

Ethernet

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

Laboratorio de Programación de Redes
3º Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

Objetivo

- Ethernet como tecnología LAN

Contenido

- Introducción
- Formato de trama
- Protocolo MAC (CSMA/CD)
- Tecnologías
- Equipos activos:
 - Repetidores
 - Hubs
 - Puentes
 - Conmutadores

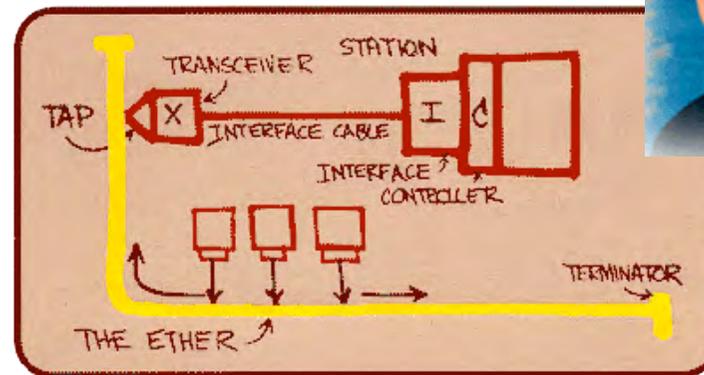
Ethernet

- Tecnología de LAN ampliamente extendida
- Simple de instalar
- Barata
- Múltiples medios físicos (coaxial, par trenzado, fibra)
- Ha ido aumentando su velocidad (10Mbps-10Gbps)



Ethernet “original”

- ¿Quién? ¿Cuándo? ¿Dónde?
- **Bob Metcalfe**. Años 70-80. Xerox Palo Alto Research Center, California
- Posteriormente fundador de 3Com
- 10Mbps
- Thick Ethernet o 10Base5
- Topología en bus
- Estándar DIX (Digital, Intel, Xerox)

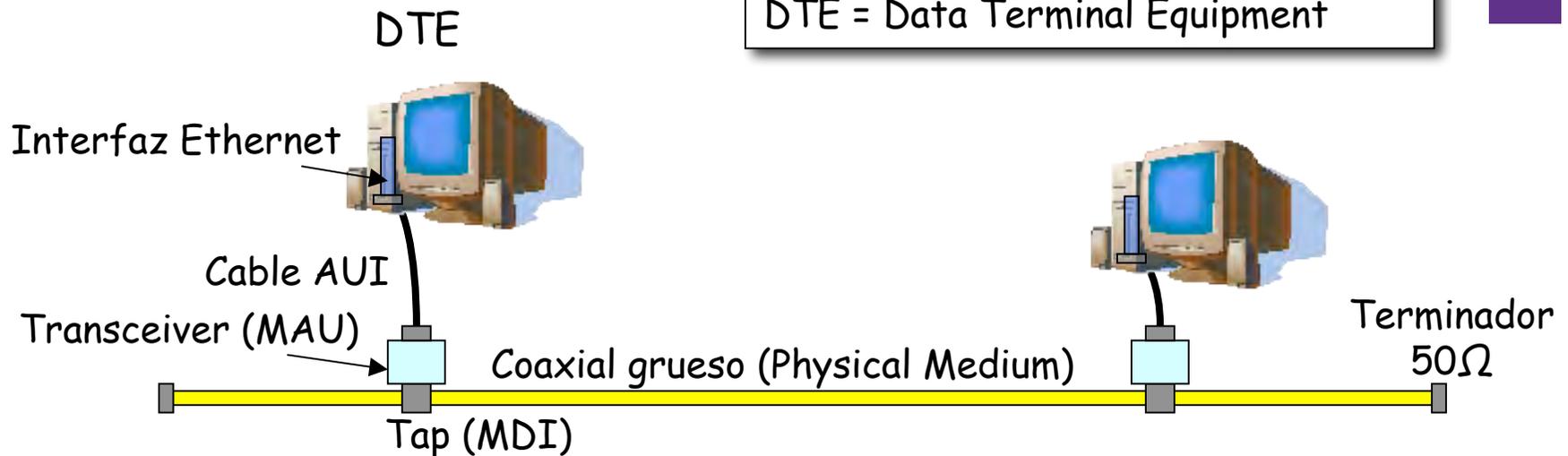


Ethernet “original”

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



Formato de trama

Nivel MAC

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



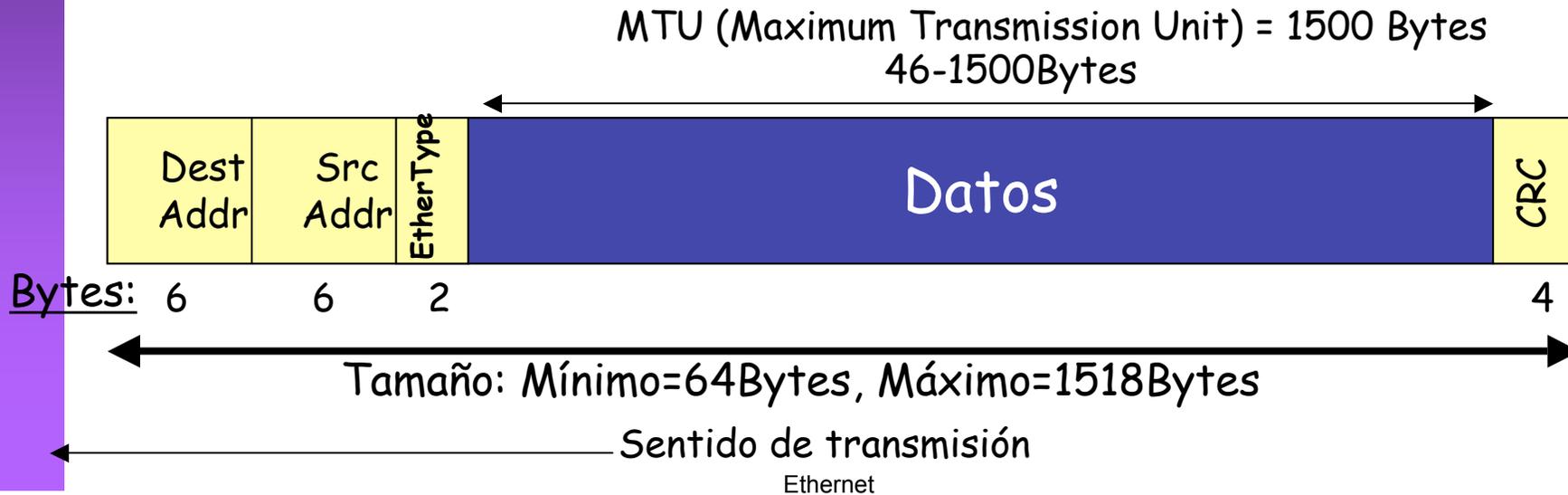
Trama DIX: Direcciones MAC

- Única por tarjeta (“a fuego”)
- Espacio plano de direcciones
- 6 bytes (ej: 00:00:0C:95:7A:EA)
- Tipos de direcciones
 - Individual/Grupo: octavo bit está a 0/1
 - Broadcast: todos los bits están a 1
 - Universal/Local: séptimo bit está a 0/1
- Gestionadas por el IEEE
 - Los primeros 24 bits identifican al fabricante
 - 00:00:0C (y otros) = Cisco Systems
 - 00:00:63 = HP
 - 00:20:AF (y otros) = 3Com



Trama DIX: Encapsulación

- Ethertype (ej: 0x0800 = 2048 => IP)
- Datos:
 - MTU (Maximum Transmission Unit) de 1500 Bytes
 - Tamaño mínimo de 46 Bytes
 - ¿Si no alcanza el mínimo? Relleno (padding) con 0s hasta el mínimo
- IP sobre EthernetII en RFC 894

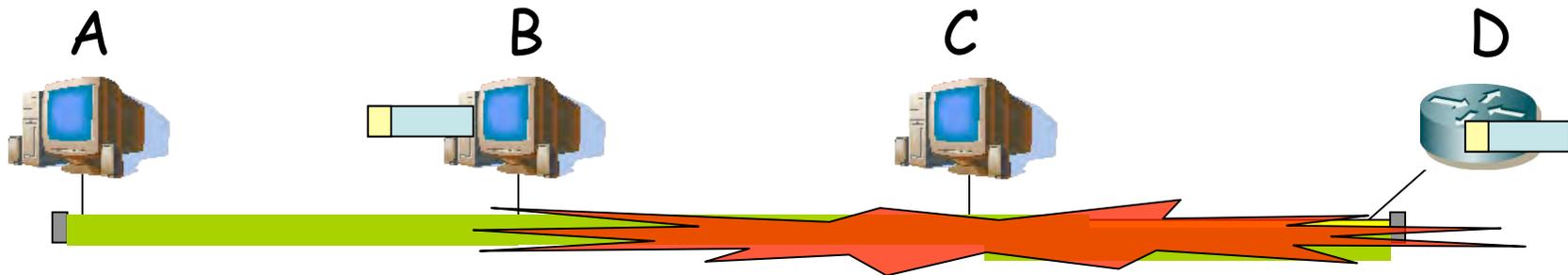
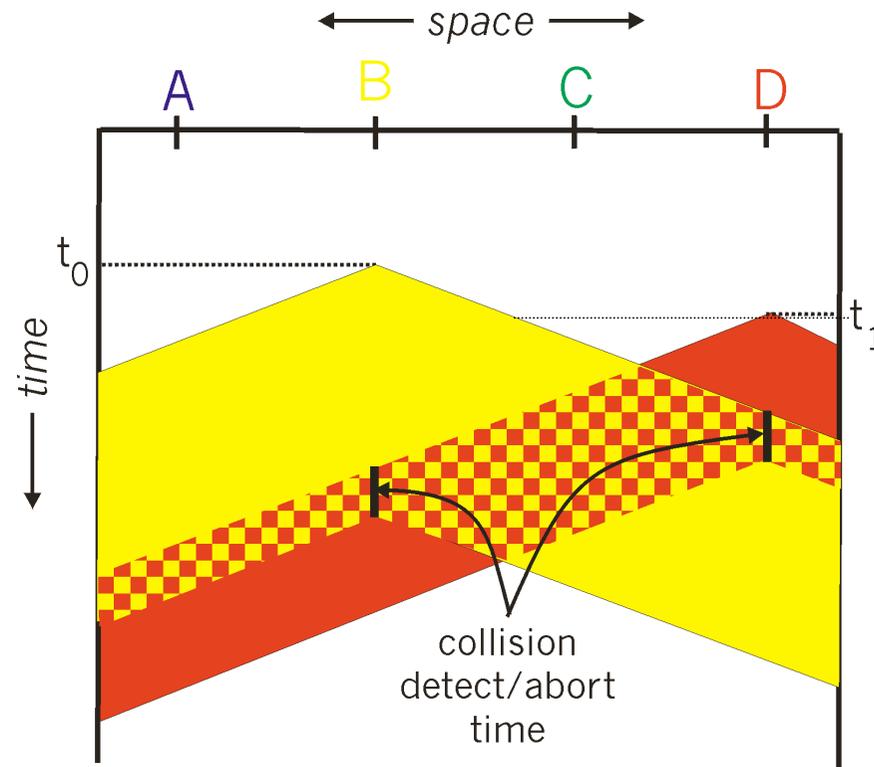


CSMA/CD

CSMA/CD

CSMA/CD

- *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*
- Canal inactivo: transmitir la trama
- Canal ocupado: retrasar la transmisión
- Debido al retardo puede que un nodo no note que otro está transmitiendo
- Detecta si se produce una colisión mientras transmite
- Si hay colisión reintentar tras un tiempo aleatorio (backoff)
- Ejemplo (. . .)

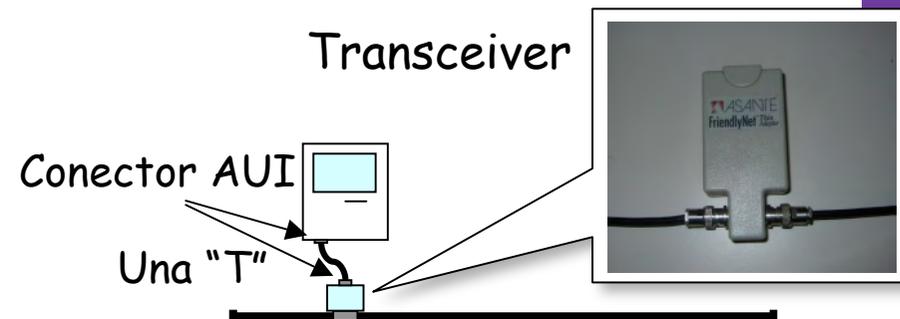


Tecnologías

Tecnologías Ethernet

10Base2

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



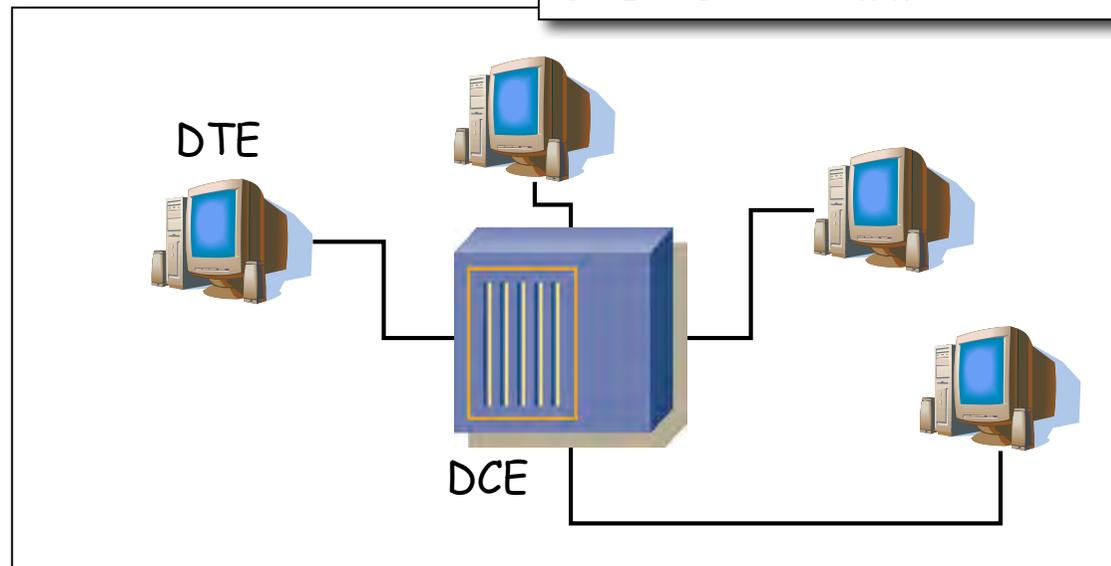
Tecnologías Ethernet

10Base-T

- IEEE 802.3i
- Cables de par trenzado
- Topología física en estrella
 - Elemento central = “Hub”
- Topología lógica en bus



DTE = Data Terminal Equipment
DCE = Data Communications Equipment

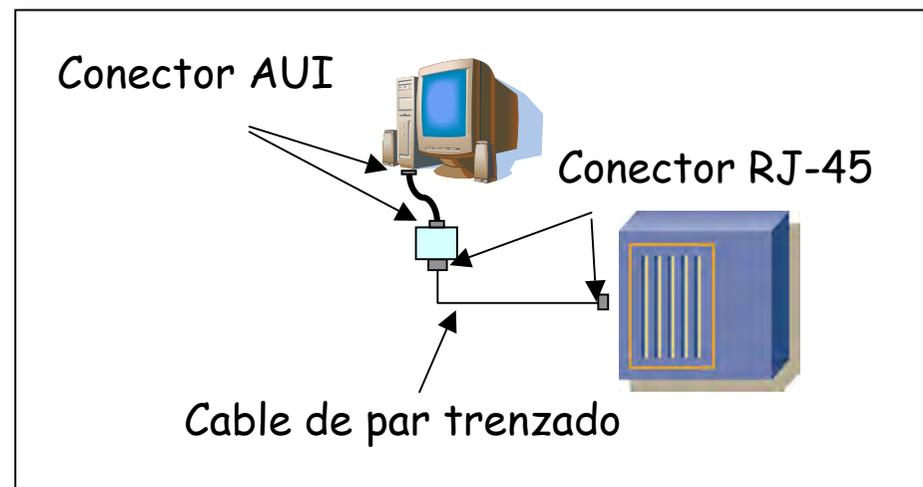
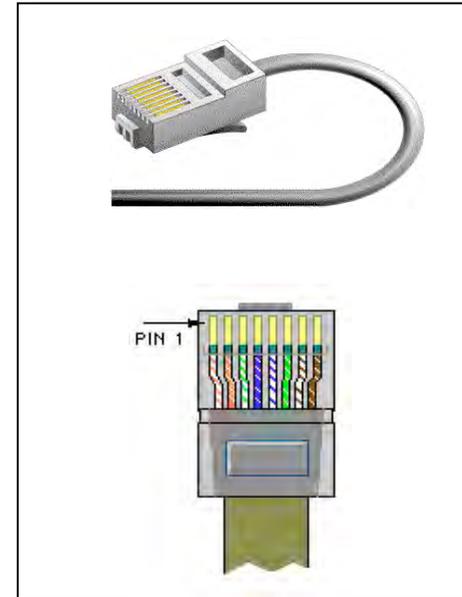
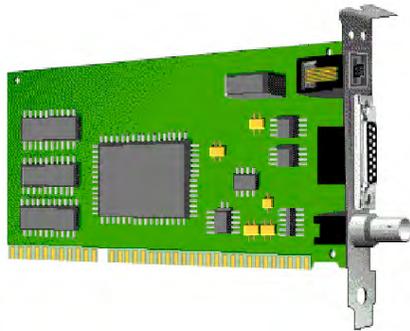


