

Ethernet

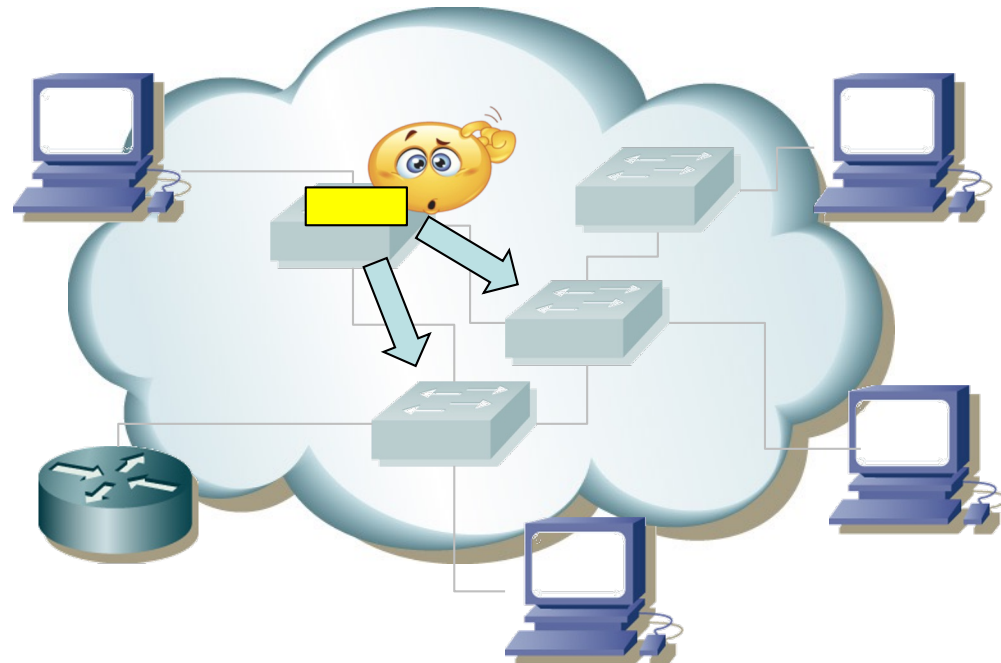
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 2º

Encapsulado Ethernet

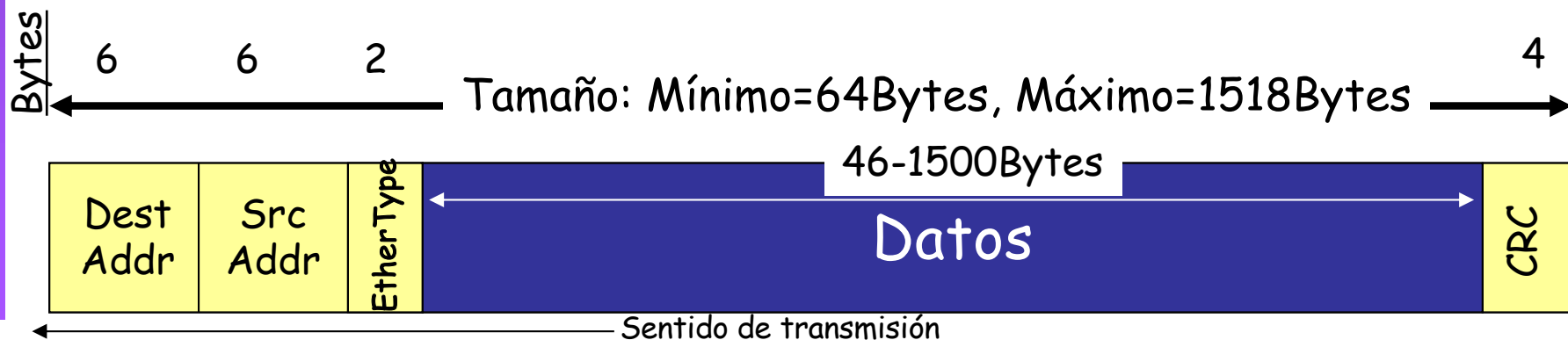
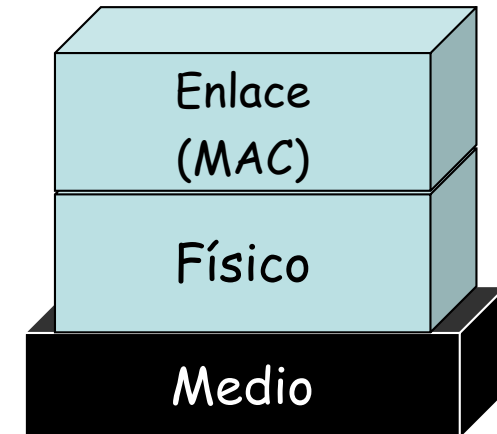
El problema

- El conmutador debe decidir qué hacer con la trama para que llegue a su destino
- Origen y destino de la trama vienen en la cabecera de la misma
- ¿Puede transmitir la trama cuando quiera?
- ¿Por dónde debe reenviarla?
- Antes de eso completemos: ¿Cómo es exactamente la trama?
¿Contiene algo más?



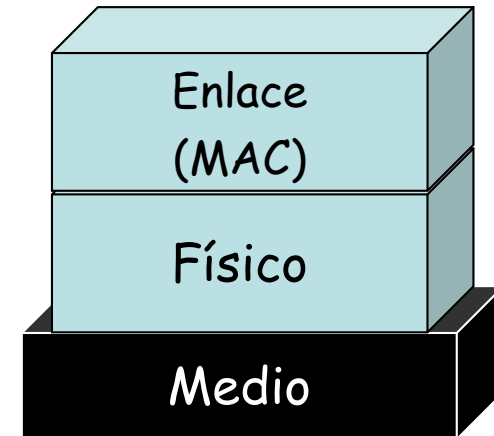
Estándar DIX (Ethernet II)

- DIX = Digital, Intel, Xerox
- Formato de la trama
 - Direcciones MAC
 - Tipo de datos (Ethertype)
 - Datos
 - CRC (Trailer)
- MTU (Maximum Transmission Unit) de 1.500 bytes
- Este es el formato más frecuente
- Hoy en día integrado en el estándar 802.3

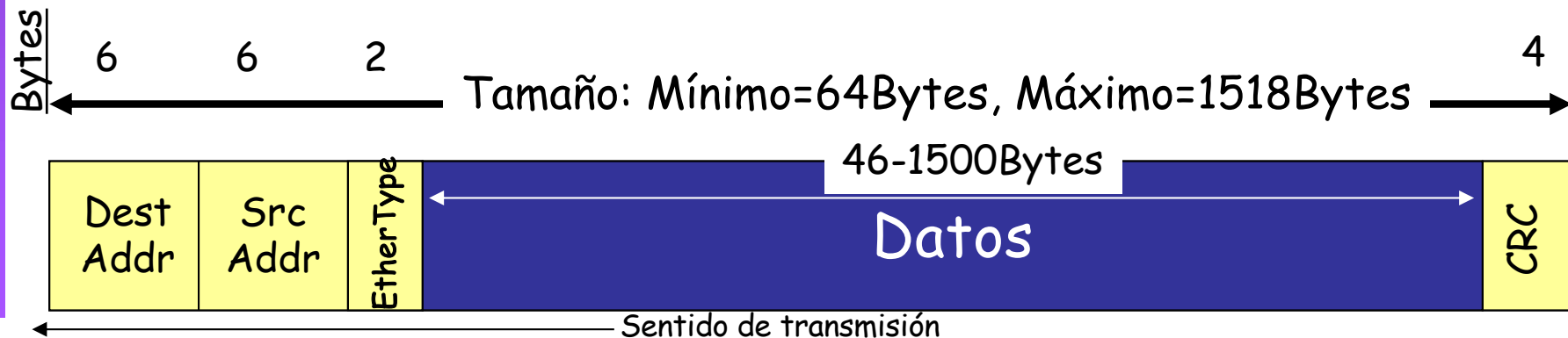


Ethertype

- Ethertype > 1.500
- Identifica el protocolo del contenido
- Ignorado por conmutadores
- Procesado por el destino de la trama
- Ethertype
 - 2048 (0x0800) = IPv4
 - 34525 (0x86DD) = IPv6
 - 32923 (0x809B) = AppleTalk
 - 2054 (0x0806) = ARP
 - 32981 (0x80D5) = IBM SNA

