

Tema 1: Introducción a las redes de computadores e Internet

- Comprender qué es una red de computadores, tomando como ejemplo Internet
 - Componentes básicos
 - Tipos de servicio que ofrece
 - Modos de funcionamiento interno de la red
 - Tipo de conmutación
 - Retardos
 - Protocolos de red
- Comprender el concepto de arquitectura de comunicaciones y su necesidad
 - Conocer los niveles de la arquitectura TCP/IP



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

- Comutación de circuito
- Comutación de paquete

4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

- Comutación de circuito
- Comutación de paquete

4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación



- La historia de Internet (en inglés con subtítulos)

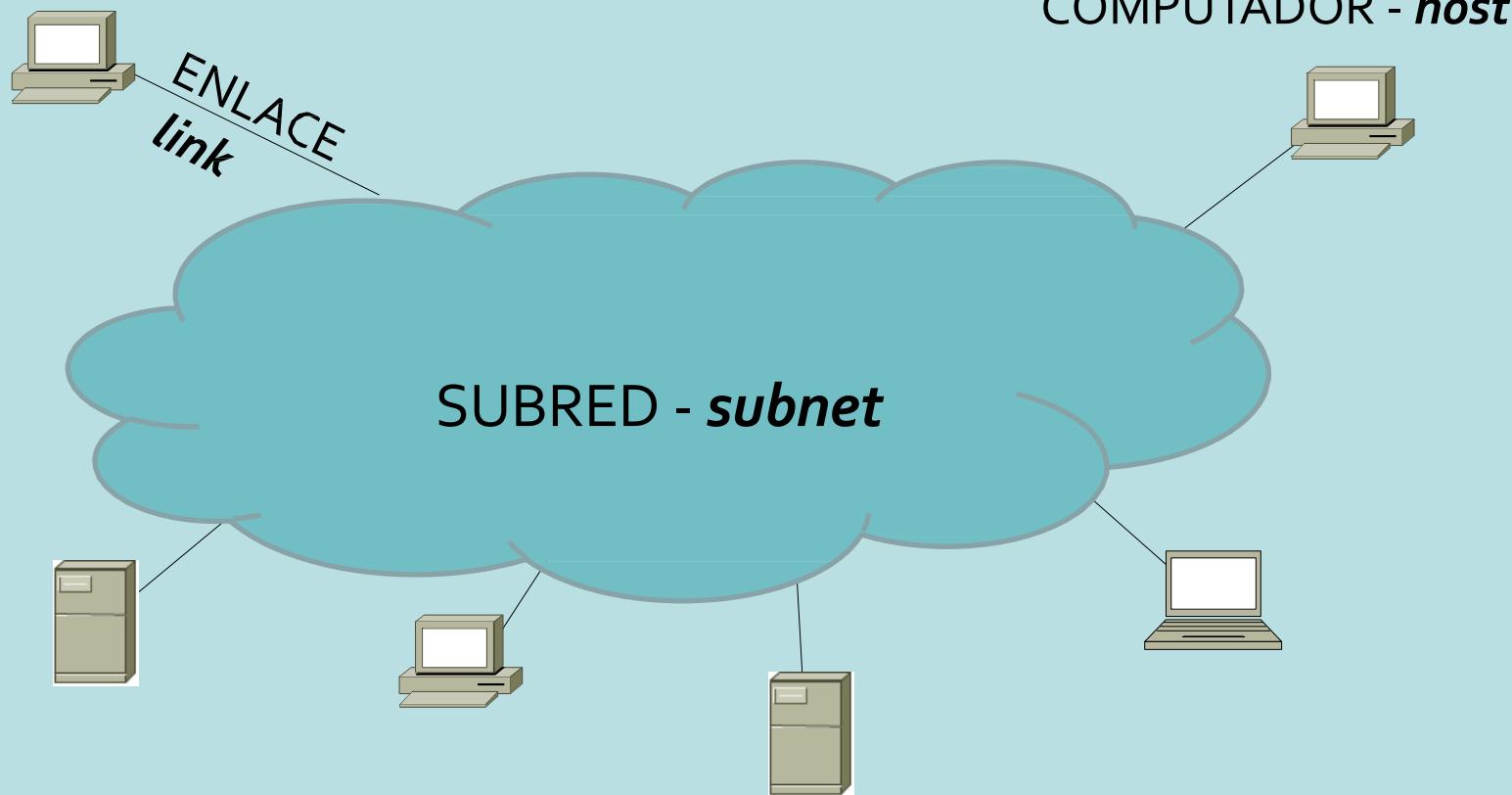
<https://youtu.be/ghIQjrMHTv4>

- Cómo funciona Internet

<https://youtu.be/31EobPLrhM>



Componentes físicos de una red



RED DE COMPUTADORES - *Computer Network*



- Componentes esenciales de una red de computadores
 - Hosts o sistemas terminales
 - Enlaces de comunicación
 - Dispositivos de conmutación
- Los hosts se conectan entre sí mediante una red de enlaces de comunicación y dispositivos de conmutación

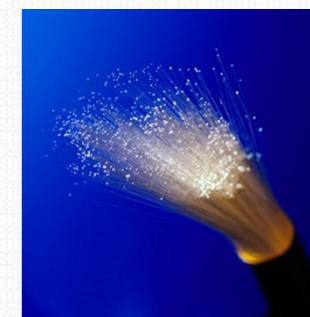


■ Hosts o sistemas terminales



■ Enlaces de comunicación:

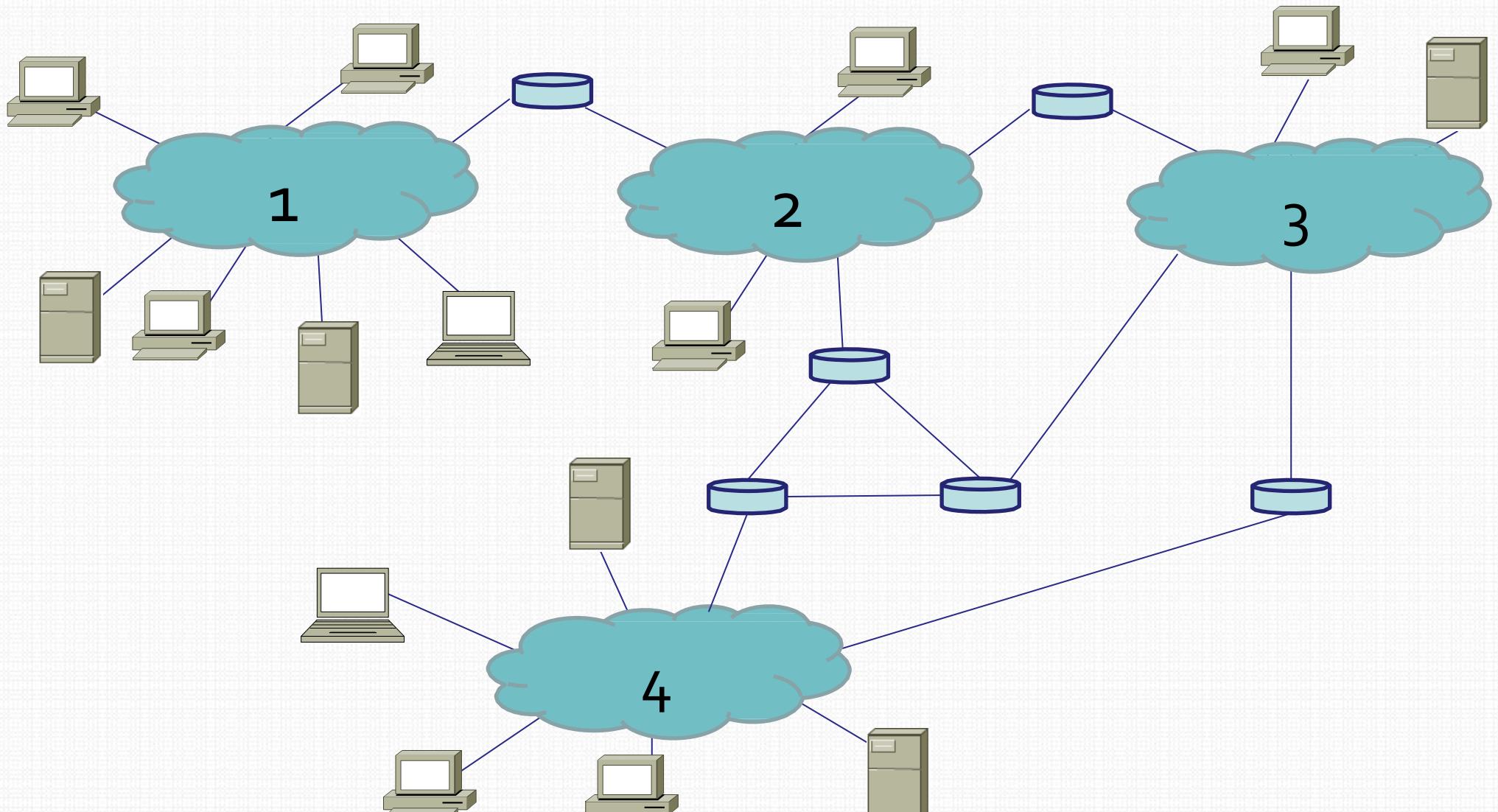
- Distintos tipos de enlaces compuestos por diferentes tipos de medios físicos
- Diferentes velocidades de transmisión (bits/s)
- Medios guiados (cable, fibra)
 - Las señales se propagan por elementos sólidos
 - Par trenzado, coaxial, fibra óptica
- Medios no guiados (radio, luz)
 - Las señales se propagan libremente
 - Radio terrestre, satélite, láser,..



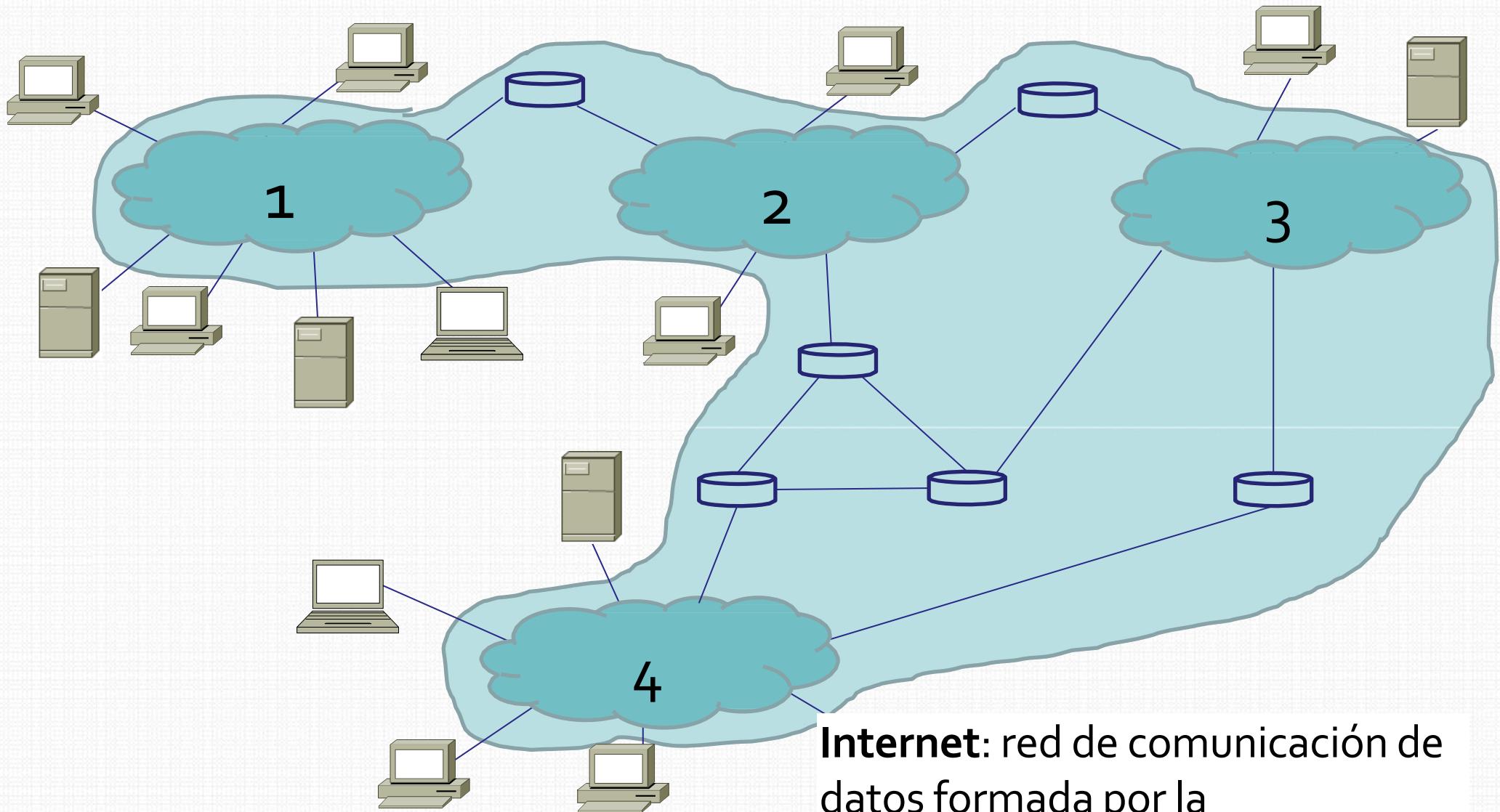
■ Dispositivos de conmutación

- Reenvían los paquetes hacia sus destinos finales
- Tipos más utilizados:
 - Routers (núcleo de la red)
 - Switches (redes de acceso)





Dispositivo de interconexión de redes denominado pasarela o **router**. Pertenece a dos o más redes



Internet: red de comunicación de datos formada por la interconexión de múltiples redes



- ¿Qué necesitamos a **nivel lógico** para que la red funcione?
 - Poder identificar a cada uno de los hosts que se comunican → **Direcccionamiento**
 - Que los sistemas se entiendan → **Protocolo**



- Que los sistemas se entiendan → Protocolo
 - Entre dos partes que intercambian información hacen falta **unas reglas que regulen la comunicación**
 - Se basa en un modelo pregunta-respuesta

