

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Ethernet

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

Programación de Redes  
Grado en Ingeniería Informática, 3º

# Temas de teoría

1. Introducción
2. Campus LAN
  - **Ethernet conmutada para LANs**
  - VLANs
  - Protección en LANs Ethernet
  - WLANs
3. Encaminamiento
4. Tecnologías de acceso y WAN

# Objetivos

- Recordar los formatos de tramas
- Recordar las versiones básicas de Ethernet
- Conocer nuevas versiones de alta velocidad de Ethernet

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

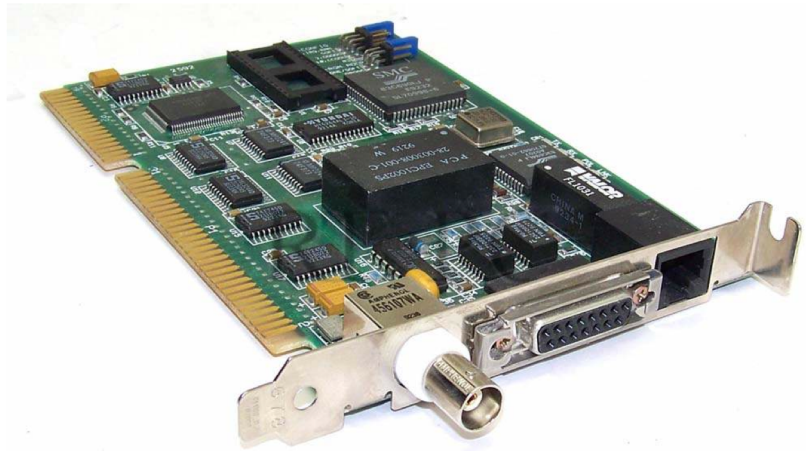
**PROGRAMACIÓN DE REDES**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Ethernet “everywhere”



# Ethernet hoy en día

- Comienzos tasa de transmisión de 2.94 Mbps
- Primera versión comercial a 10Mb/s (coaxial)
- Hoy en día se vende a 10Gb/s, 40Gb/s y 100Gb/s y sigue subiendo...
- Sobre par trenzado (de distintos tipos) y fibra óptica principalmente



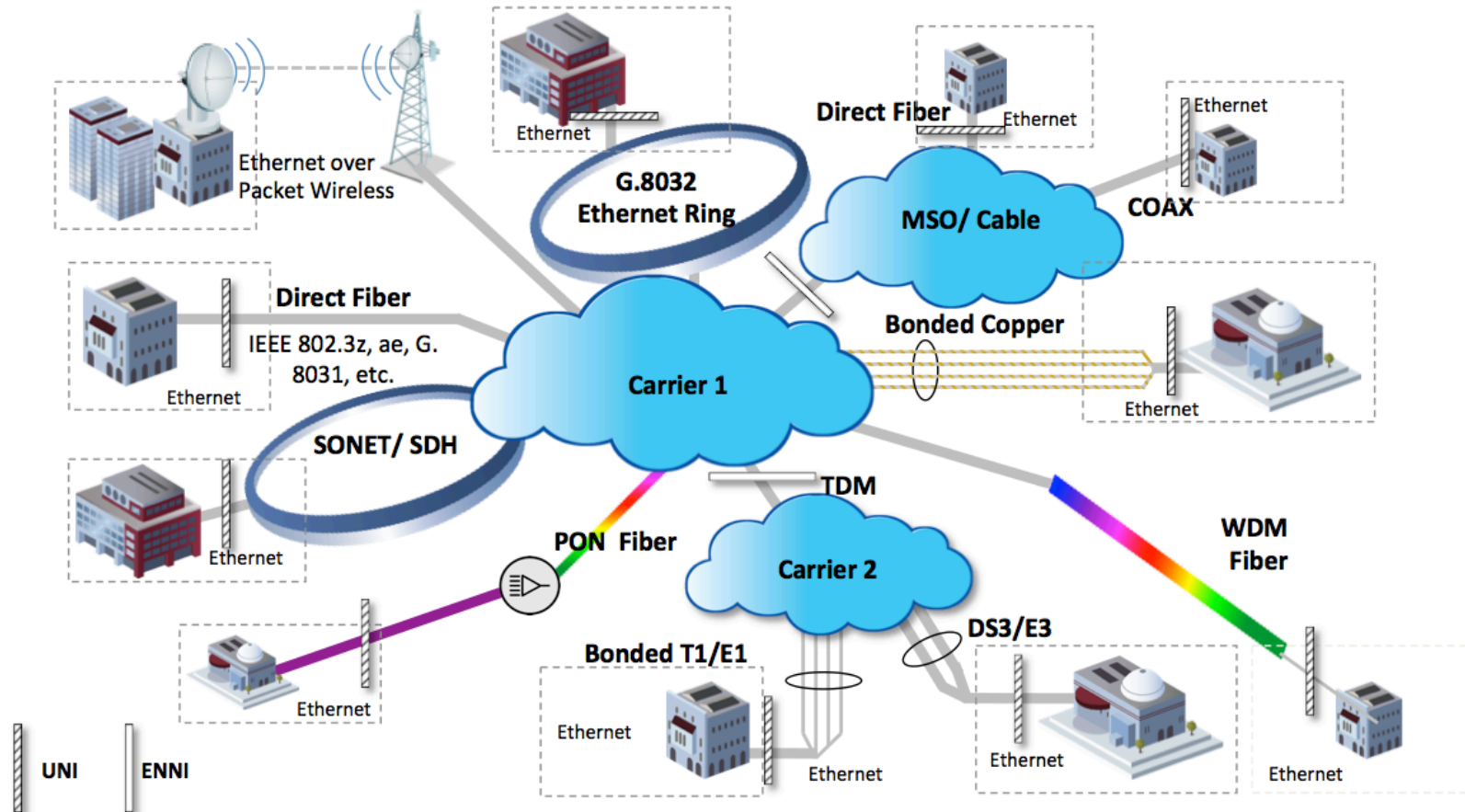
NIC Ethernet a 10Mbps  
Conectores AUI, BNC y RJ-45



Transceiver 100GBASE-LR4  
100Gbps Eth a 10Km sobre f.o. monomodo

# Ethernet hoy en día

- Surgió para LAN y ya se emplea en WAN
- Y ofrece servicios para operadoras y para el acceso (primera milla)



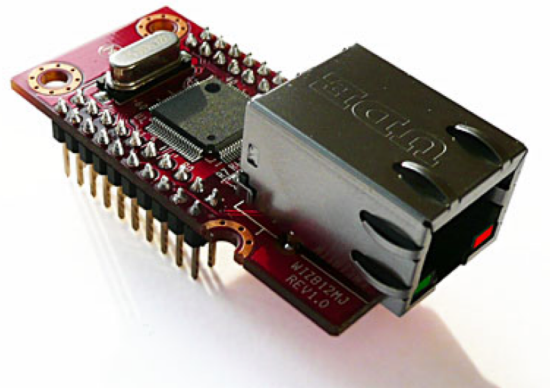
# Ethernet hoy en día

- Nació para LAN coaxial, aunque basada en ALOHA, y ha vuelto a inalámbrico (WiFi)



# Ethernet hoy en día

- Empezó para PCs e impresoras y ahora se emplea en WANs pero también en microcontroladores en coches, aviones, hogares, industria...



