



# Control de flujo

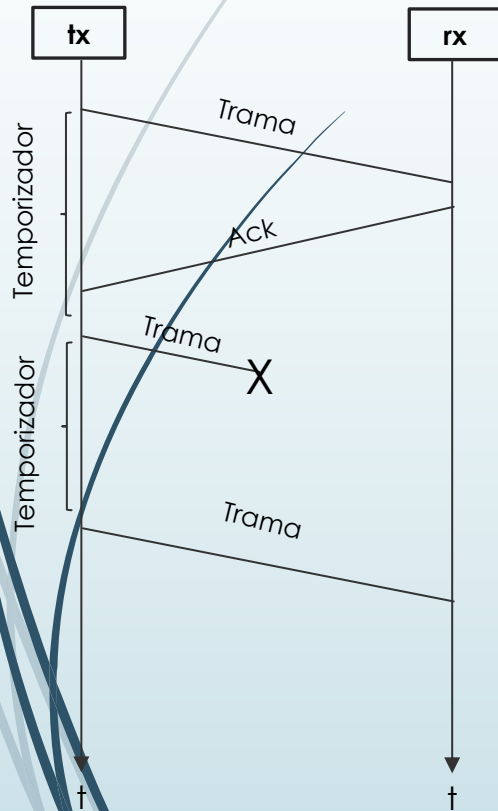
- De acuerdo con Stallings(2004), es una operación realizada por el receptor para limitar la velocidad a la que el emisor le envía datos para evitar ser saturado con datos que aún no puede procesar. Existen 2 estrategias:
  - + **Parar y esperar:** El transmisor solo puede tener una trama en tránsito. Debe recibir un acuse positivo antes de transmitir la siguiente trama.
  - + **Ventana deslizante:** El transmisor puede transmitir hasta k tramas (k=tamaño máximo de ventana) sin haber recibido un acuse.

# Control de flujo: Parar y esperar

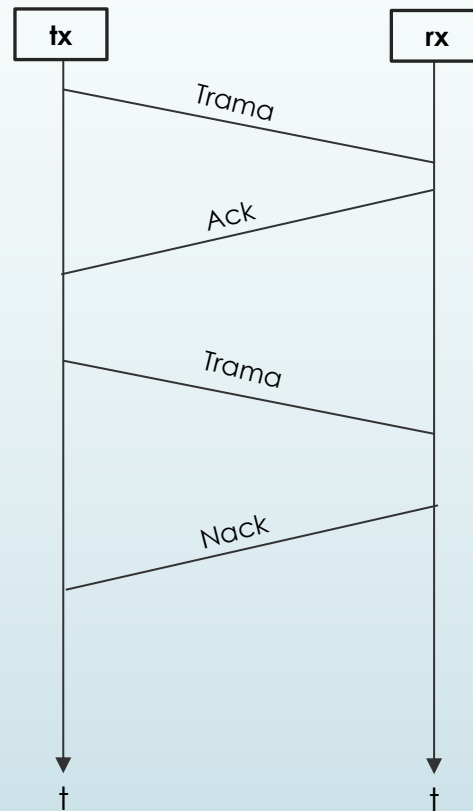
0 1 0 1 0...

