

Parámetros fundamentales

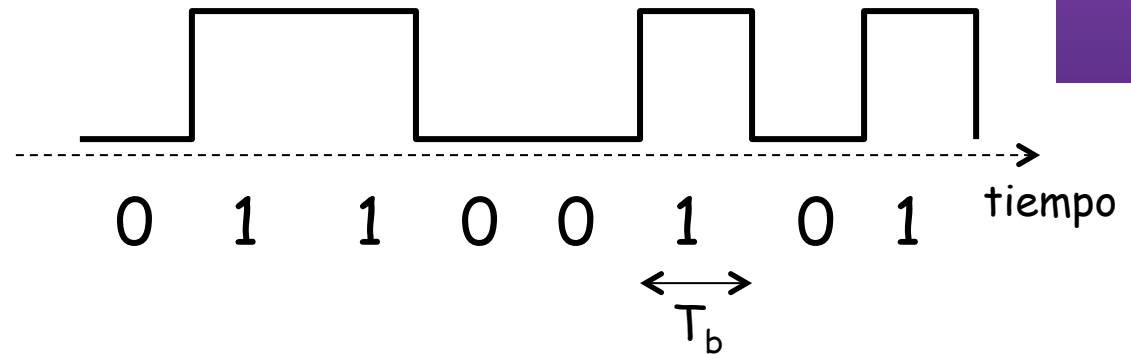
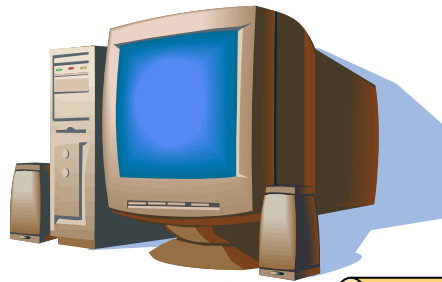
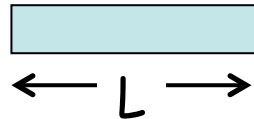
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 2º

Retardos en un enlace

Retardo de transmisión

- Tiempo que tarda el transmisor en colocar los bits en el canal
- También llamado retardo de serialización
- Bits por segundo (bps) (...)
- Ejemplo:
 - Longitud del paquete $L = 1.500 \text{ Bytes} = 12.000 \text{ bits}$
 - Tasa de transmisión $R = 57.600 \text{ bps}$ ($T_b = 17.36 \mu\text{seg}$)
 - Tiempo de transmisión $= L/R = 12.000 \text{ bits} / 57.600 \text{ bps} \approx 208 \text{ mseg}$

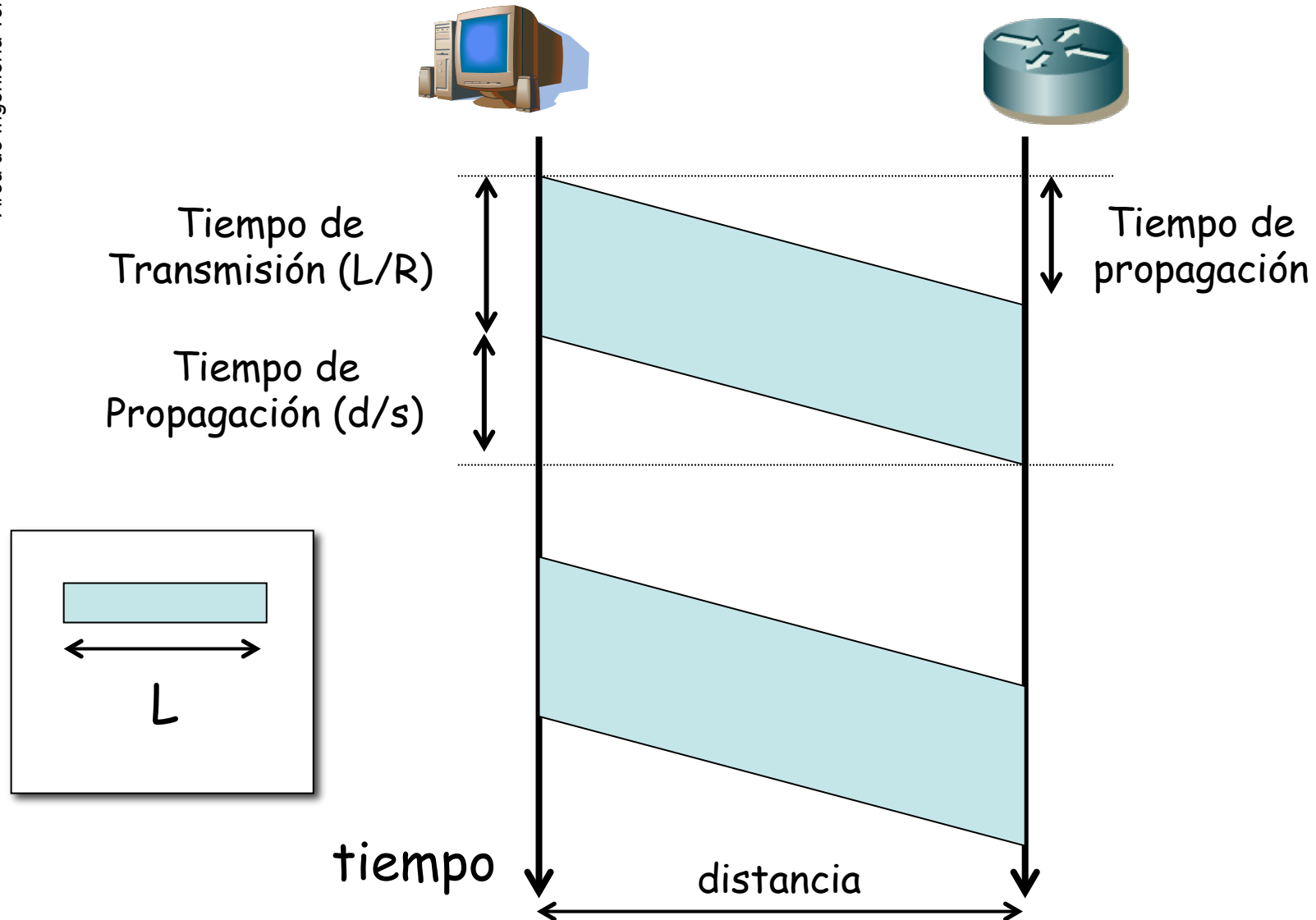


Retardo de propagación

- Tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo del sistema de transmisión (...)
- Ejemplo:
 - Longitud del enlace físico $d = 2.000 \text{ Km}$
 - Velocidad de propagación en el medio $s = 200.000 \text{ Km/seg}$
 - Retardo de propagación $= d/s = 2 \times 10^6 \text{ m} / (2 \times 10^8 \text{ m/seg}) = 10 \text{ mseg}$
- La velocidad de transmisión y la velocidad de propagación son conceptos muy diferentes
- Velocidad de propagación en Km/s
 - En coaxial en torno a 250.000 Km/s
 - En fibra óptica en torno a 200.000 Km/s