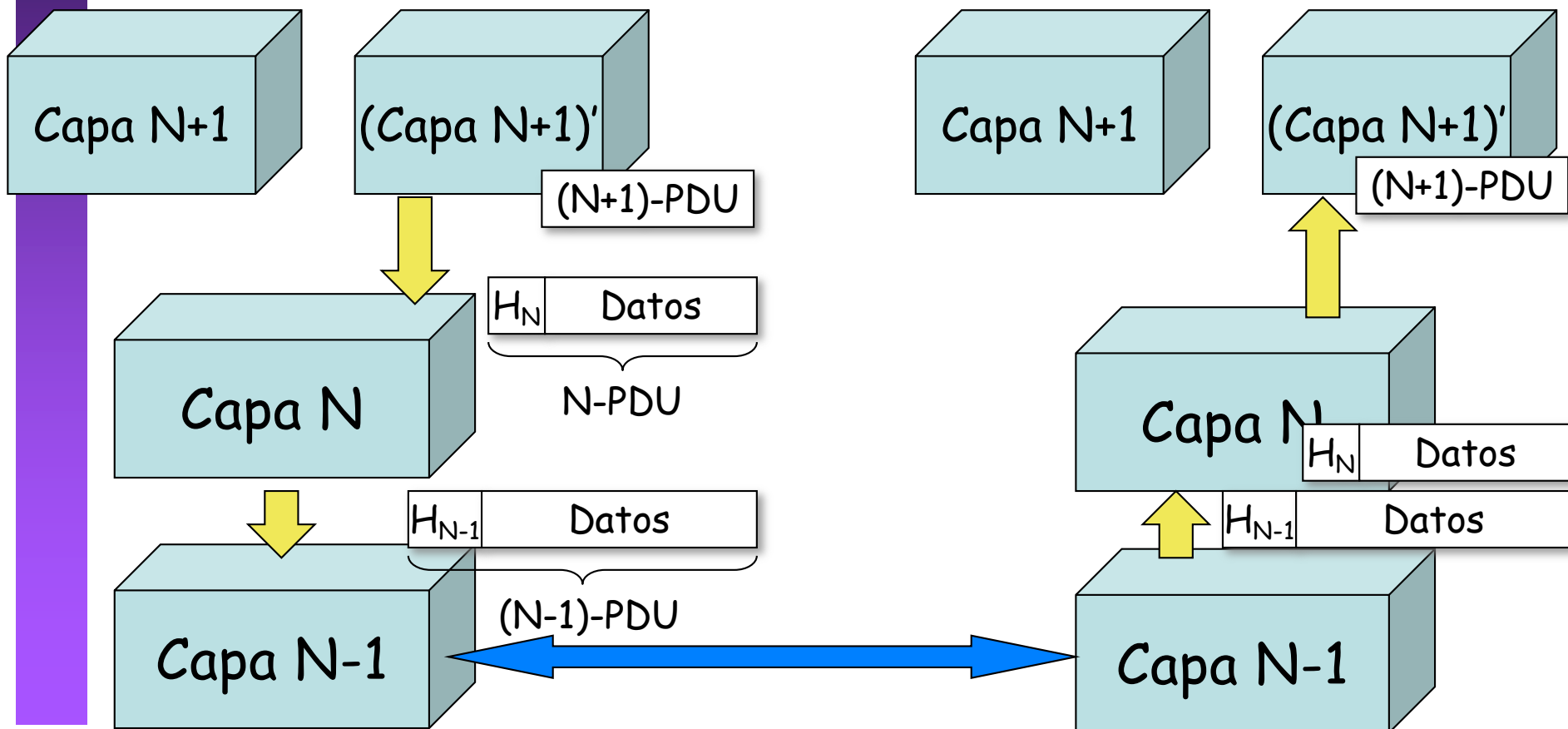


[1] <http://www.iana.org/assignments/ethernet-numbers>



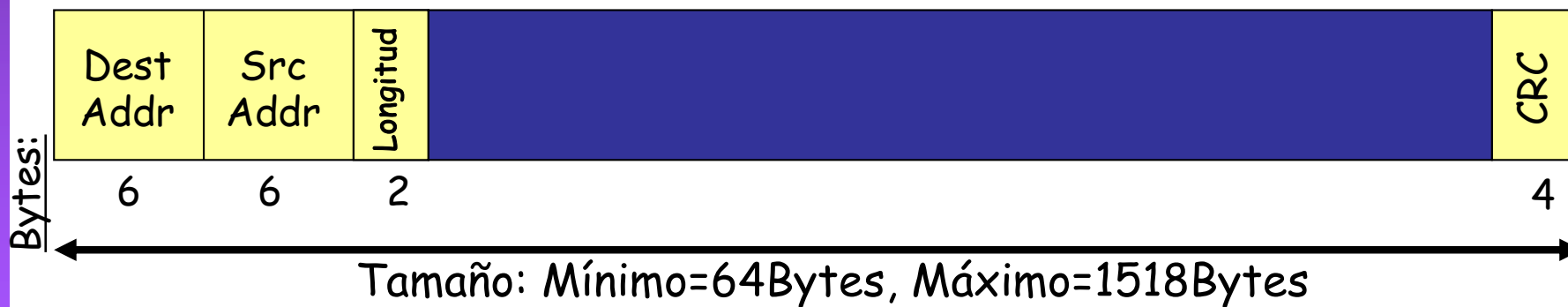
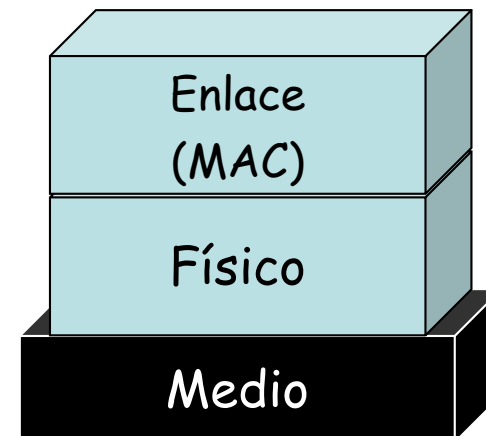
Ethertype: Multiplexación

- Permite que diferentes tramas transporten PDUs de diferentes protocolos
- Lo habitual es que un campo de la cabecera N nos diga qué protocolo de nivel N+1 contiene
- Muchos protocolos van a tener esta opción



Trama IEEE

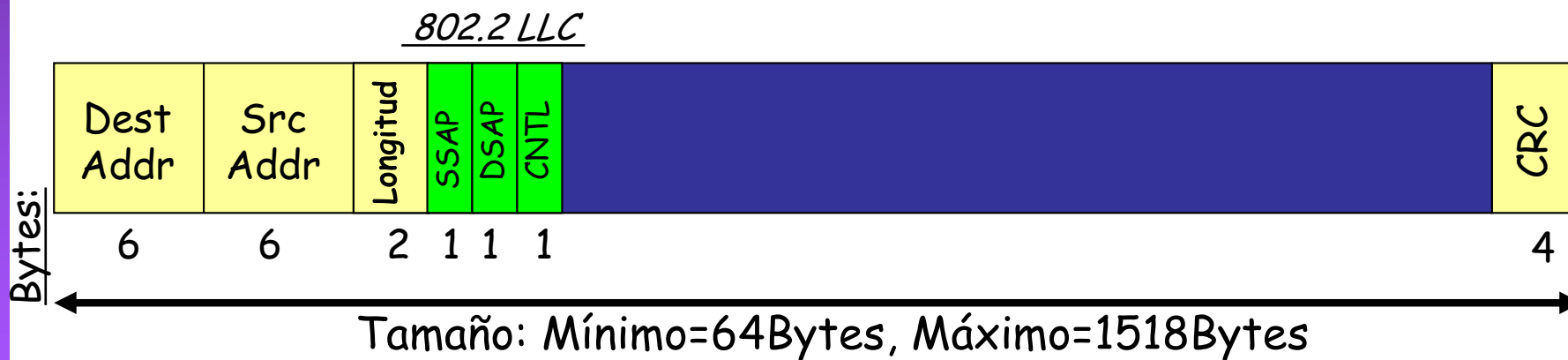
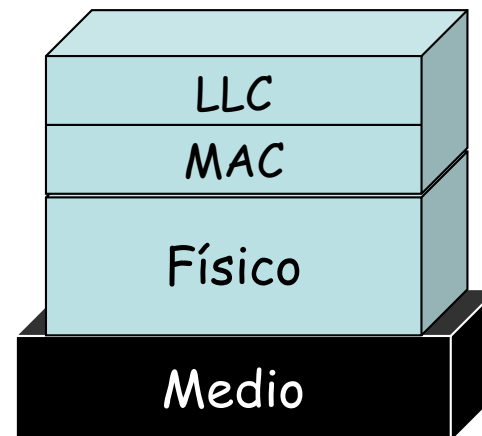
- IEEE 802.3 (MAC)
- Formato de la trama
 - Direcciones MAC
 - **Longitud**
 - Datos
 - CRC
- Campo Longitud (de lo que le sigue, sin el CRC)