## Control de error en parar y esperar

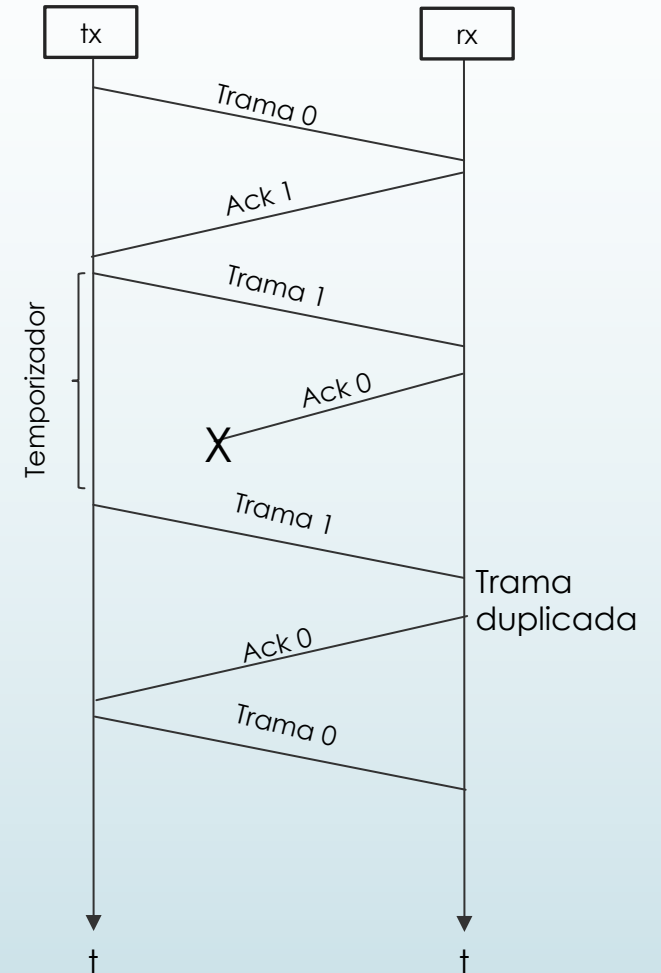
Una trama se pierde



Una trama se daña



Una acuse se pierde



# Control de flujo: Parar y esperar

- **Utilización de canal en parar y esperar:** es una medida de la eficiencia con la que se está utilizando el medio de transmisión.

$$U = \frac{t_{\text{útil}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

Antes de desarrollar los términos de la ecuación, se definen algunos conceptos útiles para calcular el  $t_{\text{total}}$ .

- +  $t_{\text{trama}}$ : tiempo que le toma al transmisor sacar toda la trama al medio de transmisión.
- +  $t_{\text{prop}}$ : tiempo que le toma a la onda electromagnética viajar del transmisor al receptor.
- +  $t_{\text{proc}}$ : tiempo entre la recepción de una trama y el inicio de la transmisión de una respuesta.
- +  $t_{\text{ack}}$ : tiempo de trama cuando la trama es un acuse. Las tramas de acuse son mucho menores que las tramas de información ( $t_{\text{trama}} \gg t_{\text{ack}}$ ).

# Control de flujo: Parar y esperar

$t_1 = 0$

$t = t_{\text{trama}}$

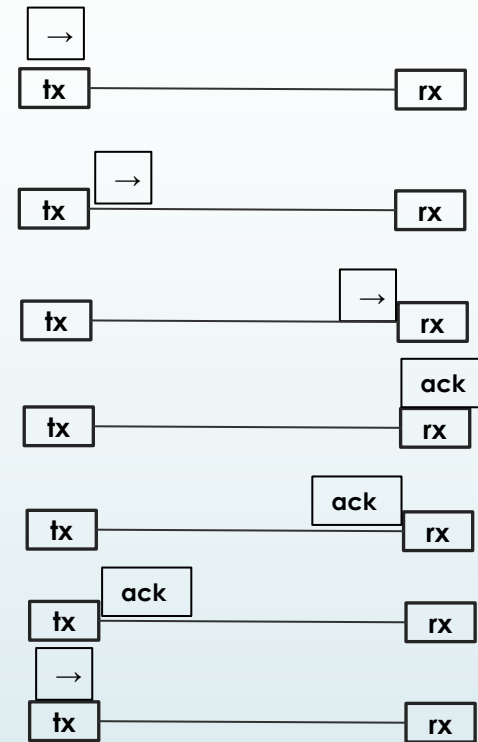
$t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}}$

$t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}}$

$t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}} + t_{\text{ack}}$

$t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}} + t_{\text{ack}} + t_{\text{prop}}$

$t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}} + t_{\text{ack}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}}$



$$U = \frac{t_{\text{trama}}}{t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}} + t_{\text{ack}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}}} \times 100$$

# Control de flujo: Parar y esperar

Considerando que la tecnología ha reducido cada vez más  $t_{proc}$  comparado con  $t_{prop}$  que se ha mantenido relativamente constante, entonces  $t_{proc} \rightarrow 0$ .

Considerando además que  $t_{trama} \gg t_{ack}$ , entonces podemos despreciar a  $t_{ack}$  y la ecuación queda como:

$$U = \frac{t_{trama}}{t_{trama} + 2t_{prop}} \times 100$$

Dividiendo numerador y denominador por  $t_{trama}$

$$U = \frac{\frac{t_{trama}}{t_{trama}}}{\frac{t_{trama}}{t_{trama}} + 2\frac{t_{prop}}{t_{trama}}} \times 100 = \frac{1}{1 + 2\frac{t_{prop}}{t_{trama}}} \times 100$$

Si introducimos la variable  $a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}}$  y sustituimos en la ecuación, esta queda como:

$$U = \frac{1}{1 + 2a} \times 100$$

# Control de flujo: Parar y esperar

Ej. Calcule la utilización de una LAN que une a dos computadoras con un cable coaxial de 500 mts. Para transmitir tramas de 1500 bytes (ethernet) a 10Mbps.

Sabiendo que  $U = \frac{1}{1+2a} \times 100$  y que  $a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}}$  procedemos a encontrar  $t_{prop}$  y  $t_{trama}$ .