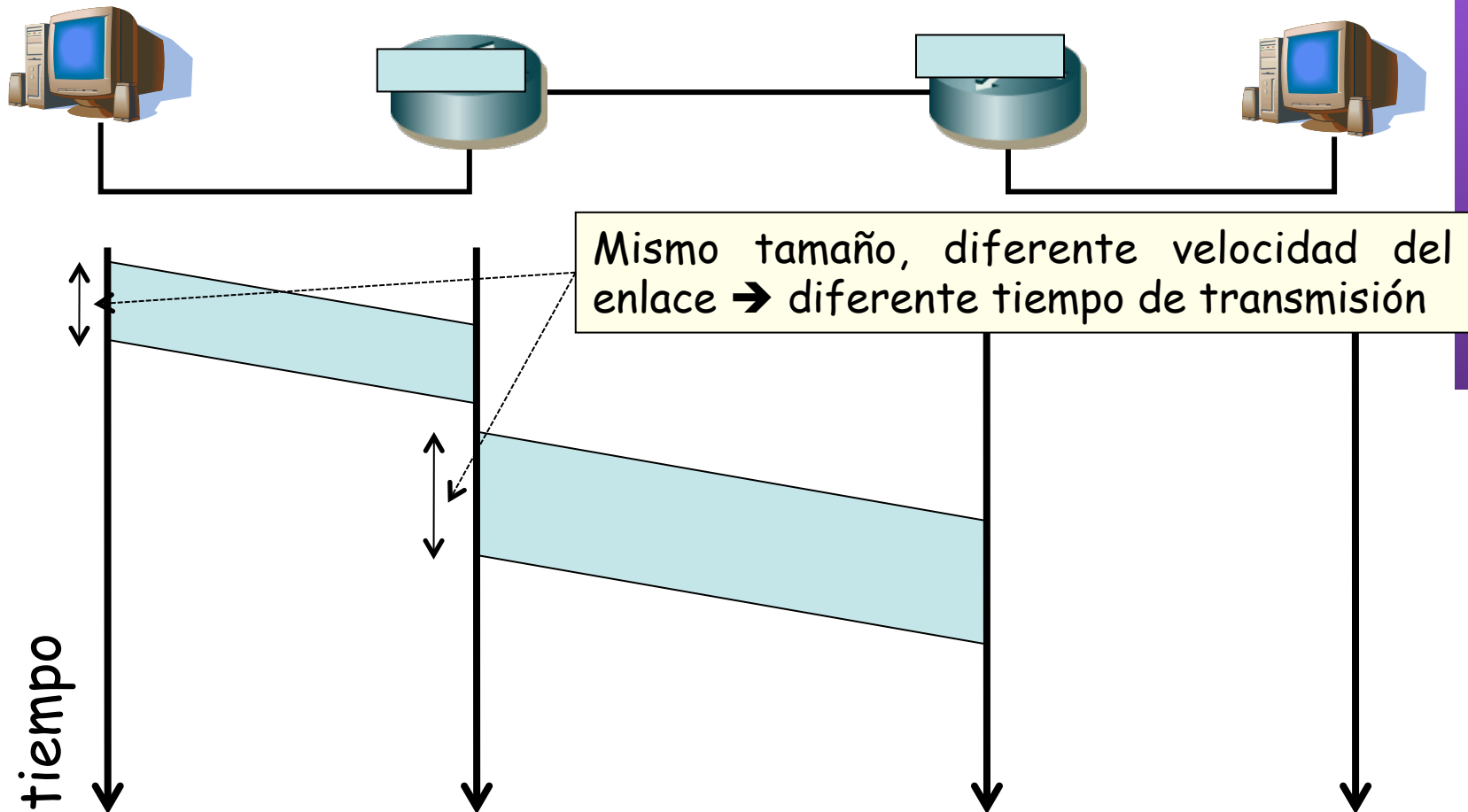
Retardos de transmisión y propagación



Retardo con varios “saltos”

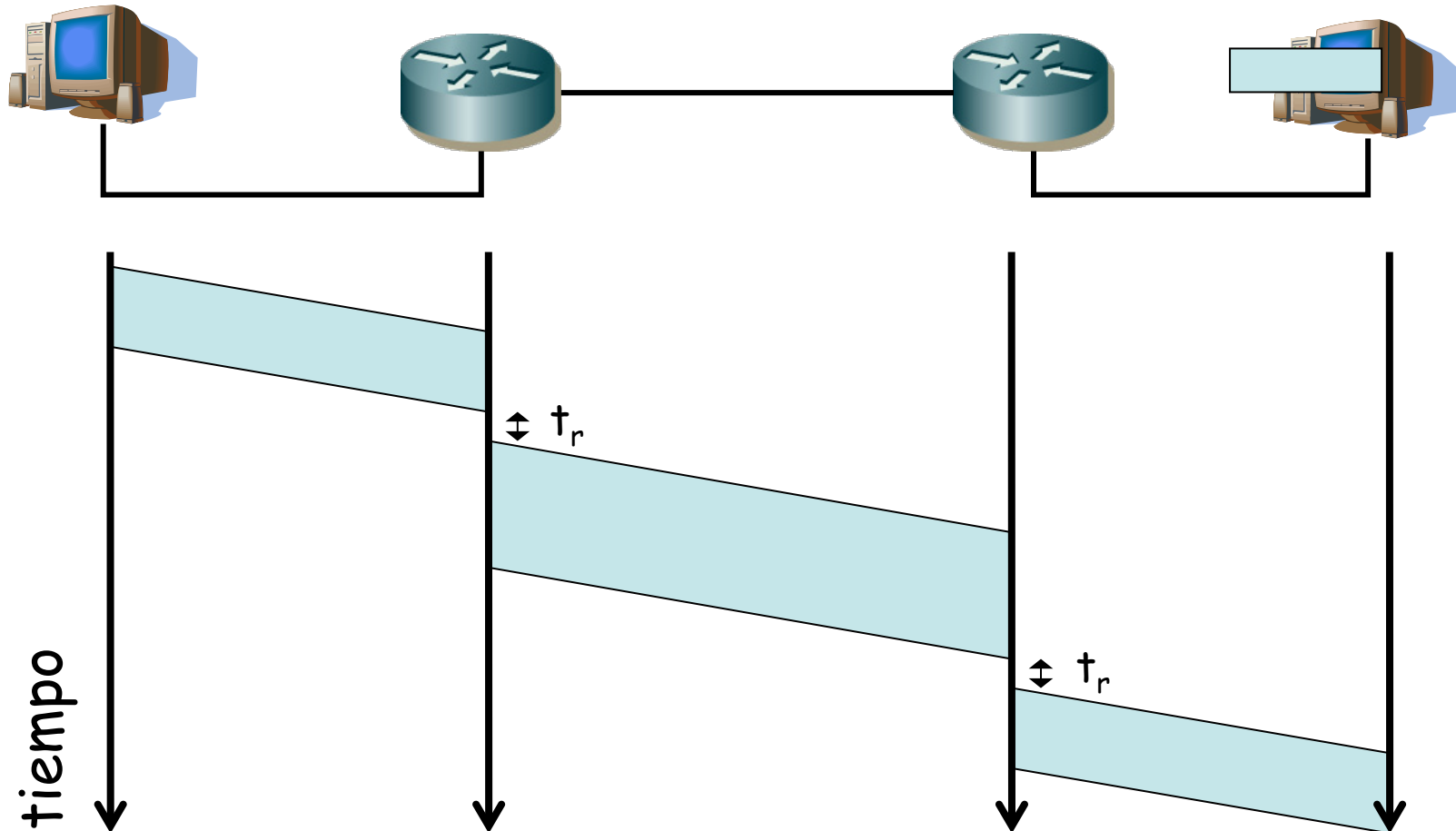
Store-and-forward

- El paquete completo debe llegar al conmutador de paquetes antes de que lo pueda retransmitir (. . .)