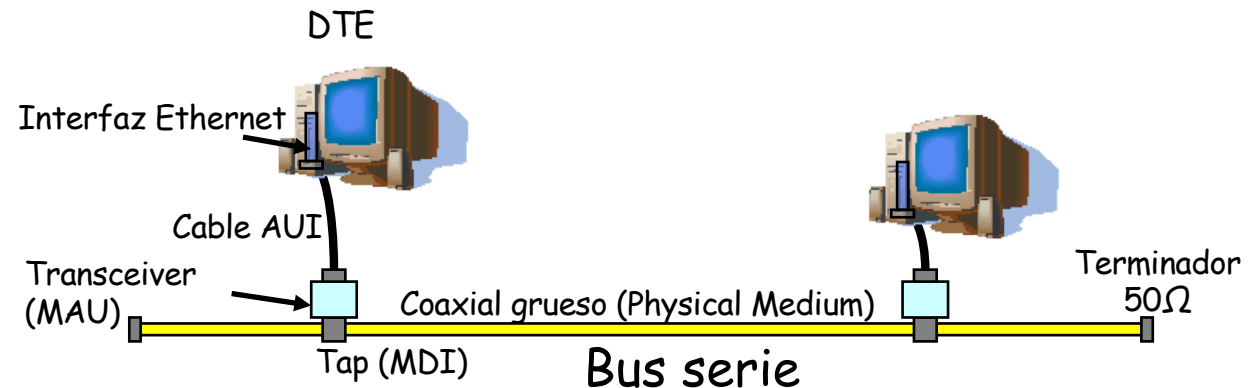
# Versiones de Ethernet (10Mb/s)

# Ethernet sobre coaxial

## 10Base5

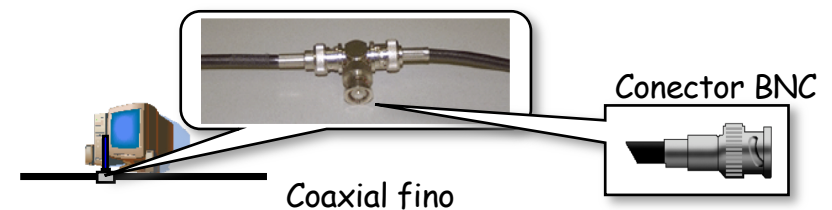
- “Thick Ethernet”
- Coaxial grueso (amarillo)
- 5 → 500m (entre repetidores)

MAU = Medium Attachment Unit  
MDI = Medium Dependent Interface  
AUI = Attachment Unit Interface  
DTE = Data Terminal Equipment



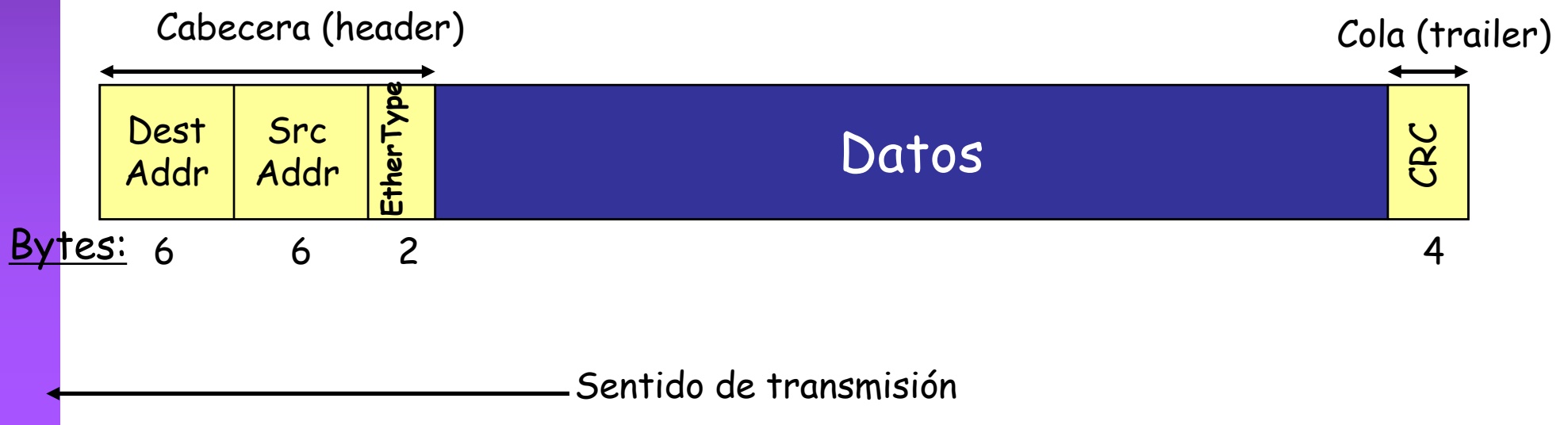
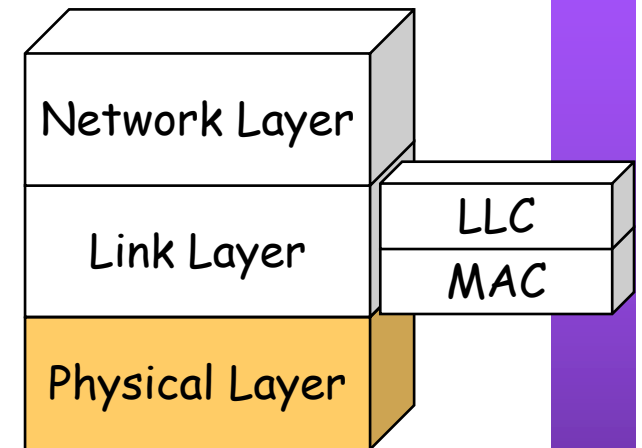
## 10Base2

- “Thinnet” o “Cheapernet”
- IEEE 802.3a
- Coaxial fino y flexible (negro)
- 2 → 185m (entre repetidores)
- Transceiver opcional (más barato)



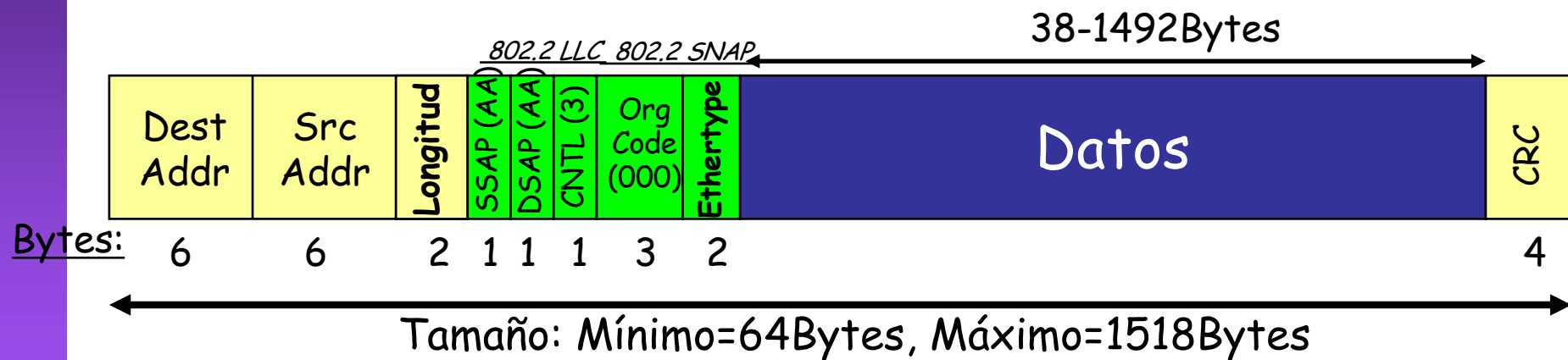
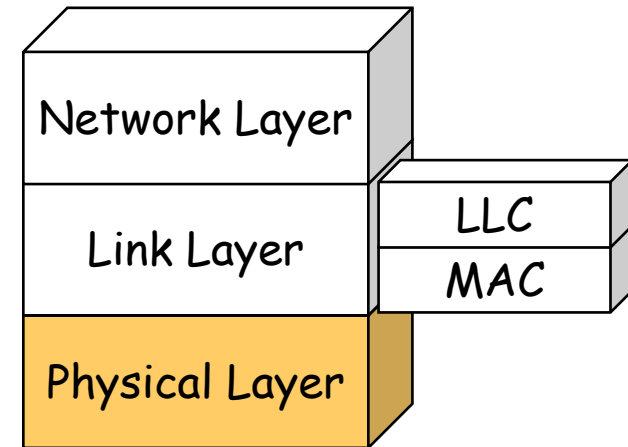
# Nivel MAC

- PDU del nivel de enlace = Trama (*Frame*)
- Formato de la trama (estándar DIX)
  - Direcciones MAC
  - *Ethertype*
  - Datos
  - CRC
- Hoy en día recogido también en el IEEE 802.3



# Trama IEEE

- IEEE 802.3 + 802.2 (LLC/SNAP)
- Campo de **Longitud** (hace referencia a todo lo que le sigue, sin contar el CRC)
- Los *EtherType* son > 1500 por lo que ambos formatos son compatibles
- IP sobre 802 en RFC 1042



DIX (Ethernet II)