Datos

Tam trama 1500

$V_{prop} = 2 \times 10^8$   
Distancia = 500m

$10 \times 10^6$  bits

$T_{prop} =$

$T_{trama} =$

Fórmula

$10 \times 10^6$  bits ----- 1 seg

1500(8) bits -----  $T_{trama}$

$T_{trama} = 12000 \text{ bits seg} / 10 \times 10^6 \text{ bits}$

$T_{trama} = 1.2 \text{ ms}$

$a = 2.5 \times 10^{-6} / 1.2 \times 10^{-3} = 2.083 \times 10^{-3}$

$$v_{prop} = \left[ 2 \times 10^8 \text{ medios guiados} \right]$$

$$U = 1 / (1 + 2 \times 2.083 \times 10^{-3}) \times 100$$

$$U = 99.58 \%$$

# Control de flujo: Parar y esperar

**Ejercicio.** Calcule la utilización de un enlace satelital que emplea un satélite geoestacionario para transmitir tramas de 100 bytes con un módem de 64kbps.

\*Nota1. El receptor no es el satélite, sino la estación terrestre a la que van dirigidos los datos.

\*Nota2. Satélite geoestacionario orbita a 36,000km



Imagen: <http://electiva3iutllkerlyortega.blogspot.com/2017/04/comunicacion-por-satelite.html>

\*Fuente: [http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\\_Proyector/ControldelEnlaceDatos.pdf](http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones_Proyector/ControldelEnlaceDatos.pdf).

# Control de flujo: Parar y esperar

Ejercicio. Calcule la utilización de un enlace satelital que emplea un satélite geoestacionario para transmitir tramas de 100 bytes con un módem de 64kbps.

Sabiendo que  $U = \frac{1}{1+2a} \times 100$  y que  $a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}}$  procedemos a encontrar  $t_{prop}$  y  $t_{trama}$ .

$$v_{prop} = \frac{distancia}{t_{prop}}; t_{prop} = \frac{distancia}{v_{prop}}$$

$$t_{prop} = \frac{72 \times 10^6 m}{3 \times 10^8 m/s} = \mathbf{0.24s}$$

$$v_{prop} = \begin{cases} 3 \times 10^8 \text{ medios no guiados} \\ 2 \times 10^8 \text{ medios guiados} \end{cases}$$

$$\frac{64 \times 1024 \text{ bits}}{1s} = \frac{100(8)}{t_{trama}}$$

$$t_{trama} = \frac{800 \text{ bits } s}{64 \times 1024 \text{ bits}} = \mathbf{0.0122s}$$

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}} = \frac{0.24s}{0.0122s} = \mathbf{19.67}$$

$$U = \frac{1}{1+2a} \times 100 = \frac{1}{1+2(19.67)} \times 100 = 2.48 \%$$





## Tarea:

- Calcule la utilización de una línea telefónica de 5000km que emplean dos computadoras para transmitir tramas Ethernet (1500) con un módem de 64kbps.

# Control de flujo: Ventana deslizante

Se le permite al transmisor enviar hasta  $k$  tramas sin haber recibido un acuse, con la finalidad de mejorar la eficiencia (mayor utilización) cuando  $t_{prop} \gg t_{trama}$