← Sentido de transmisión

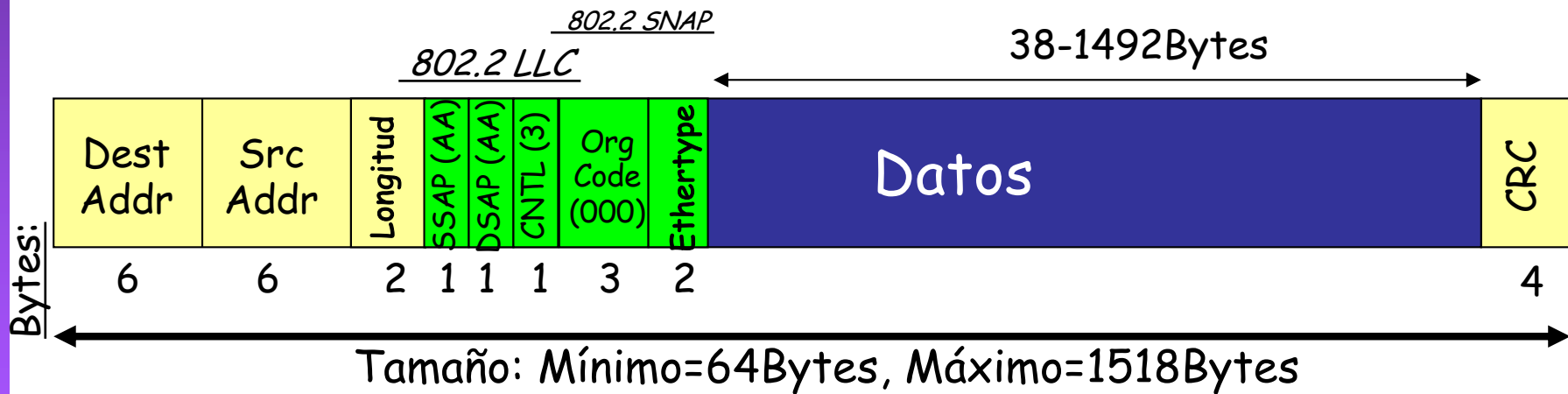
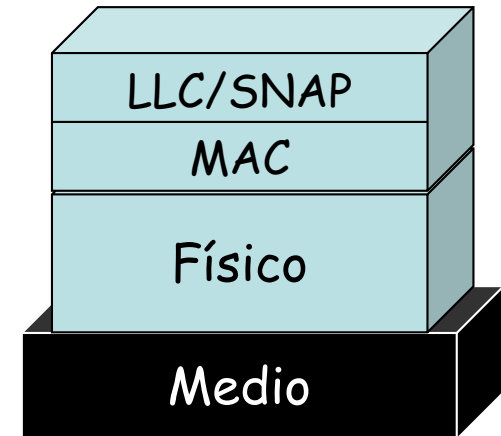
Trama IEEE

- IEEE 802.3 + 802.2 (LLC)
- *Unacknowledged connectionless*



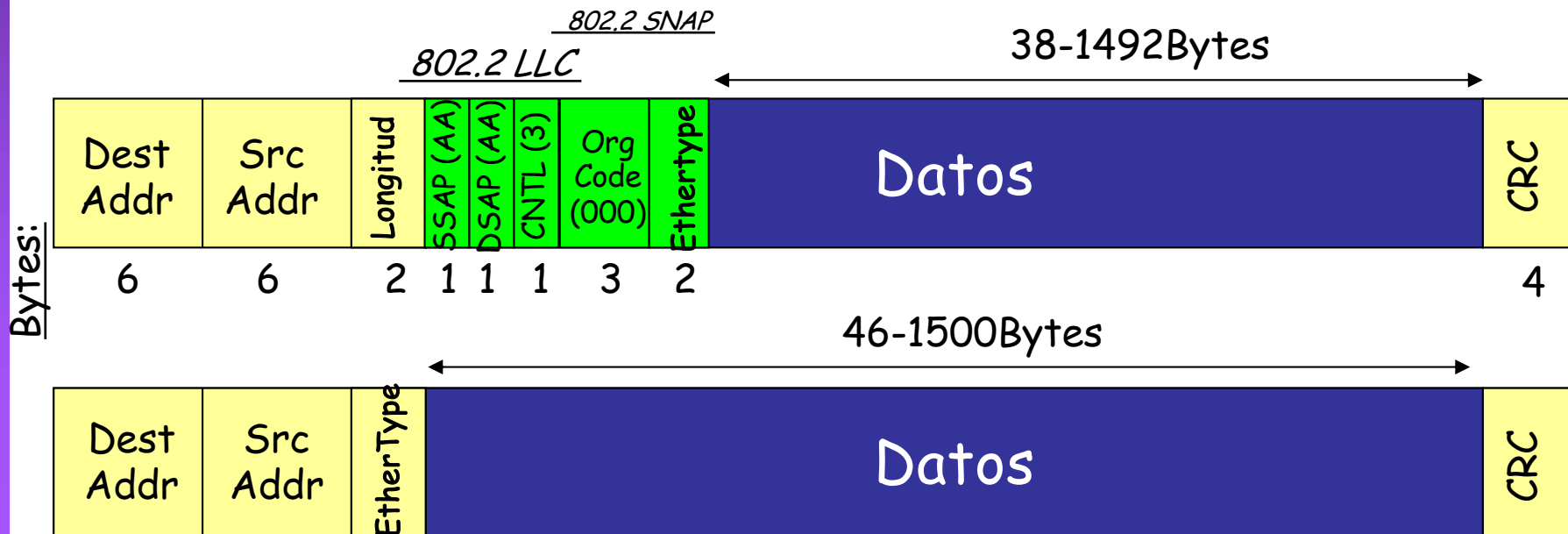
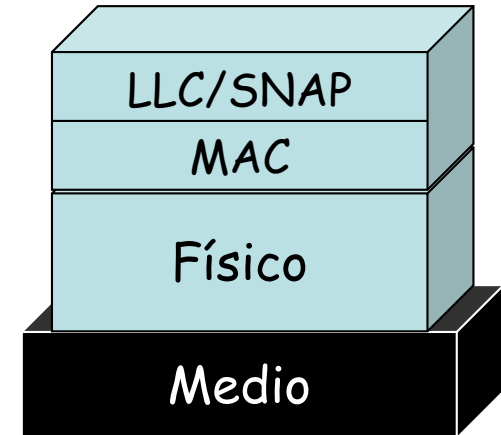
Trama IEEE

- IEEE 802.3 + 802.2 (LLC/SNAP)
- MTU 1.492 bytes
- Encapsulado con Ethertype



Ambos formatos

- Ethertype > 1.500 para distinguir los formatos (en realidad $\geq 1536 = 0x0600$)