A: Hola
B: Hola. Buenos días

A: Quisiera un lápiz
B: Aquí tiene

A: Gracias. Adiós
B: Adiós

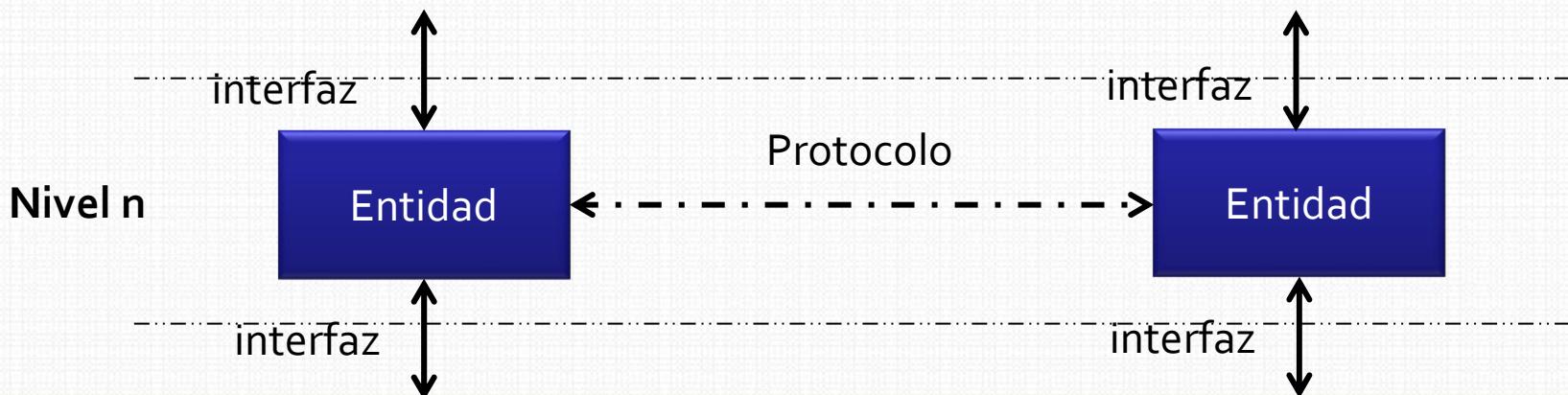
```
220 disca.upv.es Sendmail SMI-8.6/SVR4 ready at Fri, 5 Feb 2010 19:28:52 GMT
HELO ovidi.disca.upv.es
250 disca.upv.es Hello ovidi.disca.upv.es [158.42.53.1], pleased to meet you
MAIL From:<ovidi@disca.upv.es>
250 <ovidi@disca.upv.es>... Sender ok
RCPT To:<pau@disca.upv.es>
250 <pau@disca.upv.es>... Recipient ok
DATA
354 Enter mail, end with "." on a line by itself
Hola,
Te apetece venirte al cine?
Bye
.
250 TAA11108 Message accepted for delivery
QUIT
221 disca.upv.es closing connection
```

Protocolo SMTP



■ Definición

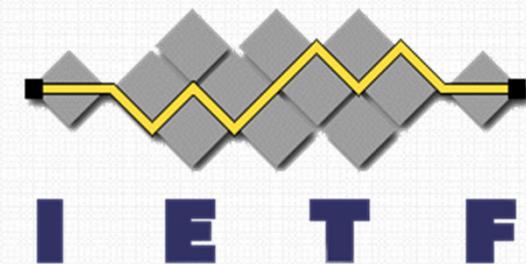
- Conjunto de reglas que definen y regulan el intercambio de información entre dos entidades del **mismo nivel**
- Los protocolos definen:
 - El **formato (sintaxis)**, la **semántica** y el **orden** de los mensajes a intercambiar.
 - Las **acciones** a realizar en la transmisión y recepción de los mensajes



- Protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)
 - Nivel de Aplicación
 - DHCP, DHCPv6, DNS, FTP, HTTP, IMAP, IRC, LDAP, MGCP, NNTP, NTP, POP, RPC, RTP, RTSP, SIP, SMTP, SNMP, SOCKS, SSH, Telnet, TLS/SSL, XMPP, ...
 - Nivel de Transporte
 - TCP, UDP, DCCP, SCTP, RSVP, ...
 - Nivel de Red
 - IP (IPv4, IPv6), ICMP, ICMPv6, RIP, OSPF, BGP, ECN, IGMP, IPsec, ...
 - Nivel de Enlace
 - ARP/InARP, NDP, Tunnels (L2TP), PPP, Media Access Control (Ethernet, DSL, ISDN, FDDI, ...), ...



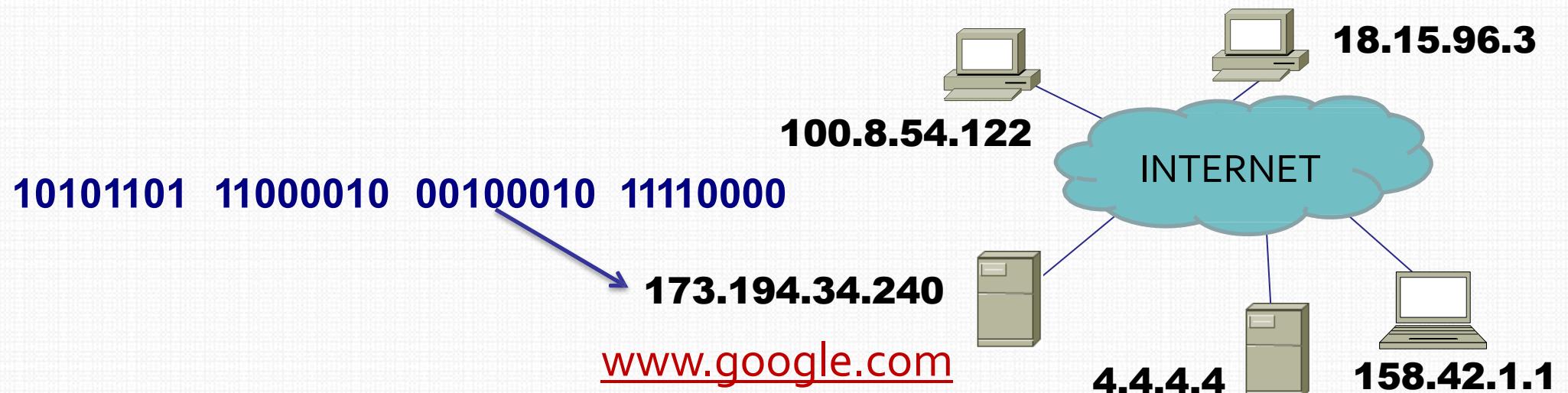
- Protocolos TCP/IP
 - ¿Quién redacta los protocolos?
 - Internet Engineering Task Force (**IETF**): desarrolla los estándares de Internet
 - <http://www.ietf.org>
 - Request for Comments (**RFCs**): documentos asociados a los estándares desarrollados por IETF
 - <http://ftp.rediris.es/ftp/pub/docs/rfc/>



- Cada computador tiene un identificador o dirección.
- Esta dirección se emplea para especificar el destino y el origen de un paquete
- Direcciones IP (*Internet Protocol*)
 - IPv4 = 32 bits
 - Espacio de direcciones de hasta $4.294.967.296$ (2^{32}) direcciones posibles.
 - Notación decimal de 12 dígitos
 - Ej: 158.42.53.16
 - IPv6 = 128 bits
 - Espacio de direcciones $\sim 3.4 \times 10^{38}$ (2^{128})
 - Notación hexadecimal de 32 dígitos
 - Ej: 2001:720:101C:53:e878:2f60:9e7f:dec

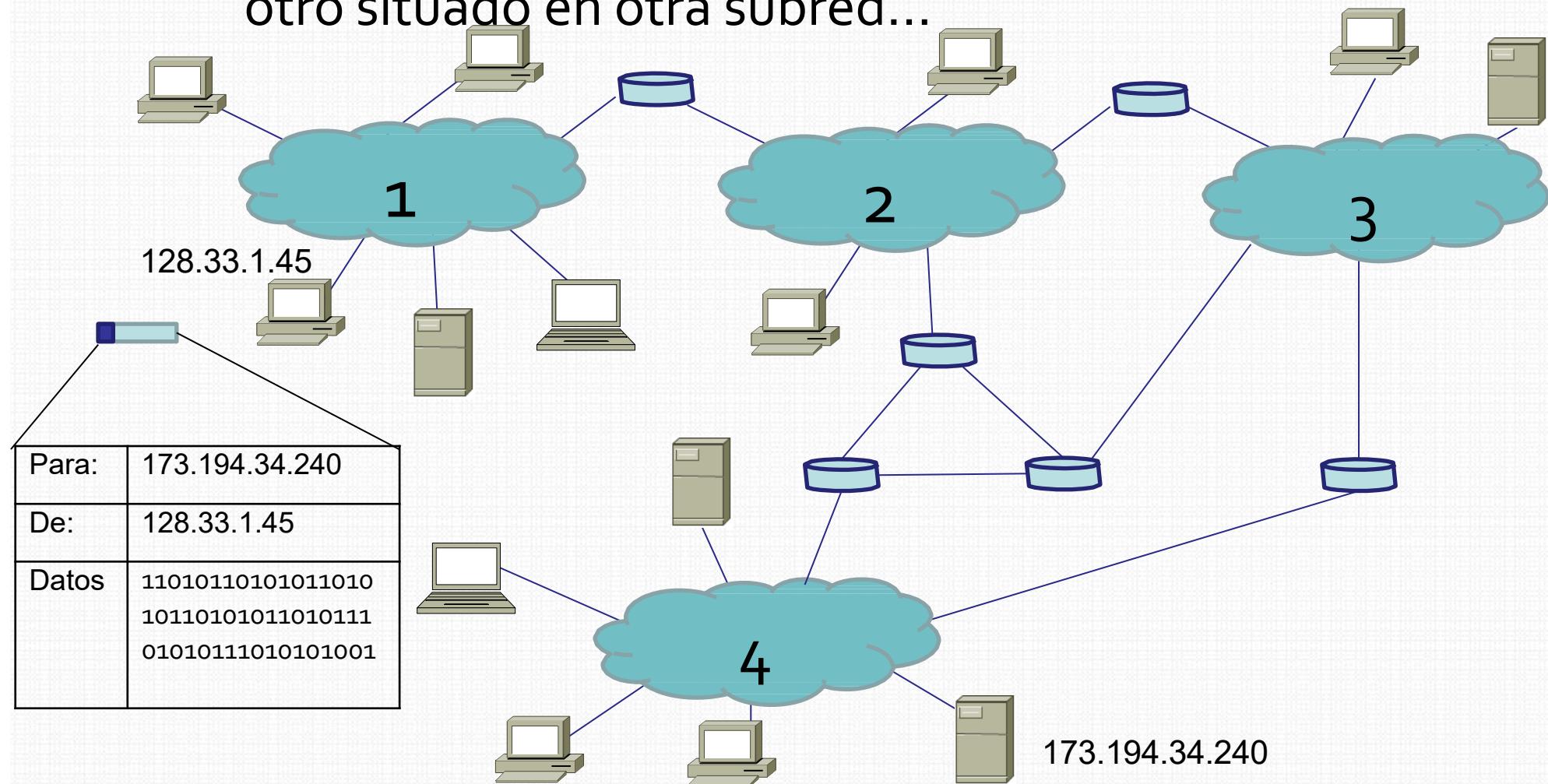


- Direcciones IP (*Internet Protocol*)
- A las direcciones IP se les puede asociar un nombre



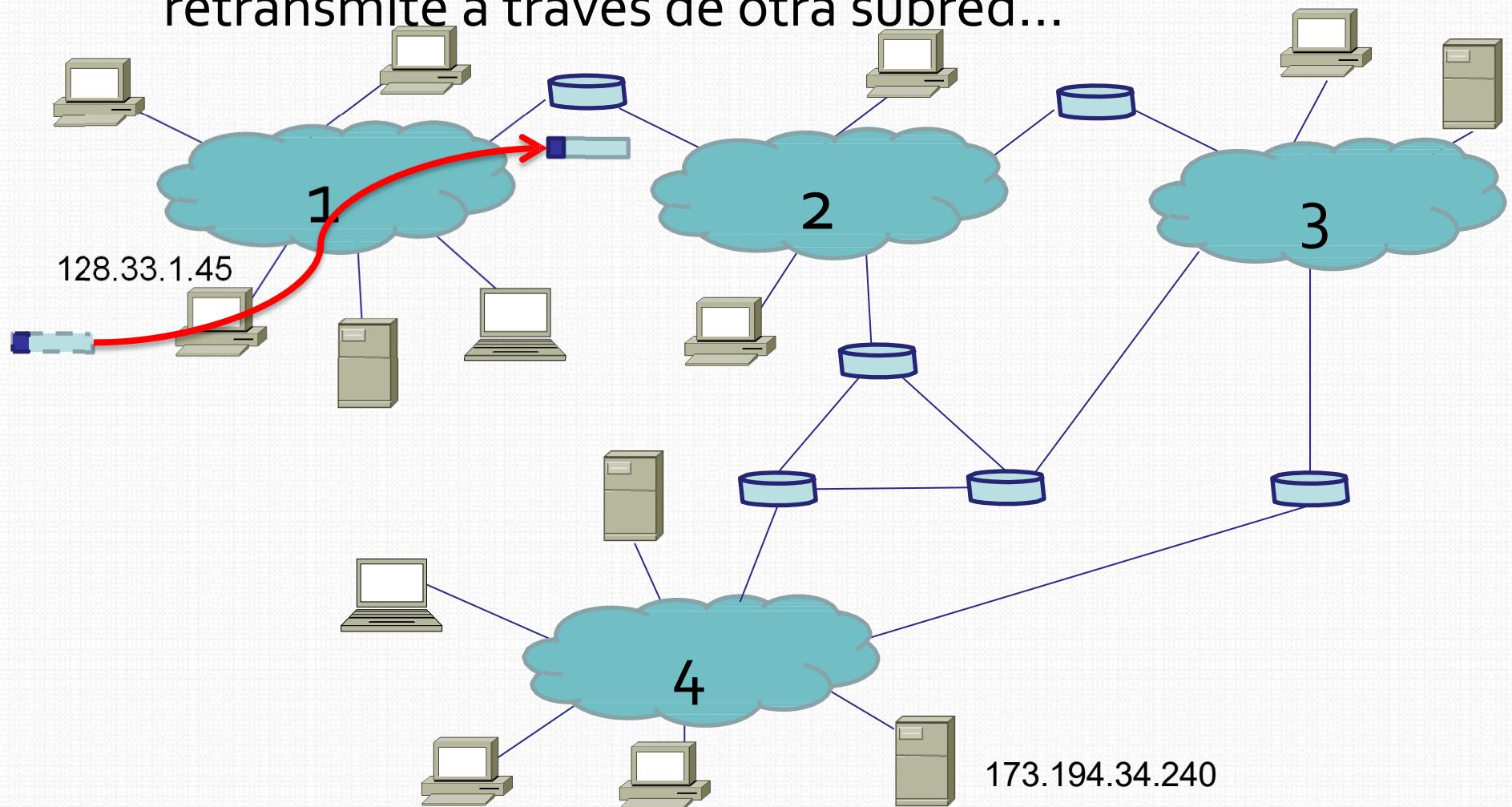
■ Red de conmutación de paquetes

- Si un *host* desea enviar un bloque de datos (**paquete**) a otro situado en otra subred...

