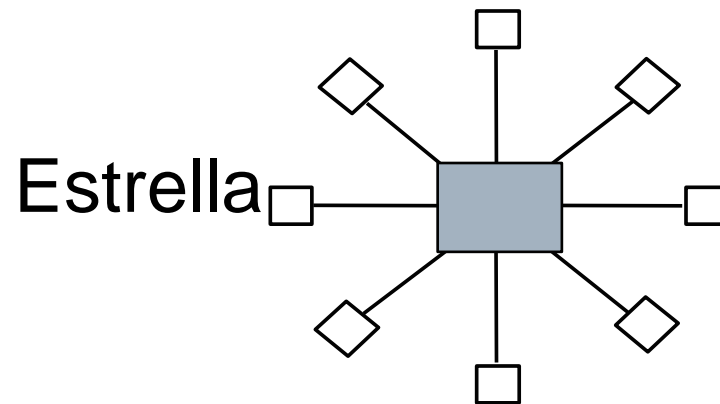
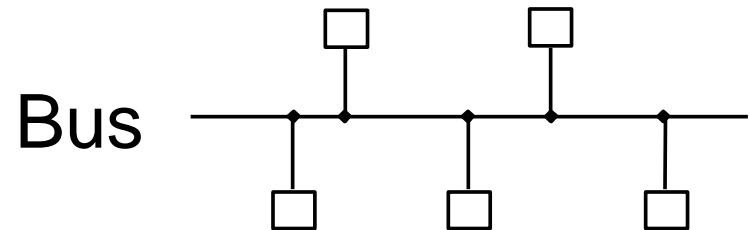
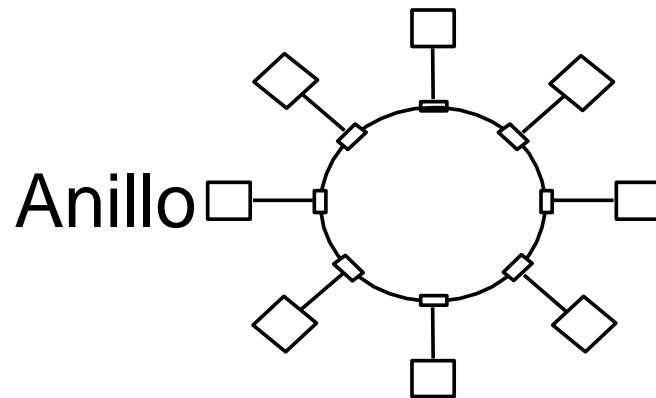


# Tema 4

Redes LAN

## Principales topologías de las redes LAN



	<i><b>VENTAJAS</b></i>	<i><b>INCONVENIENTES</b></i>
ANILLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El acceso a la red está asegurado en un tiempo máximo definido (<b>determinista</b>).</li> <li>- Simplificación de la confirmación de tramas.</li> <li>- Buen comportamiento ante situaciones de alto tráfico.</li> <li>- Permite políticas de priorización de tramas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El fallo en uno de los nodos supone el colapso de la red.</li> <li>- La incorporación de nuevos nodos no es sencilla, precisa de un diseño de conexión adecuado.</li> </ul>
BUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la interfaz no afecta a otros nodos.</li> <li>- Sencilla inserción de nuevas estaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El mecanismo de control de acceso al medio (MAC) resulta complejo para garantizar un tiempo de acceso determinado.</li> <li>- La rotura del bus puede bloquear el tráfico incomunicando los nodos.</li> <li>- Bajo rendimiento cuando el tráfico es intenso.</li> </ul>
ESTRELLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil inserción de nuevos elementos.</li> <li>- Alta seguridad.</li> <li>- Fácil detección de nodos con fallos. <i>Y si el nodo central es activo...</i></li> <li>- Posibilidad de múltiples protocolos.</li> <li>- Posibilidad de priorizar de tramas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un fallo en el nodo central bloquea las comunicaciones.</li> <li>- Si el nodo es activo se retrasa el tráfico.</li> <li>- Las ampliaciones están sujetas a la capacidad del nodo central, si la exceden aumentan mucho los costes.</li> </ul>

## Asignación estática del canal:

- Usando FDM o TDM (división por anchos de banda o por intervalos de tiempo).
- Ineficiente e inflexible.

## Asignación dinámica del canal:

### Se basan en un modelo que cumple:

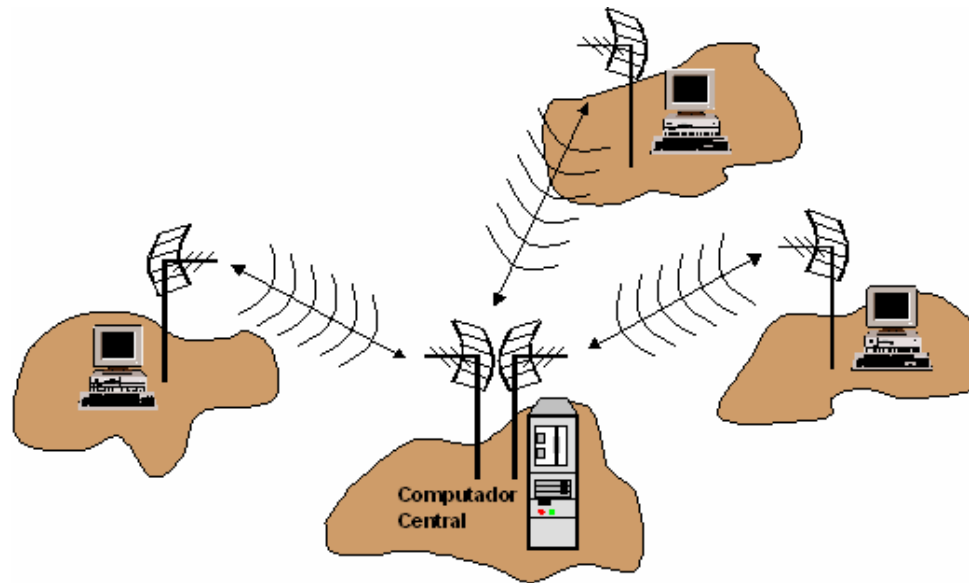
- Los nodos con estaciones que emiten sus tramas a un ritmo dado con independencia las unas de las otras.
- Existe un único canal compartido por todas las estaciones.
- Si dos nodos intentan transmitir el mismo tiempo se produce una “colisión”, es decir, una señal en el canal de trama errónea, detectable por todas las estaciones, y que implica la necesidad de retransmitir las tramas.

Los hay de contienda, sin colisión y de contienda limitada.

## La red ALOHA:

Desarrollado en la Universidad de Hawai en la década de los 70

Objetivo: permitir las comunicaciones entre las estaciones y el computador central



## Protocolo MAC de la red ALOHA

- Las estaciones periféricas transmiten cuando **quieren**.
- Cuando el computador central recibe una trama correcta envía una **confirmación**.
- Si la estación emisora no recibe esta confirmación dentro de un intervalo de tiempo dado (vencimiento), se entiende que la trama ha sufrido una **colisión**.
- Cuando transcurre el **tiempo de vencimiento**, es necesario retransmitir la trama colisionada. En este caso, las estaciones que sufrieron la colisión deben dejar transcurrir un **intervalo aleatorio** de tiempo adicional antes de la retransmisión.

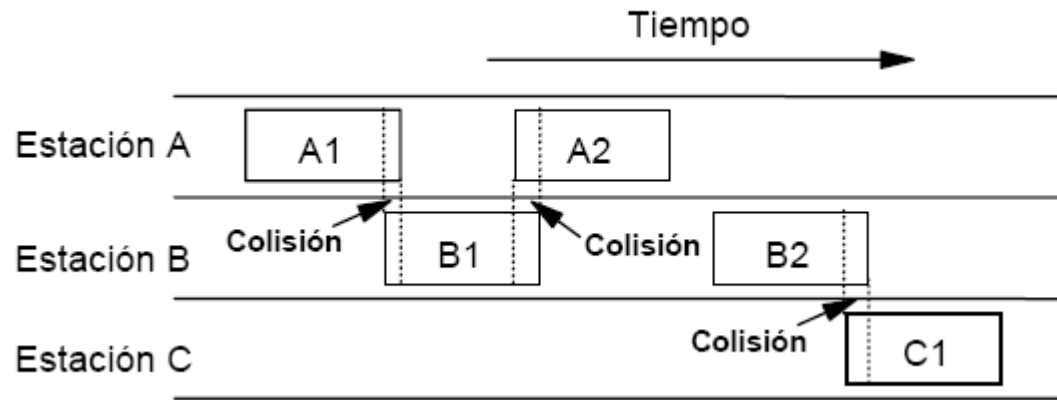
## El problema de los retardos

Debido a las distancias, los retardos de propagación pueden llegar a ser de varios milisegundos.

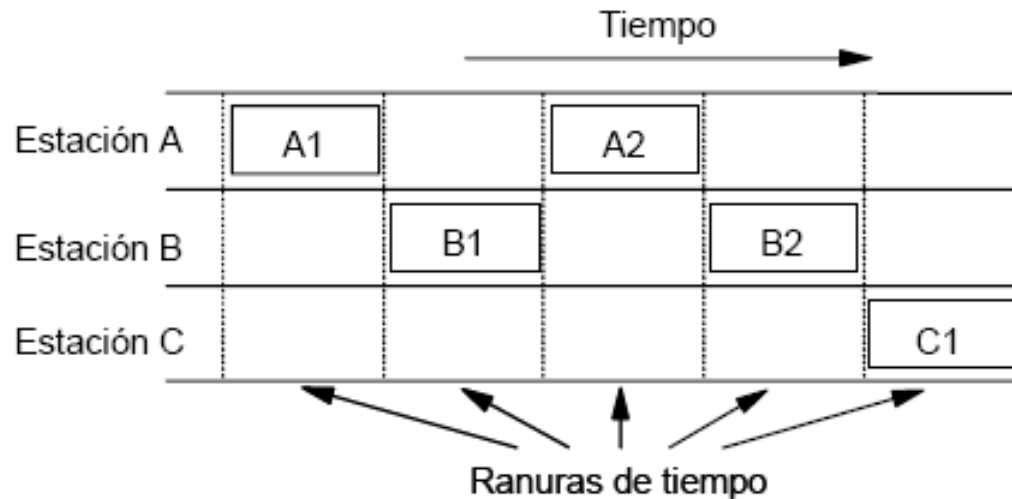
El tiempo que es necesario esperar para saber si una trama colisionó y así retransmitirla es considerable, reduciendo el rendimiento del protocolo

## Versiones del protocolo ALOHA:

ALOHA puro (eficiencia del 18%)



ALOHA ranurado (eficiencia del 37%)



**Protocolo CSMA:** Carrier Sense Multiple Access (acceso múltiple con detección de portadora)  
Mejora con respecto al protocolo ALOHA: **detección de portadora**

Una estación de la red, antes de transmitir, escucha el canal:

1. Si el canal está **libre**, entonces **transmite**.

Si transcurrido un tiempo determinado el emisor no recibe confirmación, entonces se supone que la trama ha sufrido una colisión.

En caso de colisión hay que esperar un tiempo aleatorio para reintentar transmitir la trama.

2. Si el canal está **ocupado**, entonces se **espera** a que quede libre. En cuanto quede libre...



En cuanto quede libre...

**No persistente** : Espera un tiempo aleatorio antes de intentar la transmisión.

**1-persistente** : La estación transmite en cuanto se puede, sin esperar.

Si hay dos o más estaciones a la espera de que el canal quede libre para empezar a transmitir, éstas sufrirán una colisión con toda seguridad

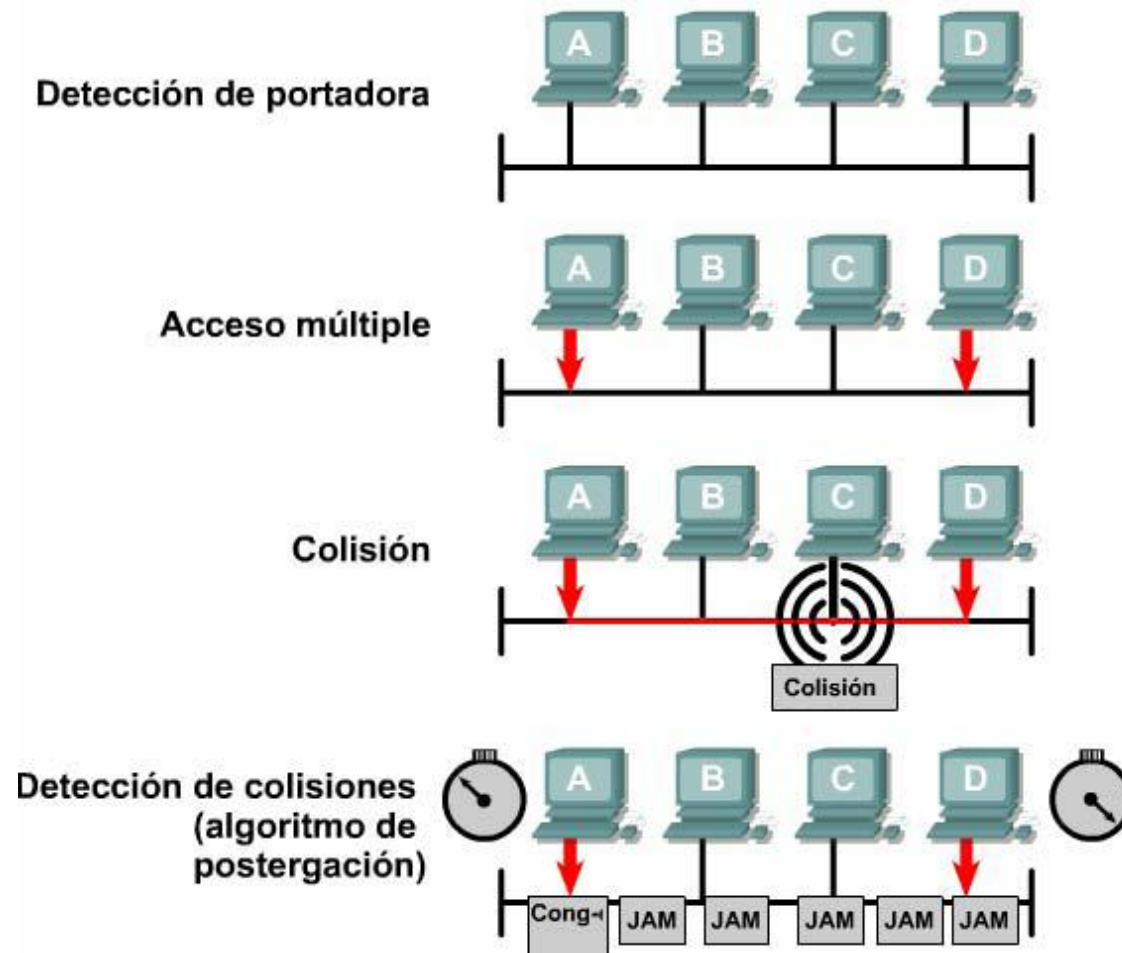
**P-persistente**: Con probabilidad  $(1-p)$  espera un tiempo aleatorio antes de transmitir.

