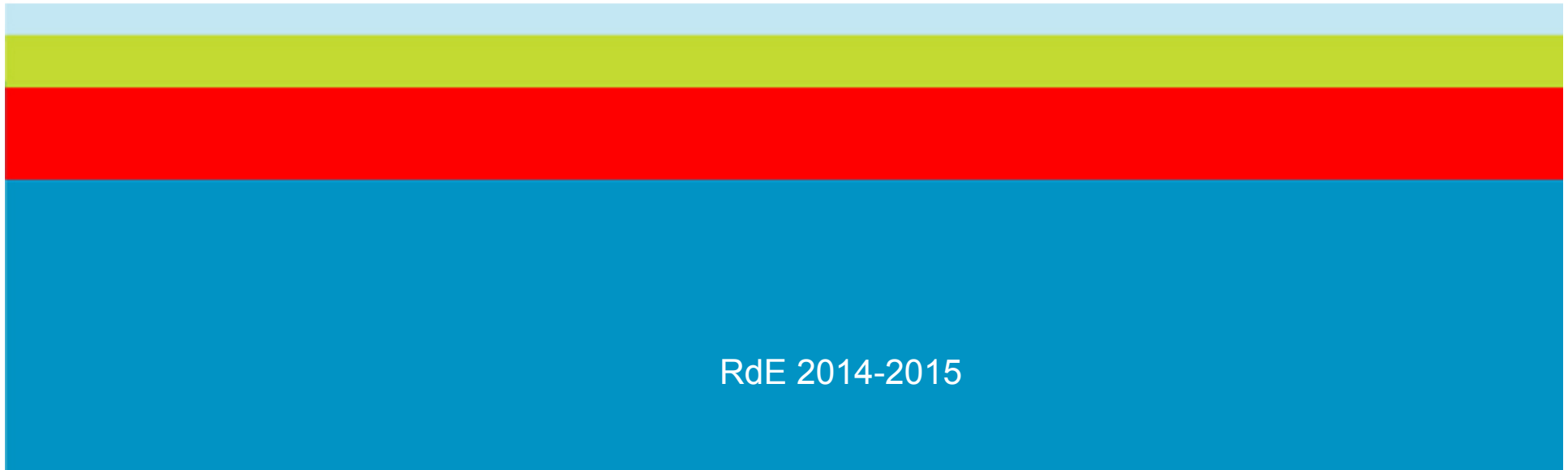




2 Capa de Enlace

2.1 Funcionalidad del nivel del enlace



2 Guión del Tema 2

- 3 CAPA de ENLACE
 - **2.1 Funcionalidad del nivel de enlace.**
 - 2.2 Control de flujo.
 - 2.3 Control de errores.
 - 2.4 HDLC. Tramas. Funcionamiento.
 - 2.5 Análisis de tiempos y rendimiento.

2.1 Introducción

- El control del enlace de datos se encarga del envío de datos entre dos máquinas adyacentes.
- El problema de la transmisión se complica debido a:
 - ☐ Errores.
 - ☐ Ancho de banda finito.
 - ☐ Recursos finitos en los sistemas.
 - ☐ Retardo.

