



**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Ethernet

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

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios  
3º Ingeniería de Telecomunicación



# Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de circuitos
6. Conmutación de paquetes
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio



# Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
- 3. Redes de área local**
  - Arquitectura de protocolos para LANs
  - **Ethernet**
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de circuitos
6. Conmutación de paquetes
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio



# Objetivo

- Ethernet como tecnología LAN



# Contenido

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



**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Formato de trama (recordatorio)



# 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





**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# CSMA/CD

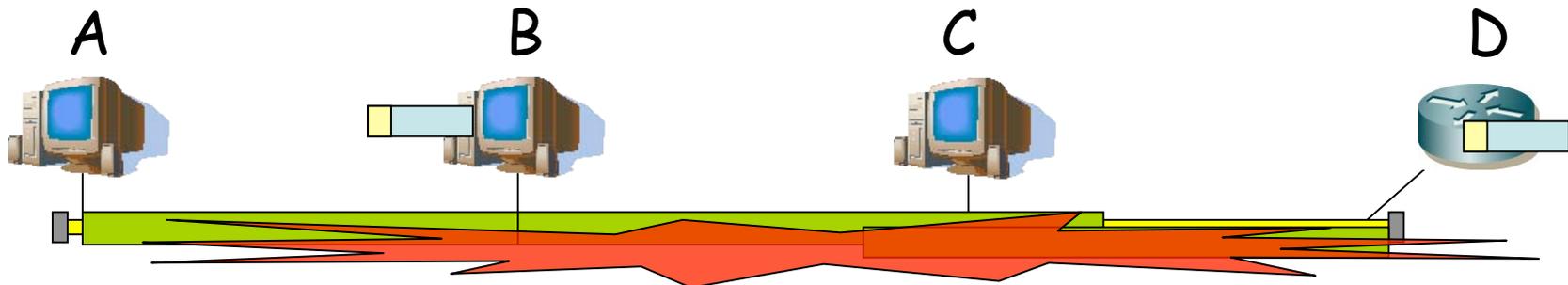
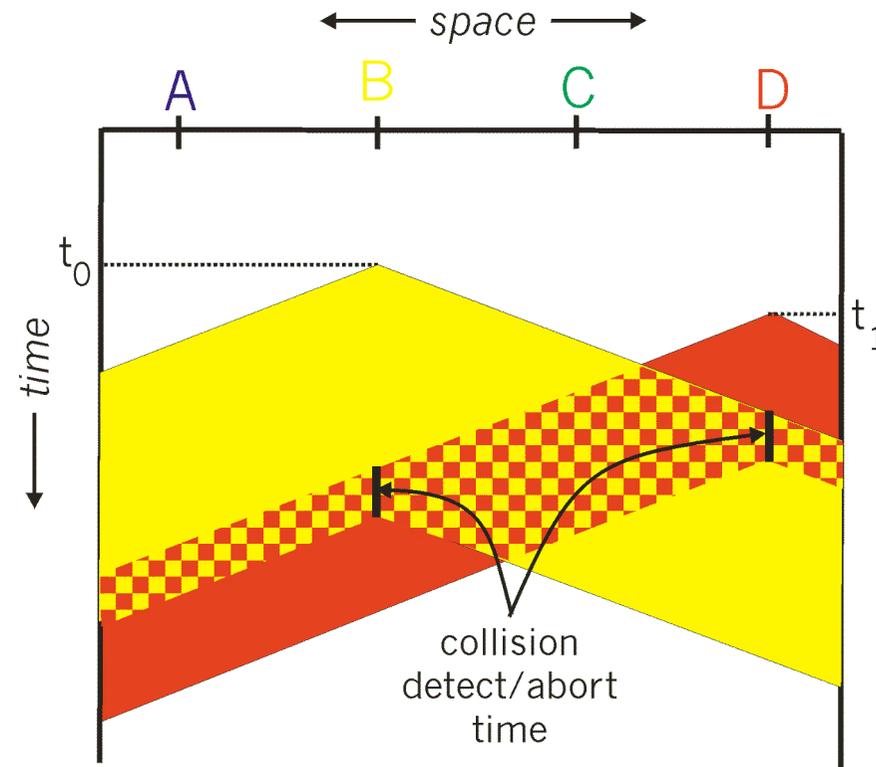
## (recordatorio)



# Subnivel MAC

## 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 reintentará tras un tiempo aleatorio (backoff)
- Ejemplo (. . .)





