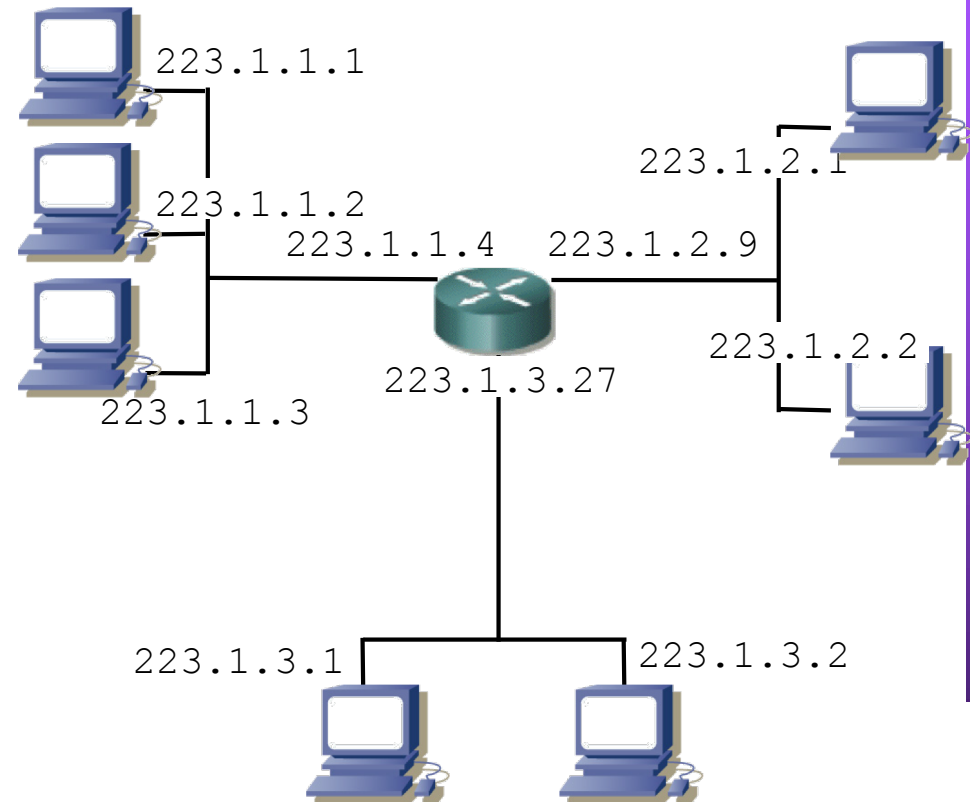
Elimina encapsulado Ethernet

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000													
4500 0262 5983 4000 4006 5fbc 82ce													
a99f	d155	8193	d19a	0050	6a45	0f75	28d8	c360	8018	ffff	81ab	0000	
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31	
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365	
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369	
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	6320	4f53	2058	204d	6163	
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765	
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d	
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b	
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c3b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70	
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71	
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c	
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	653b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36	
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e	
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64	
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953	
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30	
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65	
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a	
2050	5245	463d	4944	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a	
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033	
333a	533d	7939	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368	
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a		

- Llega al siguiente router

Direccionamiento IP

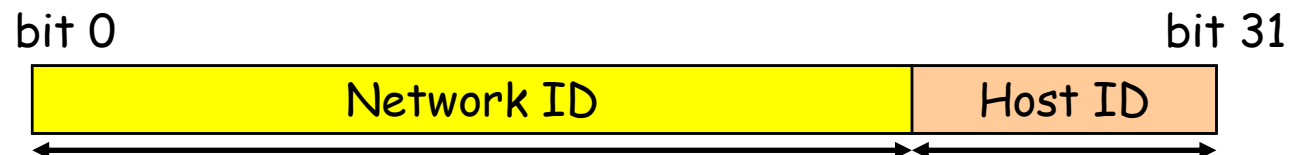
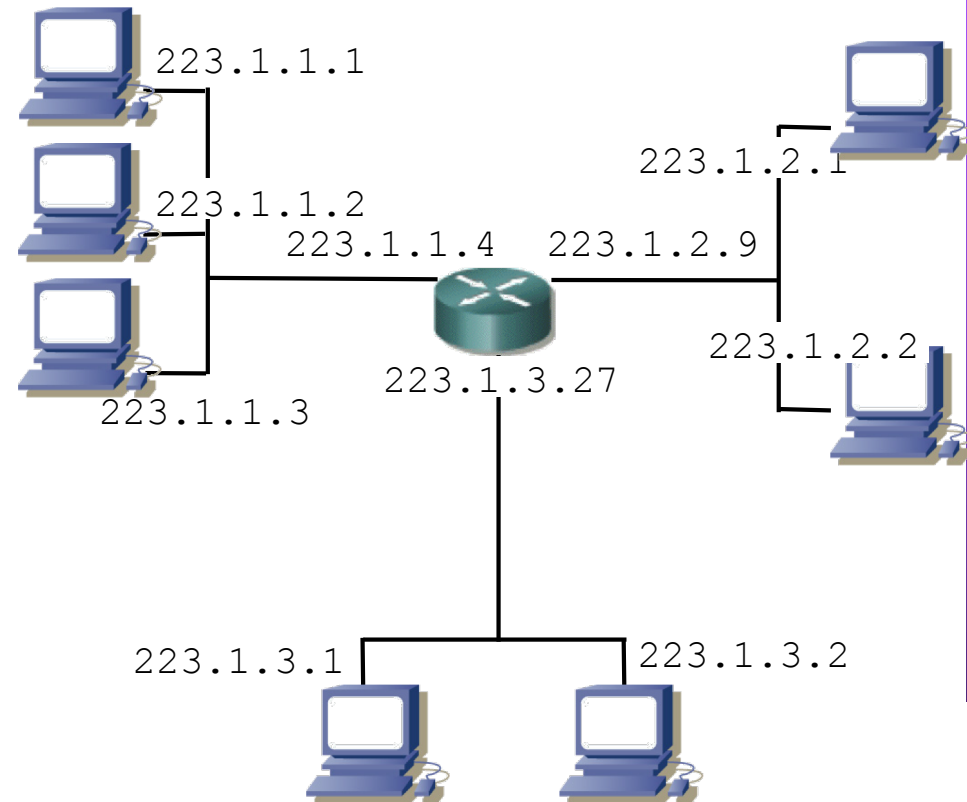
- **Interfaz:** Conexión entre un host/router y una red (subred)
 - Los routers típicamente tienen varios interfaces
 - Los hosts podrían tener varios interfaces
- **Dirección IP:** identificador de 32bits para un interfaz de un host o router



$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$$

Subredes

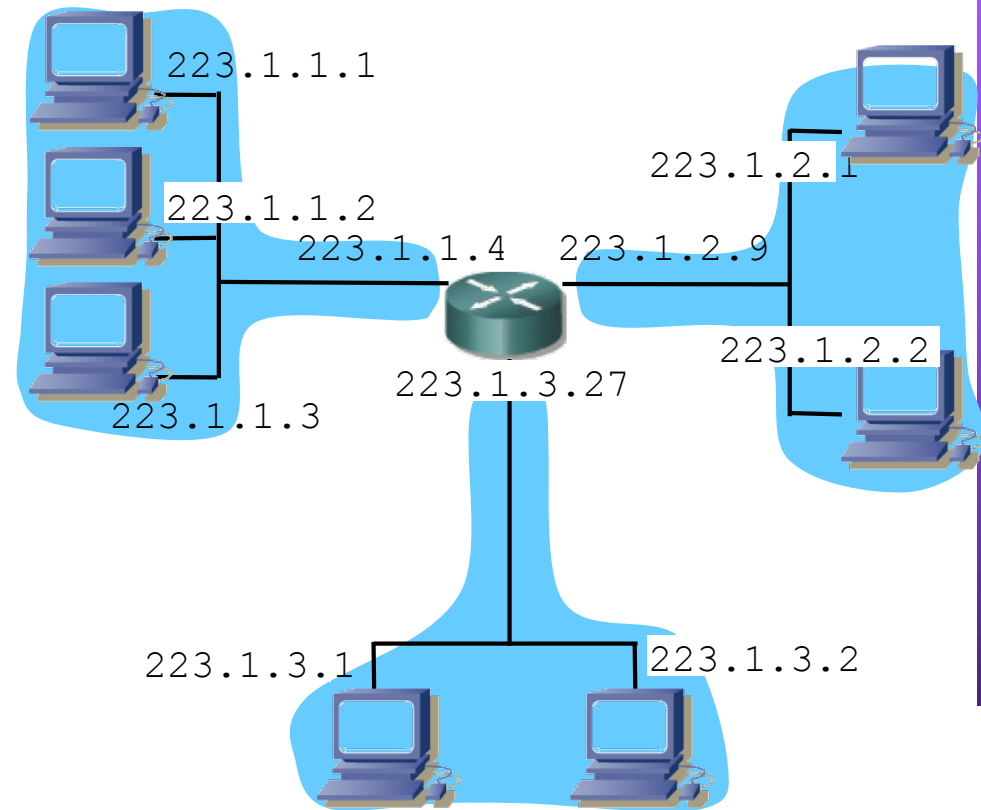
- **Dos partes en la IP:**
 - Identificador de la red (bits más significativos)
 - Identificador del host (bits menos significativos)
- **¿Qué es una subred?**
 - Interfaces de red cuyas direcciones tienen el mismo identificador de red
 - Cada uno puede comunicarse con otro en su misma subred **sin emplear un router**
 - Para reconocerlas (...)