# Trama DIX

No.	Time	Source	Destination	Total L	Source Port	Request Method	Status Code	Info
5	1628304369...	0.0.0.0	255.255.255.2...	313				DHCP Discover - Tran:

```

> Frame 5: 327 bytes on wire (2616 bits), 327 bytes captured (2616 bits)
v Ethernet II, Src: PcsCompu_bb:01:05 (08:00:27:bb:01:05), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  > Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  > Source: PcsCompu_bb:01:05 (08:00:27:bb:01:05)
    Type: IPv4 (0x0800)
  > Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 255.255.255.255
  > User Datagram Protocol, Src Port: 68, Dst Port: 67
  > Dynamic Host Configuration Protocol (Discover)
  
```

0000	ff ff ff ff ff ff 08 00	27 bb 01 05 08 00 45 00	.....'.....E.
0010	01 39 00 00 00 00 40 11	79 b5 00 00 00 00 ff ff	.9...@. y.....
0020	ff ff 00 44 00 43 01 25	b4 02 01 01 06 00 d3 59	...D.C.%.....Y
0030	62 22 0d 81 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	b".....
0040	00 00 00 00 00 00 08 00	27 bb 01 05 00 00 00 00	.....'
0050	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0060	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0070	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0080	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0090	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00a0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00b0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00c0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00d0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00e0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00f0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0100	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0110	00 00 00 00 00 00 63 82	53 63 35 01 01 3d 07 01	.....c. Sc5...=...
0120	08 00 27 bb 01 05 39 02	02 40 37 07 01 03 06 0c	...'9. @7.....
0130	0f 1c 2a 3c 0c 75 64 68	63 70 20 31 2e 32 30 2e	..*<.udh cp 1.20.
0140	32 0c 03 62 6f 78 ff		2. box.

Ethernet (eth), 14 bytes      Packets: 9 · Displayed: 1 (11.1%)      Profile: Default



# LLC/SNAP

No.	Time	Source	Destination	Total L	Source Port	Request Method	Status Code	Info
1	1164034146...	Cisco_d5:d5:...	CDP/VTP/DTP/P...					Device ID: R1 Port :

> Frame 1: 300 bytes on wire (2400 bits), 300 bytes captured (2400 bits)

> IEEE 802.3 Ethernet

- > Destination: CDP/VTP/DTP/PagP/UDLD (01:00:0c:cc:cc:cc)
- > Source: Cisco\_d5:d5:15 (00:e0:1e:d5:d5:15)
- Length: 286

> **Logical-Link Control**

- > DSAP: SNAP (0xaa)
- > SSAP: SNAP (0xaa)
- > Control field: U, func=UI (0x03)
- Organization Code: 00:00:0c (Cisco Systems, Inc)
- PID: CDP (0x2000)

> Cisco Discovery Protocol

```

0000  01 00 0c cc cc cc 00 e0 1e d5 d5 15 01 1e aa aa  ....
0010  03 00 00 0c 20 00 01 b4 df f0 00 01 00 06 52 31  ....R1
0020  00 02 00 11 00 00 00 01 01 01 cc 00 04 c0 a8 0a  ....
0030  01 00 03 00 0d 45 74 68 65 72 6e 65 74 30 00 04  ....Ethernet
0040  00 08 00 00 00 01 00 05 00 d8 43 69 73 63 6f 20  ....Cisco
0050  49 6e 74 65 72 6e 65 74 77 6f 72 6b 20 4f 70 65  Internet work Ope
0060  72 61 74 69 6e 67 20 53 79 73 74 65 6d 20 53 6f  rating S ystem Ope
0070  66 74 77 61 72 65 20 0a 49 4f 53 20 28 74 6d 29  ftware  IOS (tm)
0080  20 31 36 30 30 20 53 6f 66 74 77 61 72 65 20 28  1600 So ftware (
0090  43 31 36 30 30 2d 4e 59 2d 4c 29 2c 20 56 65 72  C1600-NY -L), Ver
00a0  73 69 6f 6e 20 31 31 2e 32 28 31 32 29 50 2c 20  sion 11. 2(12)P,
00b0  52 45 4c 45 41 53 45 20 53 4f 46 54 57 41 52 45  RELEASE SOFTWARE
00c0  20 28 66 63 31 29 0a 43 6f 70 79 72 69 67 68 74  (fc1) Copyright
00d0  20 28 63 29 20 31 39 38 36 2d 31 39 39 38 20 62  (c) 198 6-1998 b
00e0  79 20 63 69 73 63 6f 20 53 79 73 74 65 6d 73 2c  y cisco Systems,
00f0  20 49 6e 63 2e 0a 43 6f 6d 70 69 6c 65 64 20 54  Inc. Co mpiled T
0100  75 65 20 30 33 2d 4d 61 72 2d 39 38 20 30 36 3a  ue 03-Mar-98 06:

```

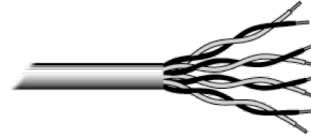
Logical-Link Control (llc), 8 bytes      Packets: 1 · Displayed: 1 (100.0%)      Profile: Default



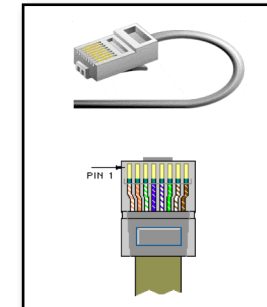
# Ethernet 10Mbps sobre par trenzado

## 10Base-T

- IEEE 802.3i
- Cables de par trenzado cat. 3
- Topología física en estrella
  - Elemento central = "Hub"
- Topología lógica en bus
- Transceiver opcional
- Conector RJ-45
- Cable máximo 100 m

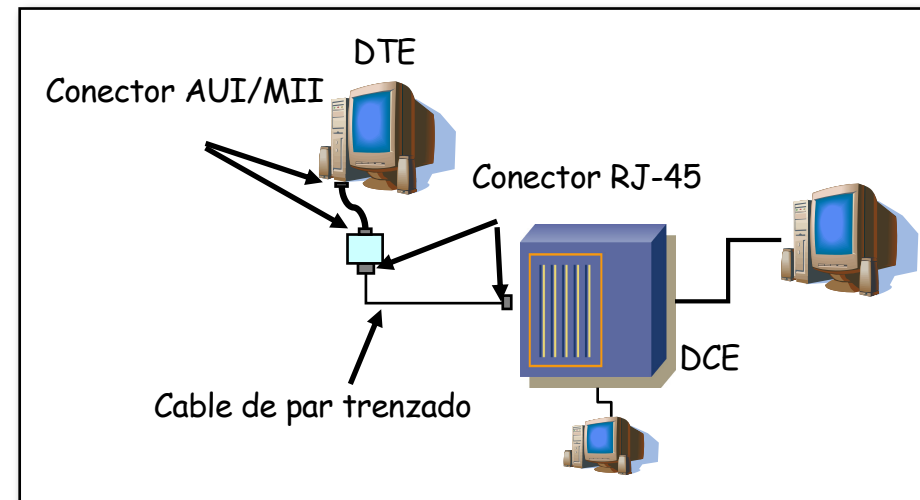


DTE = Data Terminal Equipment  
DCE = Data Communications Equipment



## 100Base-TX (Fast Ethernet)

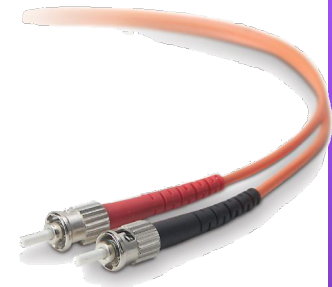
- IEEE 802.3u
- MII = *Medium Independent Interface*
- Cables de par trenzado Cat.5 (100m)
- Usa 2 pares
- Transceiver opcional
- Conector RJ-45