2.1 Criterios de diseño

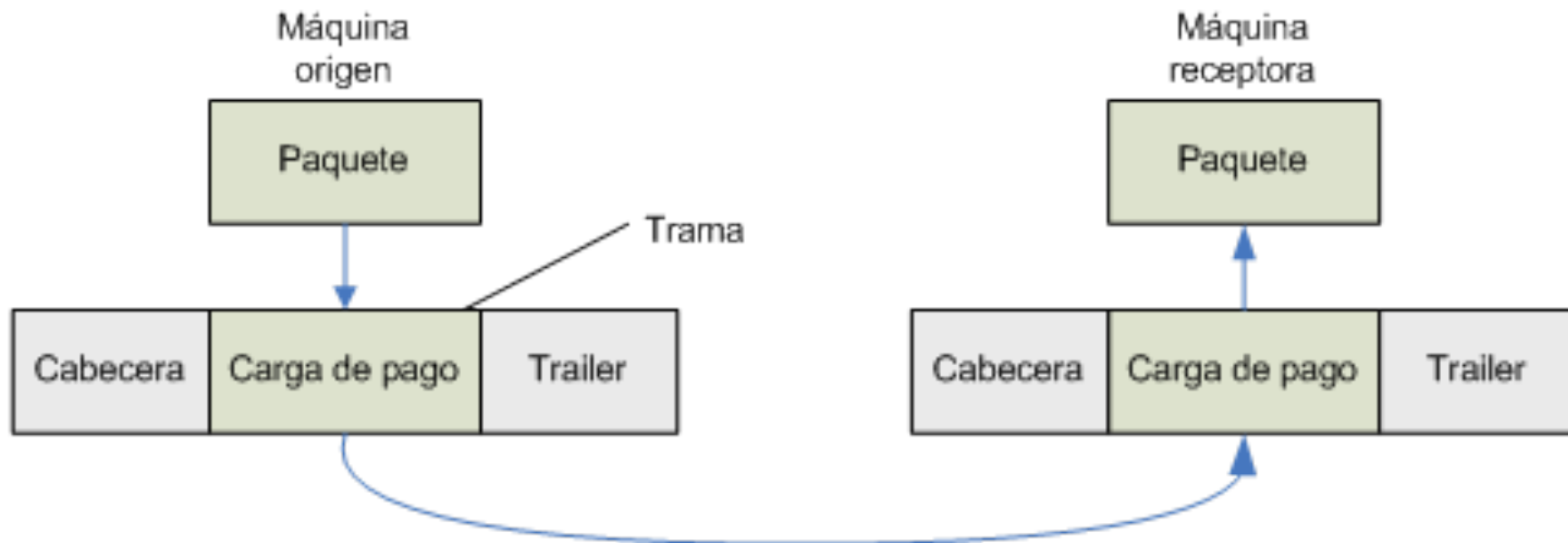
- Servicios ofrecidos a la capa de red.
- División en tramas.
- Control de errores.
- Control de flujo.