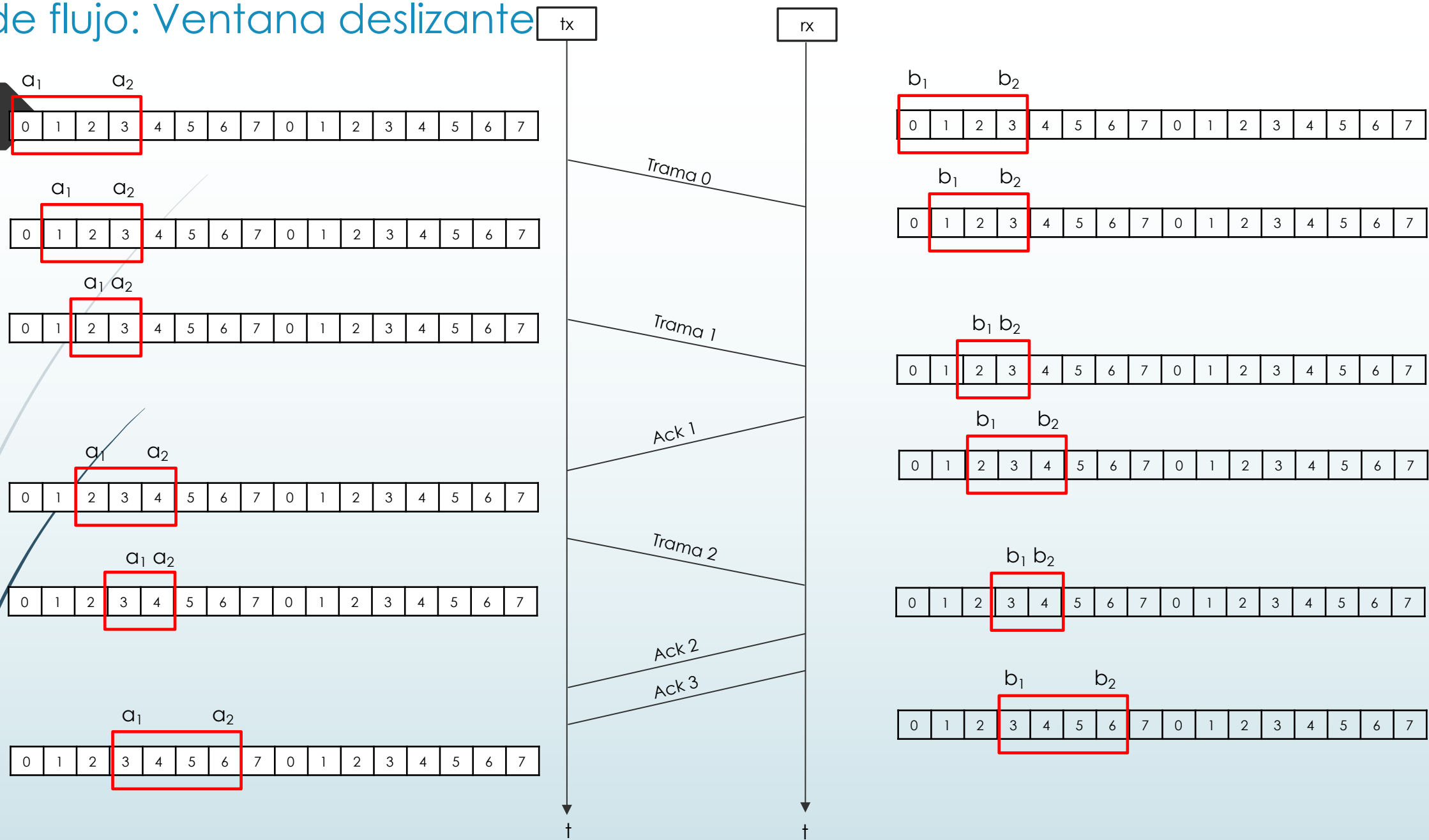
## ■ Implementación

Se tienen 2 buffers y 4 apuntadores:

- $a_1$  Indica el inicio de la ventana (transmisor), se desplaza cerrando la ventana cada que se transmite una trama.
- $a_2$  Indica el fin de la ventana (transmisor), se desplaza abriendo la ventana cada que se recibe un acuse de recibo (ack) en secuencia.
- $b_1$  Indica el inicio de la ventana (receptor), se desplaza cerrando la ventana cada que se recibe una trama.
- $b_2$  Indica el fin de la ventana (receptor), se desplaza abriendo la ventana cada que se transmite un acuse de recibo (ack).

El objetivo es que ambas ventanas (transmisor-receptor) sean iguales.