# Ethernet 10Mbps sobre Fibra

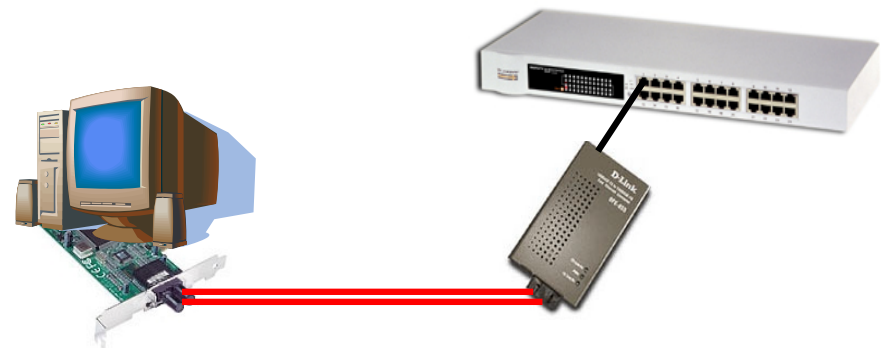
## 10BaseFL

- Fibra óptica multimodo (50 o 62.5  $\mu\text{m}$ )
- IEEE 802.3j
- Inmune a interferencias electromagnéticas
- Hasta 2 Km
- Usado en:
  - El *backbone* de una LAN
  - Cableado vertical
  - Larga distancia a un host



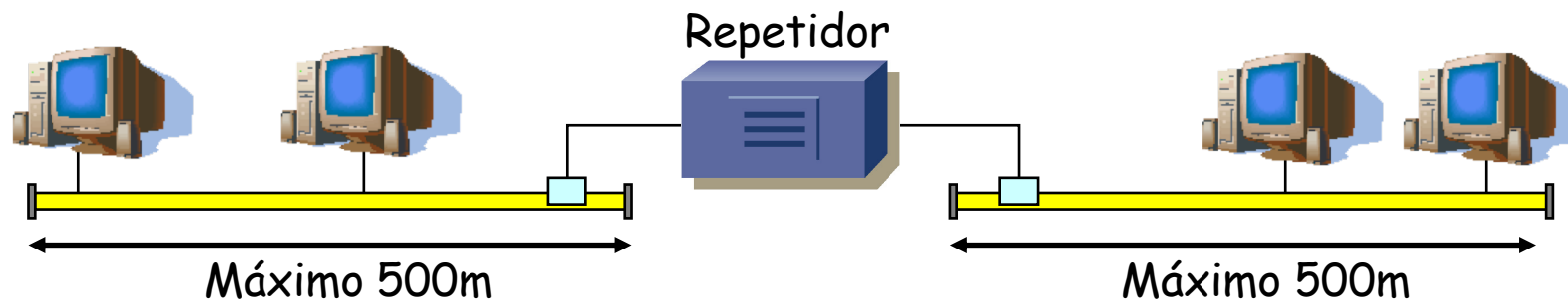
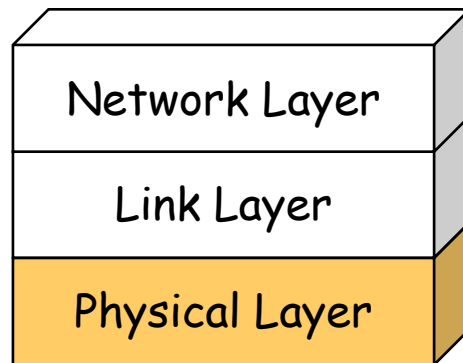
## 100Base-FX

- Fibra multimodo (50 ó 62.5  $\mu\text{m}$ )
- 2 Km (full-duplex)
- 412 m (half-duplex)



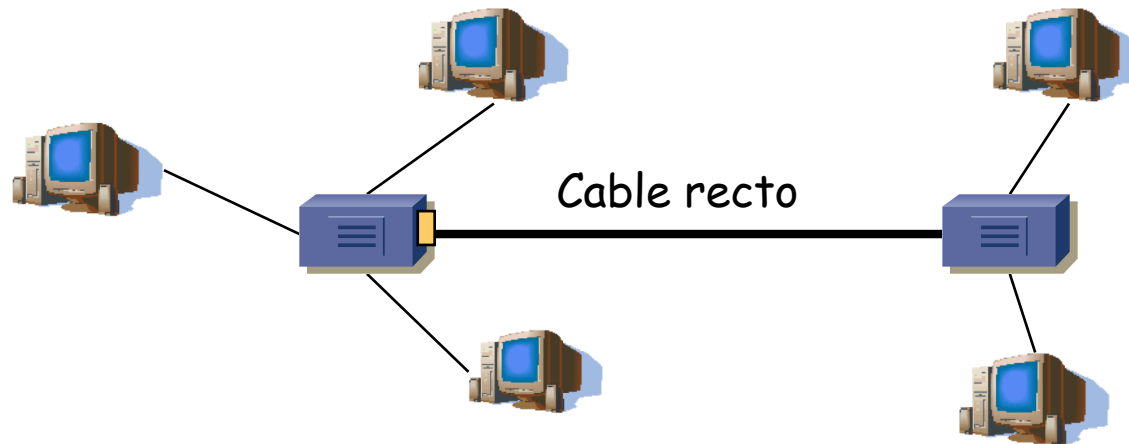
# Repetidores

- “ Repetidor ” , “ Hub ” , “ Hub repetidor ” , “ Concentrador ” , “Concentrador de cableado”
- Nivel 1 OSI (nivel físico)
- Regeneración de la señal eléctrica
- Half-duplex (CSMA/CD)
- No modifican las tramas
- No tienen direcciones MAC
- Ya no se venden
- Difícil que los encontréis en uso
- Su función la hacen switches
- Apariencia externa igual que un switch/conmutador



# Conexión de hubs 10Base-T

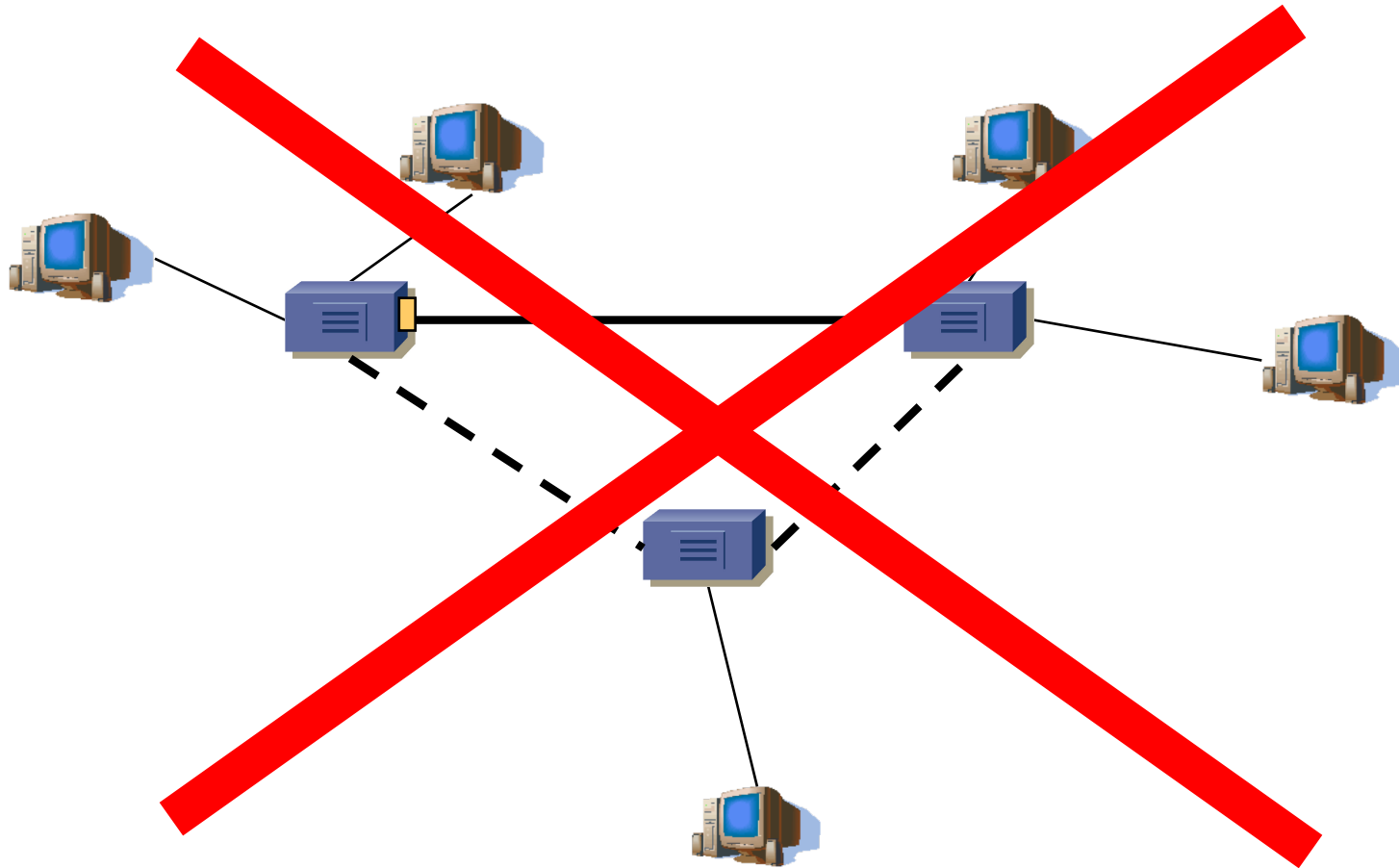
- Muchos hubs poseen un puerto de “uplink”
- Este puerto tiene los pares como un PC
- Se puede conectar mediante cable recto a un puerto normal de otro hub