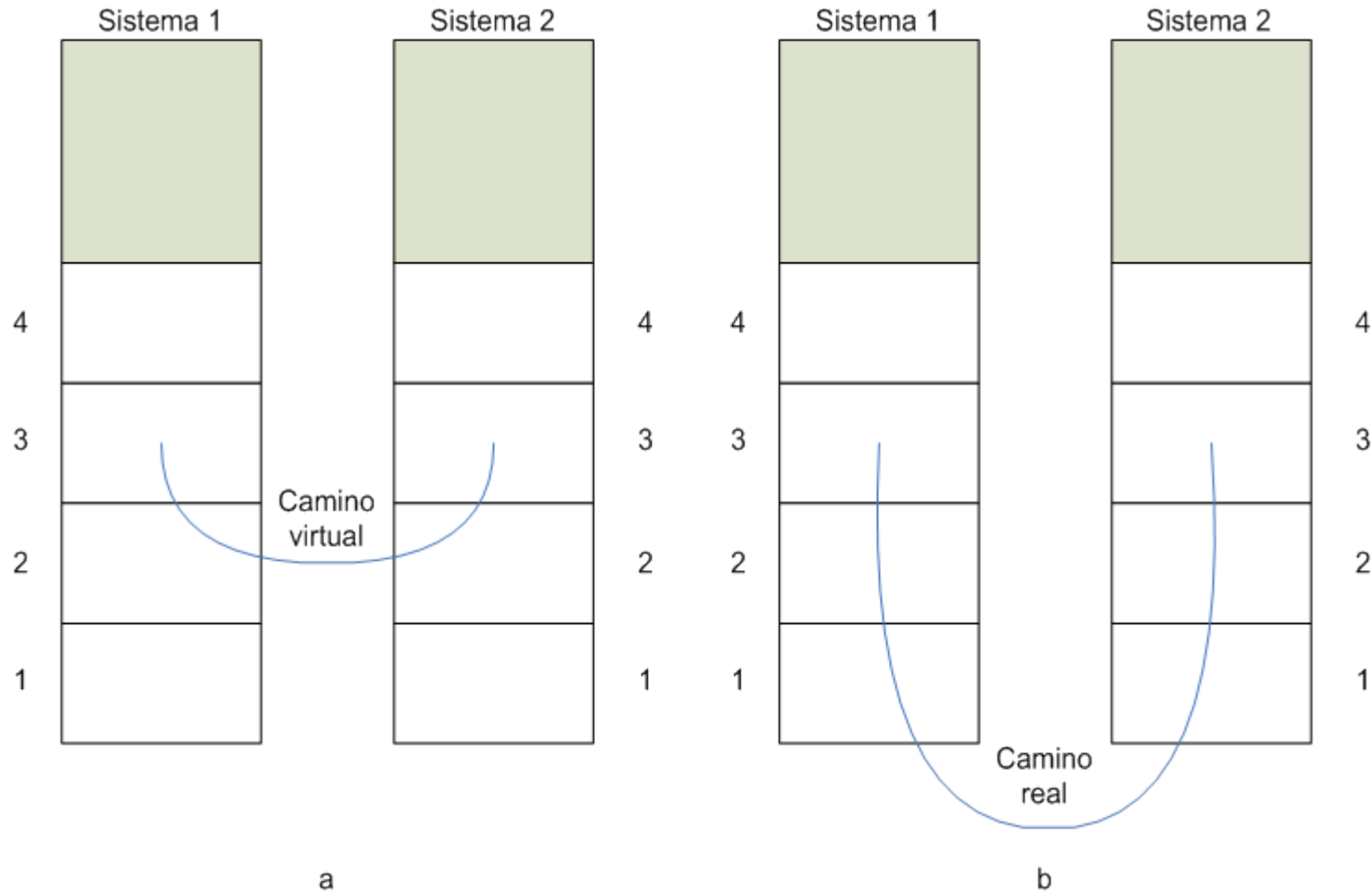
2.1.1 Servicios a la capa de red

- Servicio principal del enlace de datos: envío de bits a otra máquina (**sistema adyacente**).
- Proporciona un **interfaz** a la capa de red. La entidad de nivel 3 utiliza el interfaz para el envío de bits.
- Se encarga de la **gestión de errores**.
- Se encarga del **control de flujo**.

2.1.1 Tramas y paquetes



2.1.1 Abstracción a nivel de enlace



- a) Comunicación virtual.
- b) Comunicación real.