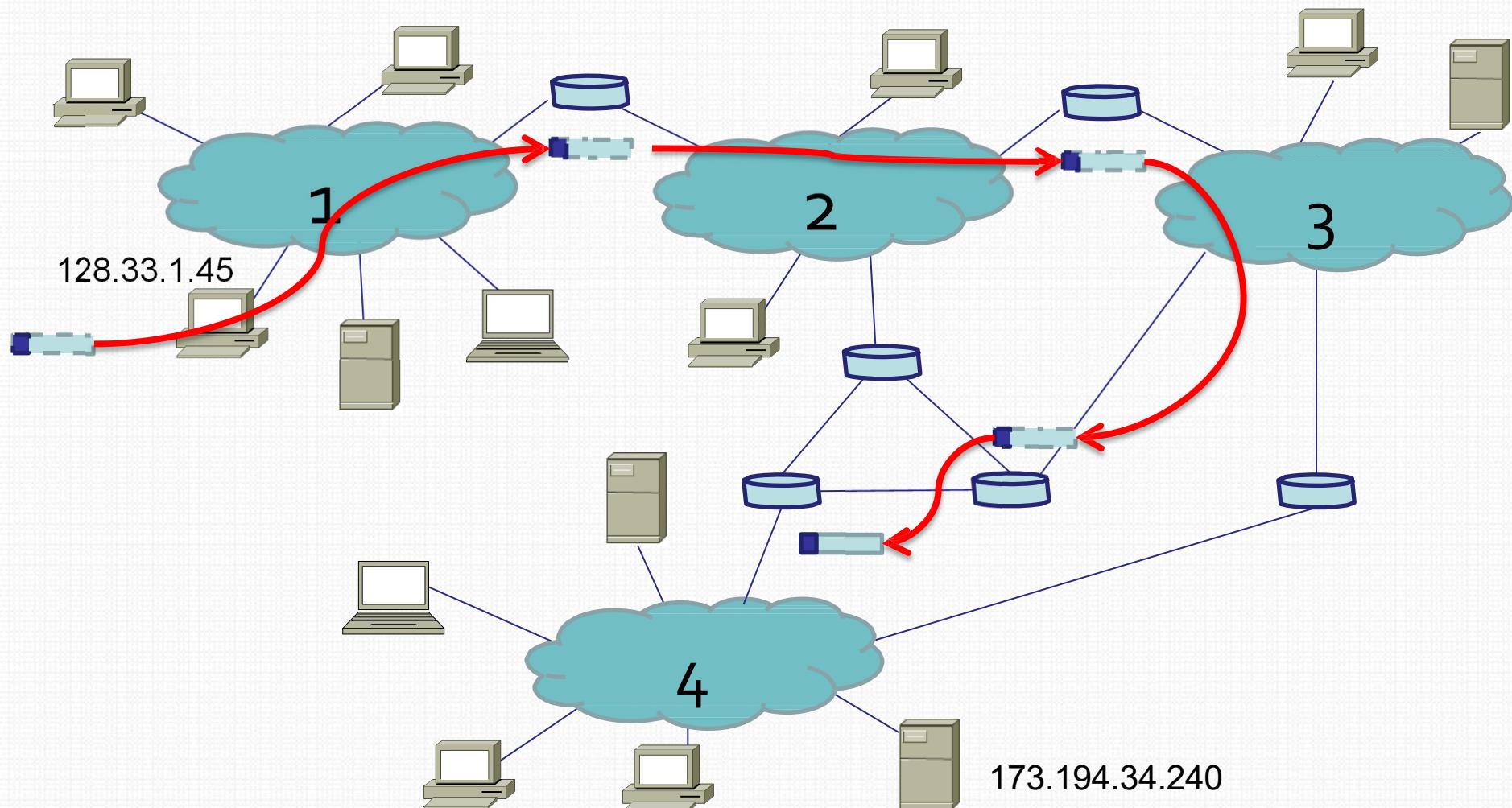


■ Red de conmutación de paquetes

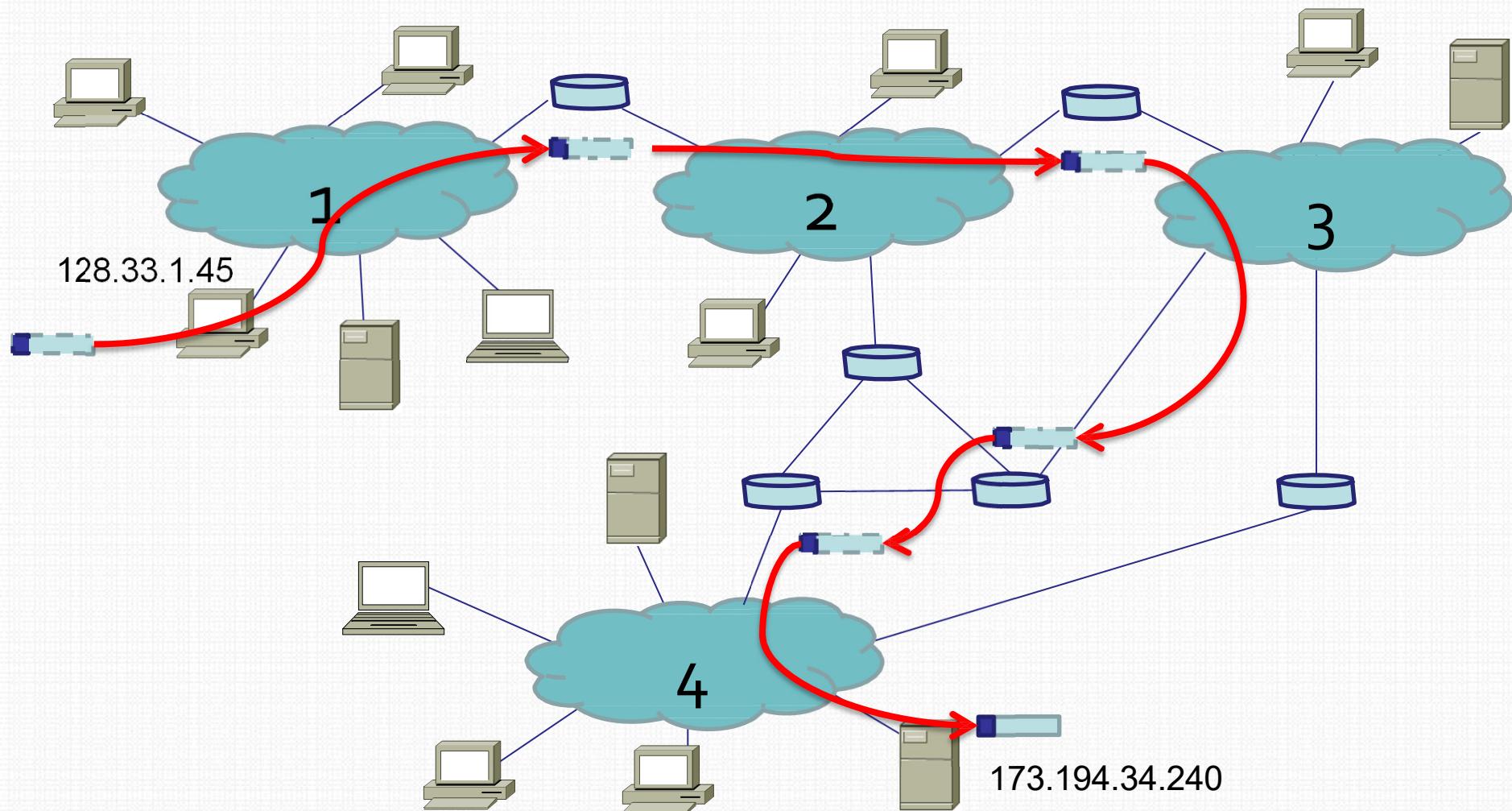
- ... lo hace llegar al *router* adecuado, que lo recibe y lo retransmite a través de otra subred...



- Red de conmutación de paquetes
 - ... a un nuevo *router*, que repite la operación...



- Red de conmutación de paquetes
 - ...hasta alcanzar el *host* destino.

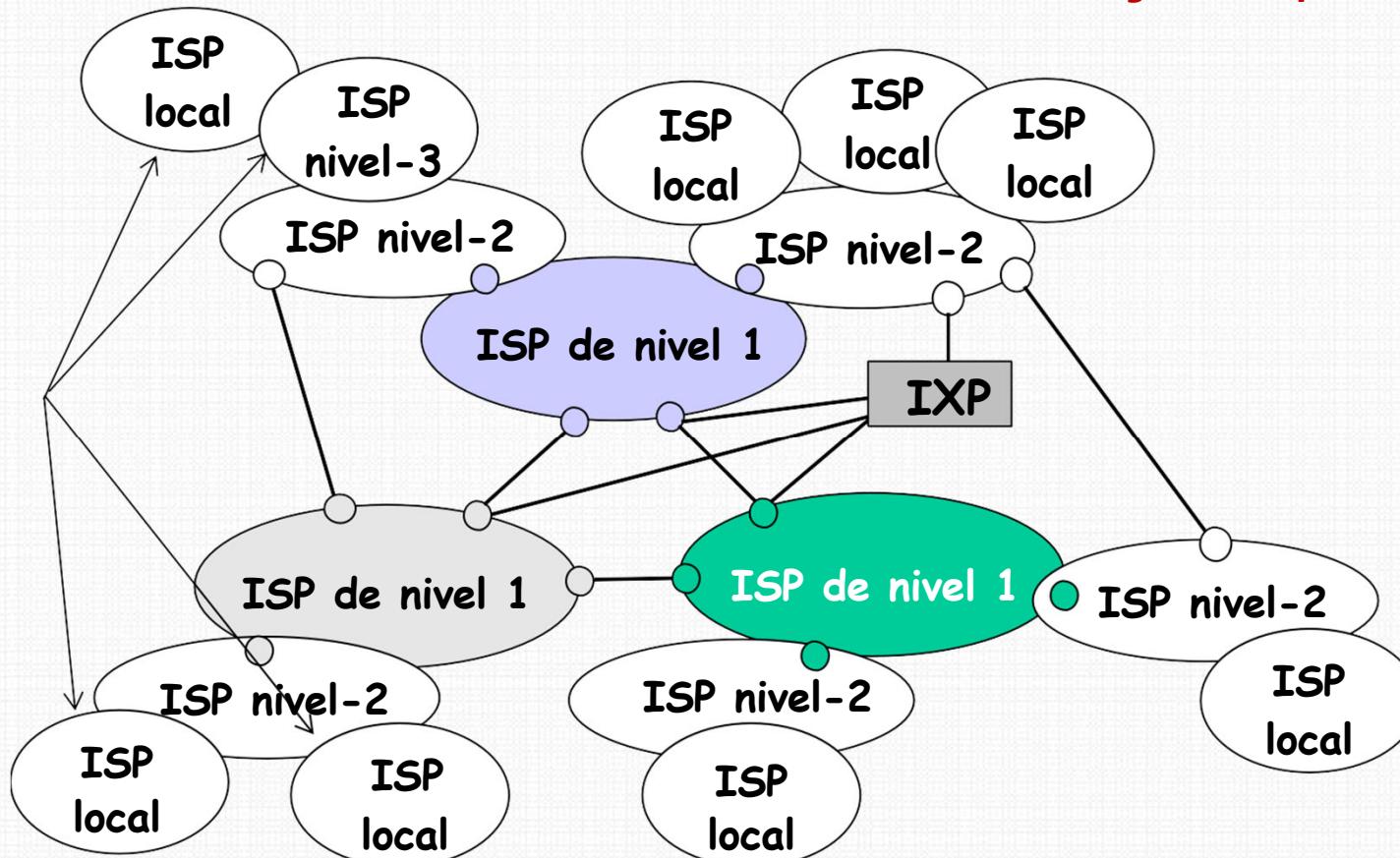


- Cada “salto” cuesta un tiempo
 - Transmitir el paquete y procesarlo
- El **router** debe almacenar el paquete (*Store and Forward*)
 - Si no tiene memoria disponible, ¡¡¡puede descartarlo!!!
- La ruta se elige de forma distribuida
 - Cada **router** puede tomar decisiones en función de su entorno
- El origen no sabe dónde está el paquete tras el primer salto.