- Podría conectarse un PC a uno de estos puertos mediante un cable cruzado

# Conexión de Hubs

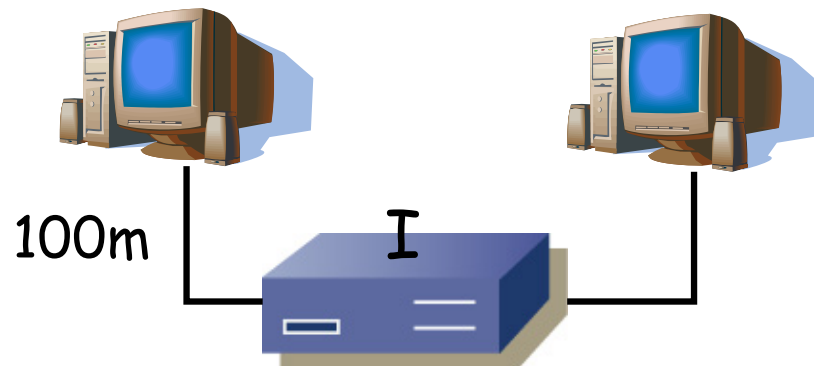
- Nunca nunca nunca... forme un bucle



# Repetidores FastEthernet

## Clase I

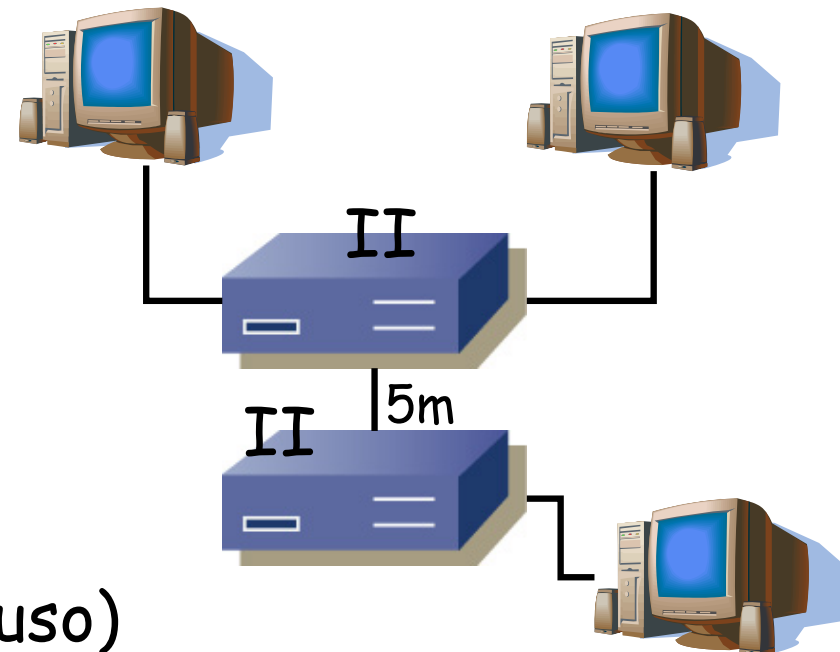
- Convierte a digital
- Permiten diferentes medios físicos
- Mayor retardo
- Solo puede haber 1



Mismos comentarios (en desuso)

## Clase II

- Menos retardo
- Todos los puertos misma tecnología
- Máximo de 2
- Máximo 5m entre ellos



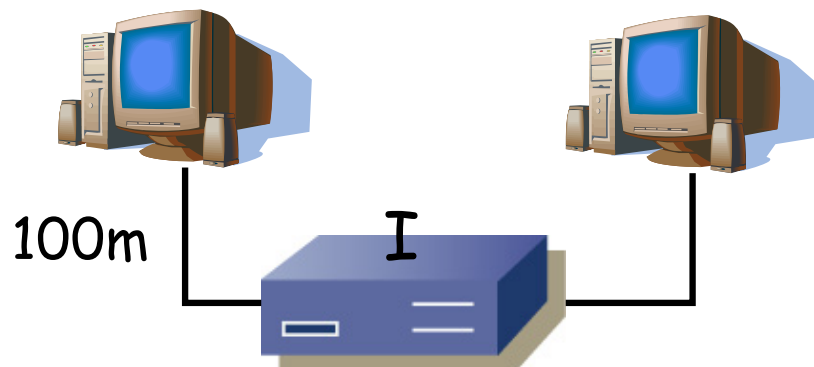
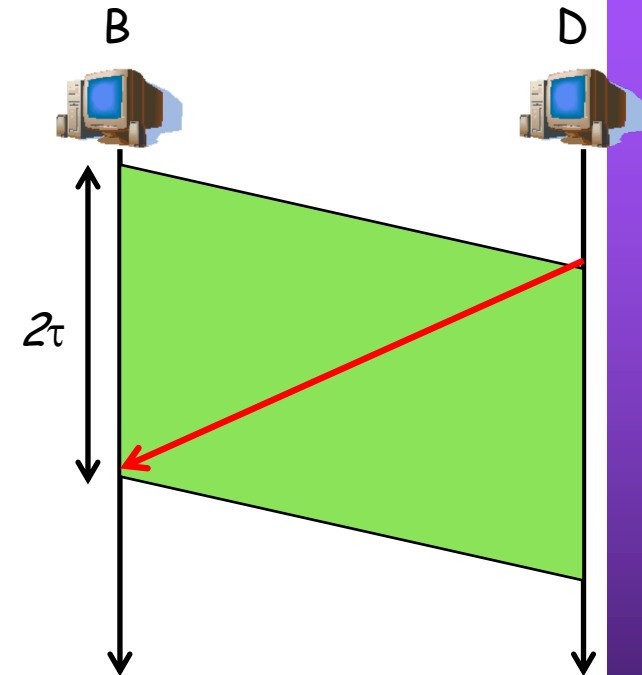


# Repetidores Fast Ethernet

- Solo 1 (ó 2) entre cualquier par de hosts con 100m al hub

## ¿ Por qué tan corta distancia ?

- CSMA/CD
- FastEthernet mantiene la longitud mínima de la trama (64 bytes)
- *Collision Window* ↓ (menor tiempo de transmisión)
- Elección: Aumentar el tamaño mínimo o reducir el diámetro máximo
- Se redujo el diámetro: speed x10 ⇒ diámetro ÷10



Tamaño de trama (bytes)	Tiempo de Tx (μseg) 10Mbps	Tiempo de Tx (μseg) 100Mbps
64	51.2	5.12
512	409.6	40.96
1000	800	80
1518	1214.4	121.44

# Autonegociación

- Opcional en IEEE 802.3u (Fast Ethernet)
- Extendida a 10Base-T
- Obligatorio en 1000Base-T
- Permite negociar:
  - Half/Full-Duplex
  - 10/100/1000 Mbps
- Mediante pulsos que se envían cuando no hay tramas
- Si un extremo lo soporta y otro no:
  - Extremo que lo soporta puede detectar la velocidad
  - No detecta el *duplex* así que escoge *half-duplex*