2.1.1 Tipos de servicio

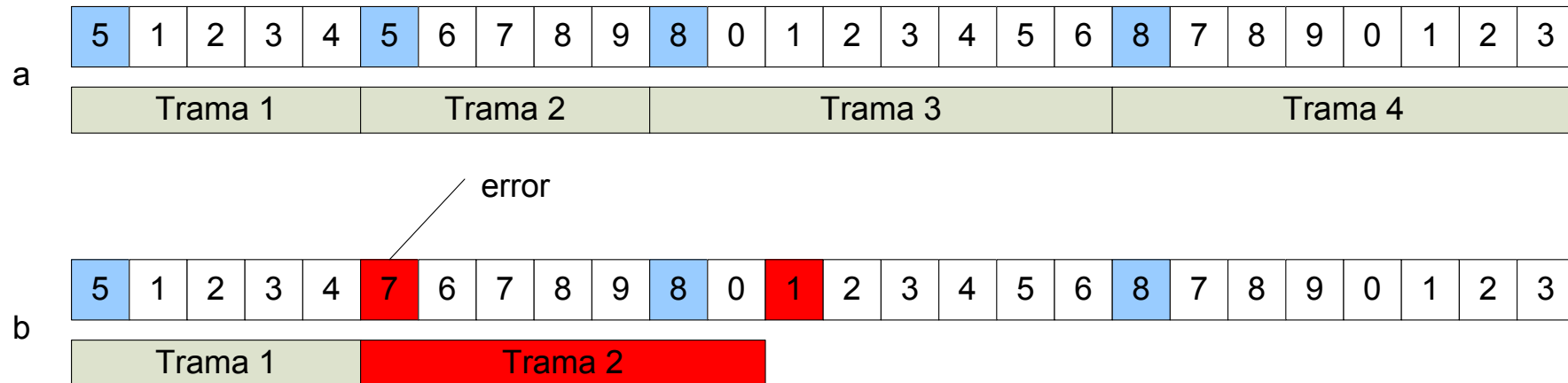
- **SnOC sin reconocimiento.** Adecuado para LAN. Recuperación en los niveles superiores.
- **SnOC con reconocimiento.** Adecuado para WLAN.
- **SOC con reconocimiento.** El objetivo es conseguir un canal fiable. Numeración de tramas.
- SOC, Servicio Orientado a Conexión.



2.1.2 División en tramas

- Se usa el servicio ofrecido por la capa física de envío de bits.
- Puede haber errores o pérdidas.
- Se realiza la división en tramas, y además los mecanismos de control de error (*checksum*).
- ¿Cómo realizar la división?
 - ☐ **Conteo de caracteres.** Campo de longitud.
 - ☐ **Carácter especial** principio y fin.
 - ☐ **Código especial** principio y fin.
 - ☐ **Codificación** de la información no usada.

2.1.2 Conteo de caracteres

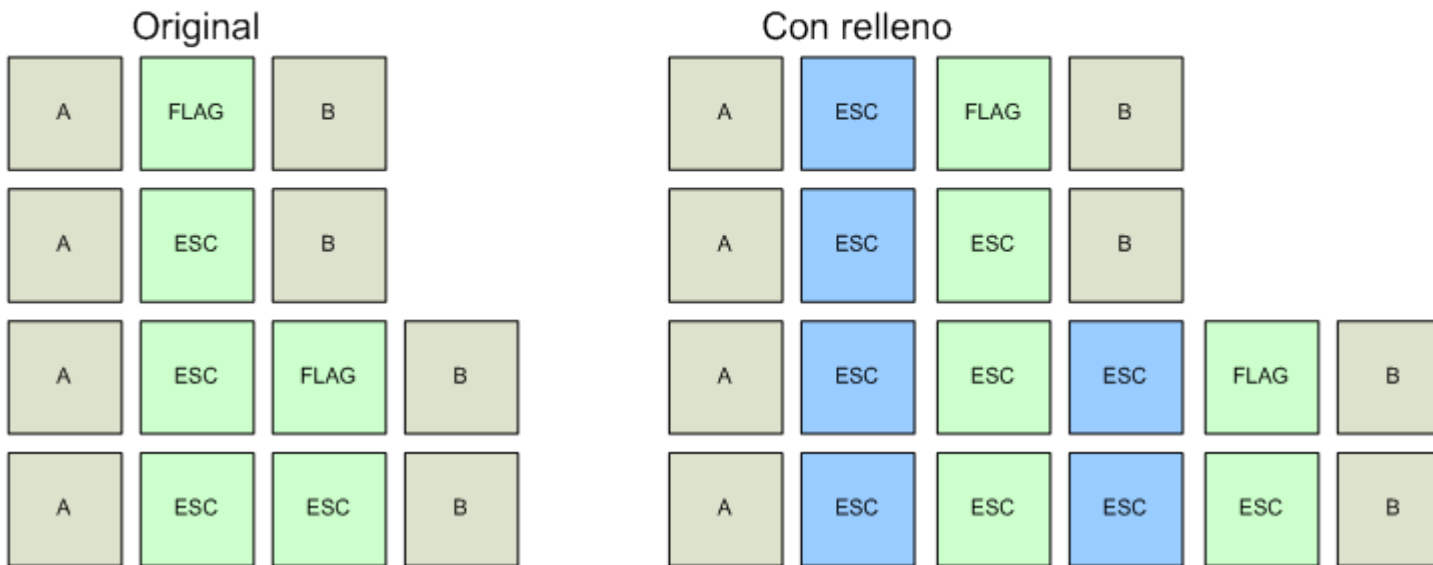
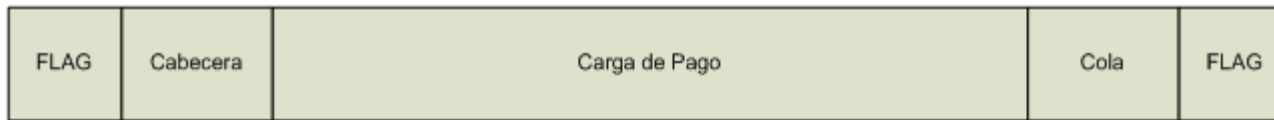


