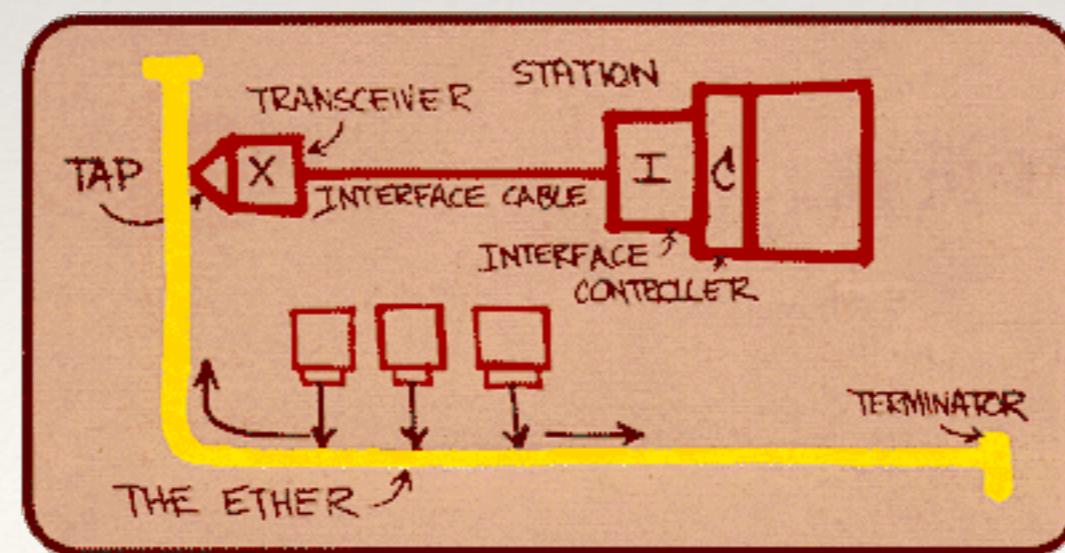




66.62/86.39 Redes de Computadoras

LAN switching Ethernet

Utard - Matsunaga

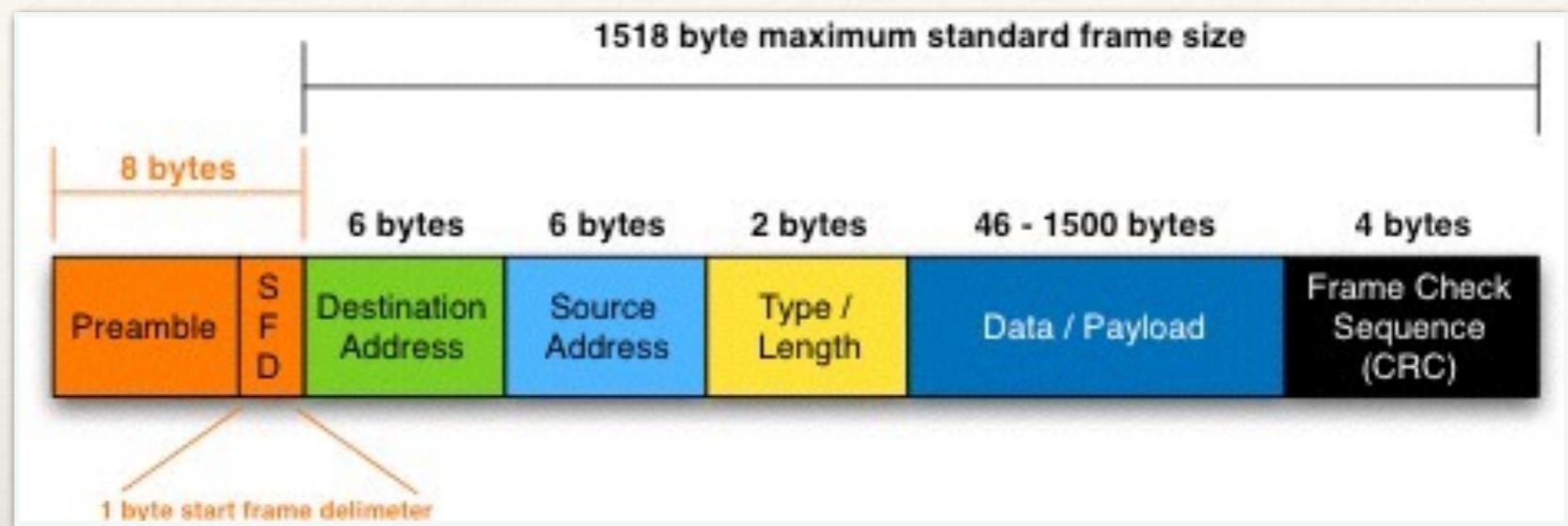


Tecnologías Ethernet

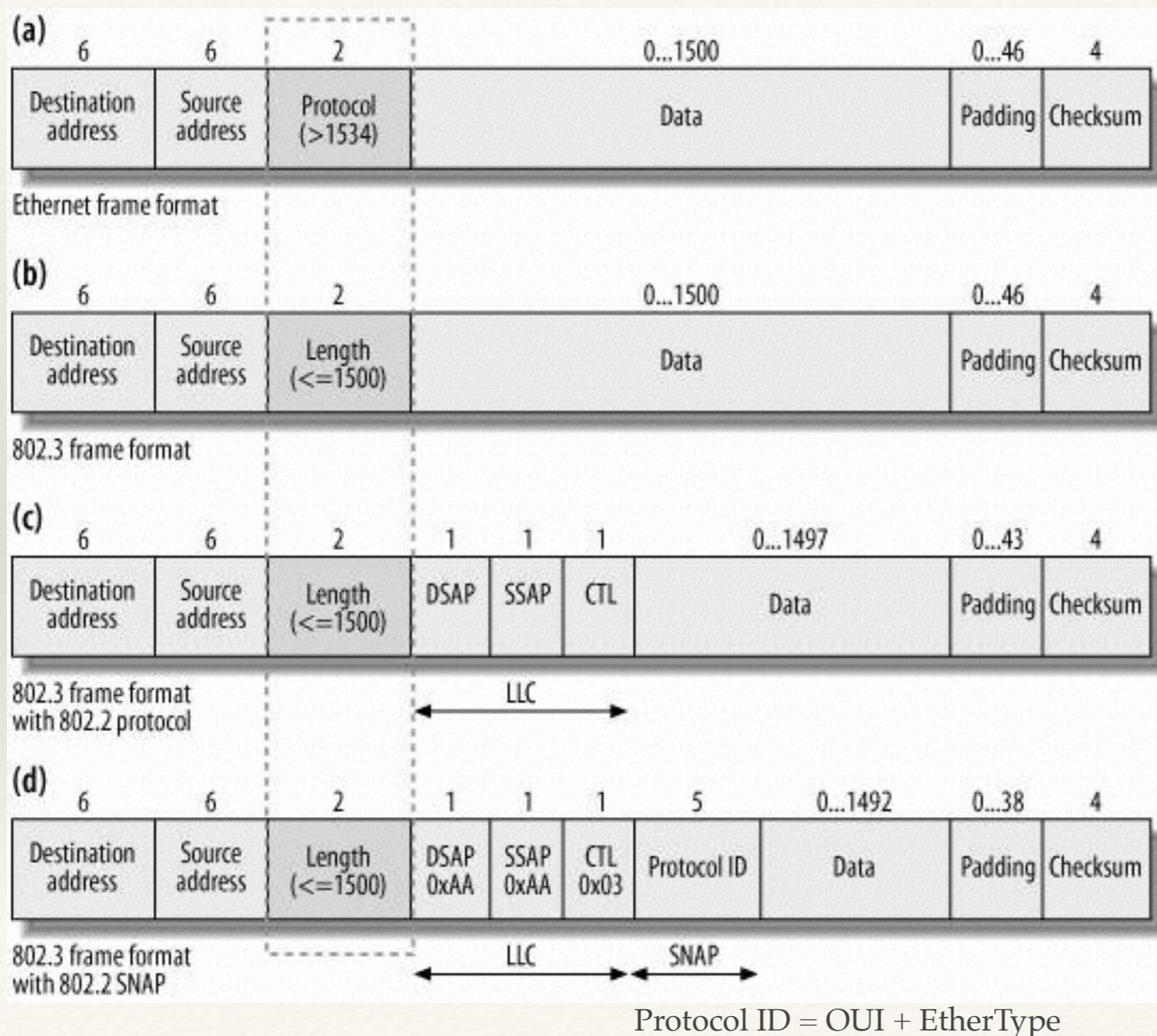
- ❖ tecnología LAN de banda base (Xerox PARC 73-74)
- ❖ acceso al medio CSMA / CD
- ❖ vigente por su simplicidad y bajo costo
- ❖ múltiple soporte de medios físicos
- ❖ escalable y flexible (10M/100M/1G/**2.5G/5G/10G/25G/40G/100G**)

Formato de trama

- ❖ Preamble: 10101010
- ❖ SFD: 10101011
- ❖ Destination MAC Address: dirección física destino
- ❖ Source MAC Address: dirección física origen
- ❖ Type/Length:
 - ❖ ≤ 1500 length
 - ❖ > 1534 type (Ej: **IPv4** 0x0800, **ARP** 0x0806, **802.1q** 0x8100 , **IPv6** 0x86DD)
- ❖ FCS: CRC-32 polinomial code

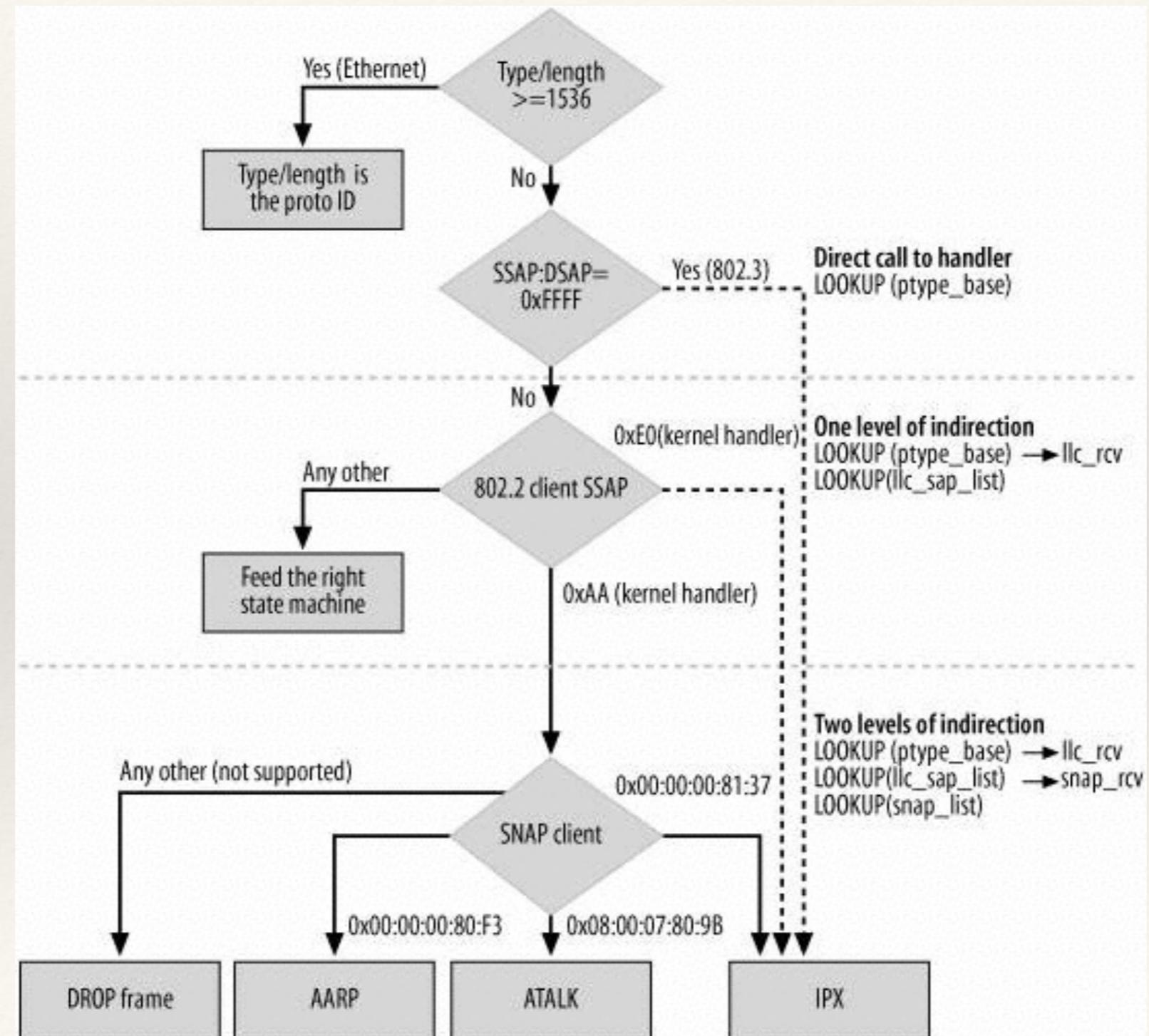


Ethernet - Encapsulamiento



Standard	First 2 payload bytes
Ethernet II	any
IEEE 802.3	any 0xFFFF (novell)
IEEE 802.3 + LLC	subset
IEEE 802.3 + SNAP	0xAAAA

Protocol detection



Ethernet 10Mbps - capa física

	10Base2	10Base5	10BaseT	10BaseFL
Data Rate [Mbps]	10	10	10	10
Señalización	Banda base	Banda base	Banda base	Banda base
Tamaño máximo segmento [m]	185	500	100	2000
Medio físico	50 ohm, thin coax	50 ohm, thick coax	UTP	Fibra óptica
Topología	Bus	Bus	Estrella	Punto a punto