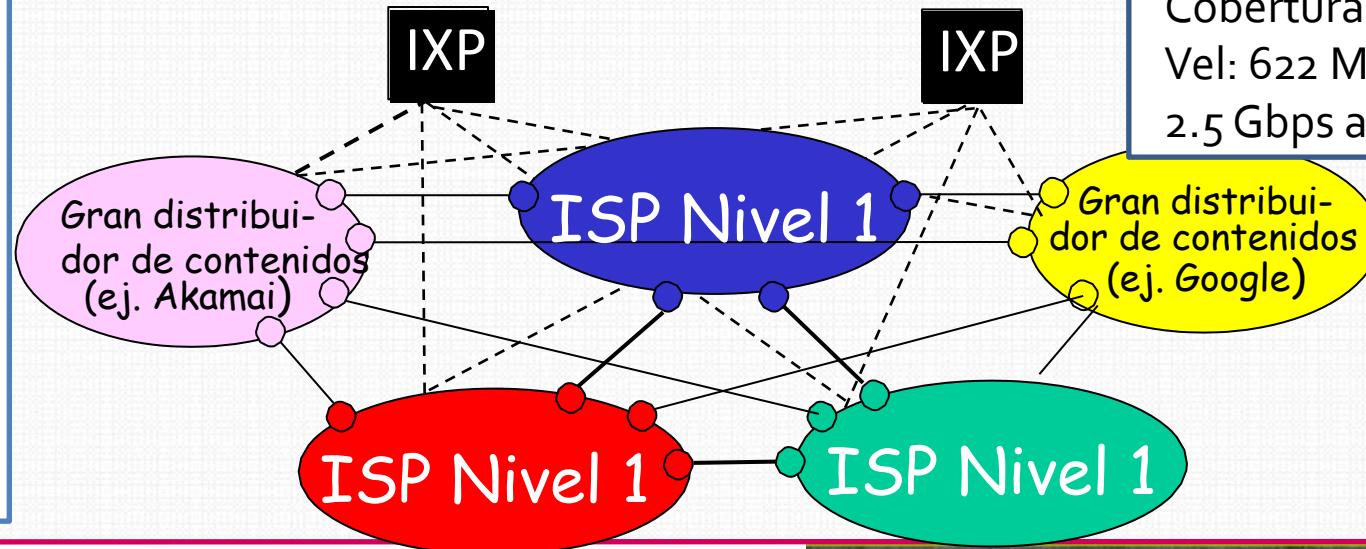
■ *ISP (Internet Service Provider)*

- Organización o empresa que proporciona acceso a Internet
- Se estructuran de forma más o menos jerárquica

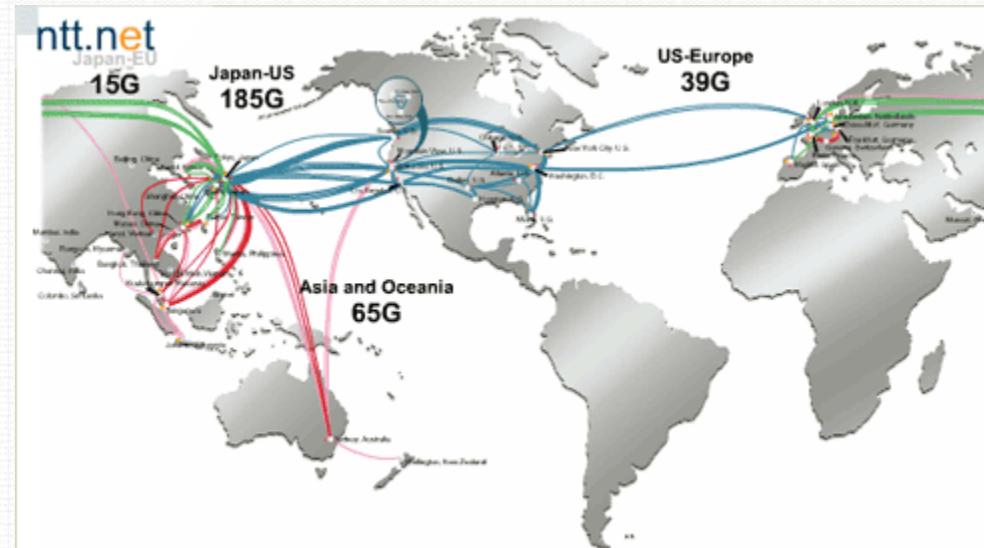
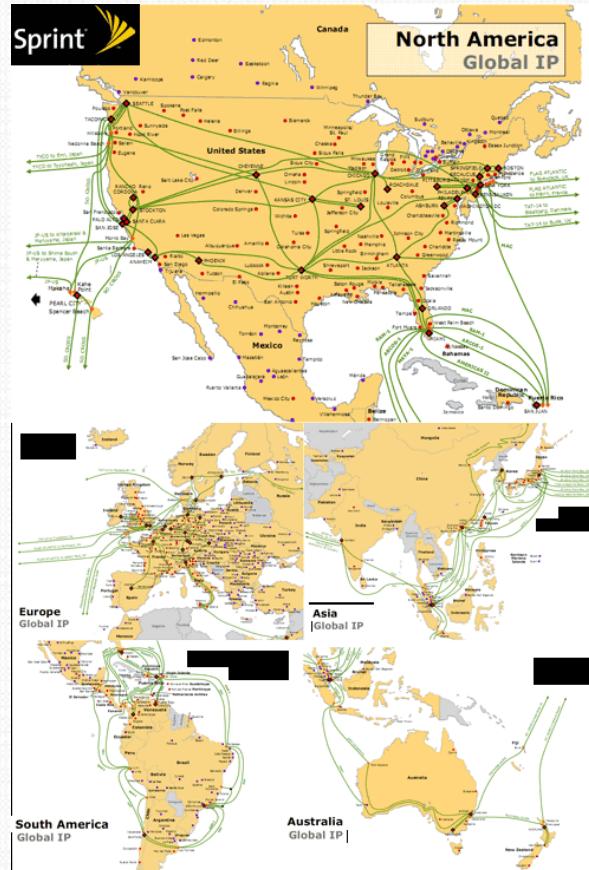


- **ISPs de nivel 1 (*Tier 1*):** en el centro, un pequeño nº de grandes redes bien conectadas
 - **ISPs comerciales de “nivel-1”** (ej. Verizon, Sprint, At&T, Qwest), cobertura nacional & internacional
 - Grandes distribuidores de contenidos (Google, Microsoft)
 - Conectados directamente a cada uno de los demás “*Tier 1*”
 - Capaces de alcanzar cualquier red de Internet sin tener que pagar por tránsito. Se tratan entre sí como iguales (gratis).
 - Conectados a un gran nº de ISP de nivel 2 (*Tier 2*)

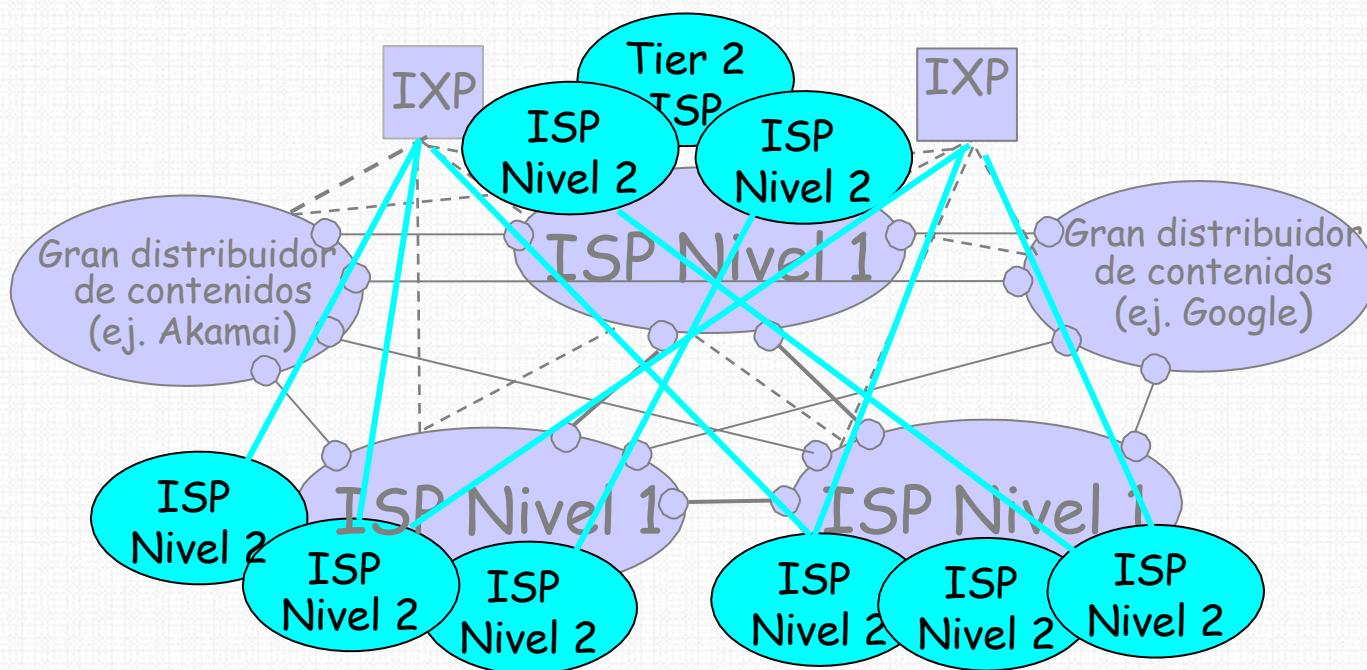
ISPs de Nivel 1 & Distribuidores de contenidos se interconectan de forma privada (pares)
... o en Internet Exchange Points IXPs



- ISP Nivel 1 forman la Dorsal, troncal o backbone de Internet

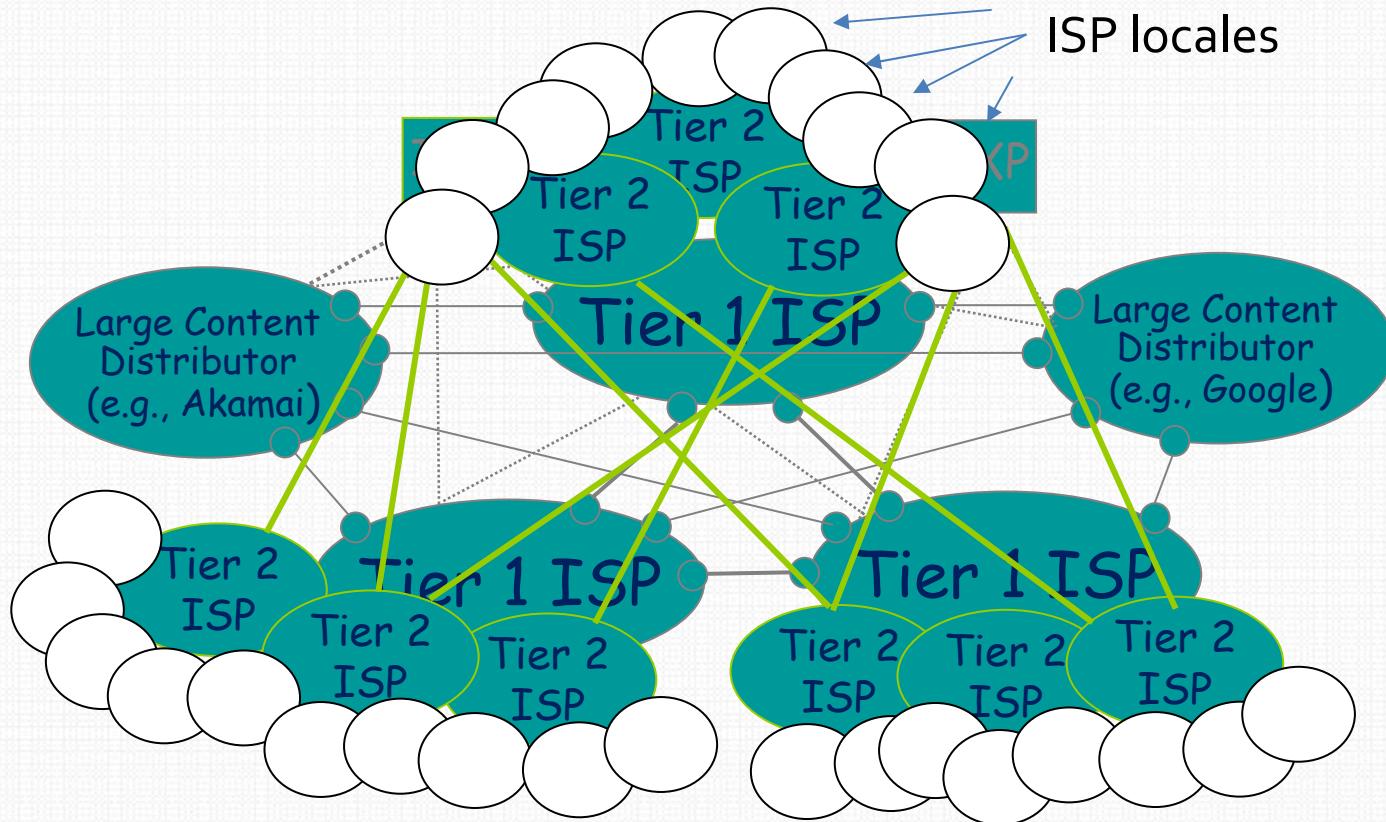


- **ISPs de “Nivel 2” (*Tier 2*):**
- Más pequeñas que las ISPs nivel 1, con cobertura regional o nacional
- Se conectan sólo a algunas ISPs de nivel 1 (pagando por el uso de sus redes. Relación de cliente-proveedor)
- Se conectan también entre ellas (acuerdos de *peering*) de forma que el tráfico fluya entre ellas (evitando el Nivel 1).

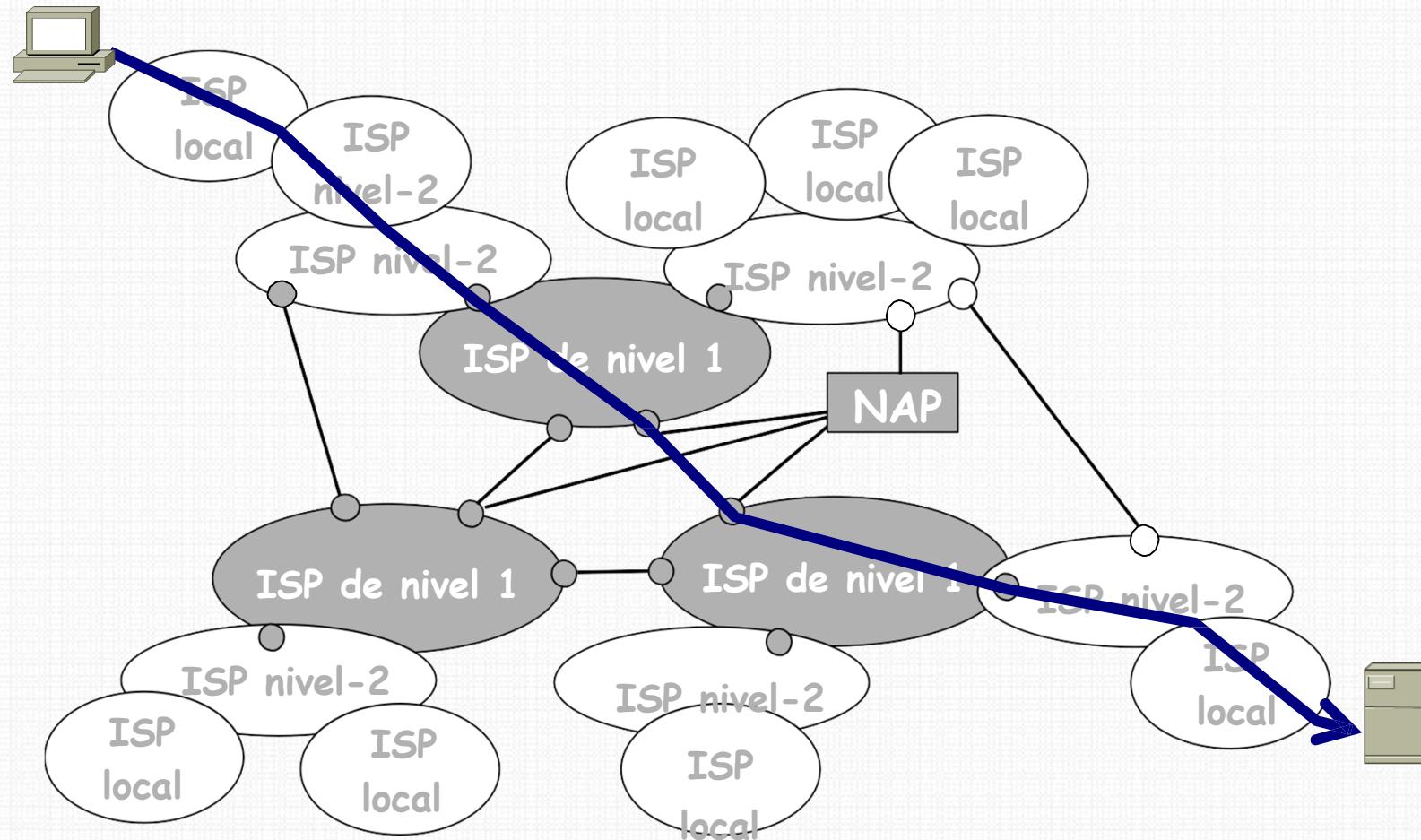


Pero para alcanzar una gran cantidad de redes necesitan encaminar su tráfico a través de los ISPs de nivel 1