Tiempo de procesamiento

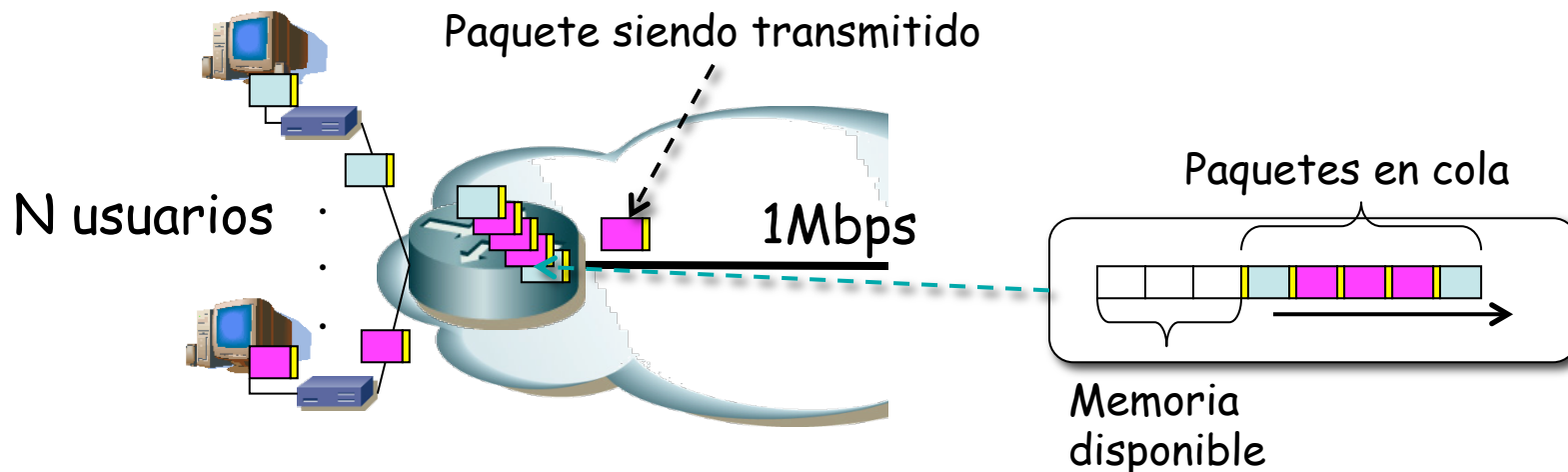
- El conmutador debe tomar una decisión para cada paquete, la cual lleva tiempo (t_r)



Retardo con más tráfico

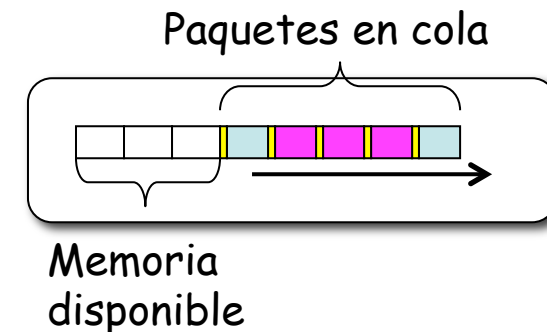
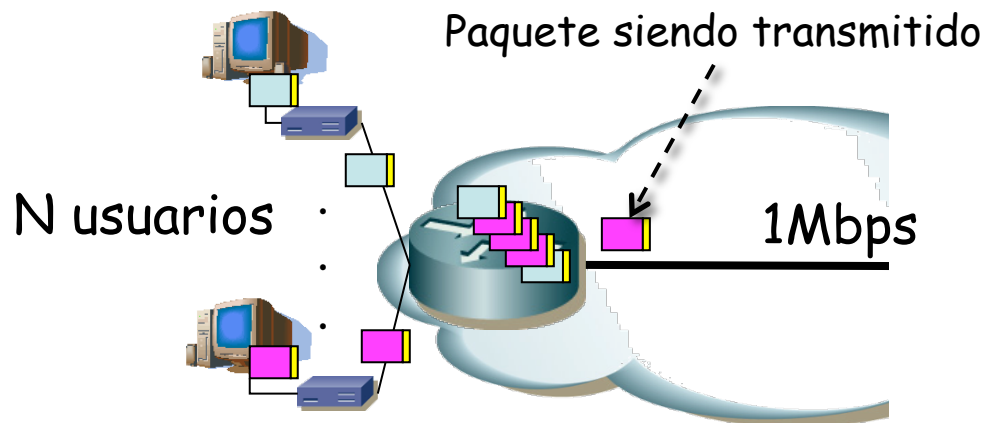
Retardo en cola

- Los paquetes pueden llegar al conmutador a una velocidad mayor que la capacidad del enlace de salida
- O pueden llegar varios simultáneamente por enlaces diferentes pero solo puede salir uno a la vez
- El conmutador los almacena en memoria hasta poder enviarlos
- Esperan en una *cola* (normalmente en el interaz de salida)
- Si no queda espacio en memoria para almacenar un paquete, normalmente éste se pierde (*drop-tail policy*)



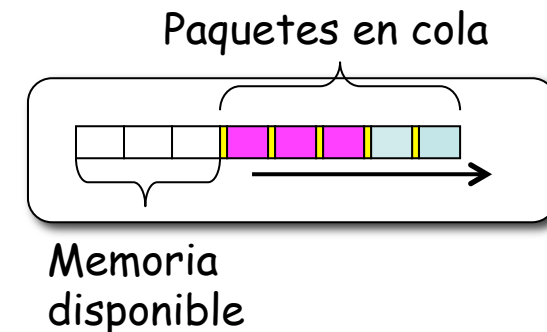
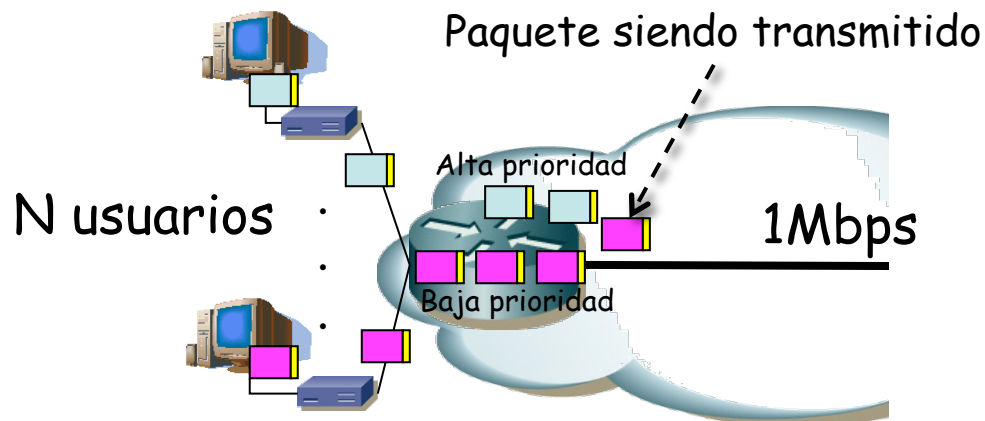
Planificación

- ¿ En qué orden se atiende a los paquetes que hay en la cola ?
- FCFS: *First Come First Served*
 - También llamado FIFO (First In First Out)
 - Trato equitativo a diferentes flujos/usuarios/aplicaciones
 - Un paquete que requiera bajo retardo (voz) tiene que esperar a que se sirvan todos los anteriores en la cola
 - Asegurar límites en el retardo requiere caracterizar todas las fuentes de tráfico