Reseñas históricas de Ethernet

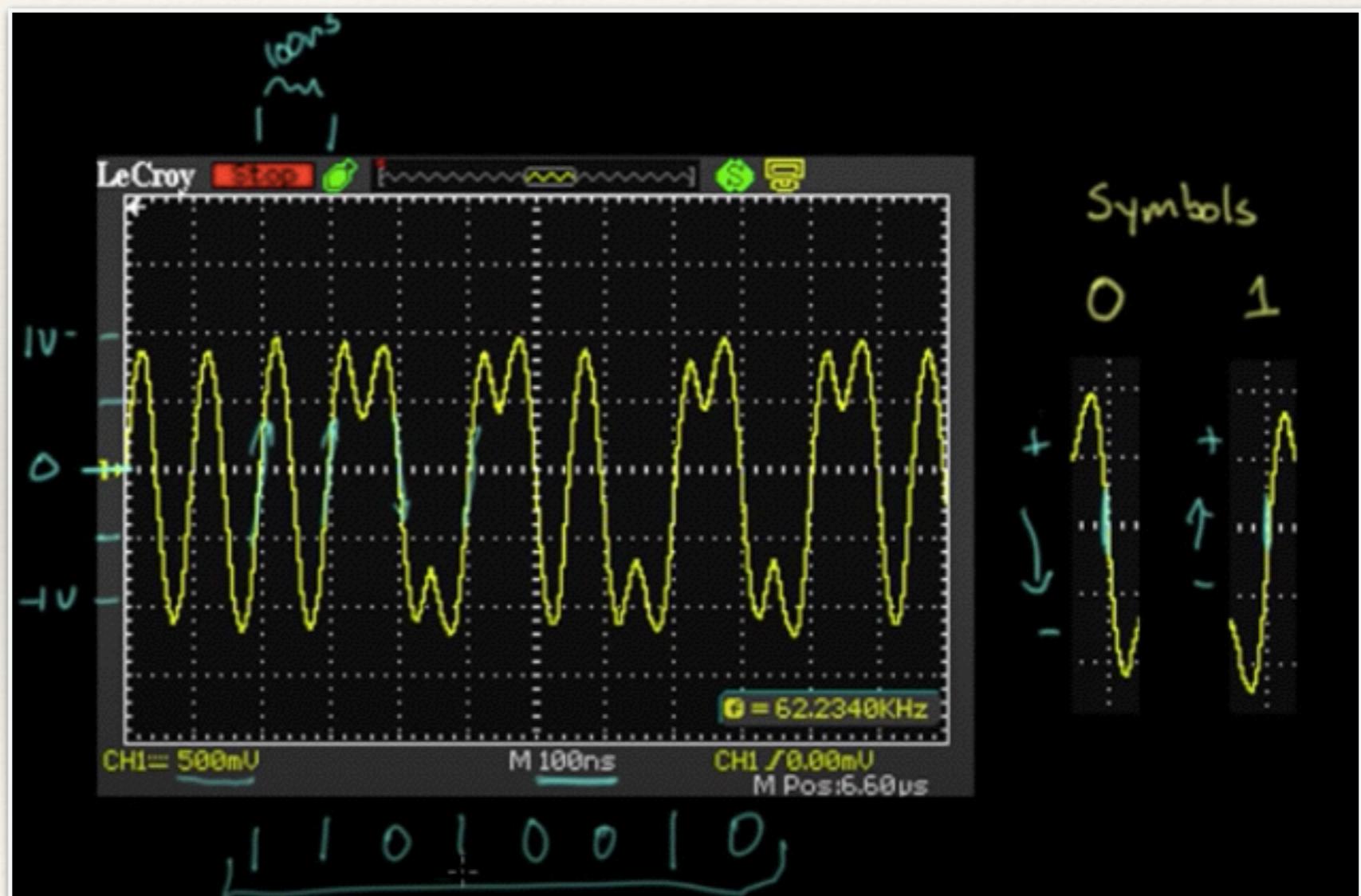
- ❖ 10Base5 vampire tap



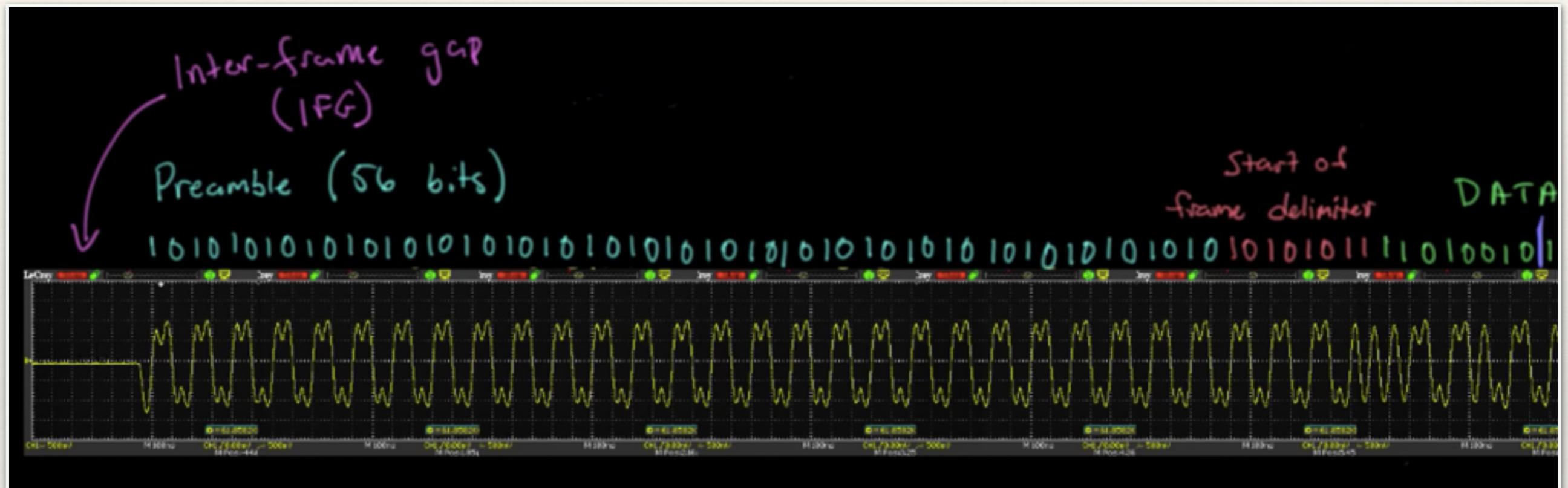
- ❖ Computing Conversations: Bob Metcalfe on the First Ethernet LAN
https://www.youtube.com/watch?v=m_agCPNGOzU

Codificación en 10Base2

- # ❖ Porque somos electrónicos...



Codificación en 10Base2 (cont.)

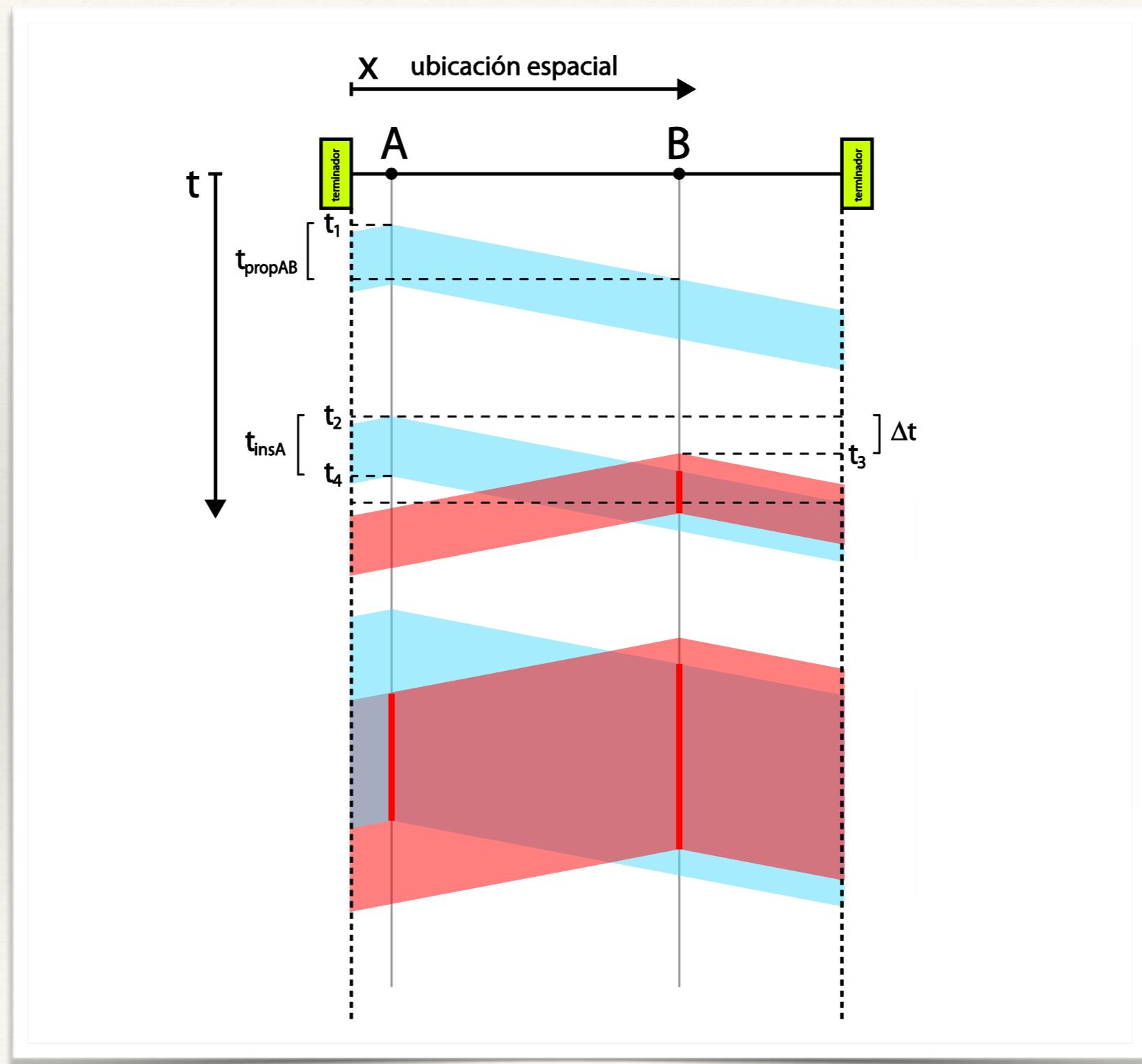


- ❖ fuente: Youtube / Ben Eater channel / Networking tutorial

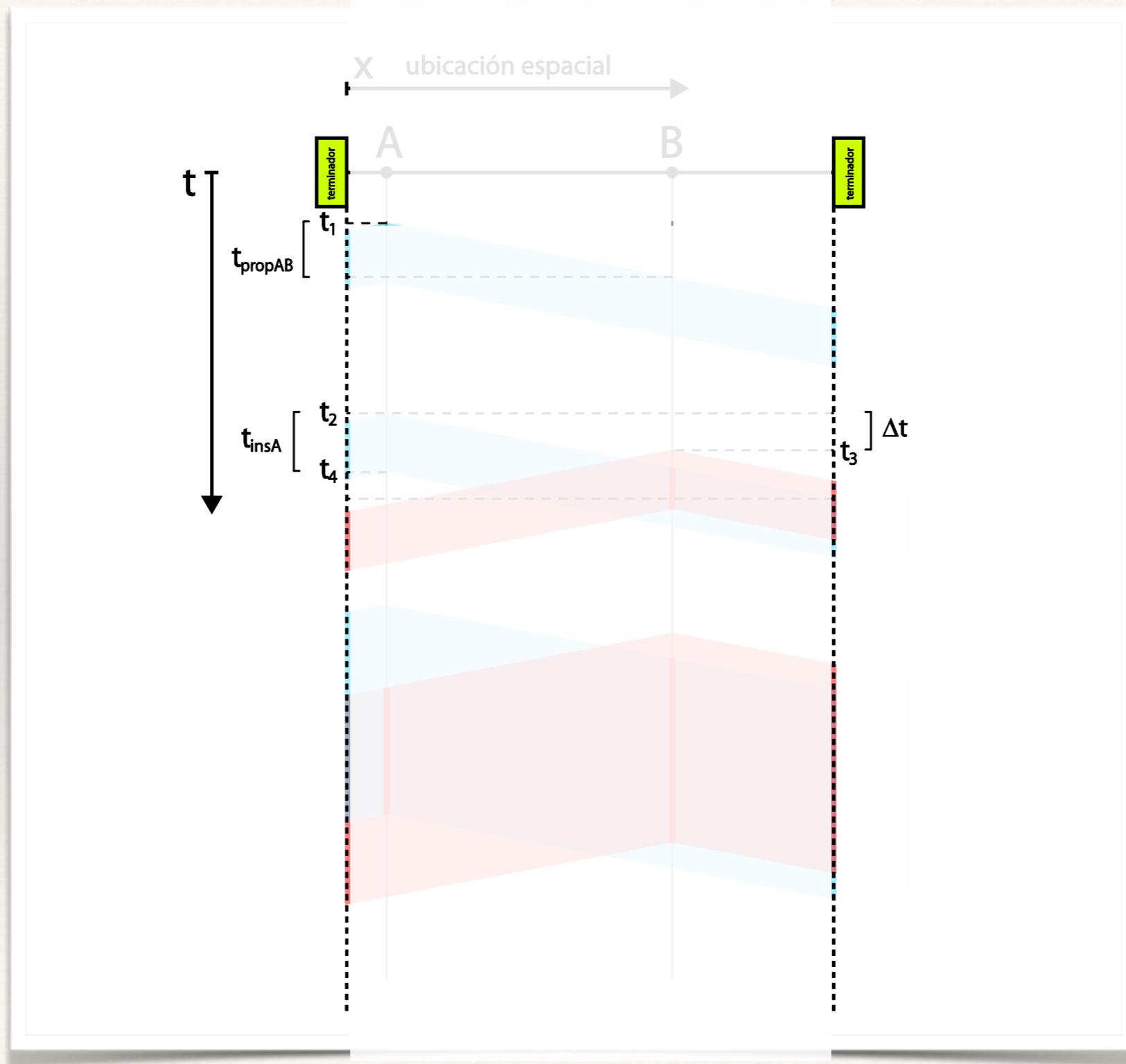
Ethernet: Acceso al medio

- ❖ CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
 - ❖ detección de colisiones
 - ❖ algoritmo de back-off exponencial
 - ❖ longitud de trama mínima
 - ❖ extensión máxima de segmento