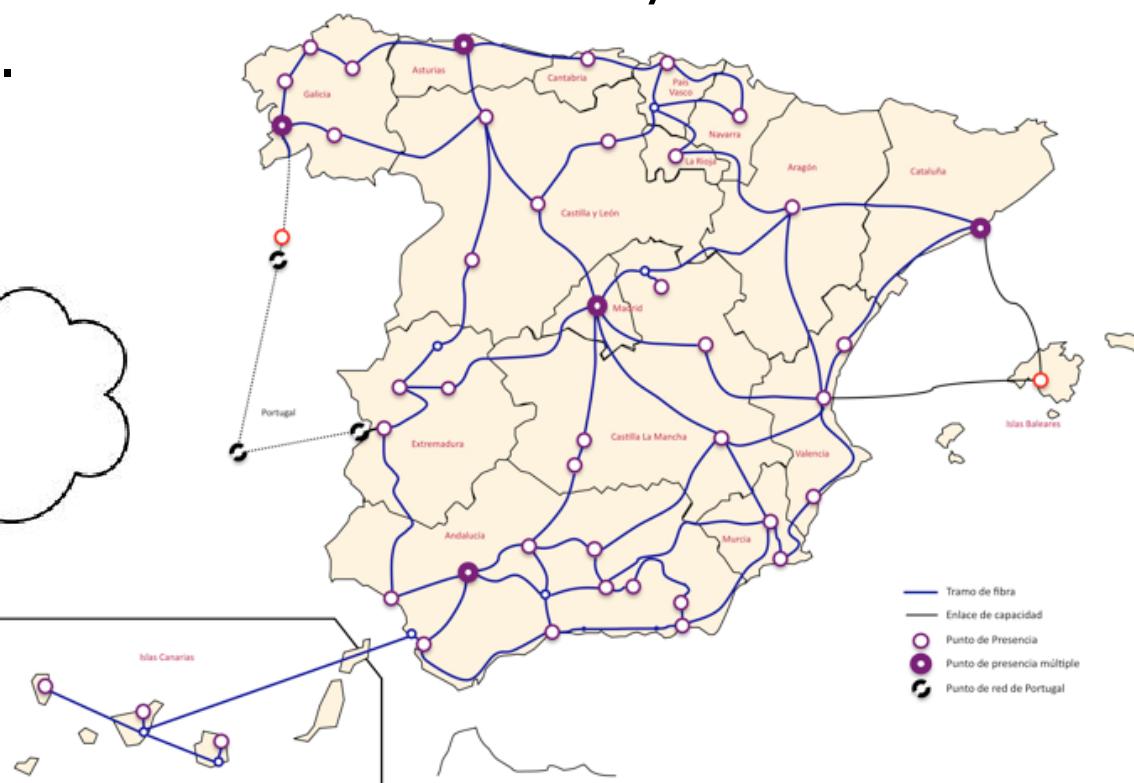
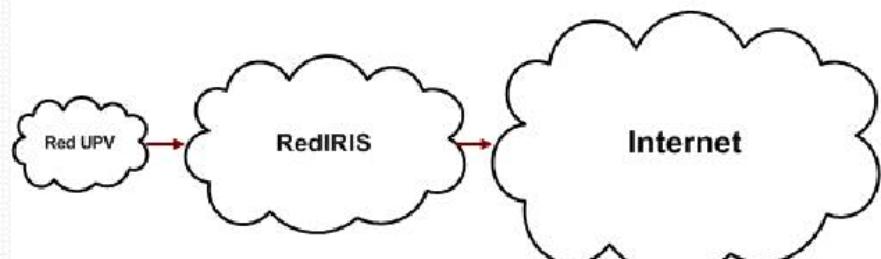
- ISPs de “Nivel 3” o locales
- Son clientes de las redes de Nivel 1 o Nivel 2
 - Redes de acceso, las más próximas a los sistemas finales



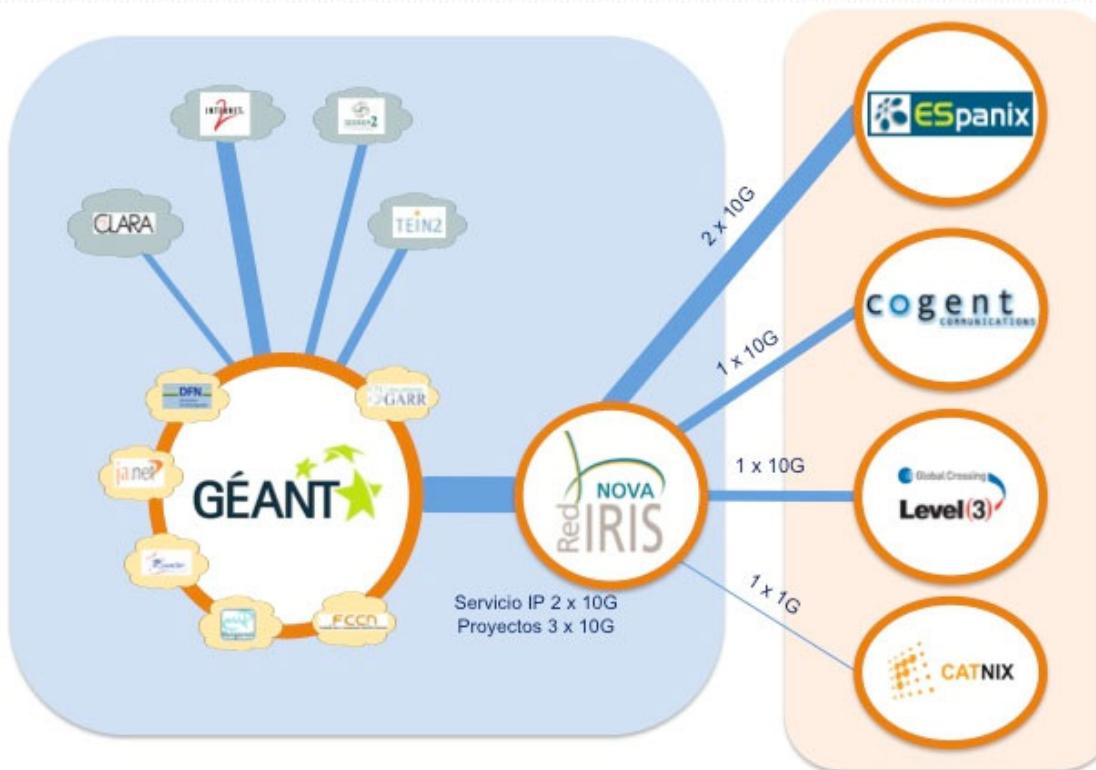
- Un paquete puede tener que atravesar redes de distintos proveedores desde el host de origen al destino



- Proveedor de servicios de Internet (ISP)
 - RedIRIS
 - Red española para la **Interconexión** de los **Recursos Informáticos** de las universidades y centros de investigación.



- Proveedor de servicios de Internet (ISP)
 - RedIRIS
 - Conexiones externas



- Internet es una red de comunicación de datos...
 - Formada por múltiples redes interconectadas:
 - Emplea **routers** y **comutación de paquetes**
- Todos los sistemas utilizan el mismo conjunto de protocolos de comunicación:
 - Los **protocolos TCP/IP**
- Tienen un esquema de direccionamiento común:
 - **Direcciones IP**
- A nivel comercial se estructura en diferentes ISPs



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

Punto Redes de acceso Cap. 1 Kurose

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

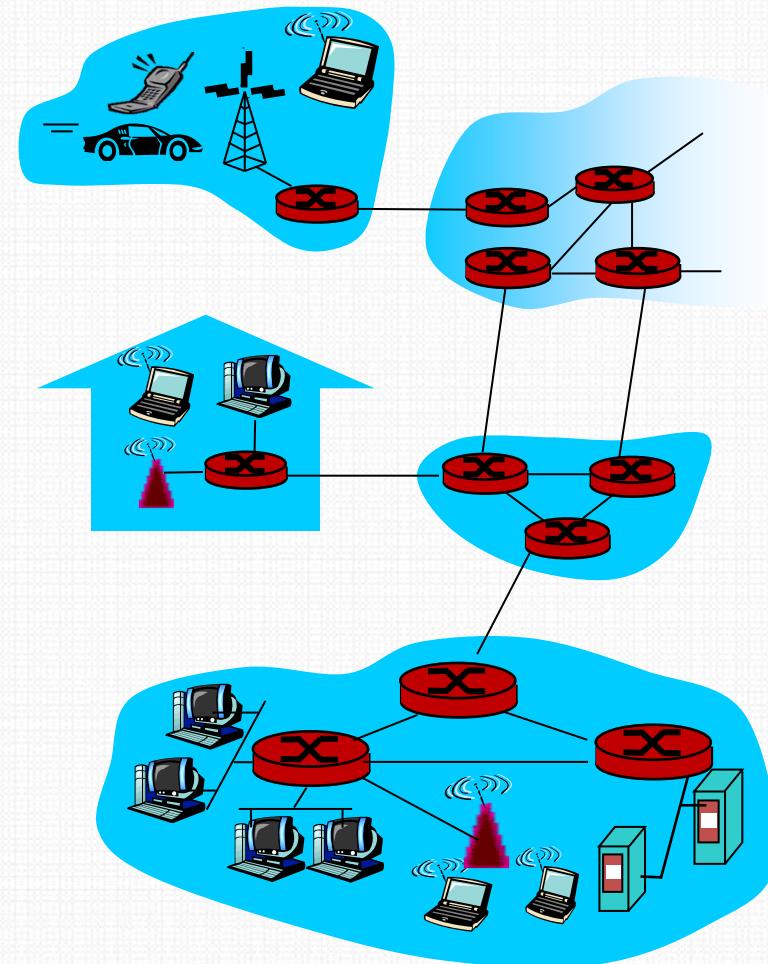
- Comutación de circuito
- Comutación de paquete

4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación



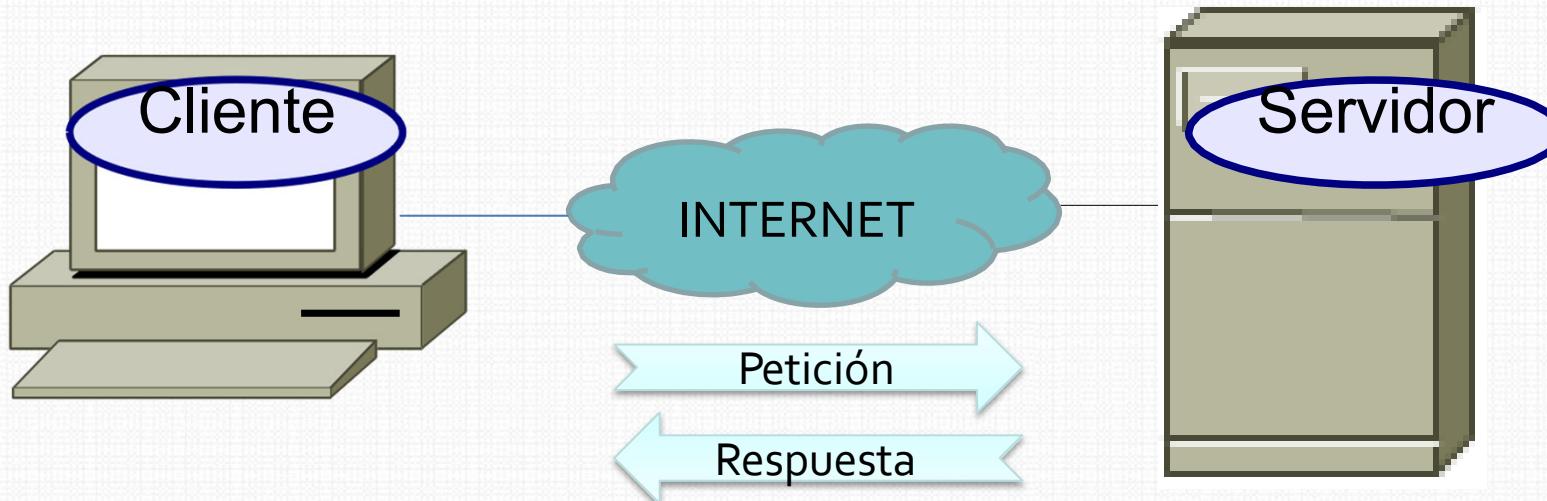
- La frontera de la red:
aplicaciones y hosts
- Redes de acceso,
medios físicos: enlaces
de comunicación con y
sin cable
- El núcleo de la red:
 - Routers
interconectados