Subredes

Para reconocer las subredes presentes:

- Desconecte los interfaces de los routers
- Se crean zonas aisladas: las subredes (...)
- Redes sin hosts (... ..)

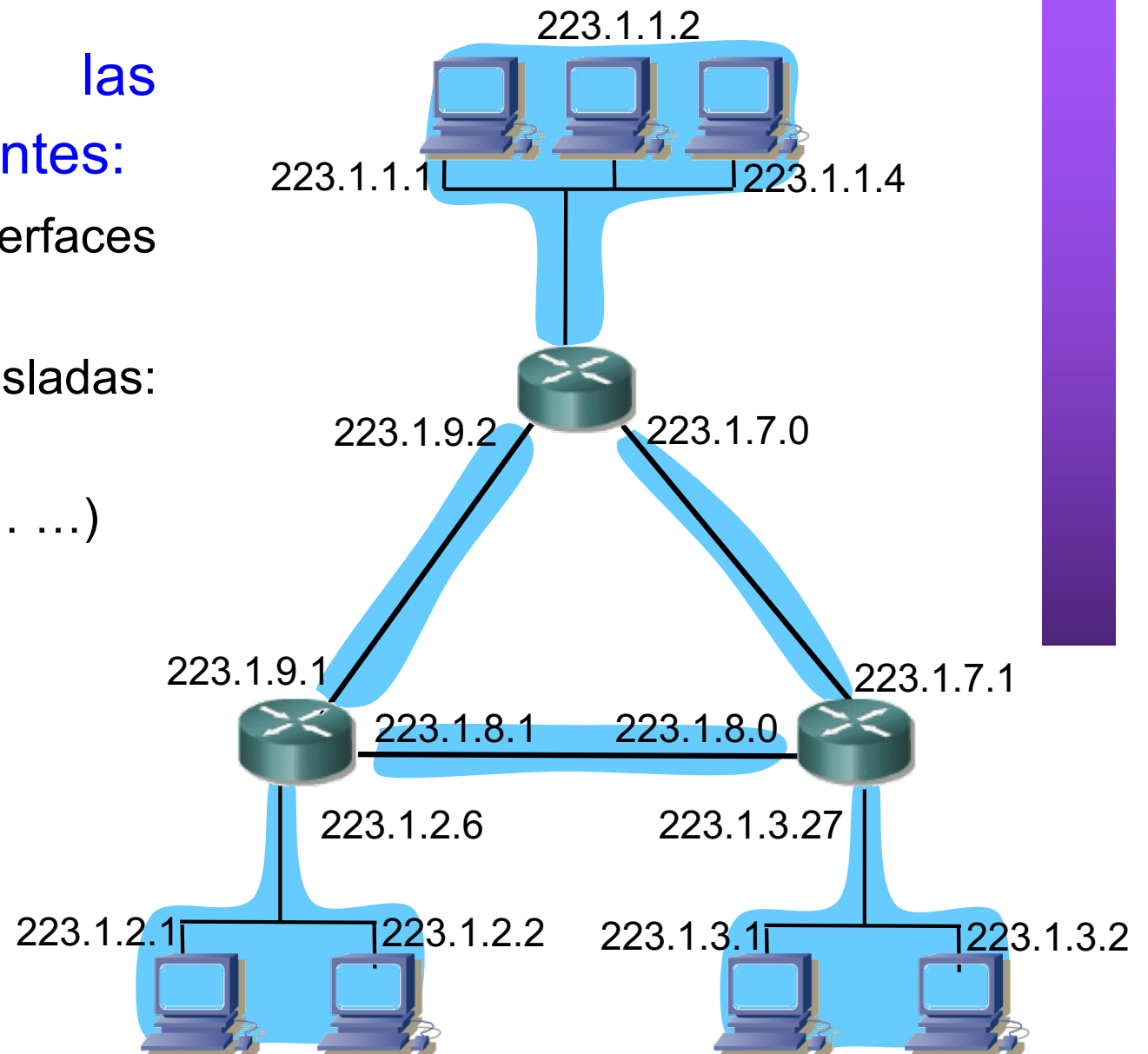


Red formada por 3 subredes

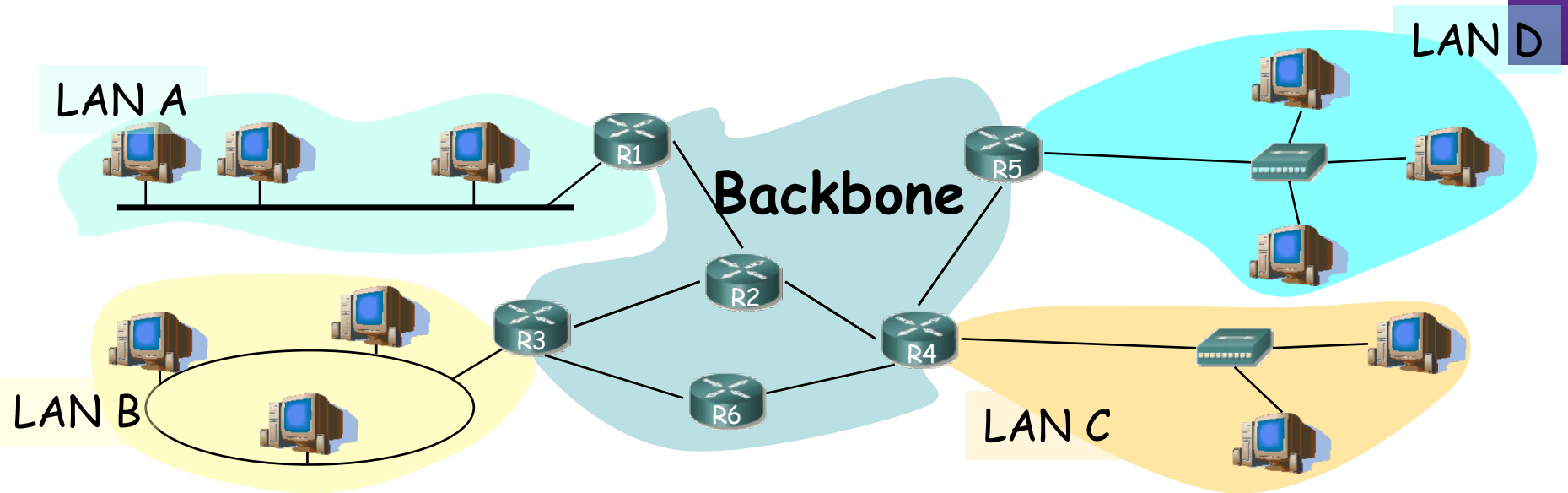
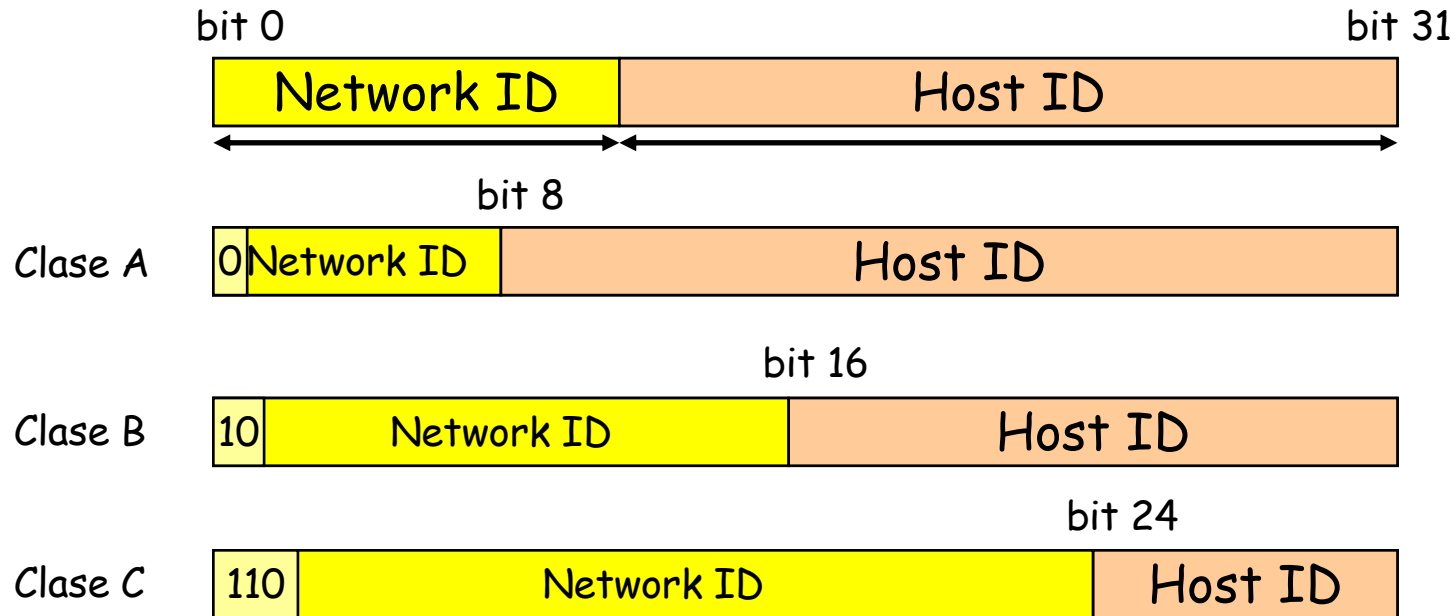
Subredes

