Capa de Transporte, TCP y UDP

Mg. Gabriel H. Tolosa

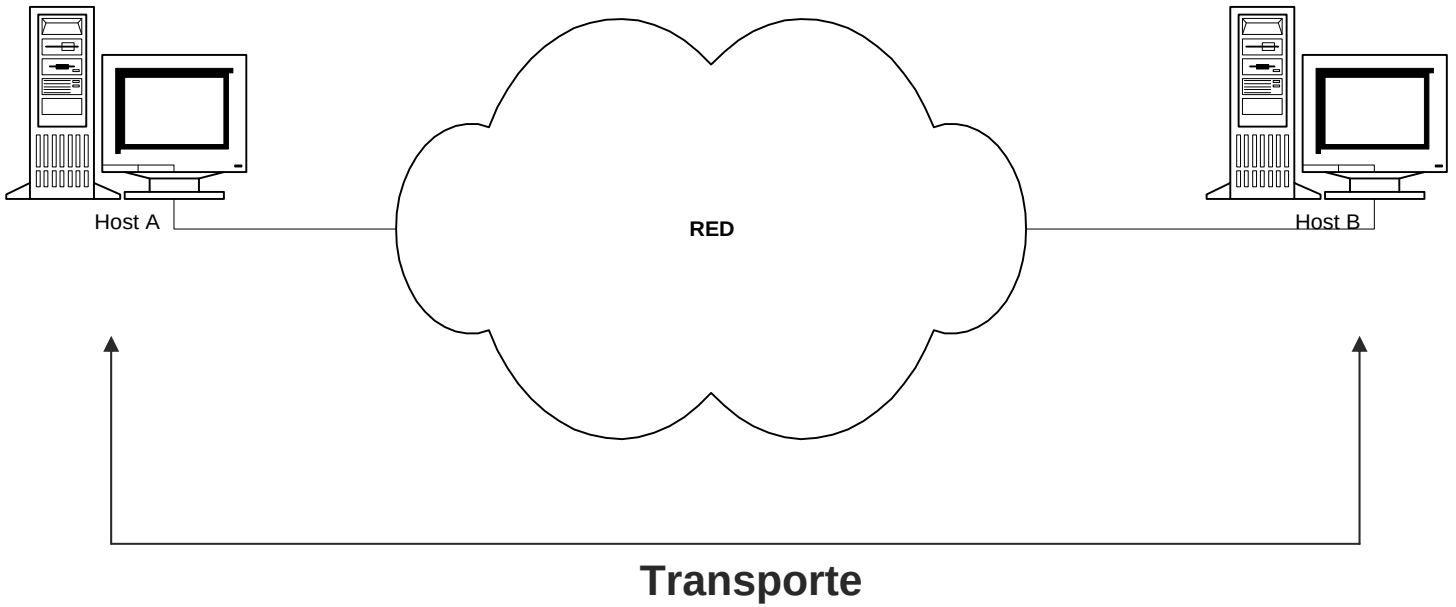
tolosoft@unlu.edu.ar

Be conservative in what you do, be liberal in what you accept from others.

Jon Postel
Principio de Robustez

Capa de Transporte

Ofrece a sus usuarios un sistema transparente de intercambio de datos confiable, operando de extremo a extremo (end-to-end)“

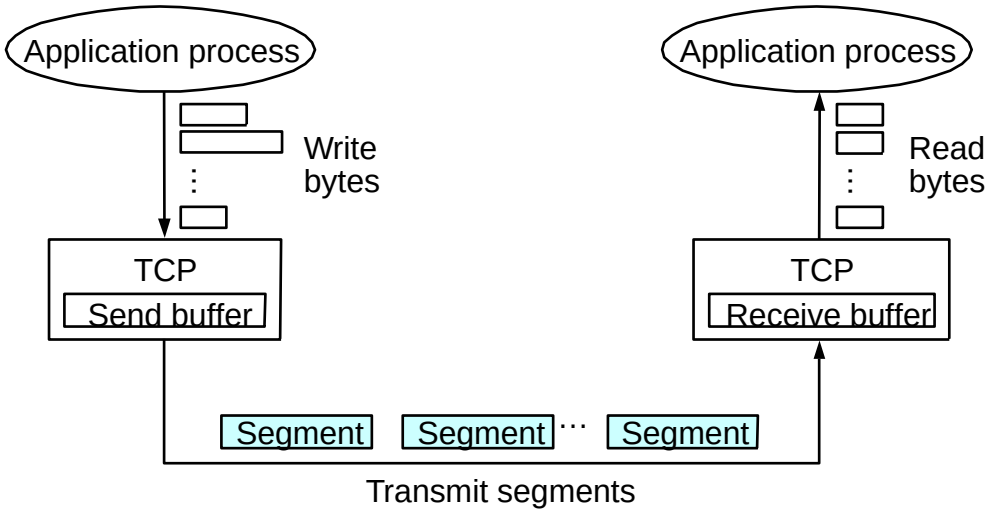


Capa de Transporte

- **Servicios End-to-End**
  - Garantizar la entrega de los mensajes
  - Entregarlos en el mismo orden en fueron enviados
  - Eliminar duplicados
  - Gestionar un flujo constante de bytes
  - Realizar control de flujo
  - Multiplexación de conexiones
  - Envío de datos urgentes
- Servicios no orientados a la conexión
- Servicios orientados a la conexión
  - Establecimiento/Cierre de conexiones
  - Transferencia fiable de T-PDUs