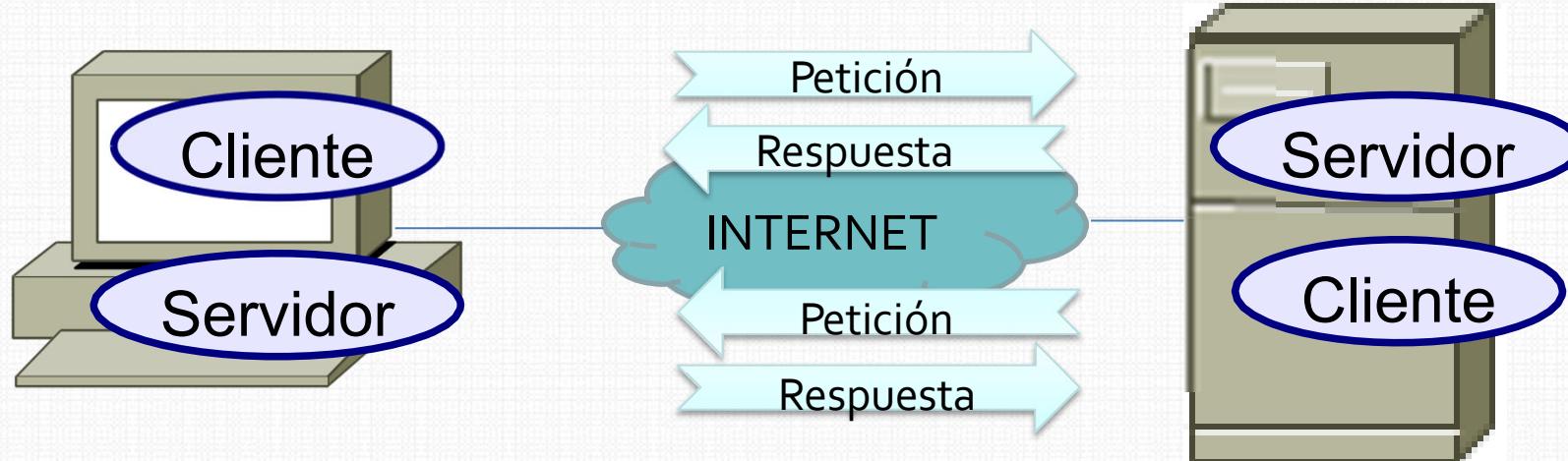
- Las redes permiten las aplicaciones distribuidas:
 - Varios procesos colaboran para ofrecer un servicio.
- Dos modelos de aplicación distribuida:
 - Cliente-servidor
 - Entre pares (peer-to-peer = p2p)
- Dos tipos de servicio para la implementación de aplicaciones de red:
 - Orientado a la conexión
 - Sin conexión



- Muchas aplicaciones en red lo utilizan
- Dos extremos:
 - Cliente: solicita un servicio
 - Servidor: proporciona el servicio solicitado
- Aplicación distribuida: parte en el servidor y parte en el cliente



- Todos los miembros incorporan la funcionalidad de servidor y de cliente
- Las peticiones se pueden dirigir a cualquiera de los otros miembros



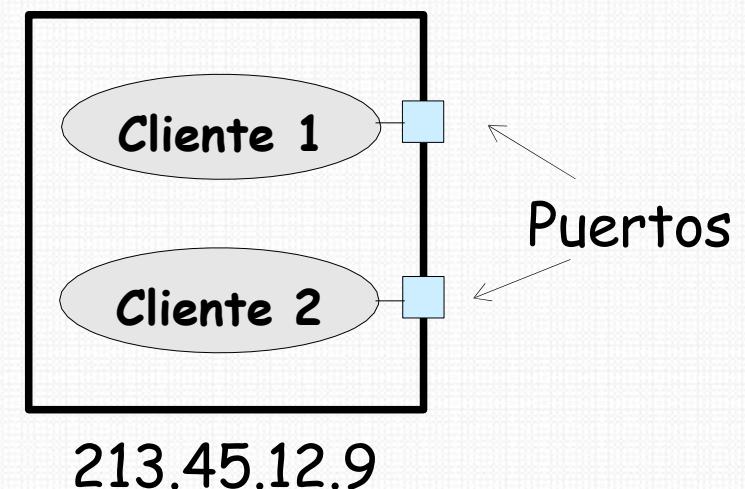
- Similar al teléfono
 - Conexión antes de transferir los datos
 - Información de estado asociada a la comunicación ... pero en los dos extremos
 - Ofrece transferencia de datos **fiable**
 - Entrega **ordenada**
 - Control de flujo y de error
 - Control de la congestión
- **Protocolo TCP (Transmission Control Protocol)**
(RFC 793)
- Se usa en las aplicaciones tradicionales (e-mail, web, ftp, ...)



- Similar al correo
 - Cada mensaje se trata de forma independiente
 - No necesita información de estado
 - Es un servicio más rápido y simple que el orientado a la conexión
 - Sin control de error o de flujo ni garantía de entrega
- **Protocolo UDP (User Datagram Protocol) (RFC 768)**
- Empleado para:
 - Transferencia de información multimedia
 - Aplicaciones que requieren difusiones
 - Aplicaciones pregunta-respuesta cortas



- Las direcciones IP identifican de forma unívoca un computador en la red
- ¿Cómo distinguir entre distintos procesos dentro del mismo computador?
- Identificador de *puerto* (16 bits)



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

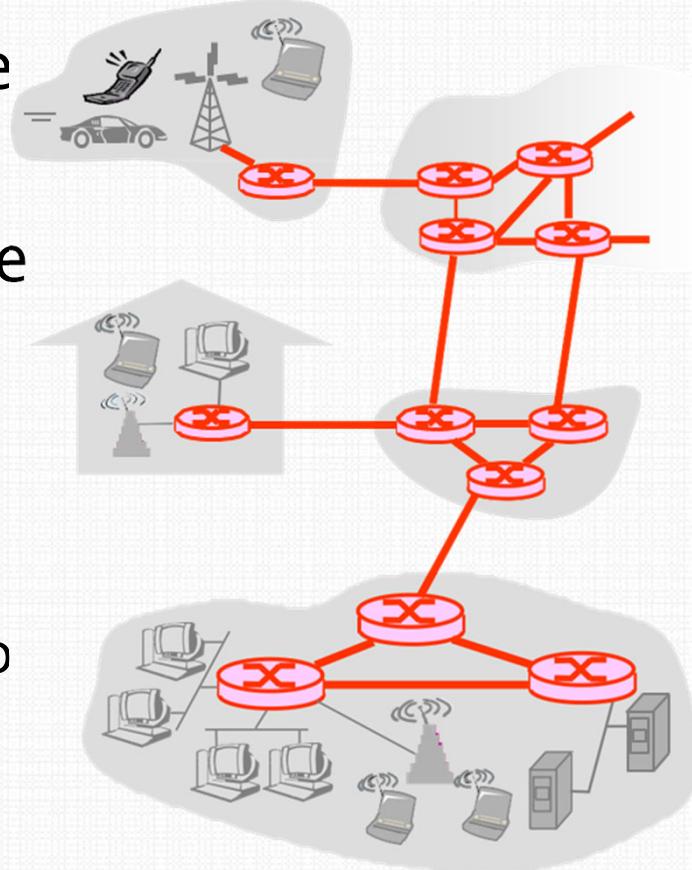
- Conmutación de circuito
- Conmutación de paquete

4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación

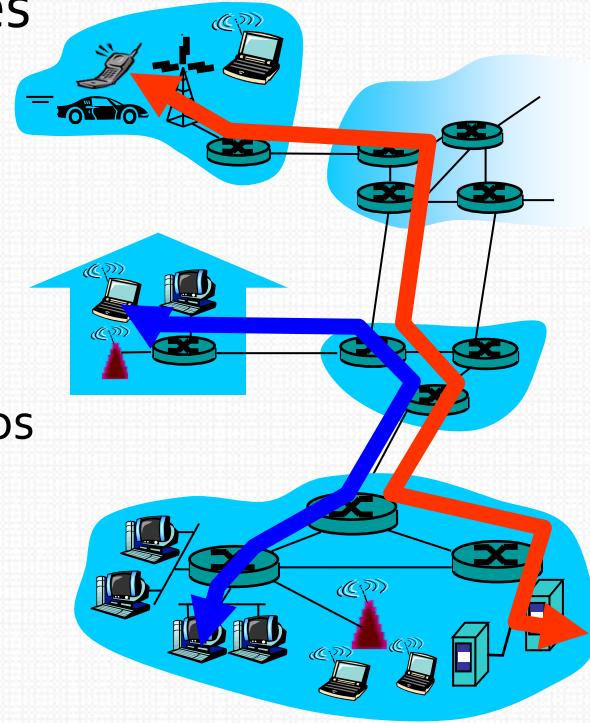


- Núcleo de la red: malla de routers interconectados
- Objetivo de una red: transferir datos entre los sistemas conectados a la misma.
- Fundamentalmente existen dos formas de mover la información por la red (Técnicas de conmutación):
 - **Comutación de circuito**
 - Los recursos se reservan durante el tiempo que dura la sesión
 - **Comutación de paquete**
 - Los recursos se utilizan bajo petición, no hay reservas, hay que esperar

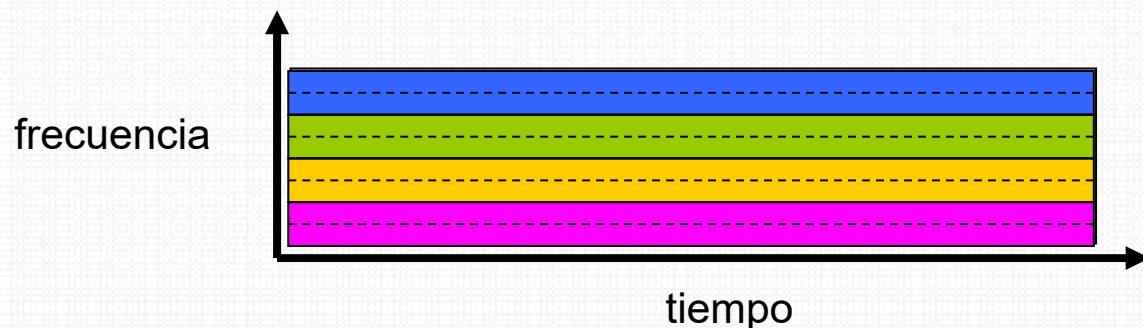


■ Comutación de circuito

- **Reserva estática.** Se reservan un conjunto de enlaces (circuito) por Conversación. Recursos reservados extremo a extremo.
- 3 fases:
 - **Establecimiento**, transferencia de datos y cierre
 - Tras el establecimiento, los recursos permanecen asociados al circuito se transfieren datos o no
- Se utiliza en las redes telefónicas
- Enlaces multiplexados en frecuencia o en tiempo
 - por un enlace pasan varios circuitos
- Recursos dedicados: no compartidos
- Los recursos están desaprovechados cuando la conexión no los usa

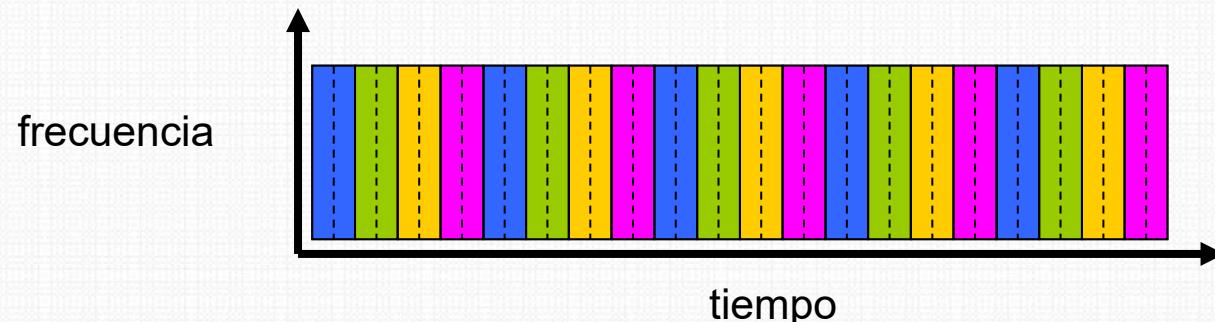


- Para mayor eficiencia hay que “trocear” los recursos y asignar “trozos” a cada conexión
- ¿Cómo “trocear” el ancho de banda?
 - Multiplexación por División en Frecuencia (FDM)



Los “trozos” de recurso están desaprovechados cuando la “conexión” no los usa.

- Multiplexación por División en el Tiempo (TDM)



■ Comutación de paquete

- Las aplicaciones generan mensajes de longitud arbitraria
- Pero ... por motivos de eficiencia las redes limitan el **tamaño máximo** de los paquetes que se pueden transmitir:
- Por ejemplo, 1500 bytes = 12.000 bits
- Los mensajes mayores tienen que ser fragmentados en una secuencia de paquetes

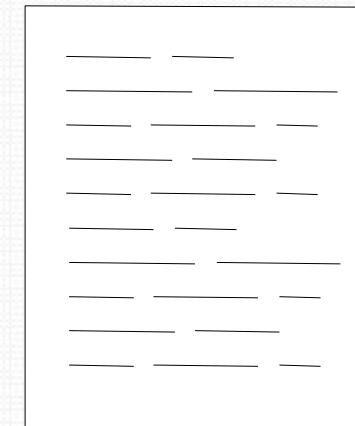
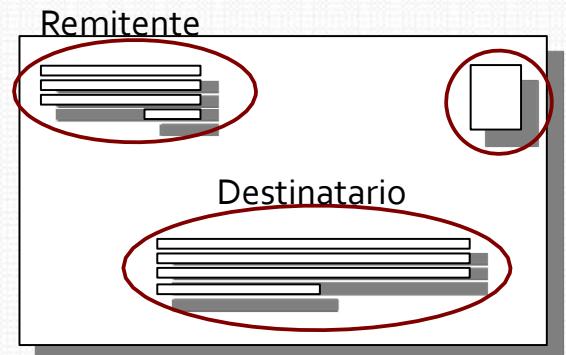


■ Como una carta:

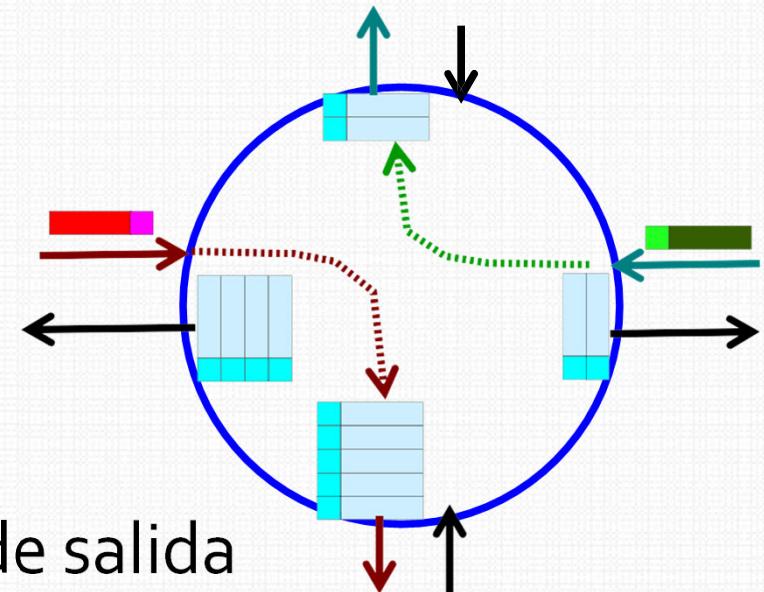
- Información de control (dirección remitente y destinatario ...)
 - Se llama **cabecera**
- Contenido
 - Se llaman **datos**