Ejemplo de encapsulado

```

0000 0c07 ac03 000d 9331 59fa 0800 4500 0262 5983 4000 4006 5fbc 82ce
a99f d155 8193 d19a 0050 6a45 0f75 28d8 c360 8018 ffff 81ab 0000
0101 080a 2a86 df2e 1426 9e6d 4745 5420 2f20 4854 5450 2f31 2e31
0d0a 486f 7374 3a20 7777 772e 676f 6f67 6c65 2e65 730d 0a55 7365
722d 4167 656e 743a 204d 6f7a 696c 6c61 2f35 2e30 2028 4d61 6369
6e74 6f73 683b 2055 3b20 5050 4320 4d61 6320 4f53 2058 204d 6163
682d 4f3b 2065 6e2d 5553 3b20 7276 3a31 2e38 2e30 2e37 2920 4765
636b 6f2f 3230 3036 3039 3131 2043 616d 696e 6f2f 312e 302e 330d
0a41 6363 6570 743a 2074 6578 742f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174
696f 6e2f 786d 6c2c 6170 706c 6963 6174 696f 6e2f 7868 746d 6c2b
786d 6c2c 7465 7874 2f68 746d 6c3b 713d 302e 392c 7465 7874 2f70
6c61 696e 3b71 3d30 2e38 2c69 6d61 6765 2f70 6e67 2c2a 2f2a 3b71
3d30 2e35 0d0a 4163 6365 7074 2d4c 616e 6775 6167 653a 2065 732c
656e 3b71 3d30 2e39 2c64 653b 713d 302e 372c 6672 3b71 3d30 2e36
2c6e 6c3b 713d 302e 342c 6974 3b71 3d30 2e33 2c6a 613b 713d 302e
310d 0a41 6363 6570 742d 456e 636f 6469 6e67 3a20 677a 6970 2c64
6566 6c61 7465 0d0a 4163 6365 7074 2d43 6861 7273 6574 3a20 4953
4f2d 3838 3539 2d31 2c75 7466 2d38 3b71 3d30 2e37 2c2a 3b71 3d30
2e37 0d0a 4b65 6570 2d41 6c69 7665 3a20 3330 300d 0a43 6f6e 6e65
6374 696f 6e3a 206b 6565 702d 616c 6976 650d 0a43 6f6f 6b69 653a
2050 5245 463d 4944 3d35 3164 3636 3038 3832 3362 3839 3831 653a
544d 3d31 3135 3031 3239 3033 333a 4c4d 3d31 3135 3031 3239 3033
333a 533d 7939 7575 7a66 4452 416a 396d 4e32 2d77 0d0a 4361 6368
652d 436f 6e74 726f 6c3a 206d 6178 2d61 6765 3d30 0d0a 0d0a

```

Lo mismo pero en hexadecimal, por comodidad

Ejemplo de encapsulado

0000	0c07	ac03	000d	9331	59fa	0800	4500	0262	5983	4000	4006	5fbc	82ce
a99f	d155	8198	d19a	0050	6a45	0f75	28d8	c360	8018	ffff	81ab	0000	
0101	080a	2a86	df2e	1426	9e6d	4745	5420	2f20	4854	5450	2f31	2e31	
0d0a	486f	7374	3a20	7777	772e	676f	6f67	6c65	2e65	730d	0a55	7365	
722d	4167	656e	743a	204d	6f7a	696c	6c61	2f35	2e30	2028	4d61	6369	
6e74	6f73	683b	2055	3b20	5050	4320	4d61	6320	4f53	2058	204d	6163	
682d	4f3b	2065	6e2d	5553	3b20	7276	3a31	2e38	2e30	2e37	2920	4765	
636b	6f2f	3230	3036	3039	3131	2043	616d	696e	6f2f	312e	302e	330d	
0a41	6363	6570	743a	2074	6578	742f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	
696f	6e2f	786d	6c2c	6170	706c	6963	6174	696f	6e2f	7868	746d	6c2b	
786d	6c2c	7465	7874	2f68	746d	6c3b	713d	302e	392c	7465	7874	2f70	
6c61	696e	3b71	3d30	2e38	2c69	6d61	6765	2f70	6e67	2c2a	2f2a	3b71	
3d30	2e35	0d0a	4163	6365	7074	2d4c	616e	6775	6167	653a	2065	732c	
656e	3b71	3d30	2e39	2c64	653b	713d	302e	372c	6672	3b71	3d30	2e36	
2c6e	6c3b	713d	302e	342c	6974	3b71	3d30	2e33	2c6a	613b	713d	302e	
310d	0a41	6363	6570	742d	456e	636f	6469	6e67	3a20	677a	6970	2c64	
6566	6c61	7465	0d0a	4163	6365	7074	2d43	6861	7273	6574	3a20	4953	
4f2d	3838	3539	2d31	2c75	7466	2d38	3b71	3d30	2e37	2c2a	3b71	3d30	
2e37	0d0a	4b65	6570	2d41	6c69	7665	3a20	3330	300d	0a43	6f6e	6e65	
6374	696f	6e3a	206b	6565	702d	616c	6976	650d	0a43	6f6f	6b69	653a	
2050	5245	463d	4944	3d35	3164	3636	3038	3832	3362	3839	3831	653a	
544d	3d31	3135	3031	3239	3033	333a	4c4d	3d31	3135	3031	3239	3033	
333a	533d	7939	7575	7a66	4452	416a	396d	4e32	2d77	0d0a	4361	6368	
652d	436f	6e74	726f	6c3a	206d	6178	2d61	6765	3d30	0d0a	0d0a		

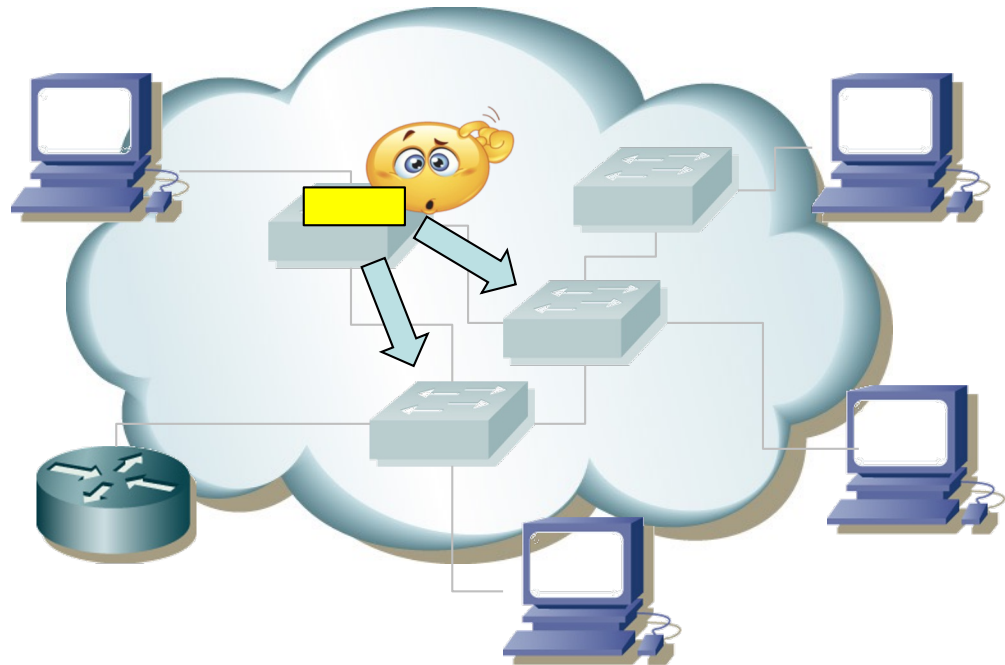
Cabecera Ethernet

Ethertype 2048 (IP)

Control de acceso al medio

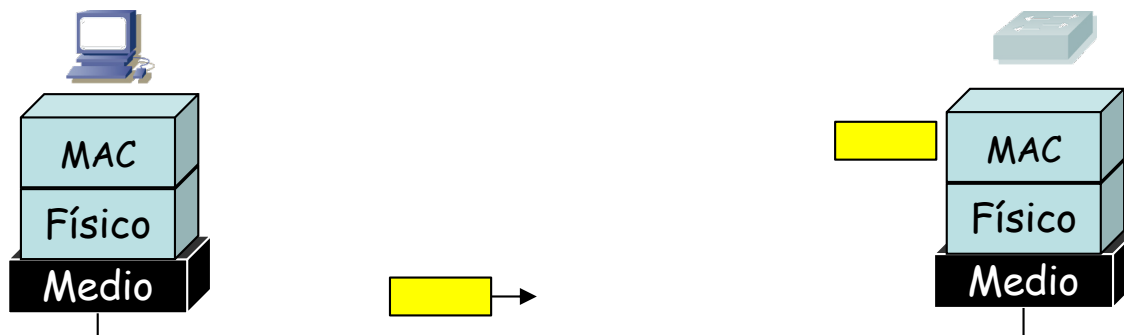
El problema

- ¿Puede transmitir la trama cuando quiera?