Para reconocer las subredes presentes:

- Desconecte los interfaces de los routers
- Se crean zonas aisladas: las subredes (...)
- Redes sin hosts (... ..)



Direccionamiento Classful



upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

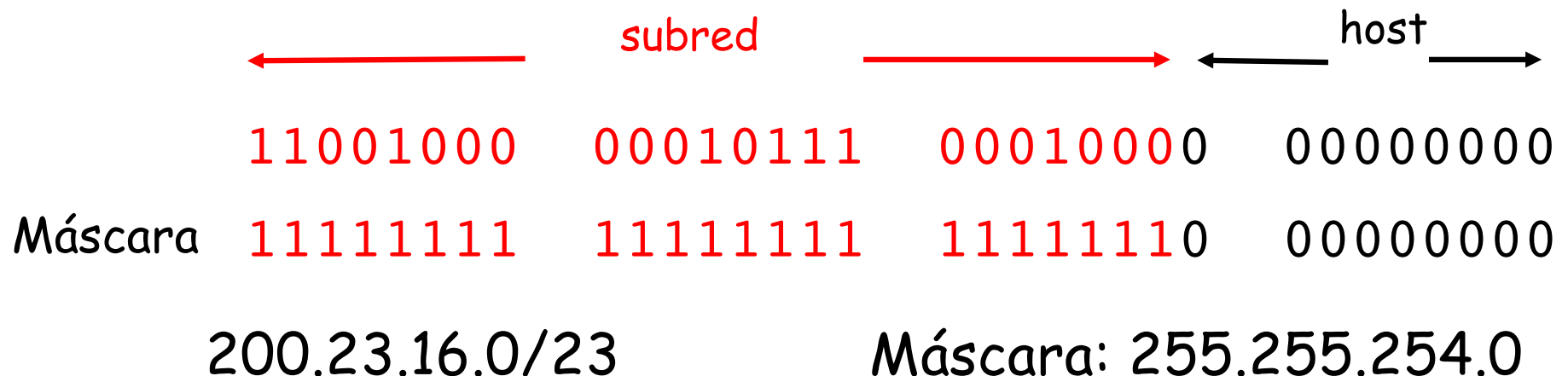
PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

CIDR

Direccionamiento IP: CIDR

CIDR: Classless InterDomain Routing

- Identificador de subred de cualquier longitud
- **a.b.c.d/x**, donde x es el número de bits en el identificador de subred
- Otra forma de marcar la separación es mediante la **máscara de subred**



¿Una IP en una Red?

¿Cómo se puede saber con facilidad si una dirección IP pertenece a una Red?

- “Aplicar” la máscara:
- Operación AND entre dirección IP y máscara
- Si el resultado es la dirección de red, es parte de ella

¿ 200.23.17.42 pertenece a la red 200.23.16.0/23 ?

AND	11001000	00010111	00010001	00101010
	11111111	11111111	11111110	00000000
	11001000	00010111	00010000	00000000

Debe salir la dirección de la red: 200.23.16.0

Ejercicio

- ¿ La dirección IP 187.46.95.150 pertenece a la red 187.46.95.144/29 ?
- (...)

Valores reservados

- Host-ID todo 0's: dirección reservada para hacer referencia a la red (**dirección de red**)

200.23.16.0/23 → 200.23.16.0 11001000 00010111 00010000 00000000

- Host-ID todo 1's: hace referencia a todos los hosts de la subred : **Dirección de Broadcast de subred**

200.23.16.0/23 → 200.23.17.255 11001000 00010111 00010001 11111111

- Otra dirección de broadcast es la dirección de **broadcast limitado**:

- Todo 1's = 255.255.255.255
- Es independiente de la red
- Paquetes dirigidos a esa IP nunca son reenviados por los routers

- Direcciones reservadas para **redes privadas**:

- 10.0.0.0/8
- 172.16.0.0/12
- 192.168.0.0/16
- 100.64.0.0/10 (Carrier grade NAT only)

Paquetes con ese origen o destino nunca deben llegar a Internet

CIDR: ¿Cómo actúan los hosts y los routers?

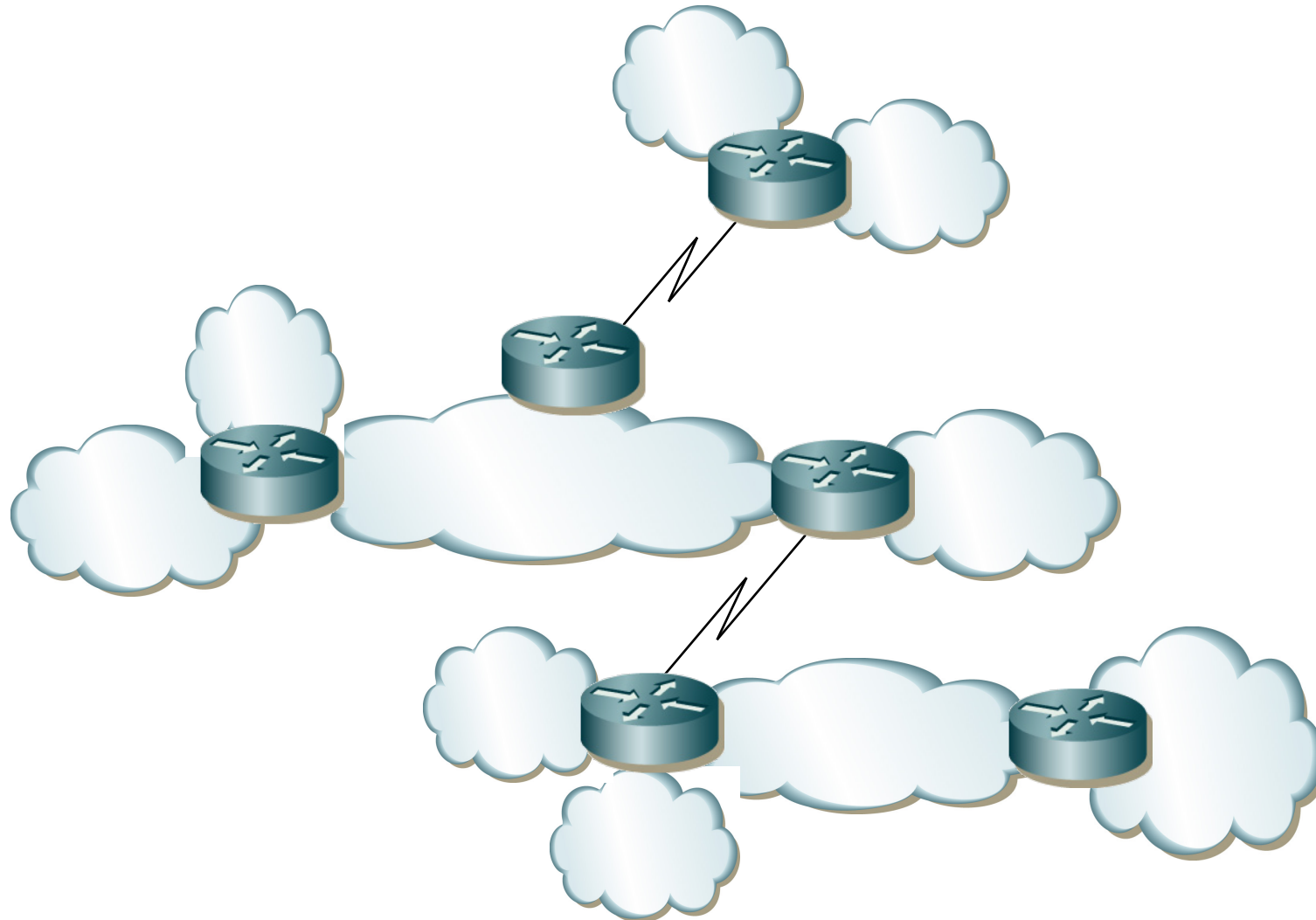
- Tienen configurado:
 - Dirección IP en cada interfaz
 - Máscara en cada uno
 - Tabla de rutas