(a) Flujo de datos original.

(b) Flujo de datos con error.

Existe un problema si hay un error en campo de longitud.

2.1.2 Delimitación por carácter



- FLAG FLAG Fin de trama y comienzo de la siguiente. Se inserta 1 Byte.
- Problema si aparece el código utilizado separación FLAG dentro de los datos, utilizar código de escape ESC. FLAG -> ESC FLAG. Ídem para escape: Carácter de relleno (*stuffing*) ESC -> ESC ESC.
- Limitación a codificación de 8 bits. Problema con datos binarios.



2.1.2 Delimitación por secuencia

- Similar a la anterior a nivel de bit. Reglas:
 - ☐ Se marca comienzo y fin con secuencia 01111110.
 - ☐ Si se encuentra 5 1's seguidos, la fuente inserta 0.
 - ☐ Si el receptor ve 5 1's seguidos, revisa el siguiente bit:
 - Si es 0, se elimina el bit de relleno (*stuffed*).
 - Si es 10, es una marca de límite de trama.
 - Si es 11, es un error.
- Implementación sencilla en hardware.

2.1.2 Delimitación por secuencia. Ejemplo

a) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

b) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0



b) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

a) Flujo de datos original.

b) Flujo de datos con bits de relleno.

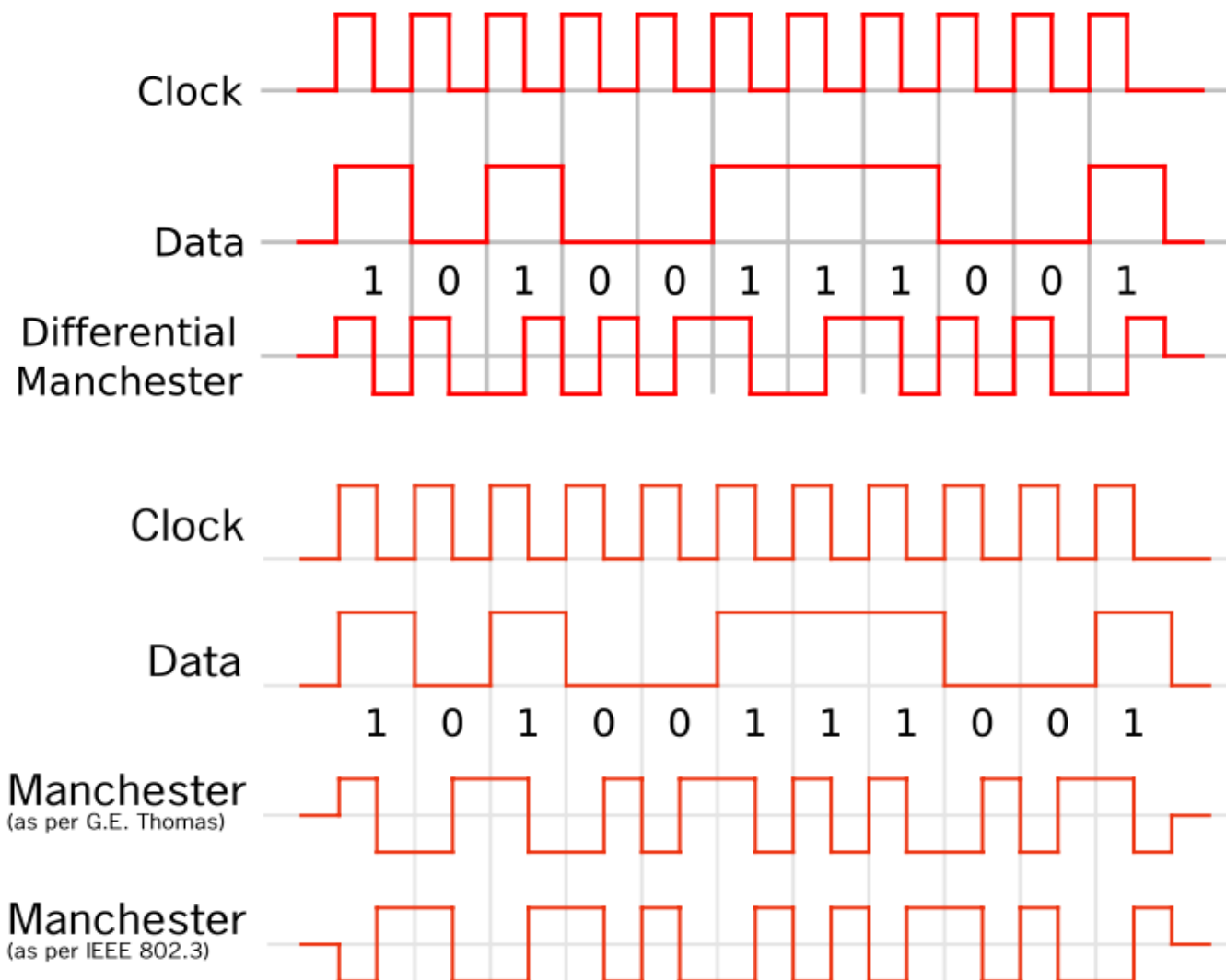
c) Flujo de datos reconstruido.

