

# **BLOQUE IV.**

## **Nivel de enlace de datos**

---

**PROTOCOLOS DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (II).**



# Contenidos

---

1. Introducción
  1. Funciones de un protocolo de enlace de datos
2. Entramado
  1. Protocolos orientados a carácter
  2. Protocolos orientados a bit
3. Corrección de errores
  1. Códigos de control de errores
  2. Códigos polinómicos
4. Técnicas de control de flujo y protocolos de control de errores

# Contenidos

---

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
6. Direccionamiento
7. Hubs, Puentes y Conmutadores
8. Protocolo STP

# Contenidos

---

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

6. Direccionamiento

7. Hubs, Puentes y Conmutadores

8. Protocolo STP

# Contenidos

---

## 5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

1. Protocolos basados en reservas
2. Protocolos de acceso aleatorio o contención
  1. Aloha ranurado
  2. Aloha puro
  3. CSMA
3. Protocolos basados en turnos
  1. Sondeo
  2. Protocolos basados en paso de testigo

# Contenidos

---

## 5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

### 1. Protocolos basados en reservas

### 2. Protocolos de acceso aleatorio o contención

#### 1. Aloha ranurado

#### 2. Aloha puro

#### 3. CSMA

### 3. Protocolos basados en turnos

#### 1. Sondeo

#### 2. Protocolos basados en paso de testigo

# Resumen



Si dos o más nodos envían una trama al canal de comunicaciones al mismo tiempo  
⇒ **colisión**

**Mecanismos de control de acceso al medio:** evitar colisiones

**Basados en reservas:** TDM, FDM, ...

**Acceso aleatorio o contención:** no existe un tiempo predecible para que las estaciones transmitan, las estaciones compiten entre sí

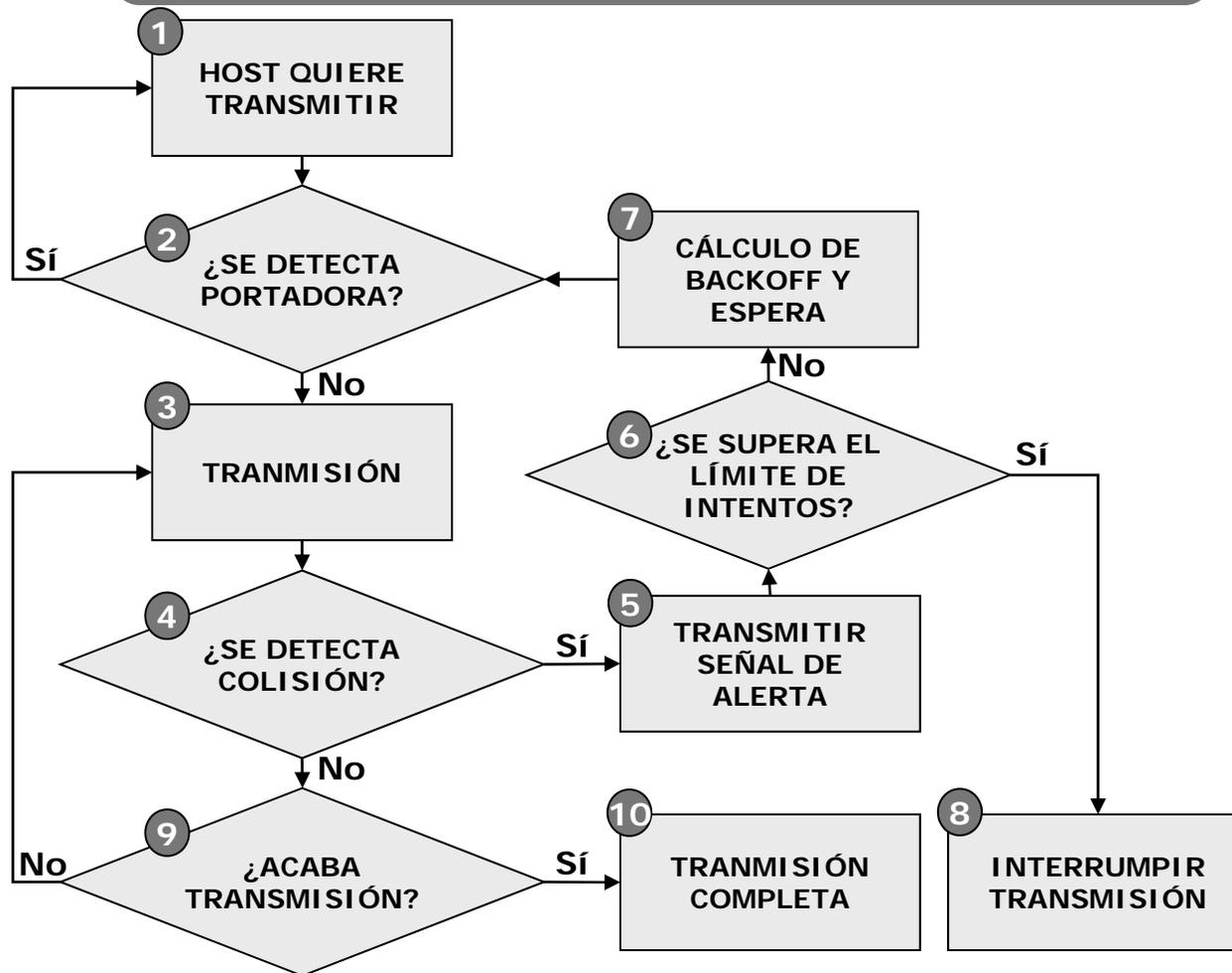
**Aloha ranurado:** nodos sólo transmiten al comienzo de ranura temporal, si colisión, esperar n° aleatorio de ranuras y volver a transmitir

**Aloha puro:** nodos transmiten cuando quieren, si se detecta colisión se espera tiempo aleatorio y se vuelve a transmitir

**CSMA:** Acceso Múltiple (MA), Detección de Portadora (CS – antes de transmitir escuchar el medio, transmitir sólo si está libre) y Detección de Colisión (CSMA/CA – durante la transmisión se comprueba el medio, si se detecta colisión se deja de transmitir)

# Resumen

## CSMA/CD: Mecanismo de control de acceso múltiple en las redes Ethernet



- 1 El adaptador obtiene un paquete del nivel de red, prepara una trama Ethernet y la coloca en su memoria de salida
- 2 La estación comprueba si el canal está libre
  - Si observa que el canal está desocupado (no hay tensión en la línea) empieza a transmitir una trama 3
  - Si el canal está ocupado se espera hasta que quede libre 2
- 3
- 4 Durante la transmisión se comprueba el canal por si se produce una colisión
- 5 Si se detecta una colisión, se envía una señal de alerta para que todas las estaciones detecten la colisión
- 6 Si no se supera el límite máximo de intentos de envío ⇒ se espera un tiempo aleatorio 7 y se intenta transmitir de nuevo 2
- 7
- 8 Si se supera límite máximo de intentos la transmisión acaba
- 9 Si no se detecta colisión, continúa la transmisión hasta que se completa 10
- 10

## 5.2.3 CSMA

---

### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

- El protocolo de la subcapa MAC para las redes inalámbricas es diferente del de Ethernet debido a la complejidad inherente del entorno inalámbrico en comparación con el sistema cableado
  - Con Ethernet, una estación simplemente espera hasta que el medio queda en silencio y comienza a transmitir
  - Si no recibe una ráfaga de ruido → con seguridad la trama ha sido entregada correctamente

**...pero esta situación no es válida para los sistemas inalámbricos,  
¿por qué?**

**...la explicación hay que buscarla en las características propias  
del canal inalámbrico...**

## 5.2.3 CSMA

---

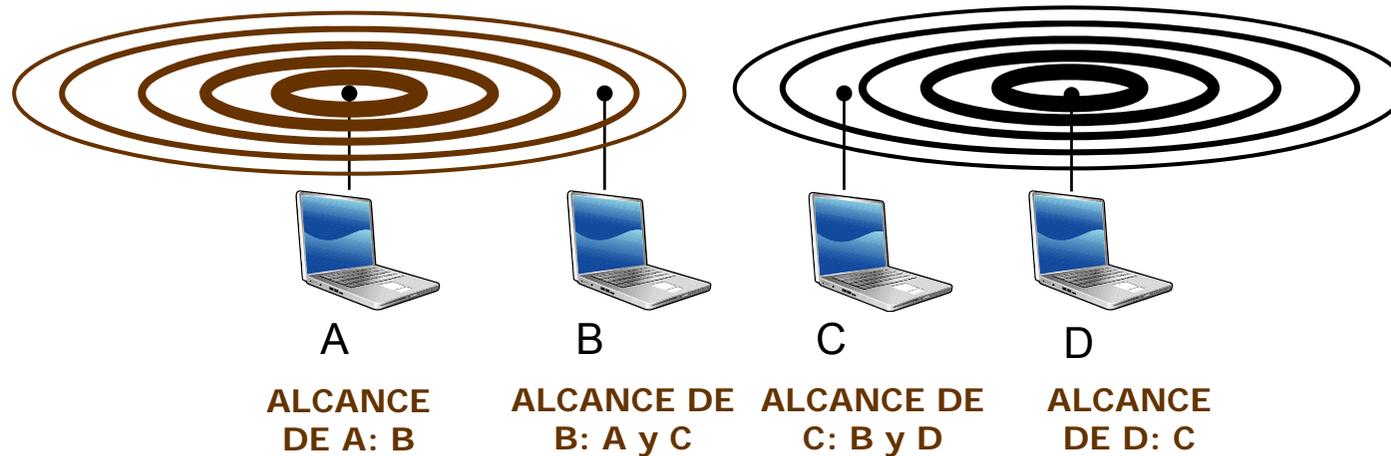
### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