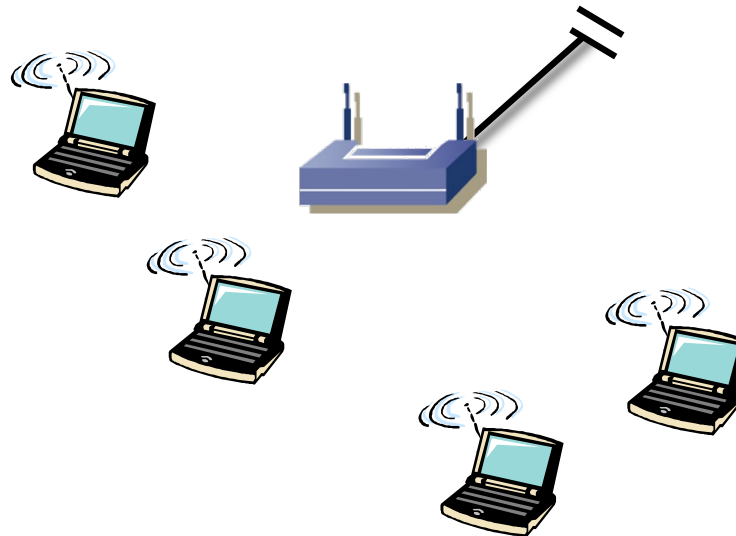
MAC

- ¿Cuándo se puede enviar una trama? (“Access Control”)
- En enlace Ethernet no permite enviar más de una trama a la vez
- Deben ir una tras otra con una separación mínima (IFG = Inter Frame Gap)
- Hoy en día la mayoría de los enlaces Ethernet soportan full-dúplex
- Eso quiere decir que sí puede haber tramas simultáneamente, si son en distinto sentido del enlace
- Un enlace puede también funcionar en modo half-dúplex
- En ese caso el problema es de coordinación entre los dos extremos para no enviar a la vez
- Veremos este problema más adelante en la asignatura
- Va a depender de cuánto tiempo nos lleve transmitir una trama y que llegue al otro extremo, lo cual también estudiaremos



MAC

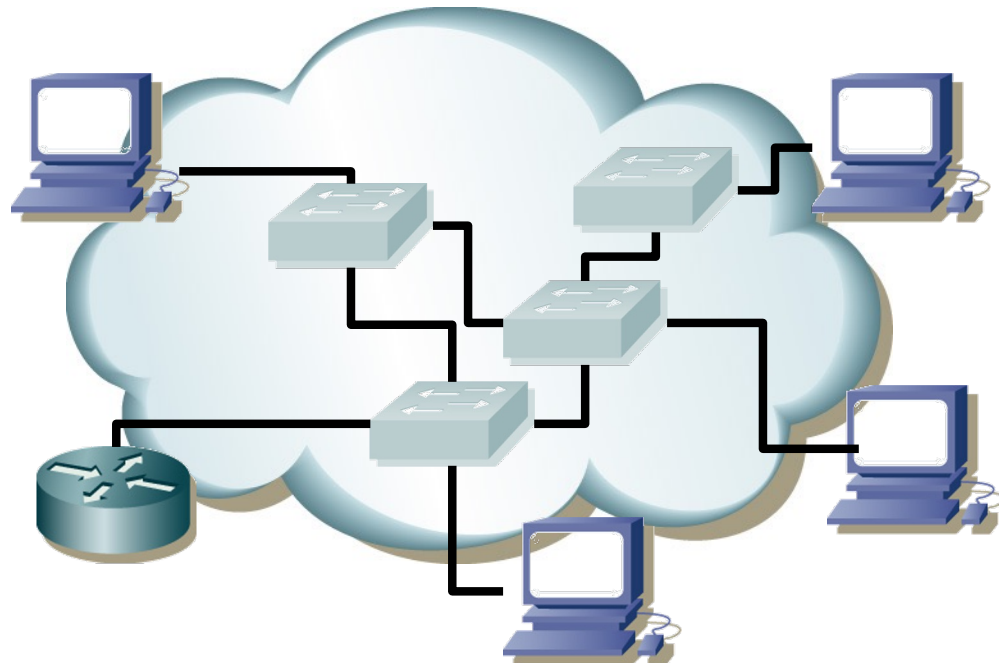
- Half-dúplex es el funcionamiento de la Ethernet tradicional (veremos por qué)
- Pero hoy en día lo normal es que todos los enlaces sean full-duplex
- ¿Ha perdido relevancia el problema del acceso al medio al desaparecer el half-duplex?
- WiFi es half duplex



Tecnologías LAN Ethernet

Tecnología física Ethernet

- Veamos un poco las diferentes opciones que tenemos para la capa física
- Cómo resolver el problema de transmisión y recepción no es problema de esta asignatura
- Pero no podemos montar una red sin todos sus elementos



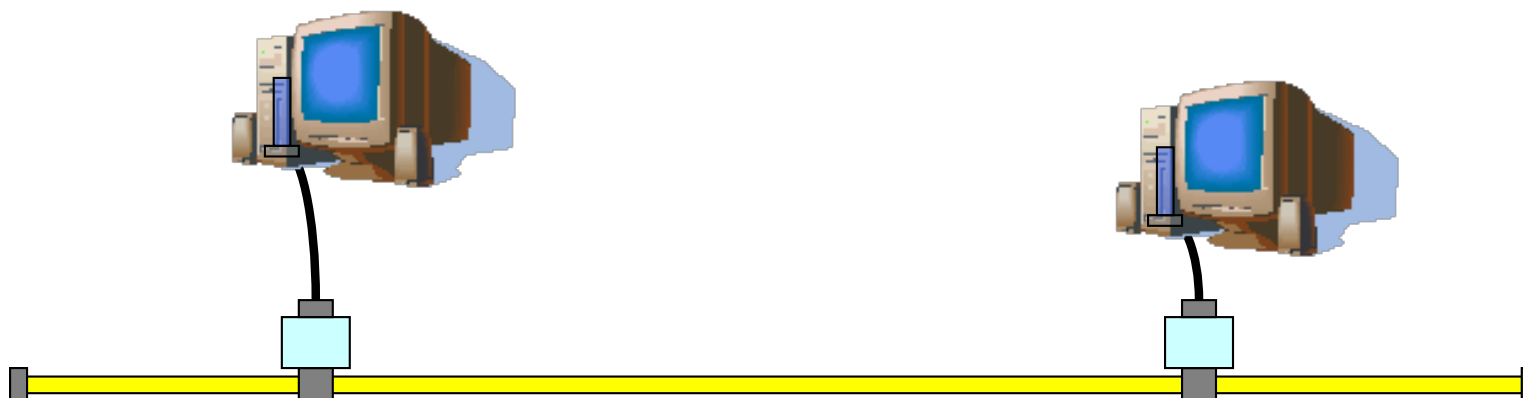
Ethernet “original”

- 10Base5, 10Base2
- Coaxial
- Hubs, concentradores
- Topología física en hubs
- Tiene más de 50 años
- Los comentaremos más adelante

1972



2020



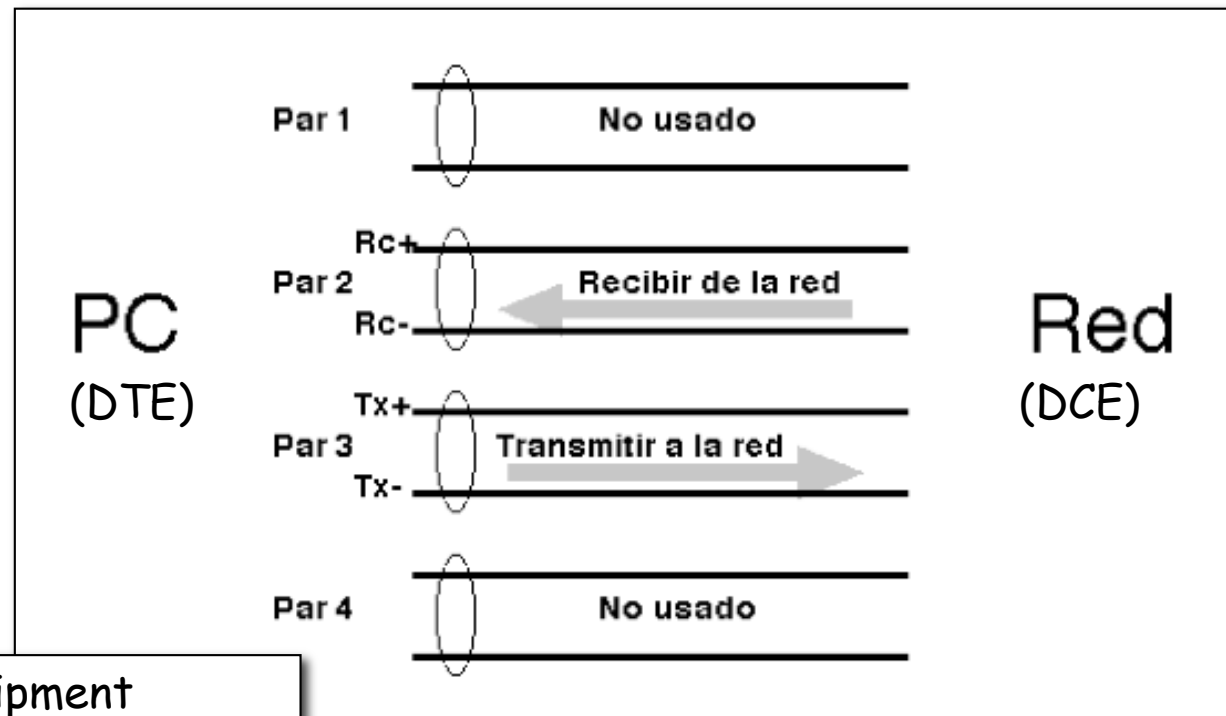
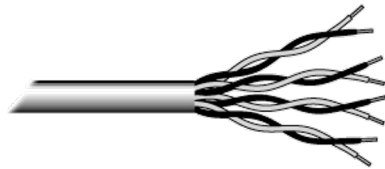
Tecnologías Ethernet