Con probabilidad  $p$  transmite en cuando se puede.

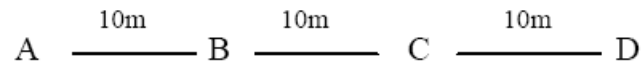
En caso de **colisión, en todos los tipos (1-persistente, p-persistente, y no persistente)**, se **espera un tiempo aleatorio** antes de intentar retransmitir la trama

**CSMA/CD** : Añade detección temprana de colisión, esperando un tiempo aleatorio para la retransmisión.

**CSMA/CA** : Se centra en evitar colisiones cuando el alcance de las estaciones depende de la distancia.



Supongamos cuatro ordenadores A, B, C y D situados en línea y separados 10 metros cada uno del siguiente:



Supongamos también que el alcance máximo de cada uno de ellos es de 12 metros.

Ahora imaginemos que implementamos un protocolo CSMA para su comunicación; la secuencia de sucesos para transmitir una trama podría ser la siguiente:

1. A desea transmitir datos a B; al detectar el medio lo encuentra libre y empieza la transmisión.
2. Con A transmitiendo C desea transmitir datos hacia B; detecta el medio y lo encuentra libre (C no escucha a A pues esta a 20m de distancia), por tanto C empieza a transmitir.

El resultado es una colisión en el receptor (B) que no es detectada ni por A ni por C. Esto se conoce como el *problema de la estación oculta*.

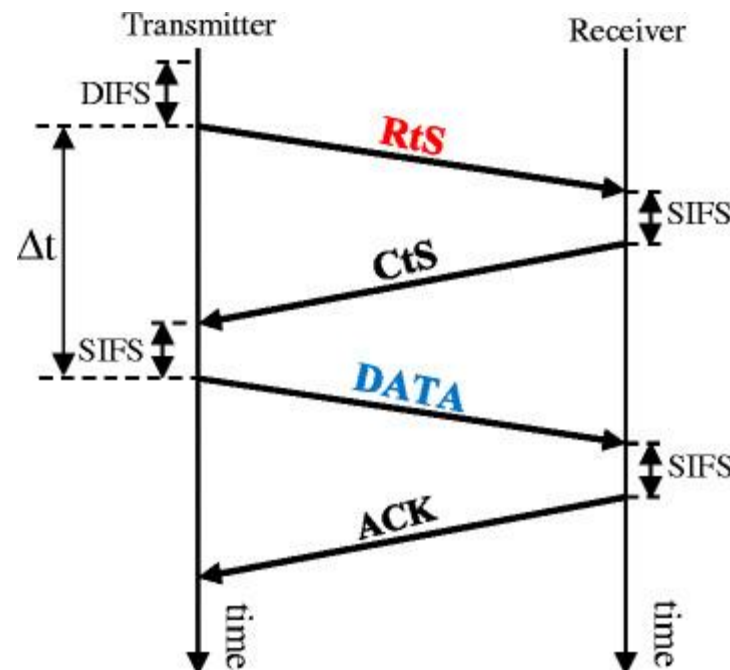
Imaginemos ahora la misma distribución de estaciones y otra secuencia de sucesos:

1. B desea transmitir datos hacia A, detecta el medio libre e inicia la transmisión.
2. A continuación C desea transmitir datos hacia D; como detecta que B está transmitiendo se espera a que termine para evitar una colisión.

El resultado es que una transmisión que en principio podría haberse hecho sin interferencias (ya que A no puede escuchar a C y D no puede escuchar a B) no se lleva a cabo, reduciendo así la eficiencia del sistema. Esto se conoce como el *problema de la estación expuesta*.

MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) es el protocolo MAC que ha servido de base para el estándar IEEE 802.11 que es el que especifica el funcionamiento de LANs inalámbricas. MACA resuelve los dos problemas antes mencionados de la siguiente forma:

1. Cuando una estación tiene una trama que transmitir antes de enviarla envía una trama pequeña de aviso (de 30 bytes) denominada RTS (Request To Send). La trama RTS contiene información sobre la longitud de la trama que se pretende transmitir y la estación de destino.
2. Al recibir la trama RTS la estación de destino, si está en condiciones de recibir la transmisión, responde con otra trama denominada CTS (Clear To Send). La trama CTS también indica la longitud de la trama que se va a recibir.



Ahora apliquemos este protocolo al caso de la estación oculta para ver que ocurre:

1. A transmite una trama RTS a B indicando la longitud de trama que desea enviarle.
2. B responde con una trama CTS que también especifica la longitud de la trama. En este momento C capta la respuesta de B, por lo que se percata de que va a tener lugar una transmisión en la que B actuará de receptor y sabe que deberá permanecer en silencio durante el tiempo que dure la transmisión (C sabe lo que durará pues conoce la longitud de la trama y la velocidad de la red).
3. A envía a B la trama correspondiente.

En el caso de la estación expuesta ocurriría lo siguiente:

1. B transmite a A una trama RTS indicando que quiere enviarle datos. En ese momento C se entera de las intenciones de B.
2. A devuelve a B una trama CTS. Entretanto C, que ha captado el RTS pero no el correspondiente CTS, comprende que aunque detecta que B está transmitiendo el destinatario está fuera de su alcance, por lo que puede comunicar con D cuando quiera, sin esperar a que B termine.

**1) (ALUMNOS PARES)** En un radioenlace por microondas, la relación señal-ruido en el receptor (SNR) es de 3dB. El ruido se estima en torno a los 14 mW. La atenuación en el aire es de 0.48 dB/km a 12 GHz, que es la frecuencia utilizada. El ancho de banda es de 2,5 GHz. Si La Señal se emite con una potencia de 10W. ¿A qué distancia puedo comunicar? ¿Cuál sería la velocidad máxima de transmisión?

**2) (ALUMNOS IMPARES)** Se desea transmitir la trama 1101010110 usando el polinomio  $x^5+x^4+x^2+1$  (110101). ¿Cuál sería la trama realmente transmitida?

# Problemas

1) En un radioenlace por microondas, la relación señal-ruido en el receptor (SNR) es de 3dB. El ruido se estima en torno a los 14 mW. La atenuación en el aire es de 0.48 dB/km a 12 GHz, que es la frecuencia utilizada. El ancho de banda es de 2,5 GHz. Si La Señal se emite con una potencia de 10W. ¿A qué distancia puedo comunicar? ¿Cuál sería la velocidad máxima de transmisión?

$$3 = 10 \cdot \log(s_w / N_w) \Rightarrow s_w / N_w = 10^{3/10} = 1.995$$

$$s_w = 1.995 N_w = 1.995 \cdot 0.014 = 0.0279 W$$

$$s_{dB} = 10 \cdot \log(0.0279) = -15.54 dB$$

$$S_{dB} = 10 \cdot \log(10) = 10 dB$$

$$Atn = S_{dB} - s_{dB} = 10 - (-15.54) = 25.54 dB$$

$$d = Atn / atn km = 25.54 / 0.48 = 53.21 km$$

$$C = W \cdot \log_2(1 + s / N) = 2.5 \cdot \log_2(1 + 1.995) = 3.956 Gbps$$

## Protocolos de paso de testigo

Se utiliza una trama con un formato especial, llamada **testigo**,

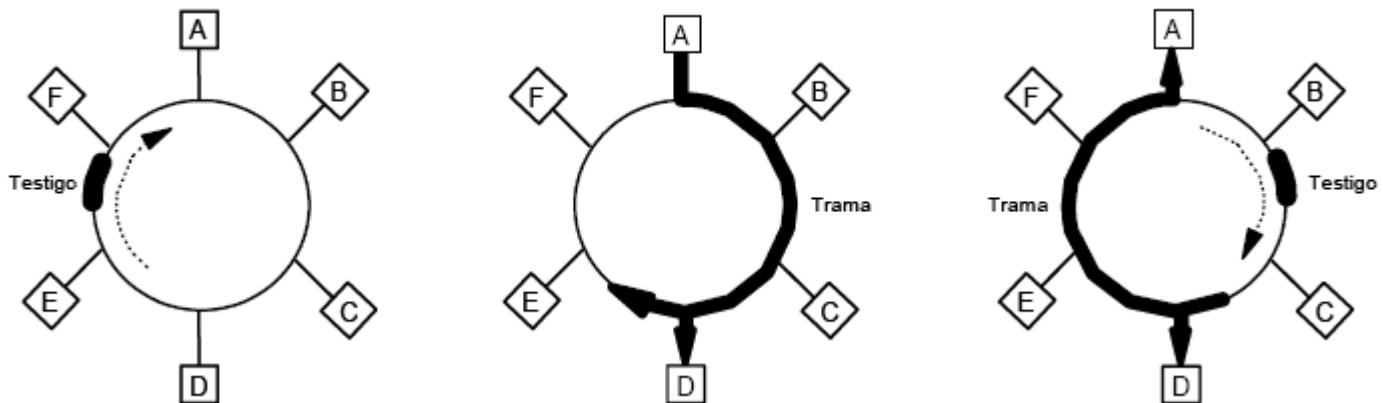
Esta trama va pasando de una estación a otra de forma **rotatoria**.

Cuando una estación desea transmitir debe esperar a recibir el testigo

Cuando lo tiene, puede transmitir, y sólo puede ella (sin colisiones).

El tiempo de posesión del testigo está limitado → **DETERMINISMO**

Ejemplo: **token ring** (paso de testigo en anillo) o **token bus**.





Suelen utilizarse cuando se trabaja con tiempo **ranurado**.

Cuando una estación quiere transmitir, debe reservar una ranura temporal.

Ejemplos: BRAP, cuenta atrás binaria, y mapa de bits.