**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Tecnologías

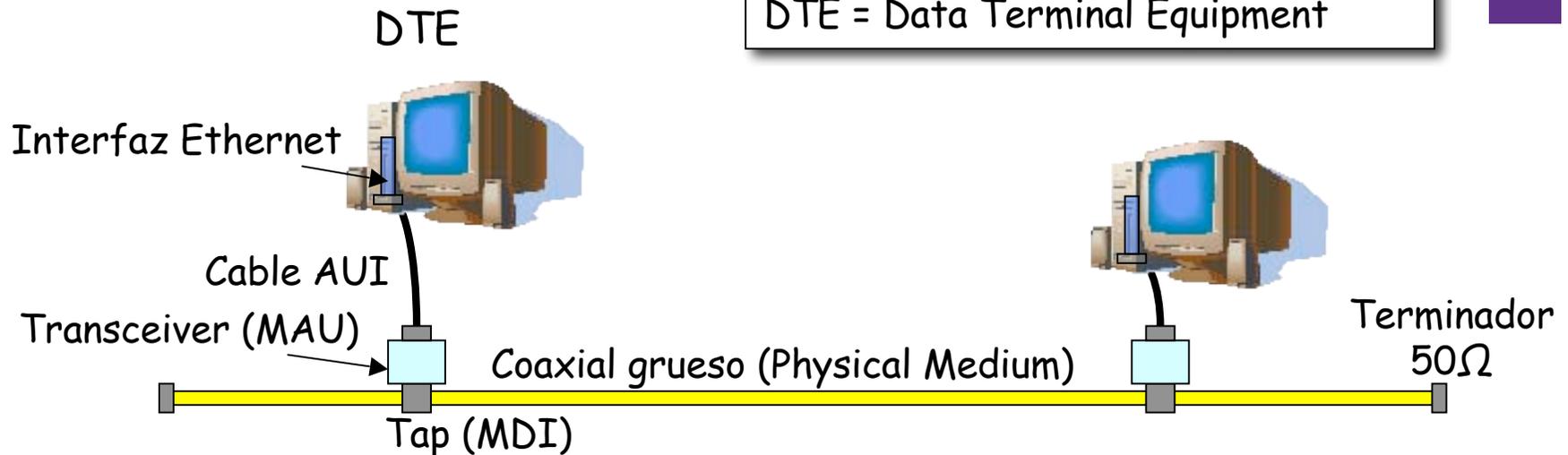


# Ethernet “original”

## 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

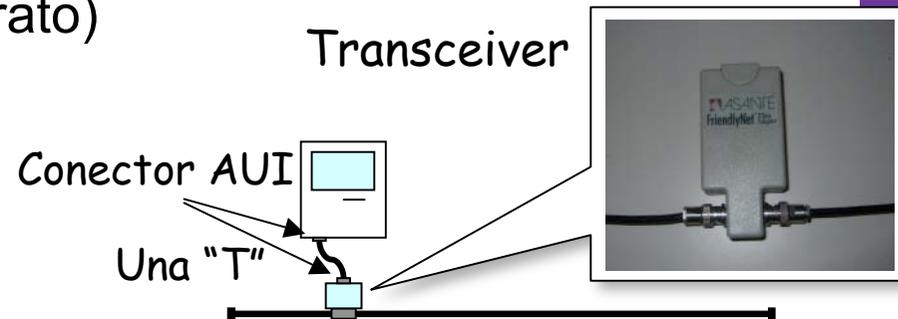




# Tecnologías Ethernet

## 10Base2

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