- Transmisiones simultáneas son posibles
  - Con un cable todas las señales se propagan por todas las estaciones, de manera que sólo puede llevarse a cabo una transmisión en un momento dado en cualquier lugar del sistema
  - En un sistema basado en ondas de radio de corto alcance, pueden ocurrir dos transmisiones simultáneas si las ondas tienen destinos diferentes y éstos están fuera de alcance entre sí

## 5.2.3 CSMA

### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

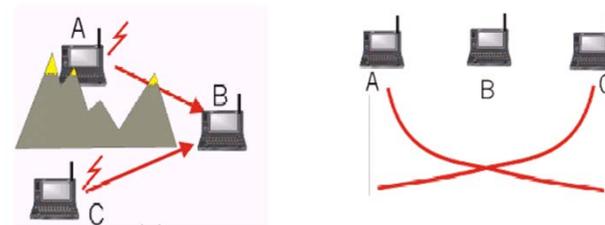
- Transmisiones simultáneas son posibles



## 5.2.3 CSMA

### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

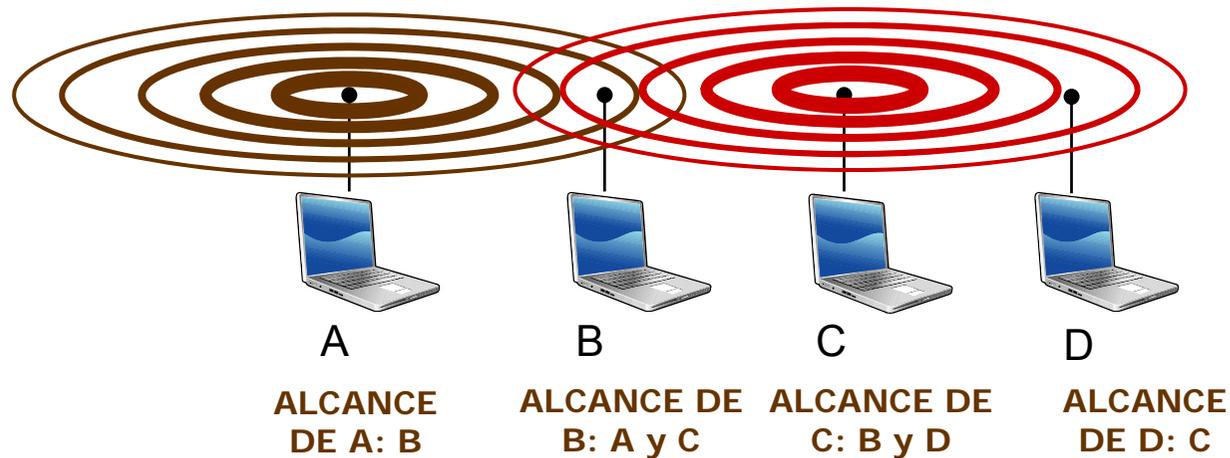
- ❑ Problema de la **estación oculta**
  - A envía a B, pero C no puede escuchar el envío de A
  - Por tanto C envía a B sin detectar la transmisión A→B
  - Se produce una colisión en B pero ni A ni C pueden detectarla
  - A está *oculta* para C
  - Posibles causas:
    - ❑ Desvanecimiento de señal
    - ❑ Obstáculos



## 5.2.3 CSMA

### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

- Problema de la **estación oculta**



## 5.2.3 CSMA

---

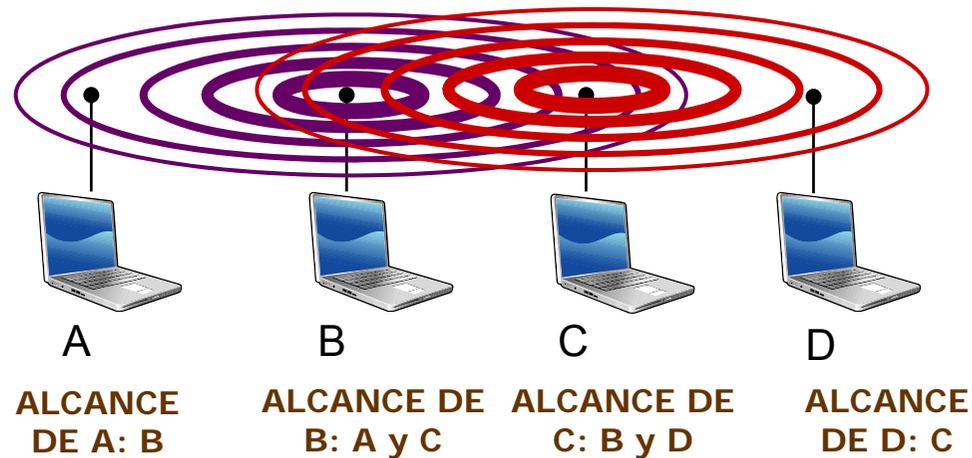
### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

- Problema de la **estación expuesta**
  - B está enviando a la estación A
  - C intenta enviar a D
  - C escucha el medio y detecta que está en uso, por tanto espera
  - Sin embargo, A está fuera del alcance radio de C y D ⇒ esta espera es innecesaria
  - La estación C está expuesta a la estación B

## 5.2.3 CSMA

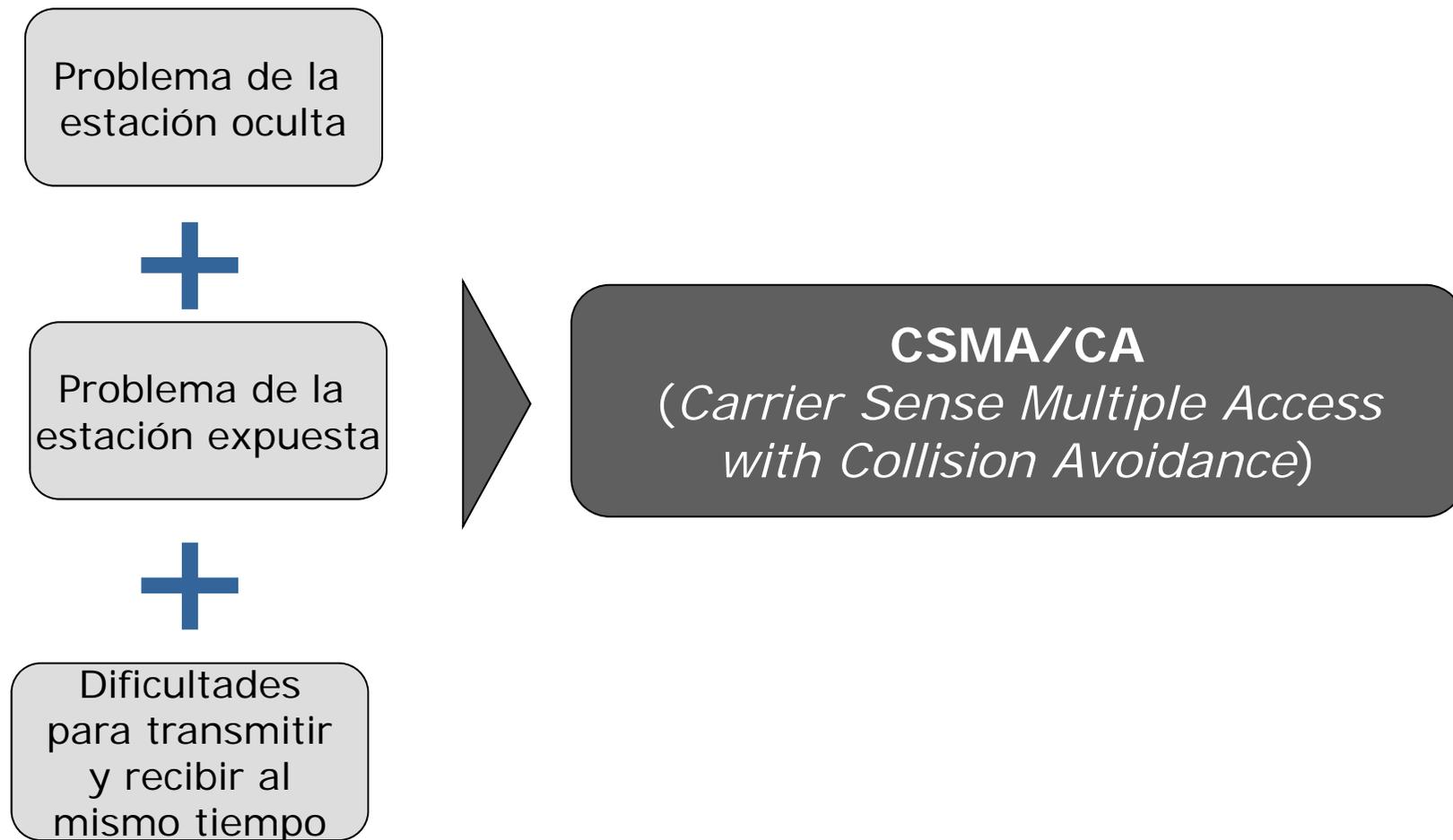
### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas

- Problema de la **estación expuesta**



## 5.2.3 CSMA

### Mecanismo de control de acceso múltiple en redes inalámbricas



## 5.2.3 CSMA

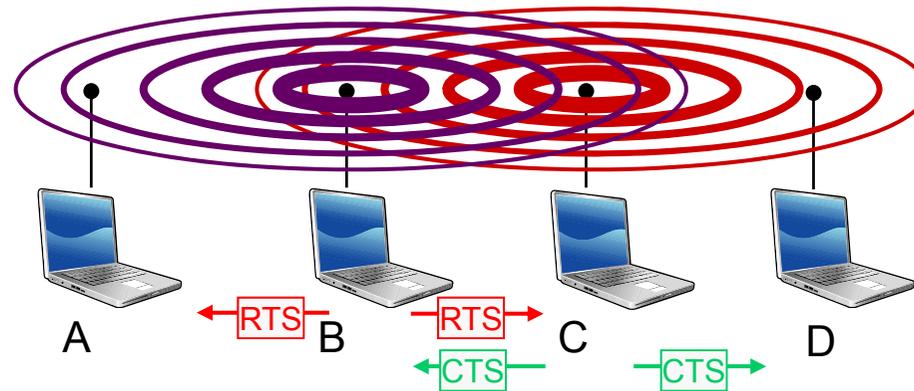
---

### MA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple con prevención de colisión

- MA/CA es uno de los primeros protocolos diseñados para las redes de área local inalámbricas
  - El emisor estimula a su receptor a enviar una trama corta
  - De esta manera las estaciones cercanas a dicho receptor puedan detectar dicha transmisión
  - Una vez detectada evitarán ellas mismas enviar información al receptor mientras dure el envío de la siguiente trama de datos (prevención de colisión)

## 5.2.3 CSMA

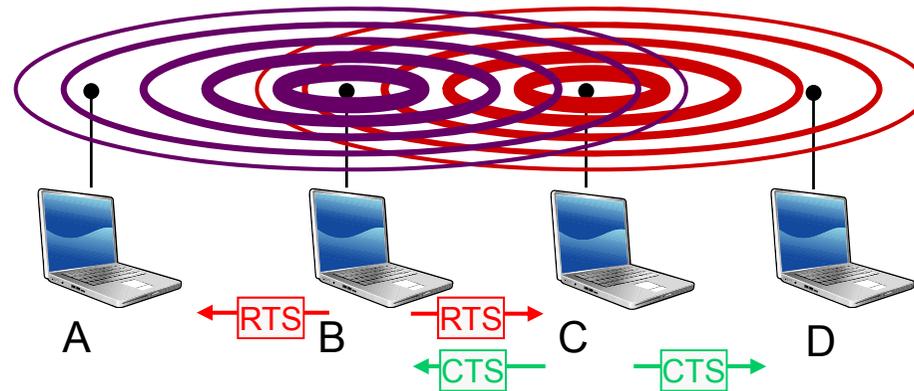
MA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple con prevención de colisión



- B quiere enviar una trama a C
- B comienza por enviar una trama RTS (solicitud de envío) a C
  - Esta trama corta (30 bytes) contiene la longitud de la trama de datos que seguirá posteriormente
- C contesta con una trama CTS (libre para envío)
  - La trama CTS contiene la longitud de datos (copiada de la trama RTS)
- B comienza a transmitir cuando recibe trama CTS

## 5.2.3 CSMA

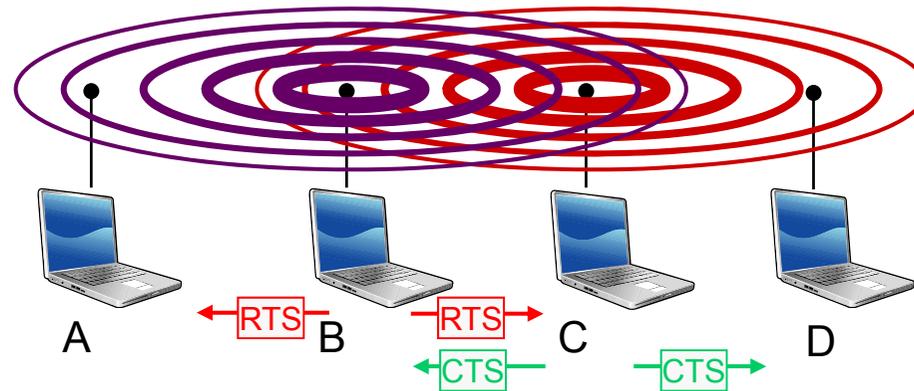
MA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple con prevención de colisión



- Cualquier estación que escuche el RTS, evidentemente, está bastante cerca de B y debe permanecer en silencio durante el tiempo suficiente para que el CTS se transmita de regreso a B sin conflicto
- Cualquier estación que escuche el CTS está bastante cerca de C y debe permanecer en silencio durante la siguiente transmisión de datos, cuya longitud puede determinar examinando la trama CTS

## 5.2.3 CSMA

MA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple con prevención de colisión



- A está en el alcance de B, pero no en el de C
  - Por tanto, escucha el RTS de B pero no el CTS de C
  - Mientras no interfiera con el CTS, está libre para transmitir mientras se está enviando la trama de datos
- En contraste, D está en el alcance de C pero no de B
  - No escucha el RTS pero sí el CTS
  - Al escuchar el CTS se le indica que está cerca de una estación que está a punto de recibir una trama, por lo que retrasa el envío de cualquier cosa hasta el momento en que termine el envío de la trama de B a C

## 5.2.3 CSMA

---

### MA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple con prevención de colisión

- ❑ A pesar de estas precauciones, aun pueden ocurrir colisiones
- ❑ Por ejemplo, A y C pueden enviar tramas RTS a B al mismo tiempo
  - Estas tramas chocarán y se perderán
- ❑ En el caso de una colisión, un emisor sin éxito espera un tiempo aleatorio y reintenta
  - El algoritmo empleado es similar al que vimos para Ethernet (retroceso exponencial binario)

## 5.2.3 CSMA

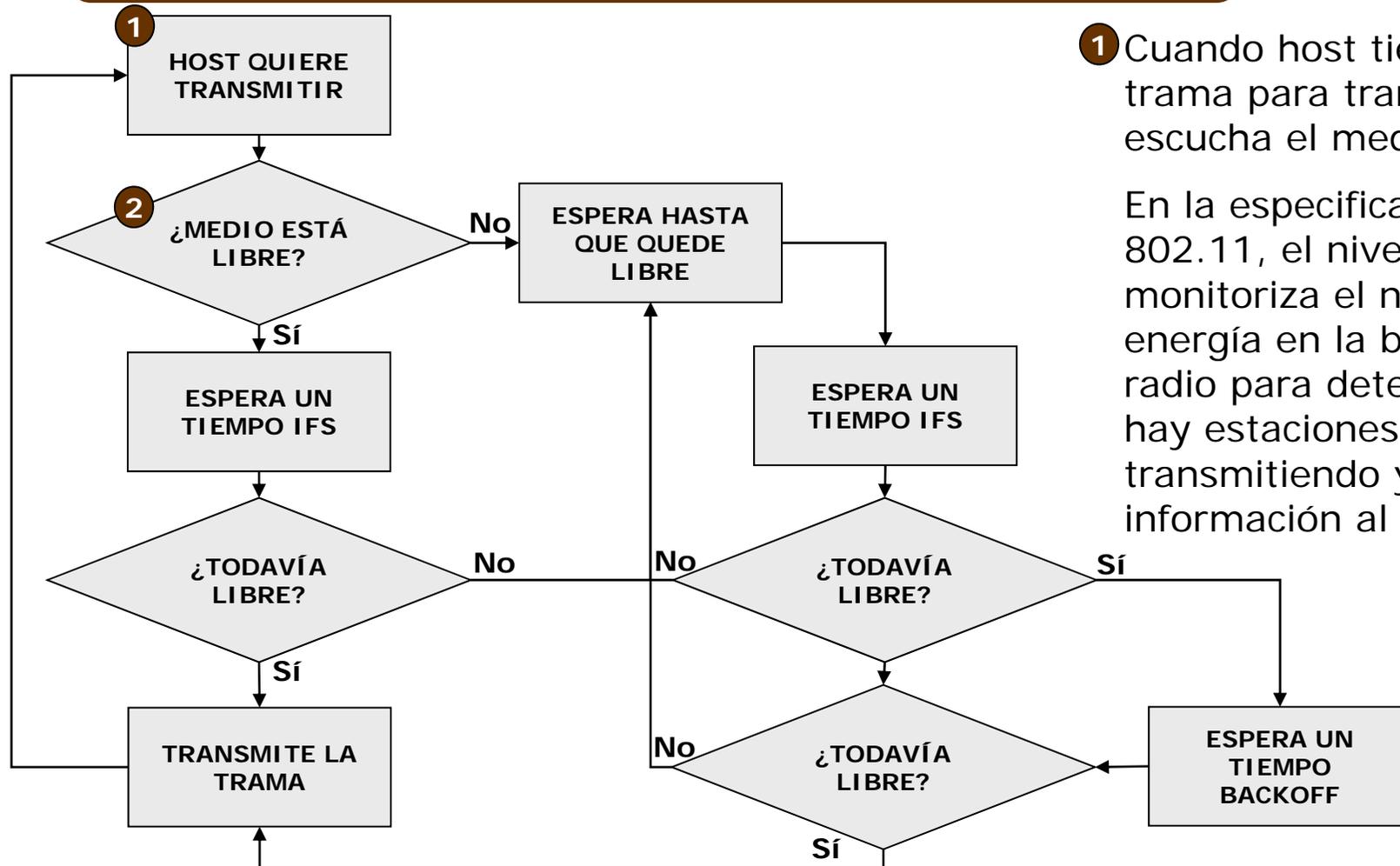
---

### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11

- La norma 802.11 define dos modos de funcionamiento
  - **Funcionamiento DCF (*Distribution Coordination Function*)**
    - Función de coordinación distribuida
    - No utiliza ningún tipo de control central (CSMA/CA)
  - **Funcionamiento PCF (*Point Coordination Function*)**
    - Función de coordinación puntual
    - La estación base se utiliza para controlar toda la actividad de la celda (sondeo)