# Control de flujo: Ventana deslizante



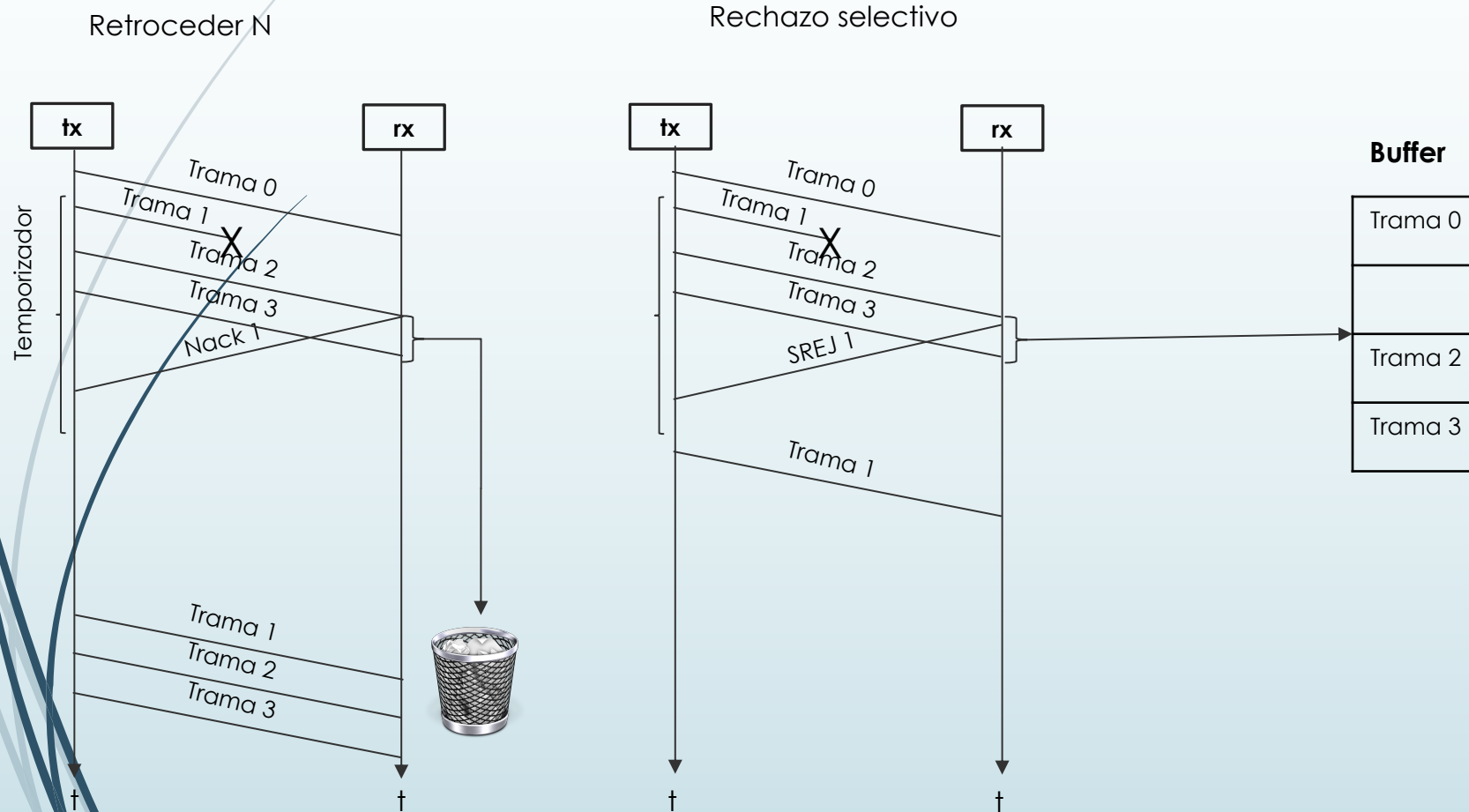
# Control de flujo: Ventana deslizante

- Control de error en Ventana deslizante (2 opciones):
  - **Retroceder N:** El receptor no tiene permitido recibir tramas fuera de secuencia.
  - **Rechazo selectivo:** El receptor si puede recibir tramas fuera de secuencia.