### Protocolo de mapa de bits

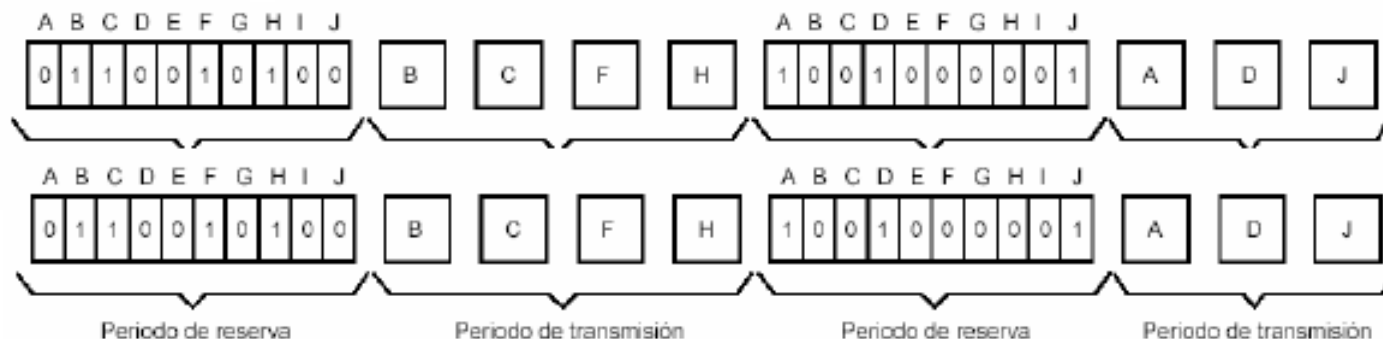
#### Periodo de reserva

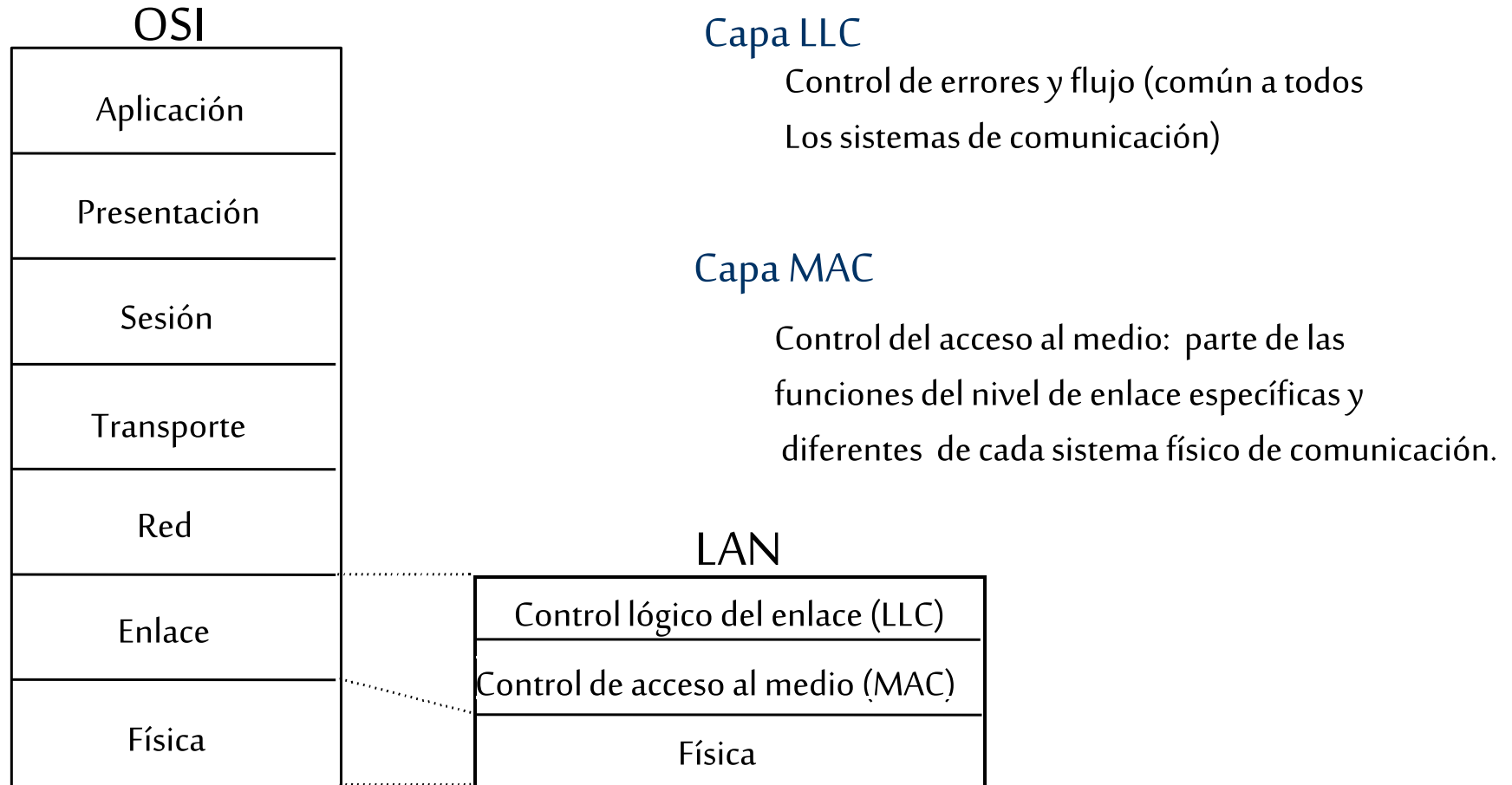
Está formado por una serie de bits de reserva, uno por cada estación conectada a la red.

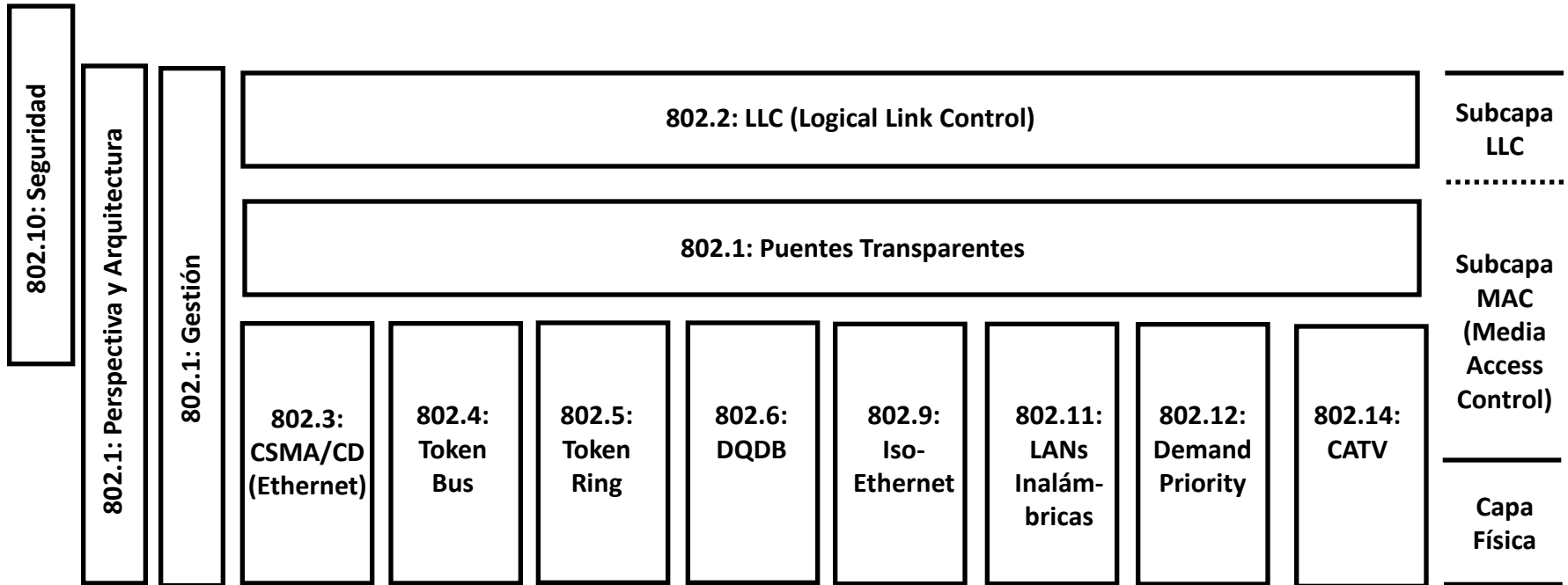
Cuando una estación desea transmitir debe poner un “1” en su bit correspondiente.

#### Periodo de transmisión

En este período, las estaciones que pusieron un 1 en su bit de reserva correspondiente pueden transmitir una trama de datos





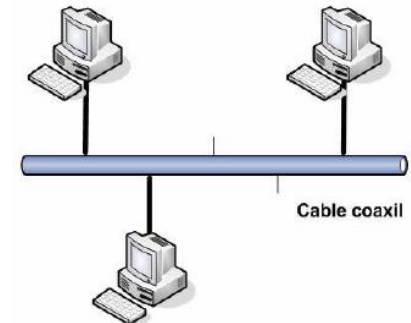


## Características:

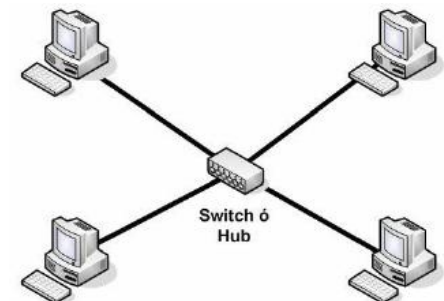
- Desarrollado originalmente por Digital, Intel y Xerox (**DIX**)
- Ethernet** define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.
- Base para el **Estándar IEEE 802.3** que es **distinto**  
Ambos se diferencian en uno de los campos de la trama de datos.  
Las tramas Ethernet y IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.
- Método de acceso al medio: **CSMA/CD**

## Distintas Topologías

### Bus



### Estrella (HUB o SWITCH)



## Distintos medios físicos

Cable Coaxial  
Par Trenzado  
Fibra óptica

## Evolución de redes Ethernet

Ethernet 10 Mbps  
Fast Ethernet 100 Mbps  
Gigabit Ethernet 1Gbps  
10Gigabit Ethernet 10Gbps

Cuando una estación quiere transmitir, debe realizar las siguientes acciones:

1. La estación escucha el canal
2. Si el canal está libre transmite inmediatamente
3. Si el canal está ocupado

Se queda escuchando a la espera de que quede libre

Cuando queda libre transmite inmediatamente (**1-persistente**).

4. Durante la transmisión

Sigue escuchando el canal.

Si información escuchada  $\neq$  información transmitida: **Colisión**

5. En caso de colisión

**Interrumpir** inmediatamente transmisión

Enviar **señal de invalidación** a todas las estaciones

Iniciar mecanismo de contienda para retransmitir, esperando un tiempo aleatorio que aumenta progresivamente con cada intento hasta **16 intentos**.

Comparación entre DIX Ethernet y IEEE 802.3

Trama DIX Ethernet	Preámbulo		Destino	Origen	Tipo	Datos	Relleno	FCS
	8 bytes		6 bytes	6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	2 ó 4 bytes
Trama IEEE 802.3	Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Longitud	Datos	Relleno	FCS
	7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	4 bytes

## Preámbulo (7 bytes)

Patrón de bits 10101010 repetido 7 veces

Se utiliza para permitir que el receptor se sincronice con el emisor

## Delimitador de inicio, SOF (1 byte)

Patrón 10101011 en IEEE 802.3 (en Ethernet era 10101010)

## Dirección MAC destino (6 bytes)

Dirección física, MAC o Ethernet del destinatario de la trama.

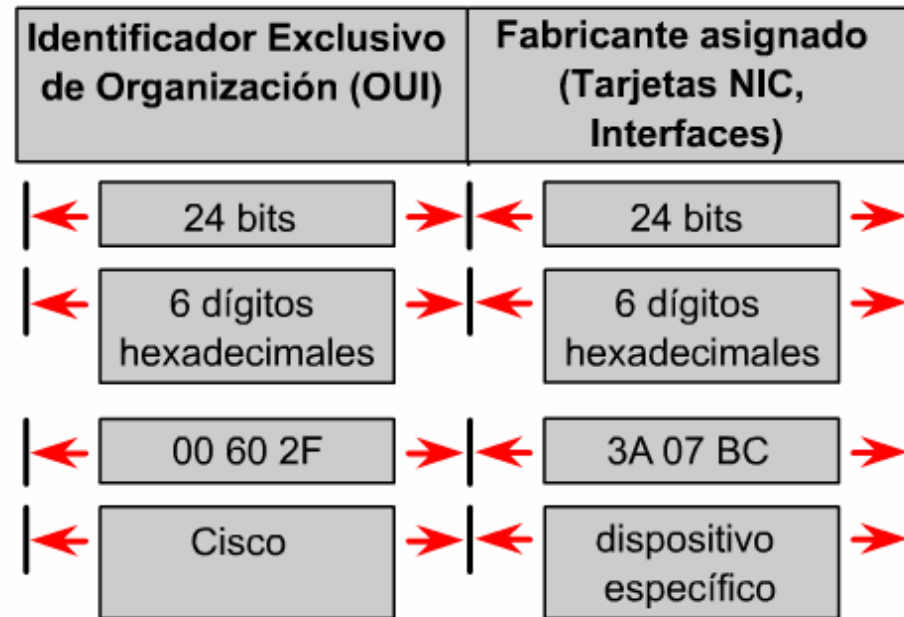
Puede ser individual (unicast), de grupo (multicast) o de difusión (broadcast)

## Dirección MAC origen (6 bytes)

Dirección física (MAC o Ethernet) de la estación emisora de la trama

Tiene un formato similar al de la dirección destino.

Las direcciones MAC tienen 48 bits. Suelen representarse así a1:0c:d5:69:71:fe .  
Vienen grabadas en las NICs.



Cada fabricante compra un rango (prefijo de 3 octetos) por 1000\$. Esta información es pública. Algunas aplicaciones la tienen y sustituyen el prefijo por el nombre del fabricante

Cada rango (prefijo de 3 octetos) permite fabricar  $2^{24} = 16,777.216$  tarjetas de red.

## Longitud / Tipo de Protocolo.

En IEEE 802.3

Indica la **longitud** del campo de datos. Es siempre **menor o igual a 1500 bytes**

En Ethernet

Indica el **tipo** de protocolo de la capa superior al que van dirigidos los datos.

Los valores de tipo siempre son **mayores que 1500**

Ejemplos:

IP = 2048 (0800 HEX);

ARP = 2054 (0806 HEX)

## Datos (máximo 1500 bytes)

Contiene los datos transmitidos. Como máximo pueden ocupar 1500 bytes.

Relacionado con la **MTU** (Maximum Transfer Unit) de la red.

## Relleno (máximo 46 bytes)

Bytes de relleno para el caso de tramas menores de 64 bytes

## Código de redundancia (4 bytes)

Código para detección errores de transmisión.