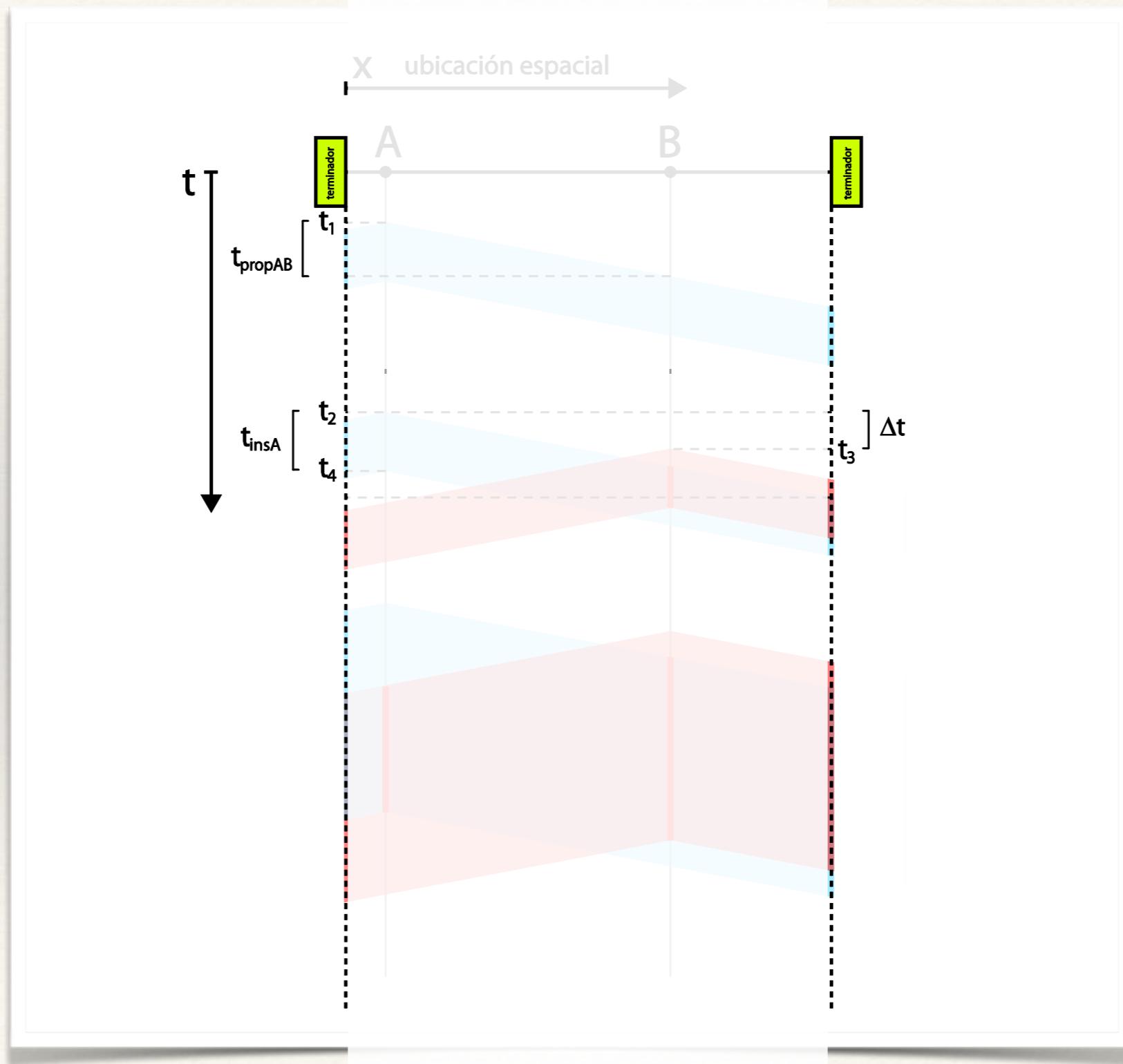
CSMA/CD: señales en el bus



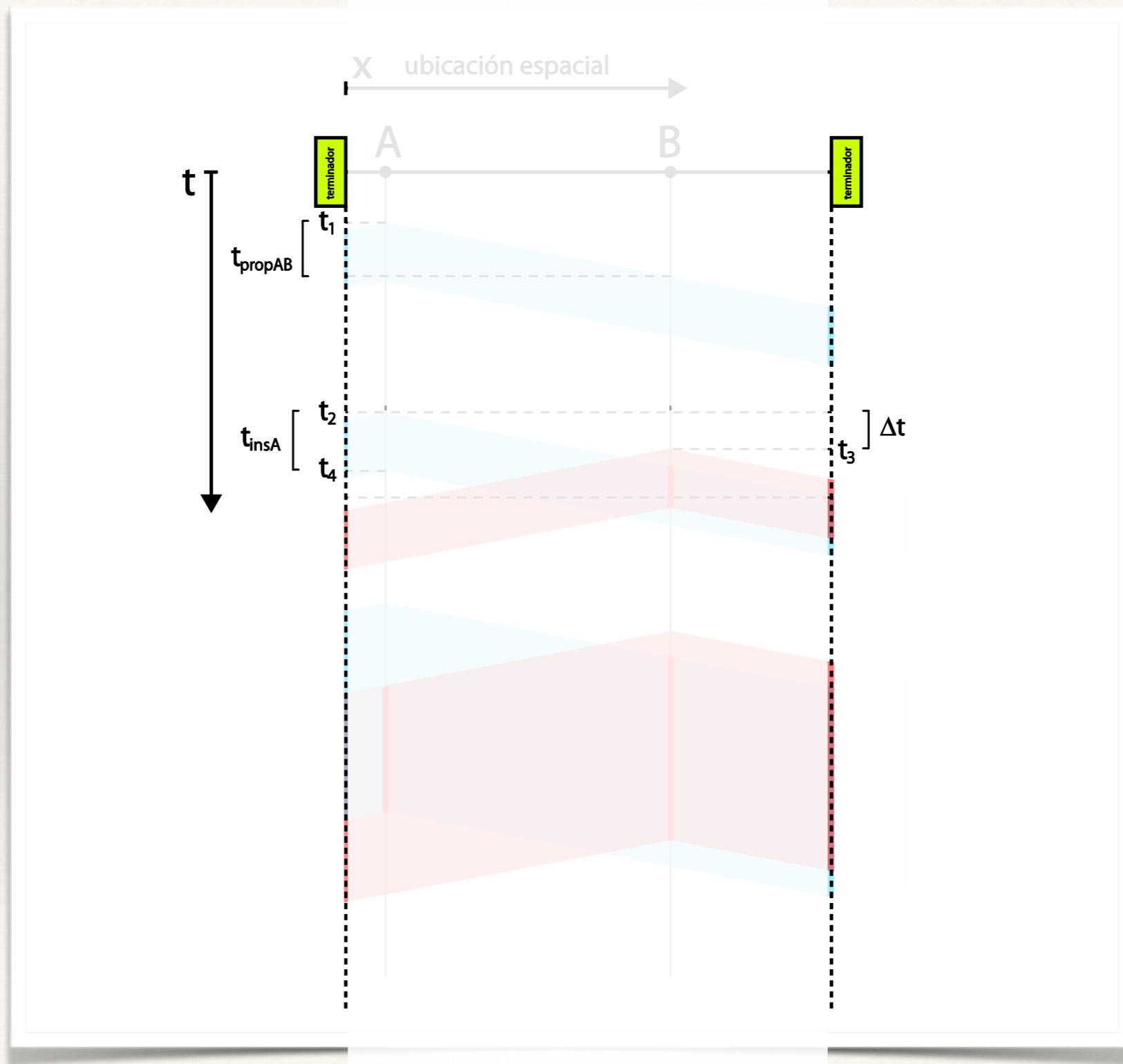
CSMA/CD: señales en el bus



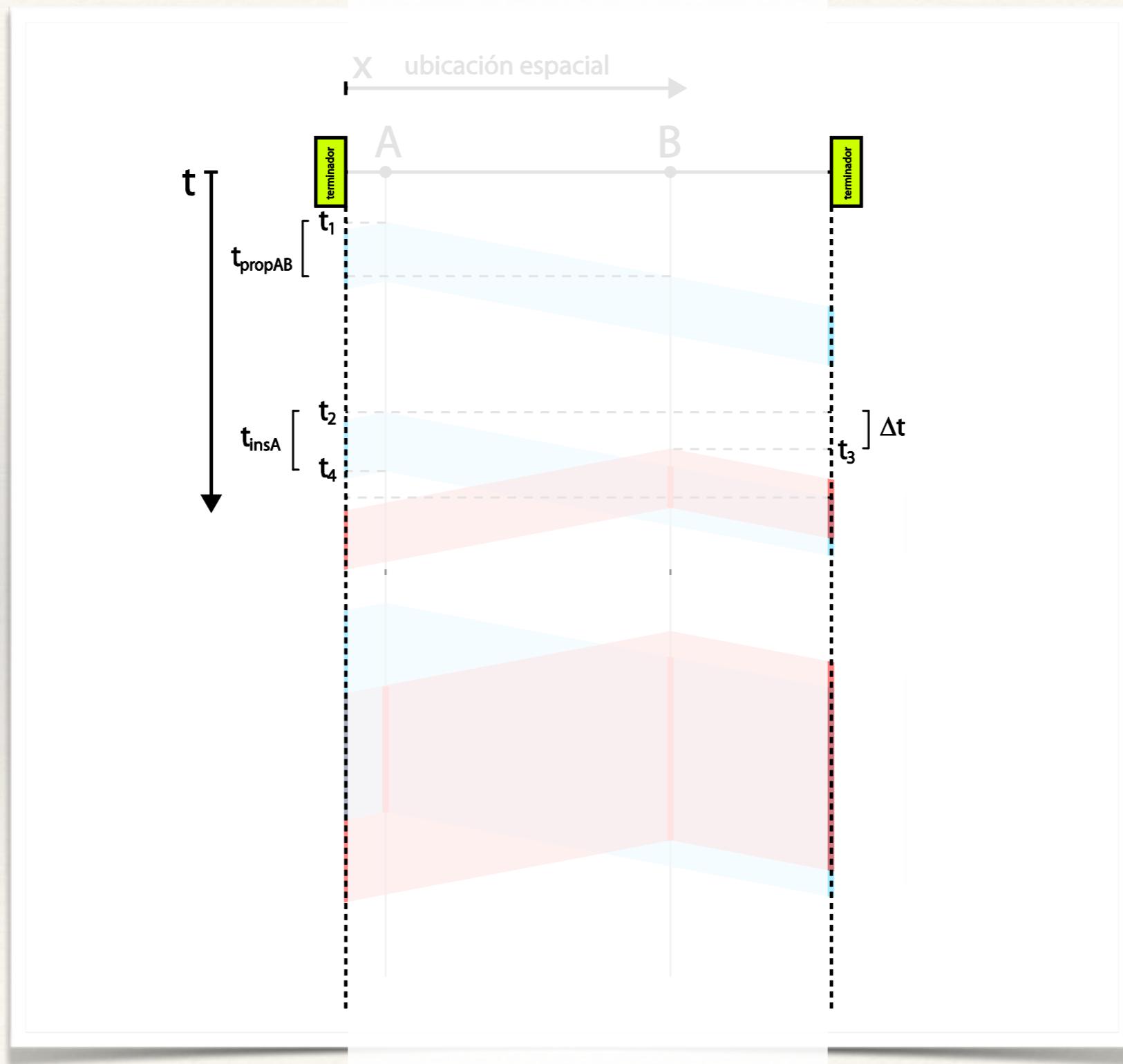
CSMA/CD: señales en el bus



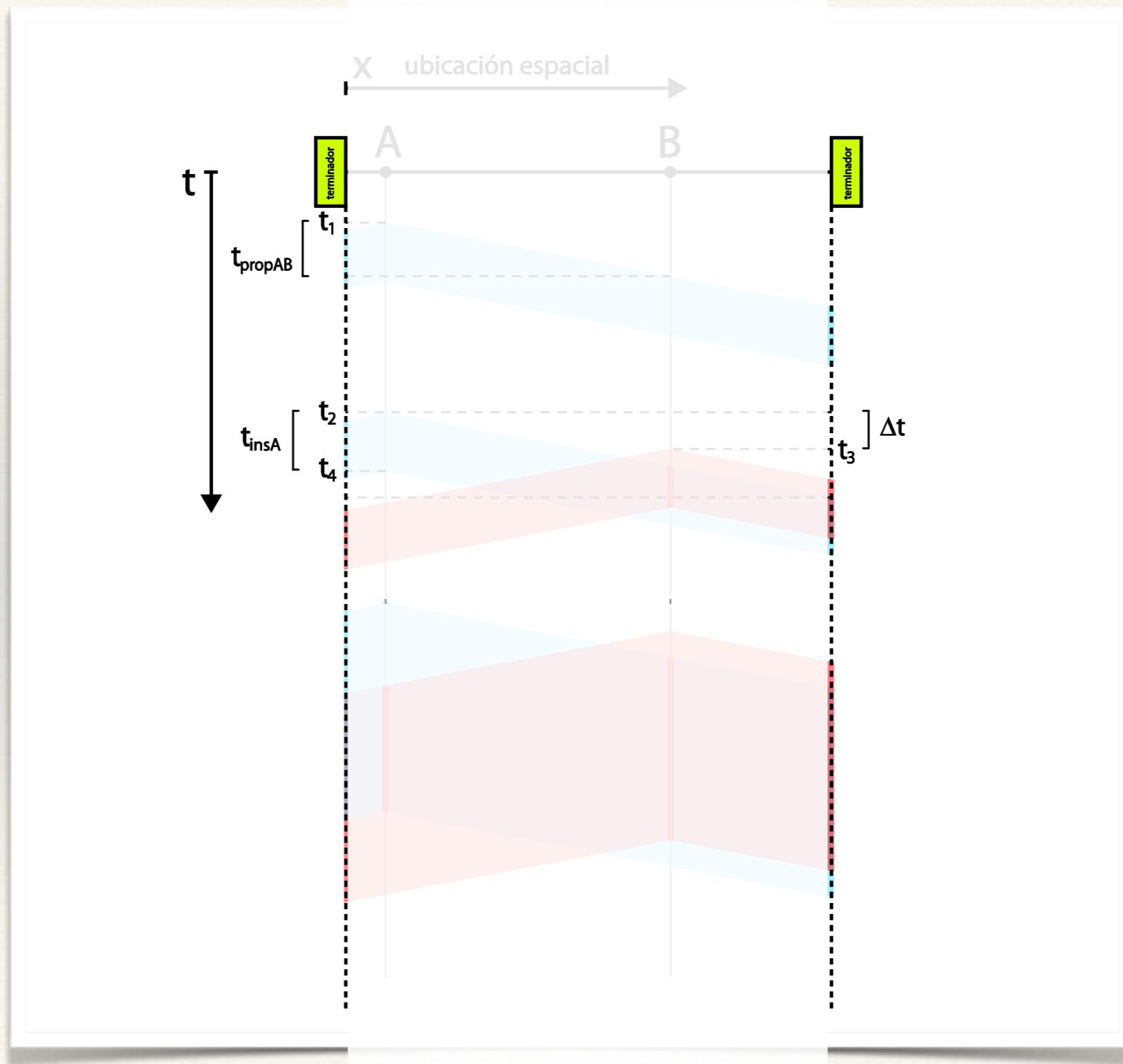
CSMA/CD: señales en el bus



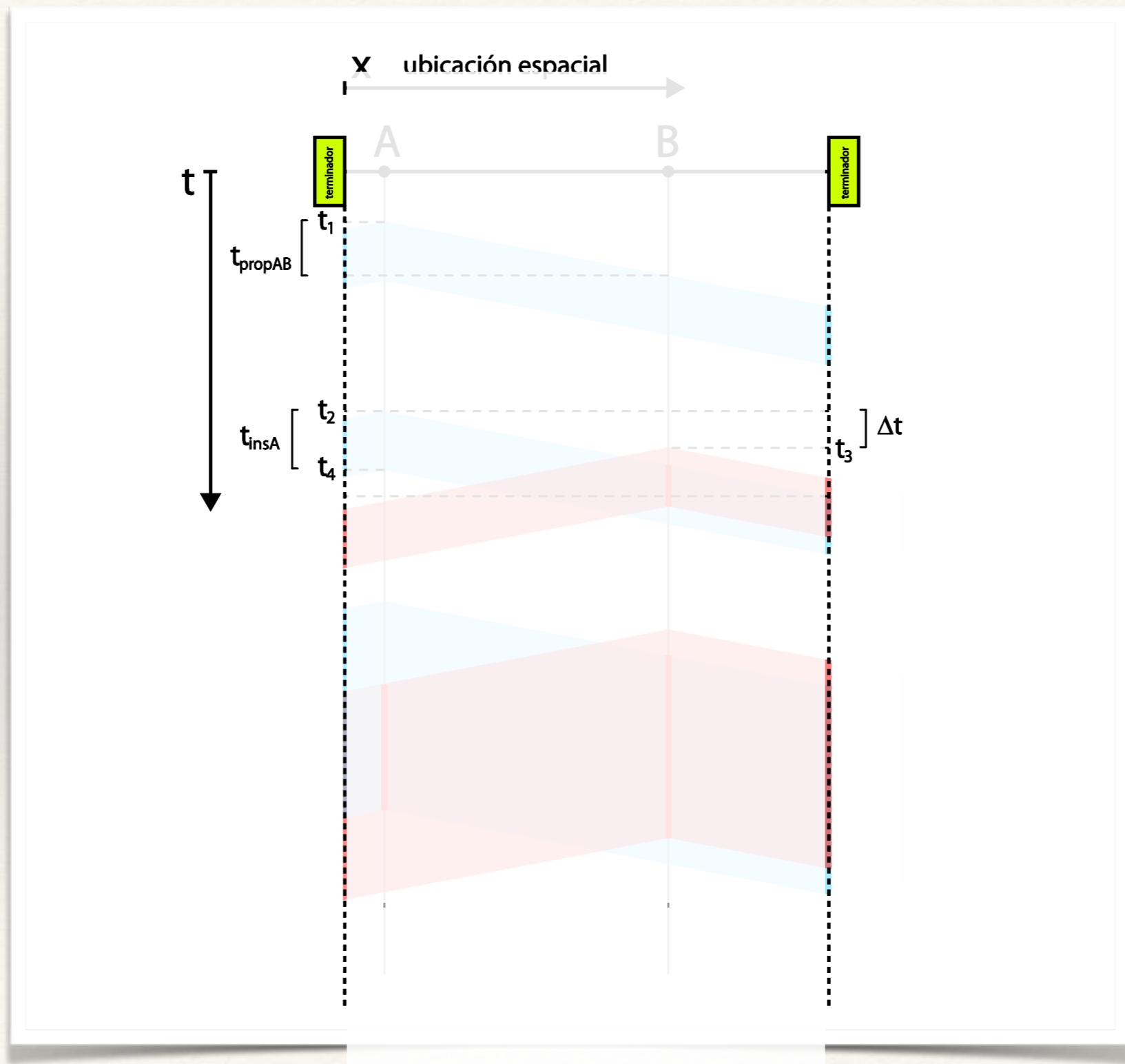
CSMA/CD: señales en el bus



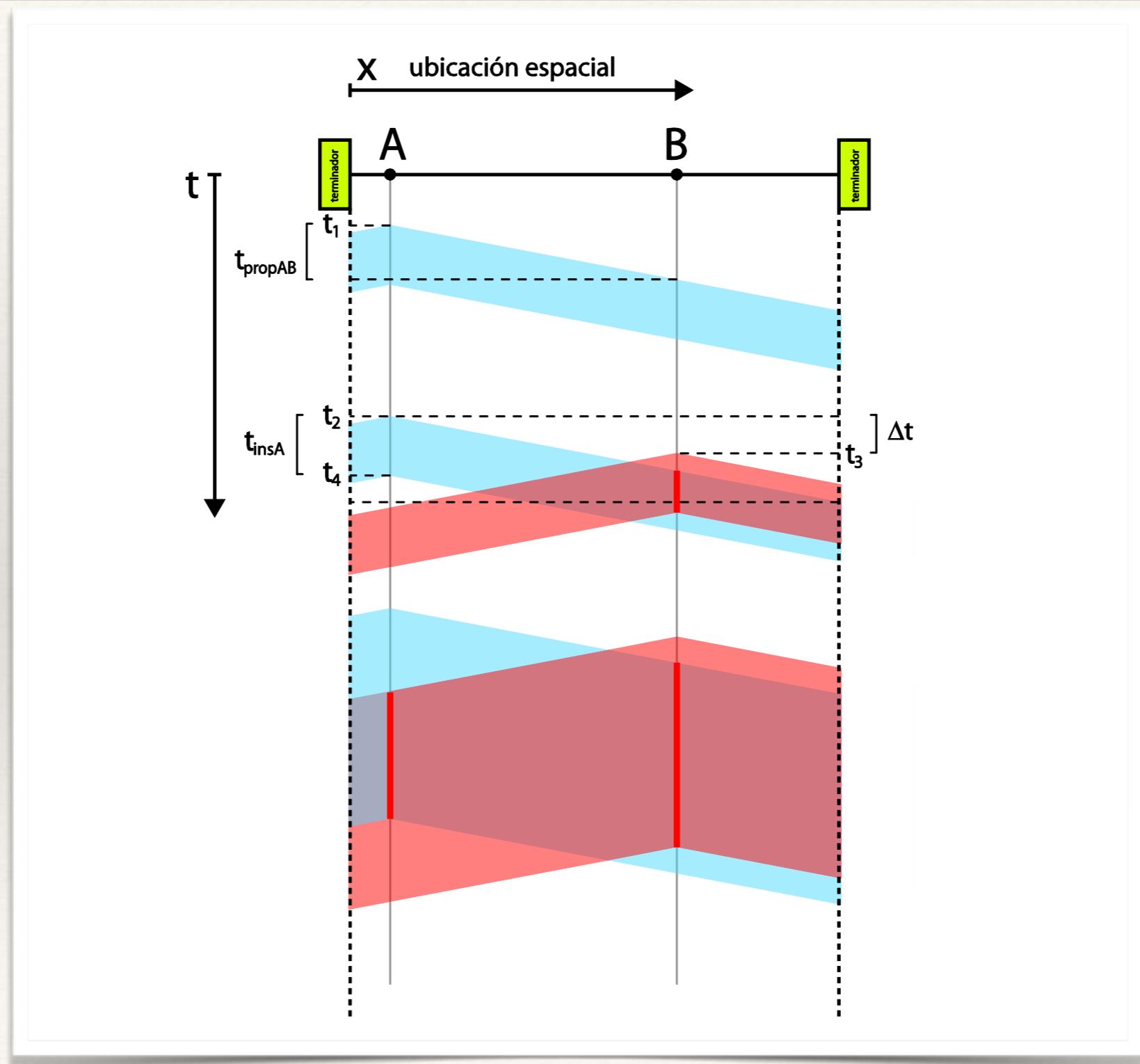
CSMA/CD: señales en el bus



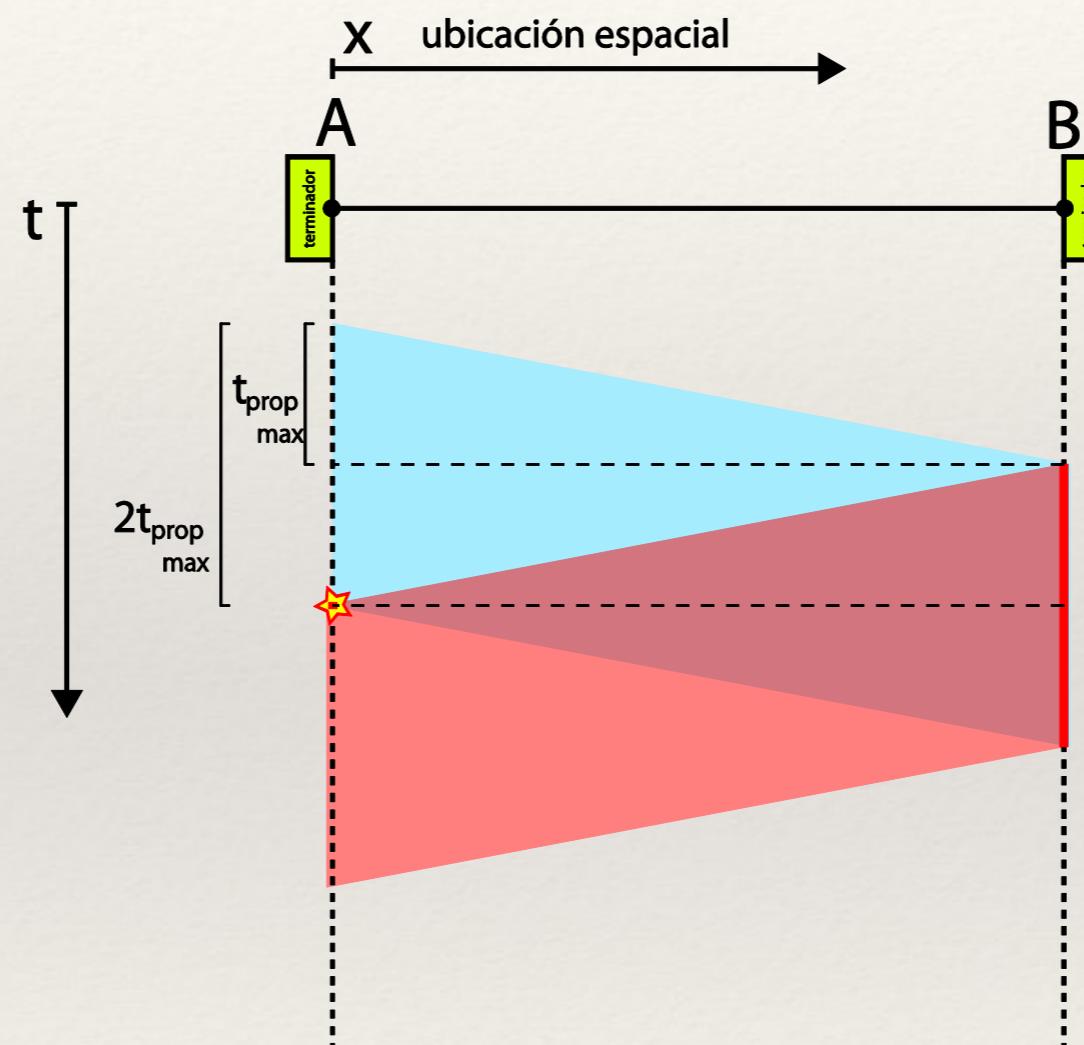
CSMA/CD: señales en el bus



CSMA/CD: señales en el bus



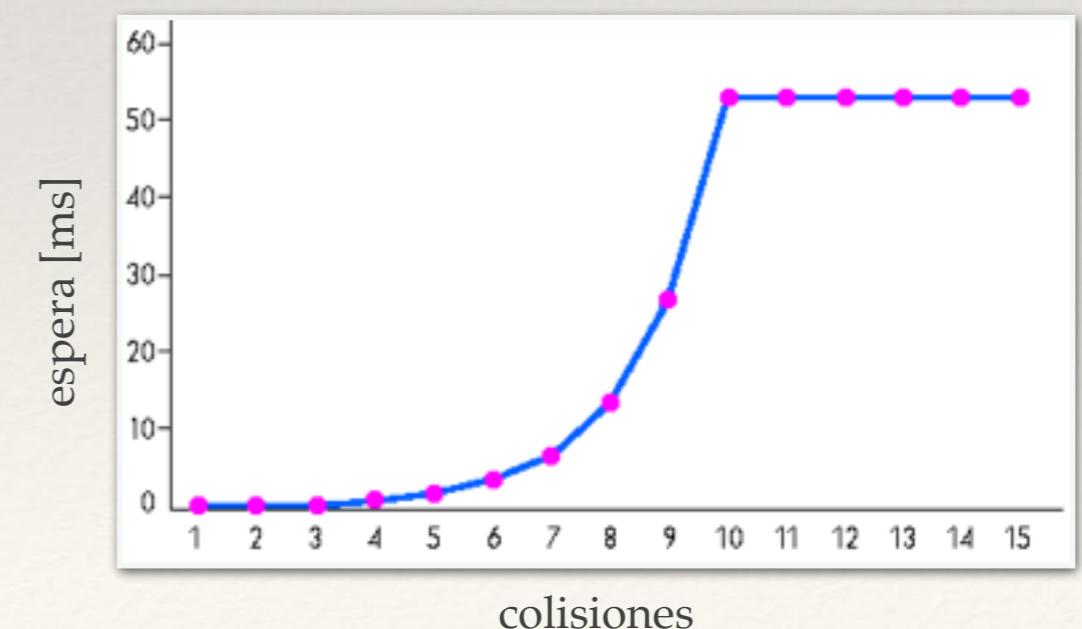
CSMA/CD: Por qué trama mínima