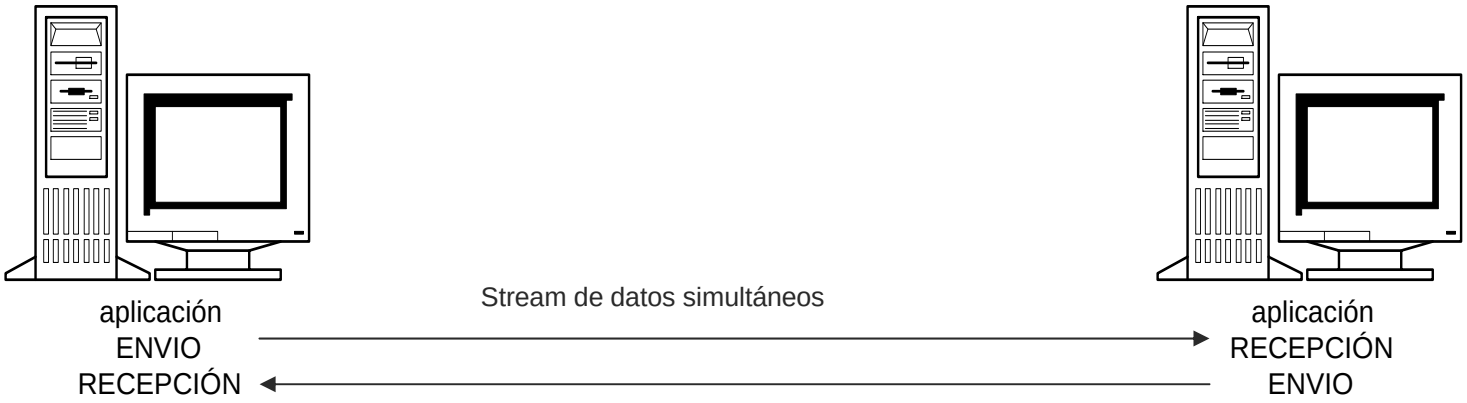
Capa de Transporte - TCP

- **Transmission Control Protocol**
- RFC 793
- Protocolo de transporte de Internet
- Servicio orientado a la conexión
- Transferencia de datos full-duplex
- Transporte confiable:
  Control de transmisión,
  de flujo, de errores,
  de congestión de red

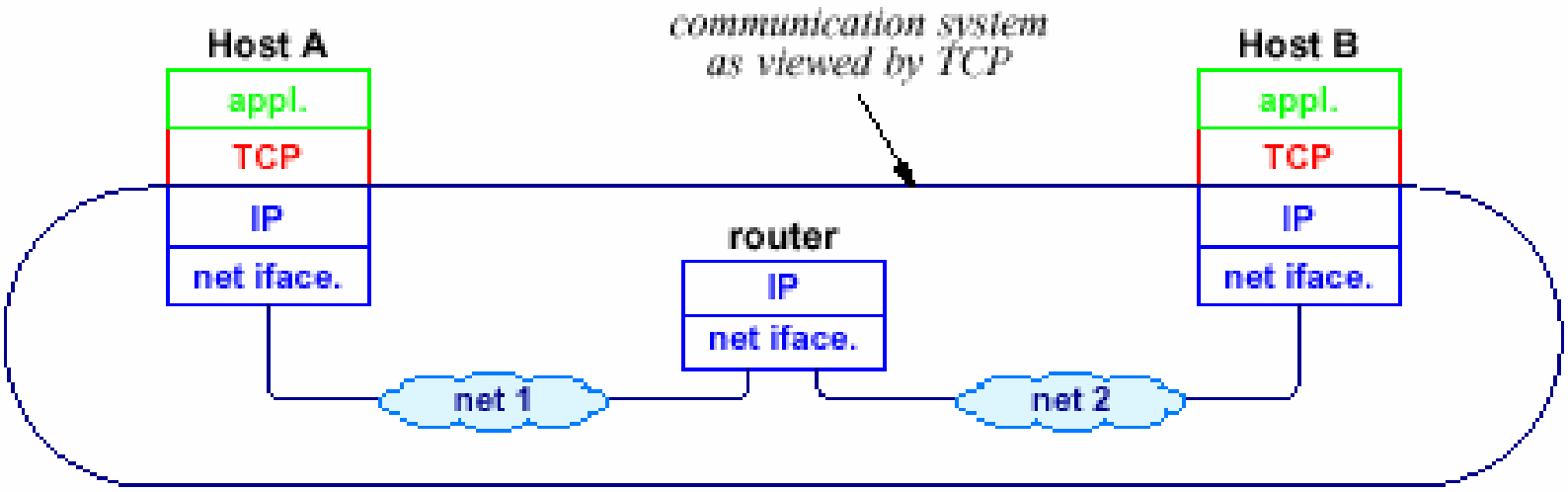


Capa de Transporte - TCP

- Servicio a la capa de aplicación
- Multiplexa/demultiplexa conexiones por aplicación
- Adaptable a LAN/WAN
- Transferencia de un stream de bytes entre sistemas finales (end-to-end)