Destino	Máscara	Next-hop	Interfaz
Dir.Red	Máscara	IP_next	If X
...

- Ojo: la máscara en una ruta no tiene por qué ser la de una red final
- IP_{Dest} que no es ninguna de sus direcciones IP
 - Comprueba con cada ruta si lleva hacia IP_{Dest} :
 - $((IP_{Dest} \text{ AND } Máscara) == Dir.Red)$? válida : no válida
 - ¿ Ninguna ruta es válida ? \Rightarrow descarta paquete
- Ruta por defecto es simplemente 0.0.0.0/0 (siempre válida)
- Escoge la ruta válida con **prefijo más largo** (máscara con más 1's)
- **Longest Prefix Match**

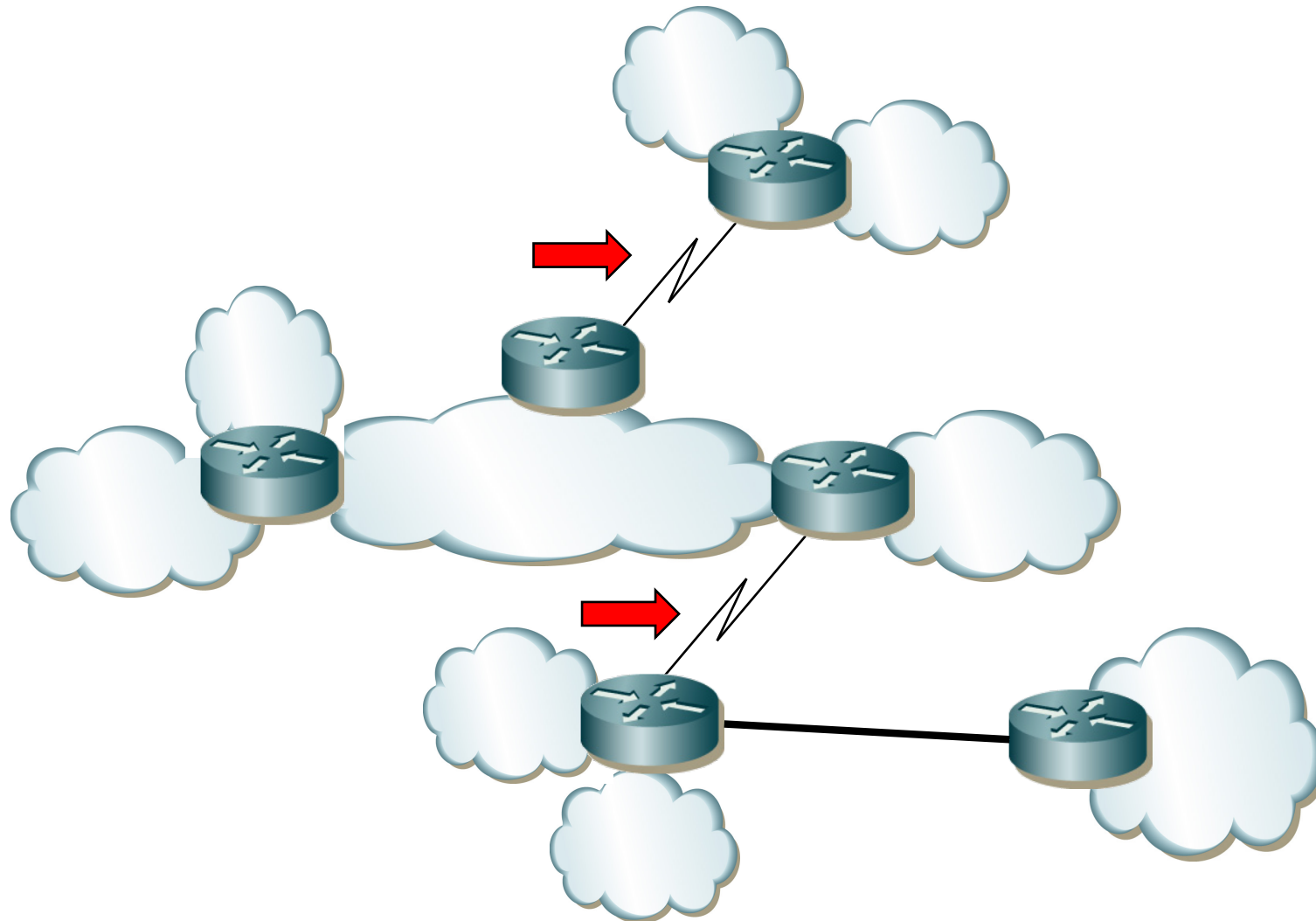
Punto a punto

- Podemos tener enlaces directos entre routers (...)