- IEEE 802.3
- No solo para LAN, pero de momento nos centramos en ese escenario
- Hoy en día en LAN, 2 medios físicos: pares trenzados de cobre o fibra óptica
- Diferentes tipos para cada uno
- No solo cambia el medio físico sino también cómo se emplea
- Por ejemplo, las tasas de transmisión (la “velocidad”, en seguida concretamos)



Ethernet en pares de cobre

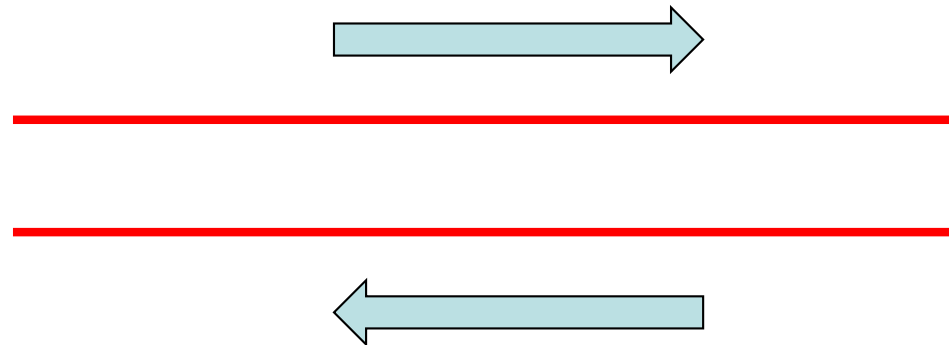
- Normalmente los cables tienen 4 pares de hilos de cobre
- Diferentes versiones de Ethernet usan más o menos de esos pares, formando circuitos eléctricos entre los dos extremos
- Diferentes versiones usan diferente “calidad” de cables y funcionan con mayores o menores longitudes de cable



DTE = Data Terminal Equipment
DCE = Data Communications Equipment

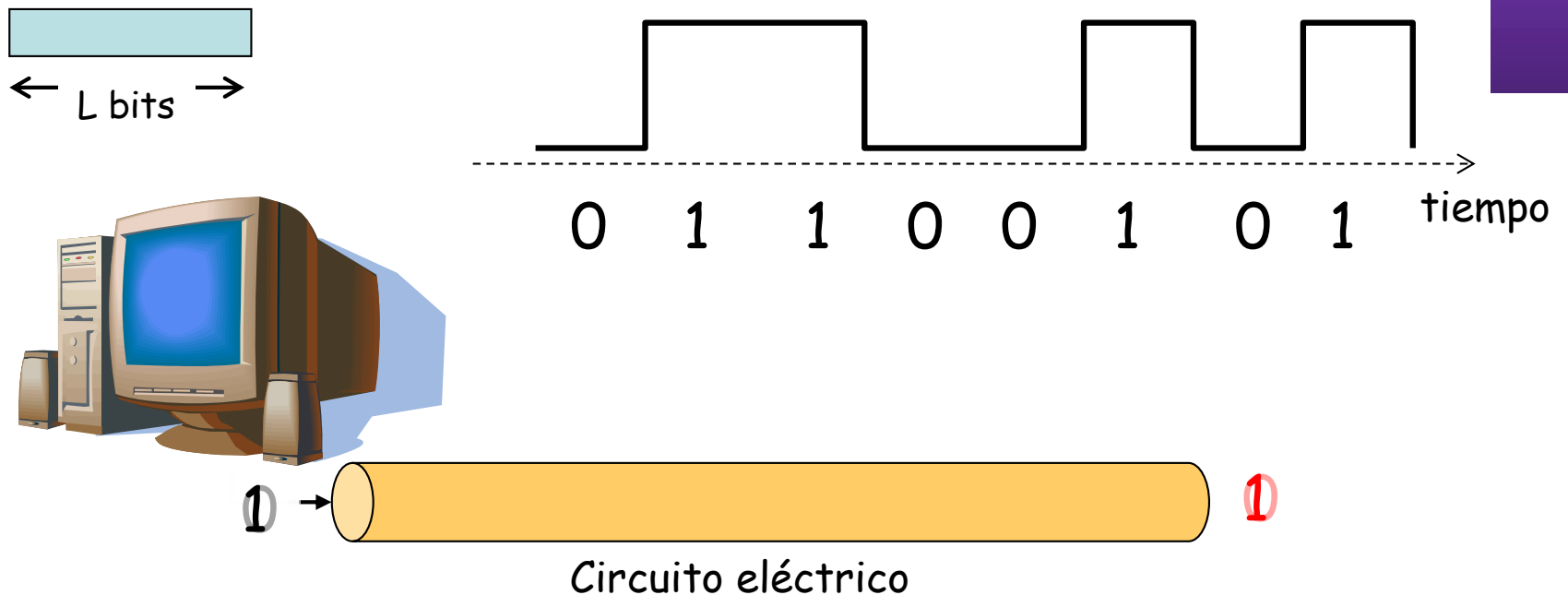
Ethernet sobre fibra óptica

- Muy similar, pero ahora la señal que se propaga es lumínica en vez de una diferencia de potencial eléctrica
- No entremos en la física de cuánto se diferencia una cosa de la otra, que no es materia de esta asignatura
- En LAN, normalmente 2 hilos de fibra, un sentido de la transmisión por cada uno



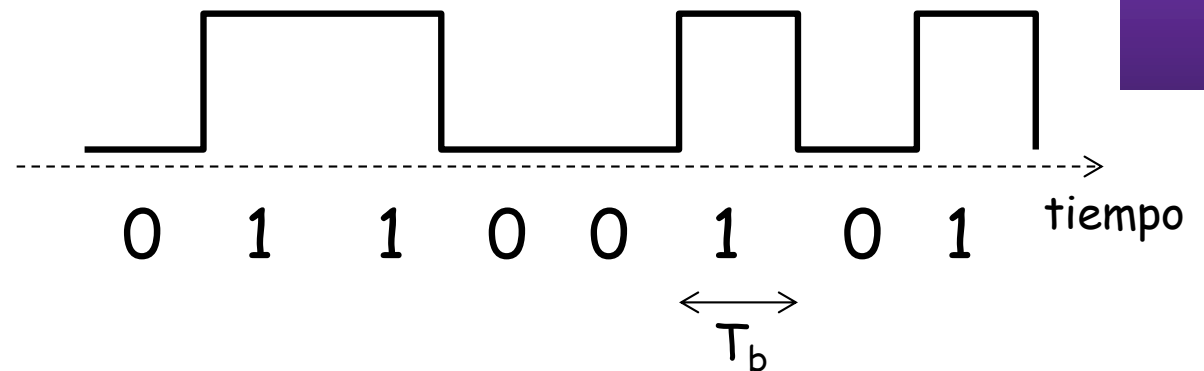
Transmisión

- Simplificando, la transmisión se basa en colocar un voltaje en un extremo y esperar a que ese voltaje aparezca en el otro extremo
- Alternamos entre diferentes voltajes para representar 1s y 0s
- Esa diferencia de potencial no aparece instantáneamente en el otro extremo
- Eso es un problema complejo que veréis en otras asignaturas
- Aplica a todas las tecnologías y medios