Capa de Transporte - TCP

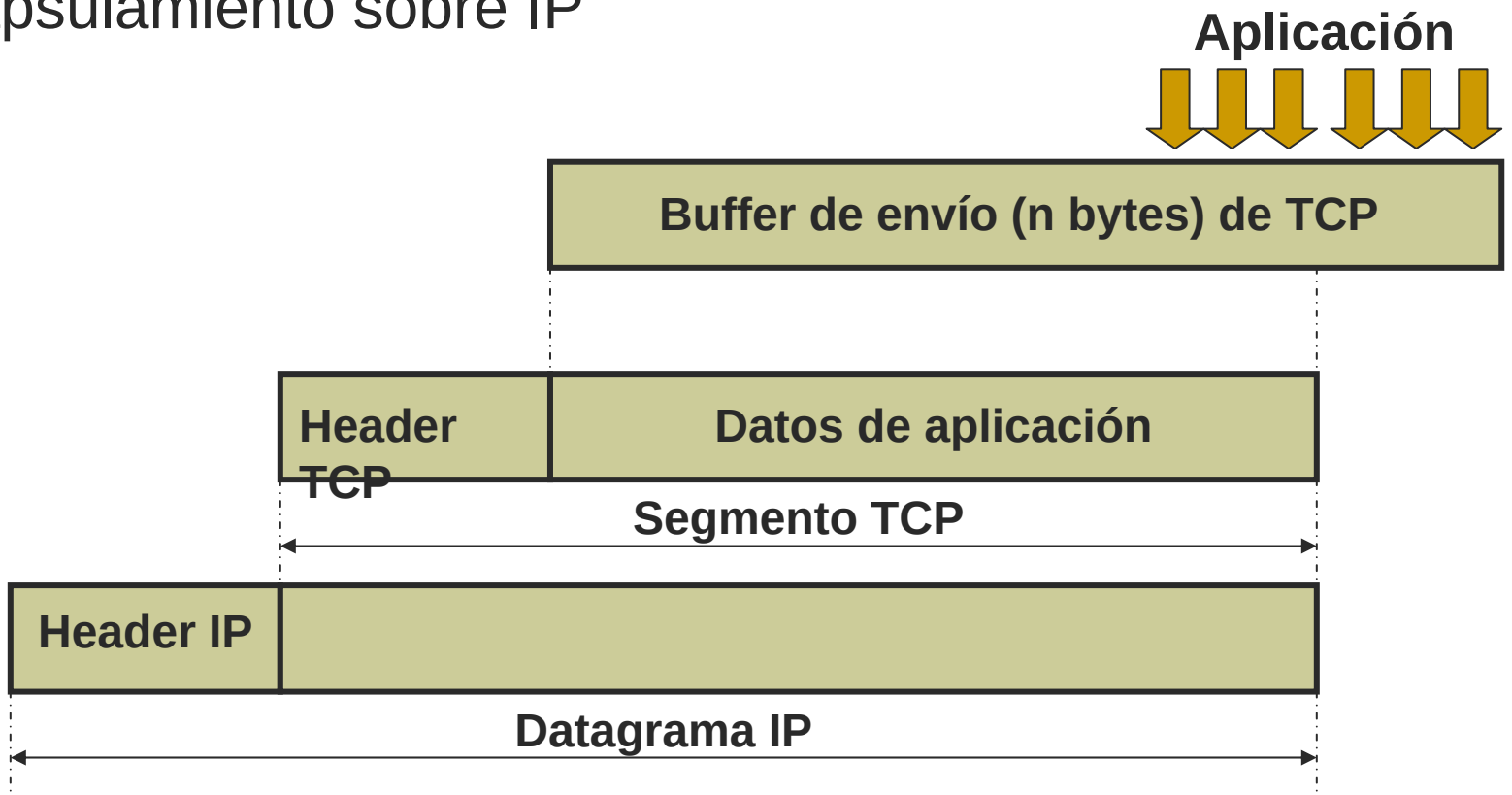


TCP provee un **Servicio de Transporte** completamente **confiable** sobre una red no confiable (o de mejor esfuerzo)

¿Cómo es posible?

Capa de Transporte - TCP

Encapsulamiento sobre IP



Capa de Transporte - TCP

Puertos

- Entero de 16 bits definidos a nivel de aplicación
- Usados para poder identificar cada aplicación
- Los procesos “servidores” usan generalmente un “puerto bien conocido” (well known ports)

  Ej. FTP 20, HTTP 80, TELNET 23
- Los asigna la IANA (Internet Assigned Number Authority)

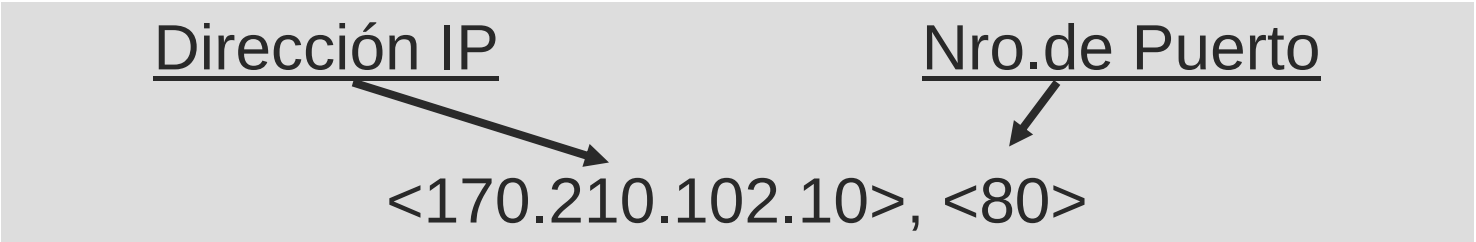
0	No usado
1-1023	Well Known Ports (servicios standard)
1024-65535	Usuarios (Clientes)

- En Unix se definen en `/etc/services`

Capa de Transporte - TCP

Sockets

- Cada host tiene al menos una dirección de red (IP) por interface
- Cada aplicación en un host opera en un puerto
- El par <dirección IP>, <Nro.de puerto> brinda una identificación única para servicios de capa de aplicación en un host
- Se conoce como SOCKET.

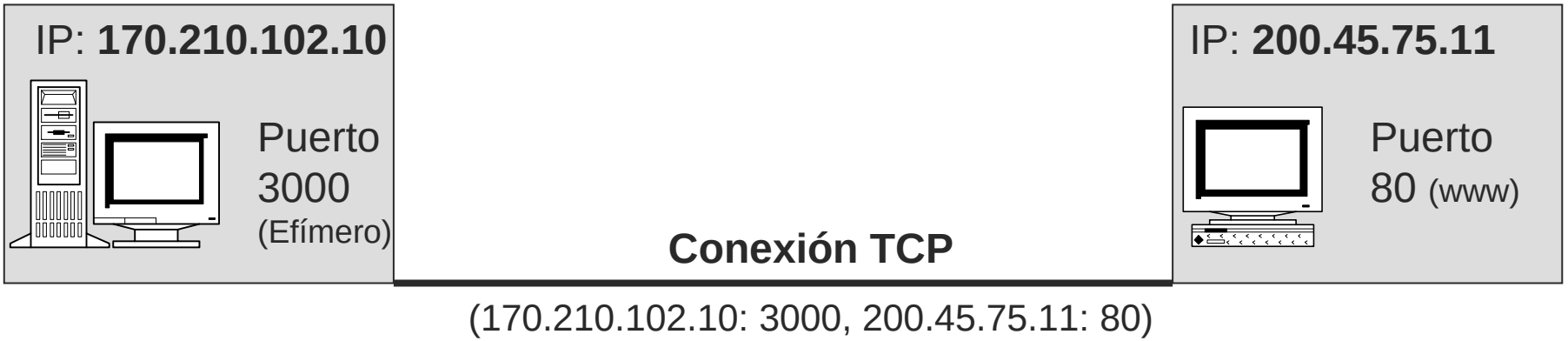


"La dirección IP en única a un nodo (interface), el número de puerto es único en un nodo (x servicio)"