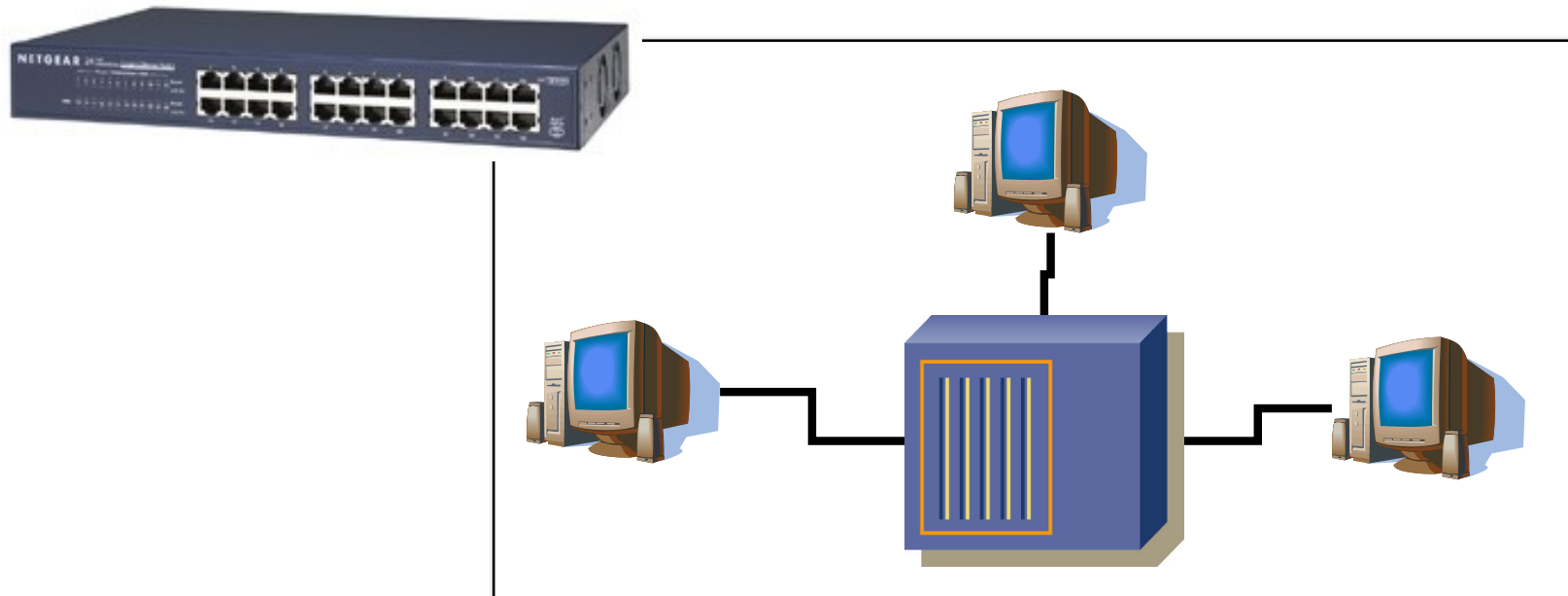


# Gigabit Ethernet

## 1000Base-T

- IEEE 802.3ab
- 4 pares Cat.5 (100m)
- El *hub* existe en el estándar pero no se utiliza

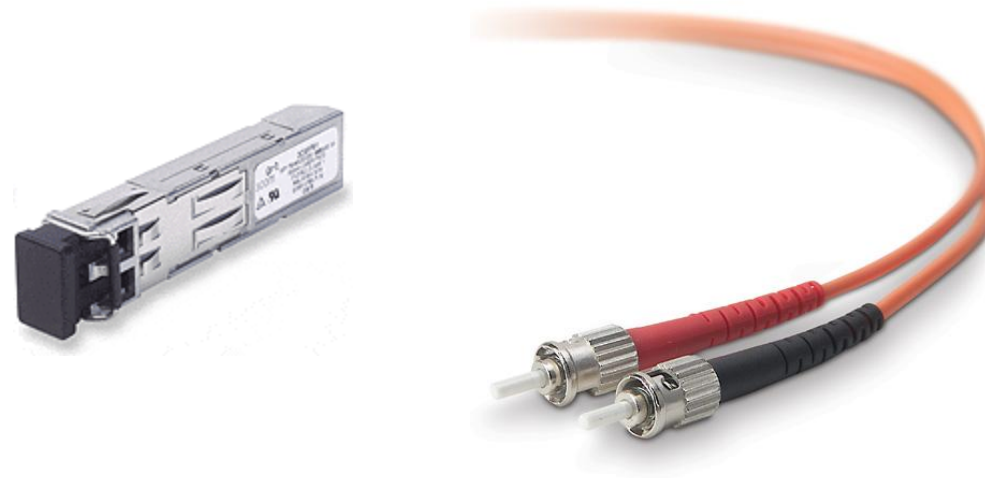
GMII = Gigabit Medium Independent Interface



# Gigabit Ethernet

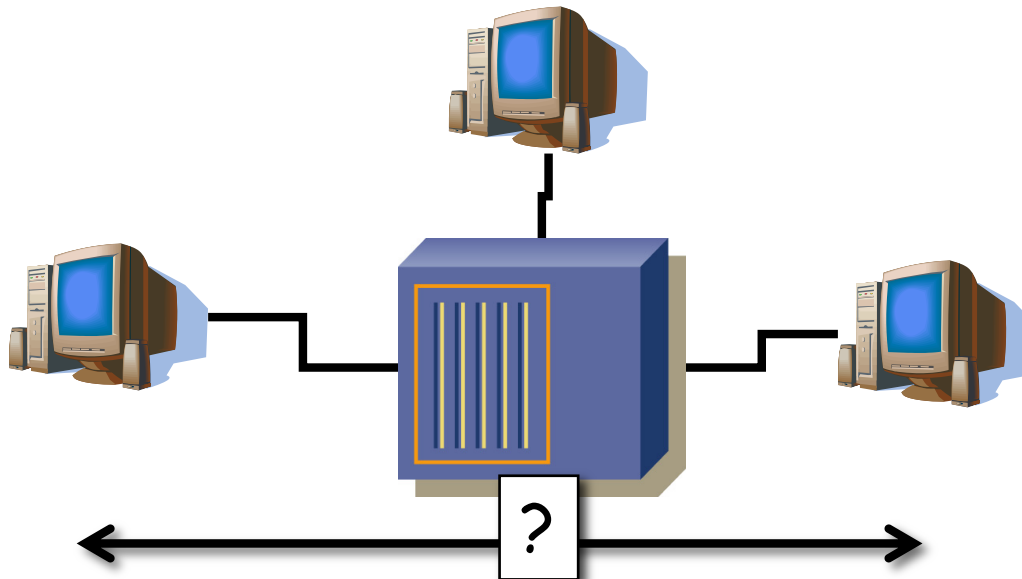
## 1000Base-X

- IEEE 802.3z
- 1000Base-SX : Fibra multimodo (200-500 m)
- 1000Base-LX : Fibra monomodo (5-10 Km)
- Otras variantes (según fabricante, durante procesos de estandarización, para primera milla, etc)