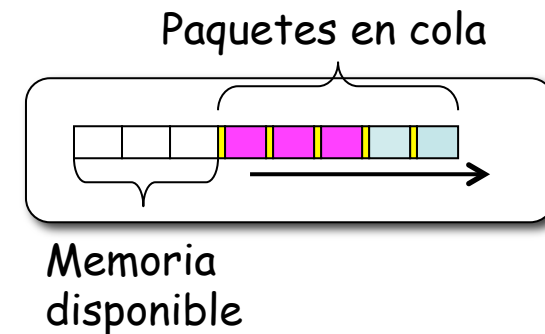
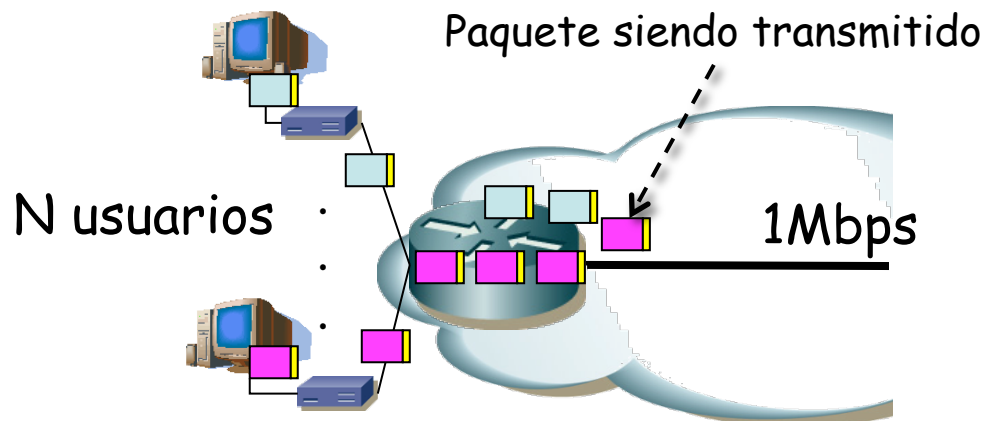
Planificación

- ¿ En qué orden se atiende a los paquetes que hay en la cola ?
- ¿Otras alternativas?
- Prioridades:
 - Clasificar los paquetes de entrada
 - Cada clase tiene una prioridad diferente
 - Solo se envían paquetes de una clase si las clases de prioridad superior no tienen paquetes en la memoria del router



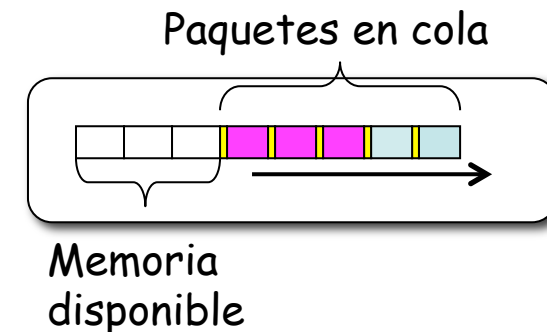
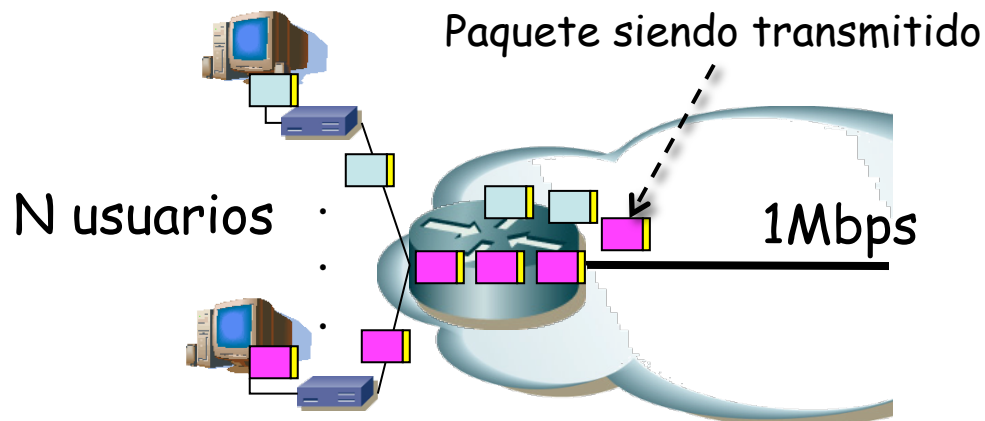
Planificación

- ¿ En qué orden se atiende a los paquetes que hay en la cola ?
- ¿Otras alternativas?
 - Round Robin
 - Weighted Round Robin
 - Deficit Round Robin
 - Generalized Processor Sharing
 - Weigthed Fair Queueing
 - ...



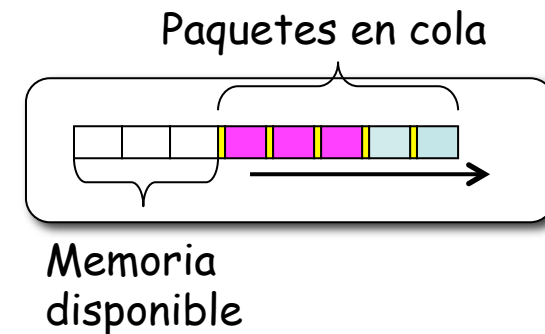
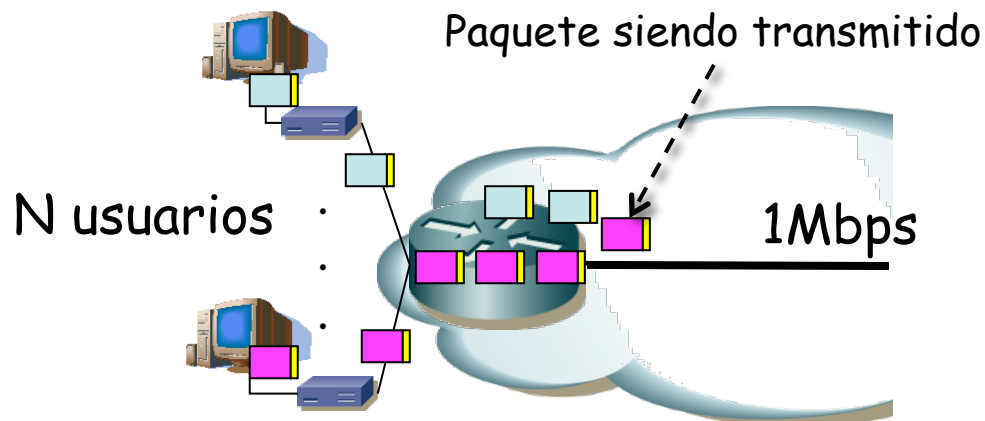
Planificación

- ¿ En qué orden se atiende a los paquetes que hay en la cola ?
- ¿Otras alternativas?
- **Buscan:**
 - Hacer un reparto “justo” (*max-min fair*)
 - Protección: un flujo no pueda acaparar todos los recursos
 - Asegurar límites (al retardo, jitter, pérdidas...) predecibles
 - Simplicidad de implementación