Ethernet

Tecnologías Ethernet

10Base-T

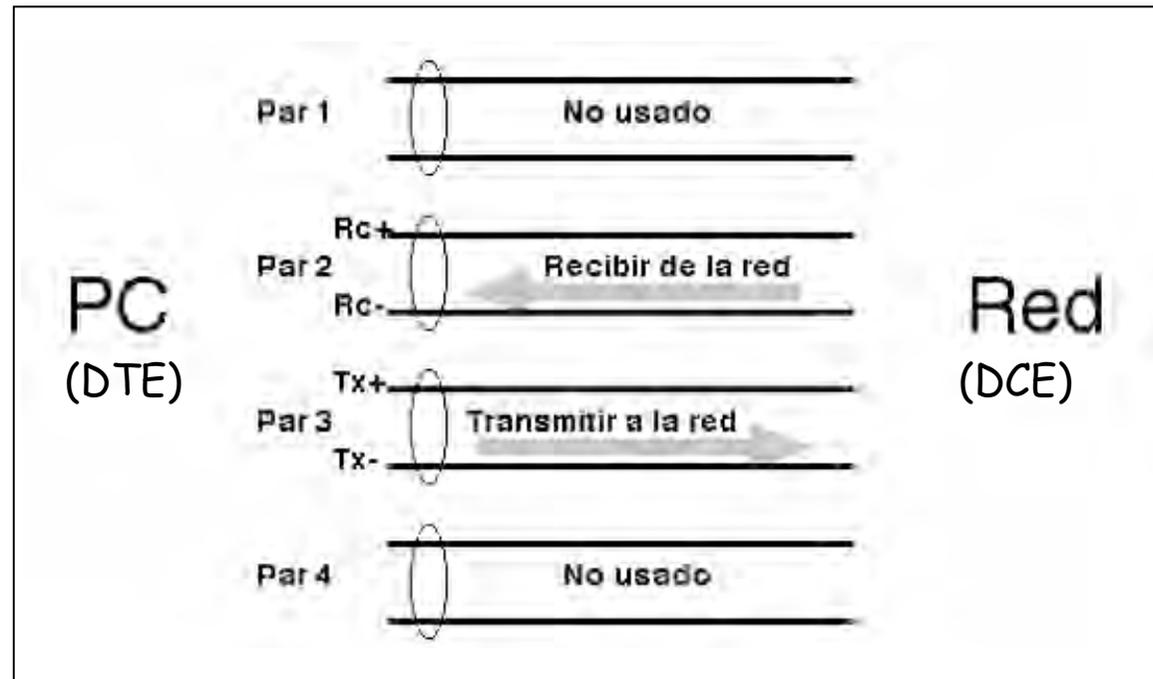
- Transceiver opcional
- Conector RJ-45



Tecnologías Ethernet

Cable de par trenzado

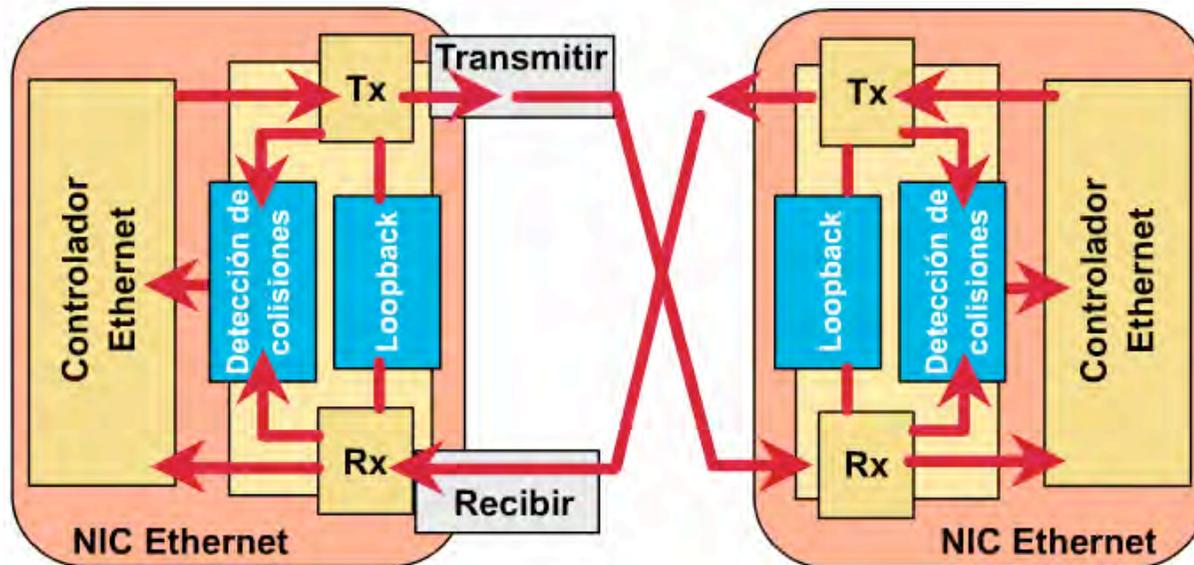
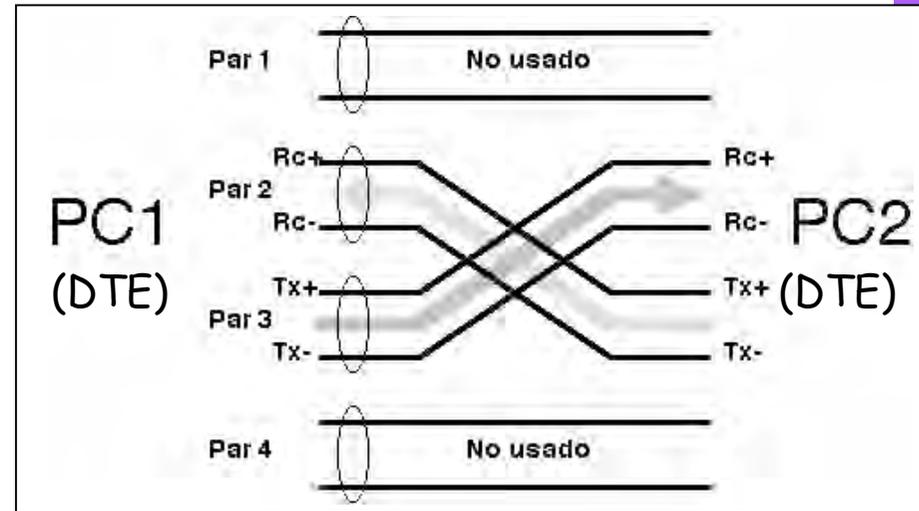
- Ethernet 10Base-T emplea 2 pares de al menos categoría 3
- Un par transmisión, otro recepción
- En un hub las posiciones de los pares están intercambiadas



Tecnologías Ethernet

Cable de par trenzado

- Para conectar dos PCs directamente se necesita un cable cruzado
- Un puerto de un router es como el de un PC



Tecnologías Ethernet

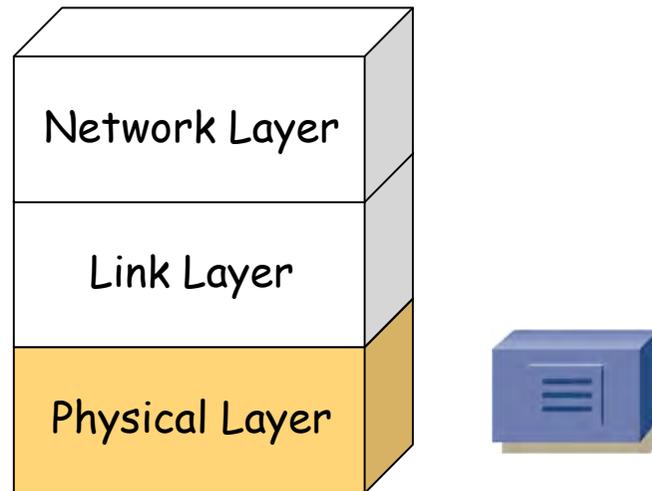
10BaseFL

- Fibra óptica (Fiber optic Link)
- IEEE 802.3j
- Inmune a interferencias electromagnéticas
- Hasta 2 Km con F.O. multimodo
- Usado en:
 - El *backbone* de una LAN
 - Cableado vertical
 - Larga distancia a un host



Repetidores

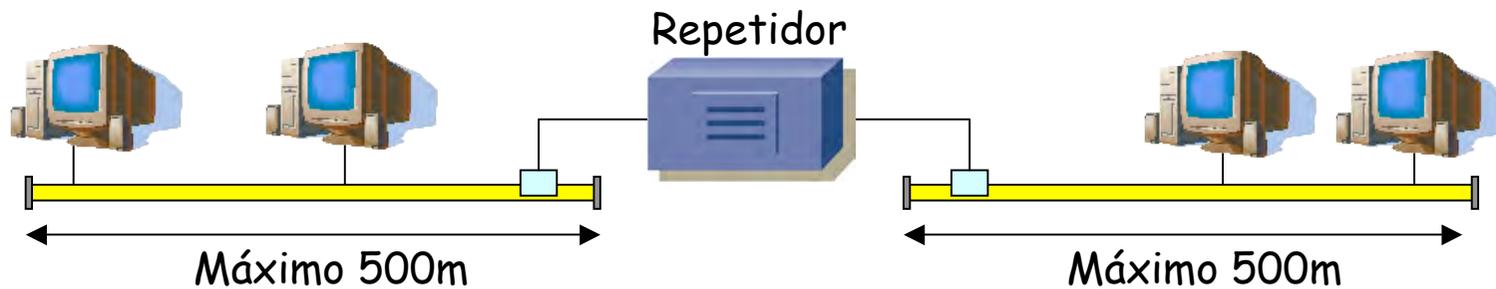
- “Repetidor”
 - “Hub”
 - “Hub repetidor”
 - “Concentrador”
 - “Concentrador de cableado”
- Nivel 1 OSI (nivel físico)
 - Regeneración de la señal eléctrica
 - No tienen direcciones MAC
 - No modifican las tramas



Ethernet

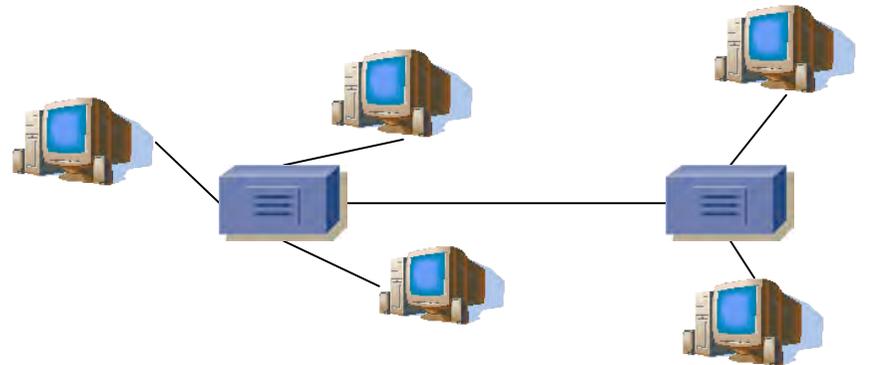
Repetidores

- Unir “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados



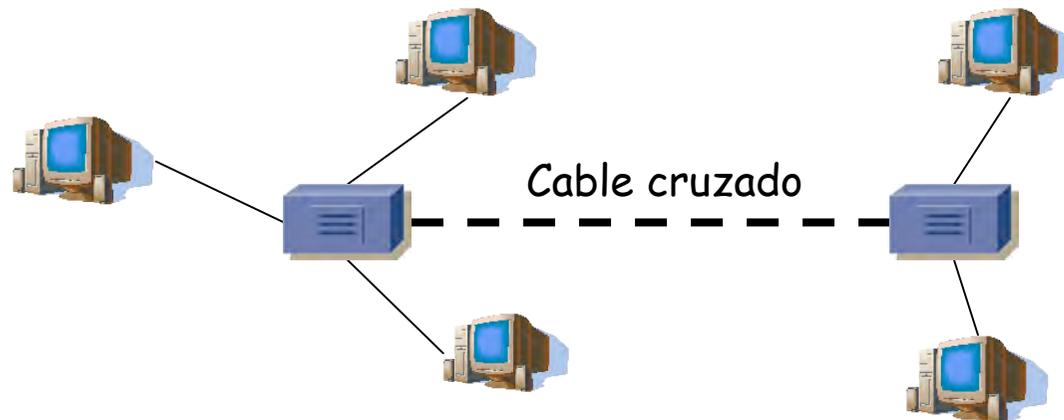
Repetidores

- Unir “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados



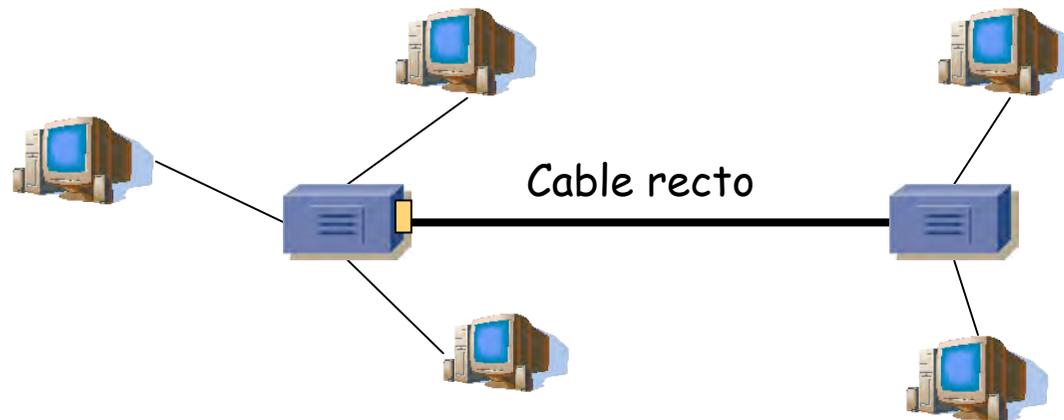
Conexión de hubs 10Base-T

- Los puertos de ambos hubs tienen idéntica disposición de pares
- Interconexión mediante cable cruzado



Conexión de hubs 10Base-T

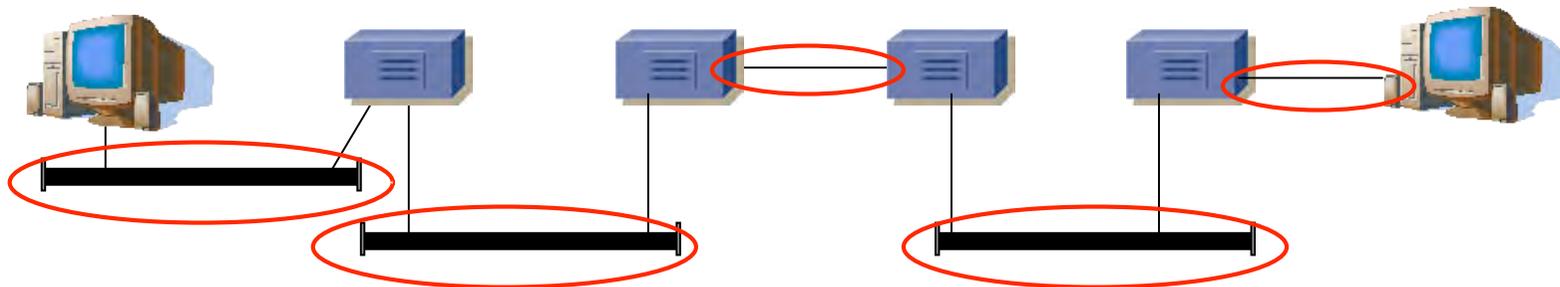
- Muchos hubs poseen un puerto de “uplink”
- Este puerto tiene los pares como un PC
- Se puede conectar mediante cable recto a un puerto normal de otro hub



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

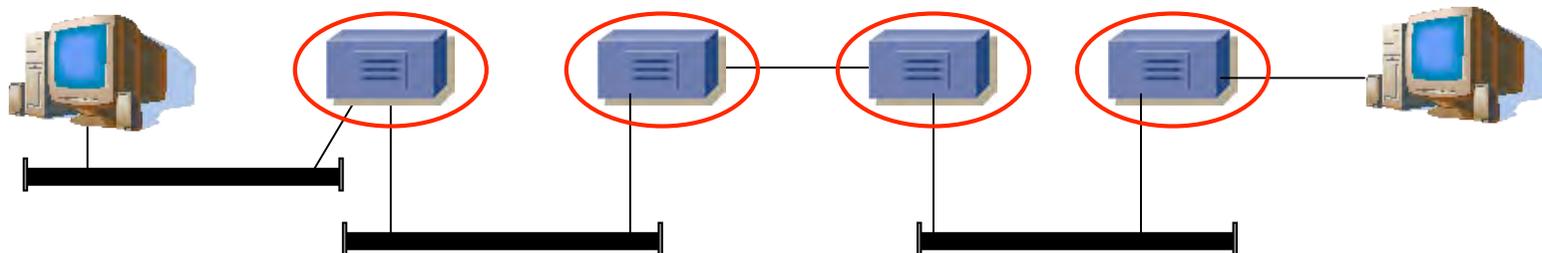
Interconexión de repetidores

- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías de nivel físico (coaxial, par trenzado)
- Límites en el número de ellos que puede haber entre dos hosts
- Aproximación: Regla “5-4-3-2-1”
 - *“En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, (...)”*



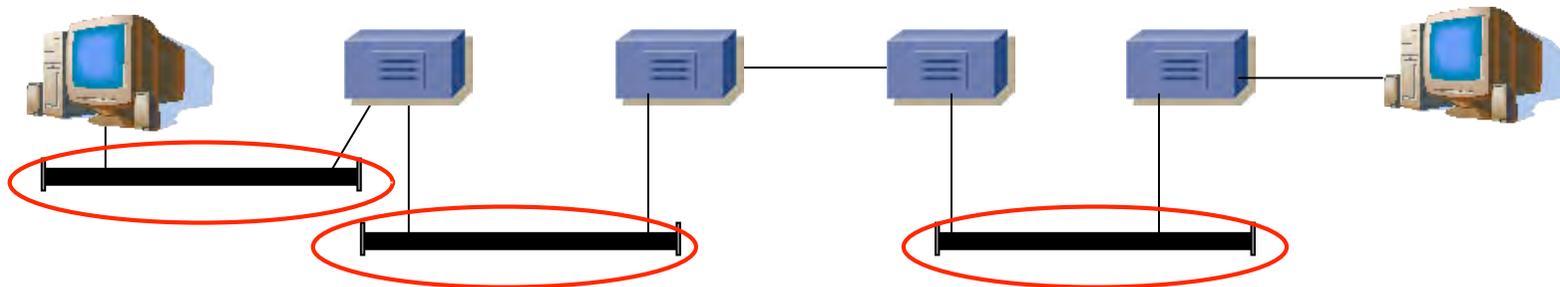
Interconexión de repetidores

- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías de nivel físico (coaxial, par trenzado)
- Límites en el número de ellos que puede haber entre dos hosts
- Aproximación: Regla “5-4-3-2-1”
 - *“En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, con hasta 4 repetidores (...)”*