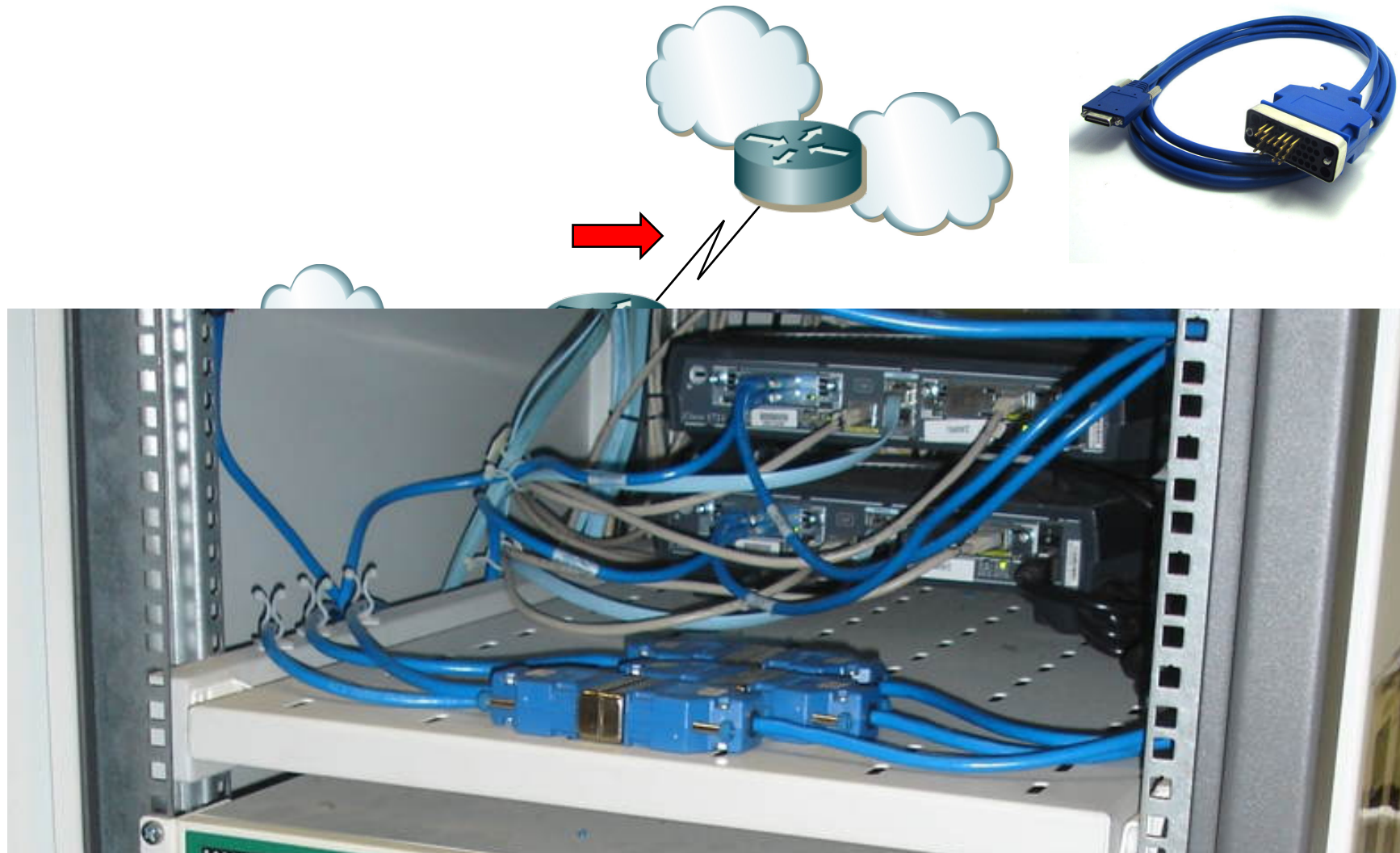
Punto a punto

- Pueden ser enlaces de tecnología no-multiacceso (...)