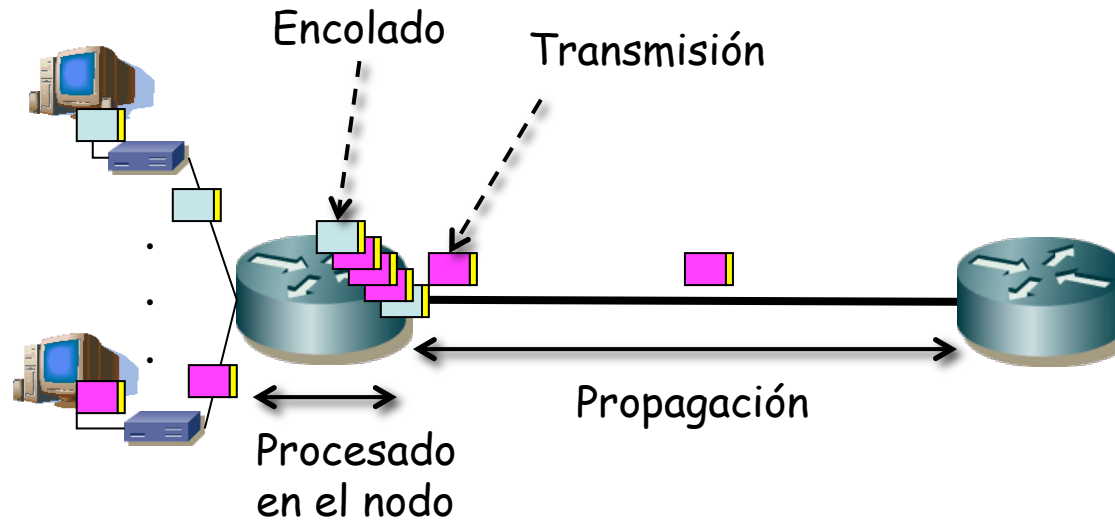
Planificación

- ¿ En qué orden se atiende a los paquetes que hay en la cola ?
- ¿Otras alternativas?
- **Necesario para:**
 - Ofrecer Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*)



Resumen de retardos

Retardos



$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{proc} = tiempo de procesado

- Unos μs

d_{cola} = retardo en cola

- Depende de la congestión

d_{trans} = retardo transmisión

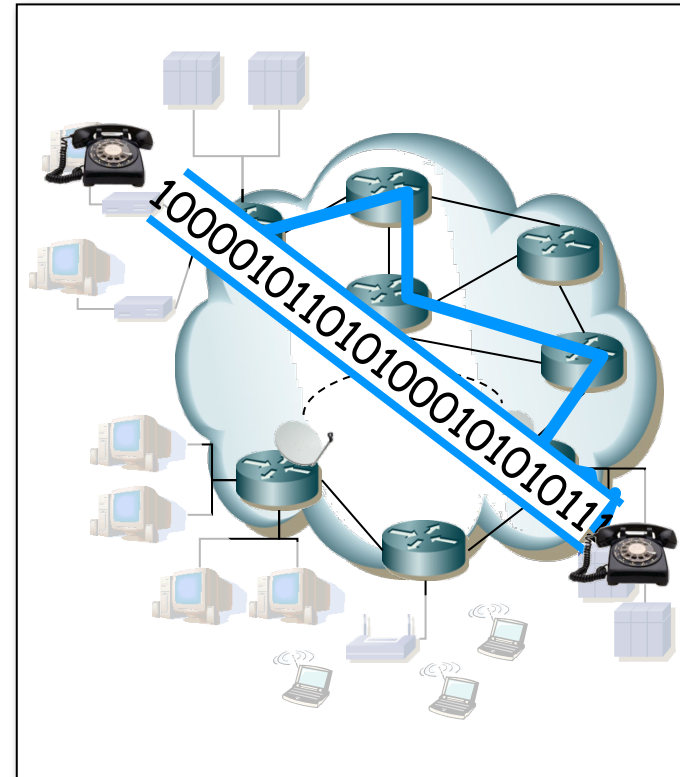
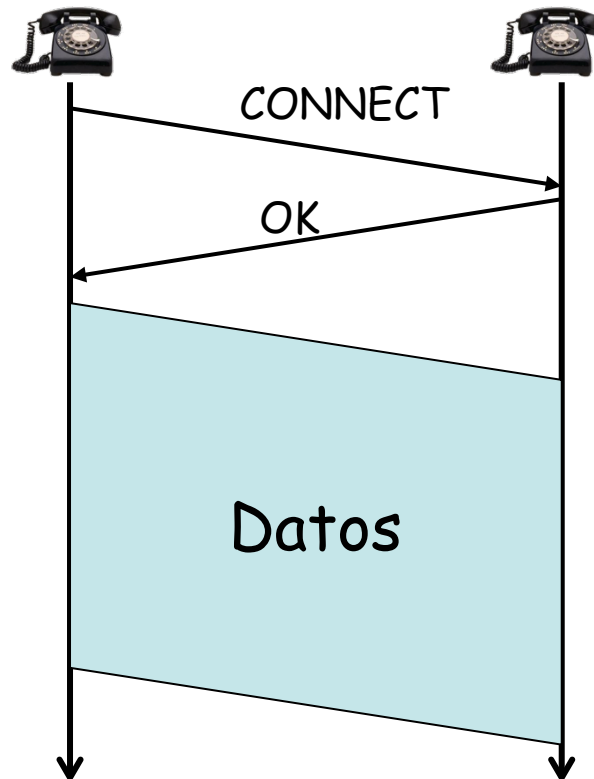
- $= L/R$, significativo en enlaces de baja velocidad

d_{prop} = retardo propagación

- De unos μs a centenares de ms

Comparar con...

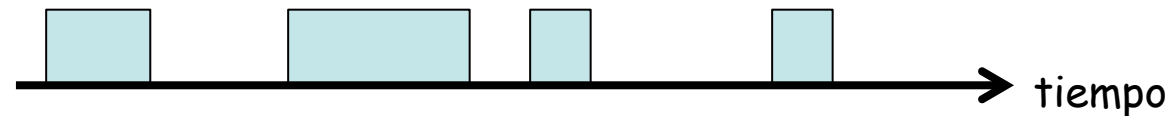
- Conmutación de circuitos
- Retardo en conmutación analógica despreciable
- En digital del orden del tiempo de transmisión de un byte



Throughput

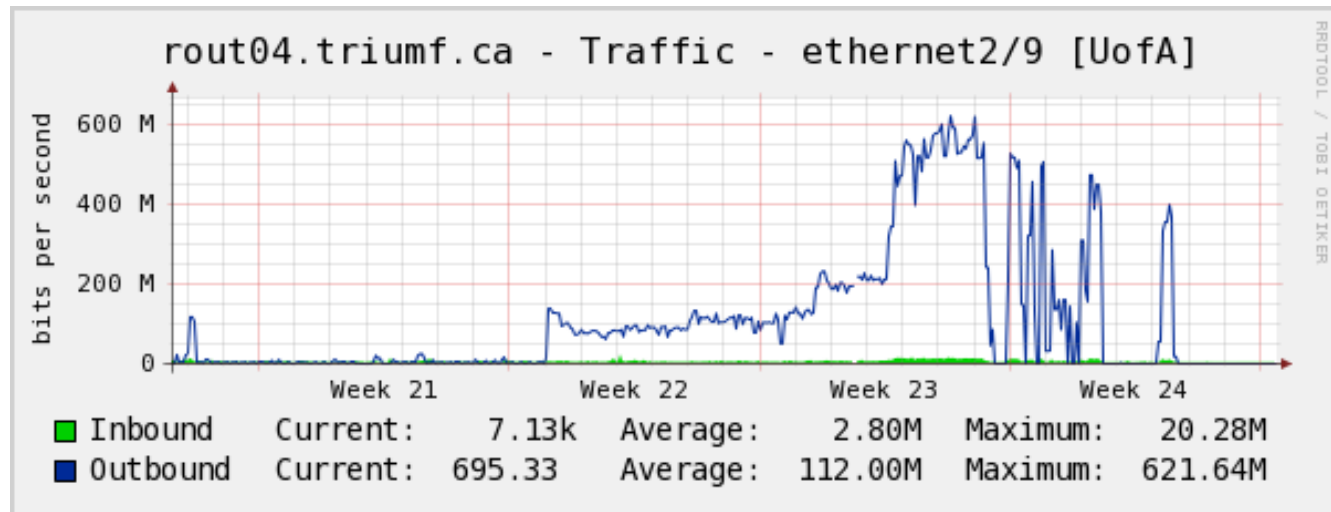
Bandwidth / Throughput

- **Throughput instantáneo:** tasa a la cual se transmiten o transfieren o reciben datos
- En el límite, si hay paquete es el bitrate del enlace y si no es 0
- (...)