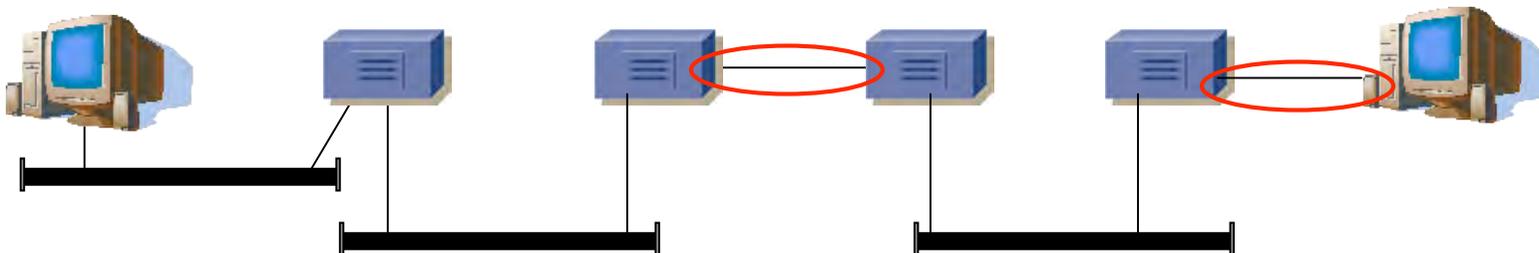
Interconexión de repetidores

- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías de nivel físico (coaxial, par trenzado)
- Límites en el número de ellos que puede haber entre dos hosts
- Aproximación: Regla “5-4-3-2-1”
 - *“En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, con hasta 4 repetidores y no más de 3 segmentos compartidos (...)”*



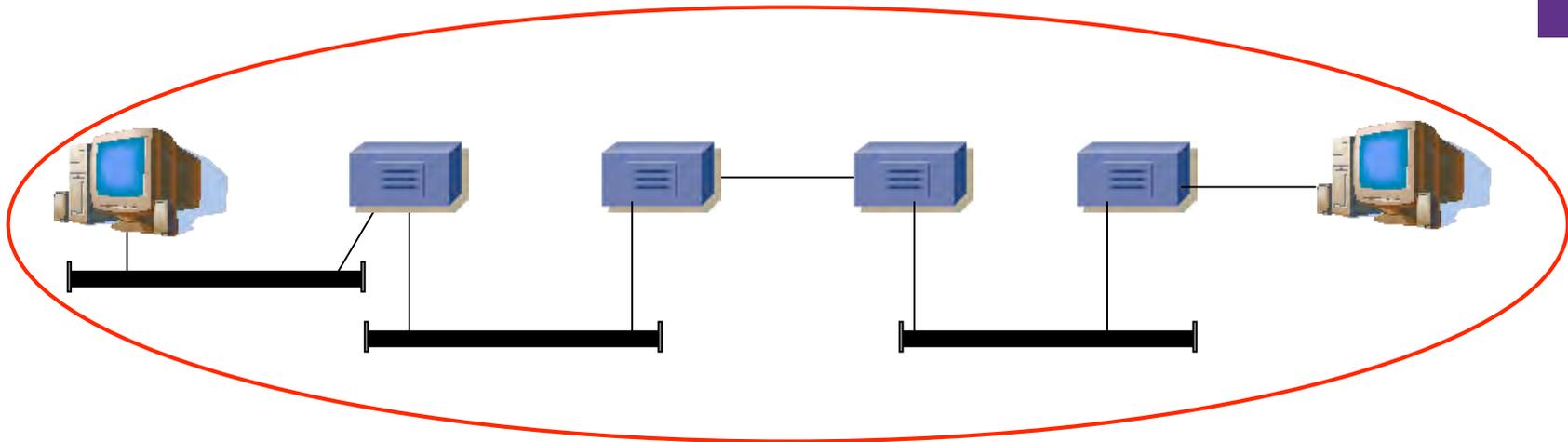
Interconexión de repetidores

- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías de nivel físico (coaxial, par trenzado)
- Límites en el número de ellos que puede haber entre dos hosts
- Aproximación: Regla “5-4-3-2-1”
 - *“En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, con hasta 4 repetidores y no más de 3 segmentos compartidos, entonces habrá 2 enlaces dedicados (...)”*



Interconexión de repetidores

- Pueden tener interfaces de diferentes tecnologías de nivel físico (coaxial, par trenzado)
- Límites en el número de ellos que puede haber entre dos hosts
- Aproximación: Regla “5-4-3-2-1”
 - *“En un camino entre dos estaciones el máximo son 5 segmentos en serie, con hasta 4 repetidores y no más de 3 segmentos compartidos, entonces habrá 2 enlaces dedicados y 1 solo dominio de colisión”*



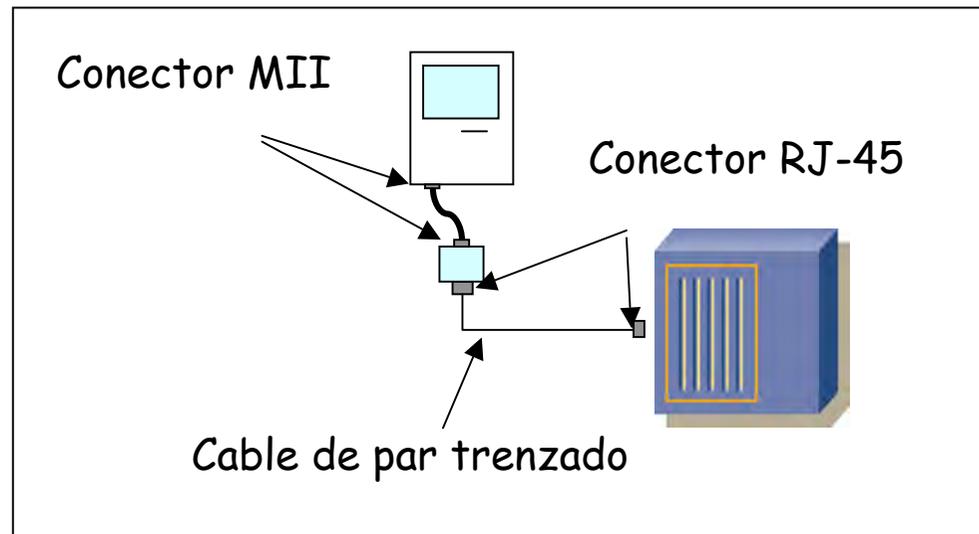
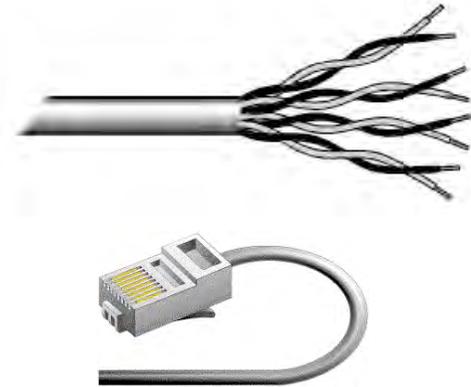
Límites en Ethernet de 10Mbps

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
Máxima longitud de cable en un segmento	500m	185m	100m
Máximo número de conexiones en un segmento	100	30	1
Máxima longitud del dominio de colisión (con repetidores)	2500m	1000m	2500m <i>(con backbone coaxial)</i>
Máximo número de estaciones en el dominio de colisión	1024	1024	1024

Tecnologías Ethernet

100Base-TX (Fast Ethernet)

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

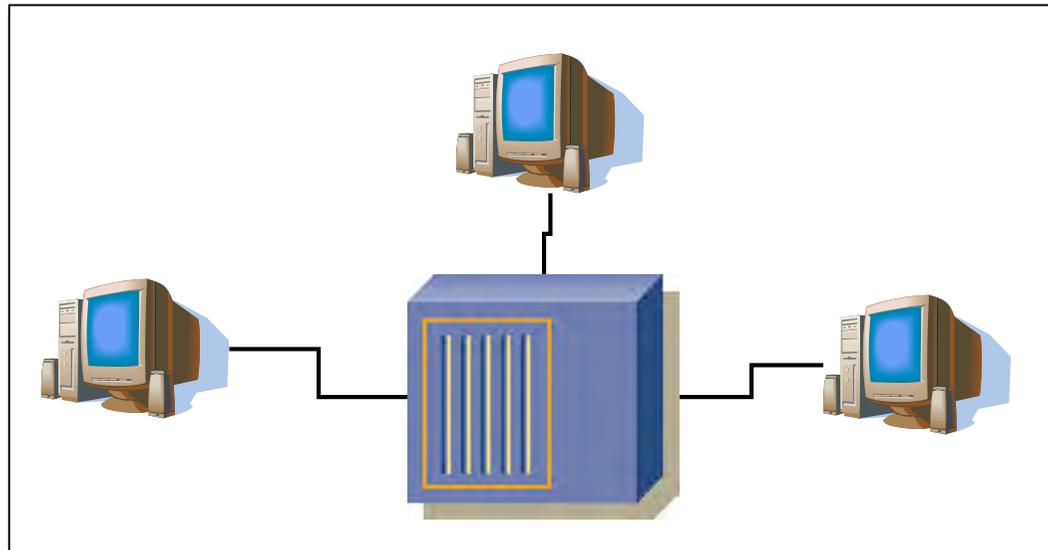


Ethernet

Tecnologías Ethernet

100Base-TX (Fast Ethernet)

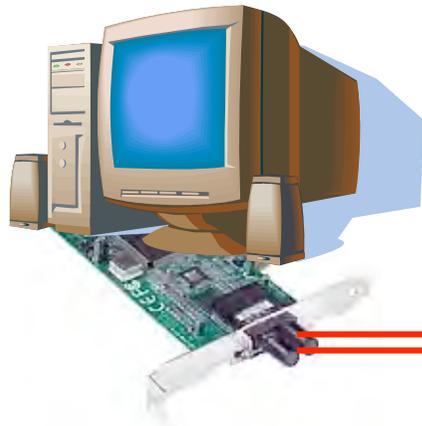
- 2 pares Cat.5 (100m)
- Topología física en estrella
 - Elemento central = “Hub”
- Topología lógica en bus



Tecnologías Ethernet

100Base-FX

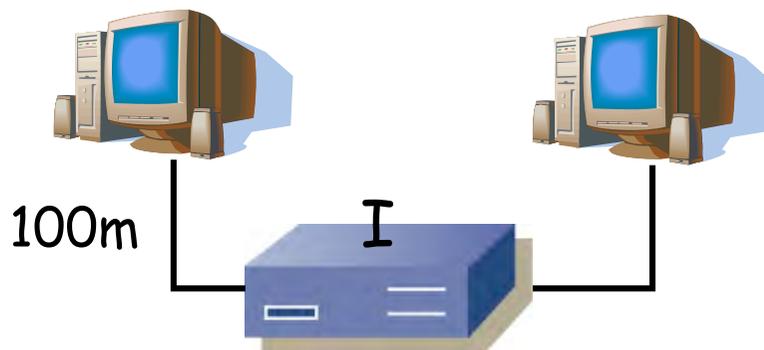
- Fibra multimodo
- 2 Km (full-duplex)
- 412 m (half-duplex)
- En monomodo 10Km



Repetidores FastEthernet

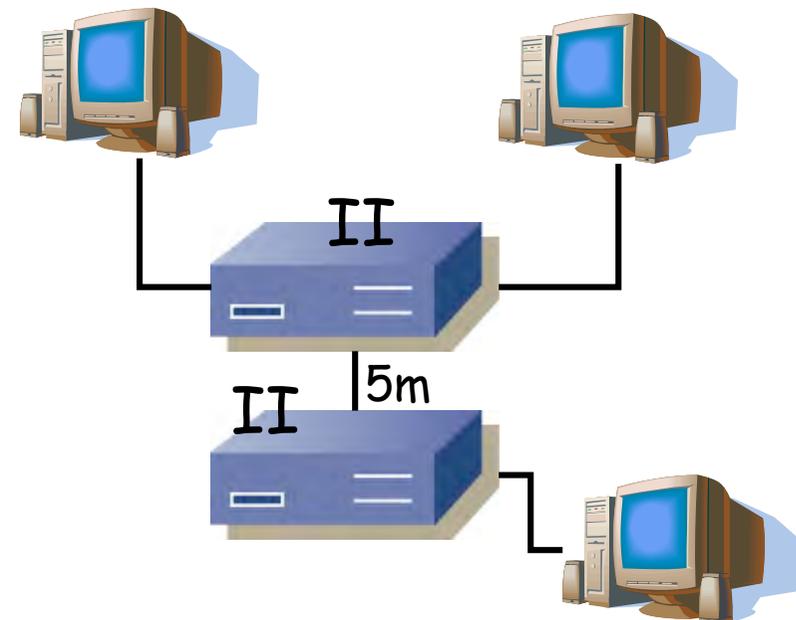
Clase I

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



Clase II

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



Autonegociación

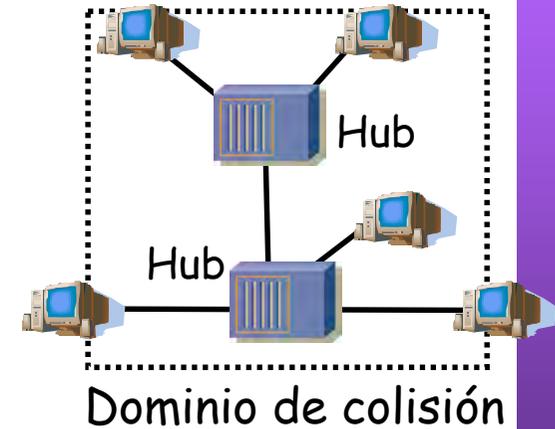
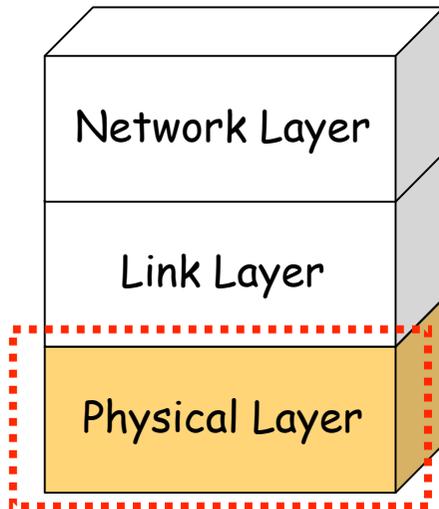
- Opcional en IEEE 802.3u (Fast Ethernet)
- Extendida a 10Base-T
- Permite negociar:
 - Half/Full-Duplex
 - 10/100/1000 Mbps
- Mediante pulsos que se envían cuando no hay tramas
- Si un extremo lo soporta y otro no:
 - Extremo que lo soporta puede detectar la velocidad
 - No detecta el *duplex* así que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



Puentes

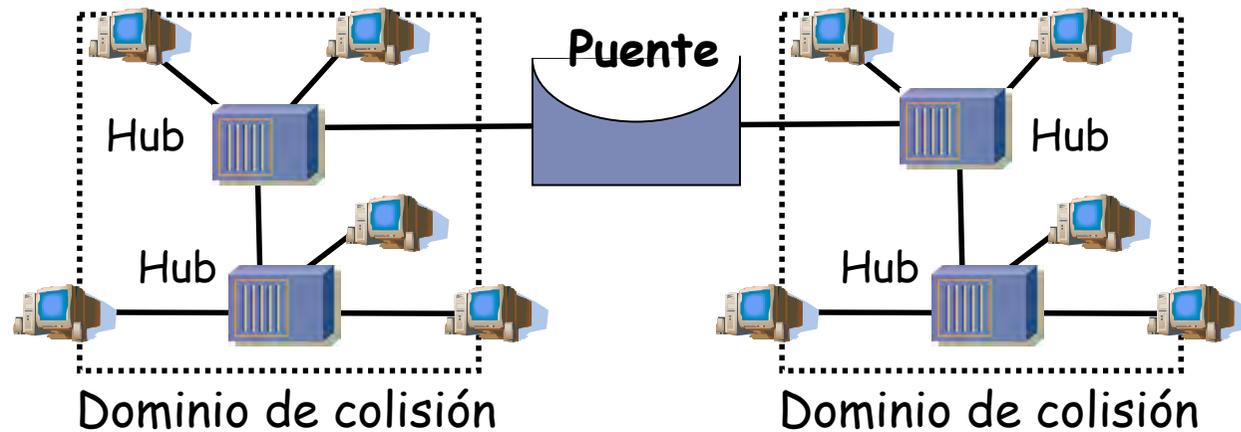
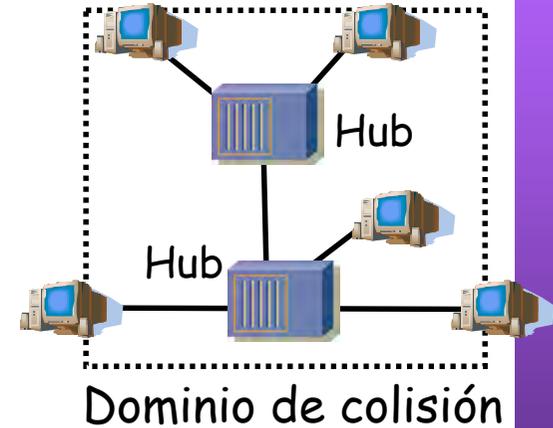
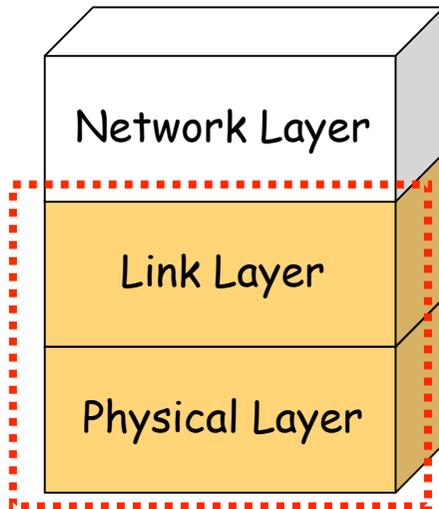
Puentes

- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico \Rightarrow un dominio de colisión (...)