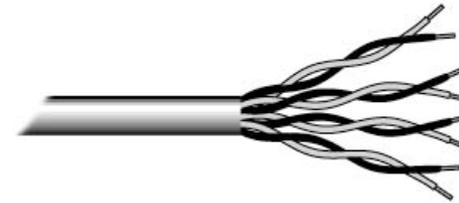




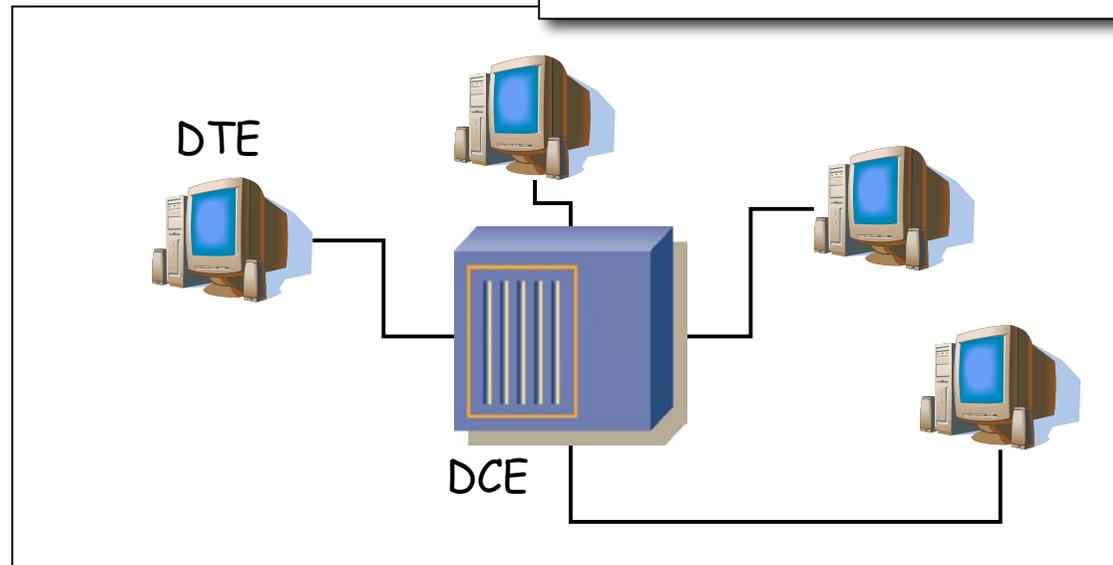
# Tecnologías Ethernet

## 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

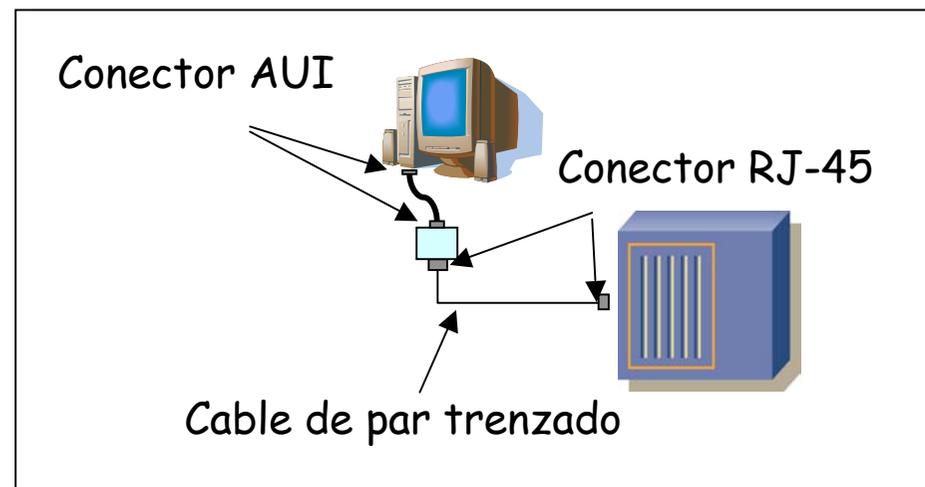
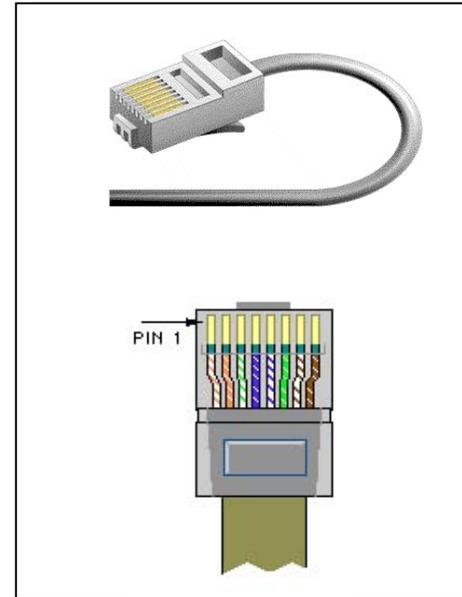
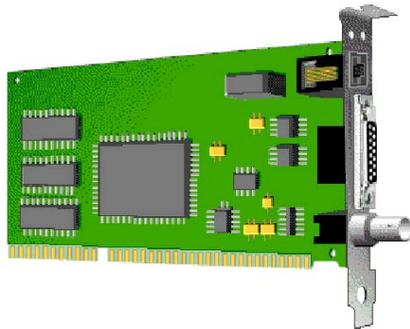