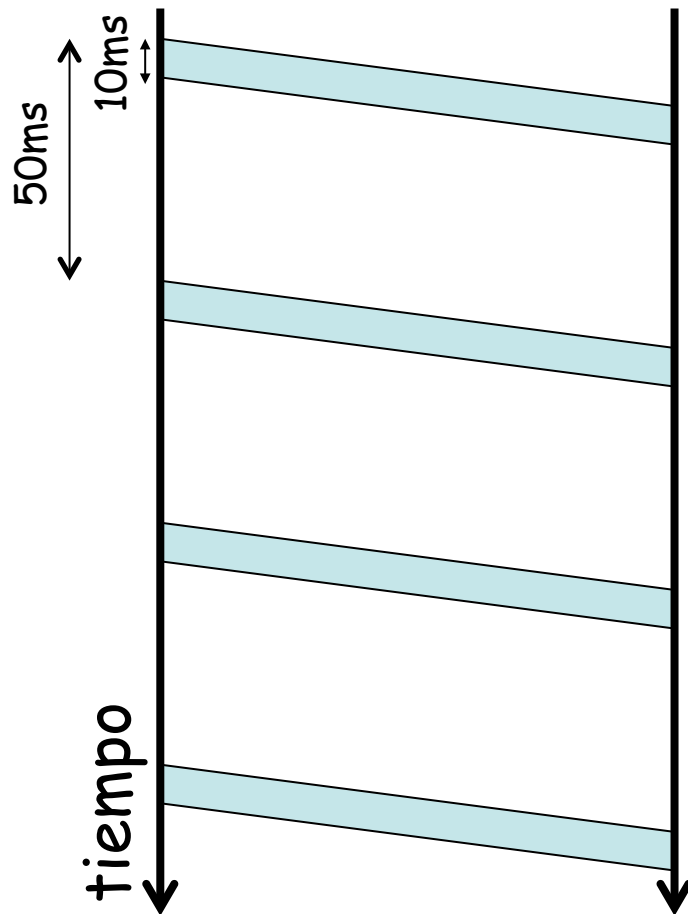
Bandwidth / Throughput

- **Throughput instantáneo:** tasa a la cual se transmiten o transfieren o reciben datos
- En el límite, si hay paquete es el bitrate del enlace y si no es 0
- **Throughput medio:** cantidad de datos transferidos en un intervalo de tiempo divididos por ese tiempo
- Ejemplo:
 - Transferencia de fichero de tamaño F bits en un tiempo T segundos ha sido en media a F/T bps

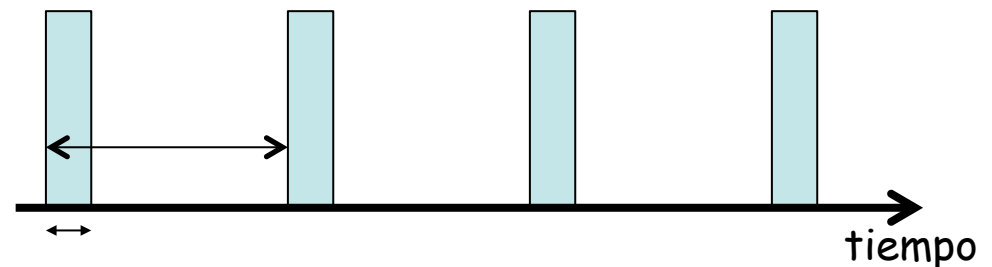


Throughput medio

- Supongamos un paquete de 1250 bytes exactamente cada 50 ms en un enlace a 1 Mbps
- Tiempo de transmisión = $1250 \times 8 / 1.000.000 = 10 \text{ ms}$

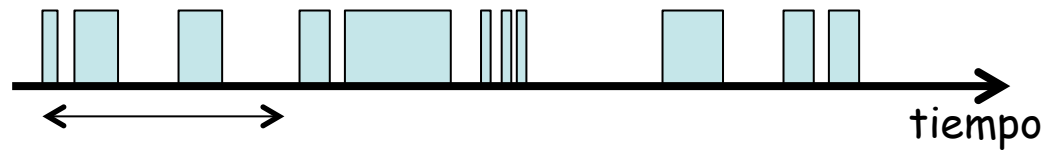


- Por ejemplo cada segundo se habrían transmitido:
 $1000 \text{ ms} / 50 \text{ ms/pkt} = 20 \text{ pkts}$
- 20 pkts/s
- $1250 \text{ bytes/pkt} \times 20 \text{ pkts/s} =$
 $= 200.000 \text{ bps} = 200 \text{ Kbps}$
- Es independiente del tiempo de propagación

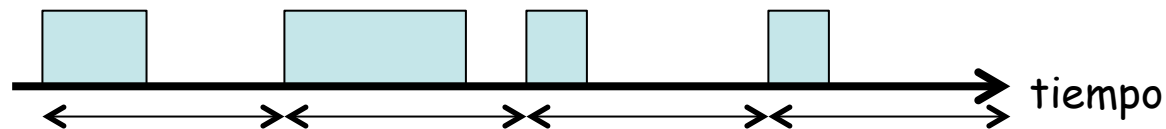


Throughput medio

- Supongamos unas llegadas más irregulares (y más habituales)
- Paquetes de diferentes tamaños
- Paquetes con separaciones variables

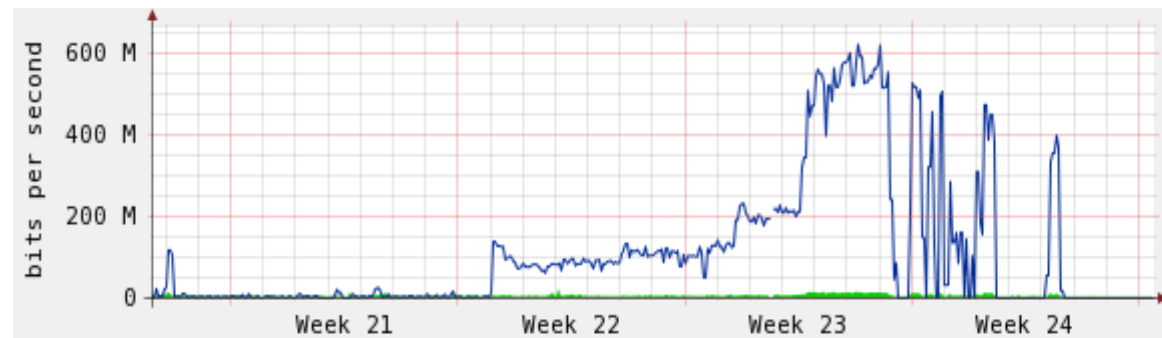


- ¿Cuál es el throughput medio?
- Podemos tomar un intervalo “grande” y agregar los bytes enviados o recibidos en ese intervalo
- En cada intervalo es la cantidad de bytes transmitidos entre la anchura del intervalo



Throughput medio

- Según anchura del intervalo
- Promedios más o menos “groseros”