■ Paquete = cabecera + datos

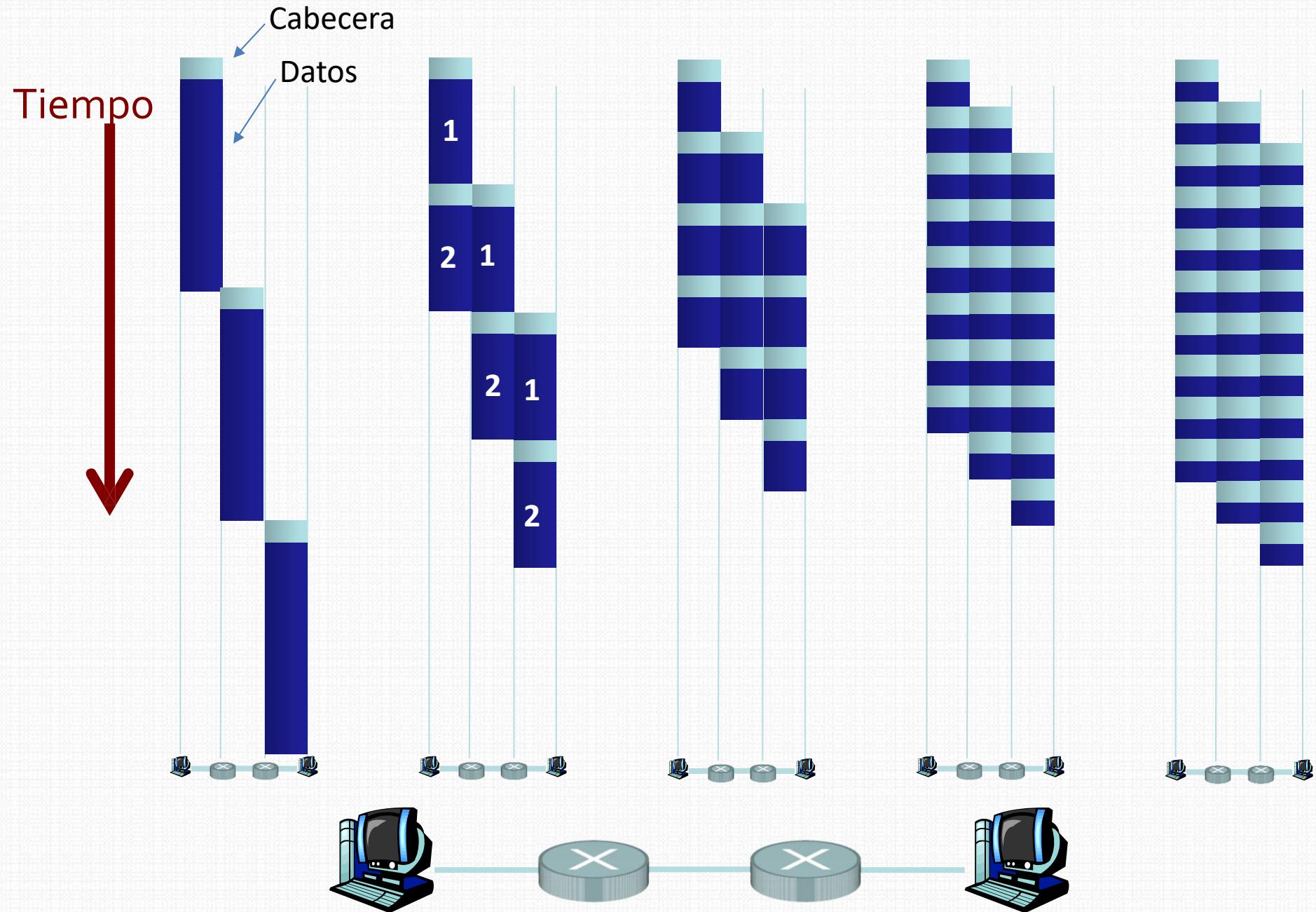
- En cada red, el paquete tiene una **longitud máxima**
 - Por ejemplo: 1500 bytes



- No se reservan recursos en la subred
- Funcionamiento en los dispositivos de comutación:
 - Almacenamiento y reenvío
 - Provoca retardo
 - Se necesitan colas en los enlaces de salida
 - Puede provocar retardo
 - Posible pérdida de paquetes
 - Las colas (buffers) de salida tienen una capacidad finita
 - Los paquetes que llegan a una cola llena son descartados (perdidos)



Fragmentación vs. prestaciones



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

- Comutación de circuito
- Comutación de paquete

4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación



- Retardos asociados a los **enlaces**:
 - Tiempo de transmisión
 - Tiempo de propagación
- Retardos asociados a los **dispositivos de conmutación**:
 - Tiempo de procesamiento
 - Tiempo de espera en cola de salida



- Tiempos asociados a los **enlaces**:

- **Tiempo de transmisión**

- Cada enlace tiene una capacidad que se mide en bits por segundo (b/s = bps)
 - Múltiplos: Kbps, Mbps, Gbps
 - T_{trans} depende de la velocidad de transmisión del enlace (V_{trans} bps) y de la longitud del paquete en bits (L)

$$T_{trans} = L / V_{trans}$$



- Ejemplos de tiempos de transmisión:
 - Longitud del paquete $L = 1500 \text{ Bytes} = 12000 \text{ bits}$
 - $V_{\text{trans}} = 1 \text{ Mbps}$
 - $T_{\text{trans}} = 12000 / 10^6 = 12 \text{ ms}$
 - $V_{\text{trans}} = 100 \text{ Mbps}$
 - $T_{\text{trans}} = 12000 / 10^8 = 0,12 \text{ ms}$



- Tiempos asociados a los **enlaces**:

- **Tiempo de propagación**

- Depende de la distancia (**D** metros) y la velocidad de propagación de las ondas en el medio ($V_{prop} =$ de $2 \cdot 10^8$ m/s a $3 \cdot 10^8$ m/s)

$$T_{prop} = D / V_{prop}$$



■ Kurose R18

- Calcula el tiempo que tarda un paquete de $L=1000$ bytes en recibirse al otro extremo de un enlace cuya longitud es de 2500 km, si:
 - $V_{\text{prop}} = 2.5 \times 10^8 \text{ m/s}$
 - $V_{\text{trans}} = 2 \text{ Mbps}$



- Retardos asociados a los dispositivos de conmutación:

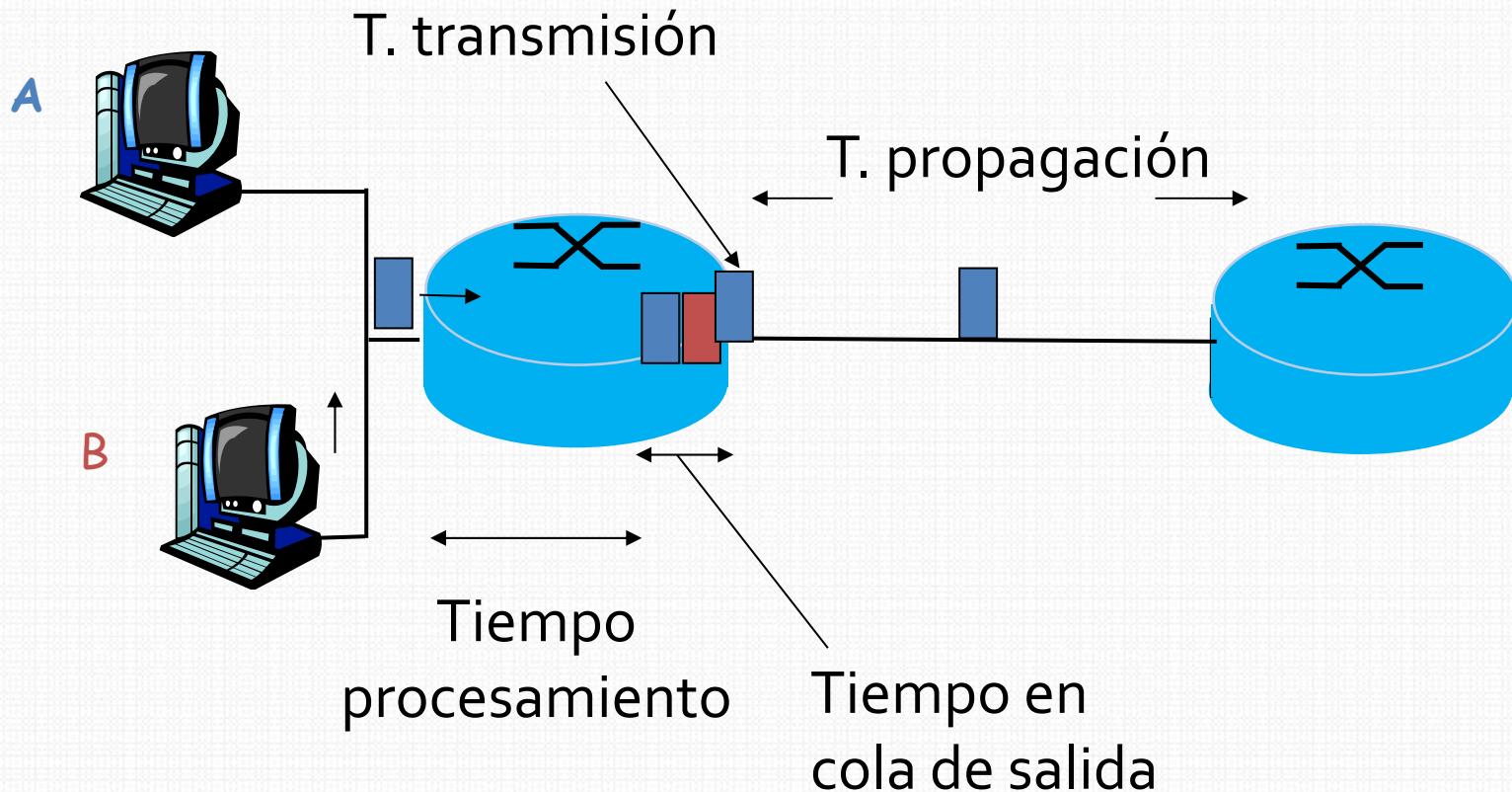
- **Tiempo de procesamiento**

- Para tomar una decisión de encaminamiento del paquete
 - Verificación de errores
 - Depende del dispositivo

- **Tiempo de espera en la cola de salida**

- Depende del tráfico y ... ¡de las V_{trans} de los enlaces!





- Viaje de un paquete:

Host – enlace – router – enlace – router – enlace - ... - Host

- Hasta llegar al primer router:

$$T_A = T_{trans} + T_{prop}$$

- Por cada router que haya que pasar:

$$T_{router} = T_{proc} + T_{cola} + T_{trans} + T_{prop}$$



1. ¿Qué es Internet?

- Componentes de una red
- Cómo interconectar redes
- Estructura comercial de Internet: ISP's

2. La frontera de la red

- Sistemas terminales, redes de acceso, enlaces

3. Núcleo de la red. Técnicas de conmutación

- Comutación de circuito
- Comutación de paquete

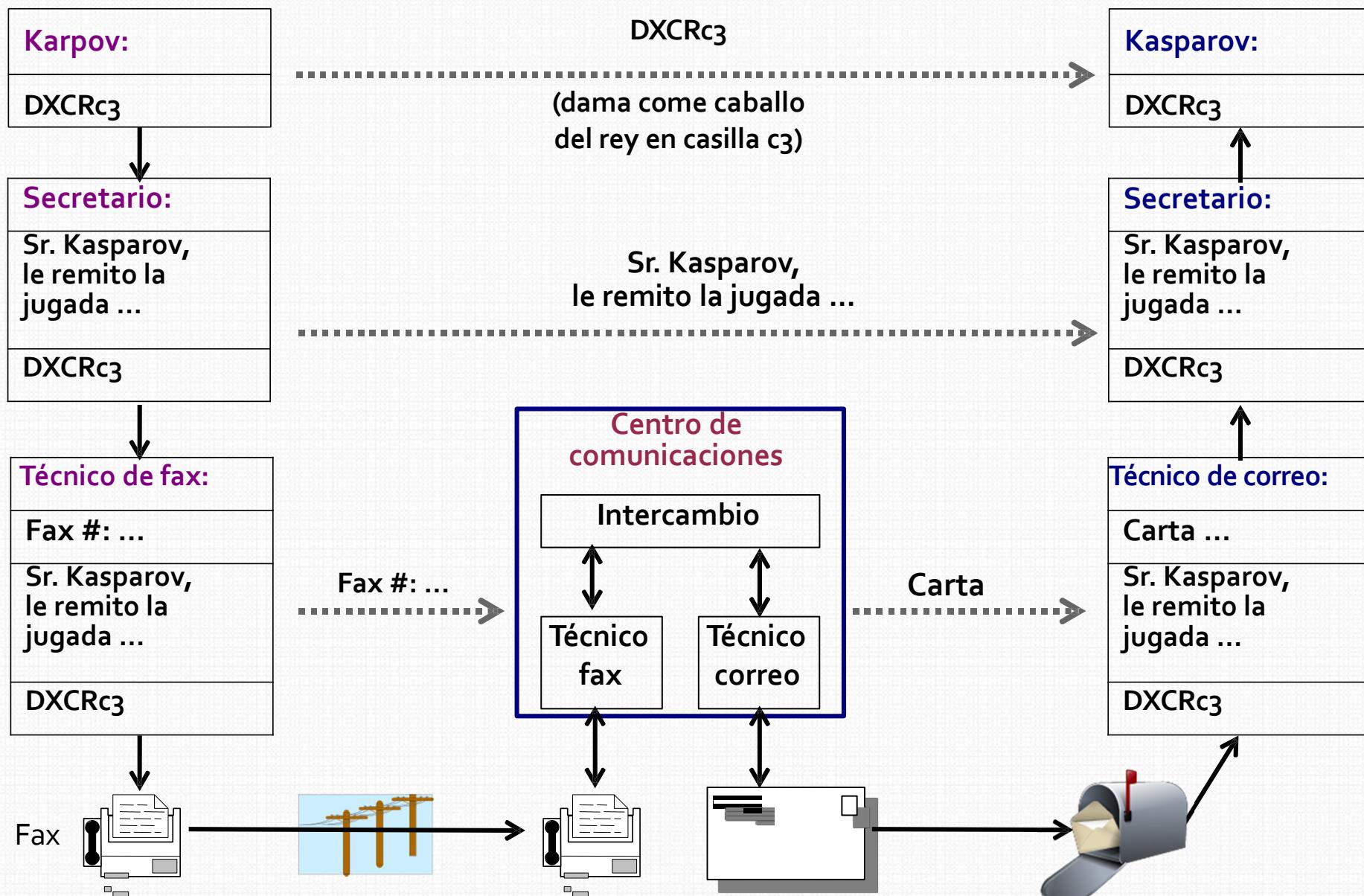
4. Retardos en una red de conmutación de paquete