# Control de flujo: Ventana deslizante

## Control de error en Ventana deslizante

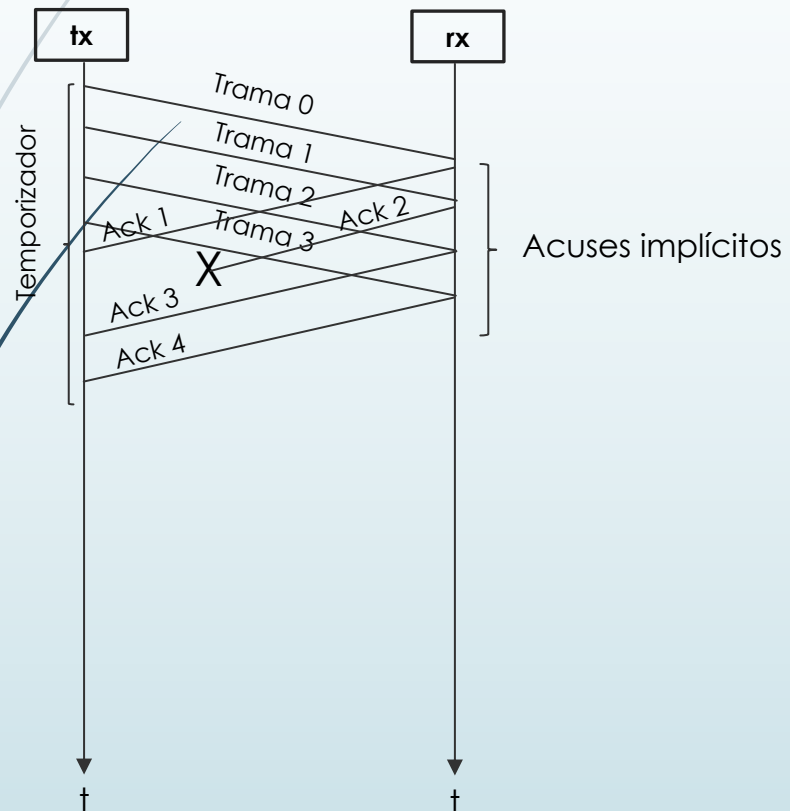
### - Una trama se pierde



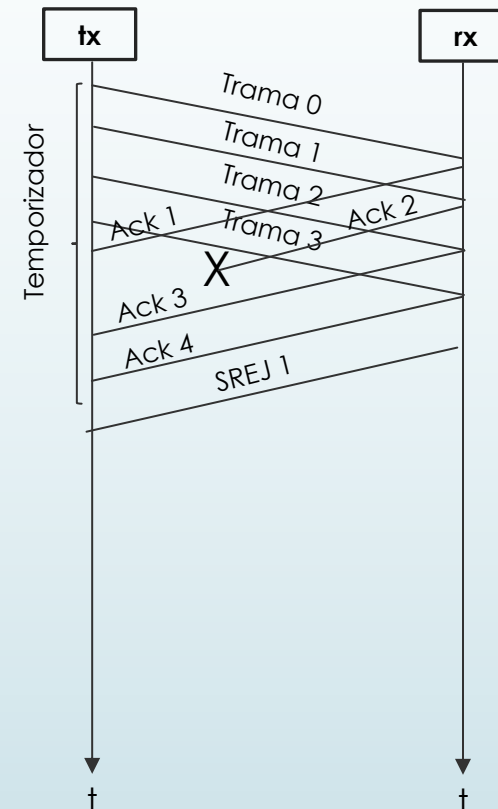
# Control de flujo: Ventana deslizante

- Control de error en Ventana deslizante
  - Un acuse se pierde

Retroceder N,



Rechazo selectivo

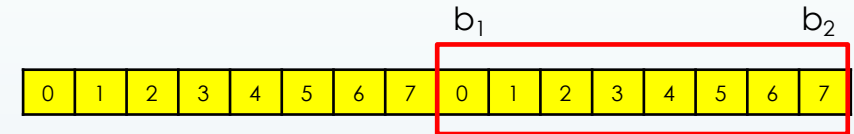
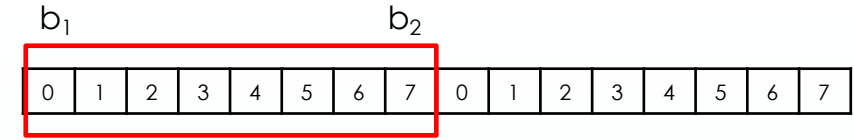
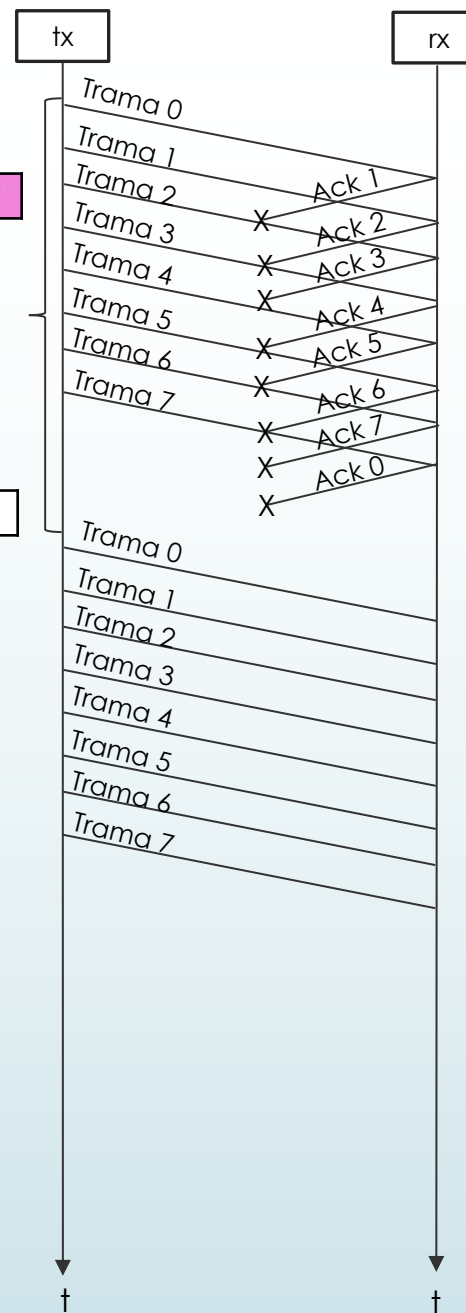
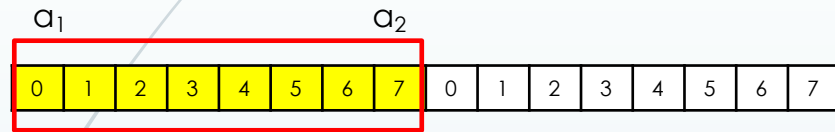
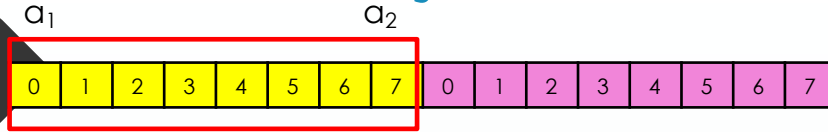