## 5.2.3 CSMA

### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11

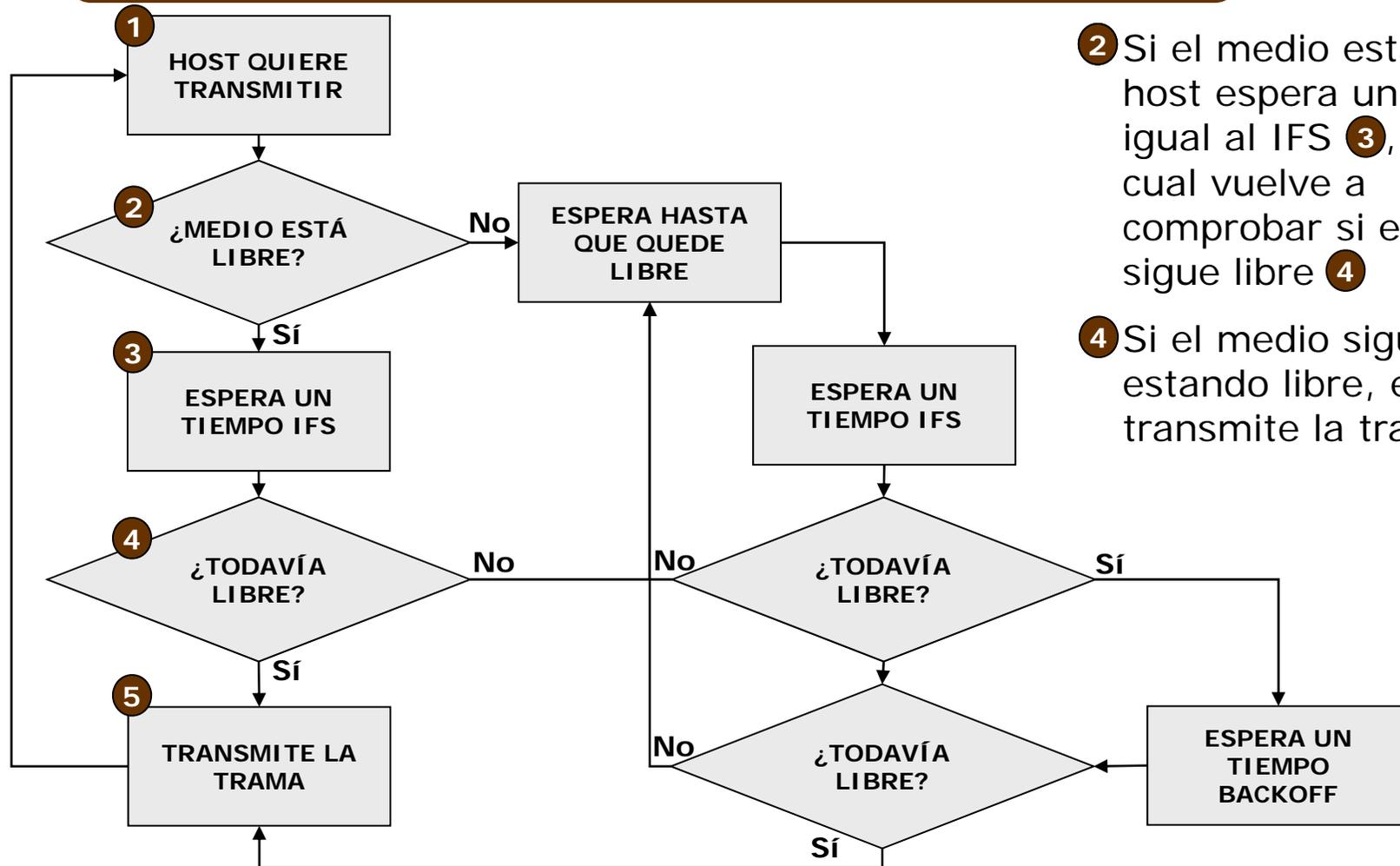


1 Cuando host tiene una trama para transmitir escucha el medio 2

En la especificación 802.11, el nivel físico monitoriza el nivel de energía en la banda de radio para determinar si hay estaciones transmitiendo y envía la información al nivel MAC

## 5.2.3 CSMA

### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11

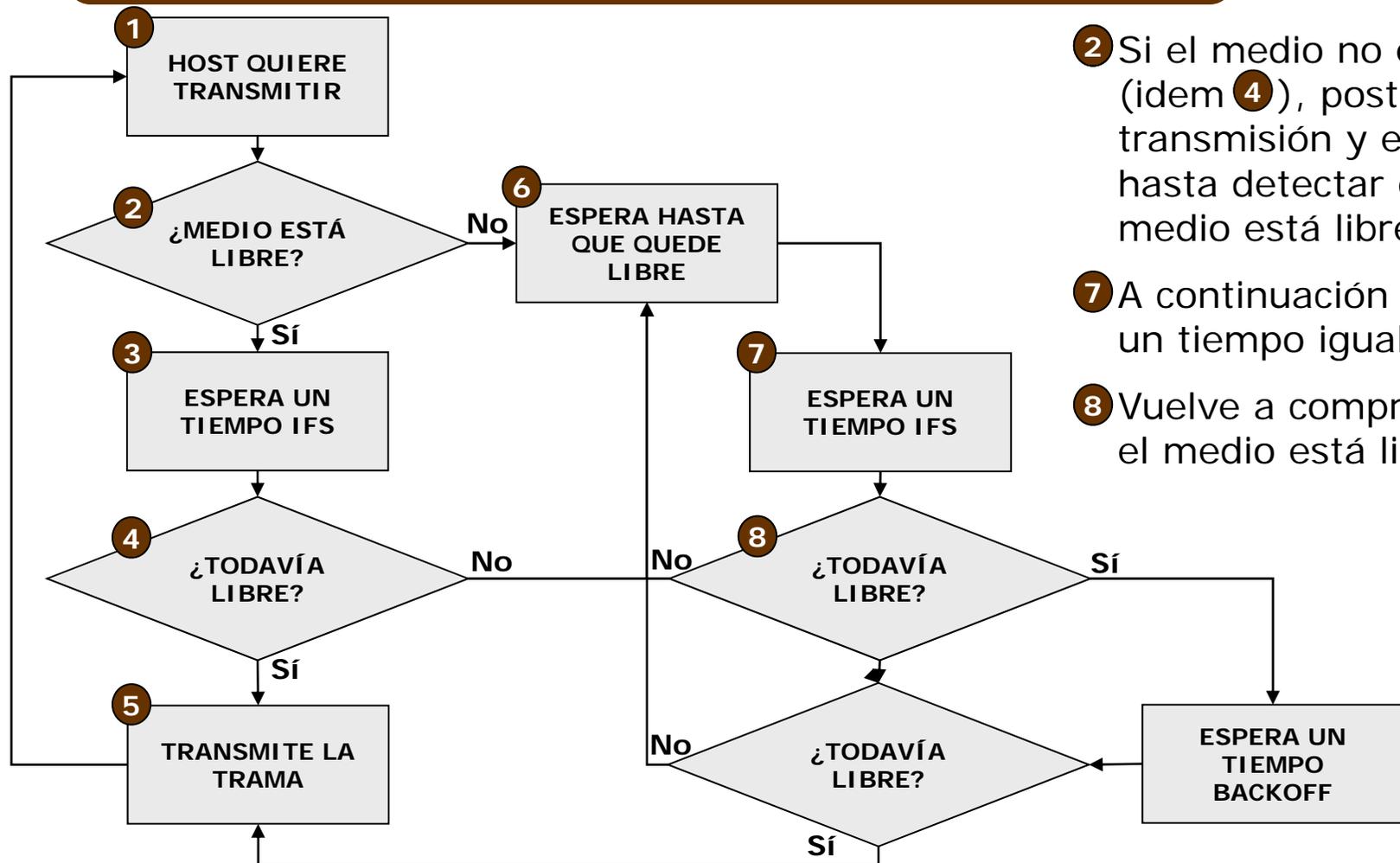


2 Si el medio está libre, el host espera un tiempo igual al IFS 3, tras el cual vuelve a comprobar si el medio sigue libre 4