5. Arquitecturas de comunicación

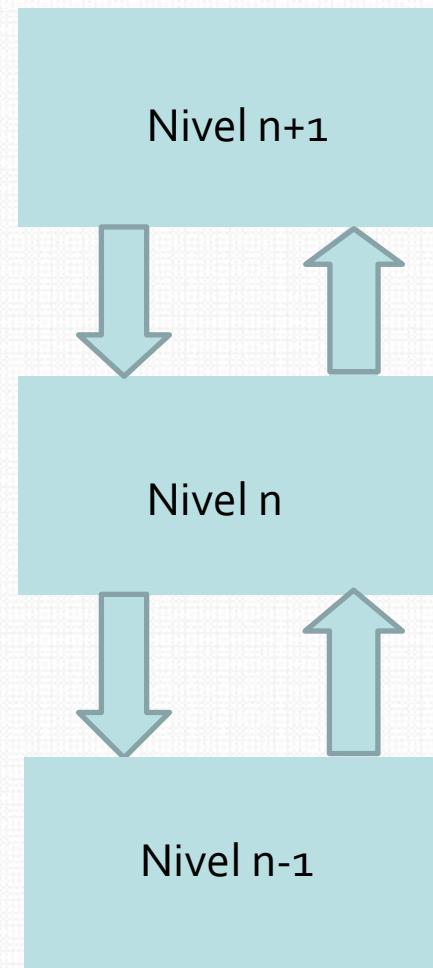


- La complejidad de las comunicaciones aconseja el empleo de **modelos jerárquicos**
 - Se dividen las tareas en diferentes **capas** o **niveles**
 - Cada nivel soluciona un objetivo particular y es fácilmente reemplazable sin afectar al conjunto
 - Para cada nivel se emplea uno o más protocolos específicos
 - Modularización, facilita:
 - Implementación, mantenimiento, actualización
- Este modelo jerárquico se denomina **arquitectura de comunicación** o de red





- Cada nivel proporciona un servicio al nivel superior
- Sólo hay comunicación entre niveles adyacentes
- Dos arquitecturas actuales
 - Protocolos TCP/IP (Internet): **5 niveles**
 - Modelo de referencia OSI/ISO: **7 niveles**



■ Modelo TCP/IP

- Nivel físico: transferencia de bits sobre un enlace de comunicación sin considerar estructura de la información
 - Define aspectos como el medio de transmisión o la codificación de la señal
- Nivel de enlace: traslada tramas de un nodo (host o router) hasta el siguiente de la ruta (Ethernet, 802.11 (WiFi), ...)
- Nivel de red: encamina paquetes origen-destino eligiendo la ruta a través de la red (IP)
- Nivel de transporte: transferencia de información entre procesos a través de la red (TCP, UDP)
- Nivel de aplicación: protocolos para aplicaciones finales de red (FTP, SMTP, HTTP)

Aplicación

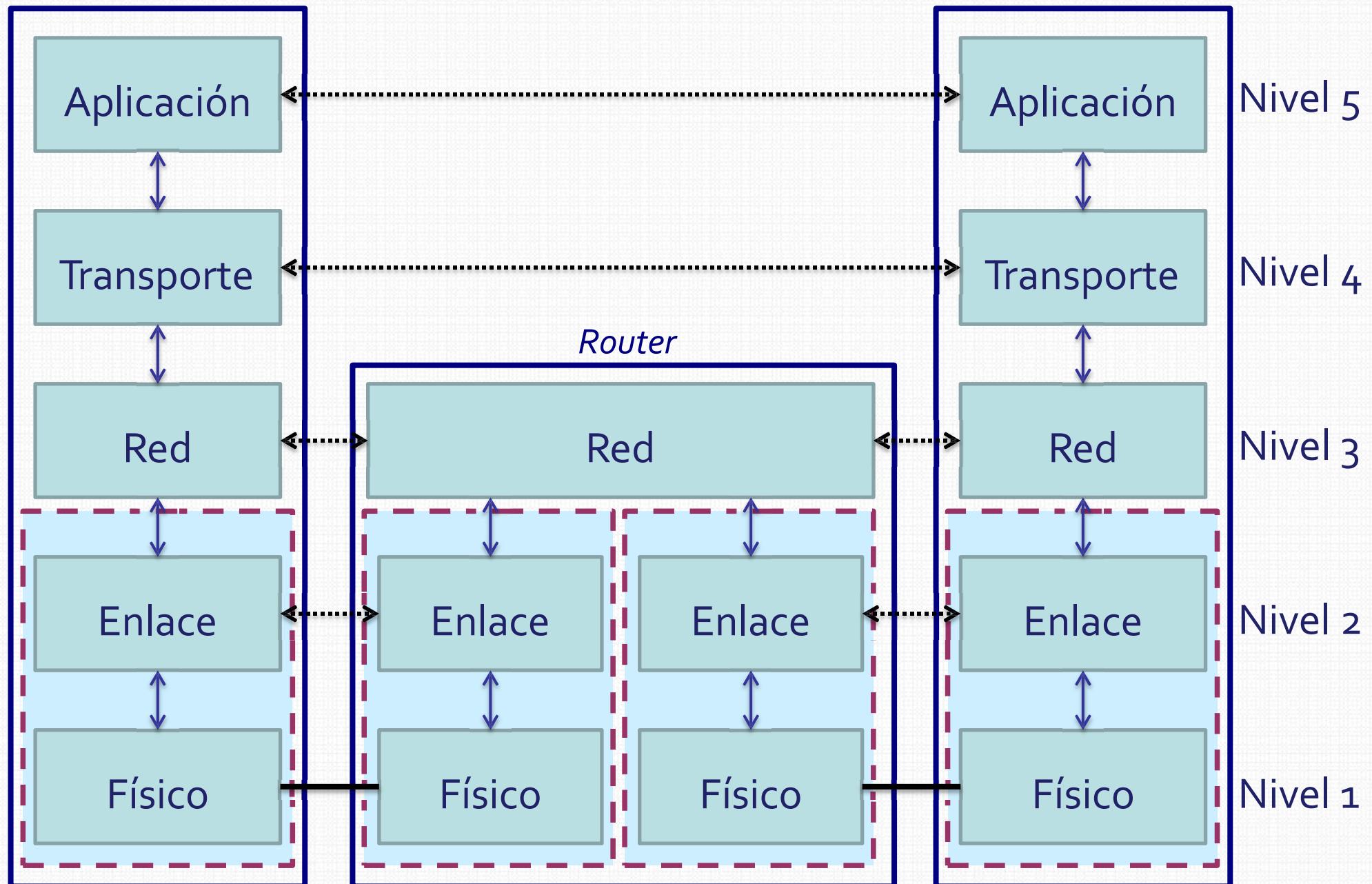
Transporte

Red

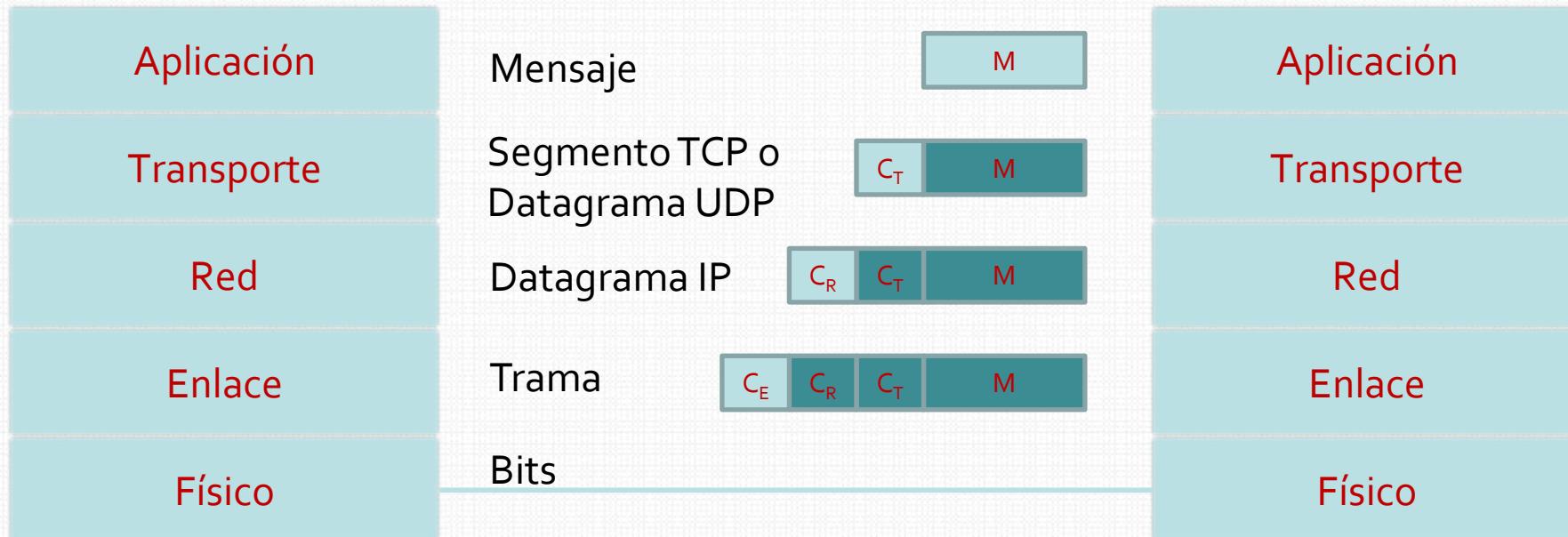
Enlace

Físico

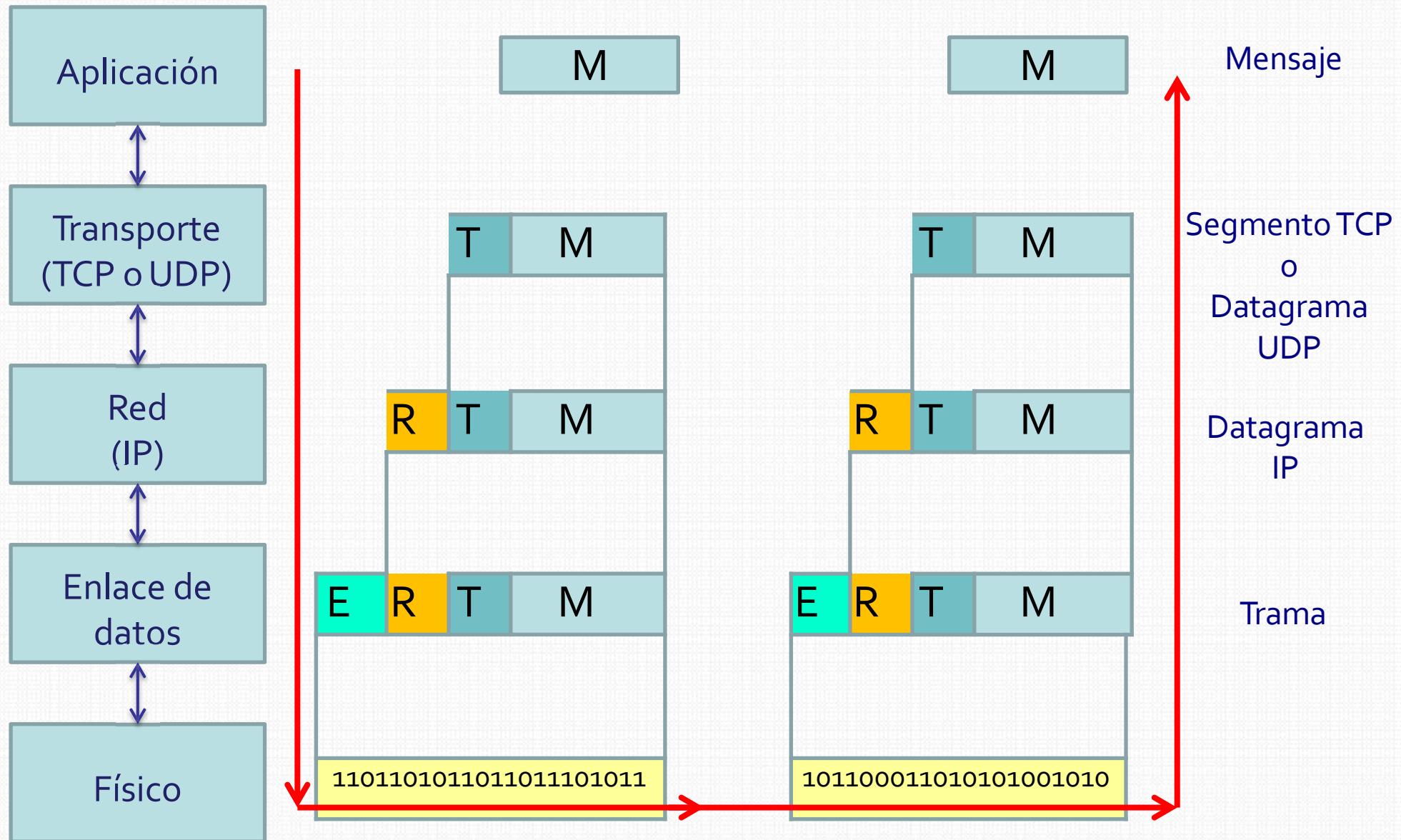




□ Encapsulamiento



Encapsulamiento en TCP/IP



- Modelo OSI (*Open Systems Interconnection*)

- Nivel de sesión: sincronización y recuperación del flujo de datos.
 - Nivel de presentación: representación e interpretación del significado de los datos (encriptación, compresión,...)
- Arquitectura TCP/IP no dispone de estas dos capas:
 - Si se requieren estos servicios, deben incorporarse a la aplicación



La arquitectura OSI/ISO