Capa de Transporte - TCP

Identificación de Conexiones TCP

- Una conexión TCP está identificada por un par de sockets (del cliente y del servidor) a ambos entremos
- En el servidor se define un puerto donde la aplicación espera la conexión
- En el cliente se define un “puerto efímero” para crear el socket (>1024)



Capa de Transporte - TCP

Estado de Conexiones TCP

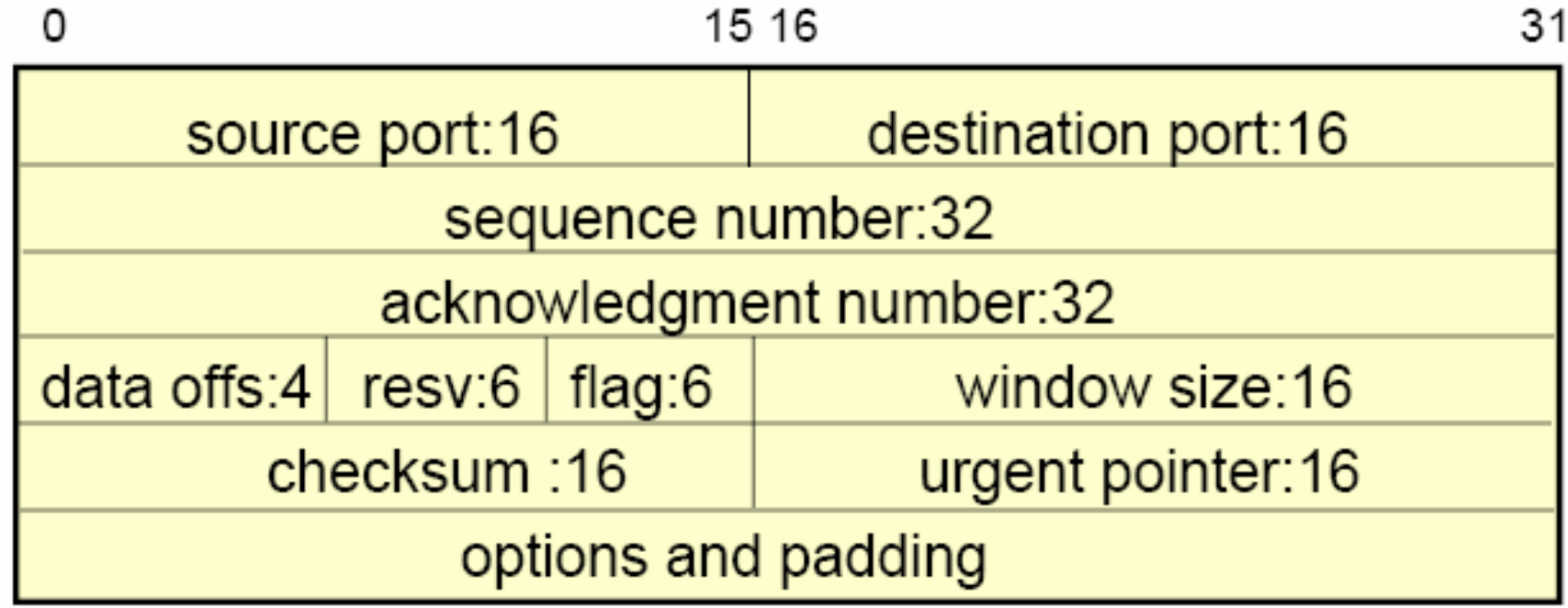
- netstat
  - Estado de las conexiones y estadísticas por protocolo (-a)
  - Información acerca de las interfaces (-i)

```
#netstat -a

Conexiones activas
  Proto  Dirección local        Dirección remota       Estado
  TCP    0.0.0.0:21             *:21                   LISTENING
  TCP    127.0.0.1:1025         127.0.0.1:1026         ESTABLISHED
  TCP    127.0.0.1:1026         127.0.0.1:1025         ESTABLISHED
  TCP    170.210.102.10:80      0.0.0.0:*              LISTENING
  TCP    170.210.102.10:137     0.0.0.0:*              LISTENING
  TCP    170.210.102.10:138     0.0.0.0:*              LISTENING
  TCP    170.210.102.10:139     0.0.0.0:*              LISTENING
```