2.1.2 Delimitación en la codificación

- Sólo aplicable en redes en que se codifica la información. Existe cierta redundancia en la información. Posibilidades:
 - ☐ 1 transición de 1 a 0. No sirve.
 - ☐ 0 transición de 0 a 1. No sirve.
 - ☐ 1-1 y 0-0 no usada. Utilizada para delimitación.
- Se pueden usar para codificar delimitación. P.e. 802.2.



2.1.2 Delimitación en la codificación





2.1.3 Control de errores

- Control de errores ¿qué?:
 - ☐ Garantía de recepción. La trama enviada se recibe.
 - ☐ Entrega en el orden correcto.
 - ☐ Integridad. Igual que se ha enviado, se recibe.
- Control de errores ¿cómo?:
 - ☐ **Reconocimiento** de tramas. El receptor envía información o reconocimiento a la fuente: positiva o negativa.
Acknowledgement.
 - ☐ Mantenimiento de **temporizadores** de envío en la fuente. Si vencen sin recibir información desde el receptor se reenvía la trama.
 - ☐ **Números de secuencia en cada trama.** Son necesarios para la garantía de orden y evitar la duplicidad de tramas.

2.1.4 Control de flujo

- Problema del receptor lento: control de flujo.
- Se “informa” al origen de que debe bajar el ritmo.
- Sistema más usual: **ventanas** de transmisión.

2.1 Bibliografía

[1] Tanenbaum, A. S., Computer Networks, Pearson 2003, apartado 3.1.