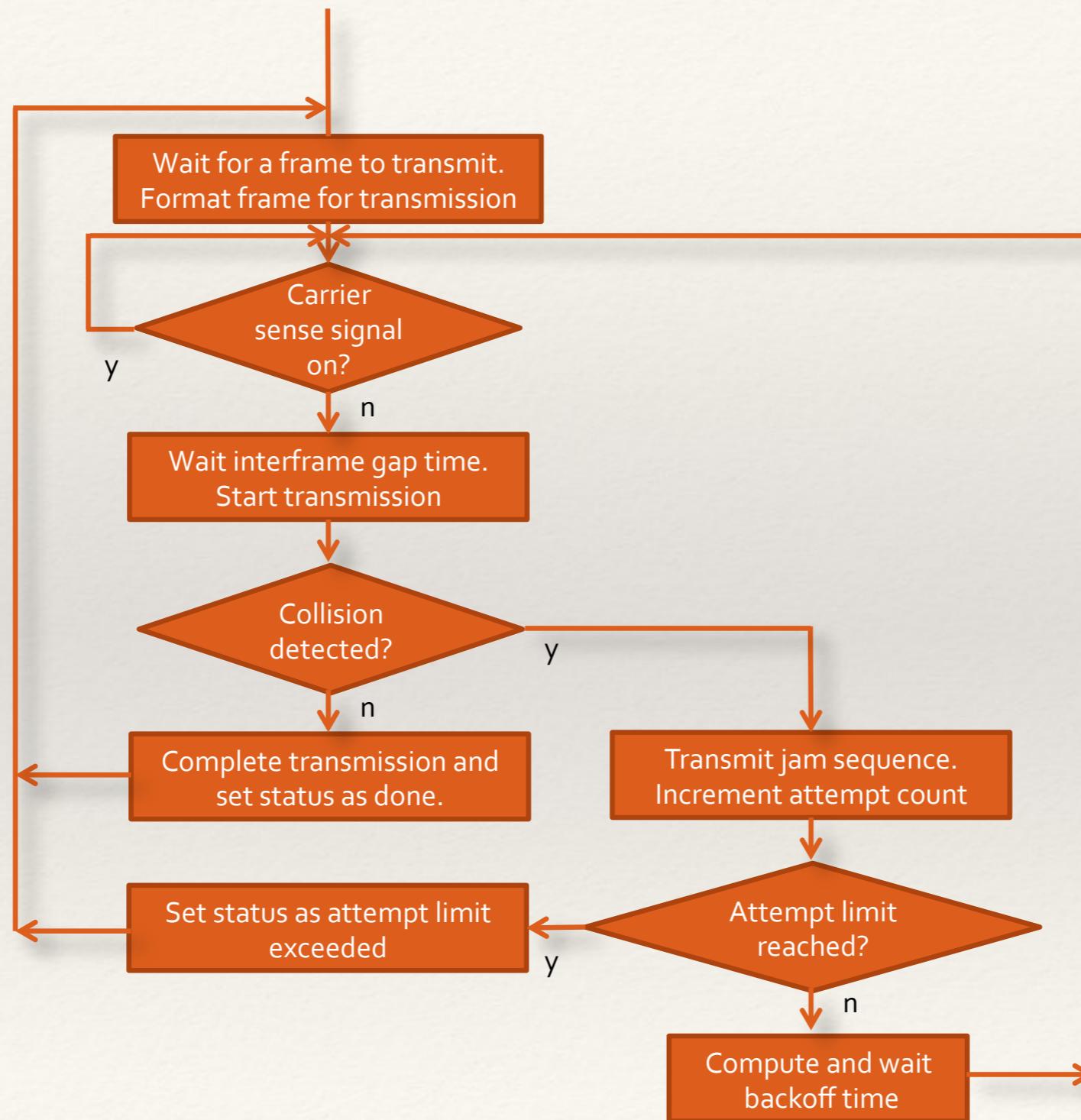
CSMA/CD: algoritmo de back-off

- ❖ La retransmisión se realiza siguiendo un algoritmo de back-off exponencial binario truncado
- ❖ En el N-ésimo intento de retransmisión la estación elige retransmitir tras esperar un número aleatorio entero de slot times, R, donde
$$0 \leq R \leq 2^K - 1$$
$$K = \min(N, \text{Backoff limit})$$

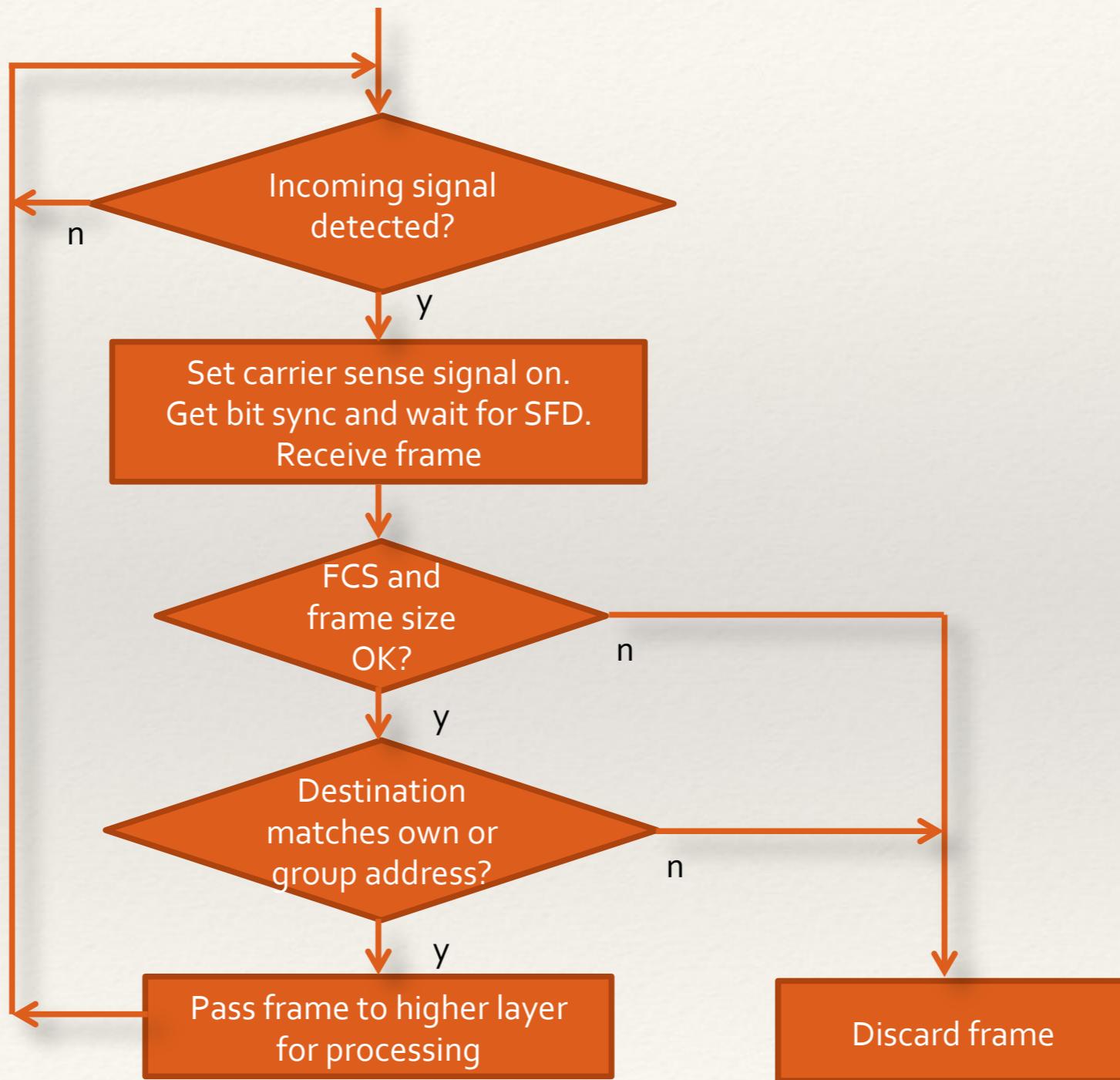
Bit Rate	10 Mbps
Slot time	512 bit times
Interframe gap	96 bits
Attempt limit	16
Backoff limit	10
Jam size	32 bits
Max frame size	1518 octets
Min frame size	64 octets