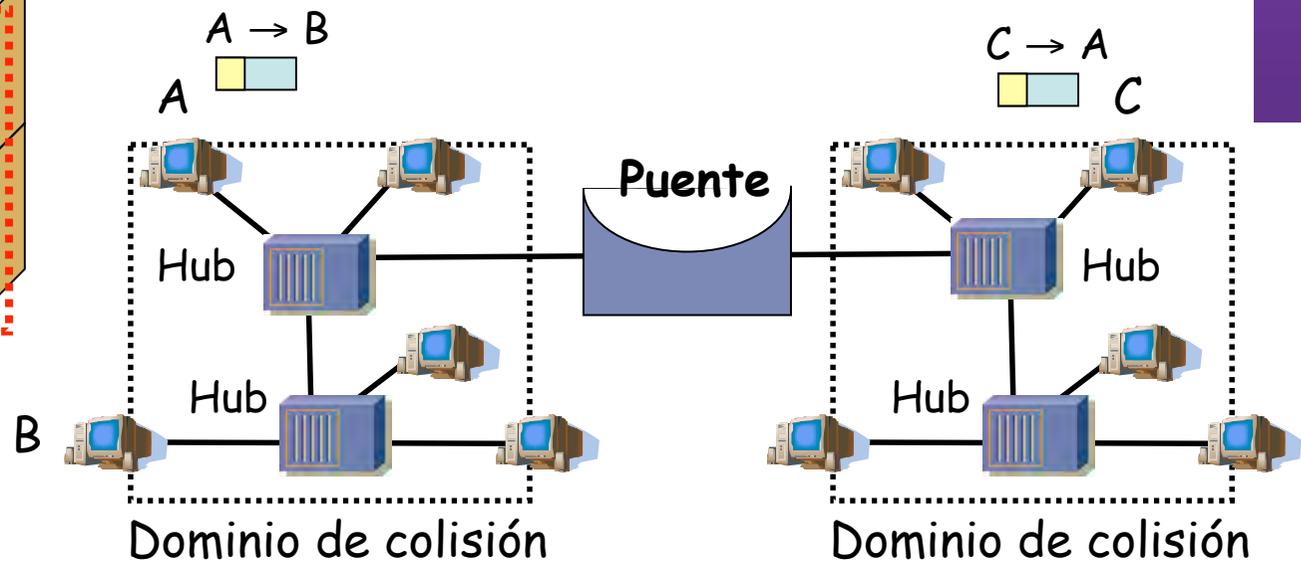
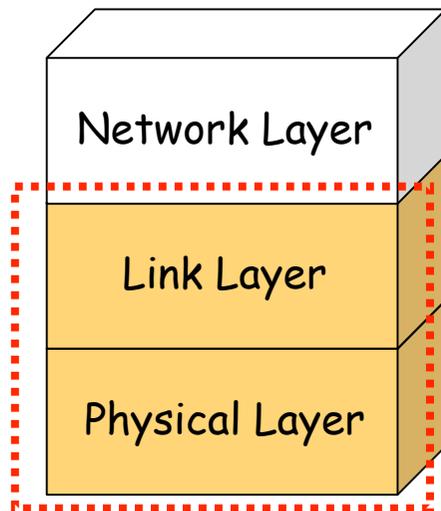
Puentes

- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico \Rightarrow un dominio de colisión (...)
- Puentes unen segmentos Ethernet a nivel de enlace (...)

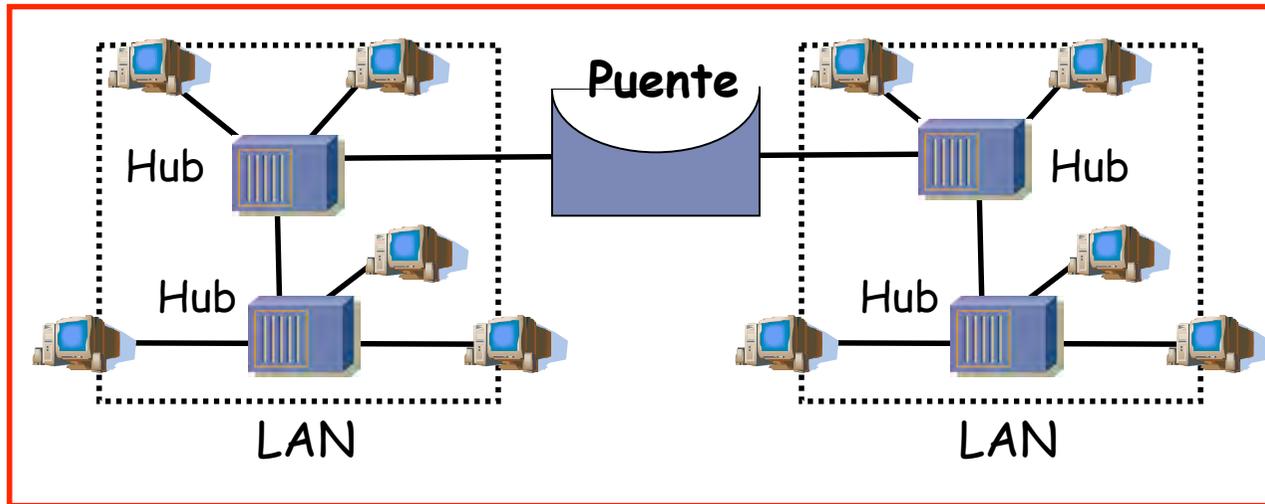


Puentes

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



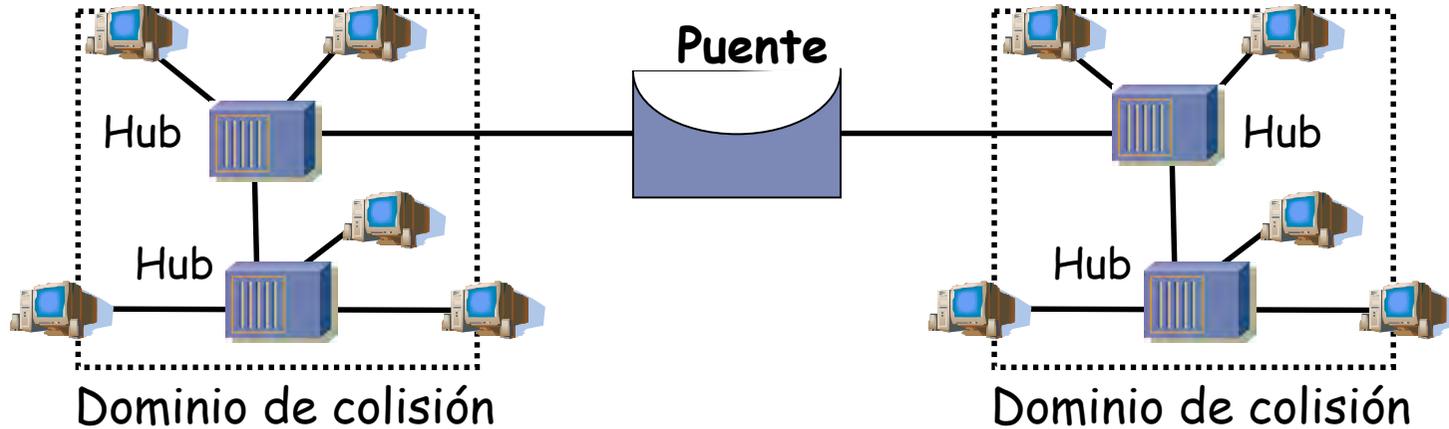
Puentes



Bridged Local Area Network

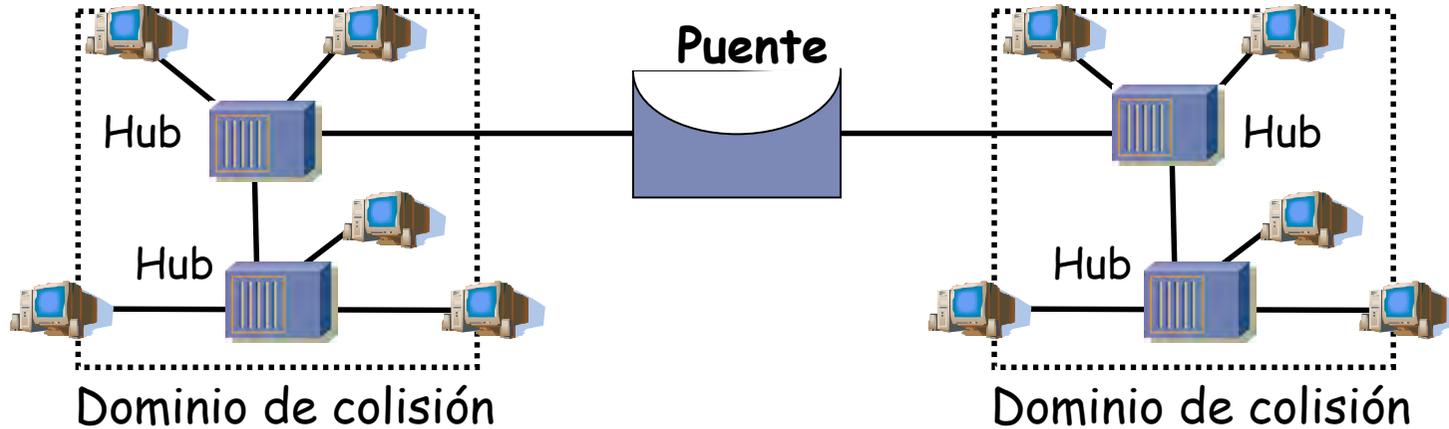
- La denominación de LAN se suele usar indistintamente

Puentes: ¿Por qué?



- LANs alejadas geográficamente que se desean unir
- Exceso de carga en una LAN y se quiere dividir
- Confiabilidad: limitar efectos de nodos defectuosos
- Seguridad: limitar efectos modo promiscuo
- Problema: aumentan la latencia

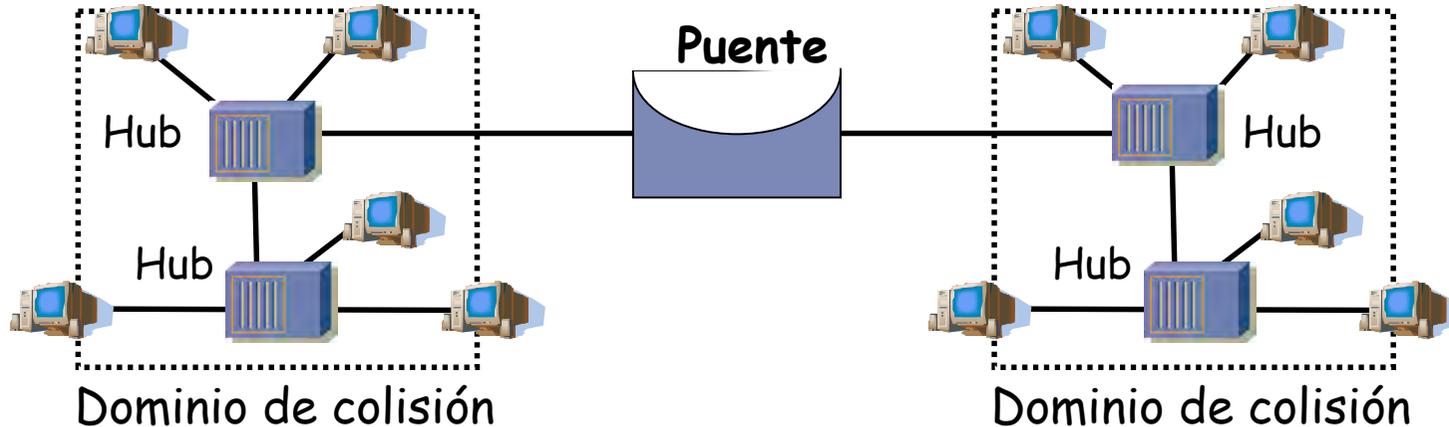
Puentes : ¿Cómo?



Funcionamiento

- Conectado como una estación normal
- Modo promiscuo
- Reenvía las tramas dirigidas a estaciones conectadas a otro dominio
- No altera la trama (se mantienen las direcciones MAC origen y destino)

Puentes

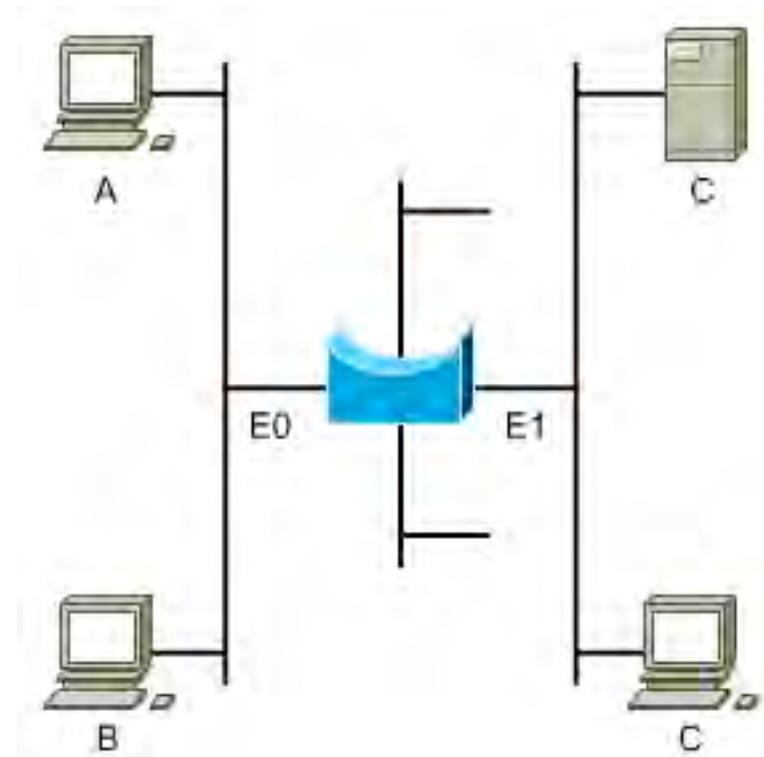


- Conmutador de paquetes
- Las colisiones no se propagan (dominios de colisión separados)
- Transparente para las estaciones
 - La LAN resultado se comporta lógicamente como un solo segmento
- Número entre dos estaciones no está limitado:
 - Permite agrandar la red más allá de los límites de Ethernet.
- Pueden unir redes de diferente tecnología 802

Learning Bridge

Lista de direcciones MAC asociada a cada puerto (...)

If	MAC

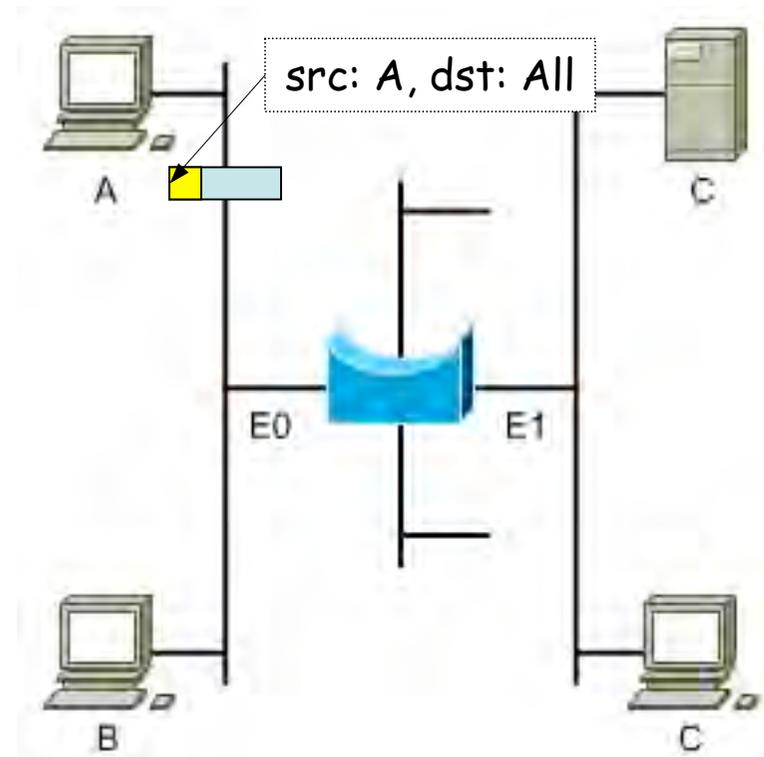


Learning Bridge

Cuando ve una trama por un puerto:

- Apunta MAC origen asociada al puerto si no estaba ya (...)

If	MAC

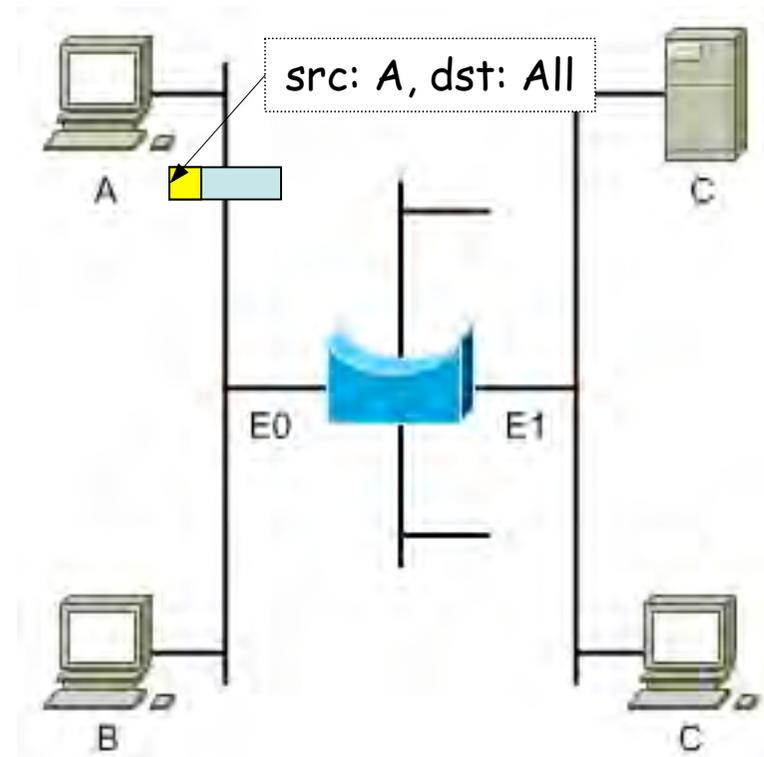


Learning Bridge

Cuando ve una trama por un puerto:

- Apunta MAC origen asociada al puerto si no estaba ya (...)