Pérdidas

Pérdidas

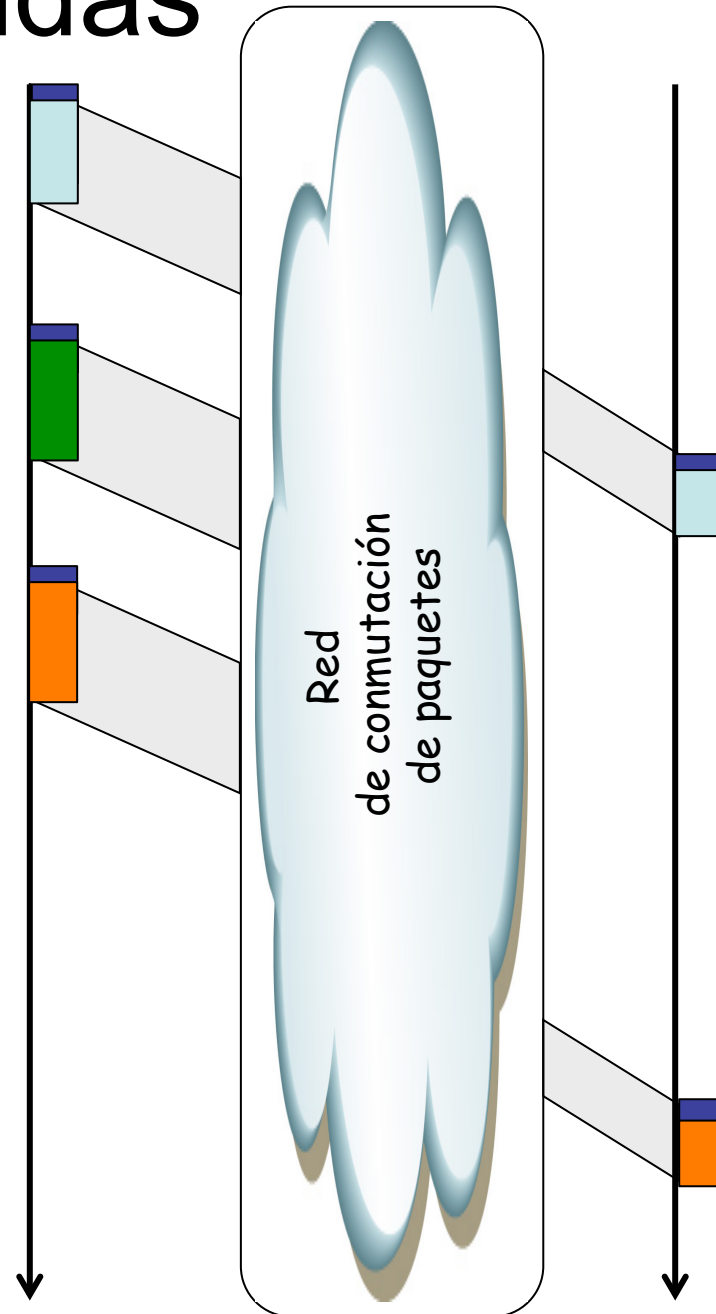
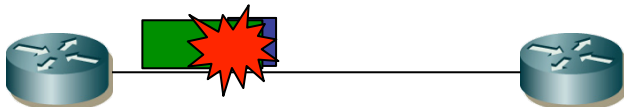
- Los paquetes podrían no llegar nunca a su destino

Posibles motivos

- Se corrompió y fue descartado en algún nodo de la red (CRCs)
- BER = Bit Error Rate
- Aproxima a la probabilidad de error de bit p_{err}
- Probabilidad de algún error en un paquete de N bits:

$$p_{epk} = 1 - (1 - p_{err})^N$$

- Asumiendo errores indep. (no ráfagas)
- Sin código “corrector” de errores
- Ejemplo: $p_{err} = 10^{-6}$, $N = 12.000 \rightarrow \rightarrow p_{epk} \approx 10^{-2}$
- (...)

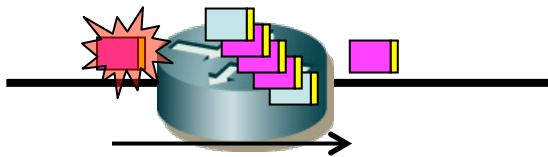


Pérdidas

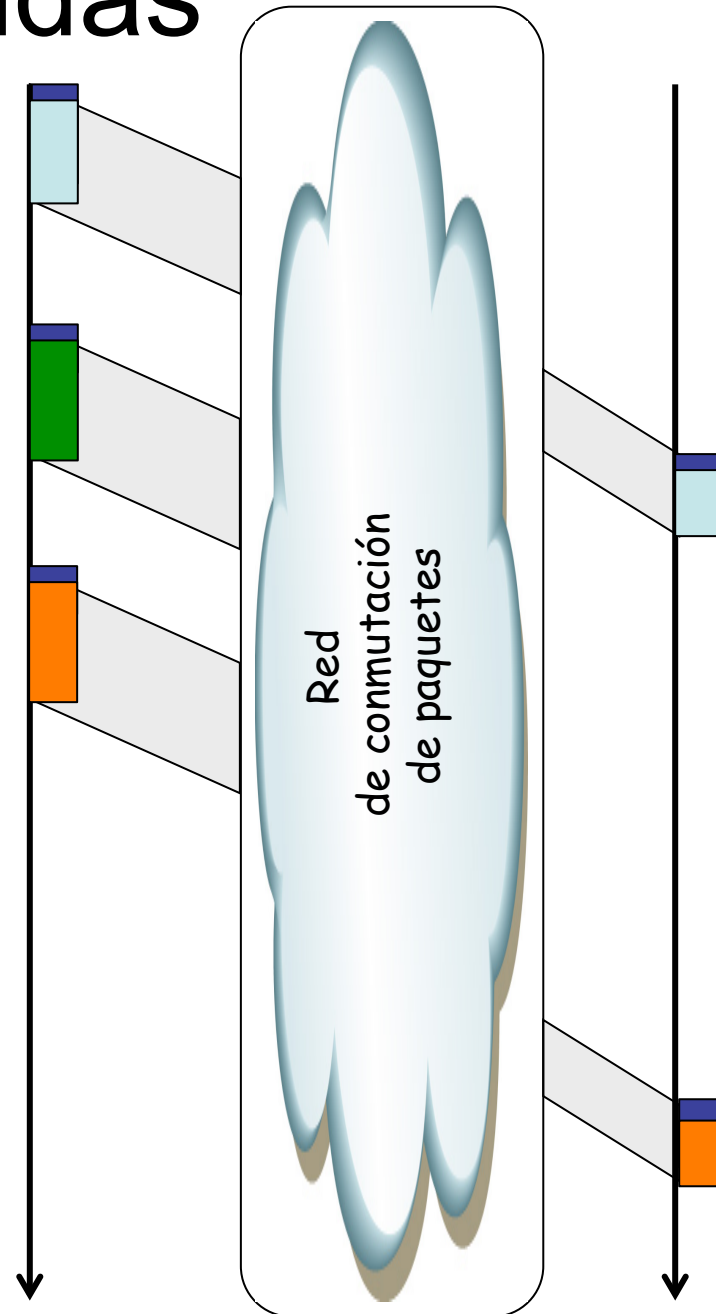
- Los paquetes podrían no llegar nunca a su destino

Posibles motivos

- Se descartó en un nodo de la red por desbordamiento de buffer
- (...)