CSMA/CD: Operación Transmisor



CSMA/CD: Operación Receptor

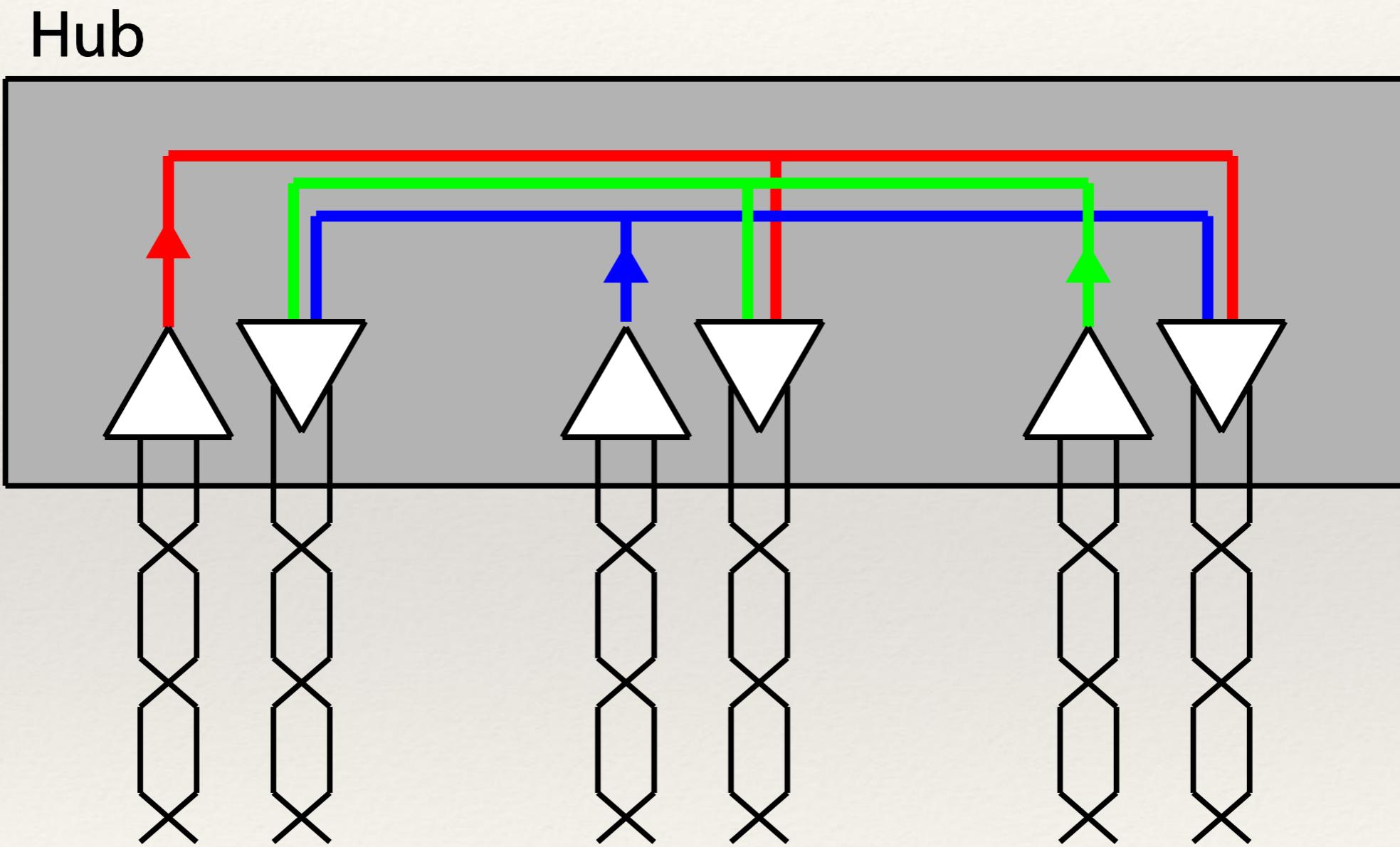


High speed LANs

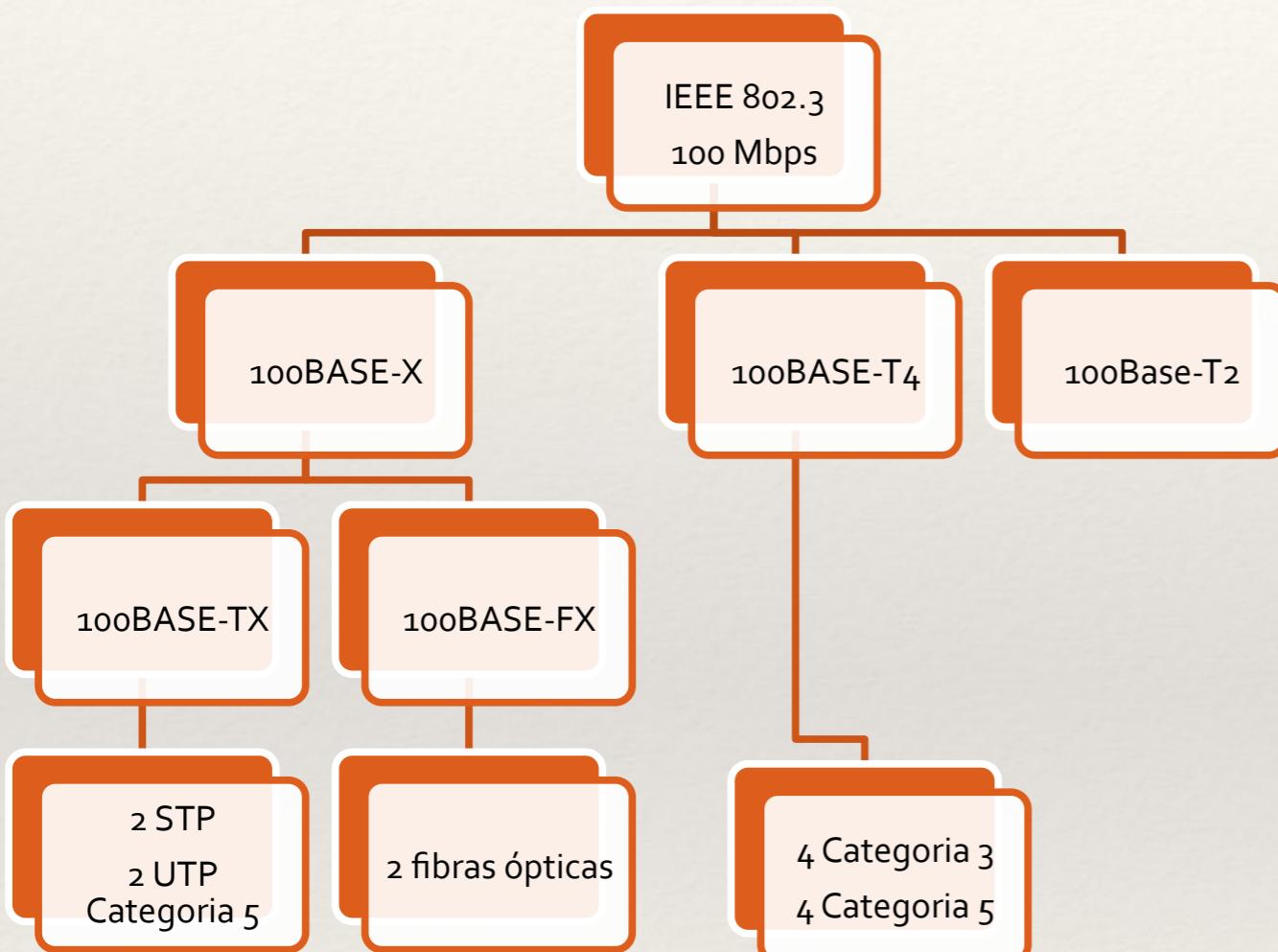
- ❖ FastEthernet (IEEE 802.3u - 1995)
 - ❖ Medio compartido usando Hub
 - ❖ Switched Ethernet
- ❖ GigabitEthernet (IEEE 802.3z, 802.3ab et al)
- ❖ 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae - ... - 802.3 2012)
- ❖ FDDI (Fiber Distributed Data Interface)



Medio compartido usando Hub



Switched Ethernet



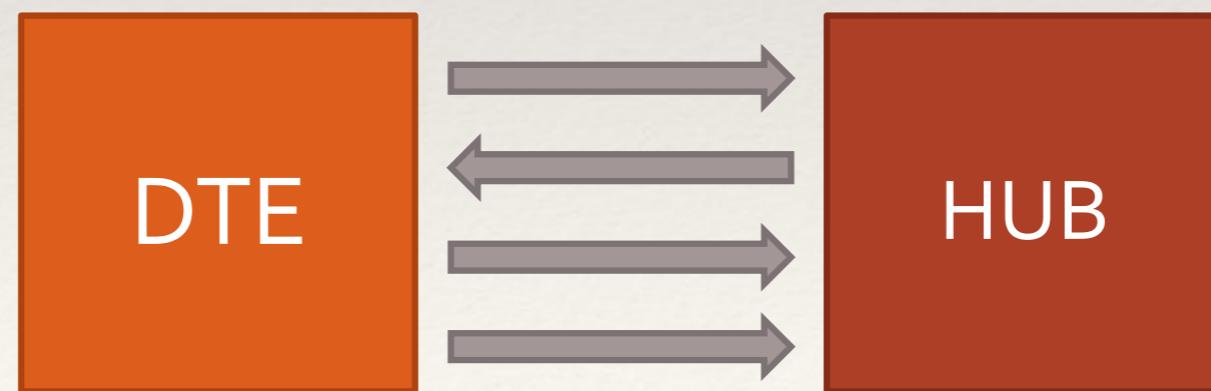
Nombre	Cable	Máx. segm.	Ventajas
100Base-T4	Twisted Pair	100 m	UTP cat 3
100Base-TX	Twisted Pair	100 m	Full duplex 100 Mbps
100Base-FX	Fibra óptica	2000 m	Full duplex 100 Mbps Larga distancia

100Base-T2 usaba 2 pares, 5 niveles y UTP cat 3
pero perdió la pelea frente a 100Base-TX

Switched Ethernet - 100Base-T4

- ❖ Problema: transmitir a 100 Mbps sobre Twisted-pair
- ❖ 100Base-T4 usa los **4 pares en paralelo** (3 TX, 1 RX)
- ❖ Utiliza codificación 8B6T (traduce 8 bits en 6 símbolos ternarios) para reducir la tasa de baudios / par a menos de 30 Mbaudios

$$(100 \times (6/8))/3 = 25 \text{ Mbaudios}$$



Switched Ethernet - 100Base-X

100Base-X

- ❖ usa un sólo twisted pair para transmisión (pero de mayores especificaciones) (o un par de fibras ópticas) por eso la X

100Base-FX

- ❖ utiliza codificación 4B5B como se utiliza en FDDI
- ❖ Máxima longitud de segmento (Full-duplex : 2000 m, Half-duplex: 412 m)

100Base-TX

- ❖ usa Shielded Twisted Pair (STP) con un esquema de modulación MLT-3 (Multi Level Transition with 3 levels)
- ❖ Codificación 4B / 5B, es decir que para 100 Mbps de datos requiere 125 Mbps de “media-speed”
 - ❖ Es útil para crear códigos de control
 - ❖ “I” (idle) = 11111, Start of frame, End of frame
- ❖ 32 símbolos, sólo se usan 16 p/datos, 1 p/idle, 2 p/SoF, 2 p/EoF
- ❖ MLT-3 reduce la frecuencia de símbolos $\frac{1}{4}$ (otros: se usa scrambling debido a EMI)

GigabitEthernet - 1000Base-T

1000Base-T

- ❖ 125 MHz signalling rate
- ❖ Transmite y recibe en los 4 pares (como 100Base-T4)
 - ❖ **$4 \times 125 \text{ Mbaudios} = 500 \text{ Mbaudios}$**
- ❖ Usa multilevel-signalling PAM5 (como 100Base-T2)
 - ❖ **$2 \text{ bits/baudio} \times 500 \text{ Mbaudios} = 1000 \text{ Mbps}$**
- ❖ Permite transmisión bidireccional simultánea (como 100Base-T2) en los 4 pares
 - ❖ Full-duplex a 1000 Mbps

Codificación

- ❖ 4D-PAM5 y además usando un código convolucional Trellis
- ❖ 5^4 pares = 625 posibles símbolos, pero sólo necesito 256 (8bits a 125 MHz)
 - ❖ Símbolos extra utilizados para control

TenGigabitEthernet - IEEE 802.3ae

Objetivos

- ❖ Solamente full duplex
- ❖ Especificaciones de capa física
 - ❖ Al menos 300m sobre MMF ya instaladas
 - ❖ Al menos 65m sobre MMF
 - ❖ Al menos 2km sobre SMF
 - ❖ Al menos 10km sobre SMF
 - ❖ Al menos 40km sobre SMF

Dos familias de PHY

- ❖ LAN PHY operando a 10Gbps
- ❖ WAN PHY operando a una tasa compatible con la tasa de payload rate de OC-192c/SDH VC-4-64c

TenGigabitEthernet - Capa física

10G Base-LX4

- ❖ X=WDM LAN(Wave Division Multiplexing – 4 wavelengths on 1 fiber)

10G Base-SR / -LR / -ER (R=Serial LAN using 64B/66B coding (LAN Application))

- ❖ 64B/66B tiene 3.125% overhead, por eso 10Gbps sólo requieren 10.3125Gbps

10GBase-KX4 (K=backplane)

- ❖ Sobre 4 backplanes de cobre con una distancia de hasta 1 metro

10GBase-KR

- ❖ Sobre 1 backplane con una distancia de hasta 1 metro

Longitudes de onda
S=850nm
L=1310nm
E=1550nm

10GBase-T

- ❖ UTP Categoria 6 (Cat6) y Categoria 6A (Cat6A) con una distancia de hasta 100 metros

10G Base-SW/ -LW / -EW (W=Serial WAN –SONET OC-192c compatible speed / framing)

- ❖ 9.29419 Gbps porque es el payload de OC-192c 9.95328 Gbps

TenGigabitEthernet - Capa física (2)

10GBase-CX4

- ❖ InfiniBand 4X twinaxial 8-pair (15 metros)

10GBase-T

- ❖ UTP cat 6 o cat 6a (55 ó 100 metros)

10GBase-PR

- ❖ Passive Optical Networks (PON)

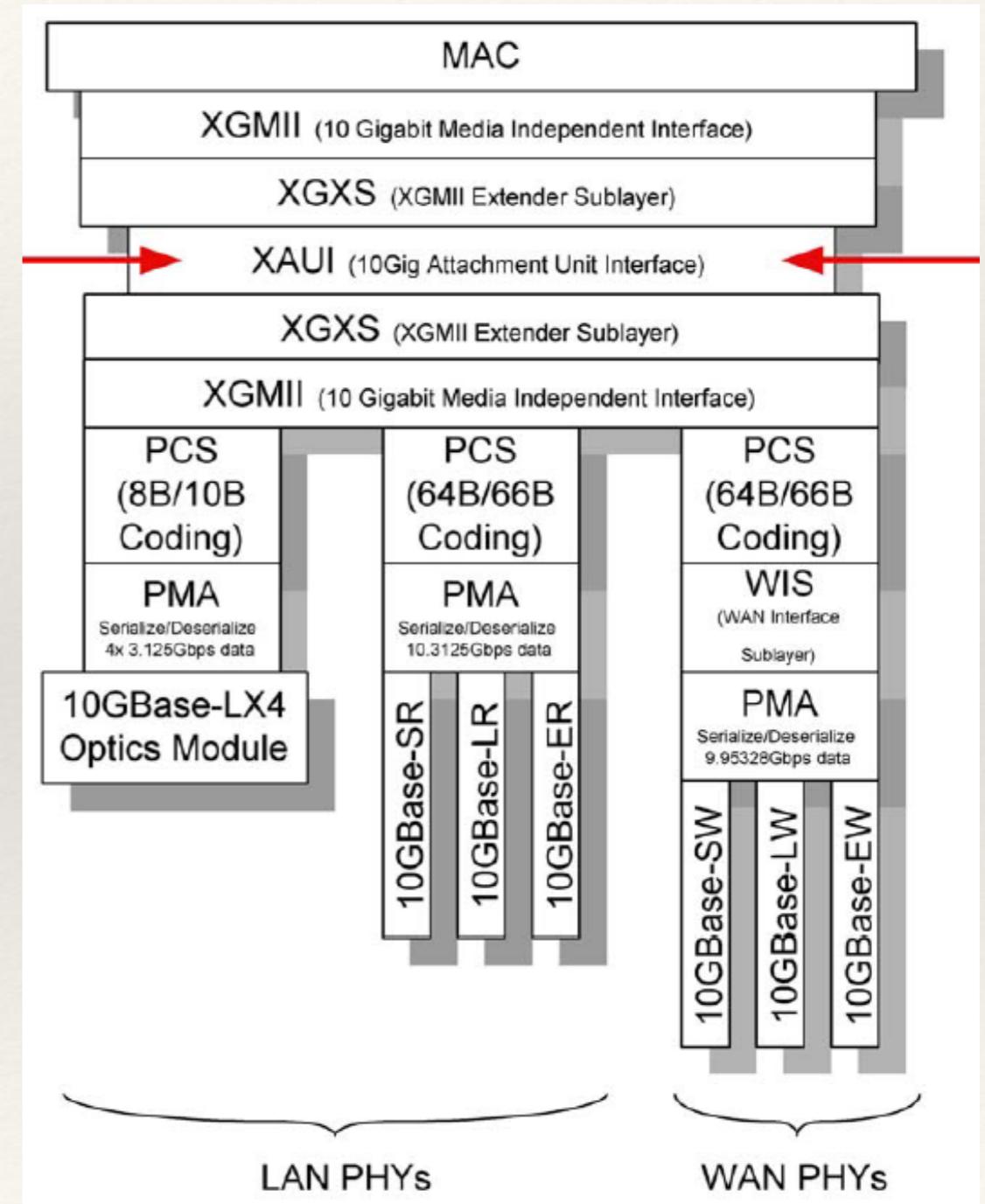
10GBase-ZR (fuera de norma)

- ❖ 80 km de alcance

Interfaz	Tipo	Codificación	Long. Onda	Medio	Distancia
10GBase-LX4	WWDM	8b/10b	1310nm	MMF o SMF	300m o 10km
10GBase-SR	Serial	64b/66b	850nm	MMF	65m
10GBase-LR	Serial	64b/66b	1310nm	SMF	10km
10GBase-ER	Serial	64b/66b	1550nm	SMF	40km
10GBase-ZR	Serial	64b/66b	1550nm	SMF	80km
10GBase-SW	Serial	64b/66b SONET	850nm	MMF	65m
10GBase-LW	Serial	64b/66b SONET	1310nm	SMF	10km
10GBase-EW	Serial	64b/66b SONET	1550nm	SMF	40km
10GBase-CX4	?	8b/10b	-	8 pair twinax	15m
10GBase-T	?	64b/65b	-	cat 6 o 6a	55m o 100m
10GBase-PR	?	64b/66b	1270 nm / 1577 nm	SMF	20km