4 Si el medio sigue estando libre, el host transmite la trama 5

## 5.2.3 CSMA

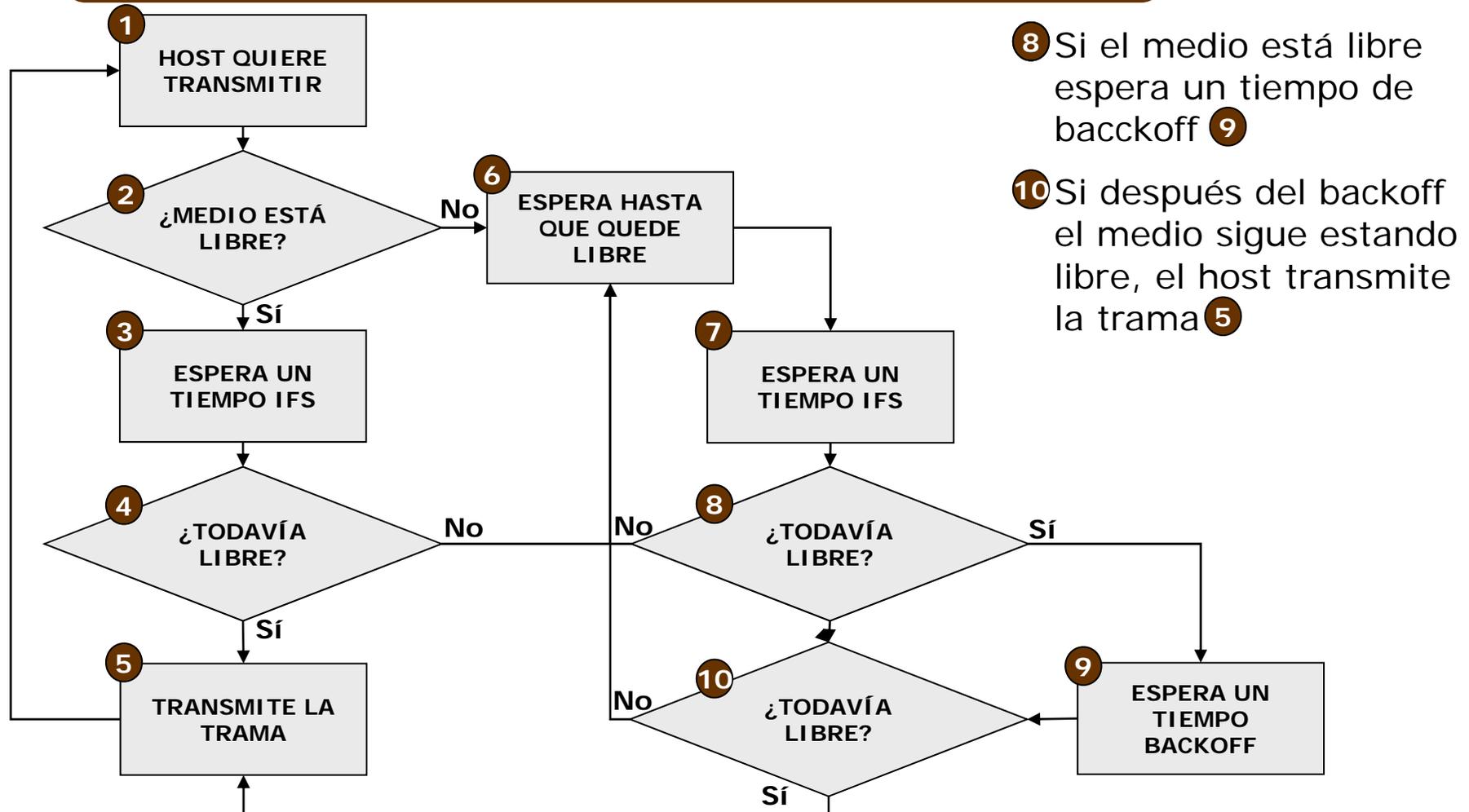
### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11



- 2 Si el medio no está libre (idem 4), posterga la transmisión y espera hasta detectar que el medio está libre 6
- 7 A continuación espera un tiempo igual al IFS
- 8 Vuelve a comprobar si el medio está libre

## 5.2.3 CSMA

### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11



8 Si el medio está libre espera un tiempo de backoff 9

10 Si después del backoff el medio sigue estando libre, el host transmite la trama 5

## 5.2.3 CSMA

---

### CSMA/CA: Mecanismo de control de acceso múltiple en redes IEEE 802.11

- Estación receptora recibe correctamente y completamente la trama, espera un periodo IFS y envía un reconocimiento explícito de la trama al emisor
  - Reconocimiento necesario ya que el emisor de la red inalámbrica no puede determinar si la trama ha sido recibida correctamente, sin colisionar con otras tramas
  - Si el temporizador de ACK lanzado en el emisor termina antes de que el ACK llegue, todo el protocolo se ejecuta de nuevo
  - Igual que en Ethernet, el tiempo de espera adicional sirve para evitar que varias estaciones empiecen a transmitir después de un periodo IFS, con el canal desocupado
- En realidad, existen varios tiempos IFS que veremos en el siguiente bloque de teoría

# Contenidos

---

## 5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

### 1. Protocolos basados en reservas

### 2. Protocolos de acceso aleatorio o contención

#### 1. Aloha ranurado

#### 2. Aloha puro

#### 3. CSMA

### 3. Protocolos basados en turnos

#### 1. Sondeo

#### 2. Protocolos basados en paso de testigo

## 5.3 Protocolos basados en turnos

### Mecanismos de control de acceso al medio

#### Basados en reservas

- Reparto justo y eficiente del canal en cargas
- Ineficiente en cargas bajas (cada usuario consigue R/M bps, aunque sea el único activo)

#### Acceso aleatorio o contención

- Eficiente en cargas bajas (un solo usuario puede disponer de todo el canal)
- Poco eficiente en cargas altas debido a las colisiones

#### Basados en turnos

- Sin colisiones  $\Rightarrow$  cada estación transmite sólo cuando le toca
- Reparto del ancho de banda equitativo entre todas las estaciones activas
- Coste: control de acceso más complejo

# Contenidos

---

## 5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

### 1. Protocolos basados en reservas

### 2. Protocolos de acceso aleatorio o contención

#### 1. Aloha ranurado

#### 2. Aloha puro

#### 3. CSMA

### 3. Protocolos basados en turnos

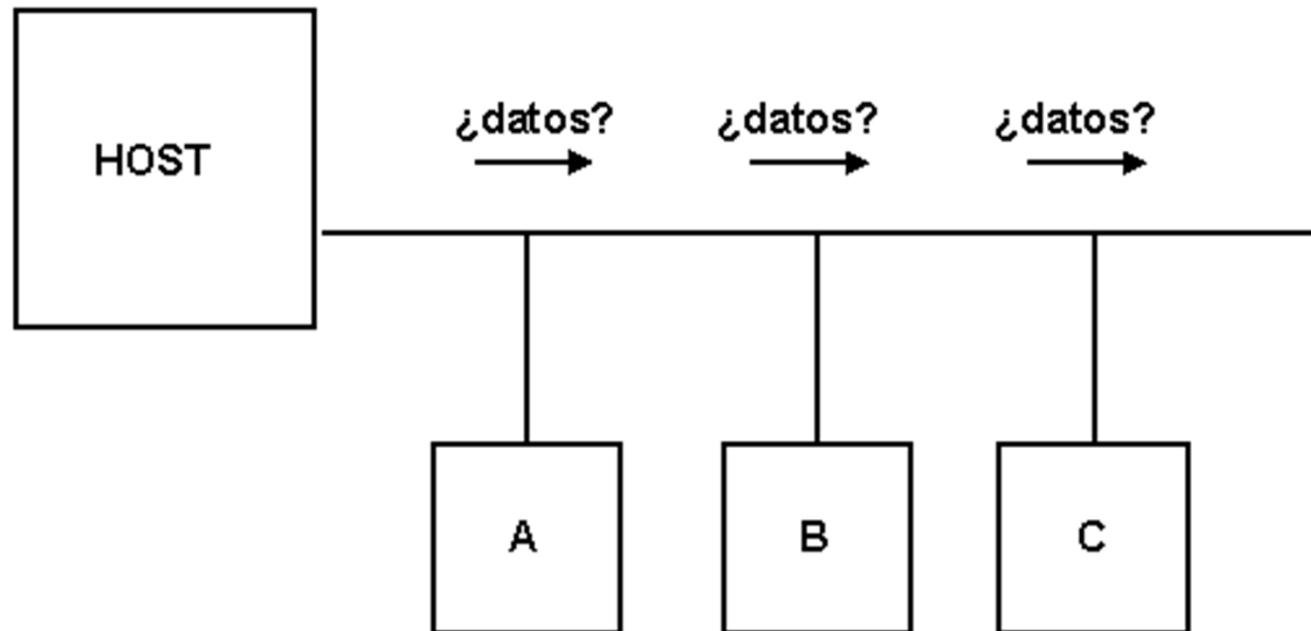
#### 1. Sondeo

#### 2. Protocolos basados en paso de testigo

## 5.3.1 Sondeos

---

- ❑ Es necesario que uno de los nodos de la red se comporte como nodo maestro
- ❑ Nodo maestro sondea a cada uno de los nodos siguiendo un orden *round-robin* (cíclico)