Capa de Transporte - TCP

- **Estructura de Datos**



Capa de Transporte - TCP

Estructura de Datos

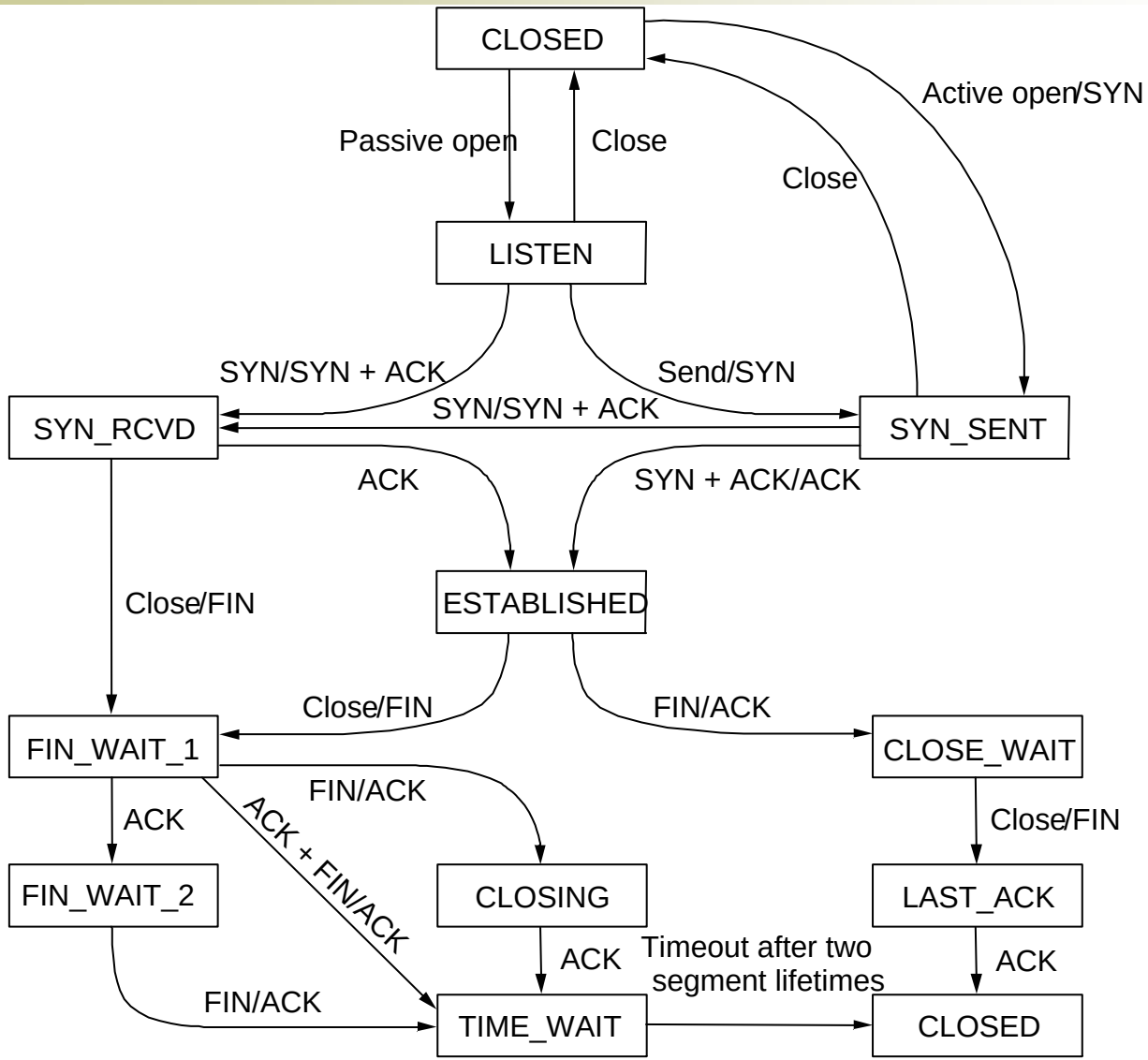
- **Src/Dest Port**: Números de puerto de las aplicaciones origen y destino
- **Sequence #**: Indica el número del primer byte del segmento
- **Ack #**: Indica el número del próximo byte a recibir (válido solo si la bandera está activada)
- **Data Ofset**: Indicación para el receptor en qué byte comienzan los datos de usuario
- **Flags**: Información de control
  - **URG**: Indicación si existen datos urgentes
  - **ACK**: El # de ACK es válido
  - **PSH**: Entrega inmediata
  - **RST**: Resetear la conexión
  - **SYN**: Solicitud de apertura de conexión
  - **FIN**: Solicitud de cierre de conexión

Capa de Transporte - TCP

Estructura de Datos

- **Window**: Tamaño de buffer de recepción (en bytes).
- **Checksum**: Secuencia de control
- **Urgent pointer:** Puntero a datos urgentes (válido solo si la bandera está activada)
- **Opciones:** Opciones. Por ejemplo, MSS (Tamaño máximo de segmento)