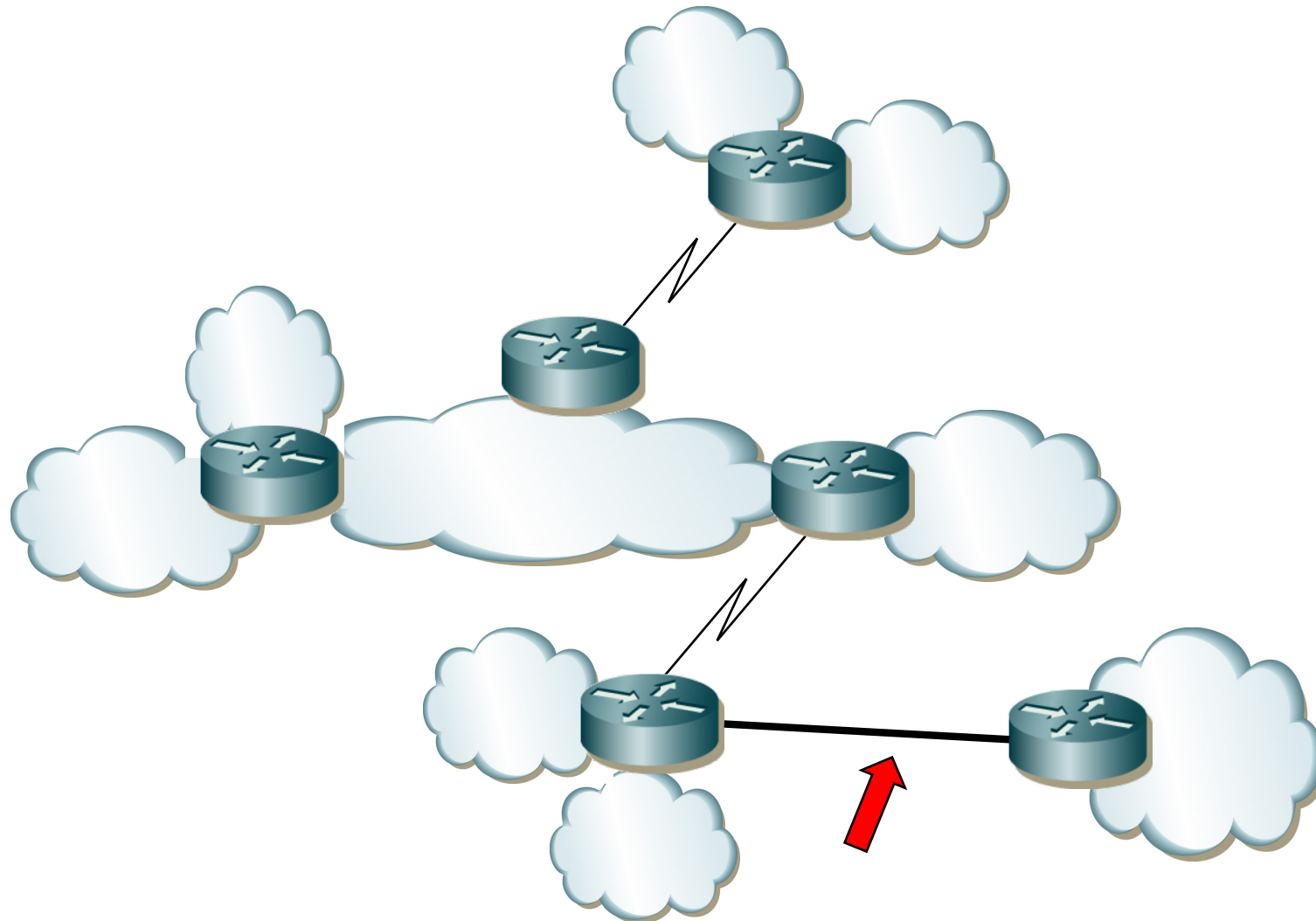
Punto a punto

- Pueden ser enlaces de tecnología no-multiacceso



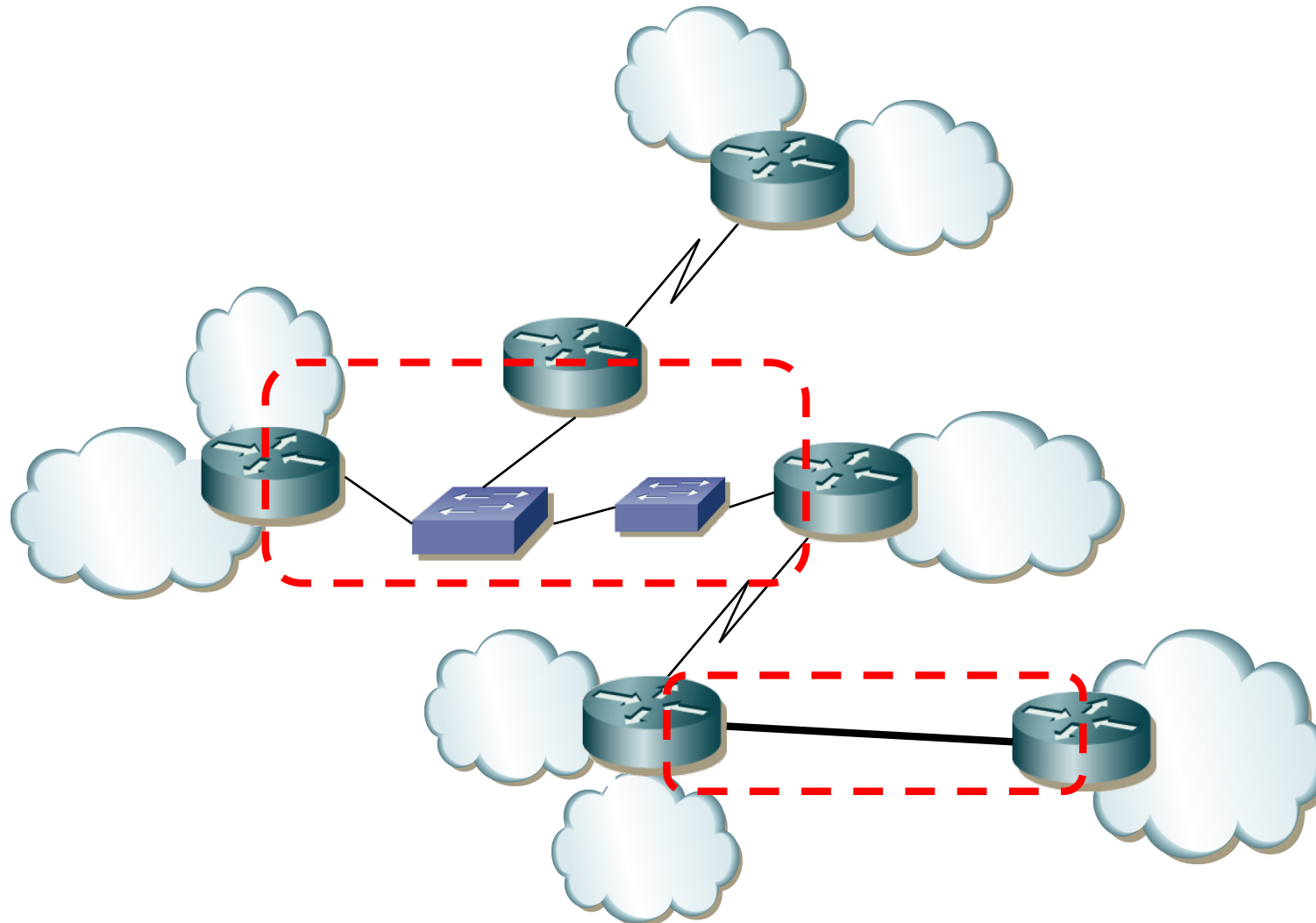
Punto a punto

- Pueden ser Ethernet



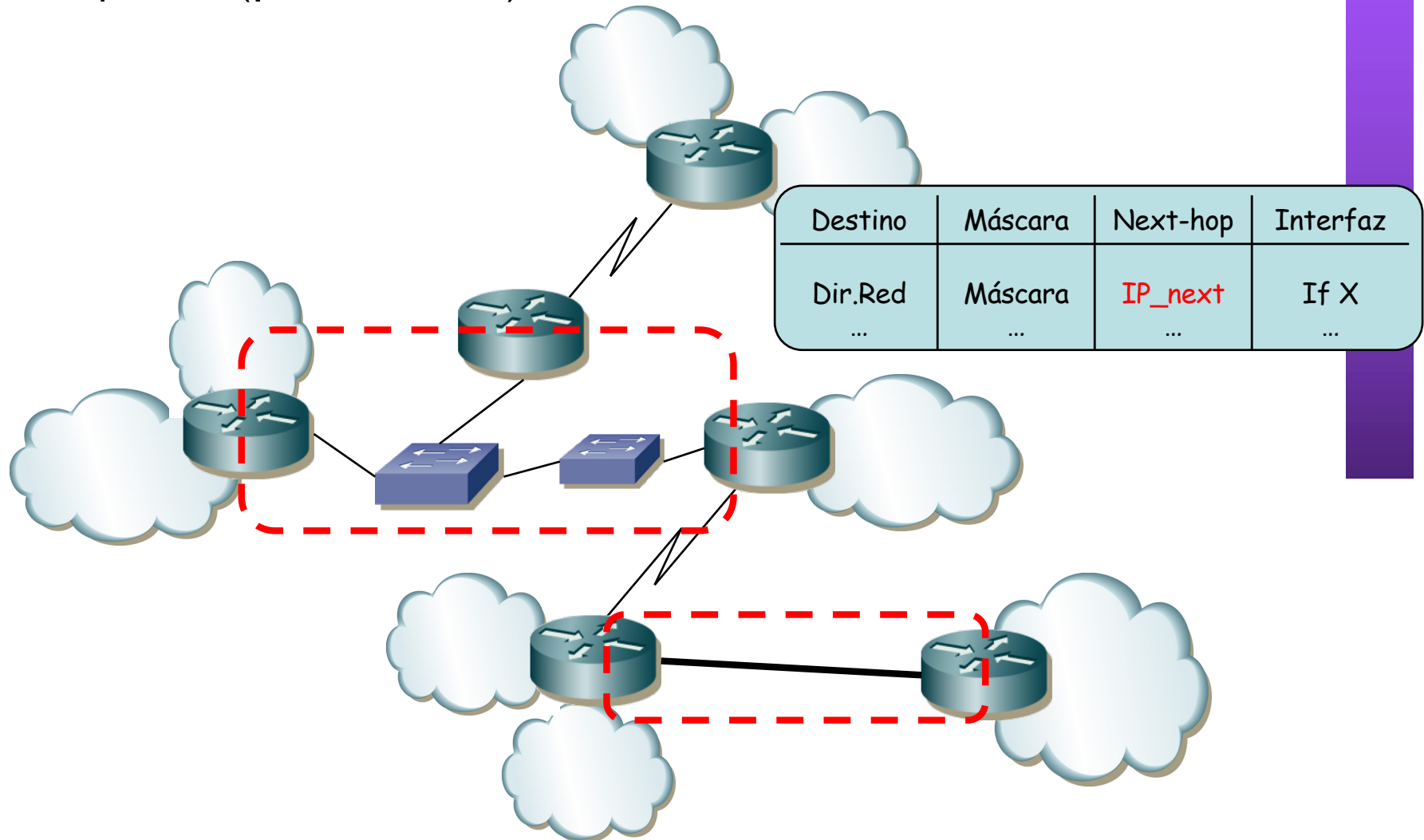
Punto a punto

- Ojo, estos dos casos son LANs Ethernet



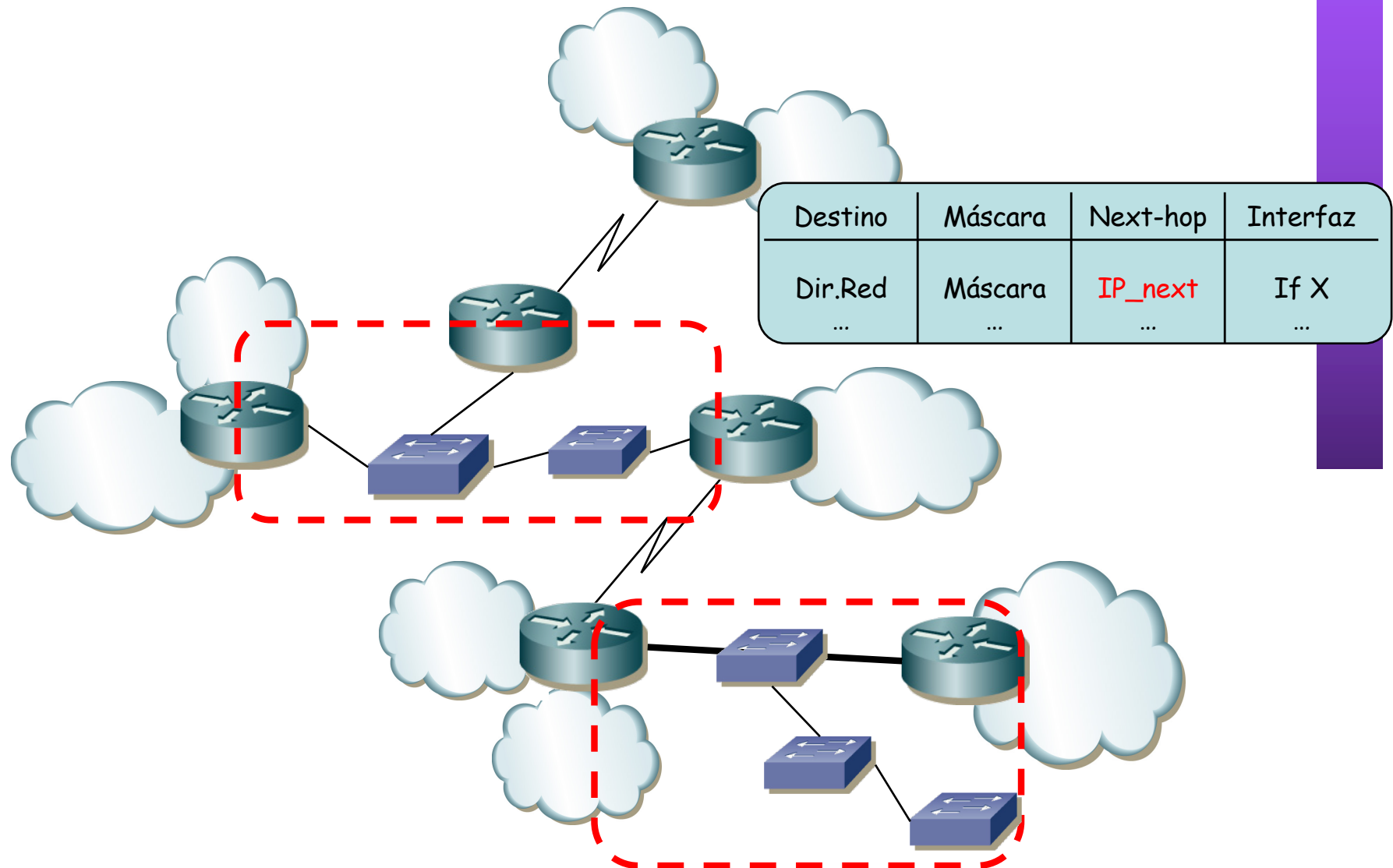
Punto a punto

- En las tablas de rutas hace falta el “next-hop” aunque no haya más que uno posible (¡él no lo sabe!)