TenGigabitEthernet – MII

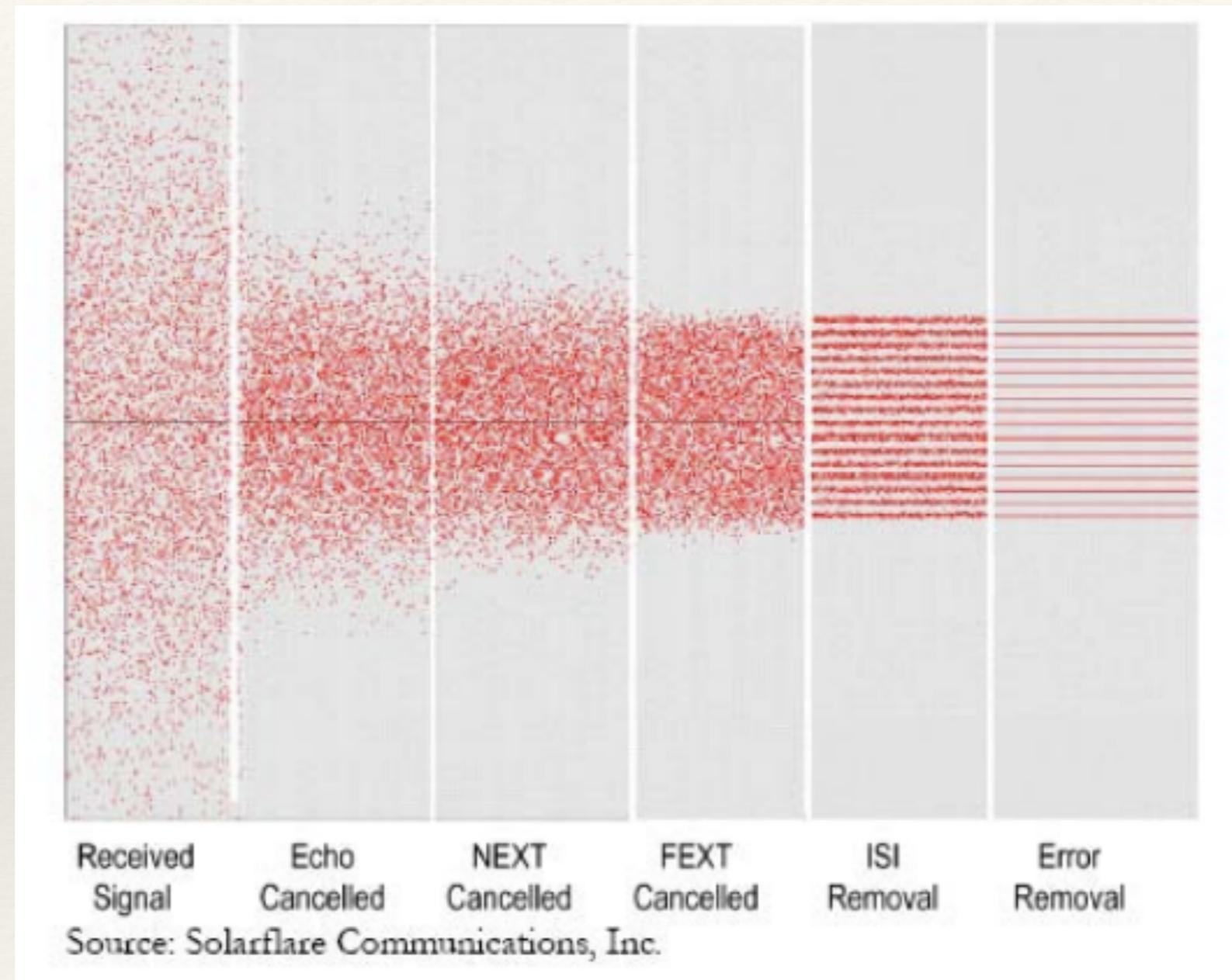
- ❖ XGMII
- ❖ XAUI será la base para Hot-Plug



10GBase-T

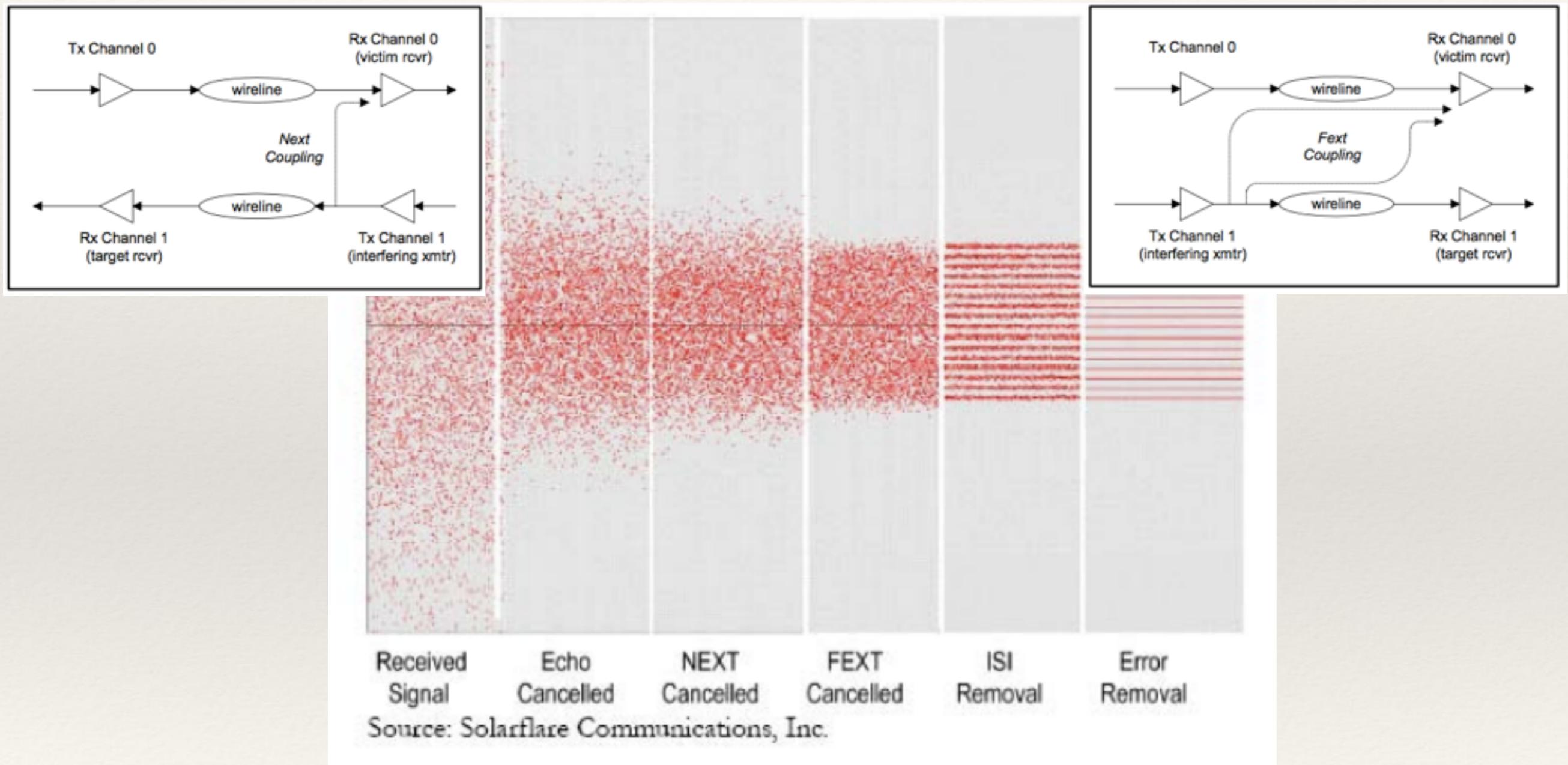
- ❖ Supports 64B/65B signal encoding type
- ❖ supports transmission over twisted pair cabling
- ❖ Baseband 16 level PAM signalling, 3.125 information bits / symbol
- ❖ 128-DSQ plus LDPC(2048,1723), Tomlinson-Harashima precoder at Transmitter
 - ❖ 800 Mbaud, less than 500 MHz bandwidth
- ❖ Full duplex echo cancelled transmission
- ❖ FEXT cancellation needed

10GBase-T: procesamiento de señales al rescate



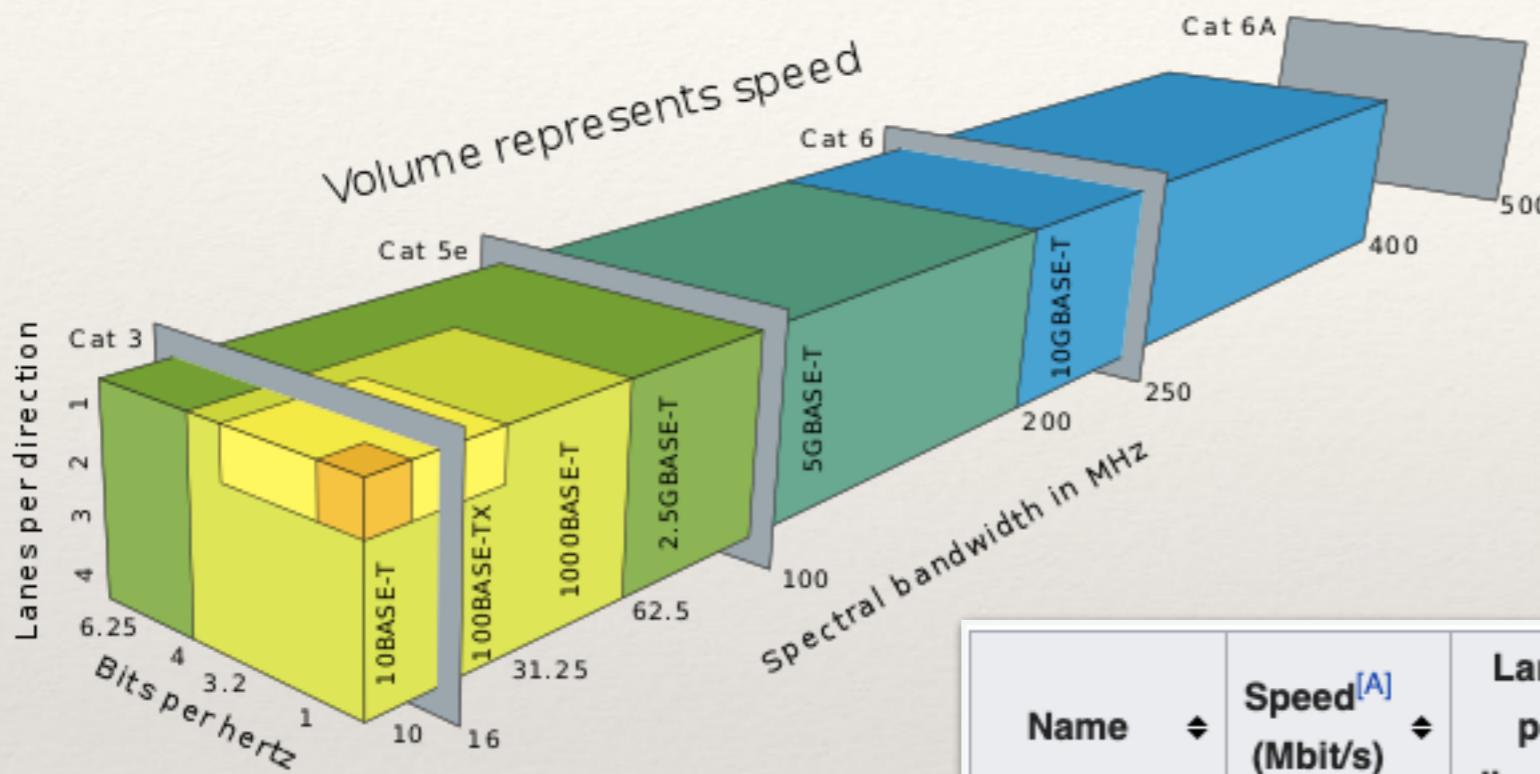
Cabling impairments cancellation stages

10GBase-T: procesamiento de señales al rescate



Cabling impairments cancellation stages

Comparación: Twisted Pair standards



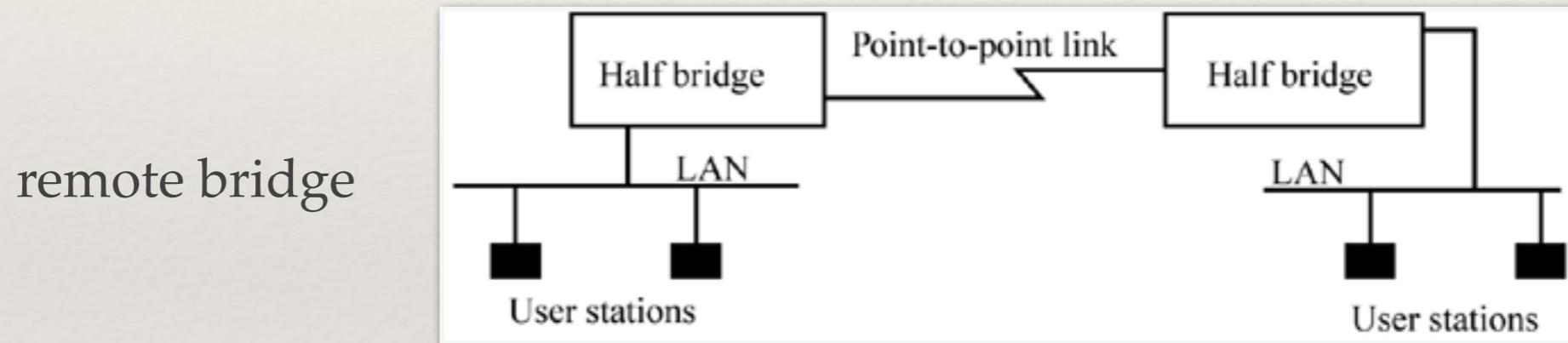
Name	Speed [A] (Mbit/s)	Lanes per direction	Bits per cycle	Spectral bandwidth [B] (MHz)	Cable req. [B]	Cable rating [B] (MHz)
10BASE-T	10	1	1	10	Cat 3	16
100BASE-TX	100	1	3.2	31.25	Cat 5	100
1000BASE-T	1,000	4	4	62.5	Cat 5e	100
2.5GBASE-T	2,500	4	6.25	100	Cat 5e	100
5GBASE-T	5,000	4	6.25	200	Cat 6	250
10GBASE-T	10,000	4	6.25	400	Cat 6A	500

Fundamentos de Bridging/Switching

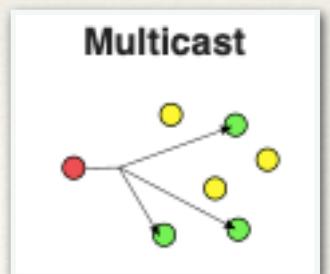
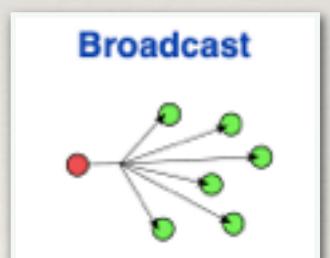
- ❖ Dispositivos de comunicación de datos que operan en la capa 2
- ❖ Decisiones en función de las direcciones MAC
- ❖ Translational, transparent y source-route bridging
- ❖ Local bridges y remote bridges
- ❖ Conceptos
 - ❖ framing, buffering & queueing, learning, filtering, flooding, error control

Características de un bridge

- ❖ Hace **store & forward**
 - ❖ esto permite adaptar medios de distintas velocidades (hace queueing / buffering)
 - ❖ agrega latencia (respecto de un repeater)



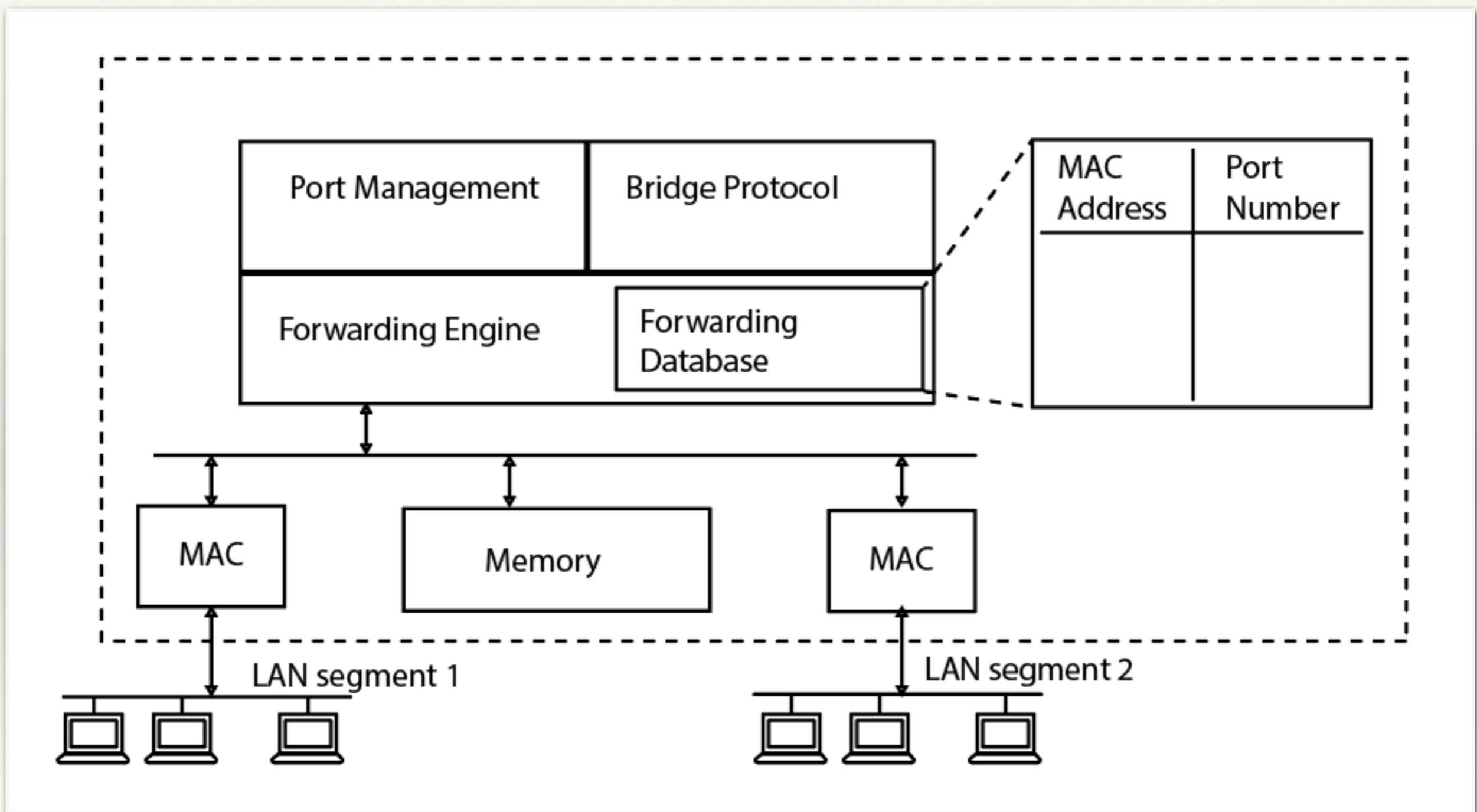
- ❖ debe emular un bus para tramas especiales
 - ❖ broadcast, son copiadas a todos los ports
 - ❖ multicast, a los ports correspondientes (IGMP, CGMP)
 - ❖ **NO** separa dominio de broadcast