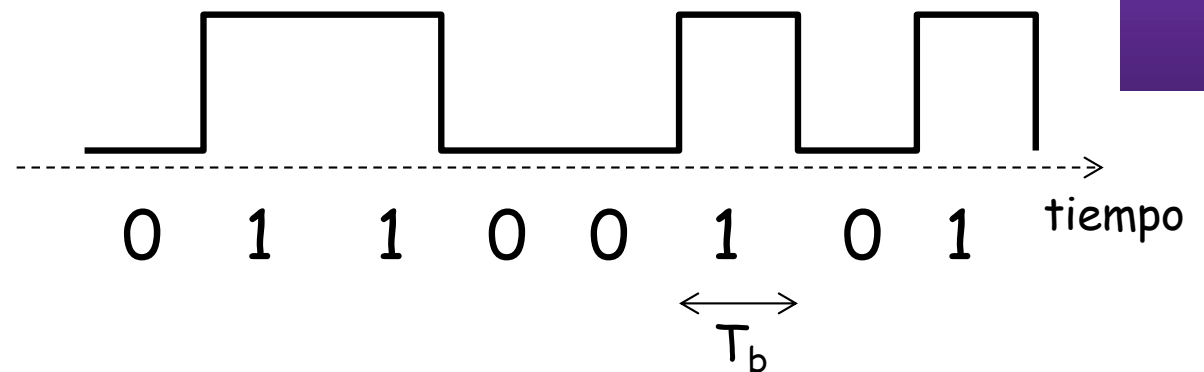
Tiempo de transmisión

- Para un paquete: tiempo que tarda el transmisor en colocar sus bits en el medio
- También llamado retardo de serialización
- Tendremos una cantidad de tiempo que se tarda en colocar un bit en el medio (T_b , tiempo de bit o tiempo para transmitir un bit, segundos/bit)
- “Colocar un bit” depende de la codificación pero podemos verlo como mantener un voltaje concreto durante un tiempo (el tiempo de bit)



Velocidad de transmisión

- El inverso del tiempo de bit (n° de bits transmitidos en un segundo)
- Bits por segundo (bps, b/s)
- Ejemplo:
 - Longitud del paquete $L = 1420$ Bytes = 11360 bits
 - Velocidad (tasa) de transmisión $R = 57600$ b/s ($T_b = 17.36 \mu\text{s}$)
 - Tiempo de transmisión = $L/R = 11360 \text{ bits} / 57600 \text{ b/s} \approx 197 \text{ ms}$





Un apunte...



¿K = 1000 ó 1024?

- Cuando hablamos de datos transferidos
 - Se suelen usar potencias de 2 en vez de potencias de 10
 - 1 kByte = 1.024 Bytes = 2^{10} Bytes ... NO 1.000 Bytes (= 1 KB = 10^3 B)
 - Se le suele llamar “kilobyte” pero también “kibibyte” (KiB)
 - Igualmente decimos “megabyte” para 1 MByte = 2^{20} bytes cuando sería un “mebibyte”, y después “gibibyte” (2^{30}), “tebibyte” (2^{40}), etc
- Cuando hablamos de velocidades de transmisión de datos
 - Usamos los prefijos del sistema internacional
 - 1 kb/s = 10^3 = 1000 b/s, 1 Mb/s = 10^6 = 1000000 b/s, 1 Gb/s = 10^9 b/s
 - También usamos Mbps = Mb/s



Capacidad: 994,66 GB
 Disponible: 287,71 GB (23,81 GB purgable)
 Usado: 723.165.851.648 bytes (723,17 GB en el disco)

Filesystem	Size	Used
/dev/disk3s1s1	926Gi	9.6Gi
devfs	361Ki	361Ki
/dev/disk3s6	926Gi	24Ki
/dev/disk3s2	926Gi	5.9Gi

Prefix	Symbol for Prefix		Scientific Notation
exa	E	1 000 000 000 000 000 000	10^{18}
peta	P	1 000 000 000 000 000	10^{15}
tera	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	10^9
mega	M	1 000 000	10^6
kilo	k	1 000	10^3
hecto	h	100	10^2
deka	da	10	10^1
----	--	1	10^0
deci	d	0.1	10^{-1}
centi	c	0.01	10^{-2}
milli	m	0.001	10^{-3}
micro	μ	0.000 001	10^{-6}
nano	n	0.000 000 001	10^{-9}
pico	p	0.000 000 000 001	10^{-12}
femto	f	0.000 000 000 000 001	10^{-15}
atto	a	0.000 000 000 000 000 001	10^{-18}

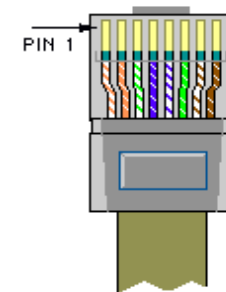


¿Aclarado?



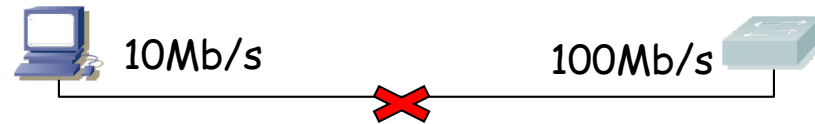
Ethernet en pares de cobre

- Los interfaces Ethernet más habituales son: 10Base-T, 100Base-TX y 1000Base-T
- El número es la tasa de transmisión en Mb/s
- “Base” porque la transmisión se hace “en banda base”
- ”T” = “Twisted pairs”, pares trenzados
- Conector RJ-45 (“Registered Jack”)
- 10Base-T requiere cable de al menos Categoría 3 (2 pares)
- 100Base-T al menos Categoría 5 (2 pares)
- 1000Base-T al menos Categoría 5 (4 pares)
- En todas máximo 100m

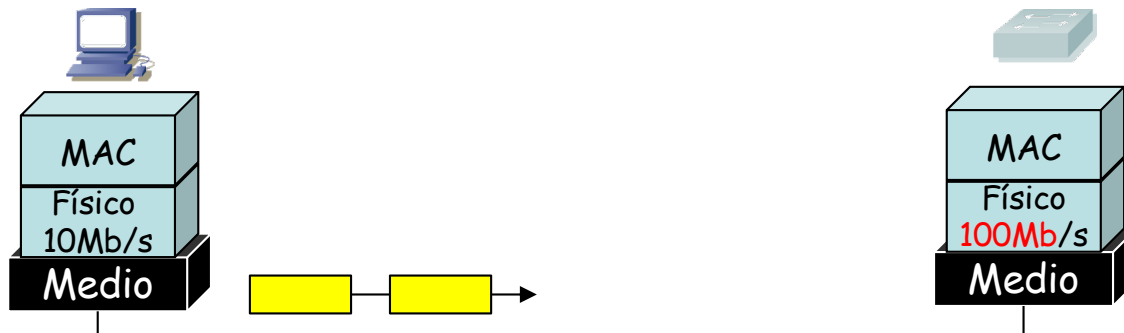


Desajuste de velocidades

- 10Base-T, 100Base-TX, 1000Base-T funcionan todos con el cable que requiere el más restrictivo (Cat.5 ó 5e o superiores)
- Físicamente parece que podamos mezclarlos (mismo conector) pero no va a funcionar



- Por ejemplo
 - Si se transmite a 10Mb/s el $T_b = 0.1 \mu s$
 - Si el receptor espera 100Mb/s quiere decir que en $0.1 \mu s$ espera recibir 10 bits ya que a 100Mb/s el $T_b = 0.01 \mu s$
 - Es decir, que cada bit se convertiría en 10 bits, se leería 10 veces
 - Eso si no tenemos mecanismos para reconocer la discrepancia
- La capa 2 es idéntica, pero en la capa física hay diferencias (en concreto en las subcapas inferiores)