Sobre una línea telefónica de 20 km se utiliza un protocolo de parada y espera con tramas de 250 bytes. La velocidad de transmisión es de 16 kbps. La velocidad de propagación en el medio es de 25.000 km/s.

a) ¿Cuánto tiempo tarda en llegar el primer bit?  $t_{prop} = \frac{20}{25000} = 0.0008 \text{ seg.} = 800 \mu s$

b) ¿Cuánto tiempo tarda en salir una trama?  $t_{trama} = \frac{250 \cdot 8}{16000} = 0.125 s$

c) ¿Cuántos bits pueden estar en tránsito en un instante dado?

$$B = v_{trans} \cdot \frac{d}{v_{prop}} = 16000 \cdot \frac{20}{25000} = 16000 \cdot 0.0008 = 12.8 \text{ bits}$$

d) ¿Cuál es el valor del parámetro a?

$$a = \frac{B}{L} = \frac{12.8}{250 \cdot 8} = 0.0064$$

e) ¿Cuál es el factor de utilización del enlace?

$$U = \frac{1}{1+2a} = \frac{1}{1+2 \cdot 0.0064} = 0.9864 \Rightarrow U = 98.64\%$$

f) ¿Cuál sería U si la respuesta (ACK) fuera una trama de 100 bits y se considera un tiempo de proceso en sendos equipos de 10 milisegundos?

$$U = \frac{1}{1+2a + \frac{t_{ack}}{t_{trama}} + \frac{t_{proc}}{t_{trama}}} = \frac{1}{1+2 \cdot 0.0064 + \frac{100/16000}{0.125} + \frac{2 \cdot 0.01}{0.125}} = 0.8526 \Rightarrow U = 85.26\%$$

g) ¿Y si usamos ventana deslizante de 2 tramas?  $U_W = \frac{W}{1+2a} = W \cdot U = 2 \cdot 0.8526 = 1.7052 \Rightarrow U_W = 100\%$

Nomenclatura estándares: Se habla de Ethernet 10BaseT, 1000BaseLX,...

Velocidad	Método de señalización	Medio
10	BASE	2
100	BROAD	5
1000		-T
10G		-TX
100G		-SX
400G		-LX

Velocidad de transmisión  
en Mbps.

10G =  $10 \cdot 10^6$  bps

BROAD=banda ancha  
(modulando)

BASE=banda base

2- cable coaxial (200 m aprox.)

5- cable coaxial (500 m aprox.)

T- Twisted (Par trenzado)

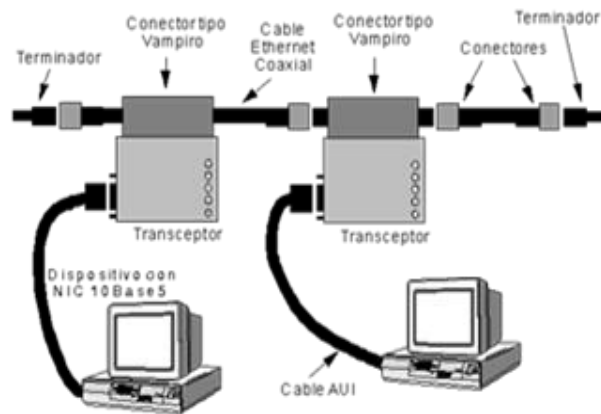
S- F.O corto alcance

L- F.O. largo alcance

X=Codificación y nº de canales

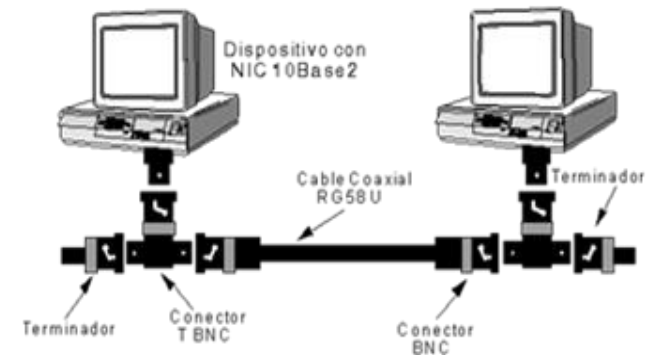
<b>Tecnología</b>	<b>Cable</b>	<b>Distancia</b>	<b>Pares</b>	<b>Costo</b>
10BASE5	Coaxial grueso 50 $\Omega$	500 m	1	Bajo
10BASE2	Coaxial fino 50 $\Omega$	185 m	1	Bajo
10BASE-T	UTP-3/5	100/150 m	2	Bajo
10BASE-F	F.O. 1ª ventana	2 Km	1	Medio
100BASE-TX	UTP-5	100 m	2	Bajo
100BASE-FX	F.O. 2ª ventana	2 Km	1	Alto
1000BASE-T	UTP-5e	100 m	4	Medio
1000BASE-SX	F.O. 1ª ventana	500 m	1	Medio
1000BASE-LX	F.O. 2ª ventana	5 Km	1	Alto
10GBASE-EX4	F.O. 3ª ventana	50 Km	1 (4 $\lambda$ )	Alto

## 10Base5 IEEE 802.3



- Fue la primera implementación de ethernet (1980)
- Cable coaxial grueso de longitud máxima 500m.
- Precisa el uso de terminadores (50ohmios)

## 10Base2 IEEE 802.3a



- (1985) Red más barata sobre cable coaxial fino de 185 m. de longitud máxima
- Conectorización más fiable y sencilla (BNC)
- Precisa los mismos terminadores.



## 10BaseT IEEE 802.3i

- (1990) Definida sobre UTP cat-3
- Long. Máxima de 100m.
- Los equipos se conectan a hubs formando estrellas o estrellas extendidas.
- El uso de los switches agrega el full-duplex.

## Ethernet

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
<b>Medio Transm.</b>	Coaxial grueso	Coaxial delgado	UTP cat. 3
<b>Topología</b>	Bus	Bus	Estrella con HUB
<b>Modo de transmisión</b>	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex
<b>Velocidad</b>	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps
<b>Longitud máx.</b>	500	185	100

### Conexiones BNC para bus 10BASE2



### Conexiones RJ-45 para hub 10BASE-T



## Fast Ethernet

	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-T4
Medio Transm.	2 pares UTP Cat 5	2 Fibras ópticas multimodo	4 pares UTP Cat 3
Topología	Estrella (HUB o Switch)	Estrella (HUB o Switch)	Estrella (HUB)
Modo de transmisión	HUB Half-duplex SWITCH Full-duplex	HUB Half-duplex SWITCH Full-duplex	Half-duplex
Velocidad	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Longitud máx.	100 m	Hasta 2000 m	100 m

## Gigabit Ethernet

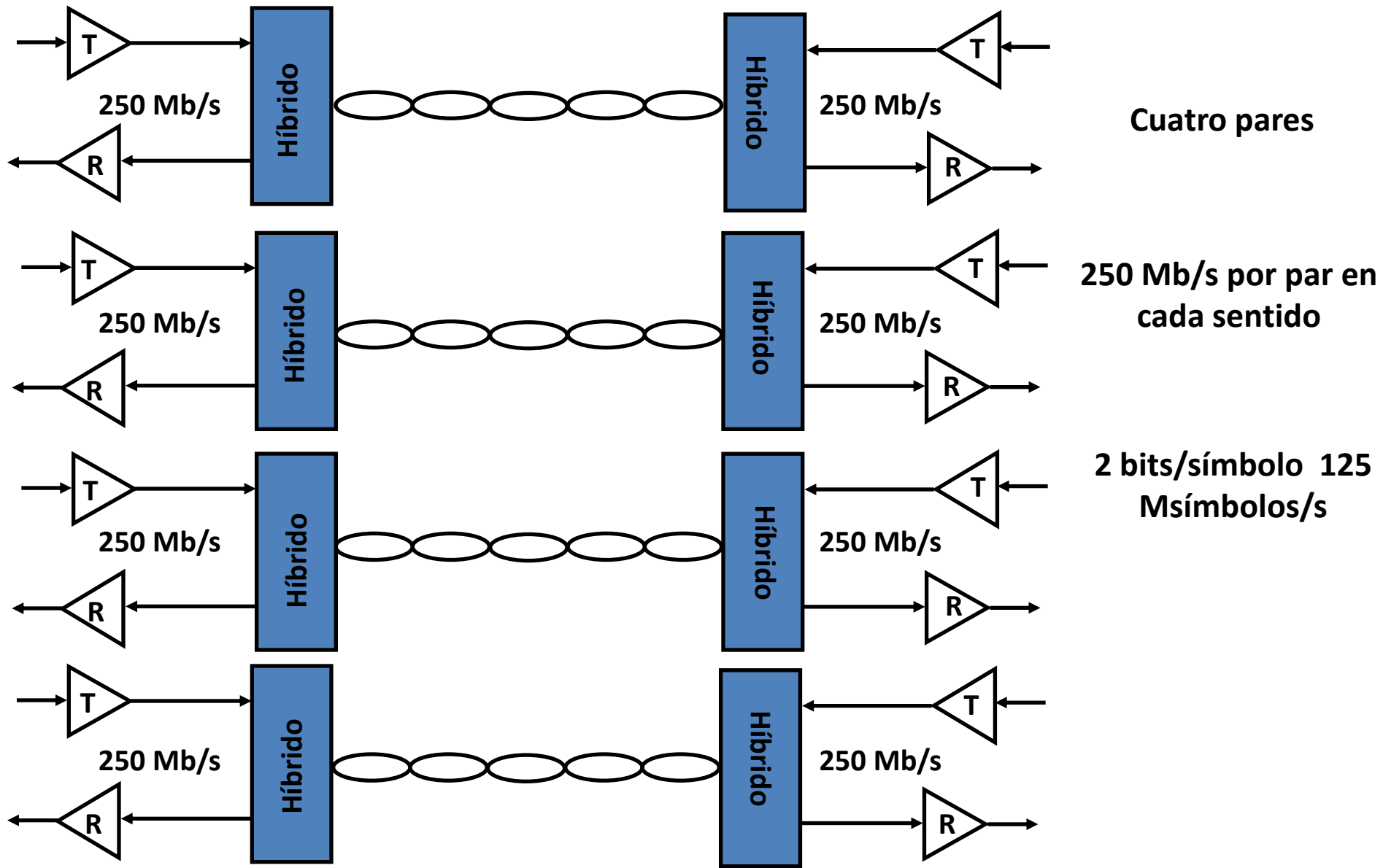
	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-CX	1000BASE-X
Medio Transm.	2 fibras óptica corto alcance	2 fibras óptica Largo alcance	2 pares STP	4 pares UTP Cat 5 o superior
Topología	Estrella (Switch)	Estrella (Switch)	Estrella (Switch)	Estrella (Switch)
Modo de transmisión	Full-duplex	Full-duplex	Full-duplex	Full-duplex
Velocidad	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps
Longitud máx.	220-550 m	550-5000 m	25 m	100 m

Tienen capacidad de autonegociación pudiendo coexistir con 10BaseT en la misma red

## 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae):

- Abandona CSMA/CD para ser punto a punto (**incompatible** con las anteriores).
- Hasta 40 Km en F.O. monomodo
- Compatible con un OC-192 de SDH

Medio	Veloc. (Mb/s)	Codific.	Pares	Frec.M baud	Categ. Min.
Token Ring	4	Manch. Dif.	1	8	3
10BASE-T	10	Manchester	1	20	3
100BASE-X	100	4B/5B	1	125	5
100BASE-T2	100	PAM 5x5	2	25	3
1000BASE-TX	1000	PAM 5x5	4	125	5E
1000BASE-SX	1000	8B/10B	1	1250	F.O.
ATM	155,52	NRZ	1	155,52	5
10GBASE-EX4	10000	8B/10B	4	3125	F.O.
10GBASE-ER	10000	64B/66B	1	10300	F.O.





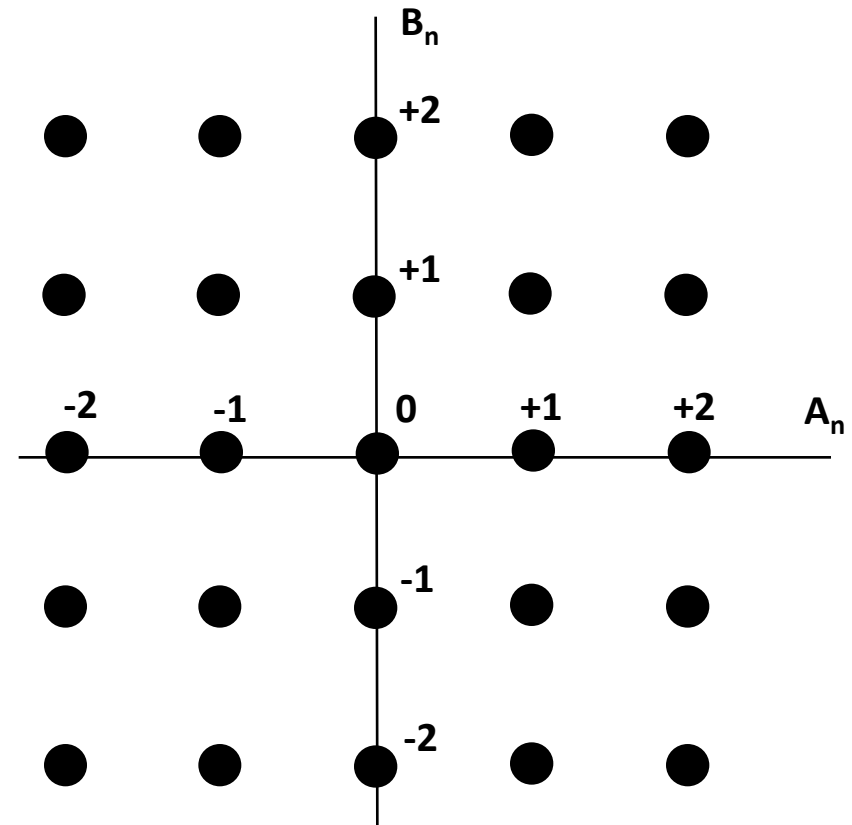
# Codificación en Gigabit Ethernet

## Codificación 4B/5B

Bits	Símbolo	Bits	Símbolo
0000	11110	IDLE	11111
0001	01001	J	11000
0010	10100	K	10001
0011	10101	T	01101
0100	01010	R	00111
0101	01011	S	11001
0110	01110	QUIET	00000
0111	01111	HALT	00100
1000	10010	No usado	00110
1001	10011	No usado	01000
1010	10110	No usado	01100
1011	10111	No usado	10000
1100	11010	No usado	00001
1101	11011	No usado	00010
1110	11100	No usado	00011
1111	11101	No usado	00101