Capa de Transporte - TCP



Capa de Transporte - TCP

Apertura de Conexión

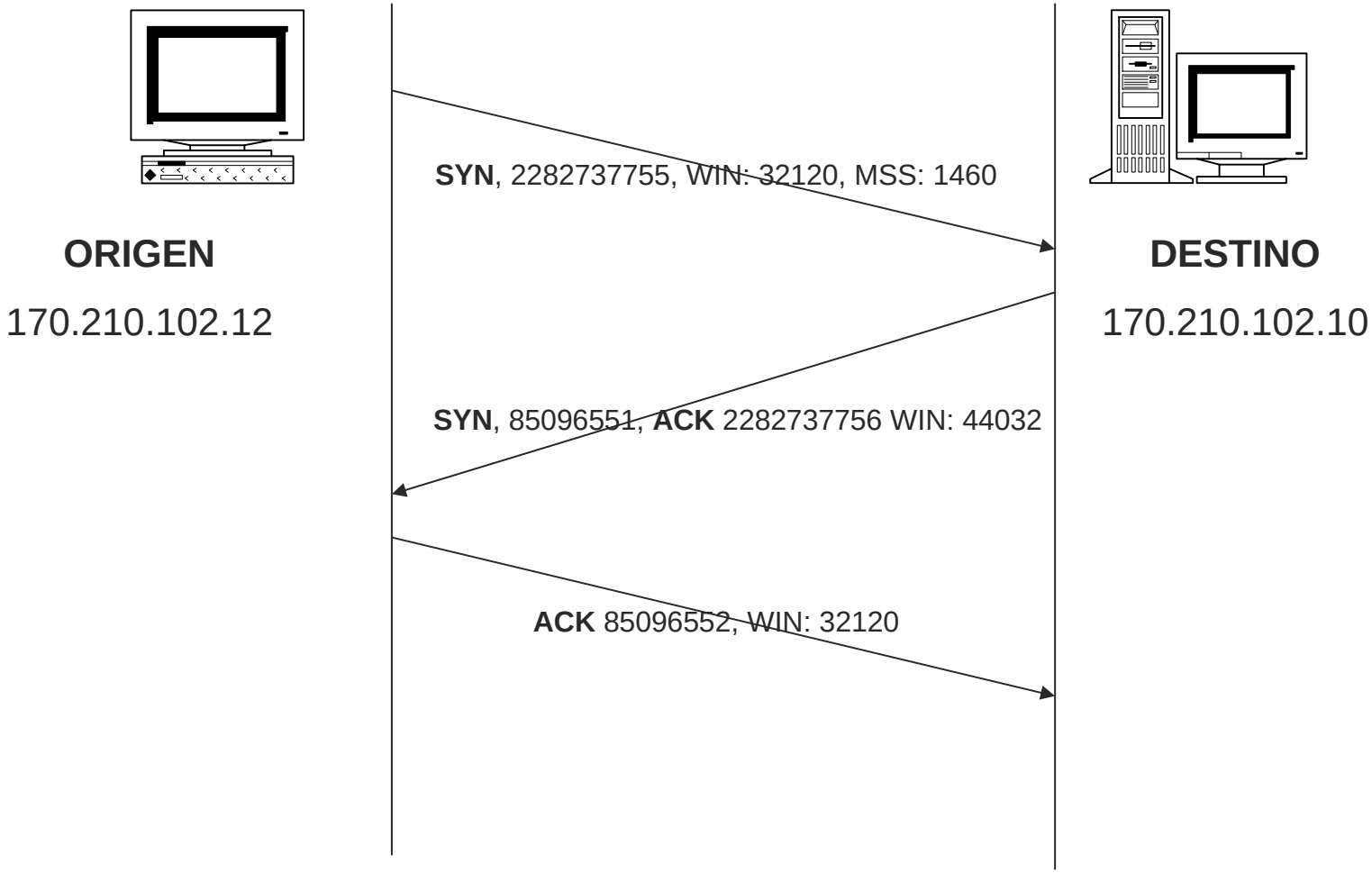
- El solicitante envía un segmento con la flag SYN activada, dirigido a un puerto en destino, dando un número de secuencia inicial.
- El destino contesta con un segmento con las flag SYN y ACK activadas, y el número de secuencia incrementado en uno.
- El solicitante retorna un segmento con la flag de ACK activada, y el número de secuencia incrementado en uno.

"Three-way handshake"

- Cuestiones:
  - Open Pasivo y Activo
  - ISN y MSS
  - Open Simultáneo

Capa de Transporte - TCP

Apertura de Conexión



Capa de Transporte - TCP

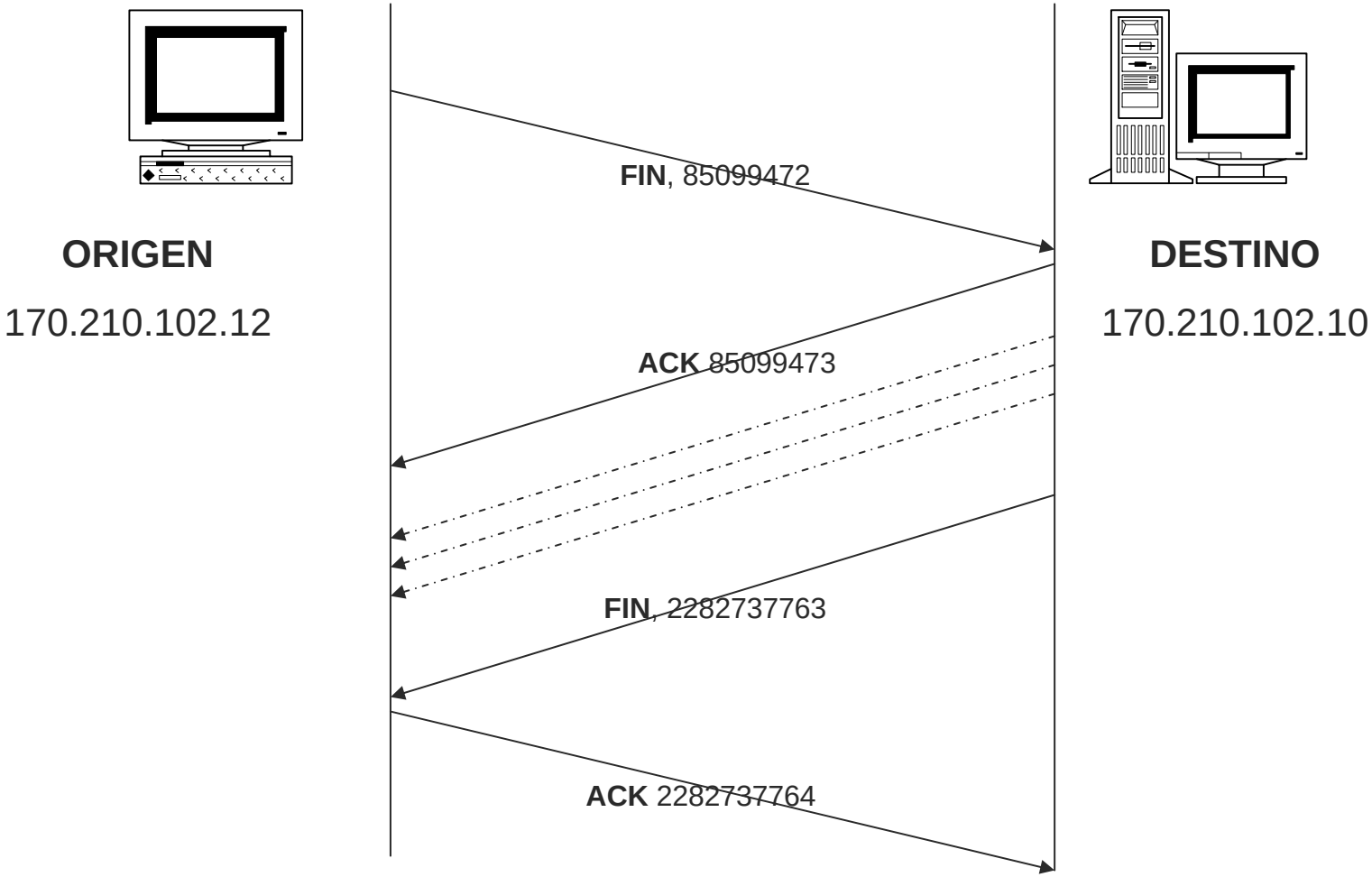
Cierre de Conexión

- El solicitante envía un segmento con la flag FIN activada
- El destino responde con un segmento confirmando el cierre (ACK) $\Rightarrow$ Half-Close
- Se repite la secuencia en el otro sentido