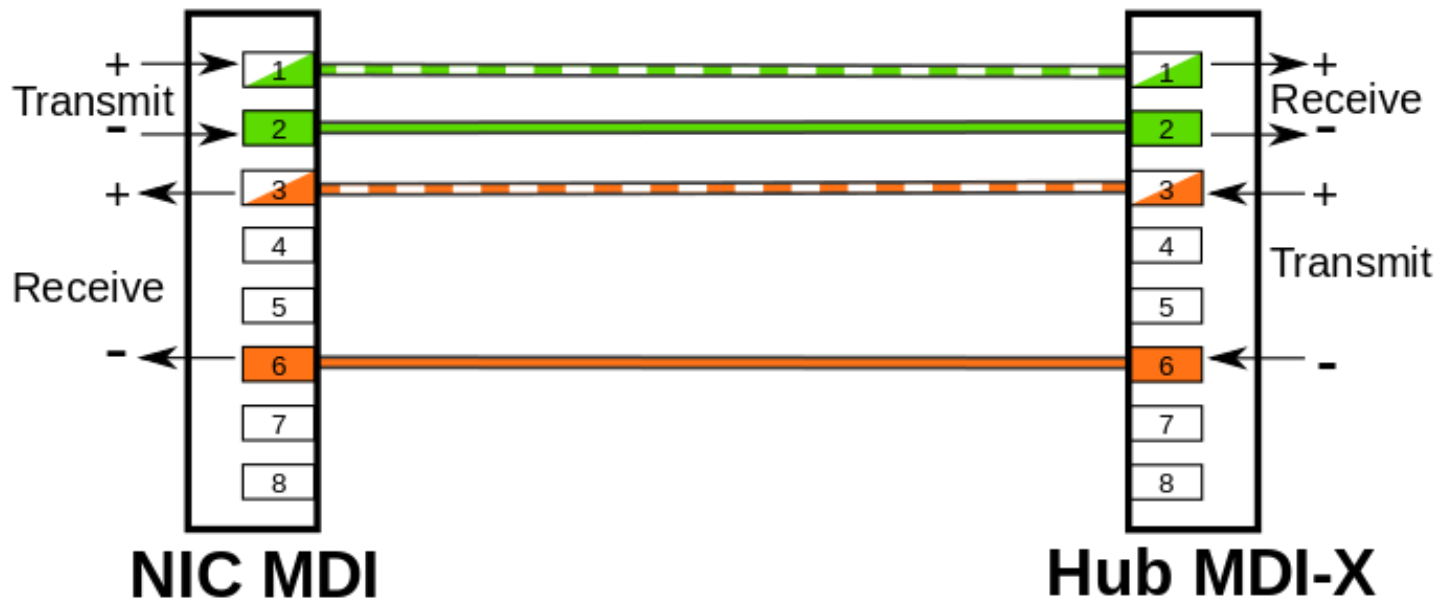
Desajuste de velocidades

- No va a funcionar el interconectar interfaces de diferente velocidad
- Pero hoy en día la mayoría de las NICs soportan en la misma electrónica varias de estas tecnologías
- Son lo que se vinieron a llamar interfaces 10/100/1000Base-T
- Esto aplica a las NICs y a los puertos de los conmutadores
- Se implementan mecanismos en la capa física para la detección de la mayor velocidad soportada por ambos extremos
- Es suficiente con que uno de los dos extremos soporte esta detección, pero cuidado si no la soporta ninguno de ellos
- En Ethernet en LAN la tasa de transmisión se fija en la negociación inicial entre los extremos (host a switch, switch a switch o host a host)
- Todas las tramas se envían a la velocidad negociada
- Veremos que en WiFi podrá cambiar de trama a trama



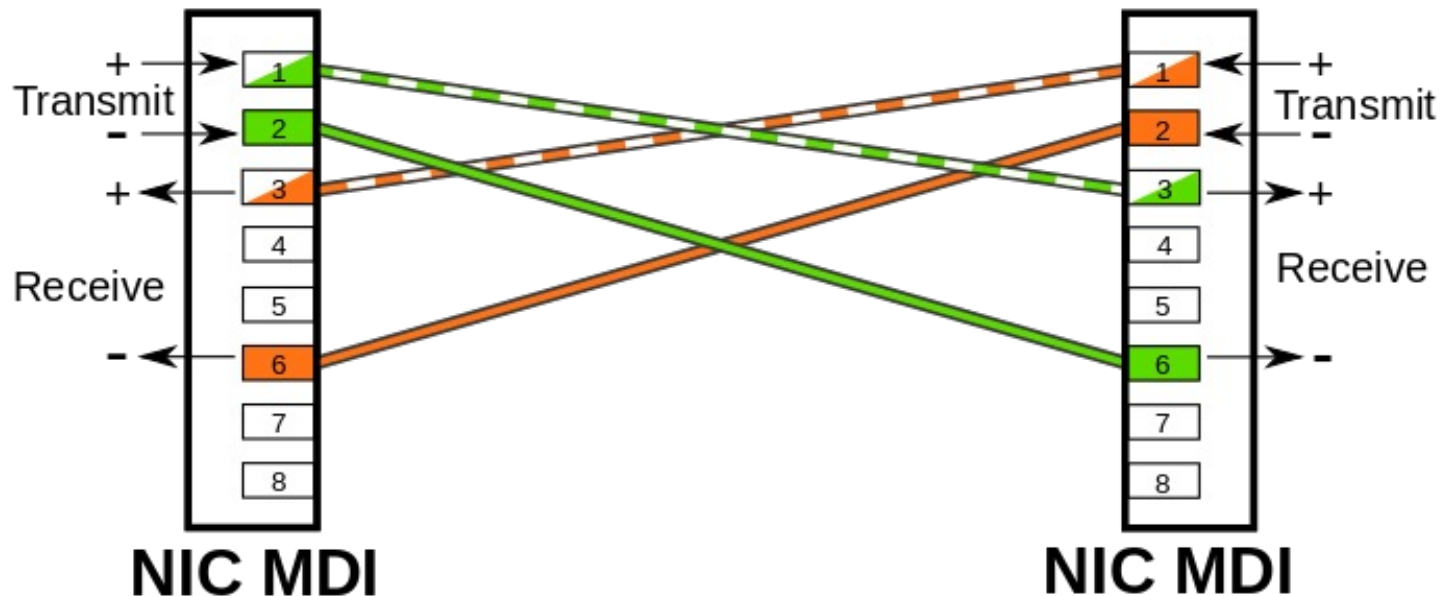
Cable recto vs cruzado

- Un cable recto lleva cada pin del conector a la misma posición del otro extremo
- Por un circuito se transmite, por otro se recibe
- Eso quiere decir que un extremo debe emplear un par de pines para transmitir pero el otro debe emplearlos para recibir
- Es decir, la electrónica está colocada de forma diferente en un DTE y en un DCE



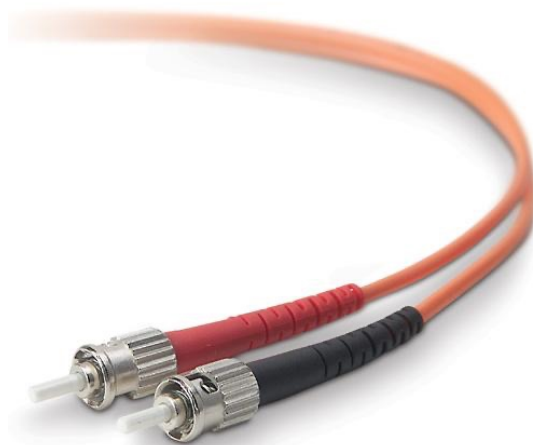
Cable recto vs cruzado

- Si empleamos un cable recto entre dos DTEs o entre dos DCEs estamos uniendo transmisión con transmisión y recepción con recepción
- Necesitamos un cable “cruzado” que intercambia las posiciones
- Muchas NICs modernas y puertos de conmutador implementan mecanismos de detección y reajustan su función para que no importe el tipo de cable (recto o cruzado)
- Cuidado si ninguno de los dos extremos soporta Auto-MDI/MDI-X



Ethernet sobre fibra óptica

- Los interfaces Ethernet más habituales son: 10Base-FL, 100Base-FX y 1000Base-SX
- Sobre fibra multimodo, centenares de metros
- Normalmente cuando necesitamos cubrir mayores distancia
- Más opciones, para mayores distancias, empleando monomodo
- Varios tipos de conectores (SC, ST, FC...)
- Por supuesto los dos extremos deben ser iguales o soportar autonegociación alguno de ellos



¿ Mayores velocidades ?

- Ethernet a 10, 40, 50, 100, 200 Gb/s ...
- Ethernet “más allá de la LAN” (acceso, WAN, Carrier)
- Lo vemos en otras asignaturas



Tecnología física Ethernet

- Los enlaces de la LAN pueden ser de diferentes velocidades
- Y diferentes medios físicos
- Los puertos de un conmutador pueden emplear diferentes velocidades de transmisión