En 1000BaseX (fibra) se usa 8B/10B

## Constelación de símbolos en la codificación PAM 5x5



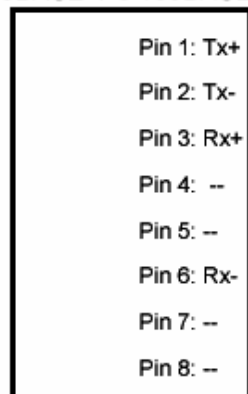
En 1000BaseT se usa PAM 5x5

# Ethernet y Fast-Ethernet, cable directo y cruzado

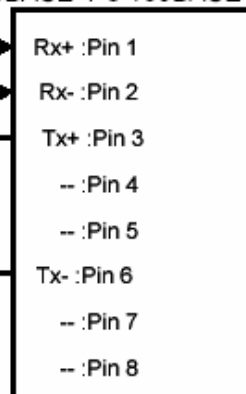
## ■ Cableado Ethernet (10BaseT y 100BaseTX)

### ■ Conexión Computador – Hub/Switch

Estación con Adaptador  
10BASE-T o 100BASE-TX



HUB o SWITCH  
10BASE-T o 100BASE-TX

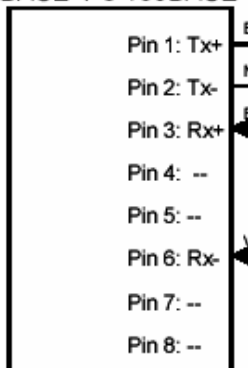


### CABLE DIRECTO

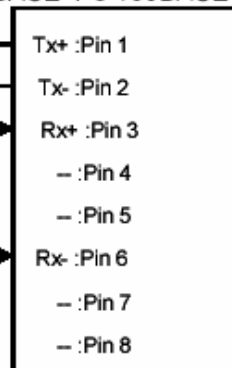


### ■ Conexión Computador-Computador

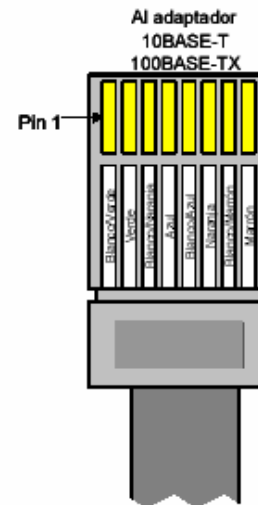
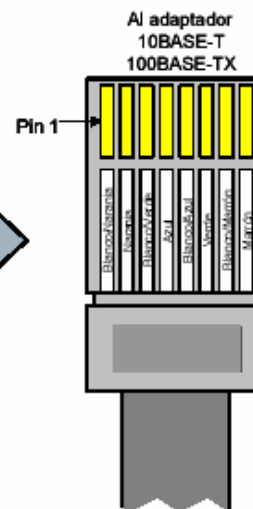
Estación con Adaptador  
10BASE-T o 100BASE-TX



Estación con Adaptador  
10BASE-T o 100BASE-TX

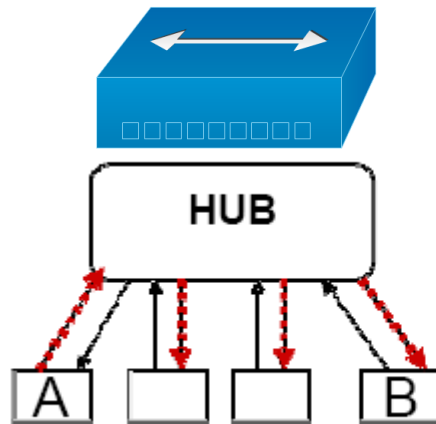


### CABLE CRUZADO



# Elementos de conexión en Ethernet

Hubs / Bridges / Switches    Concentradores o Repetidores / Puentes / Conmutadores



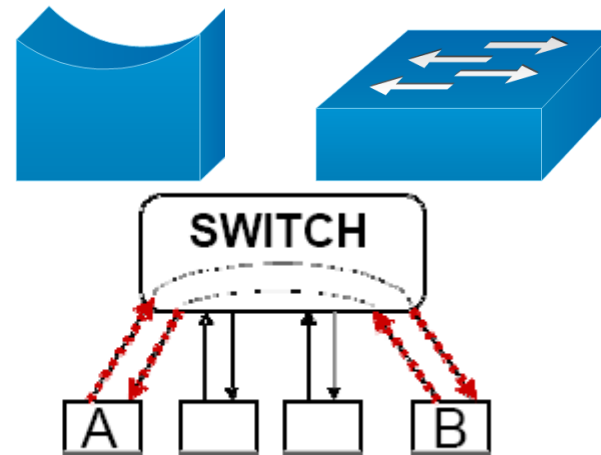
## Repetidor (concentrador o hub)

Retransmite la información por todas las salidas.

Existencia de colisiones (necesario CSMA/CD)

Transmisión half-duplex

Privacidad baja



## Conmutador (switch, bridge si sólo tiene 2 bocas)

Retransmite la información únicamente por la salida adecuada

Libre de colisiones (no es necesario CSMA/CD)

Transmisión Full-duplex

Privacidad elevada

# Dominio de colisión y de difusión

## **Dominio de colisión:**

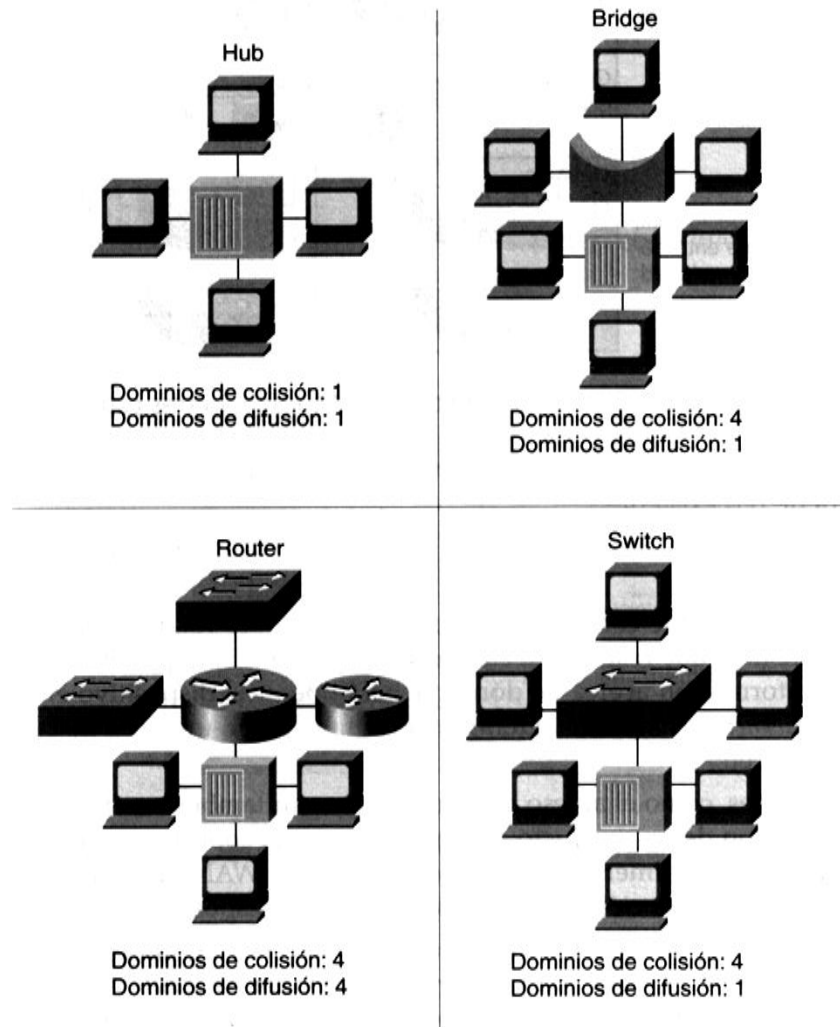
Conjunto de equipos conectados a un medio donde se pueden producir colisiones de tramas.

*Sólo los mantienen los hubs.*

## **Dominio de difusión:**

Conjunto de equipos susceptibles de recibir un mensaje dirigido a toda su red/subred.

*Sólo los dividen los routers*



**Figura 1.25.** Funciones de los dispositivos de red.

## **LLC = control del enlace lógico ( Logic Link Control)**

Es el protocolo de enlace de las redes de área local y metropolitana  
Estandarizado por la norma IEEE 802.2

## **LLC está basado en HDLC**

Formato de trama similar

Incluye algunos campos adicionales

Mismos tipos de tramas

Información (I)

Supervisoras (RR, REJ, RNR)

Sin numerar (SABM, SABME, DISC, UA, ...)

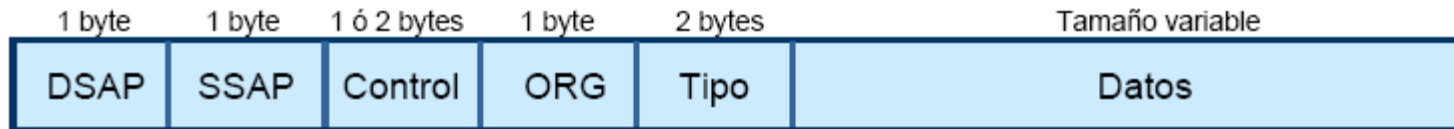
Ofrece dos tipos de servicios

Orientados a conexión

Sin conexión

# Formato LLC

## Formato de tramas LLC



DSAP: Destination Service Access Point (protocolo de origen)

SSAP: Source Service Access Point (protocolo de destino)

### DSAP y SSAP:

Puntos de acceso al servicio destino y fuente (como los puertos TCP pero para la entidad de nivel de red). Si los dos valen “AA” entonces se espera la extensión SNAP.

**Control:** Igual que en HDLC: identifica el tipo de trama, nº de secuencia, de confirmación, bit P/F, etc.

### EXTENSION SNAP:

-**ORG:** Código de organización. En IP sería 00h.

-**Tipo:** Protocolo de red encapsulado. En IP 0800h (2048) en ARP 0806h(2054)

# Tramas LLC

## Tipos de tramas LLC

Tramas de información (I)  Campo Control =

1	2	3	4	5	6	7	8
0		N(S)		P/F		N(R)	

Se utilizan para transmitir datos en servicios orientados a conexión

Incluyen nº de secuencia, N(S), y nº de confirmación, N(R)

Tramas supervisoras  Campo Control =

1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	S		P/F		N(R)	

En LLC se usan sólo tres tipos de tramas supervisoras

RR (Receptor Ready) trama de confirmación positiva (ACK)

REJ (Reject) trama de confirmación negativa (NAK) para RQ continuo con retroceso-N

RNR (Receptor Not Ready) trama de confirmación para suspender el envío de tramas

No se usan tramas SREJ

Tramas sin numerar  Campo Control =

1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	M		P/F		M	

Las tramas más sin numerar comunes son las siguientes:

SABM/SABME Establecimiento de conexión en modo ABM

DISC Desconexión

UA Confirmación sin numerar

UI Información sin numerar

FRMR Rechazo de trama (formato inválido)

RSET Reinicio de conexión

# El protocolo LLC

## Servicios orientados a conexión

### Establecimiento de conexión

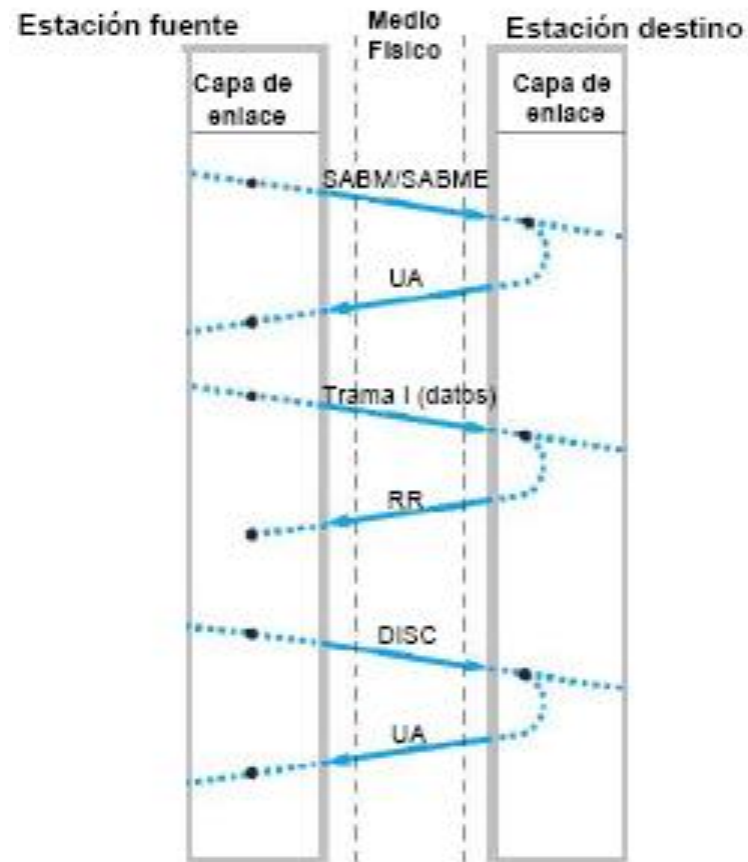
Tramas: SABM/SABME, UA (sólo se usan conexiones en modo ABM)