- Cuestiones:
  - Half close
  - Estado 2MSL Wait
  - Estado FIN_WAIT
  - Close simultáneo

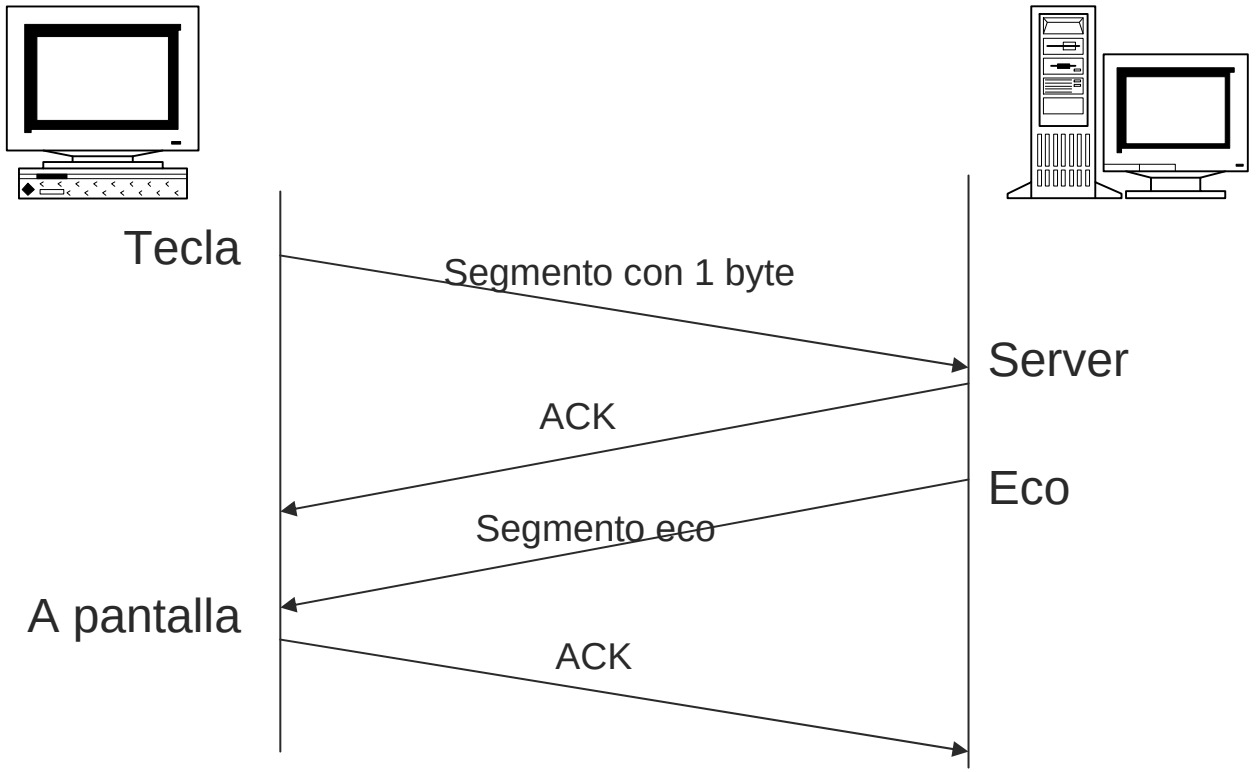
Capa de Transporte - TCP

Cierre de Conexión



Capa de Transporte - TCP

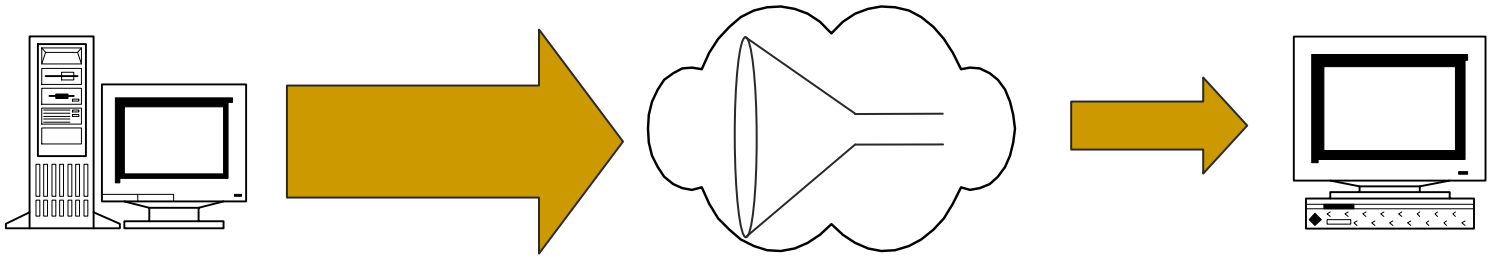
- **Transferencia**
  - **Interactiva (**Ej: Telnet/RLogin) -> Delayed Ack, Algoritmo de Nagle



Capa de Transporte - TCP

- **Transferencia**
  - **Masiva** (Ej: FTP/Mail)
    - Control de flujo (Ventanas deslizantes)