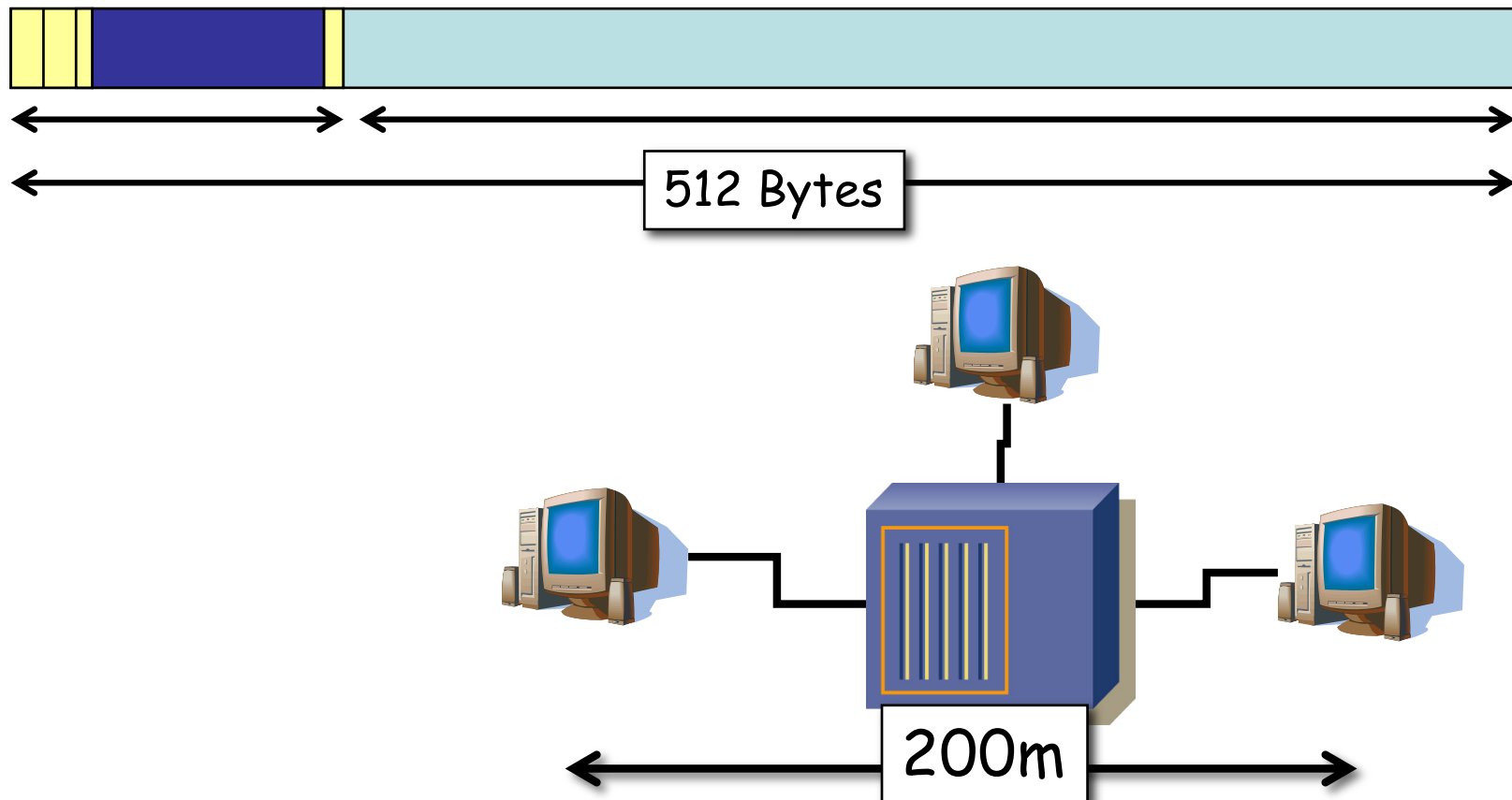
# Gigabit Ethernet

- Existe el *Hub* Gigabit
- Velocidad x10 frente a FastEthernet
- ¿ Diámetro ÷10 ?



# Gigabit Ethernet

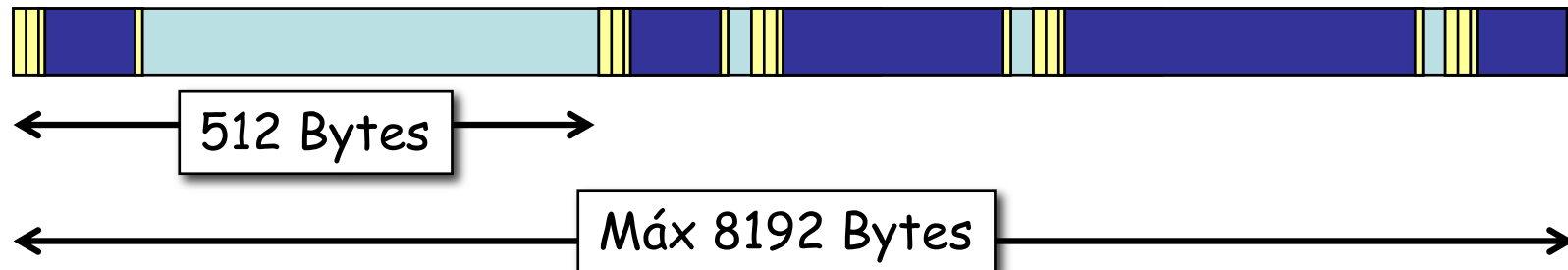
- ¿ Diámetro  $\div 10$  ? **NO**
- *Carrier Extension*
- Mínimo tamaño 512 Bytes



# Gigabit Ethernet

## *Frame Bursting*

- Puede transmitir varias tramas seguidas
- Sin liberar el canal
- Hasta 8192 bytes
- La primera trama, si es demasiado corta, requiere extensión de portadora



# Gigabit Ethernet

- Se emplean switches (próxima clase)
- Full Duplex
- No-CSMA/CD
- Así que no hace falta *Carrier Extension* ni se usa *Frame Bursting*

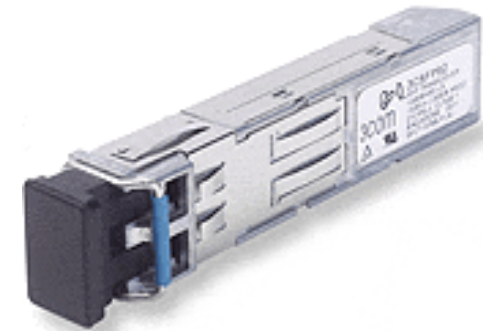




# Gigabit Ethernet

## SFP

- Small Formfactor Pluggable transceiver
- *Hot-swappable Transceiver*



# Gigabit Ethernet

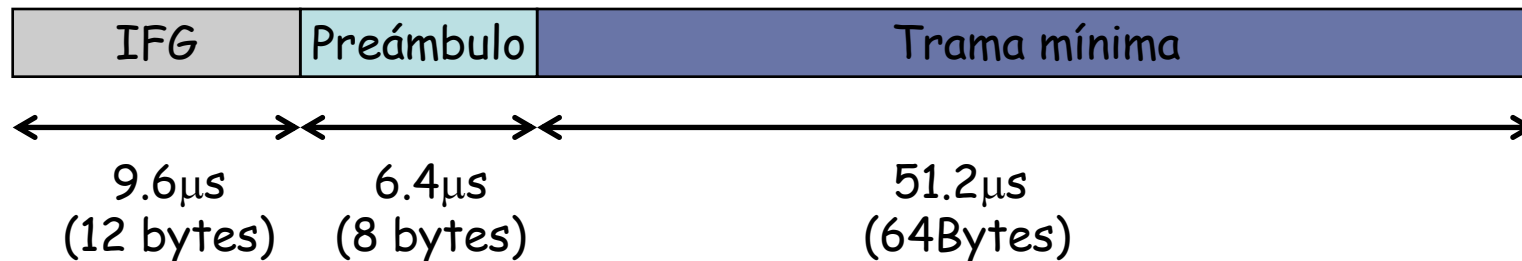
## ¿ *Jumbo Frames* ?

- MTU tradicional 1500 bytes
- *Jumbo Frames* la aumentan a unos 9 KBytes
- Reduce la carga de procesamiento (pkts/sec)



# Frame rate 10Mbps

- ¿Máximo número de tramas por segundo?  
(...)



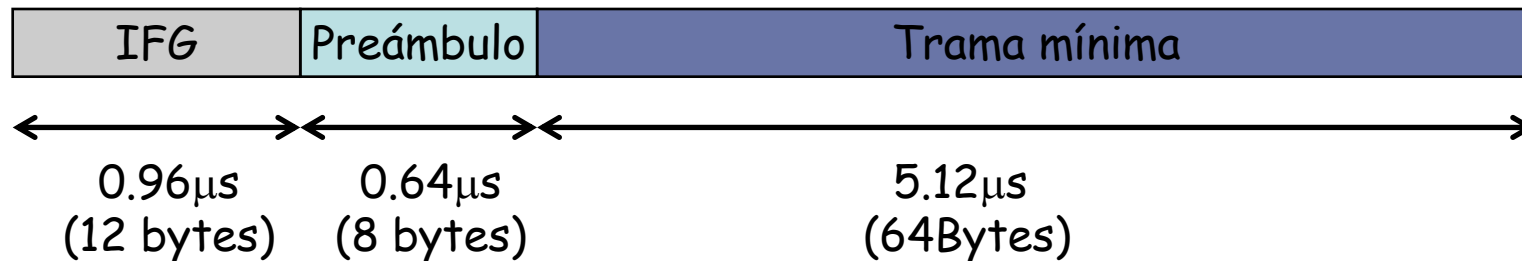
$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 14.880 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) =  $1/14.880 = 67 \mu\text{s}$

IFG = Inter Frame Gap

# Frame rate 100Mbps

- ¿Máximo número de tramas por segundo?