If	MAC
E0	A

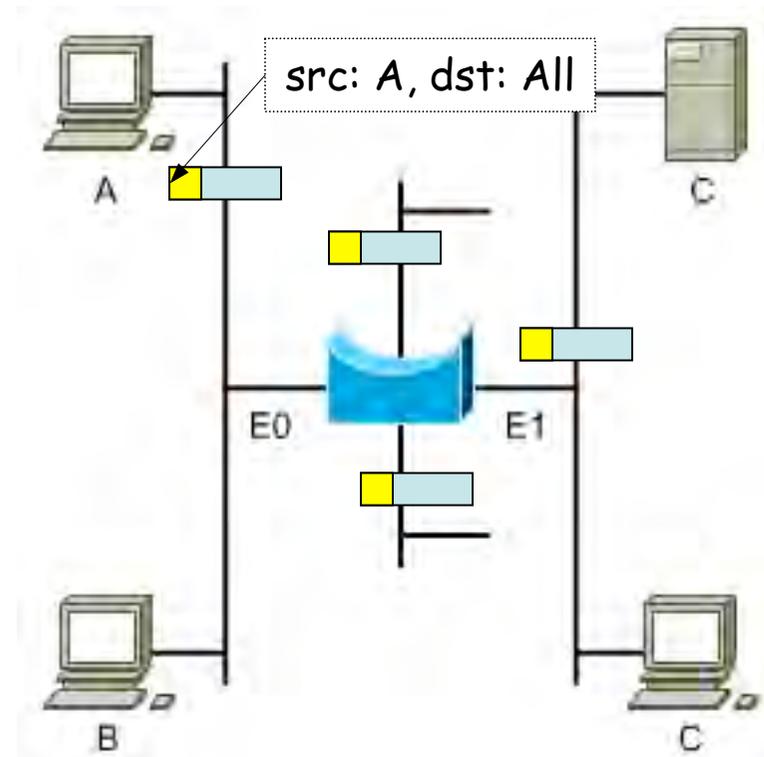


Learning Bridge

MAC destino:

- Broadcast: reenvía la trama por todos los puertos menos aquel por el que la recibió

If	MAC
E0	A

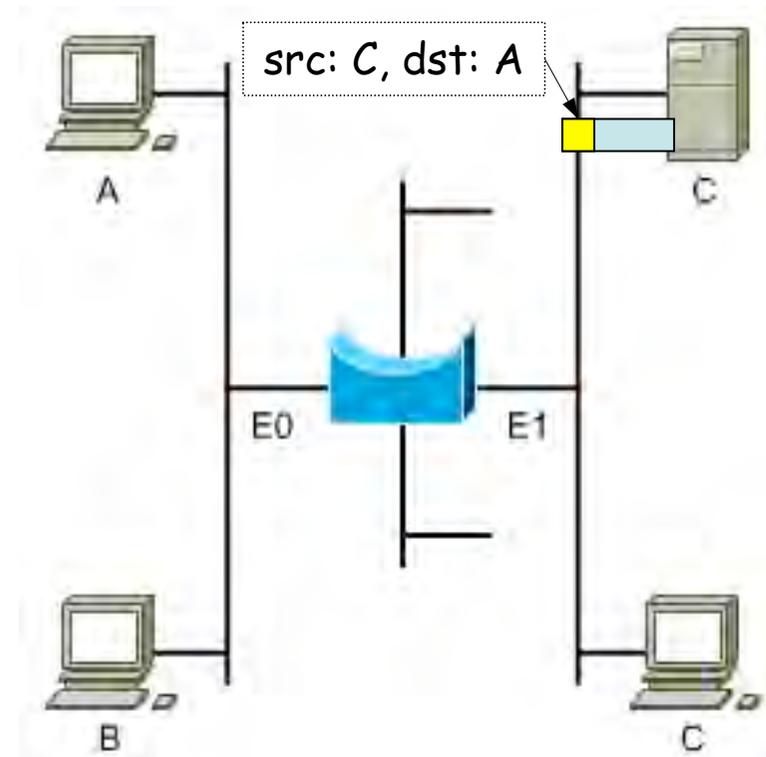


Learning Bridge

MAC destino:

- Buscar en las listas de los puertos (...):
 - o Si la encuentra en un puerto reenvía la trama solo por ese puerto (...)

If	MAC
E0	A

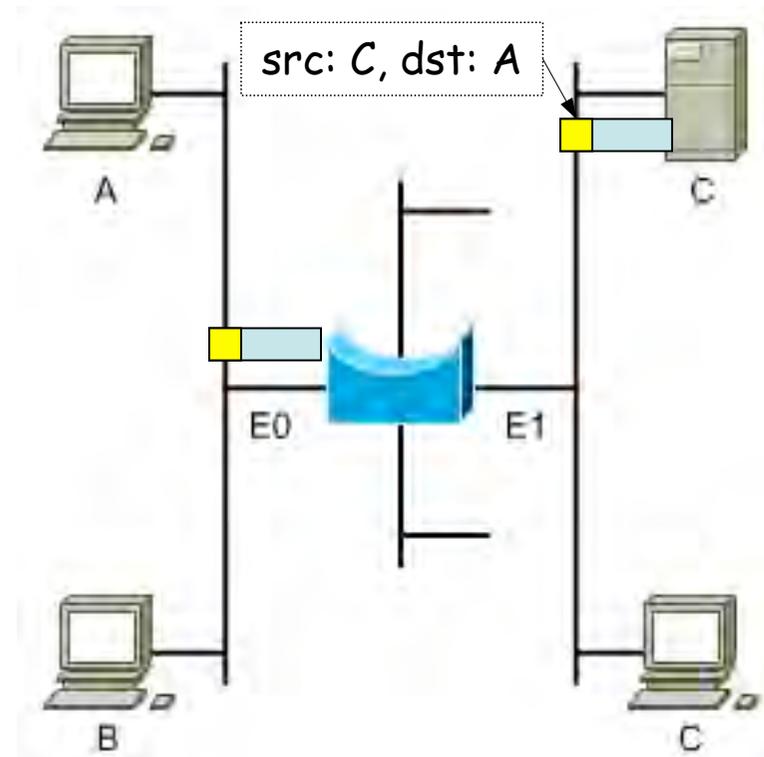


Learning Bridge

MAC destino:

- Buscar en las listas de los puertos (...):
 - o Si la encuentra en un puerto reenvía la trama solo por ese puerto (...)

If	MAC
E0	A
E1	C

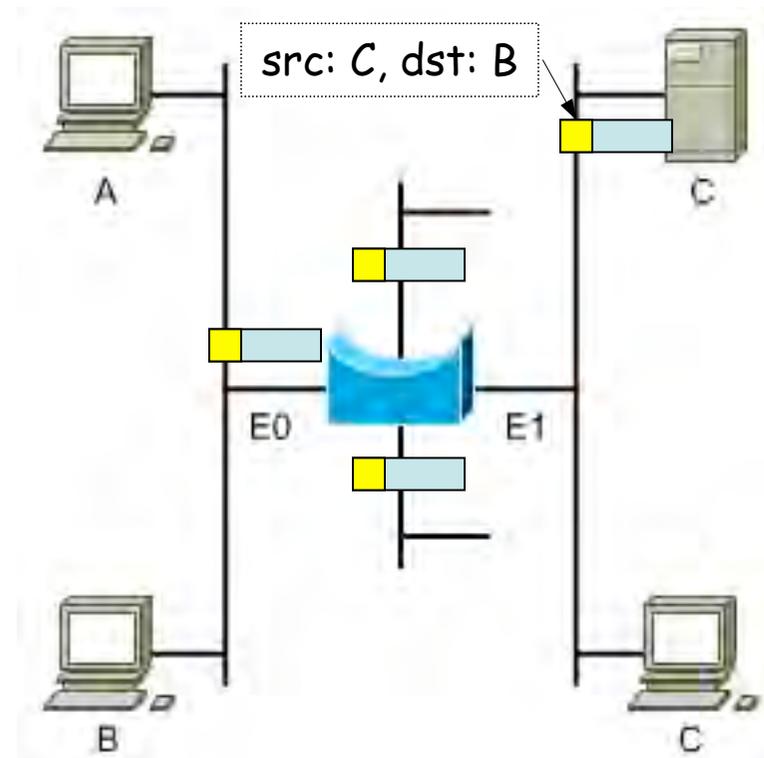


Learning Bridge

MAC destino:

- Buscar en las listas de los puertos (...):
 - o Si la encuentra en un puerto reenvía la trama solo por ese puerto (...)
 - o Si no la encuentra en ninguna lista reenvía la trama por todos los puertos menos por el que la leyó (inundación, flooding) (...)

If	MAC
E0	A
E1	C

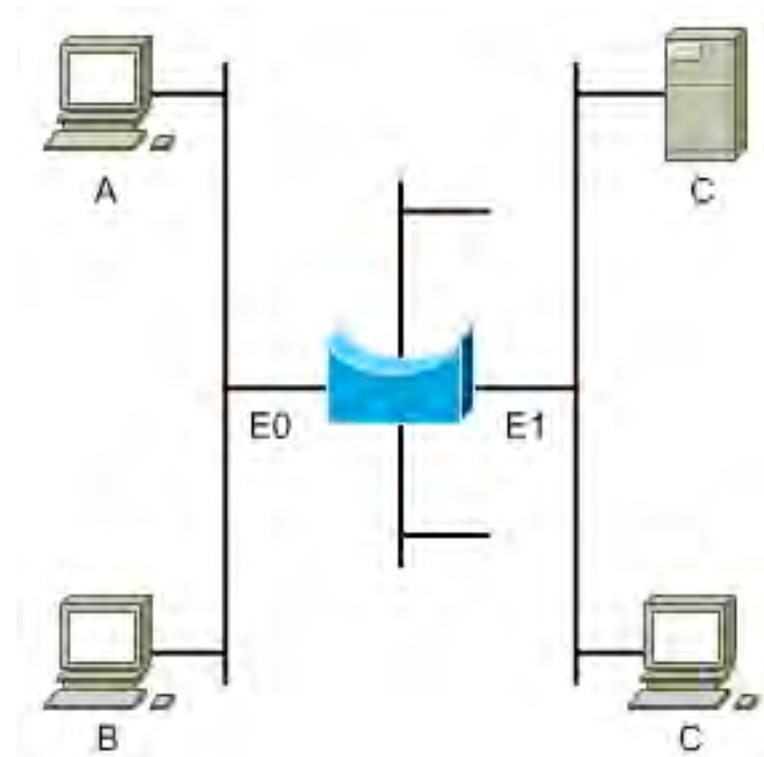


Learning Bridge

Aging:

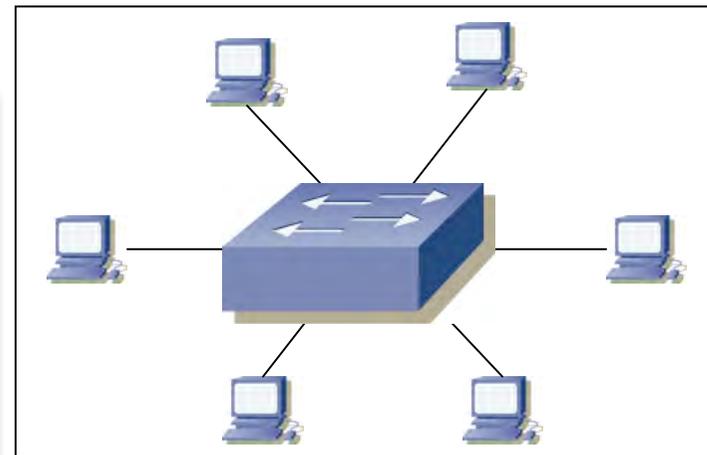
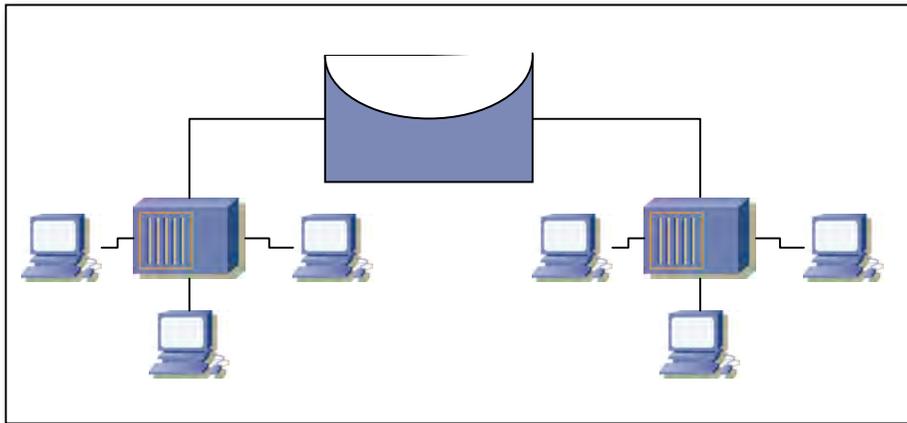
- Las entradas en la tabla “envejecen”
- Se renueva el contador al recibir una trama de esa estación
- Si caduca se elimina la entrada
- Cambio de tarjeta
- Reemplazamiento de host
- ¡ Memoria finita !

If	MAC
E0	A
E1	C



Puentes y conmutadores

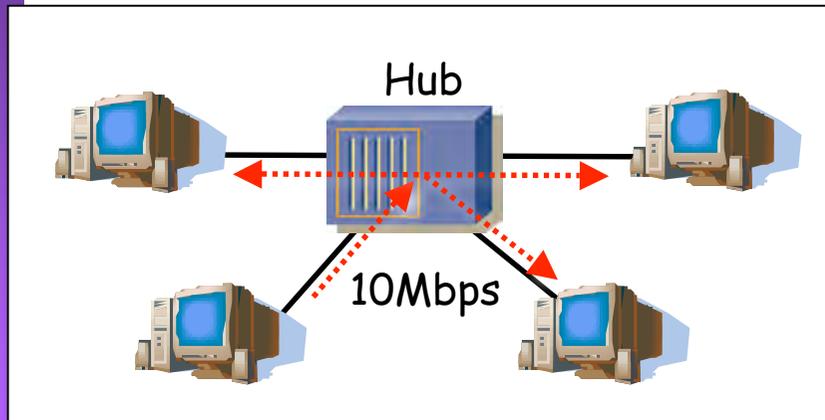
- **Conmutador Ethernet (switch, switching-hub)** es básicamente un **puente**
- Los primeros puentes tenían pocos puertos (2)
- Un switch tiene uno por estación



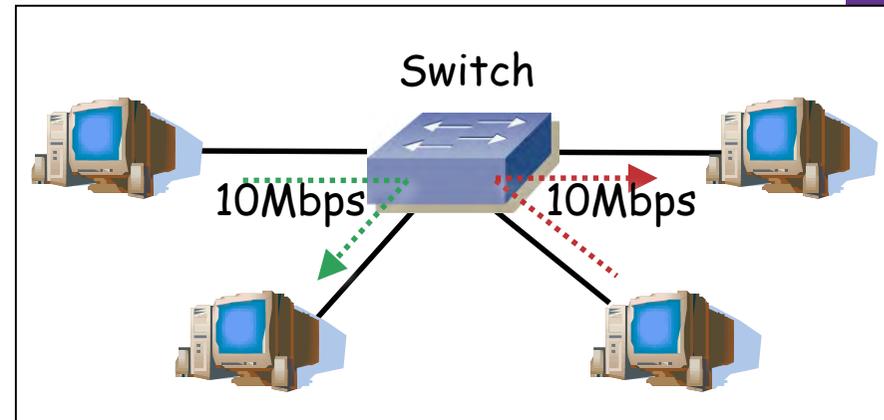
Switch

Puentes y conmutadores

- Puede otorgar un camino conmutado entre cada par de estaciones para cada trama
- Cada pareja puede tener un canal dedicado con la capacidad total de la LAN
- Puede trabajar con multiples tramas al mismo tiempo
- Los puertos pueden ser *Full-Duplex*



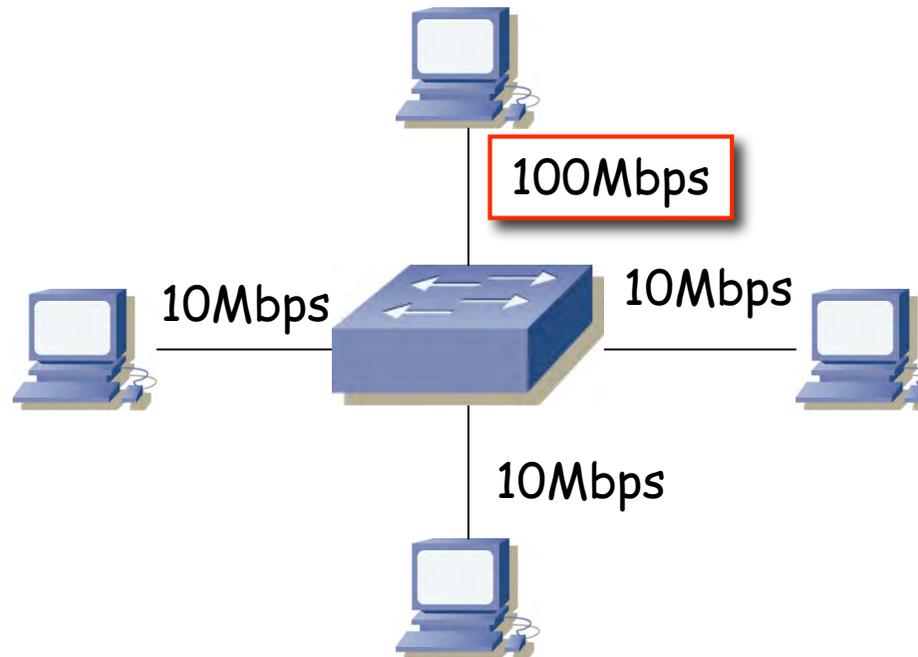
Medio compartido
Capacidad total 10Mbps



Medio conmutado
Capacidad total $N \times 10\text{Mbps}$

Conmutación asimétrica

- Permite conmutación asimétrica (diferentes velocidades en los puertos)
- Esto es imposible con un hub



¿ Hub multi-velocidad ?