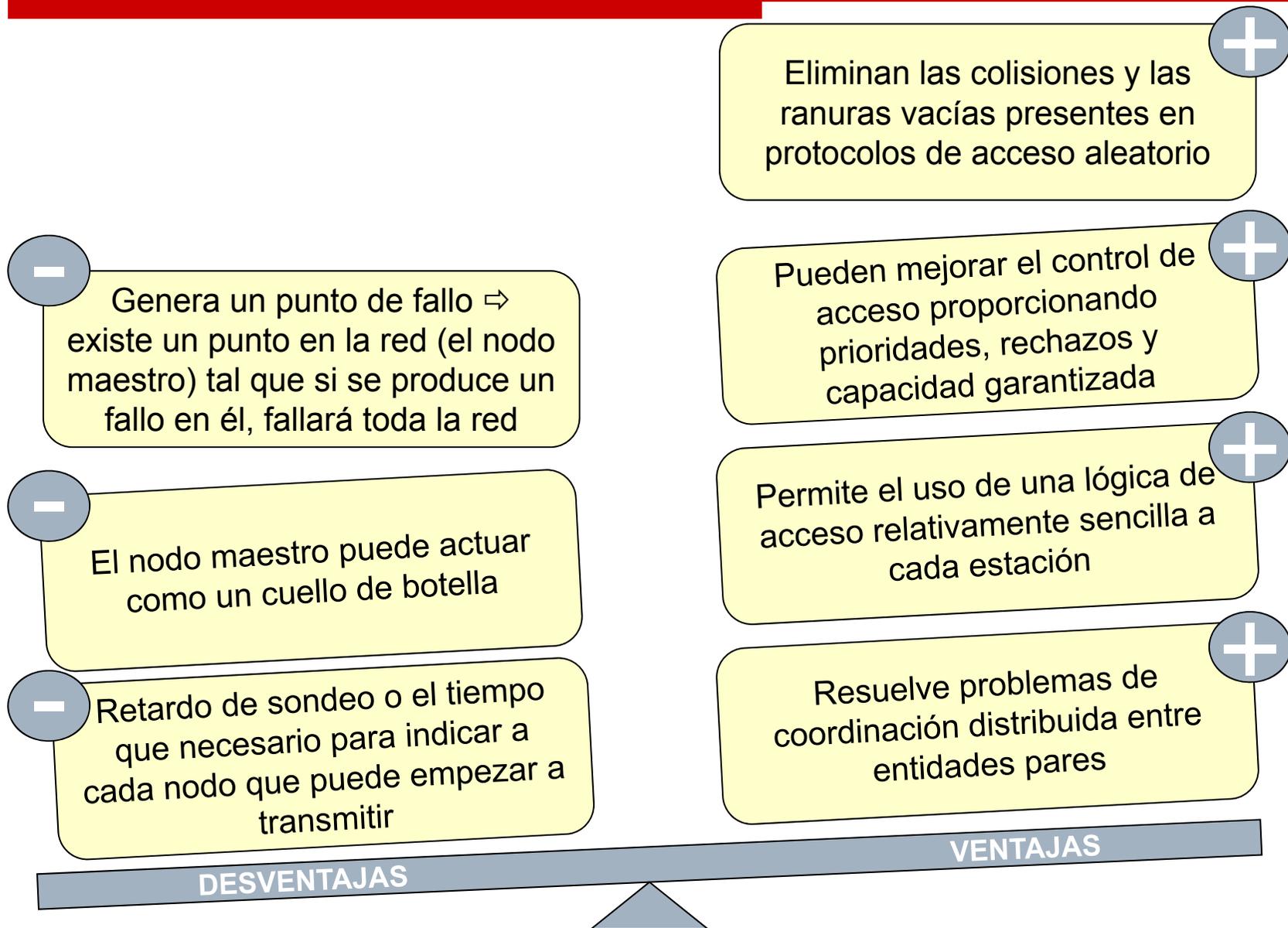


## 5.3.1 Sondeos

---

- Sondeo *round-robin*:
  - El nodo maestro envía un mensaje al nodo 1, indicándole que puede transmitir un determinado número de tramas
  - Cuando el nodo 1 termine, el nodo maestro envía un segundo mensaje al nodo 2, indicándole el número de tramas que puede enviar
  - El nodo maestro puede determinar cuando un nodo finaliza con su transmisión verificando la ausencia de señal en el canal
  - El proceso continua, de forma que el nodo maestro va sondeando a todos los demás nodos de forma cíclica
- Es un protocolo **centralizado**: uno de los nodos actúa como controlador, mientras que los demás deben esperar hasta que el controlador le conceda permiso para transmitir
- Ejemplo: IEEE 802.11 Función PCF

## 5.3.1 Sondeos



# Contenidos

---

## 5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

### 1. Protocolos basados en reservas

### 2. Protocolos de acceso aleatorio o contención

#### 1. Aloha ranurado

#### 2. Aloha puro

#### 3. CSMA

### 3. Protocolos basados en turnos

#### 1. Sondeo

#### 2. Protocolos basados en paso de testigo

## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

---

- En este tipo de protocolos ya no es necesaria la presencia de un nodo maestro
  - Se necesita una pequeña trama especial de control denominada **testigo** (*token*)
  - El testigo se intercambia entre los nodos en un determinado orden
  - EL testigo es el que otorga la potestad para transmitir
  - Cuando un nodo recibe el testigo
    - Lo saca del canal sólo si tiene algo que transmitir
    - De lo contrario, reenvía el testigo al nodo siguiente
    - Cuando un nodo tiene tramas que enviar y recibe el testigo podrá enviar hasta un número de tramas máximo y a continuación reenviará el testigo

## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

---

- A pesar de ser protocolos descentralizados y con una alta eficiencia también tienen problemas
  - El fallo en uno de los nodos puede hacer que caiga todo el sistema
  - Es necesario introducir procedimientos de mantenimiento del testigo: tanto la pérdida del testigo como su duplicidad pueden hacer que el canal deje de ser operativo

## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)

Cuando una estación desea transmitir debe esperar a que le llegue el testigo

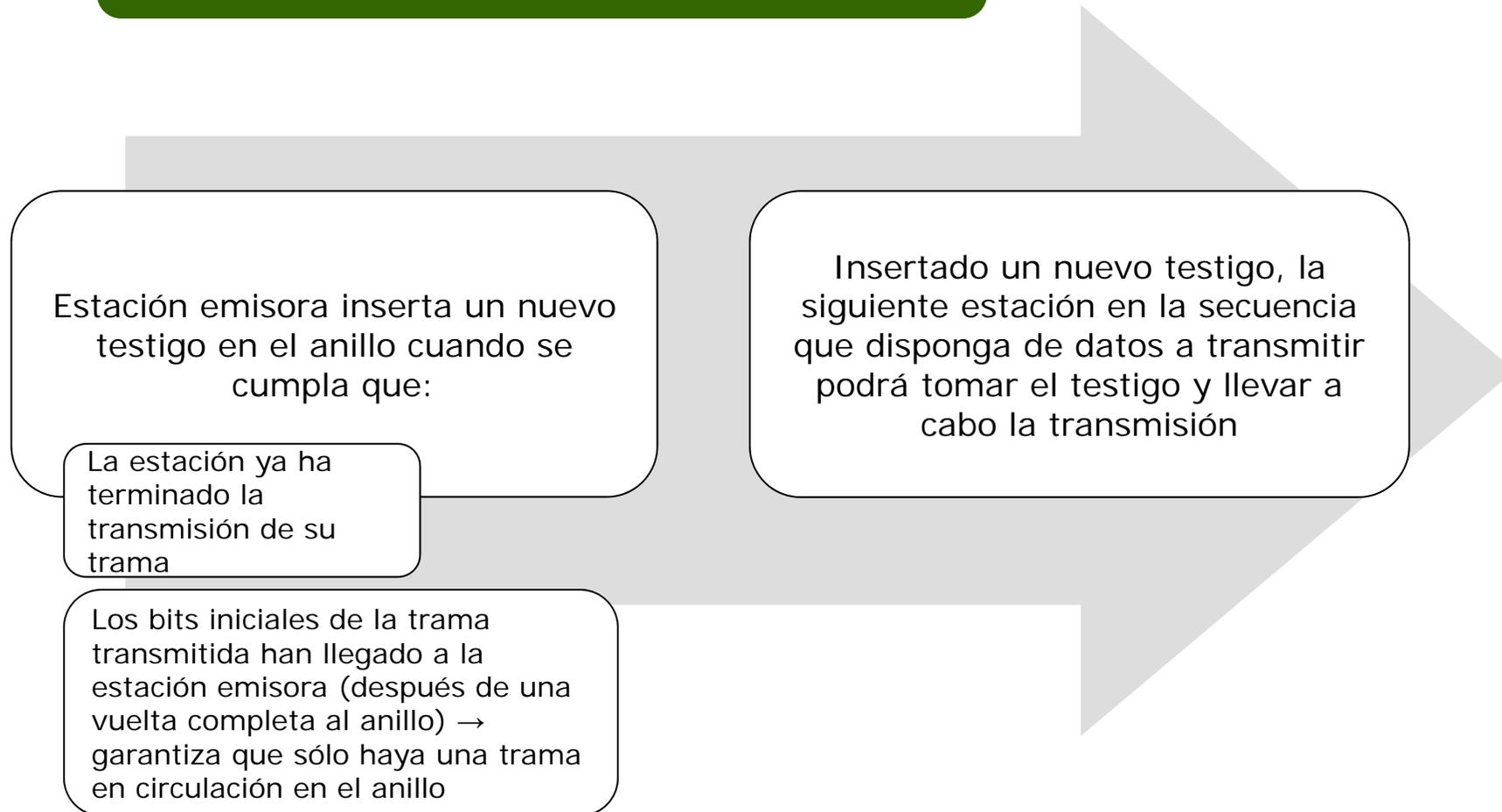
Recoge el testigo cambiando uno de sus bits → convierte token en trama de datos

La estación añade y transmite el resto de los campos necesarios para construcción de la trama

La trama viaja por el anillo hasta llegar a la estación emisora que la "absorbe" (elimina)