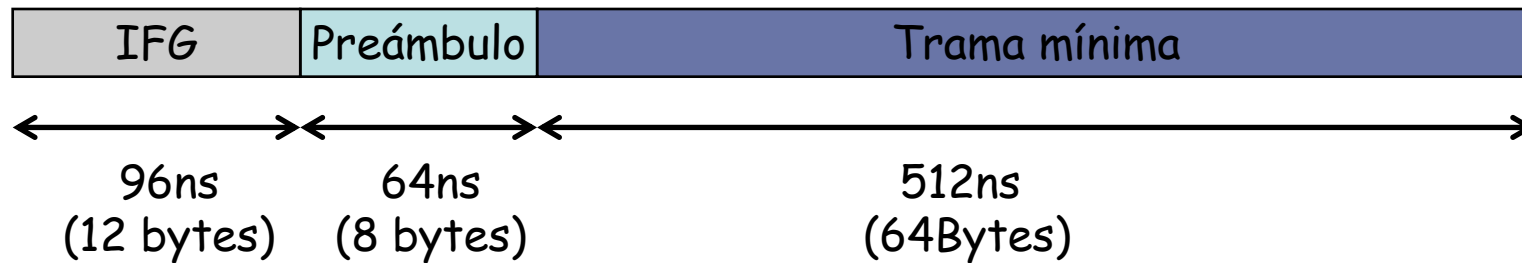


$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 148.809 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) =  $1/148.809 = 6.7 \mu\text{s}$

# Frame rate 1Gbps

- ¿Máximo número de tramas por segundo?  
(enlace full-duplex)



$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 1.488.095 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) =  $1/1.488.095 = 672 \text{ ns}$

# Tecnologías Ethernet

## 10GBase-X

- IEEE 802.3ae
- 10GBase-SR : F.O. Multimodo (30-300m)
- 10GBase-LR : F.O. Monomodo (10-20Km)
- 10GBase-ER : F.O. Monomodo (40Km)
- 10GBase-SW/LW/EW : WAN PHY (9.58Gbps), para mapearse directamente en un contenedor SONET/SDH (VC-4-64c)



# Tecnologías Ethernet

## 10GBase-T

- IEEE 802.3an
- Cable Categoría 6 (55m)
- Cable Categoría 6 aumentada o Cat.7 (100m)
- 10 Gigabit Ethernet solo Full-Duplex



# Tecnologías Ethernet

## Otros 10GBase

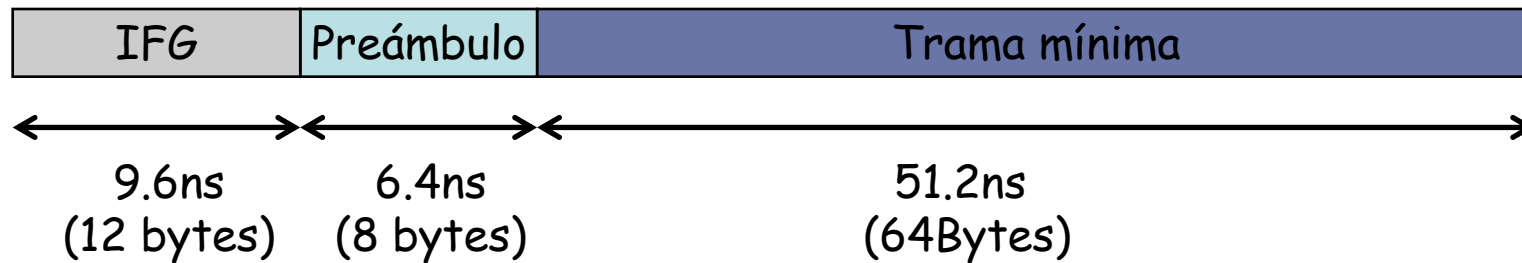
- 802.3ak (cobre, 10GBASE-CX4, 15m)
- 802.3ap (Backplane Ethernet, cobre, 10GBASE-KX4, 10GBASE-KR, 1m)
- 802.3aq (10GBASE-LRM, fibra, 200-300m)





# Frame rate

- ¿Máximo número de tramas por segundo?

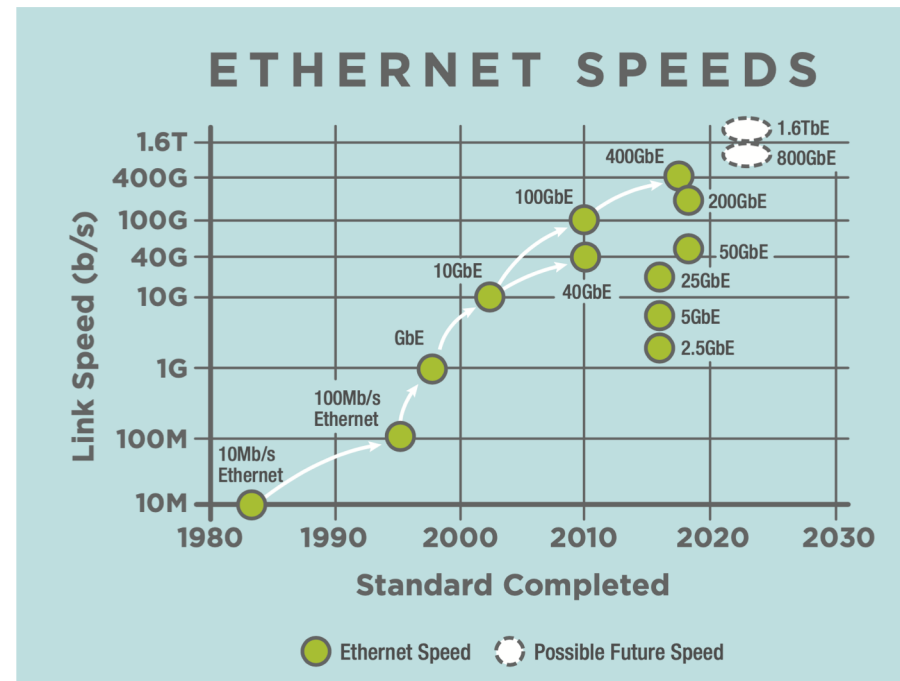


$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 14.880.952 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) =  $1/14.880.952 = 67 \text{ ns}$

# Otras versiones de Ethernet

- A 2.5Gb/s y 5Gb/s sobre par trenzado cat.5e
- A 25Gb/s, 40Gb/s y 50Gb/s sobre f.o. y par trenzado (cat.8 30m)
- A 100Gb/s, 200Gb/s y 400Gb/s
- En WANs
- En redes de acceso
- En entornos de automoción y aviónica
- En entornos industriales
- Etc.



# Tecnologías Ethernet

- Con 100Gb/s Ethernet nos salimos claramente de lo que a día de hoy sería “Ethernet en LAN” que es este tema
- Máximo de 148.809.523 pps
- Eso son 6.7ns entre dos frames consecutivos

# Resumen

- Ethernet clásica sobre coaxial: interesante conocer por qué Ethernet es como es pero no se despliega
- Ethernet sobre par de cobre o fibra es lo que se usa
- Otros medios en cortas distancias (twinax, backplane)
- Ethernet de 10 a 400.000 Mbps
- Conmutación

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Ethernet

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# Para la próxima clase

- Repasad el funcionamiento de conmutadores Ethernet (AR)

upna

## Puentes

ARQUITECTURA DE REDES

- Idealmente de un dominio a otro reenvían solo las tramas dirigidas a estaciones del otro dominio

upna

## Learning Bridge

ARQUITECTURA DE REDES

### MAC destino unicast:

- Busca en la base de datos de filtrado (...):
  - o Si la encuentra asociada a un puerto reenvía la trama solo por ese puerto (si no es el puerto por el que le llegó la trama) (...)
  - o Recordad que un Hub actúa como un bus lógico y hace llegar la trama a todas las estaciones
  - o Si no la encuentra: inundación

If	MAC
E0	MAC <sub>PCA</sub>
E1	MAC <sub>PCC</sub>

upna

## Puentes y conmutadores

ARQUITECTURA DE REDES

- **Conmutador** Ethernet (*switch, switching-hub*) es básicamente un **puente**
- Los primeros puentes tenían pocos puertos (2)
- Un switch tiene uno por estación
- Interconectados