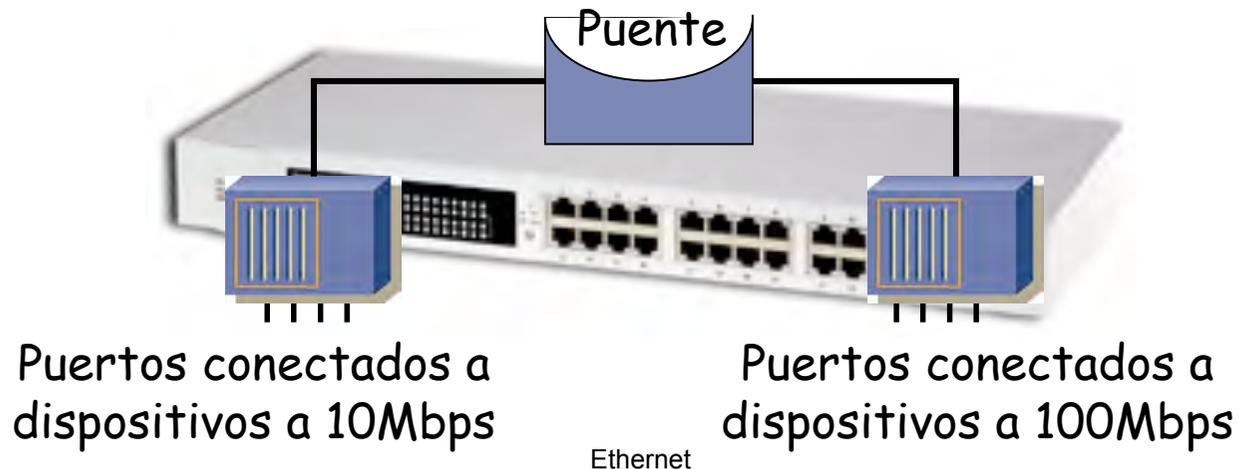
- Se venden *concentradores 10/100*
- Soportan conectarse tanto a redes/host a 10 como a 100 Mbps
- Y además para cada puerto
- Pero no tiene sentido un hub que mezcle velocidades !!
- No puede haber dos velocidades en un dominio de colisión
- (...)



Ethernet

¿ Hub multi-velocidad ?

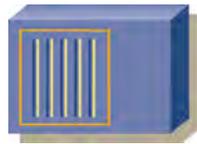
- Se venden *concentradores 10/100*
- Soportan conectarse tanto a redes/host a 10 como a 100 Mbps
- Y además para cada puerto
- Pero no tiene sentido un hub que mezcle velocidades !!
- No puede haber dos velocidades en un dominio de colisión
- Crean dos dominios de colisión separados por un pequeño puente/switch



Concentradores y conmutadores

Hub

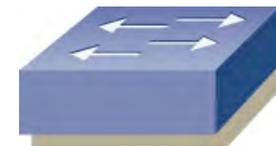
- Un dominio de broadcast
- Un dominio de colisión
- Una estación puede ver todo el tráfico
- Rapidez



Hub

Switch

- Un dominio de broadcast
- Cada puerto un dominio de colisión
- Normalmente una estación verá su tráfico y broadcast/multicast
- *Store-and-Forward*

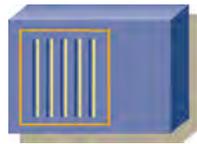


Switch

Concentradores y conmutadores

Hub

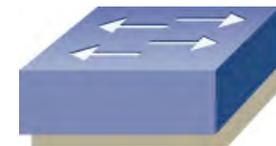
- Colisiones
- Límite de distancias
- Límite de número de hubs entre dos estaciones
- *Half-duplex*



Hub

Switch

- Sin colisiones
- Distancias limitadas solo por la tecnología
- Sin límite de conmutadores entre dos estaciones
- Capacidad full-duplex



Switch

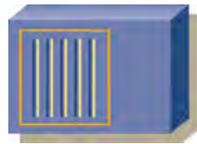
Concentradores y conmutadores

Hub

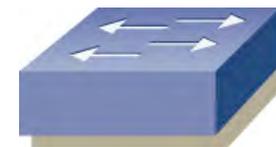
- Máximo 1024 estaciones

Switch

- Límite de estaciones es por dominio de colisión
- Tabla de MACs de tamaño limitado



Hub

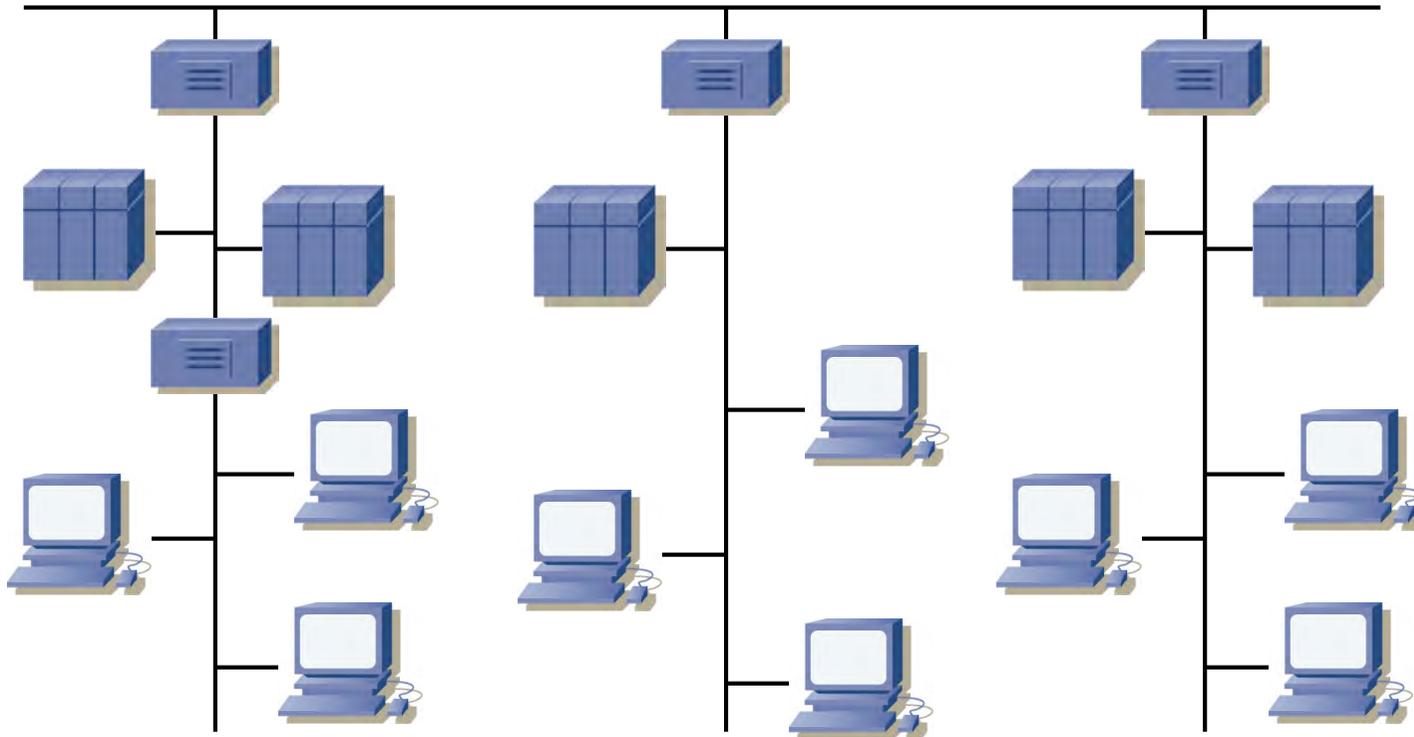


Switch

Dominios de colisión y broadcast

Antes

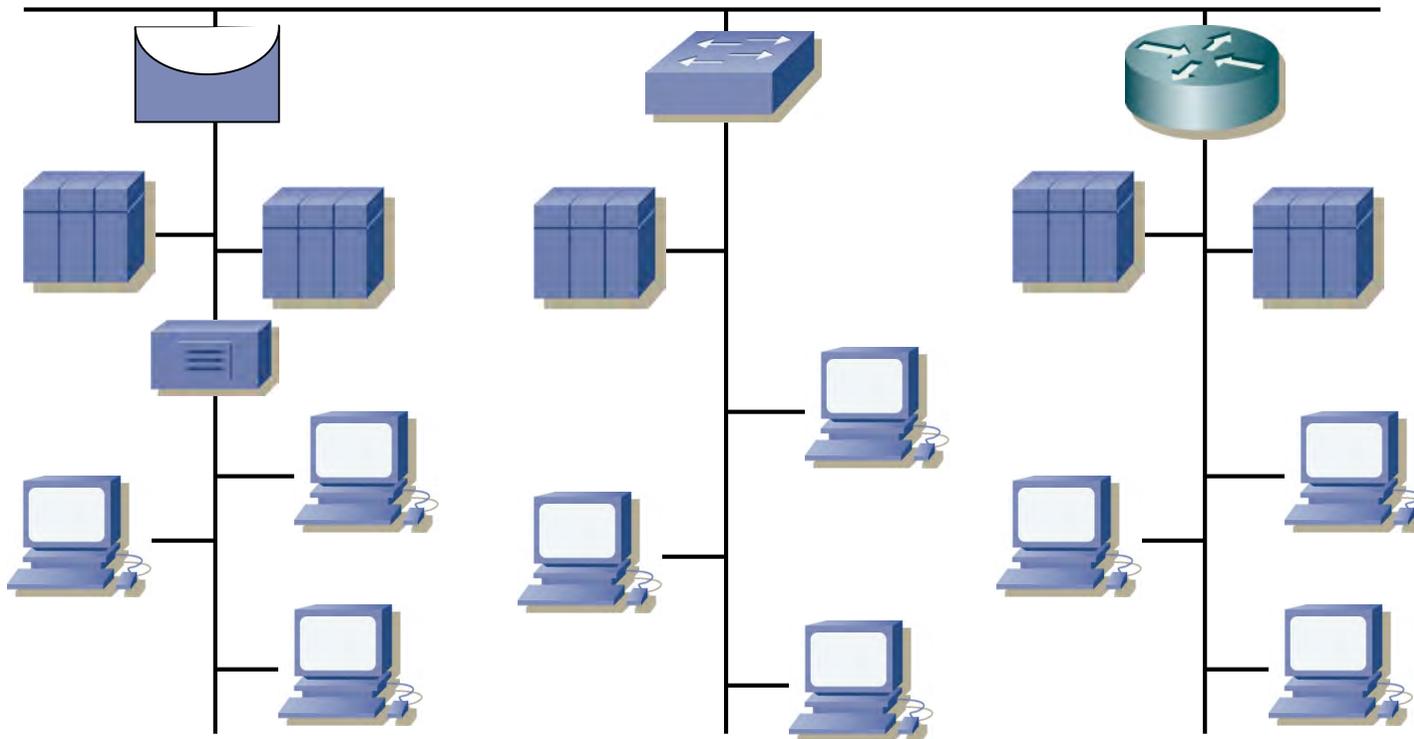
- 10Mbps en la LAN



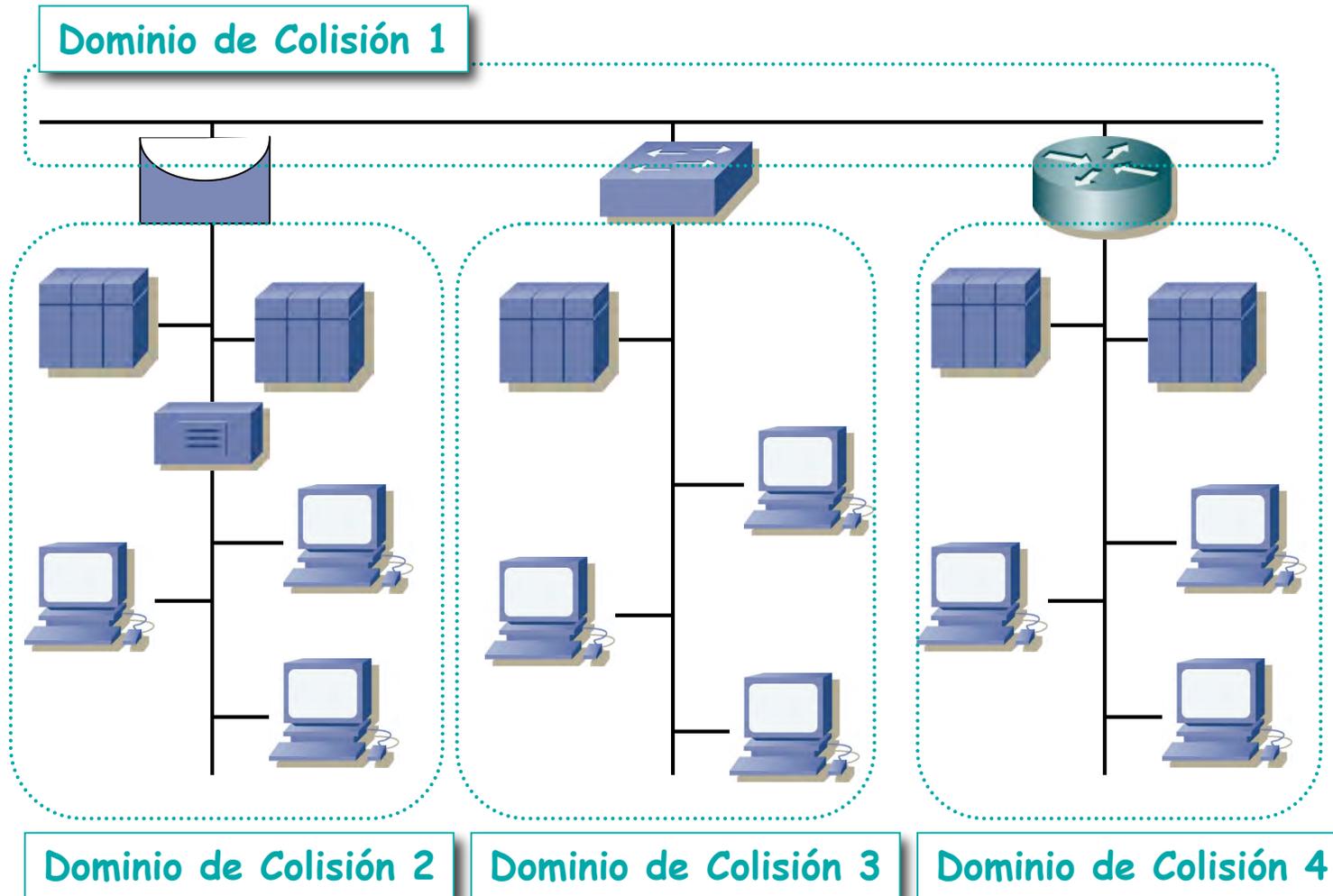
Dominios de colisión y broadcast

Después

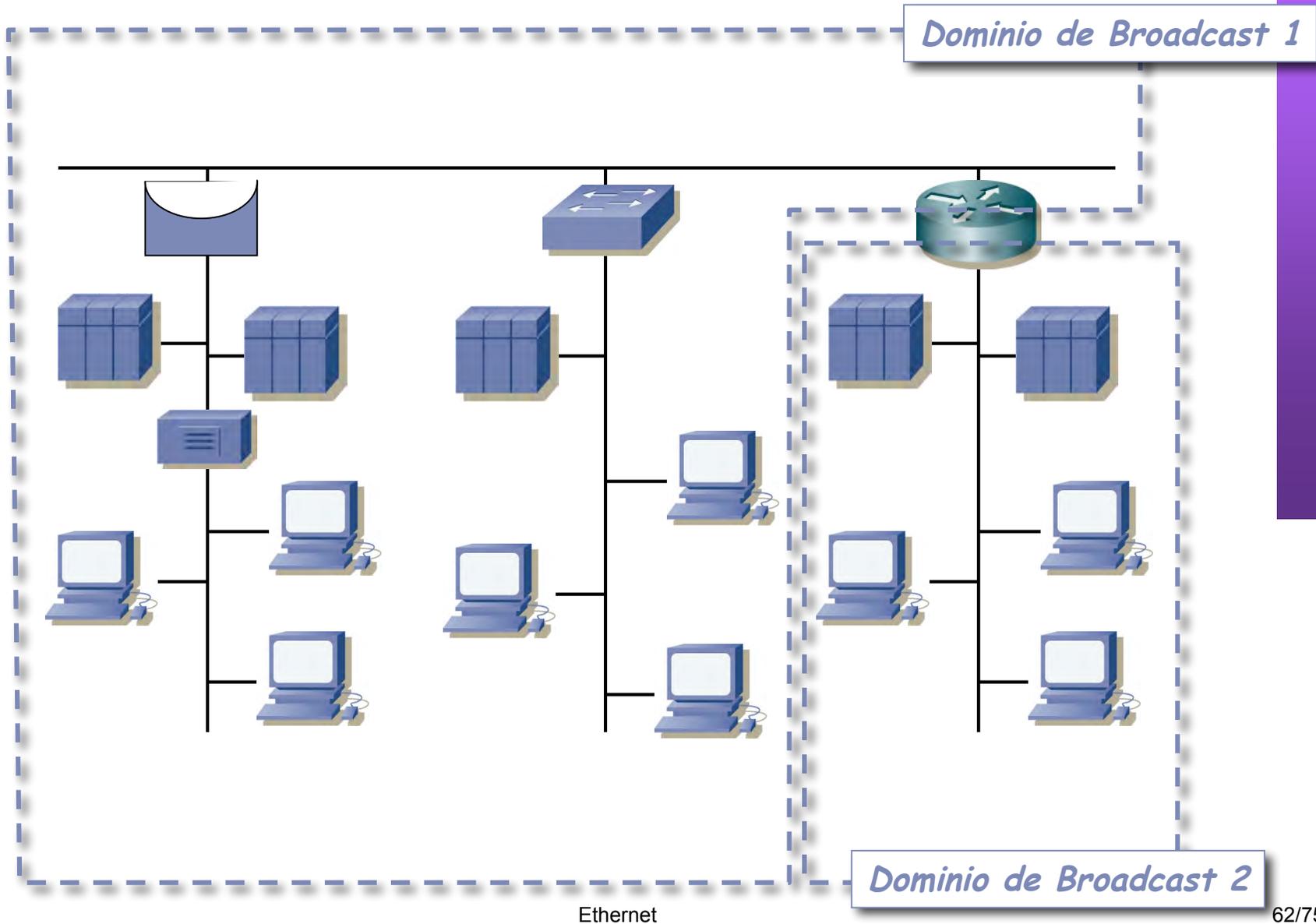
- 10Mbps por segmento (dominio de colisión)