Tamaño del buffer

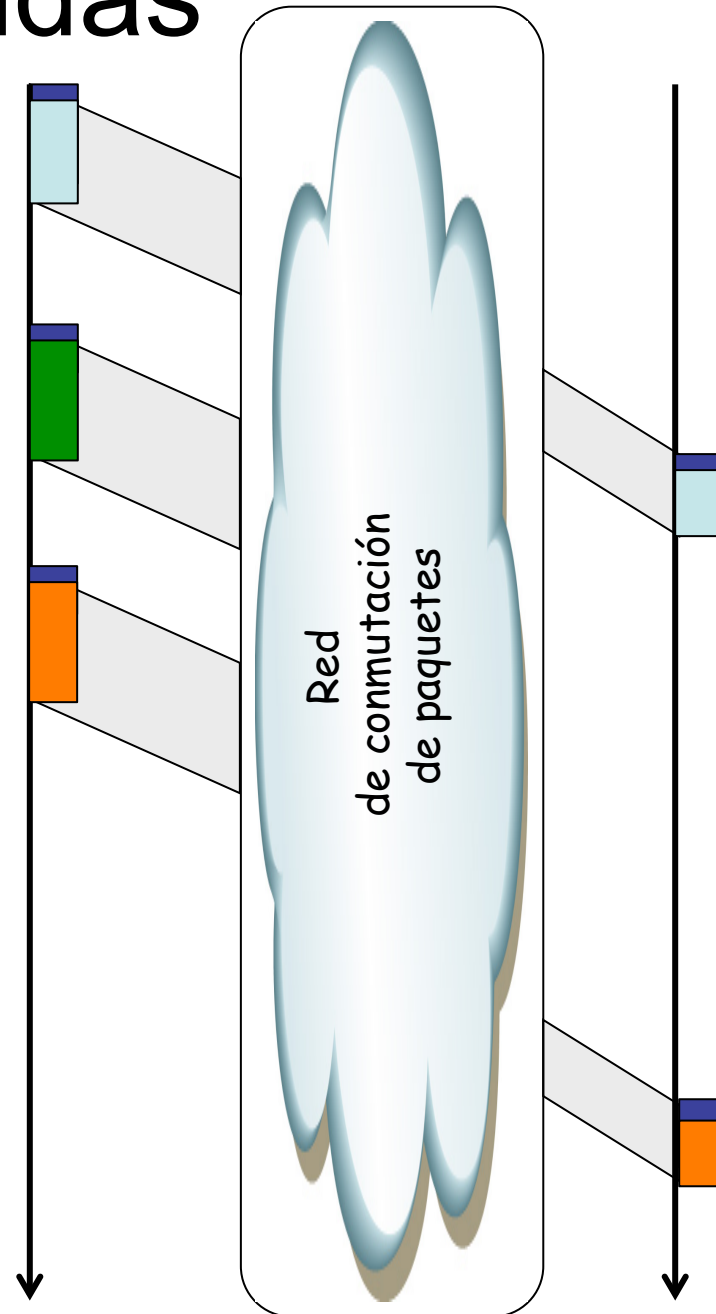
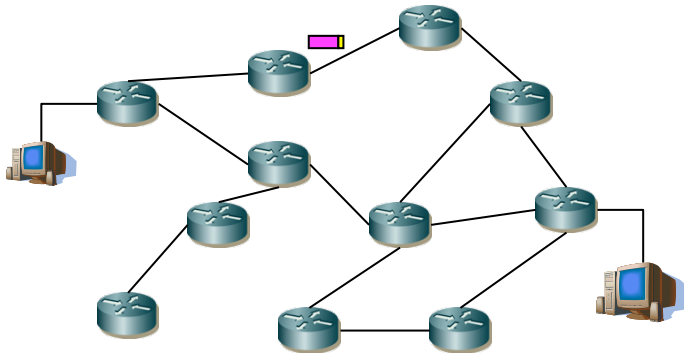


Pérdidas

- Los paquetes podrían no llegar nunca a su destino

Posibles motivos

- Se descartó por exceder el tiempo en la red
- (...)

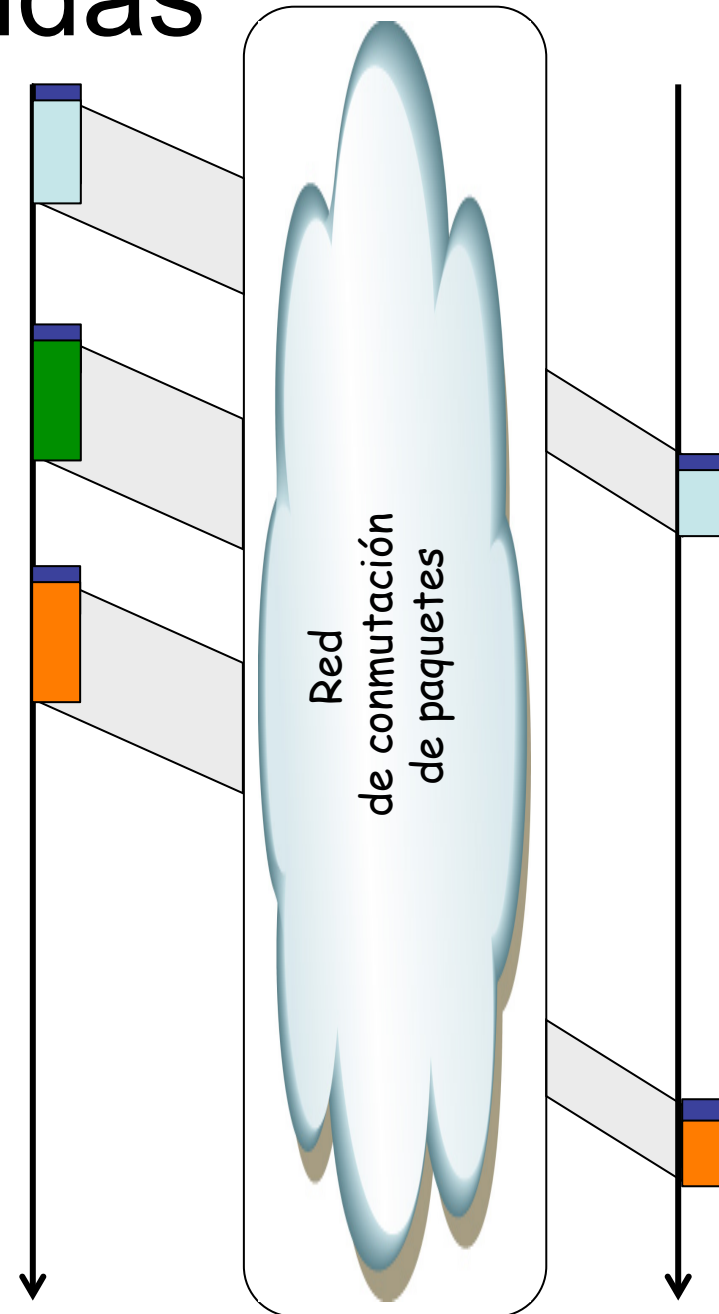
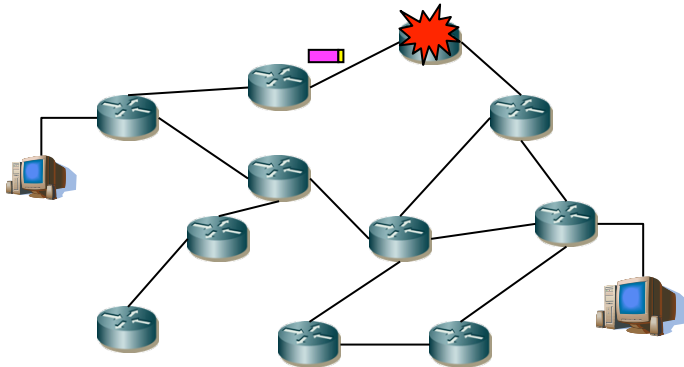


Pérdidas

- Los paquetes podrían no llegar nunca a su destino

Posibles motivos

- Fallo de un elemento de red
- Lleva un tiempo recalcular caminos
- (...)



Pérdidas

- Los paquetes podrían no llegar nunca a su destino

Posibles motivos

- Descarte en nodo extremo por desbordamiento de buffer
- Puede ser culpa de la propia aplicación y del tiempo que le lleva procesar los datos recibidos