### Transmisión de datos

Tramas: I, RR, REJ, RNR

### Desconexión

Tramas: DISC, UA

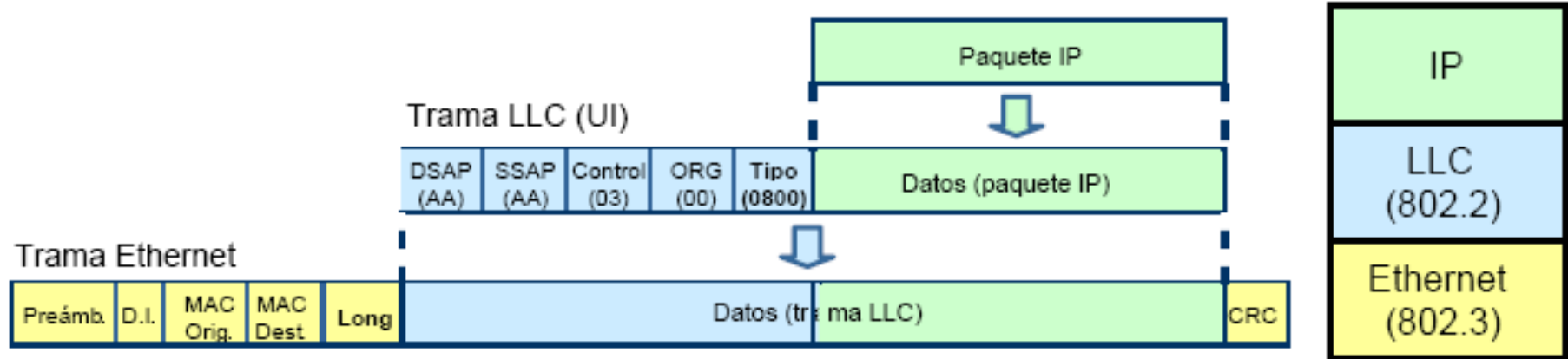




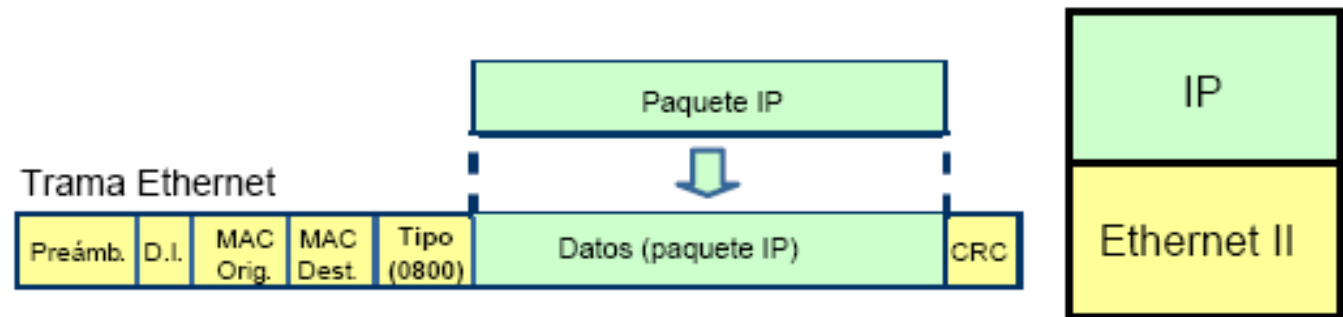
# LLC para Ethernet

## Ethernet II vs. IEEE 802.3 (2)

Encapsulado de IP sobre LLC (802.2) y Ethernet (802.3)



Encapsulado de IP sobre Ethernet II



D.I. Es el Delimitador de Inicio (SOF)

# Token Bus

Desarrollado por General Motors para entornos industriales, es la base de la **pila MAP**. (Protocolos de Automatización de Procesos)

El medio de transmisión es el **cable coaxial** de banda ancha a **10Mbps**.

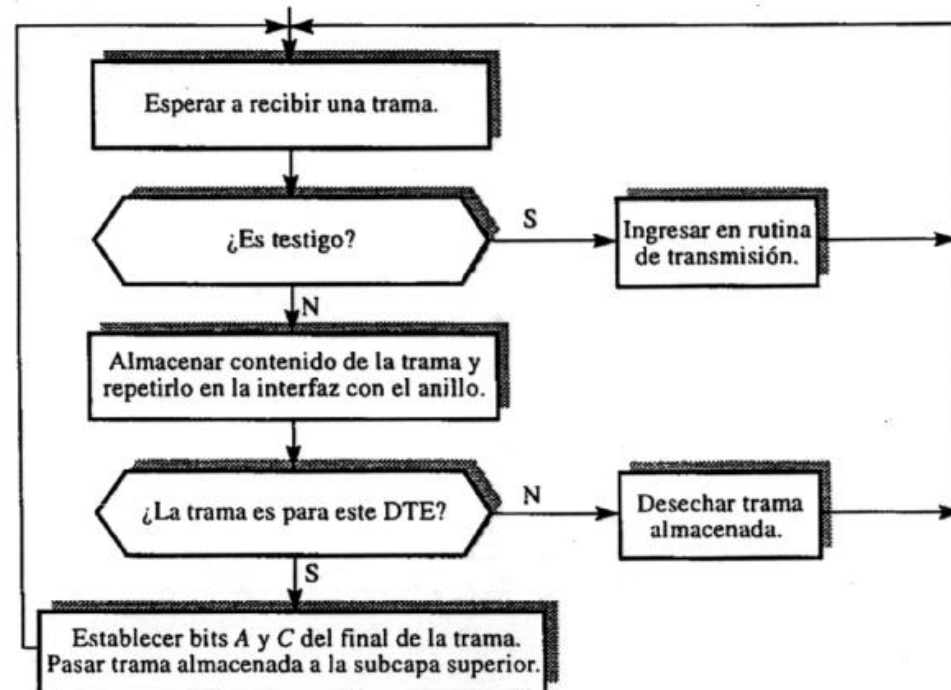
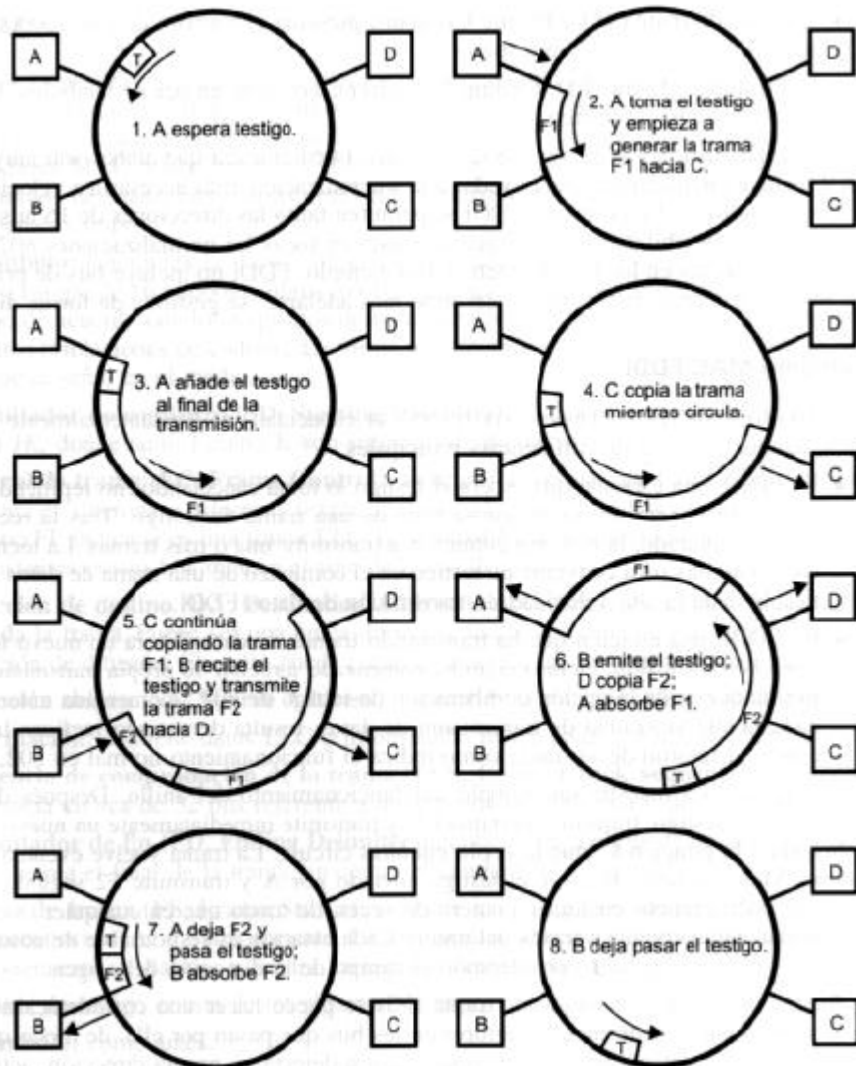
Es **determinista** y admite priorización de tramas.

Un **testigo circula por el bus** siguiendo el orden de las direcciones MAC de los nodos, otorgando permiso de transmisión por un tiempo máximo (10ms).

Utiliza el servicio **LLC tipo 1 (sin conexión ni control de secuencia)**.

La gestión del testigo incluye las eventualidades de **inicio de la secuencia, incorporación y desaparición de nuevos nodos**.

# Token Ring



- Desarrollada por IBM en paralelo a Ethernet
- 4 o 16 Mb/s. Recientemente 100 Mb/s.
- Manchester Diferencial (mas robusto)
- Cable STP, UTP-3, UTP-5 y F. O.
- Topología lógica de anillo.
- Protocolo sin contención (sin colisiones)

# FDDI

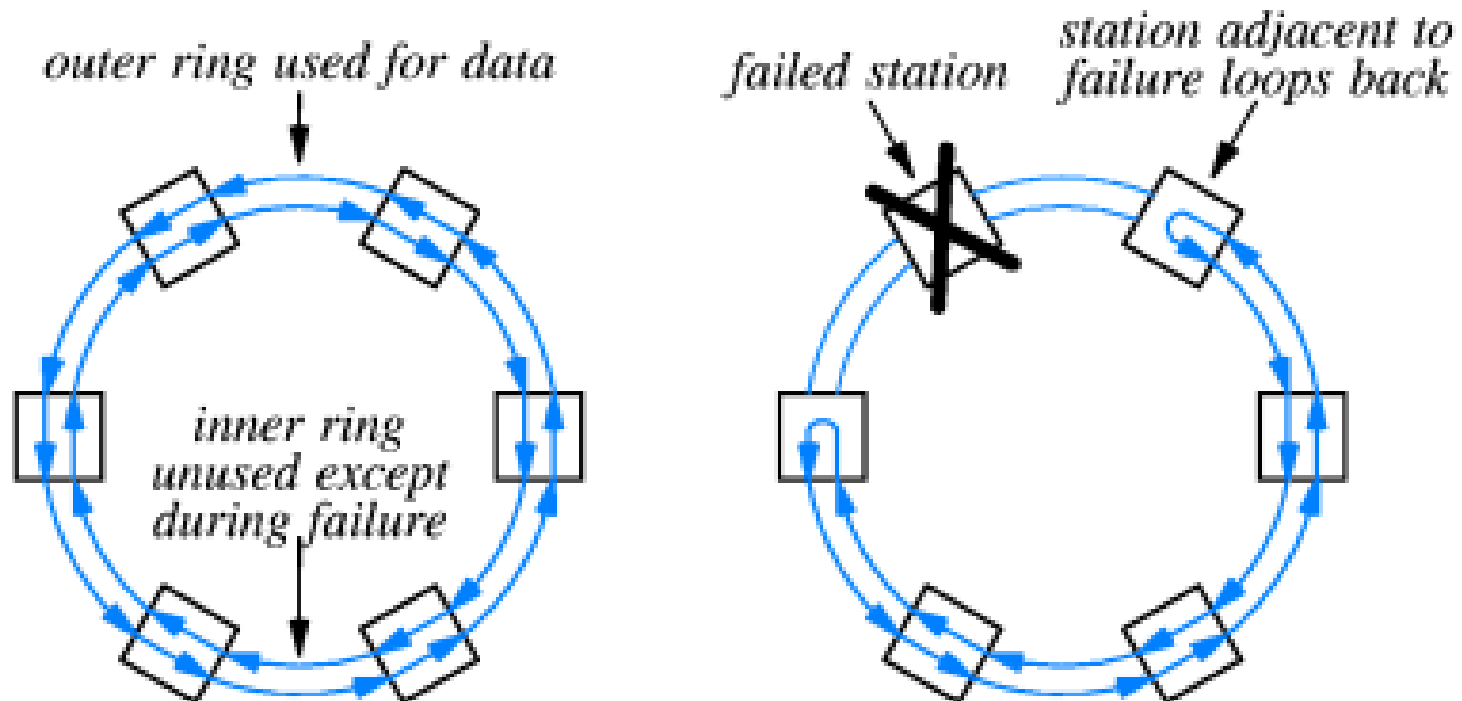
Es una red de **fibra óptica** de alto rendimiento muy parecida a token ring.