# Control de flujo: Ventana deslizante

- Control de error en Ventana deslizante
  - **Todos los acuses se pierden**

Supongamos que  $K=8$  (ventana de 8 tramas) y  $n=3$  (3 bits para numerar 8 tramas). Supongamos que se envían las 8 tramas, se reciben bien y se transmiten los 8 acuses, pero todos ellos se pierden en el camino

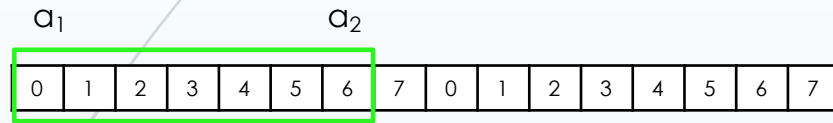
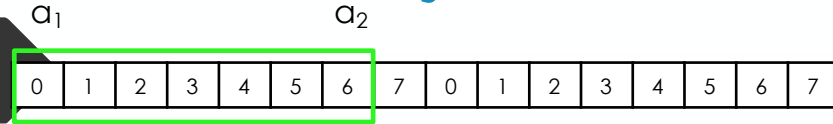
# Control de flujo



\* Si se pierden todos los acuses, se puede duplicar la ventana completa

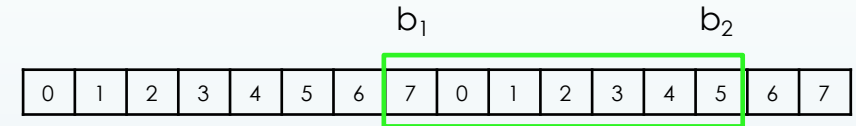
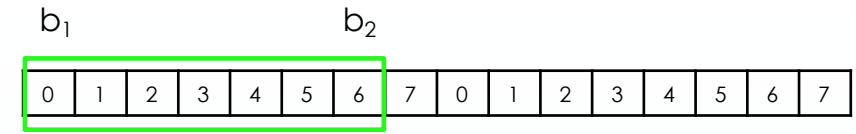
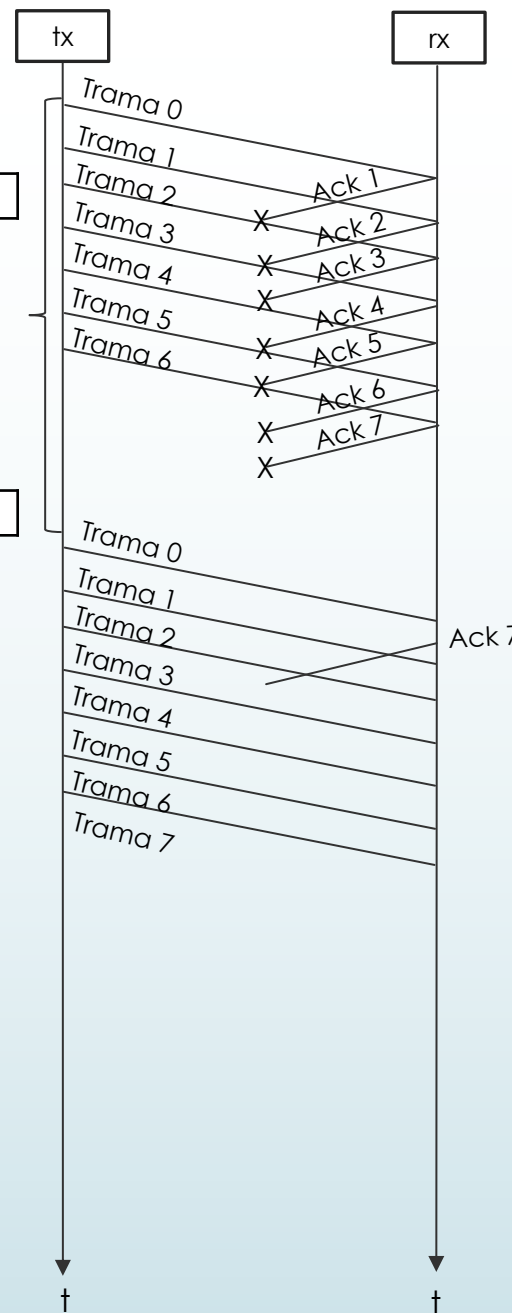