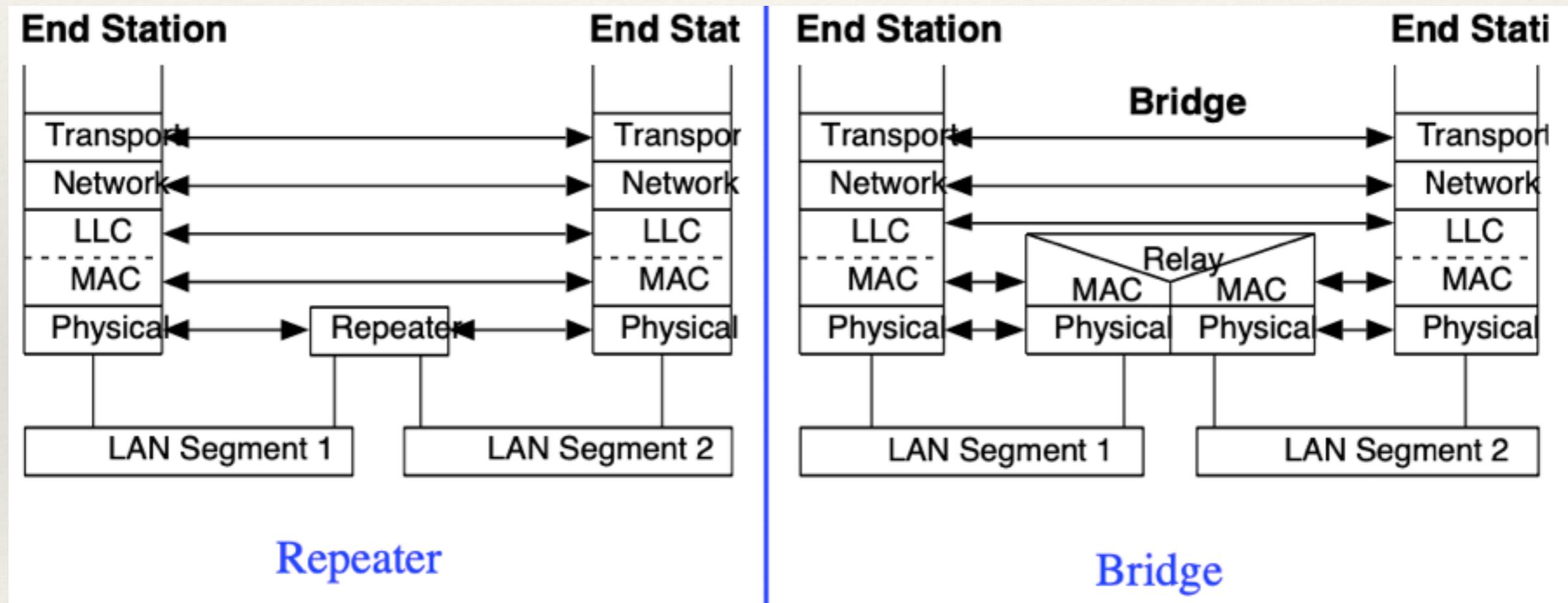
Características de un bridge (2)

- ❖ Hacen **error control** y no hacen forwarding de tramas con errores (delimitan dominios de colisión)
- ❖ Posteriormente, adquirieron la posibilidad de hacer **filtering** (elegir a donde copiar cuáles tramas en función de la *destination MAC address*)
 - ❖ al principio, la asociación (Port, MAC Address) era ingresada manualmente
 - ❖ luego, se hizo de forma dinámica, haciendo **learning** (observando la *source MAC Address*)
 - ❖ si todavía no conoce en qué Port está una MAC Address debe emular un bus, entonces hace **flooding**
 - ❖ hacer **filtering** permite obtener un mayor ancho de banda global (para ello, el backplane del switch o su fabric deben tener $BW \gg BW_{\text{del_port}}$)

Fundamentos de Bridging/Switching

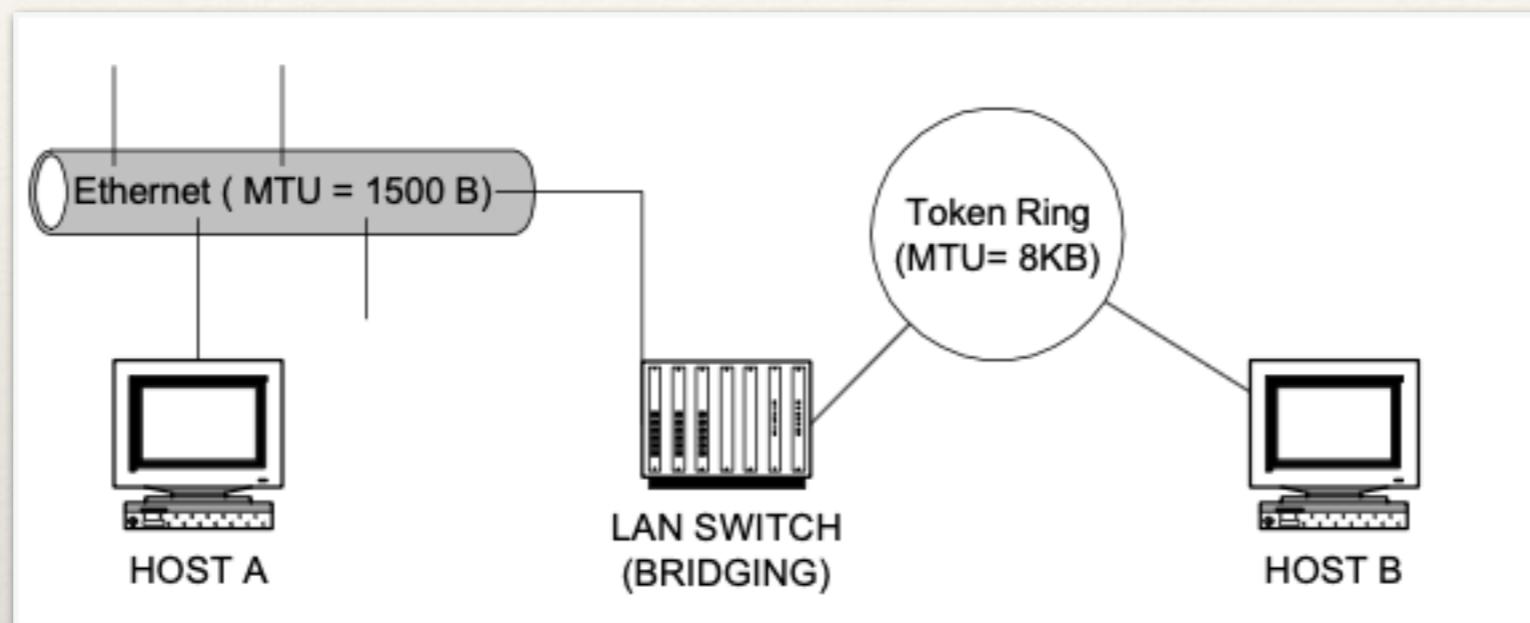


Fundamentos de Bridging/Switching



Fundamentos de Bridging/Switching

- ❖ translational bridging (obsoleto)

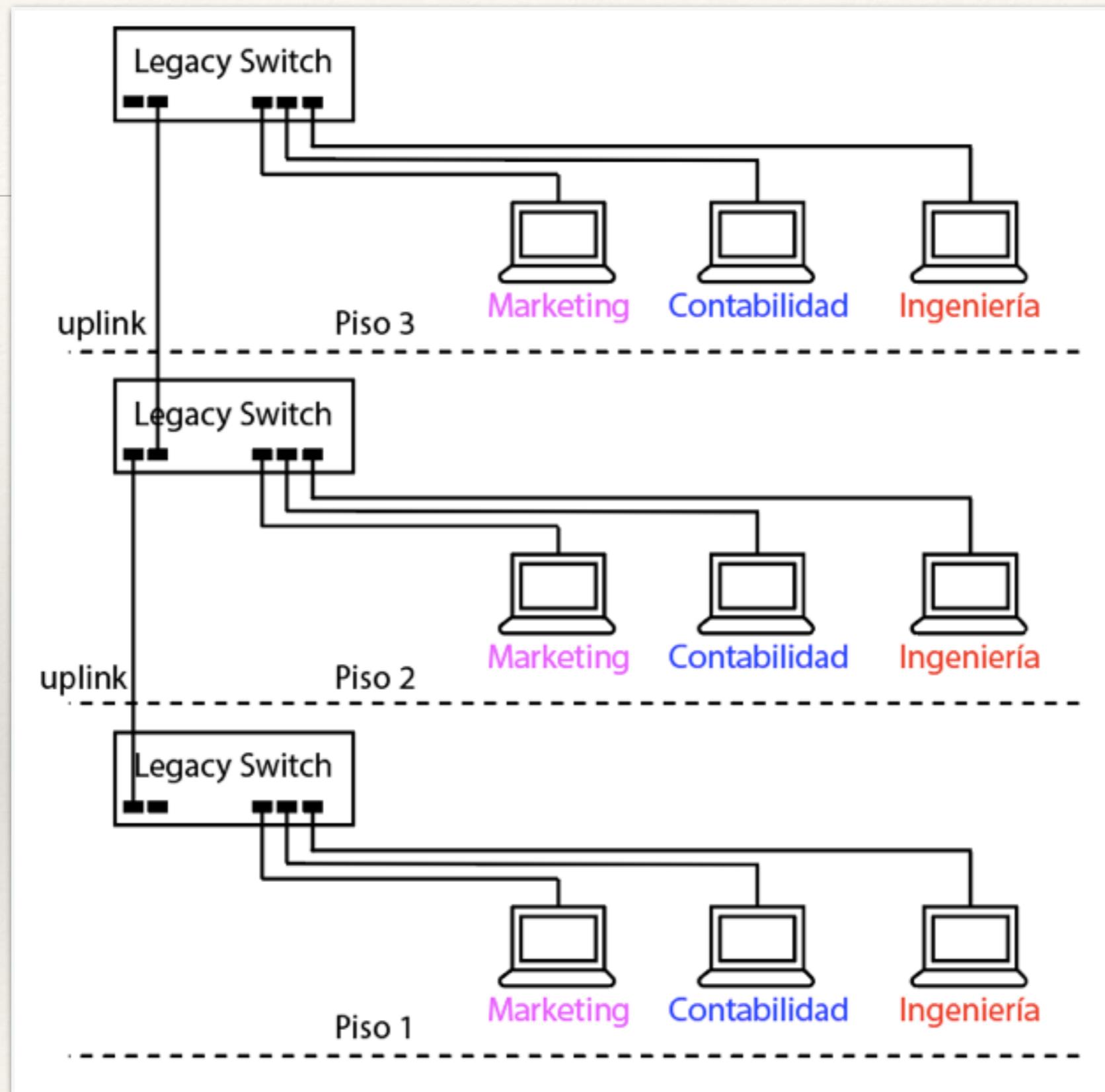


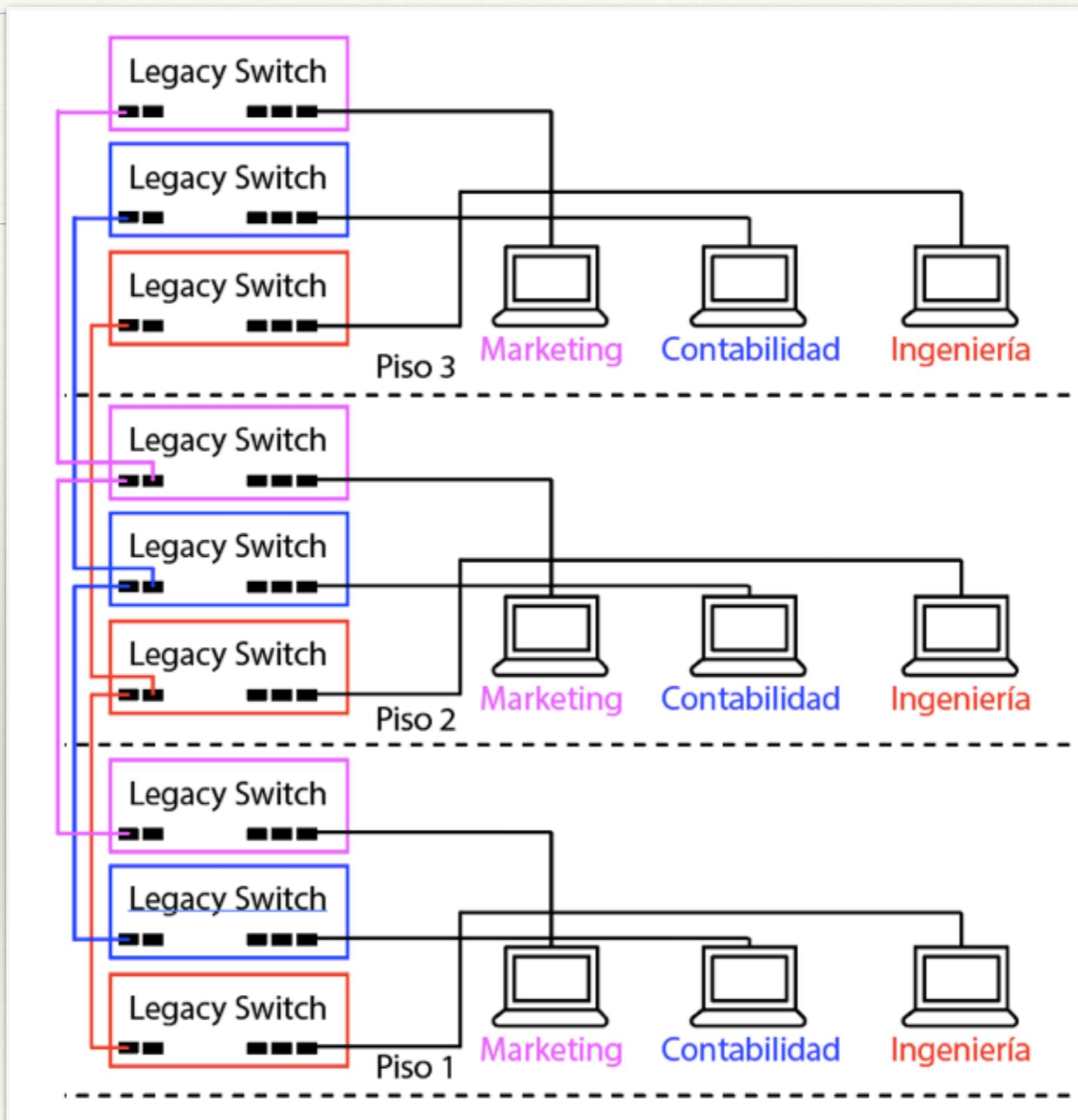
Repeating, switching y routing

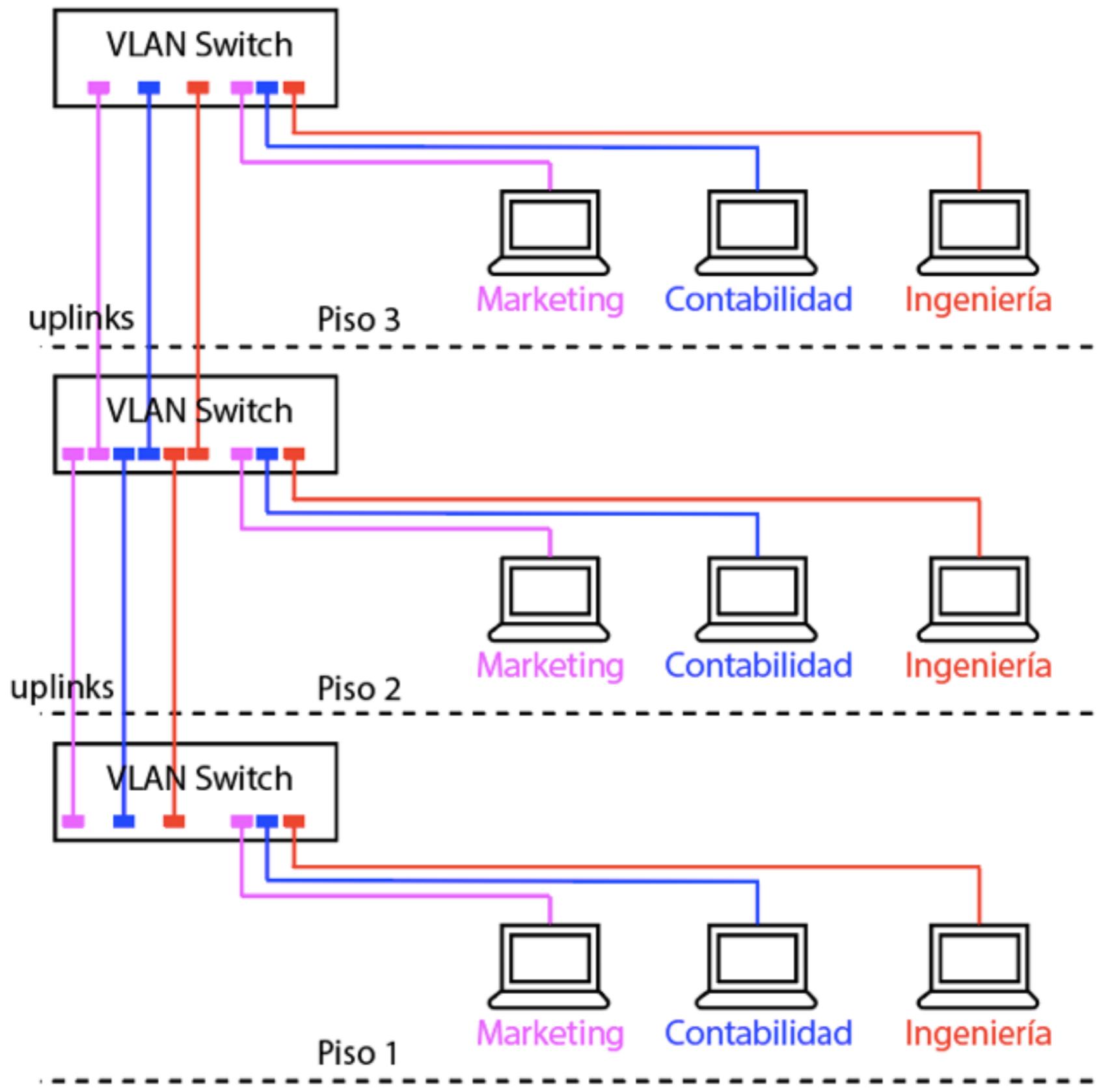
	Store & Forward	Adapta != Bit Rate	Filtrado	No match	Efectos		Topología (loops o links redundantes)
					Separa dominios de Colisión	Separa dominios de Broadcast	
Hub	No	No	No	-----	No	No	No
Lan Switch	Si	Si	x MAC Address	Flooding	Si	No	No
Router	Si	Si	x IP Address	Dropping	Si	Si	Si