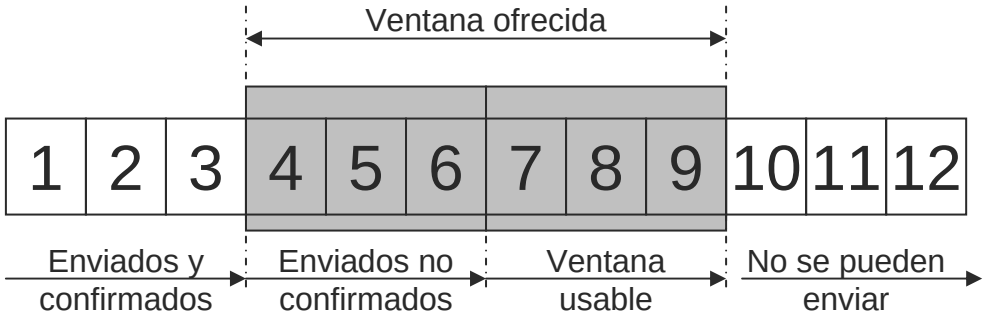
    - Control de Congestión



Capa de Transporte - TCP

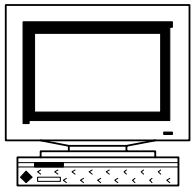
Ventanas Deslizantes

- Envío de n segmentos y espera de confirmación (ACK)
- Si no llega en un determinado tiempo, se retransmite
- El control de flujo se realiza determinando el tamaño adecuado de la ventana (bytes)
- En tamaño (buffer) se anuncia en cada segmento
- Emisor solo puede transmitir hasta “llenar” el buffer disponible



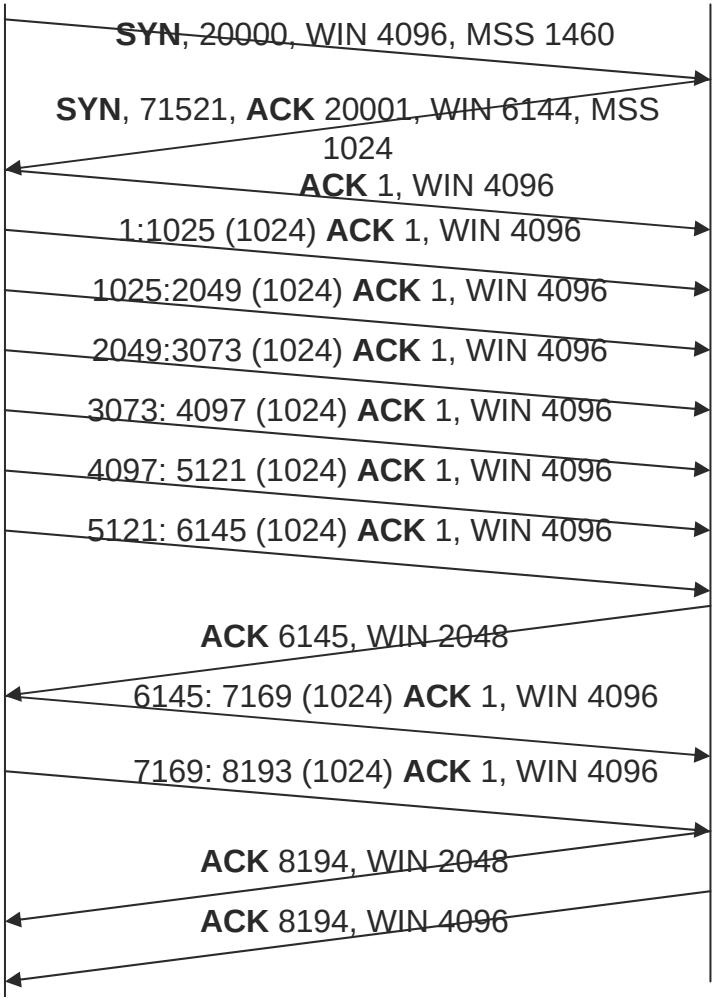
Capa de Transporte - TCP

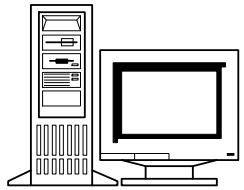
Ventanas Deslizantes



ORIGEN

170.210.102.12





DESTINO

170.210.102.10

Capa de Transporte - TCP

Control de Congestión

- Congestión: La vía de salida tiene menos capacidad para enviar datos. Ej:
  - de LAN a WAN
  - Demasiadas entradas a un router con menos capacidad de salida
- Segmentos perdidos: Reenvío? Puede agravar la situación (La pérdida se asume a congestión dado que la tasa de error en muy baja, < 1%)
- No se puede resolver, se puede evitar (indirectamente)
- Uso de los Algoritmos de Jacobson
  - Slow Start
  - Congestion Avoidance

Capa de Transporte - TCP

Timeout y Retransmisión

- Retransmission Timer
  - Tiempo hasta recibir un ACK
- Persist Timer
  - Mantiene información sobre el tamaño de ventana
- Keepalive Timer
  - Detecta conexiones activas
- 2MSL Timer
  - Mide la duración del TIME_WAIT

Capa de Transporte - TCP

Retransmission Timer

- **No puede tener un valor fijo**
  - Imposible soportar tráfico sobre LAN/WAN
  - Si es muy bajo $\Rightarrow$problemas de retransmisión
  - Si es muy alto $\Rightarrow$baja el throughput
- **TCP usa un RT adaptivo**
  - Varía según el RTT (segmento/ACK)
  - Usa el RTO de Jacobson
  - RTO cambia exponencialmente 1,3,6,12,24,48,64 segundos (se duplica por cada retransmisión $\Rightarrow$ exponencial Backoff)
  - Reintenta hasta 9 minutos, luego RESET de la conexión

Capa de Transporte - TCP

Persist Timer

- Un extremo anuncia ventana = 0 para detener la transferencia
- Luego envía un segmento con el nuevo valor de ventana, pero éste se pierde
- El otro extremo maneja un timer de aprox. 500 ms, para solicitar una nueva actualización del valor de ventana. Para probar, envía un byte

Keep Alive

- Hay una conexión abierta pero no hay tráfico en curso
- Periódicamente se envía un segmento TCP para confirmar el estado de la conexión
- Si no hay conformación después de varios reintentos la conexión se resetea
- El contenido de un segmento de keepalive no se pasa a la capa de aplicación