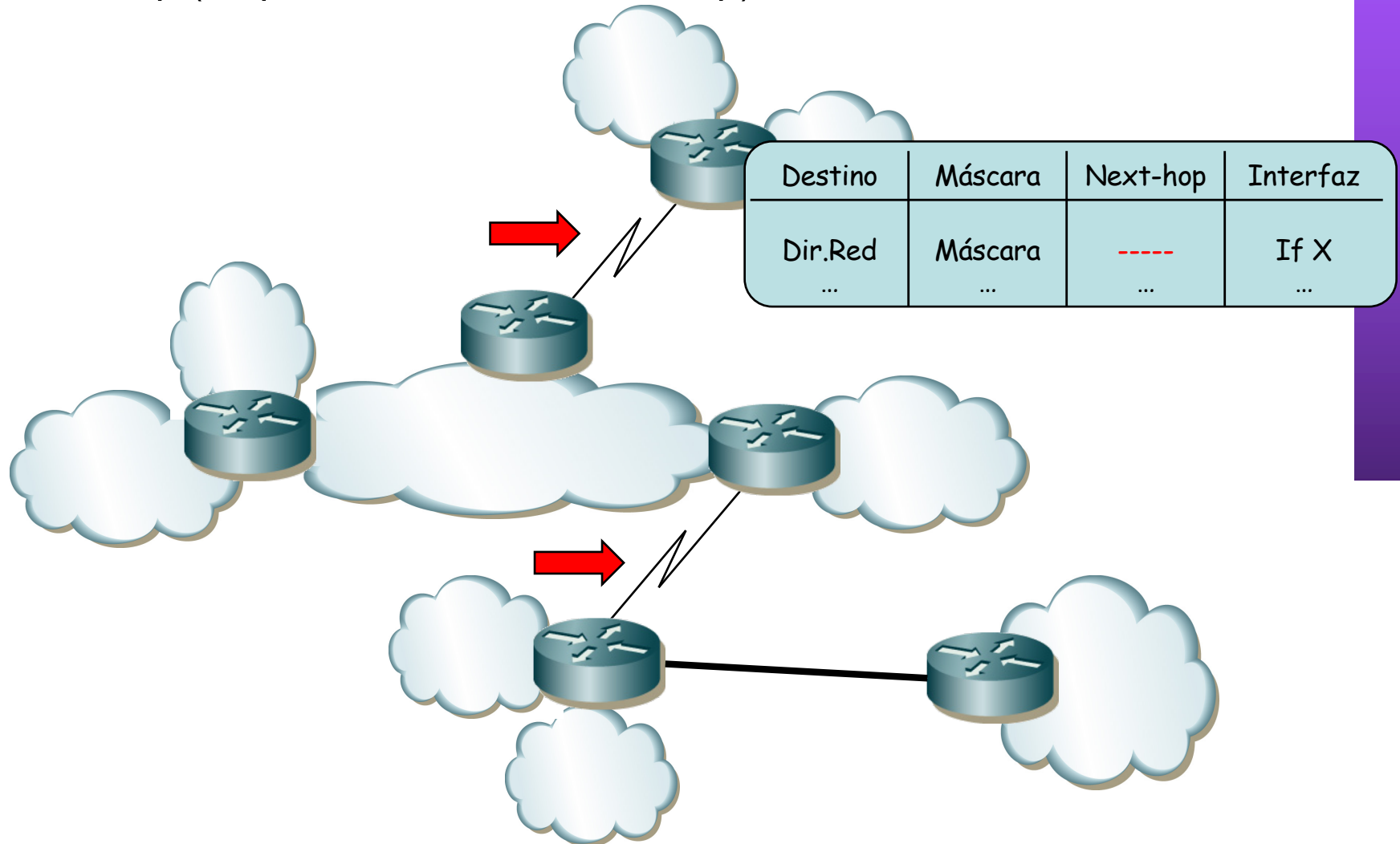
Punto a punto

- Podría haber switches y el router vería lo mismo en su interfaz



Punto a punto

- Cuando la tecnología de enlace no es multi-acceso no hace falta el next-hop (no puede haber otro next-hop)



Punto a punto

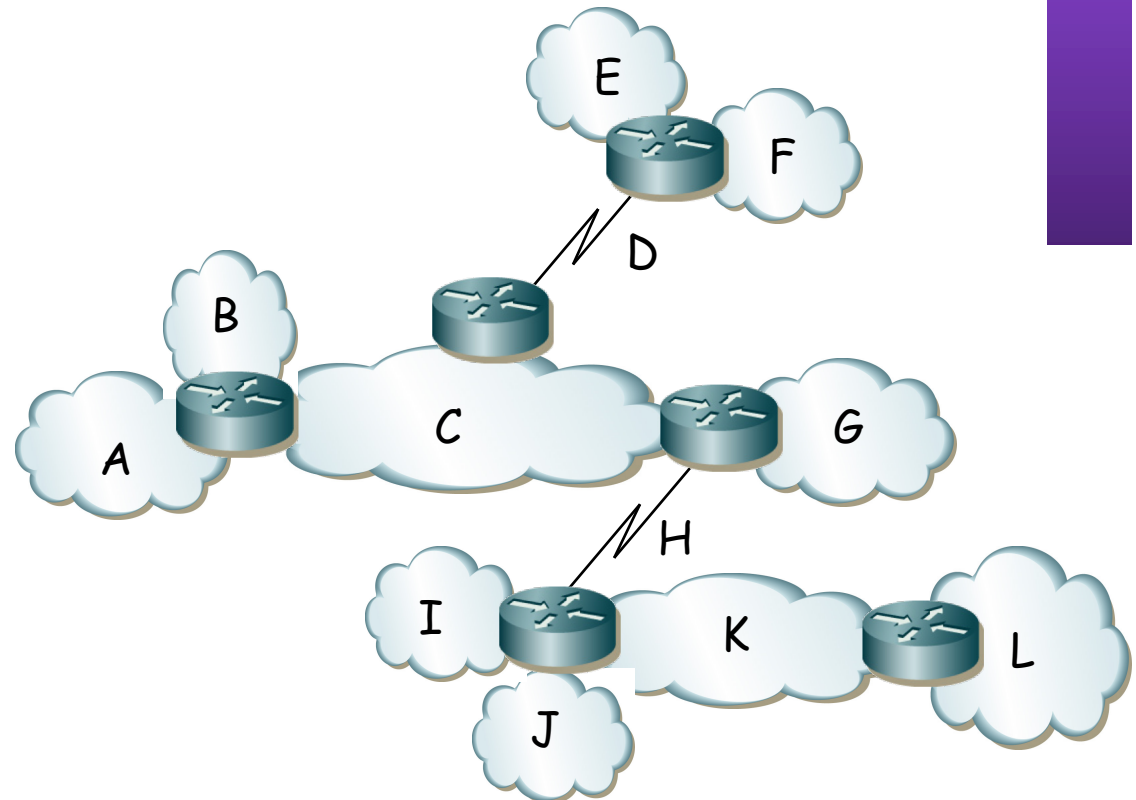
- Recordad además que si es una Ethernet tiene que poner una dirección destino en la trama Ethernet (la del siguiente router)
- En un enlace serie con una tecnología no-multiacceso es normal que no haga falta indicar direcciones

DIX (Ethernet II)