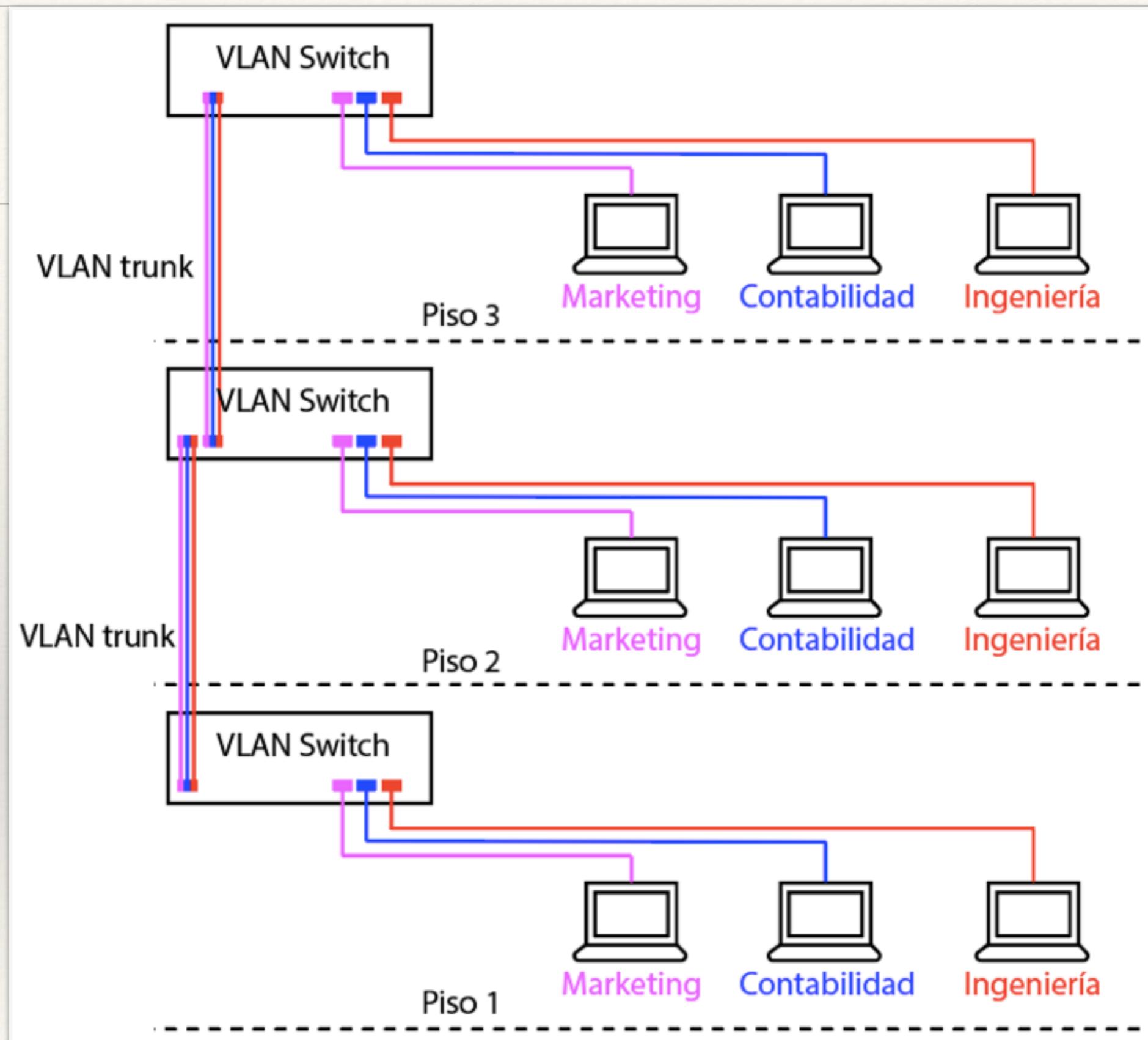
VLAN

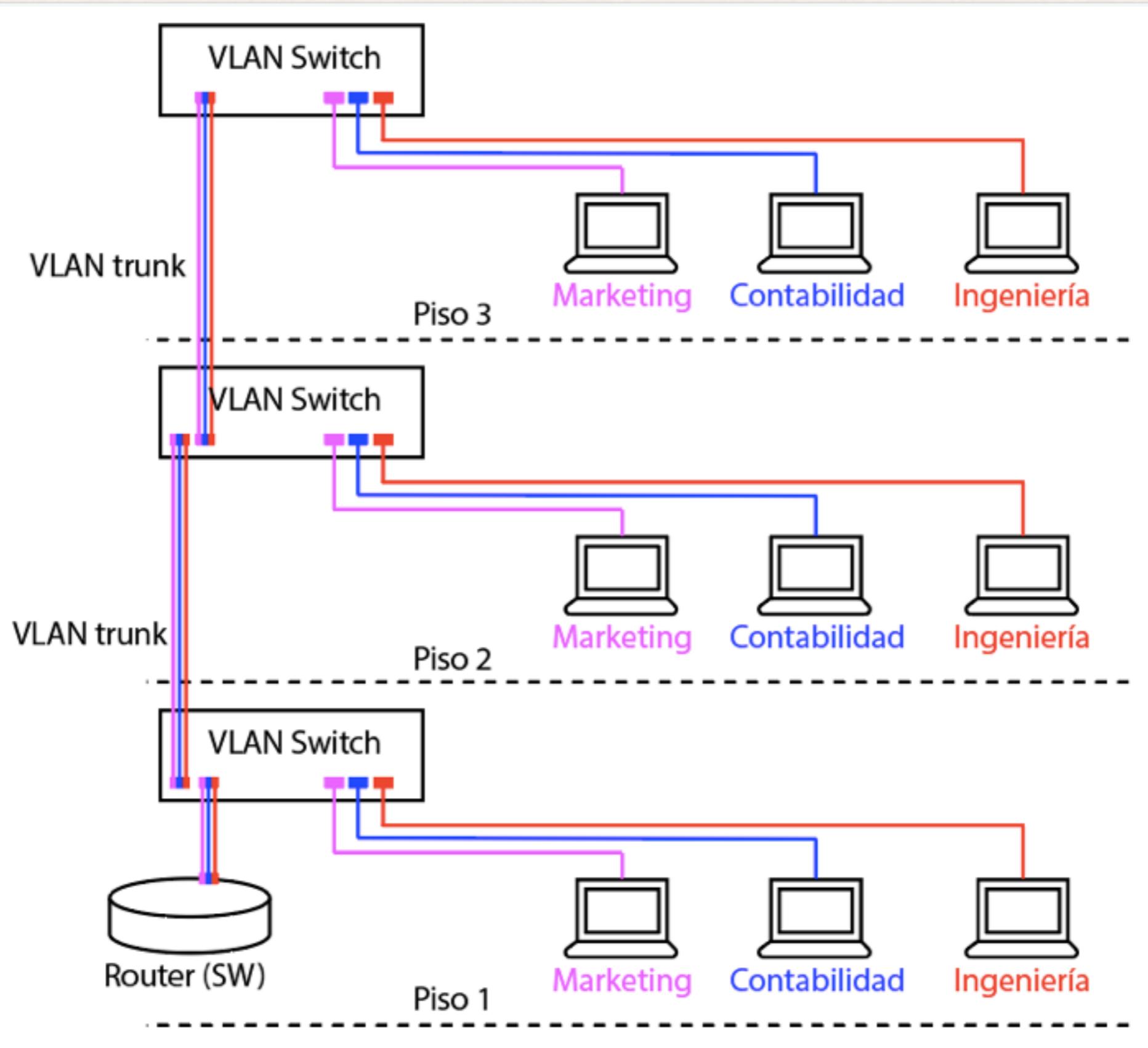
- ❖ VLAN: def. Virtual LAN
 - ❖ implica tener múltiples dominios de broadcast dentro un mismo switch
 - ❖ pueden atravesar múltiples switches
- ❖ ¿Por qué?
 - ❖ seguridad
 - ❖ separación según aplicación / grupo de trabajo, etc
 - ❖ mucho tráfico broadcast desperdicia BW (escalabilidad)
 - ❖ menor costo (vs tener múltiples dispositivos por cada LAN, ahorrar en uplinks)
 - ❖ flexibilidad (mover una workstation de LAN a otra)

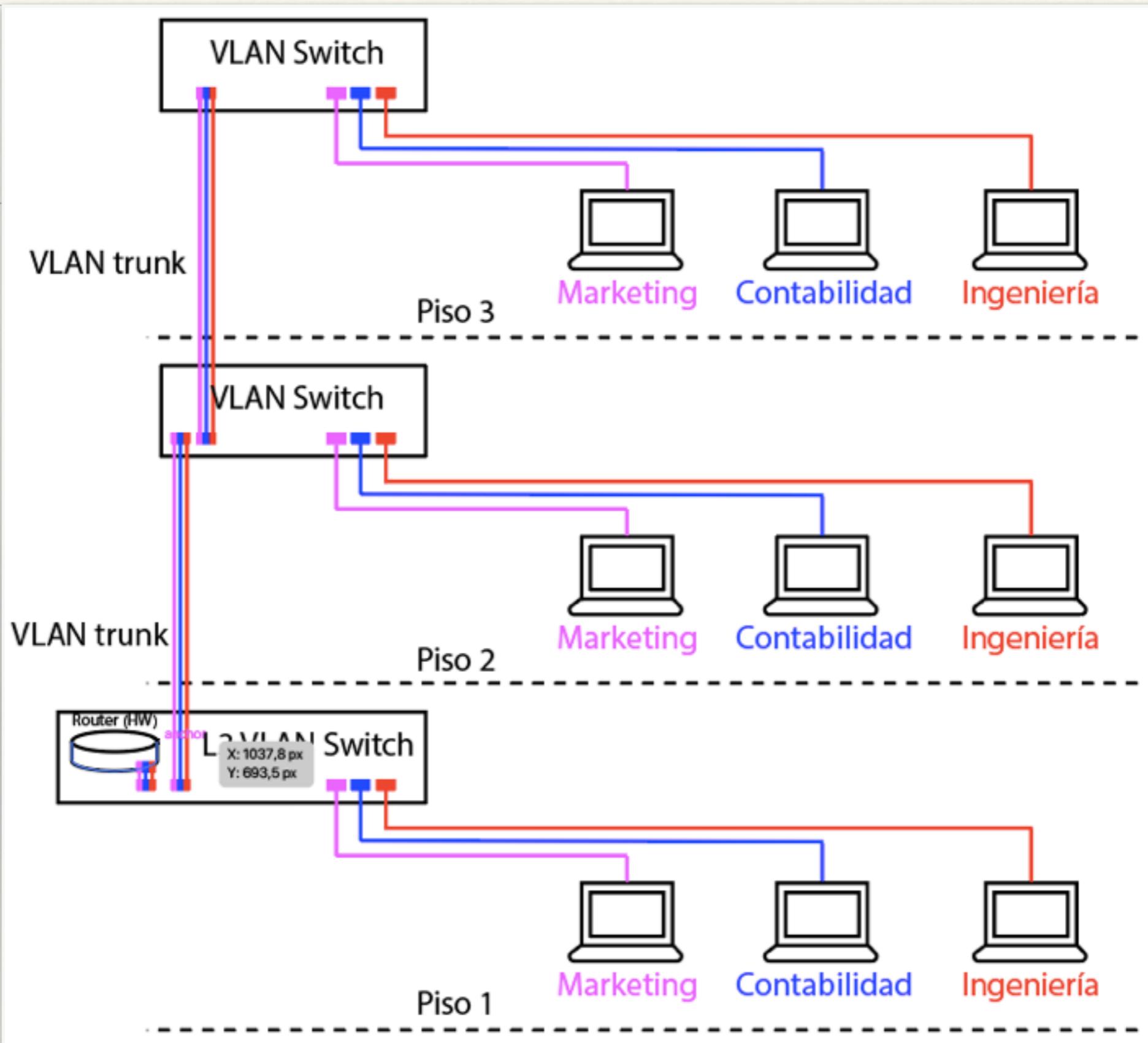






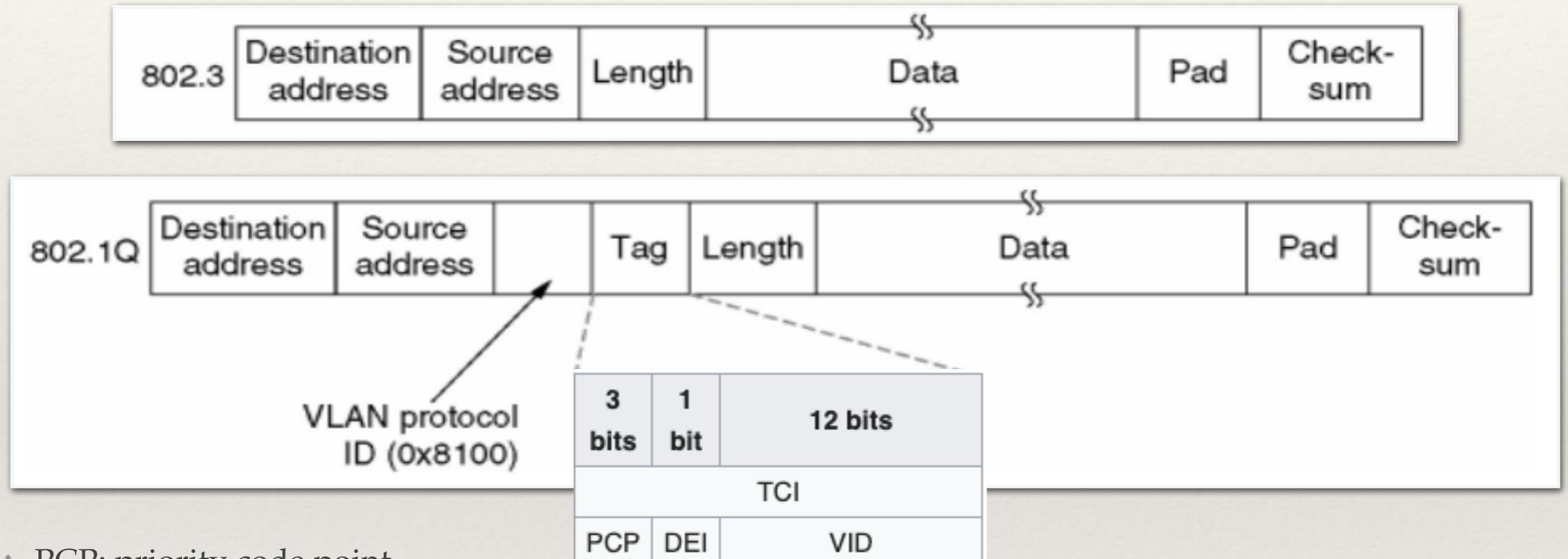






VLAN

- Formato de trama con VLAN tag (IEEE 802.1q)



- PCP: priority code point
- DEI: drop eligible indicator
- VID: VLAN identifier (up to 4094)

Q-in-Q

Destination MAC						Source MAC						802.1Q Header				802.1Q Header				EtherType/Size		Payload					CRC / FCS			
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	.	.	n	1	2	3	4	
												TPID=0x88A8				PCP/DEI/VID				TPID=0x8100		PCP/DEI/VID					n = 38-1500			