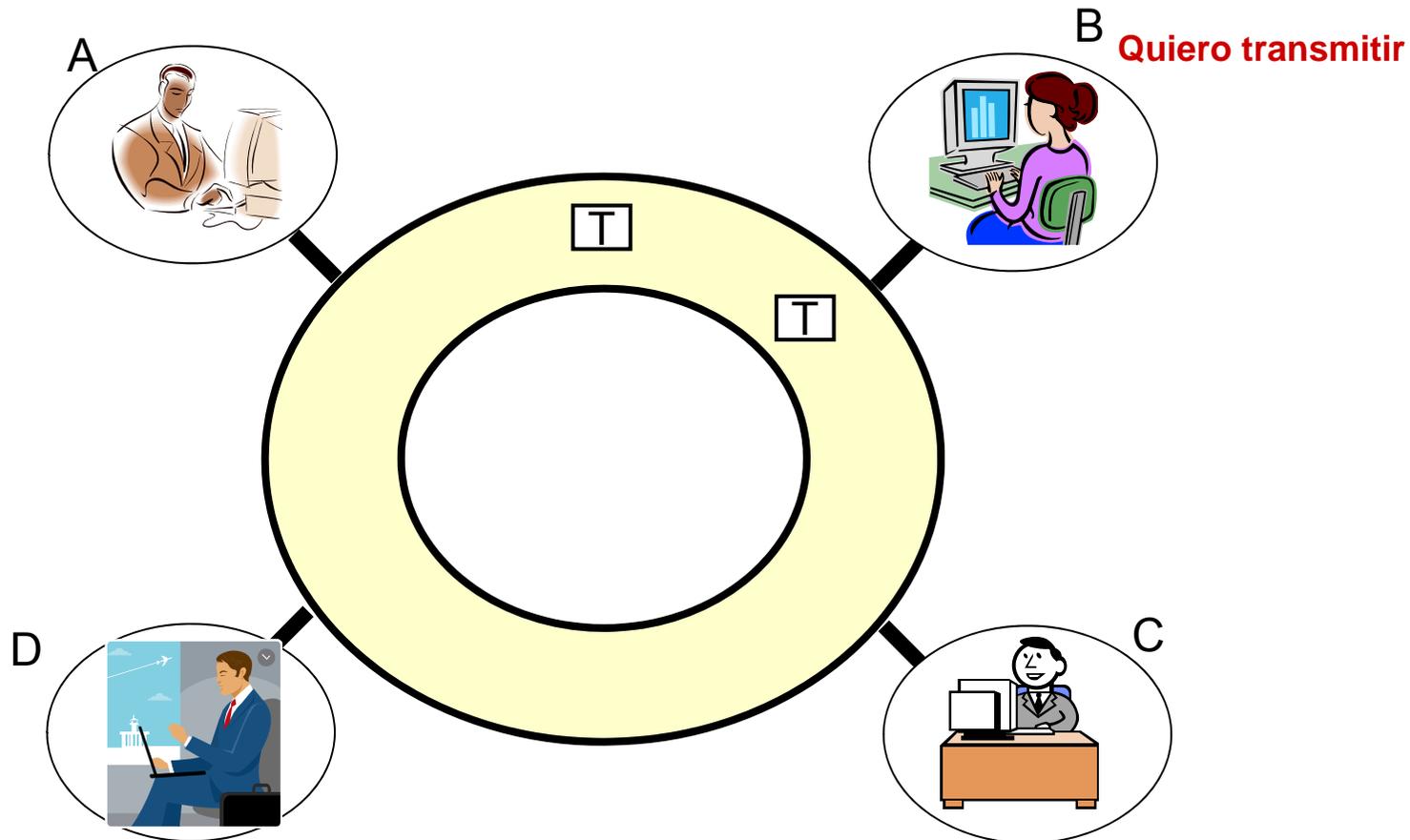
## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



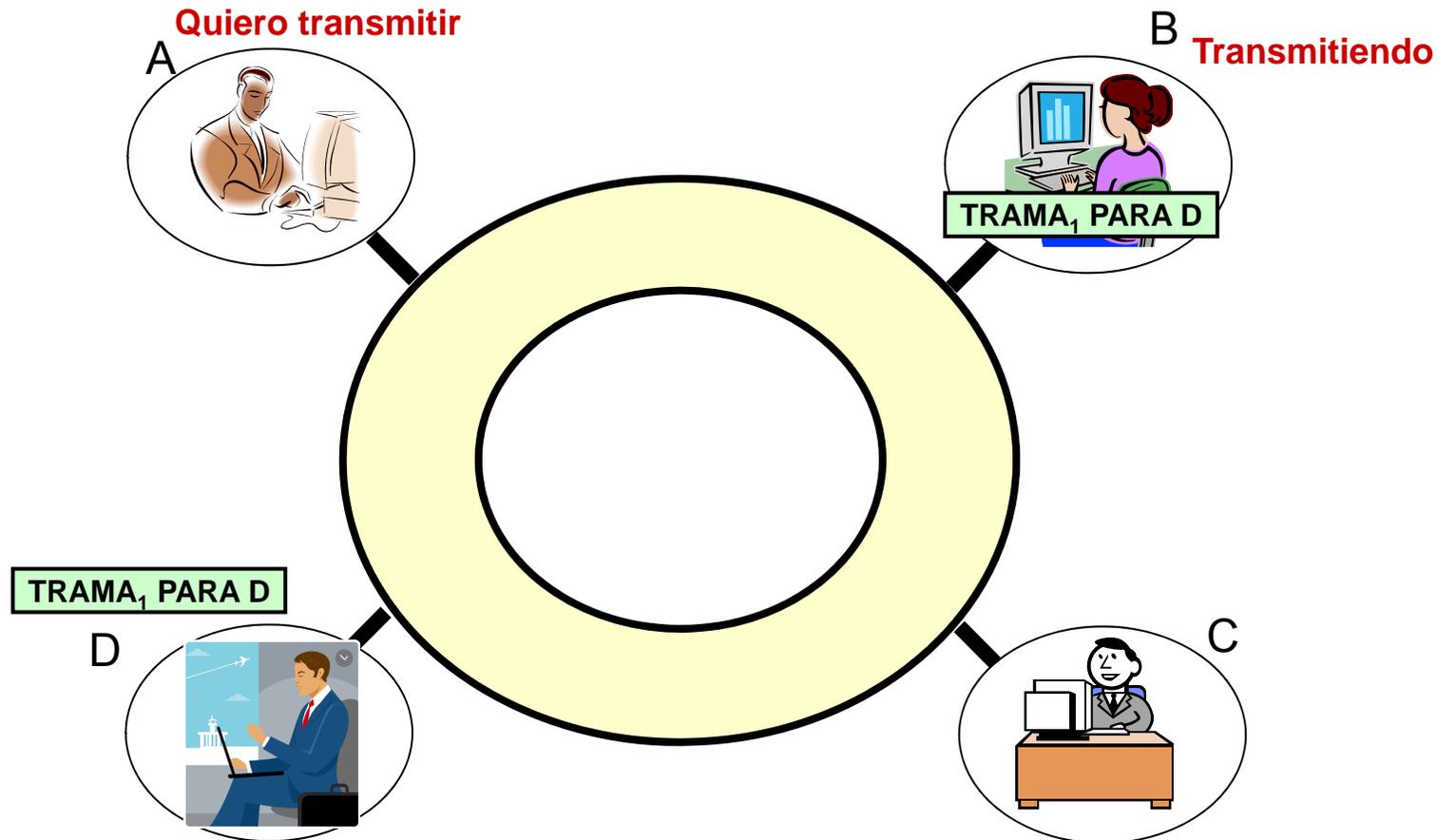
## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



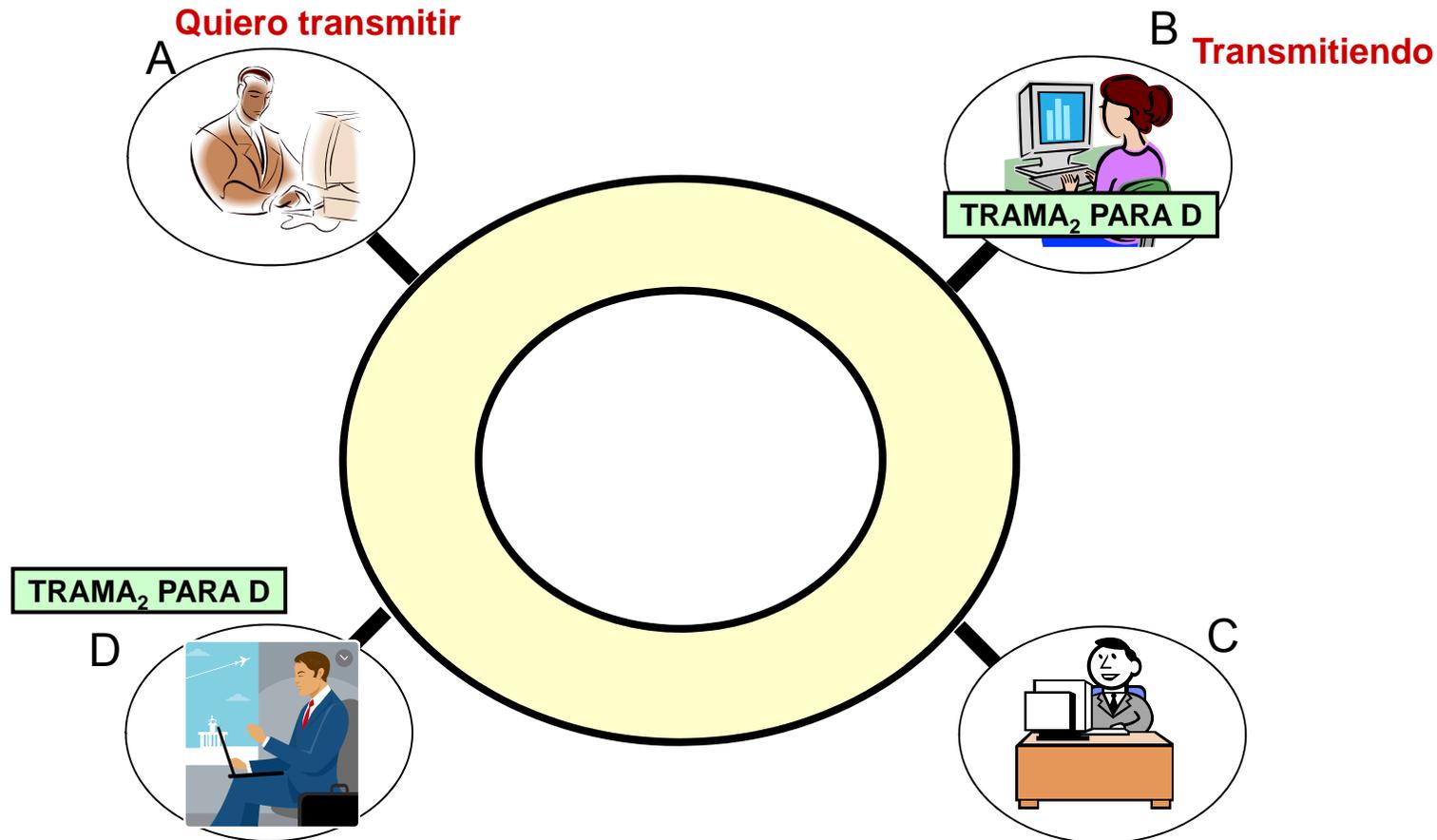
## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