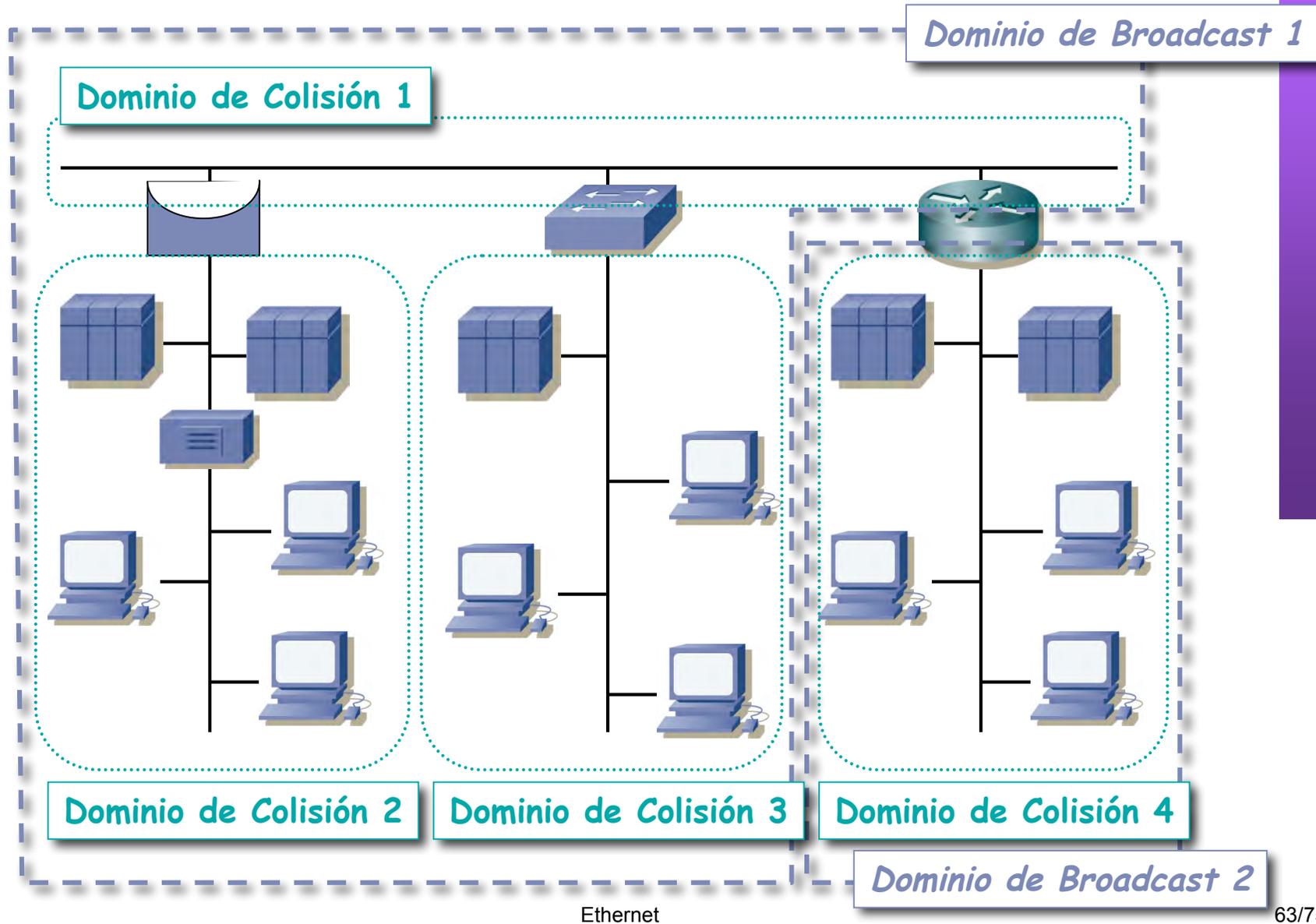
Dominios de colisión y broadcast



Dominios de colisión y broadcast



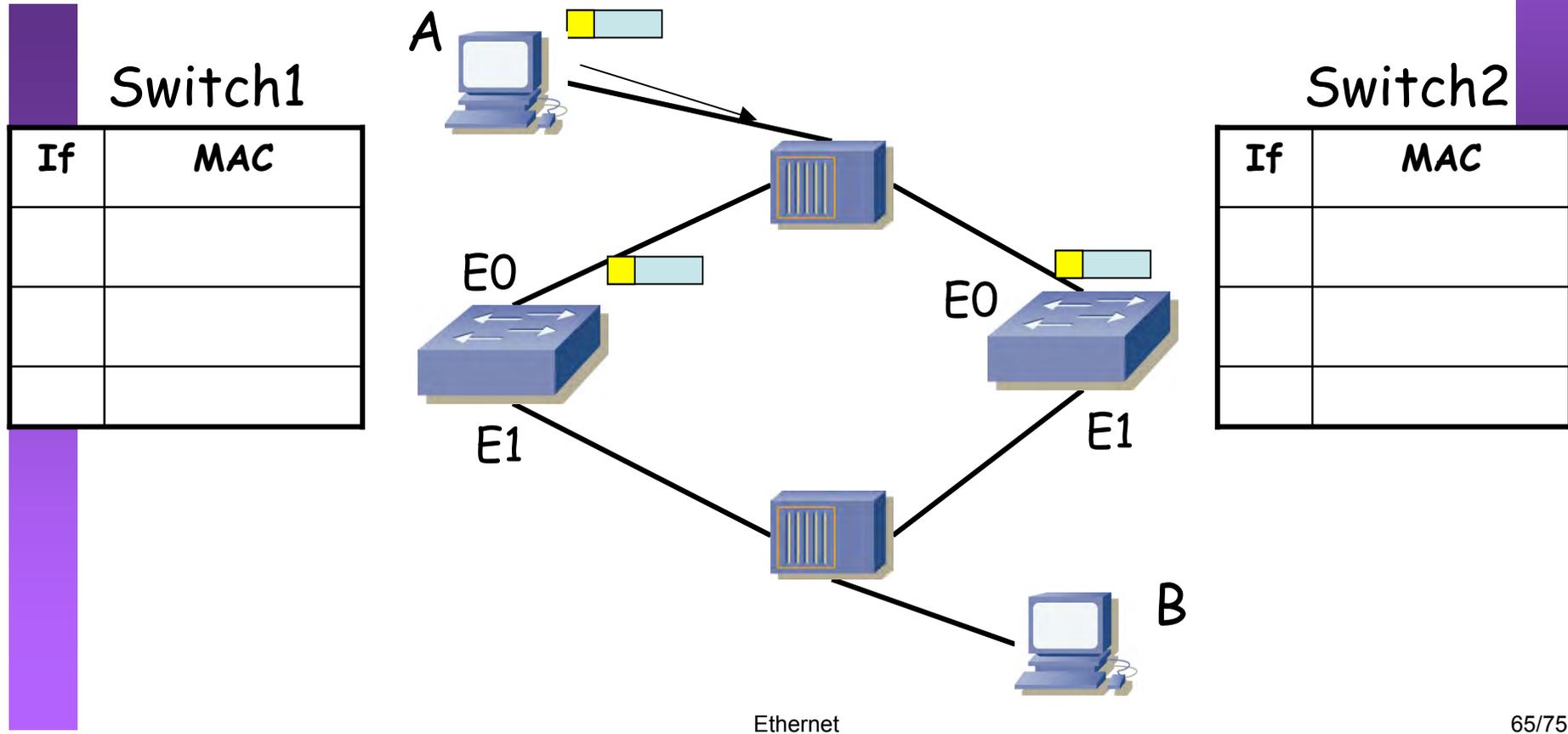
Dominios de colisión y broadcast



STP

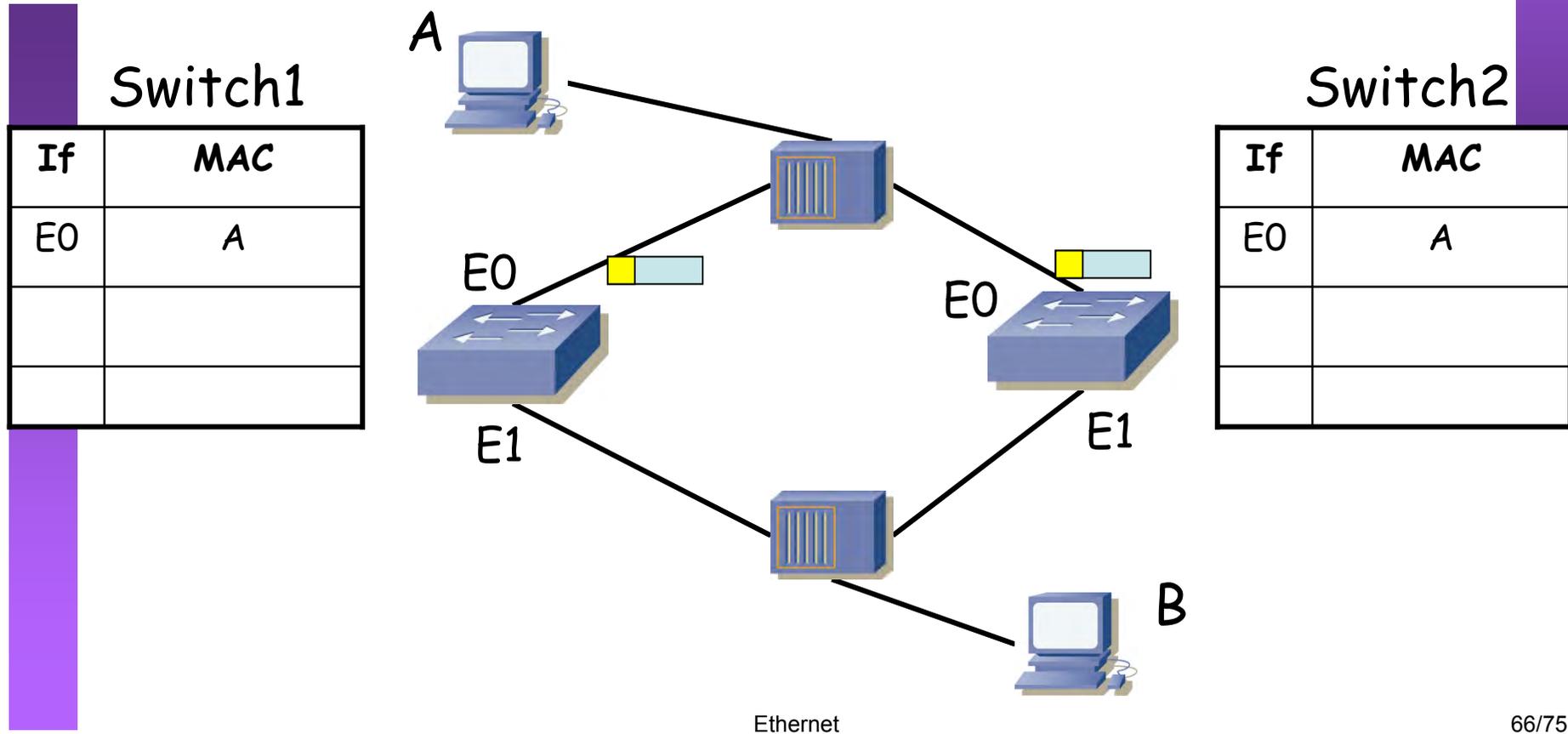
Caminos redundantes

- El host A envía una trama al host B



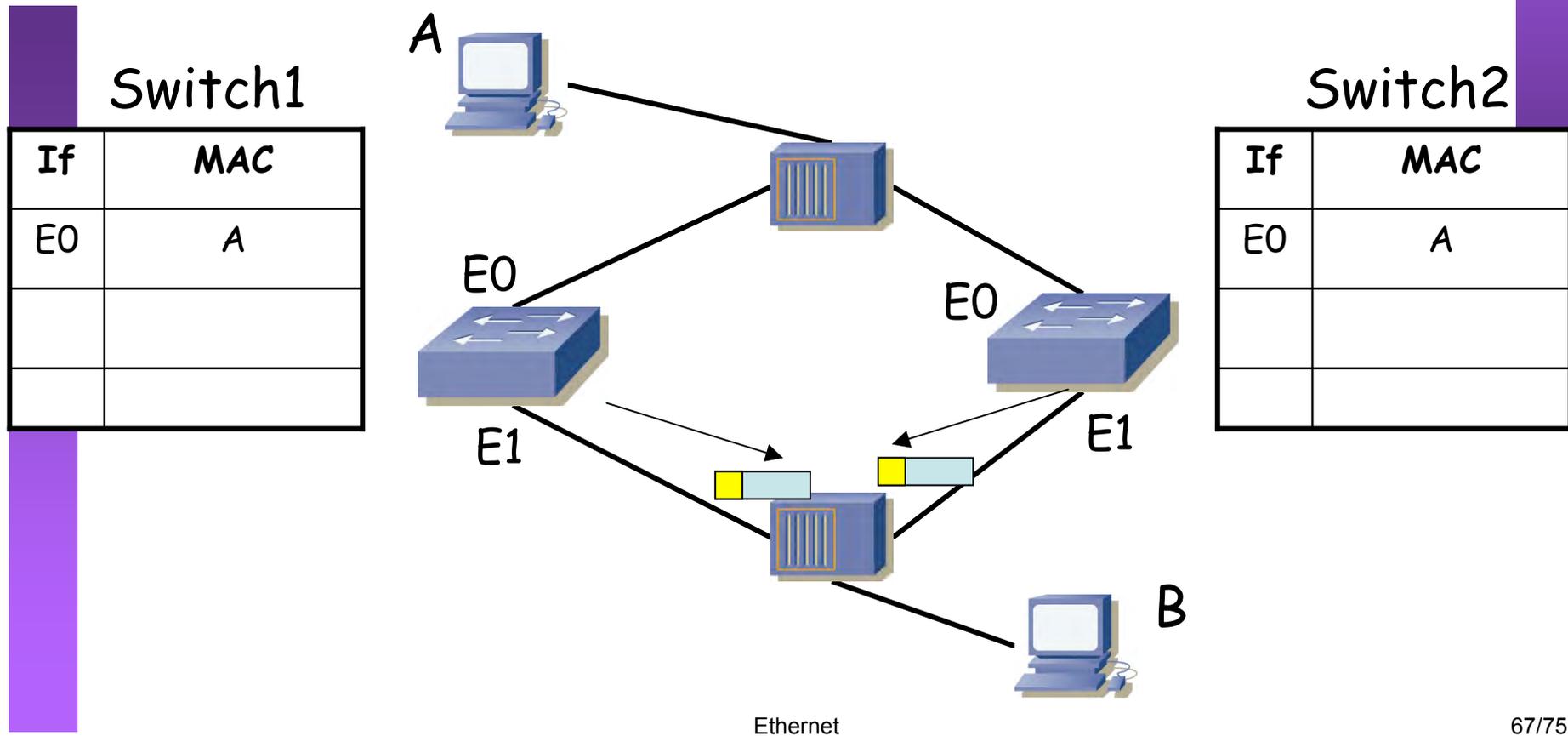
Caminos redundantes

- Switch1 y Switch2 aprenden la localización del host A



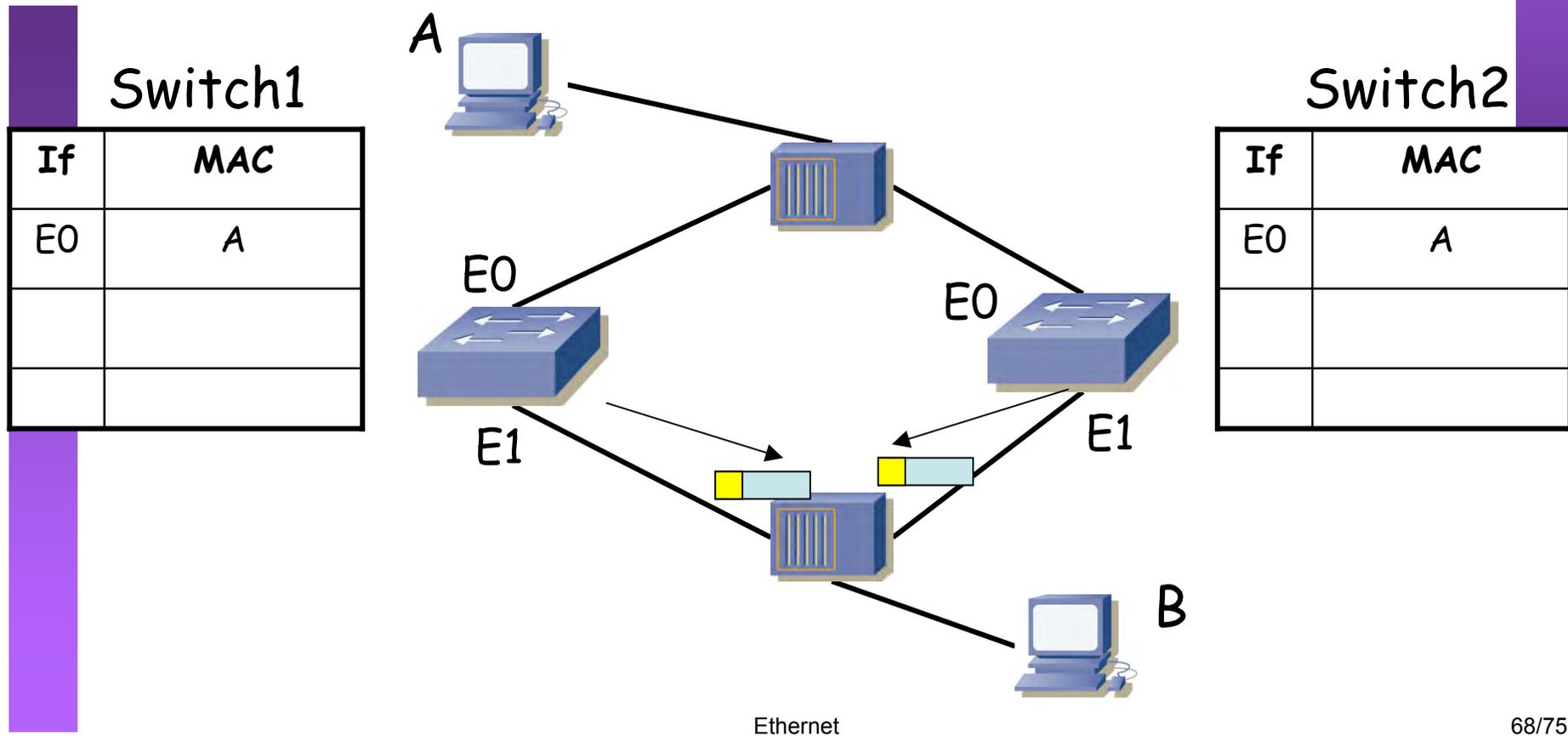
Caminos redundantes

- Los conmutadores no conocen al destino
- Reenvían por todos los puertos menos por donde recibieron