# Control de flujo

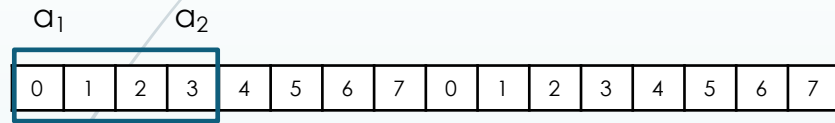
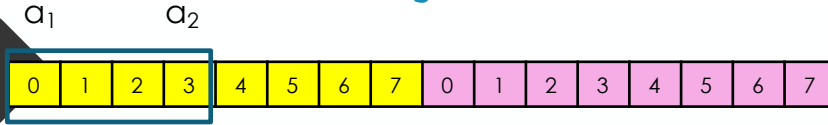


Si usamos un tamaño de ventana  
 $k \leq 2^n - 1$

\* Vuelta atrás N puede detectar ventanas duplicadas, pero Rechazo Selectivo NO



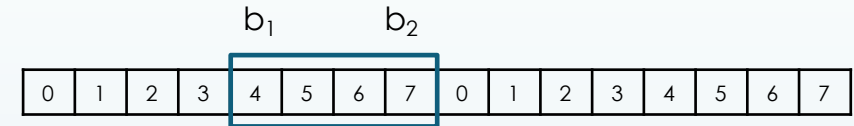
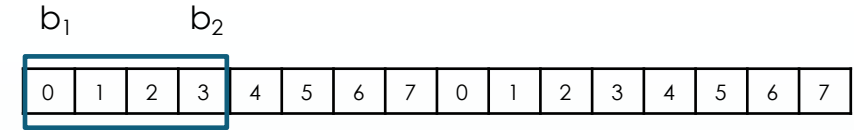
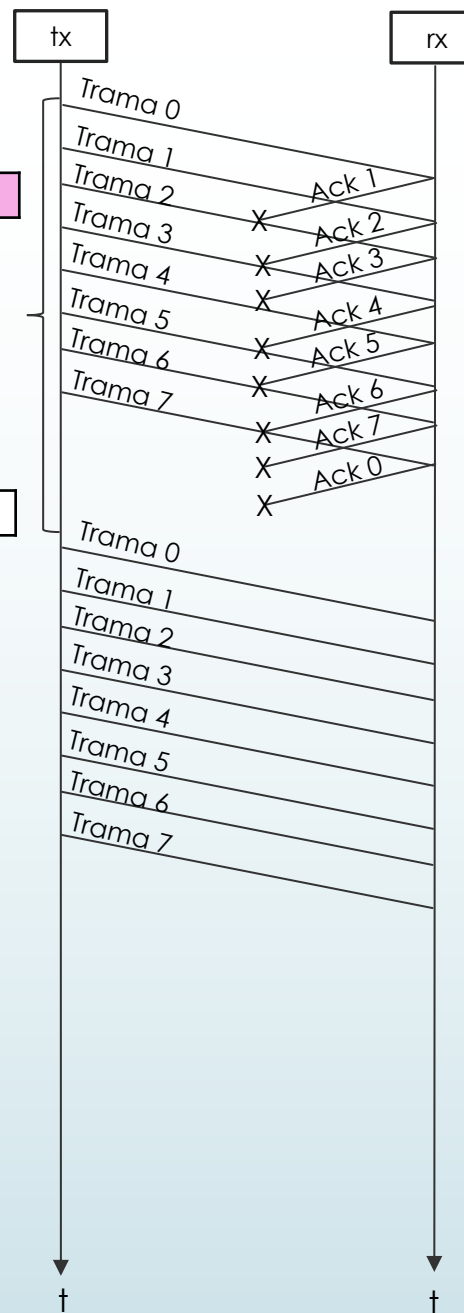
# Control de flujo



Si usamos un tamaño de ventana

$$k = \frac{2^n}{2}$$

\* Rechazo Selectivo ya puede detectar ventanas duplicadas



# Control de flujo: Ventana deslizante

## ► Control de error en Ventana deslizante

### - Tamaño máximo de ventana


Tamaño máximo de ventana

$$k \leq 2^n - 1 \text{ para Vuelta atrás N}$$

$$k = \frac{2^n}{2} \text{ para Rechazo Selectivo}$$

## ► Utilización de canal en Ventana deslizante

$$U = \frac{k}{1+2a} \times 100 \%$$

- 
- Calcule el número mínimo de bits necesarios en el campo de número de secuencia para que la utilización de un canal satelital (altura 36000 km) que utiliza un módem de 64kbps para transmitir tramas de 100 bytes sea del 100%. Si se utiliza rechazo selectivo.