Transmisiones a **100Mbps** en anillos de hasta 200Km con hasta 1000 nodos

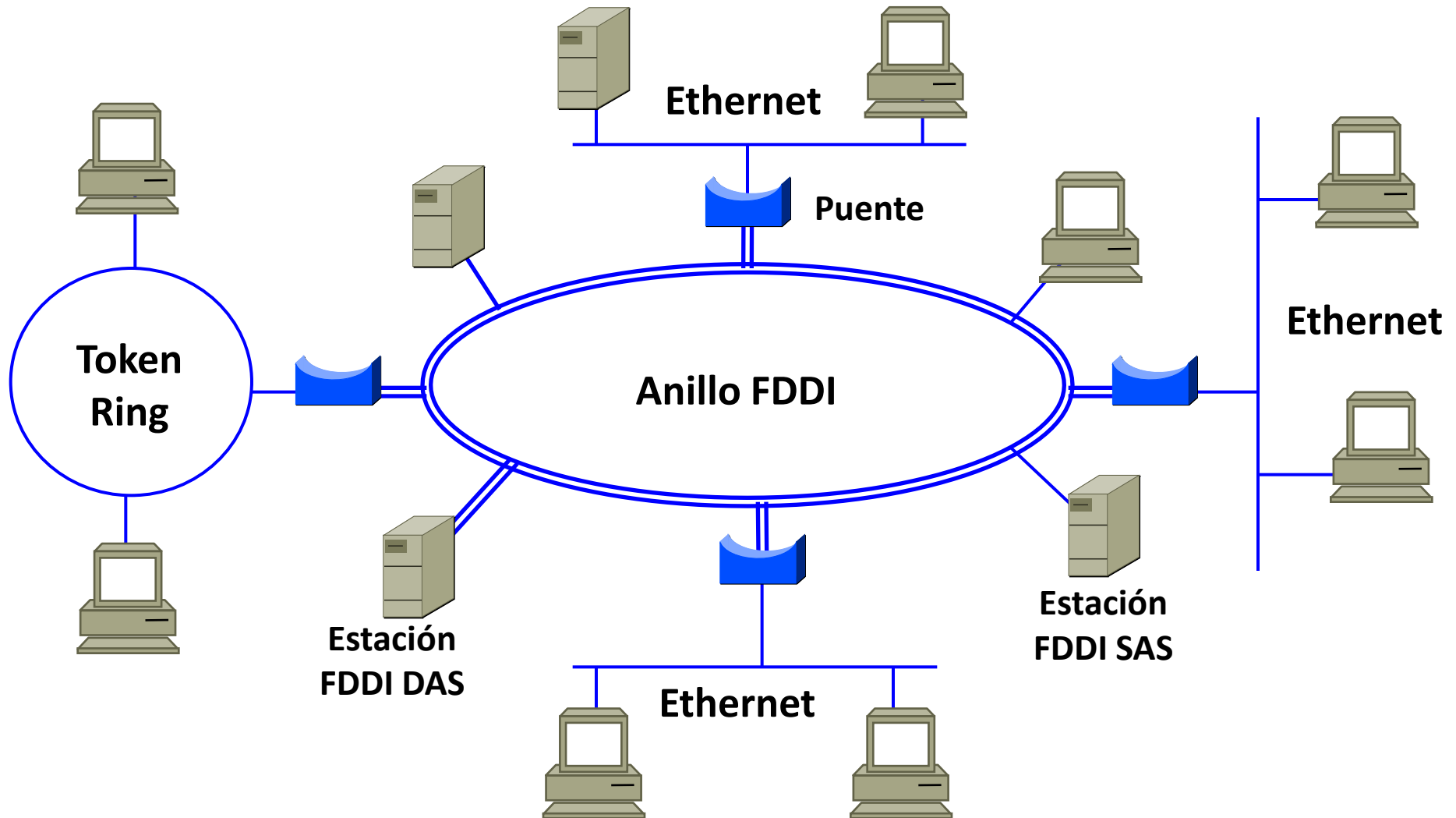
Se usa codificación **4B5B** a 125 Mhz.

No hay señal de **sincronismo**: los relojes de las estaciones deben ser muy precisos y es necesario dotar a las tramas de un preámbulo más largo.

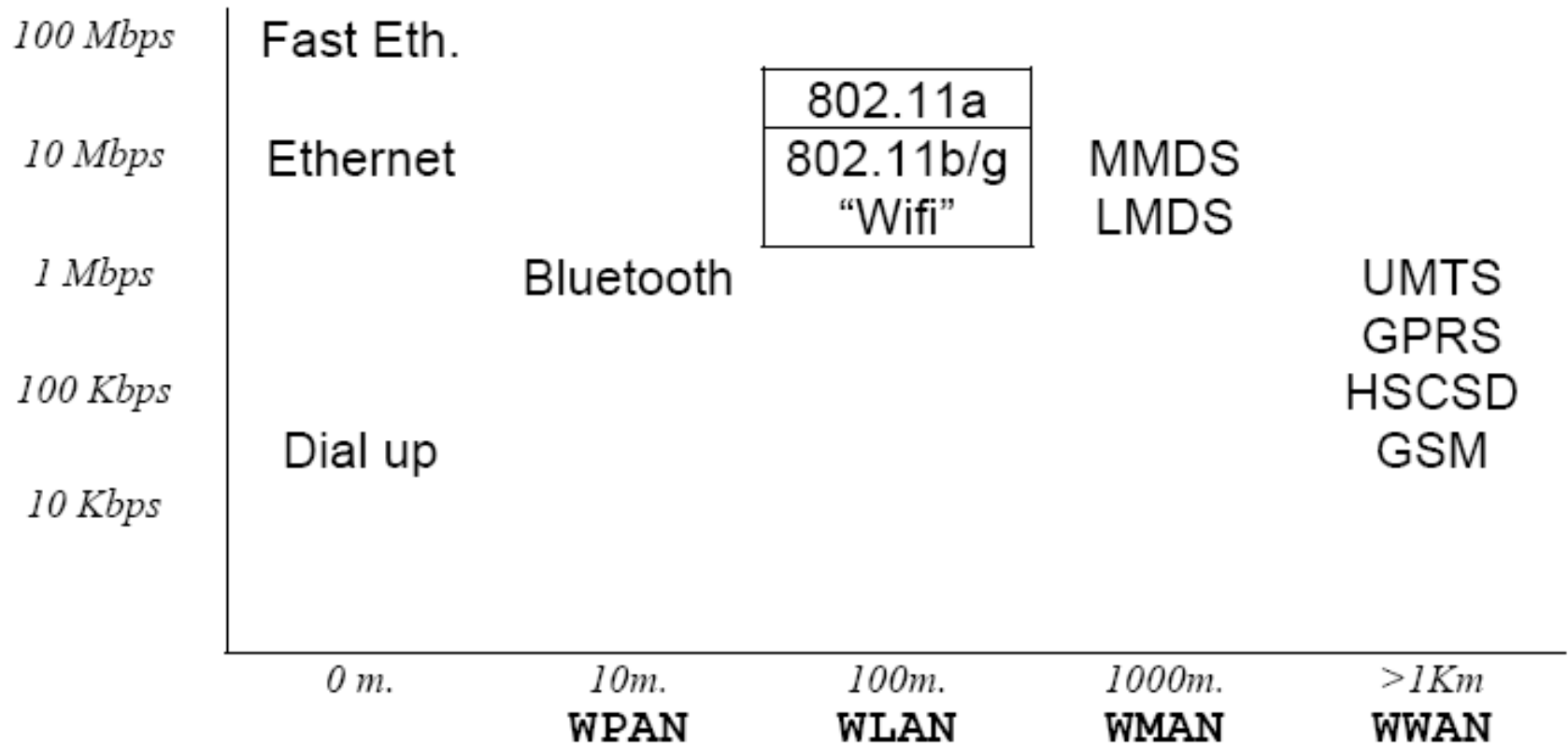
Su uso es más apropiado para interconectar redes (“**backbone**”) que para LANs



# Uso de FDDI como 'backbone' entre LANs



# LAN inalámbricas



# GSM, GPRS, UMTS

**GSM (2G):** 800-1900MHz. voz y SMS. Conmutación de circuitos. (1G era analógica y ésta es digital)

**GPRS** conmutación de paquetes (navegación web). velocidades de 60 Kbps. Se aplica perfectamente sobre la red GSM ya desplegada, simplemente incorporando dos nuevos elementos como se muestra en la figura siguiente:

SGSN. Conmuta paquetes, funciones de movilidad, autenticación y facturación.

GGSN. Responsable de la interconexión con redes de paquetes externas y redireccionamientos

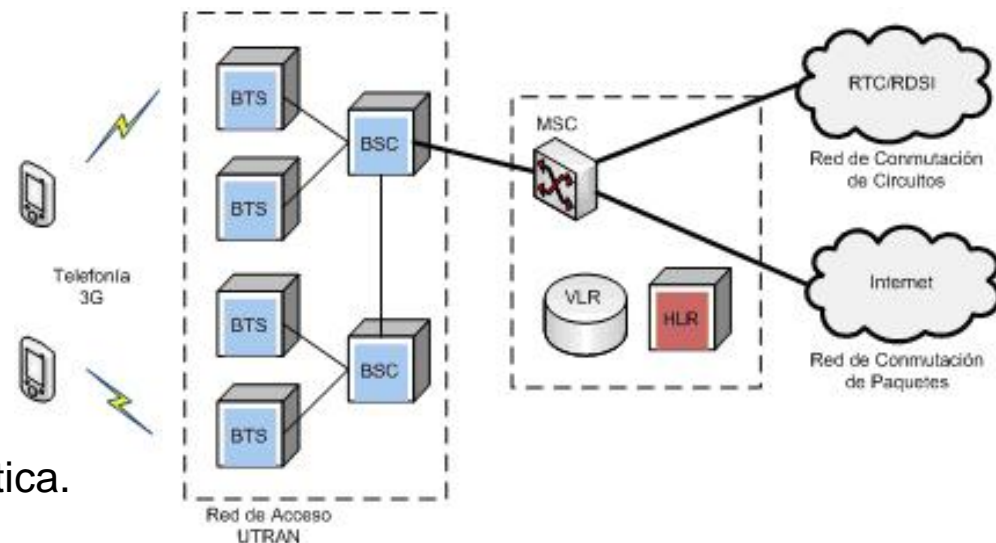
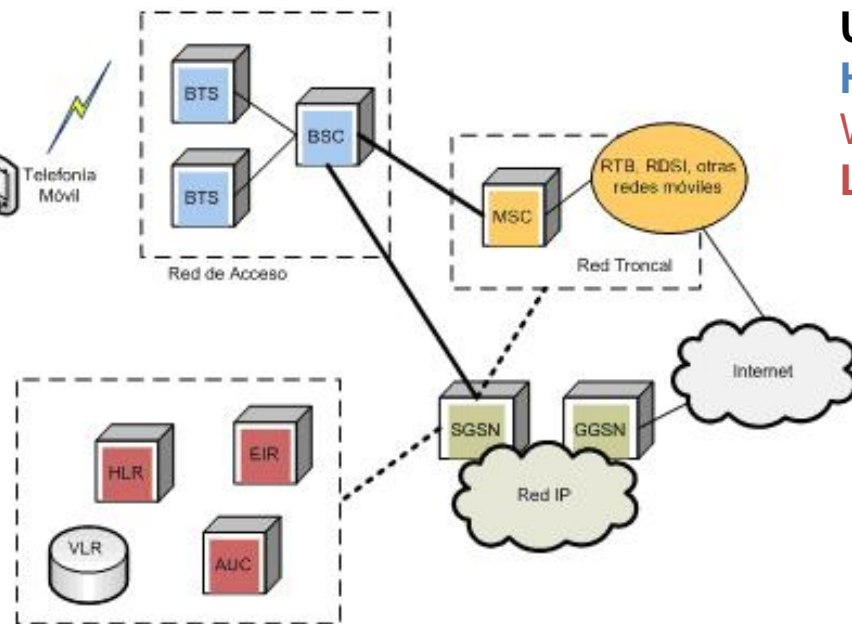
**EDGE:** 470 kbps. Formalmente 3G, práctica: 2,9G

**UMTS: 2 Mbps (3G)**

**HSPA:** 14 Mbps

**WIMAX:** 134Mbps en celdas de 5km.

**LTE:** 300Mbps (50 en la práctica) (4G?)



España: Yoigo da LTE 20-40 Mbps en la práctica.  
Wimax media de 15 Mbps.