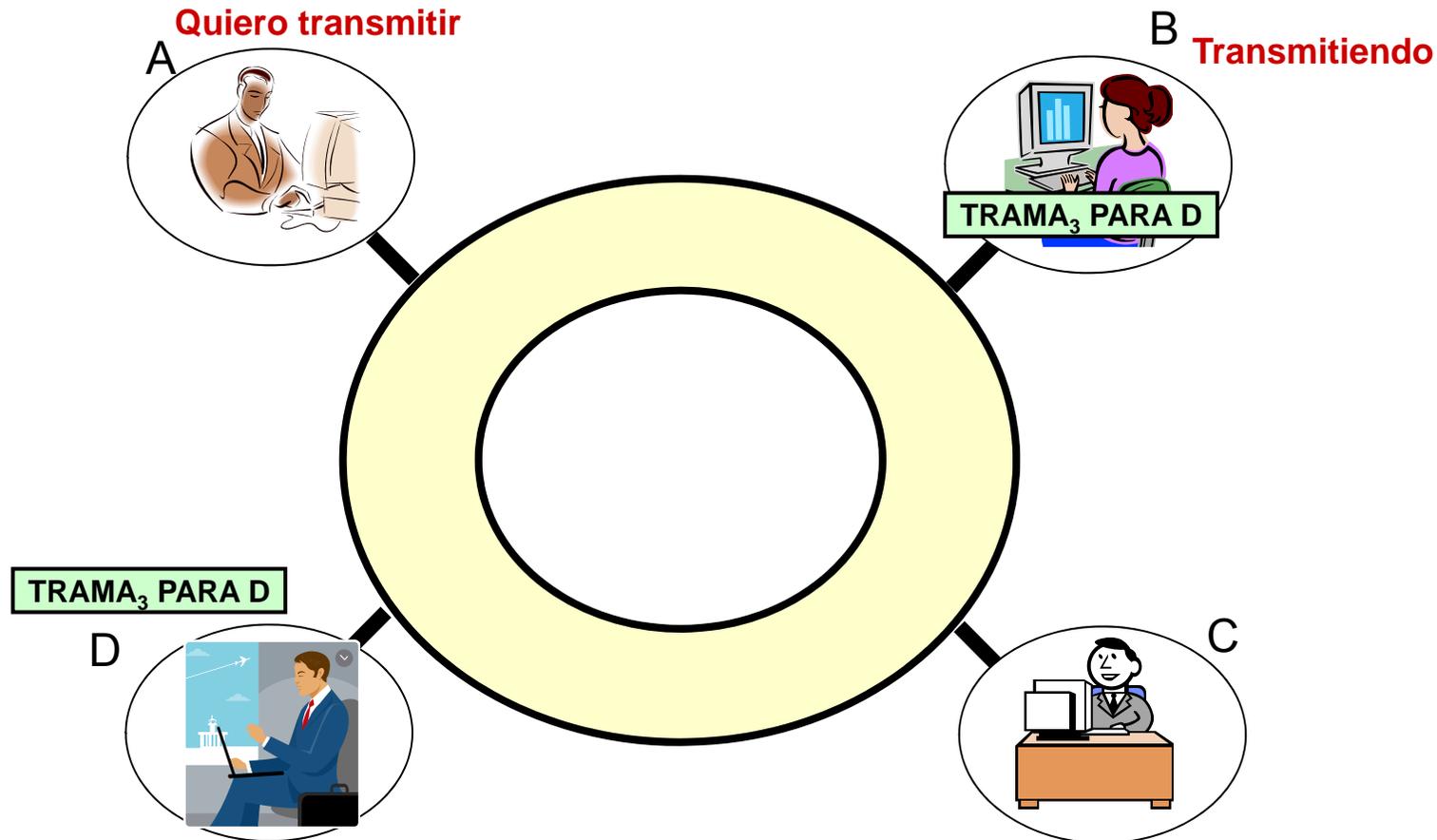
## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



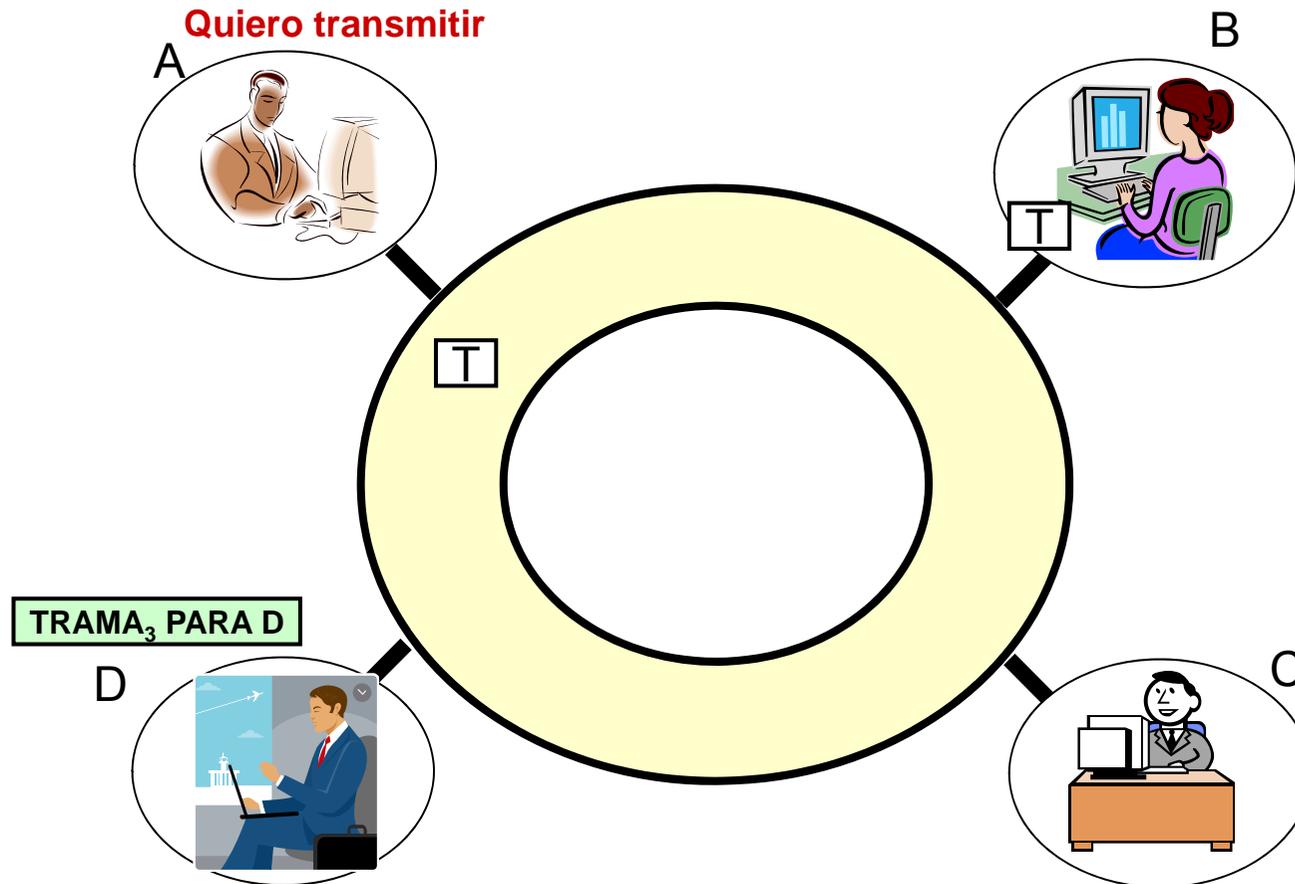
## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)



## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

---

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)

- ❑ En condiciones de carga baja, el anillo con paso de testigo presenta cierta ineficiencia debido a que una estación debe esperar a recibir el testigo antes de transmitir
- ❑ Sin embargo, en cargas altas (situación más conflictiva) el anillo funciona como un sistema *round-robin*, que es eficiente además de equitativo, al menos en el caso más sencillo
- ❑ El esquema puede variarse para que incluya prioridades o servicios de reserva de ancho de banda

## 5.3.2 Protocolos basados en paso de testigo

---

### Mecanismo de control de acceso en las redes Token Ring (IEEE 802.5)

- ❑ En cuanto al mantenimiento del testigo, se ha optado por seleccionar una estación como monitora para asegurar que sólo hay un testigo en el anillo y para reinsertar un testigo libre en caso de que sea necesario
- ❑ Si la estación monitora falla, otra de las estaciones es elegida rápidamente como monitora, de acuerdo con un protocolo de contienda, que consiste en enviar una trama CLAIM TOKEN
- ❑ Si esta trama da una vuelta completa sin que se pongan otras tramas CLAIM TOKEN en el anillo, la estación que la envía se convierte en monitora
- ❑ Mientras la estación monitora esté operativa, es la única responsable de que el anillo funcione correctamente

# Próximo día

---

1. Introducción
  1. Funciones de un protocolo de enlace de datos
2. Entramado
  1. Protocolos orientados a carácter
  2. Protocolos orientados a bit
3. Corrección de errores
  1. Códigos de control de errores
  2. Códigos polinómicos
4. Técnicas de control de flujo y protocolos de control de errores

# Próximo día

---

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio
  1. Protocolos basados en reservas
  2. Protocolos de acceso aleatorio o contención
    1. Aloha ranurado
    2. Aloha puro
    3. CSMA
  3. Protocolos basados en turnos
    1. Sondeo
    2. Protocolos basados en paso de testigo

# Próximo día

---

5. Protocolos de Control de Acceso al Medio

**6. Direccionamiento**

7. Hubs, Puentes y Conmutadores

8. Protocolo STP