Caminos redundantes

- Host B recibe la trama
- Switch2 recibe la trama que envió Switch1
- Switch1 recibe la trama que envió Switch2

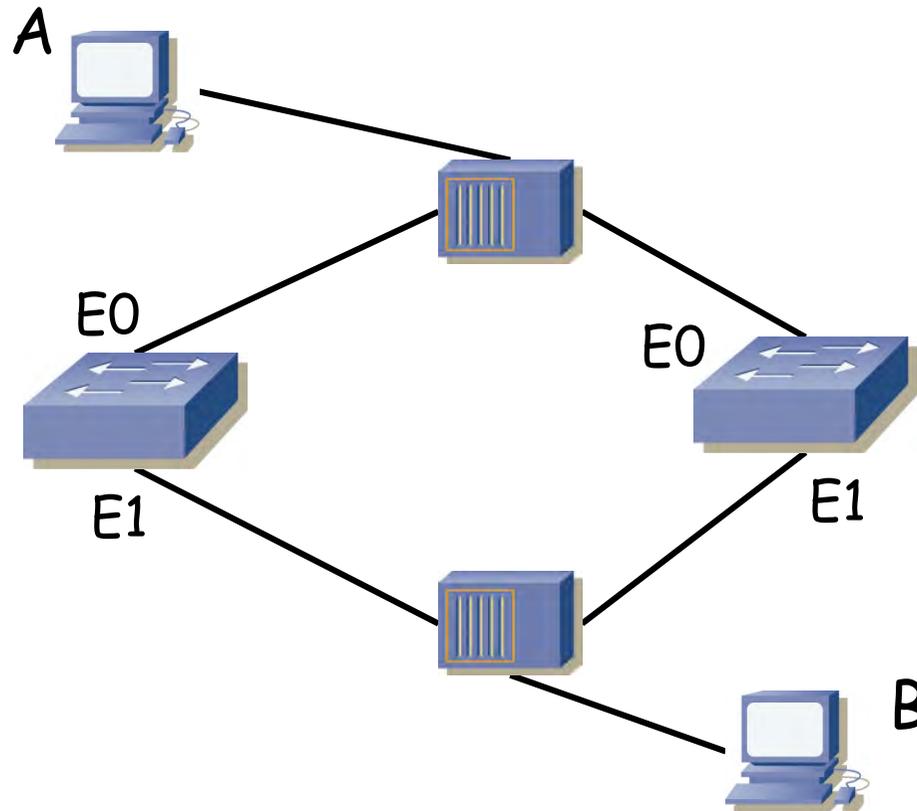


Caminos redundantes

- Aprenden una nueva ubicación del host A

Switch1

If	MAC
E1	A

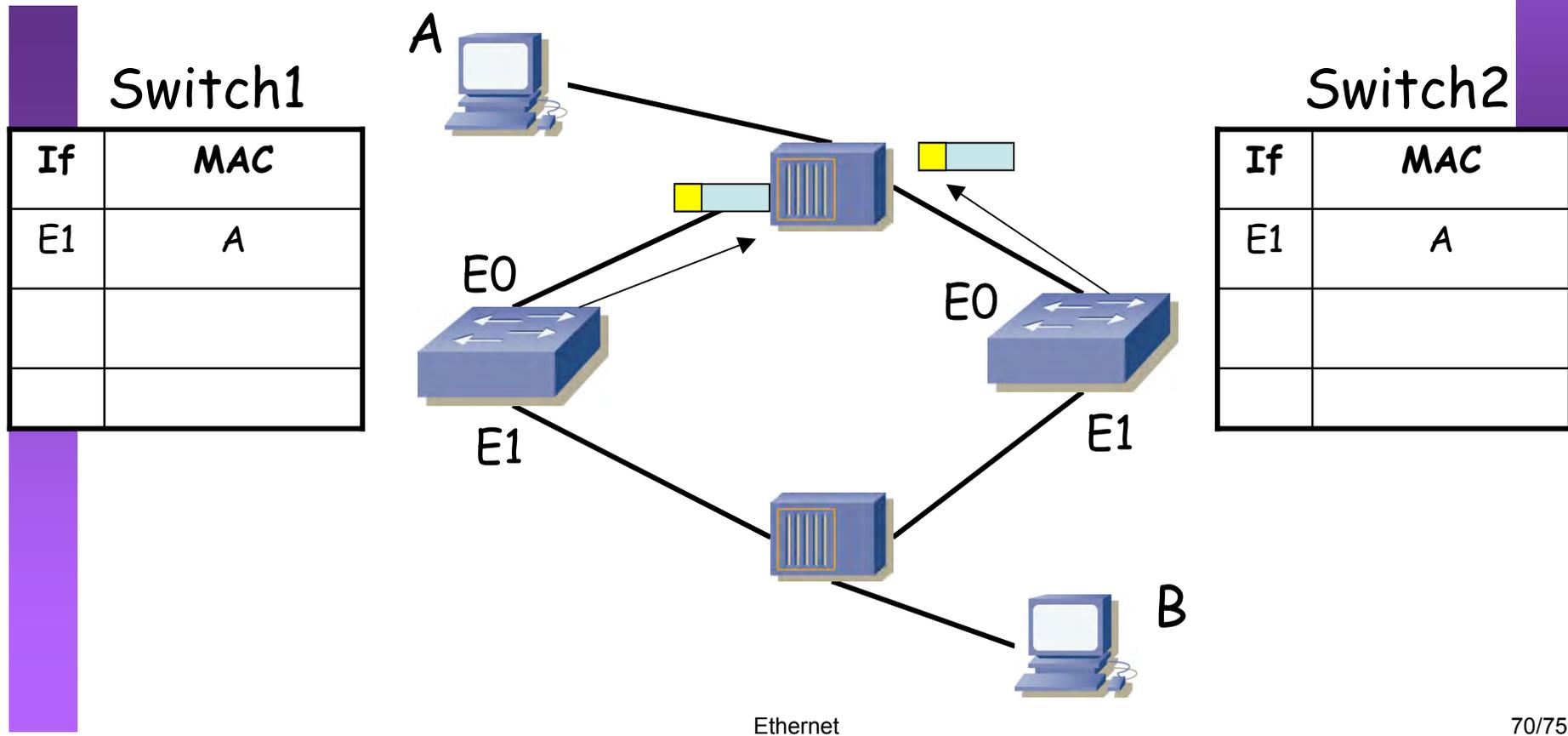


Switch2

If	MAC
E1	A

Caminos redundantes

- Aprenden una nueva ubicación del host A
- Y reenvían por todos los puertos menos por donde recibieron la trama

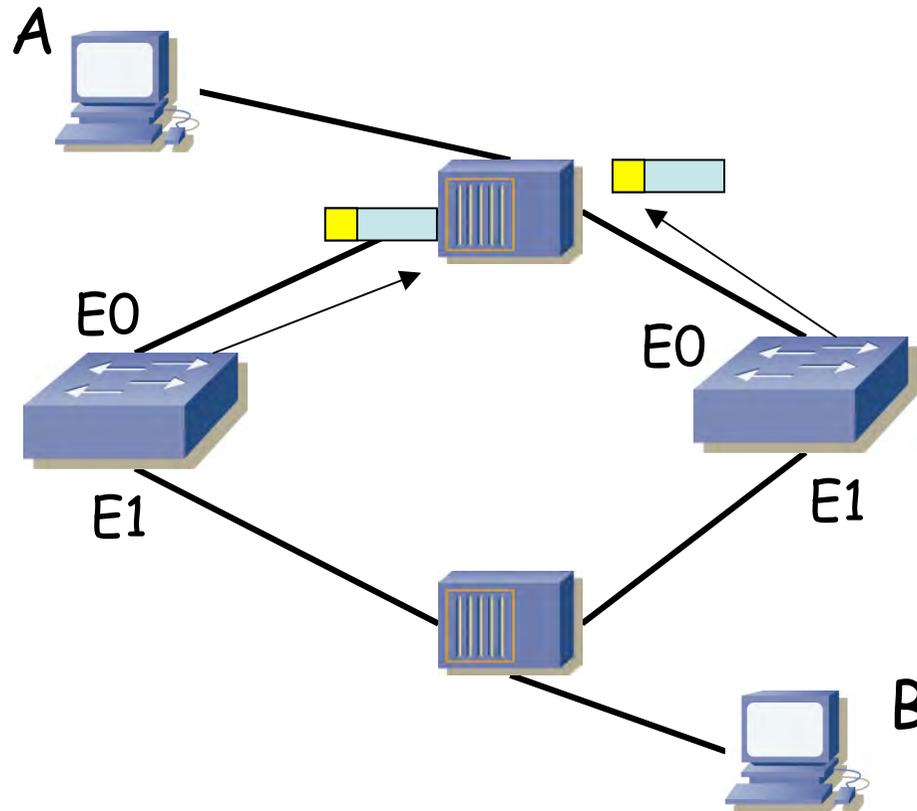


Caminos redundantes

- Y se repite...
- No hay TTL en la trama Ethernet

Switch1

If	MAC
E1	A

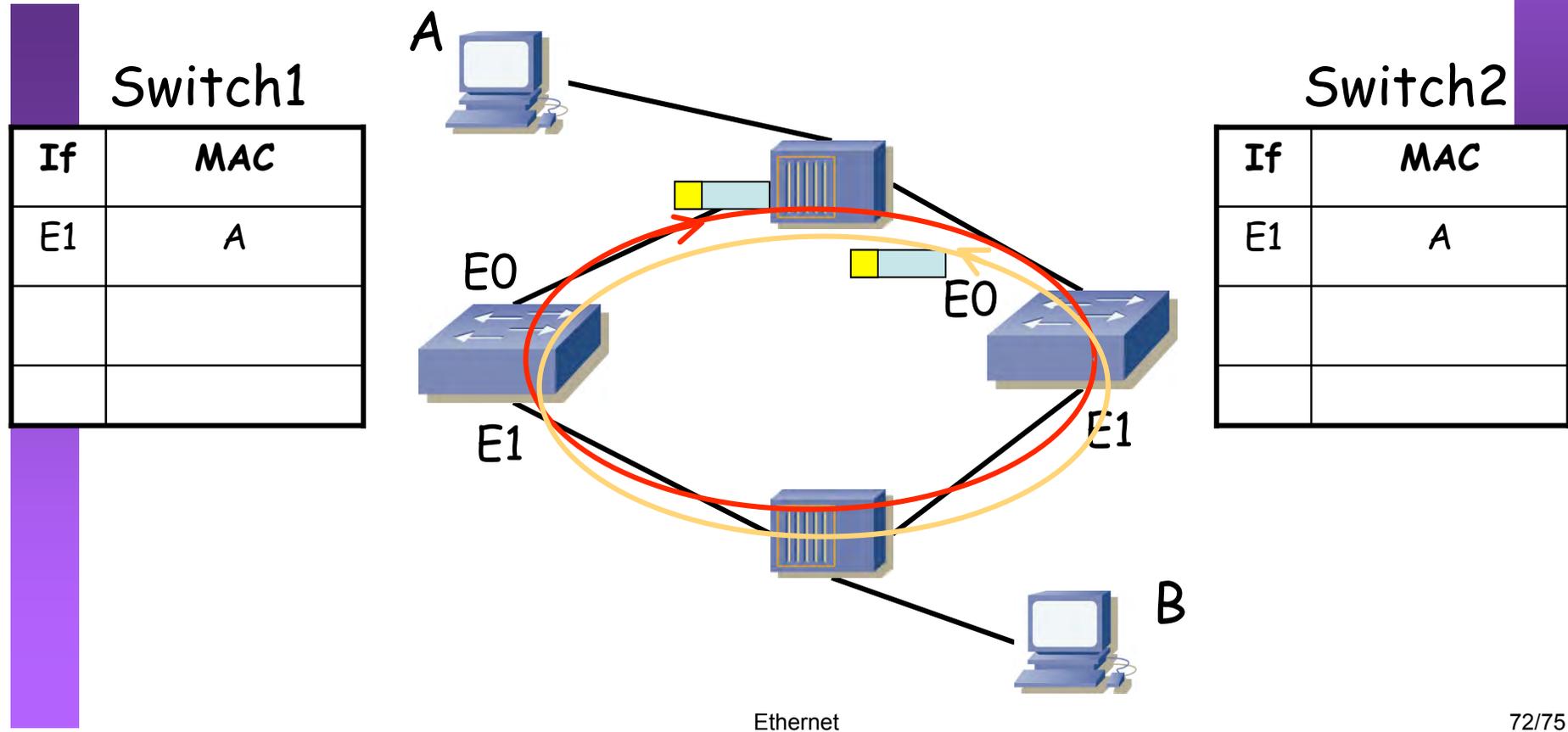


Switch2

If	MAC
E1	A

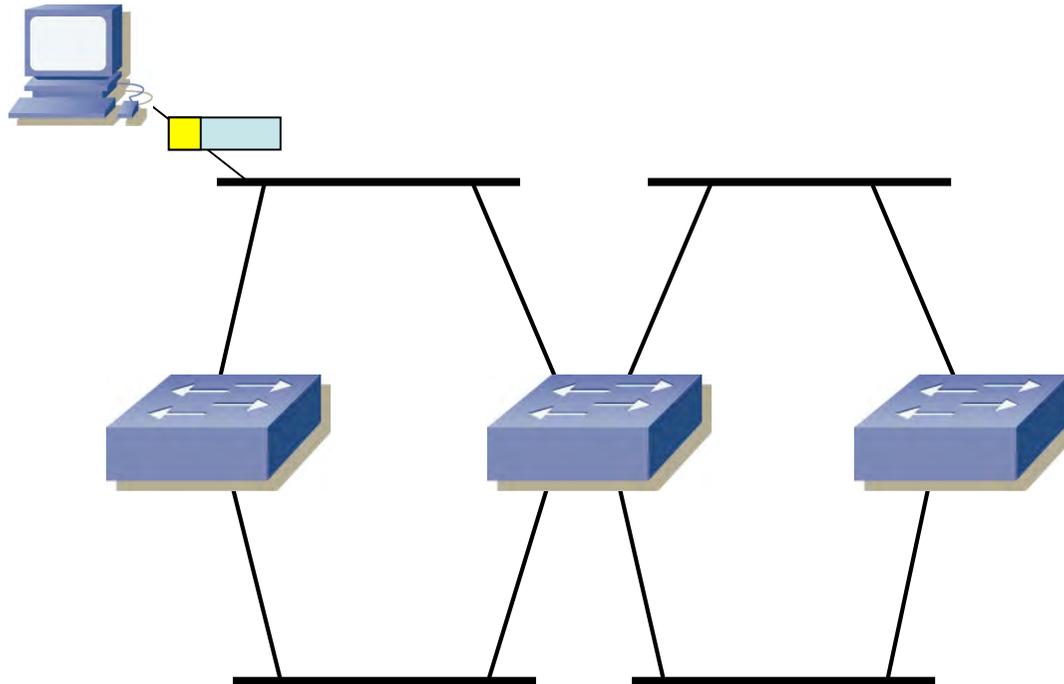
Caminos redundantes

- Y si la trama es de broadcast sucede siempre
- Además todos los hosts la deberían procesar



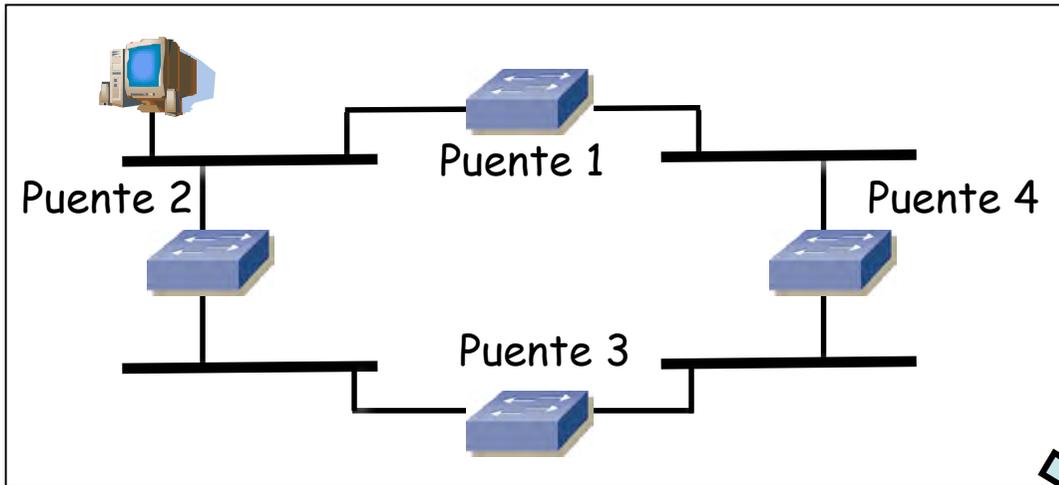
Ejemplo

- PC envía trama de broadcast

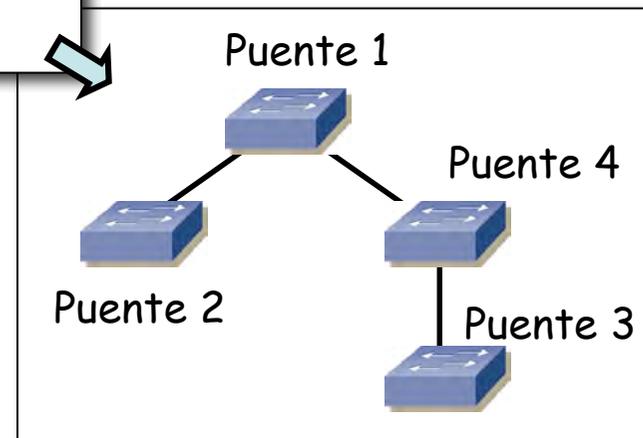


Spanning-Tree Protocol (STP)

- Calcula una topología libre de ciclos
- A partir del grafo de la topología crea un árbol
- Desactiva los enlaces sobrantes
- IEEE 802.1D



Radia Perlman (1983)



Resumen

- Tecnología LAN más común
- 10/100Mbps típicos al escritorio
- Giga-Ethernet y 10-G fuera de la LAN
- Hubs (repetidores) extienden el dominio de colisión
- Switches (puentes) terminan el dominio de colisión
- Redundancia y STP