# IEEE 802.11.Definiciones

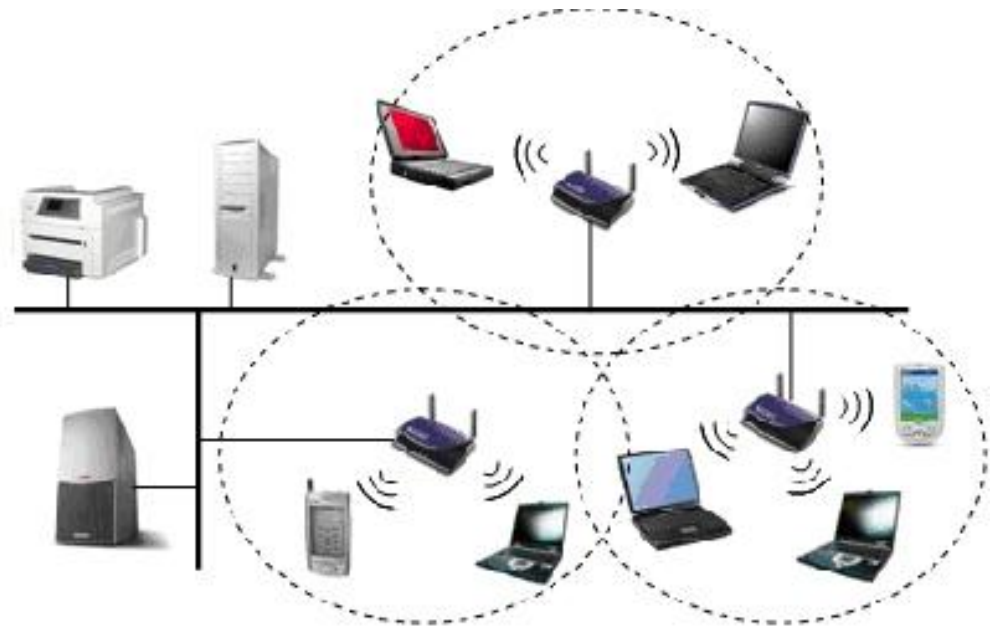
Las redes de área local inalámbricas (WLANs) se caracterizan por trabajar en **bandas de frecuencia exentas de licencia de operación**.

Las antenas pueden ser:

- Omnidireccionales. Menor alcance, independencia de la orientación.
- Direccionales

Constituidas por:

- TR (terminales de red)
- PA (Puntos de acceso)



La configuración puede ser:

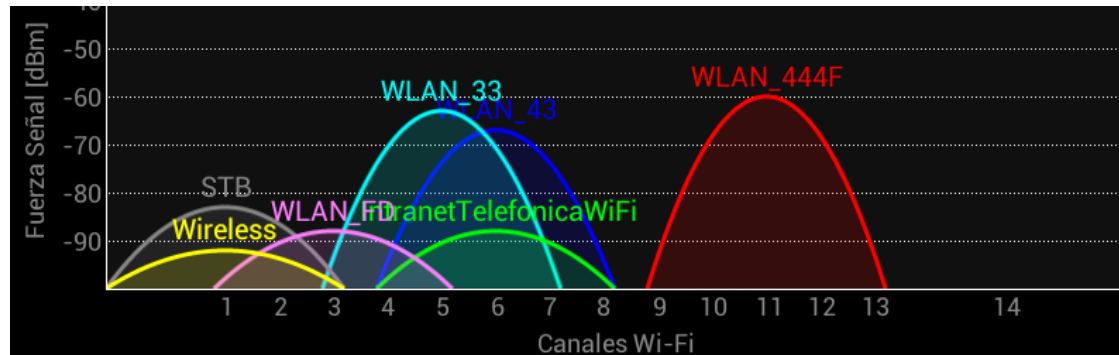
- Ad-hoc**: Cuando no existe punto de acceso. Modo “Master” en cada TR. Además existen las especificaciones wifi **Direct** y el enlace directo **TDLS**.
- Infraestructura**: Todos los equipos hablan con el PA.
  - Modo “Master” en el PA y “Managed” en todos los TR.
- Redes acopladas** (redes “mesh”): Combinación de los anteriores



# Estándares WLAN

Estándar	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	Bluetooth IEEE 802.15.1	HiperLAN/2
QoS	No	No	No	No	Si	Sí
Finalización	2002	1999	2003	2009	2005	2000
Banda de frecuencias	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 - 5 GHz	2.4 GHz	5 GHz
Tasa máxima	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	3 Mbps	54 Mbps
Otras características	Incompatible con b y g	Compatible con g a 11Mbps	Compatible con b a 11 Mbps	Compatible con anteriores	No interfiere con wifi a partir de v1.2. Muy bajo consumo. Hasta 10m (PAN).	Desarrollado por el ETSI

# Estándares WLAN - WIFI



## CANALES:

En torno a los 2,5 GHz hay un ancho de banda (20MHz) dividido en canales (1-11 en USA, hasta el 13 en EU y hasta 14 en Japón). Para evitar interferencias se eligen canales simultáneos separados de 5 en 5 (ej:1-5-11).

En torno a los 5 GHz el W=40MHz, lo que da 23 canales NO SOLAPADOS.

## MIMO:

Las antenas múltiples sirven para mejorar la SNR sin aumentar la potencia de emisión.

## EXTENSORES O REPETIDORES:

Aumentan el alcance del PA. Al consumir el mismo ancho de banda suponen una merma en la capacidad de tráfico total de la red.

## WPS:

Es una utilidad para autoconfiguración de WPA. Se basa en un pin que el usuario introduce en cada uno de los equipos. Es vulnerable a ataques de fuerza bruta.

# Seguridad en redes inalámbricas

1- Ocultar el **SSID: Service Set Identifier**. Nombre que va a ser radiado por el PA WIFI.

2- Encriptación: WEP/WPA:

- **WEP** (Wired Equivalent Privacy) , cifra los datos con una clave pre-compartida (64-128 bits) **fija**.
- **WPA**: (Wi-Fi Protected Access) presenta mejoras:
  - Cambio dinámico de las claves de acceso (TKIP).
  - Proporciona una mayor encriptación de datos (RC4).
- **WPA2**: Compatible con IEEE 802.11i
- Mejora el cifrado con CCMP que usa AES.

WFPS: Función de autoconfiguración.

Enterprise: permite uso de servidores RADIUS para claves

EAP: alternativa a Enterprise para la autenticación.

3- **IPSEC** (túneles IP) en el caso de las VPN y el conjunto de estándares IEEE 802.1X, que permite la autenticación y autorización de usuarios.

4- Filtrado de **MAC**, de manera que sólo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados.

Figure 1: Encrypted WEP frame

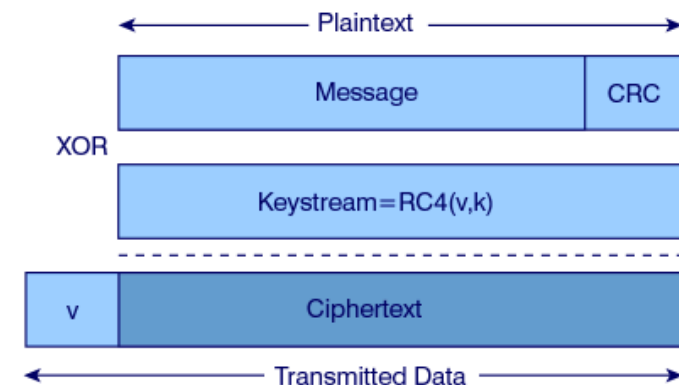


Figure 1: Encrypted WEP frame



Éstas son válidas también para redes Ethernet.

# Bluetooth

Especificación para Redes Inalámbricas de Área Personal (**WPANs**) que posibilita la transmisión de voz y datos (2,4 GHz).

Diseñado para generar el **mínimo consumo** posible en los dispositivos.

El nivel físico utiliza **saltos de frecuencia** (frequency hopping) en un conjunto amplio portadoras para evitar interferencias. Se realiza una permutación aleatoria de 79 frecuencias en la banda ISM. Algunas de ellas pueden no utilizarse si presentan interferencias frecuentes (“compatibilidad” con wifi).

Se utiliza modulación en frecuencia y se alcanzan velocidades de transmisión de **1, 2 ó 3Mbps**.

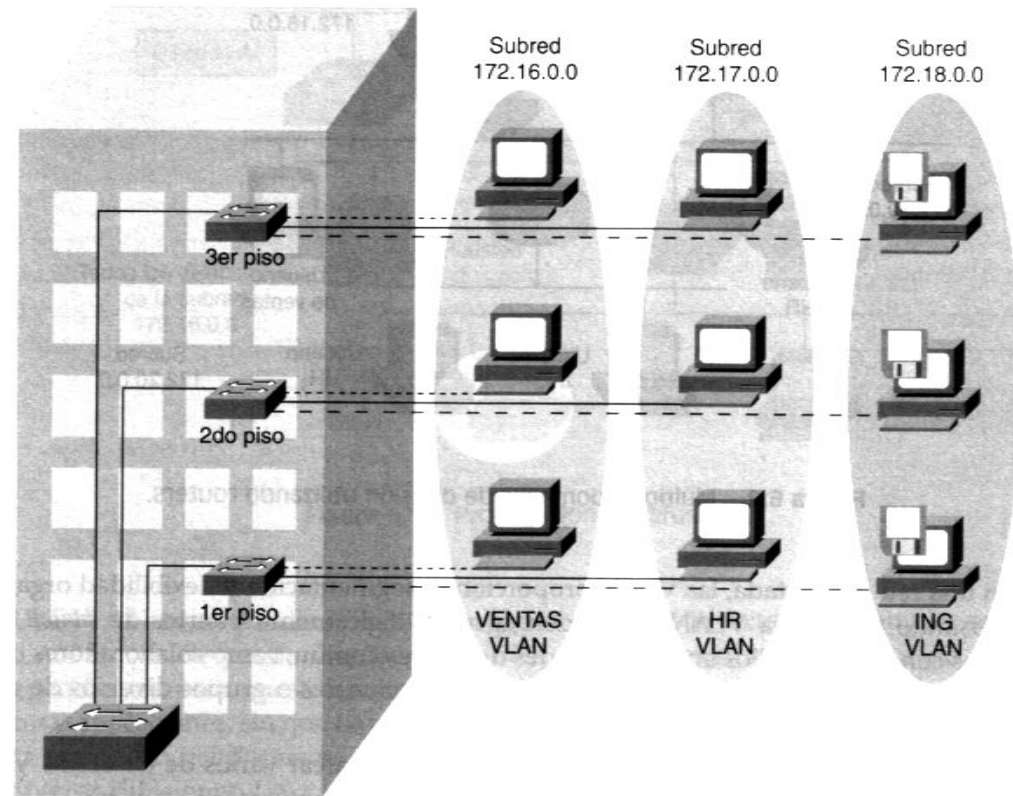
El canal físico se divide en **ranuras de tiempo** que se utilizan para enviar paquetes entre los dispositivos (time-division multiplexing), consiguiendo así el full-duplex.

Hay **varias especificaciones** de dispositivo (clase 1, 2 y 3) , cada cual con diferentes alcances (1-100m) y consumos máximos (1-100mW).

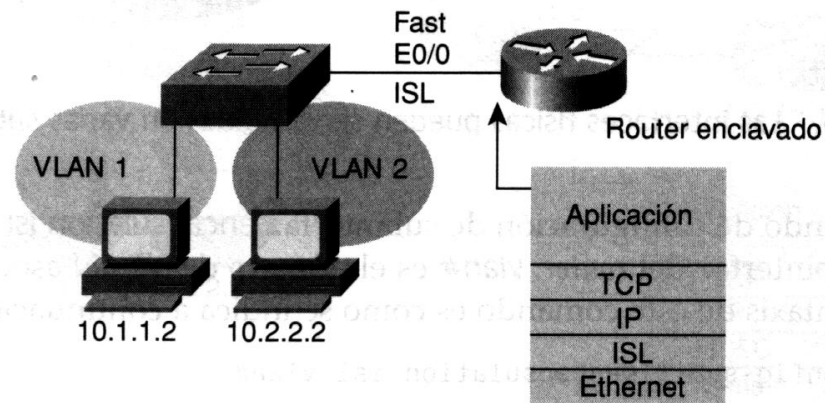
Hay **varias versiones**: desde 1.2 (1Mbps) hasta la 4.0 (**32Mbps**)

# VLAN

- Redes **lógicas** (redes IP) independientes dentro de una misma red **física**.
- útiles para **reducir el dominio de difusión**
- Cuando se traslada físicamente algún ordenador a otra ubicación: puede permanecer en la misma VLAN sin necesidad de cambiar la configuración IP de la máquina.
- Las VLANs funcionan en el **nivel 2** (Nivel de enlace).

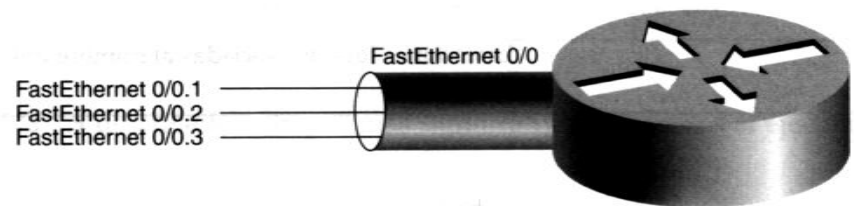


# Conmutación VLAN



**Figura 7.34.** Enrutamiento entre VLAN mediante ISL.

Es necesario que los dispositivos interconectados (otros switches y el router) compartan el protocolo de enlace (**Trunking protocol**) VLAN elegido (ISL o IEEE 802.1Q).



**Figura 7.35.** Las interfaces físicas pueden ser divididas en varias subinterfaces.

Aunque sea un único interfaz físico, se descompone en **varios interfaces lógicos** cada uno de los cuales actúa como si fuera una tarjeta de red independiente (incluso se enruta entre ellos)