Ejemplo de direccionamiento

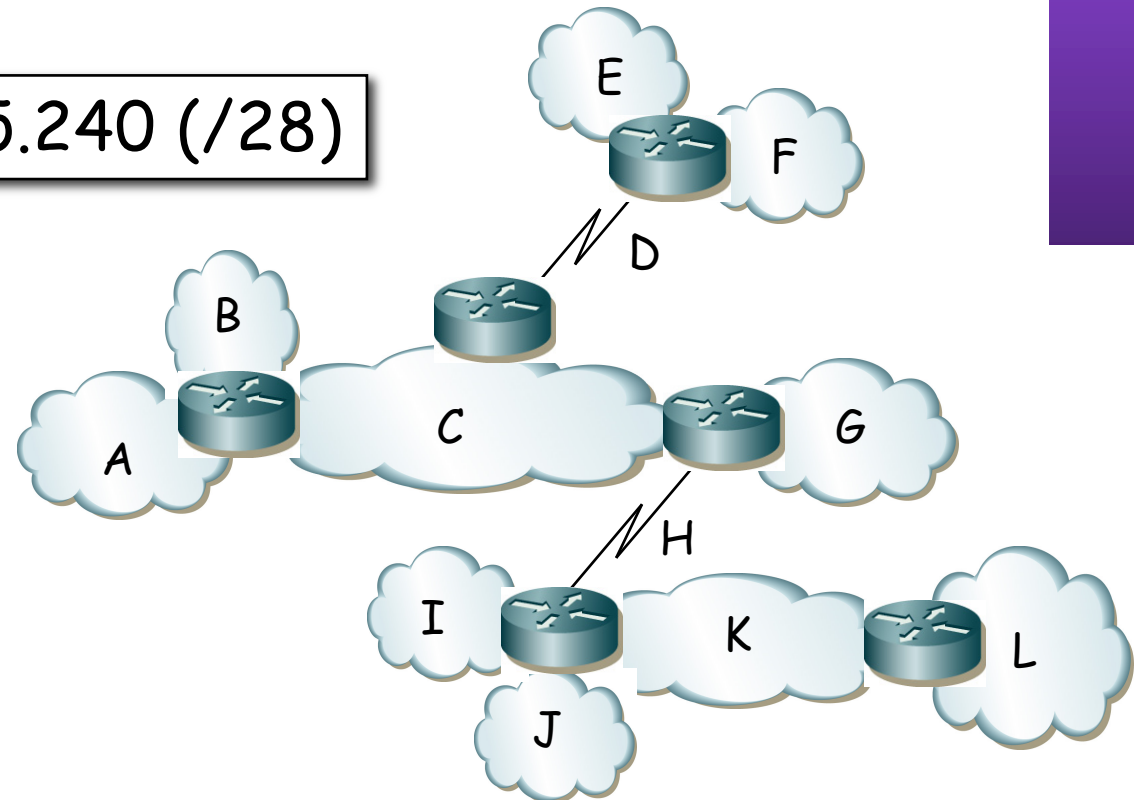
- Misma máscara para todas las subredes
- FLSM (Fixed Length Subnet Masks)
- 12 Subredes (...)
- Máximo 10 hosts por red (...)
- Red 192.168.3.0/24 → 192.168.3. [00000000]
- (...)



Ejemplo de direccionamiento

- Misma máscara para todas las subredes
- FLSM (Fixed Length Subnet Masks)
- 12 Subredes $\rightarrow 2^4=16$, 4 bits subnetwork-id
- Máximo 10 hosts por red (+2) $\rightarrow 2^4=16$, 4 bits host-id
- Red 192.168.3.0/24 $\rightarrow 192.168.3. [0000] [0000]$

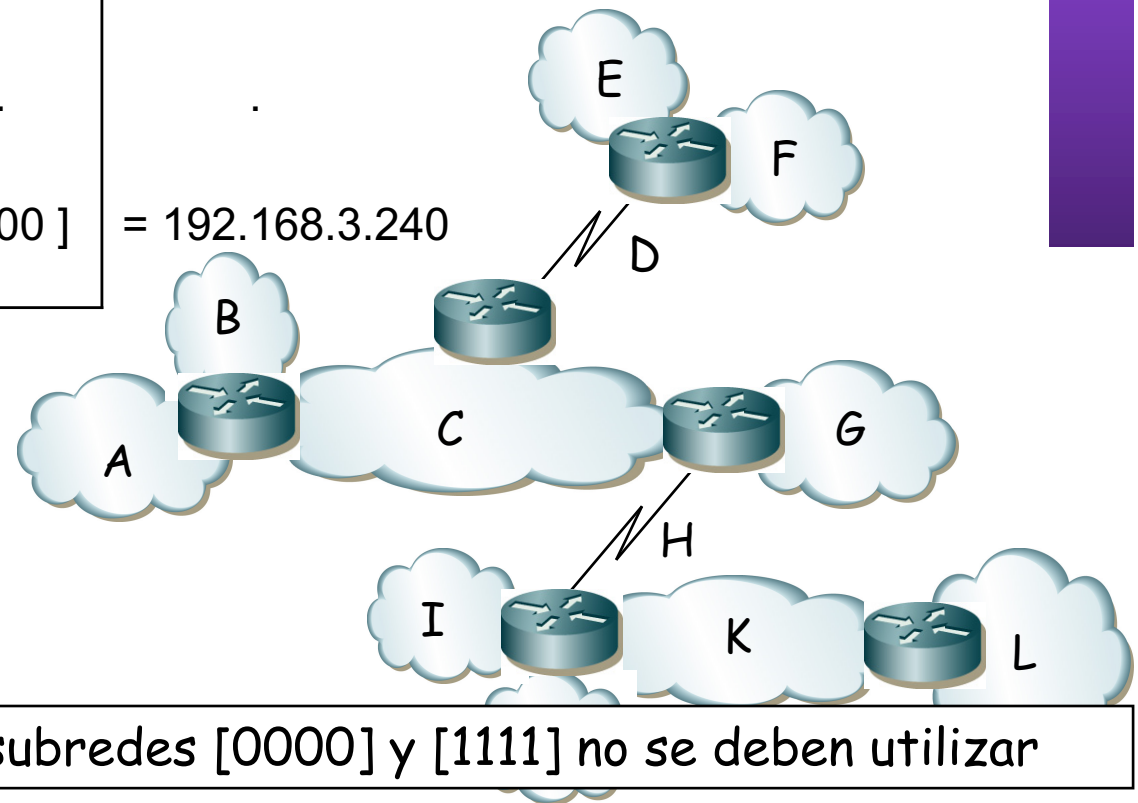
Máscara 255.255.255.240 (/28)



Ejemplo de direccionamiento

A	192.168.3	.	[0000]	[0000]	= 192.168.3.0
B	192.168.3	.	[0001]	[0000]	= 192.168.3.16
C	192.168.3	.	[0010]	[0000]	= 192.168.3.32
.
.
.
O	192.168.3	.	[1111]	[0000]	= 192.168.3.240

Subredes



Ojo, en cierto escenarios las subredes [0000] y [1111] no se deben utilizar

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Fin repaso

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Programación de Redes
Grado en Ingeniería Informática, 3º

Para la próxima clase

- Repasad el protocolo ARP (RC)

upna Área de Ingeniería Telemática

- Normalmente el host sabe la dirección IP destino para enviar un paquete
- Pero... la tarjeta de red necesita la dirección MAC para que enviar...
 - ¿Cómo obtenerla a partir de la dirección IP?

Envía este paquete a la dirección IP 10.1.3.12 en esta misma LAN

Cada una tiene su propia dirección MAC

upna Área de Ingeniería Telemática

- Al enviar paquetes a una máquina normalmente sólo se conoce su dirección IP o nombre simbólico (DNS).
- Sin embargo, los datagramas IP se encapsulan sobre un nivel de enlace que necesita conocer las direcciones físicas de los equipos implicados.
- Necesidad de un mapeo IP -> MAC: ARP (Address Resolution Protocol)

ARP (Address Resolution Protocol)

- A** quiere mandar un paquete a **B** pero no tiene su dirección en la Caché ARP (tabla)
- A** envía un paquete ARP query a la LAN
 - A la dirección ethernet de broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - La petición incluye la dirección IP de **B**
 - Todas las máquinas en esa LAN la reciben
- B** recibe la trama "ARP query" y reconoce su IP
 - Envía una respuesta a **A** conteniendo la dirección MAC de **B**
 - La respuesta es unicast a la dirección MAC de **A**

Página 7

upna Área de Ingeniería Telemática

ARP (Address Resolution Protocol)

- A** quiere mandar un paquete a **B** pero no tiene su dirección en la Caché ARP (tabla)
- A** envía un paquete ARP query a la LAN
 - A la dirección ethernet de broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - La petición incluye la dirección IP de **B**
 - Todas las máquinas en esa LAN la reciben
- B** recibe la trama "ARP query" y reconoce su IP
 - Envía una respuesta a **A** conteniendo la dirección MAC de **B**
 - La respuesta es unicast a la dirección MAC de **A**

Página 8