# Tecnologías Ethernet

## 10Base-T

- Transceiver opcional
- Conector RJ-45

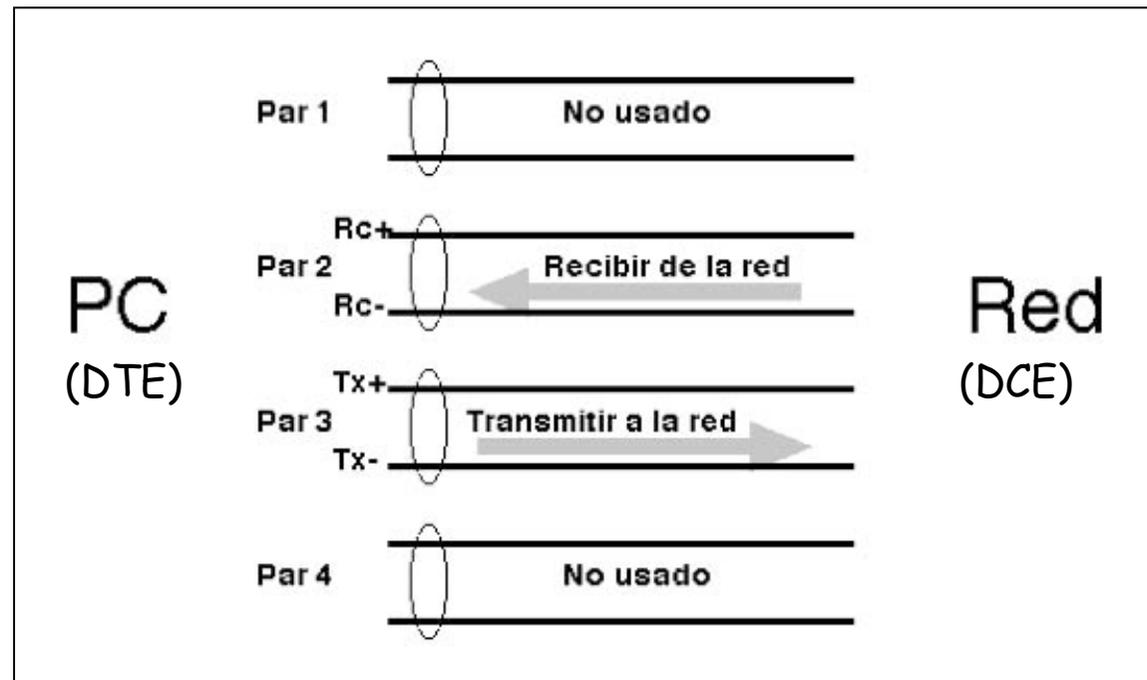




# Tecnologías Ethernet

## 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

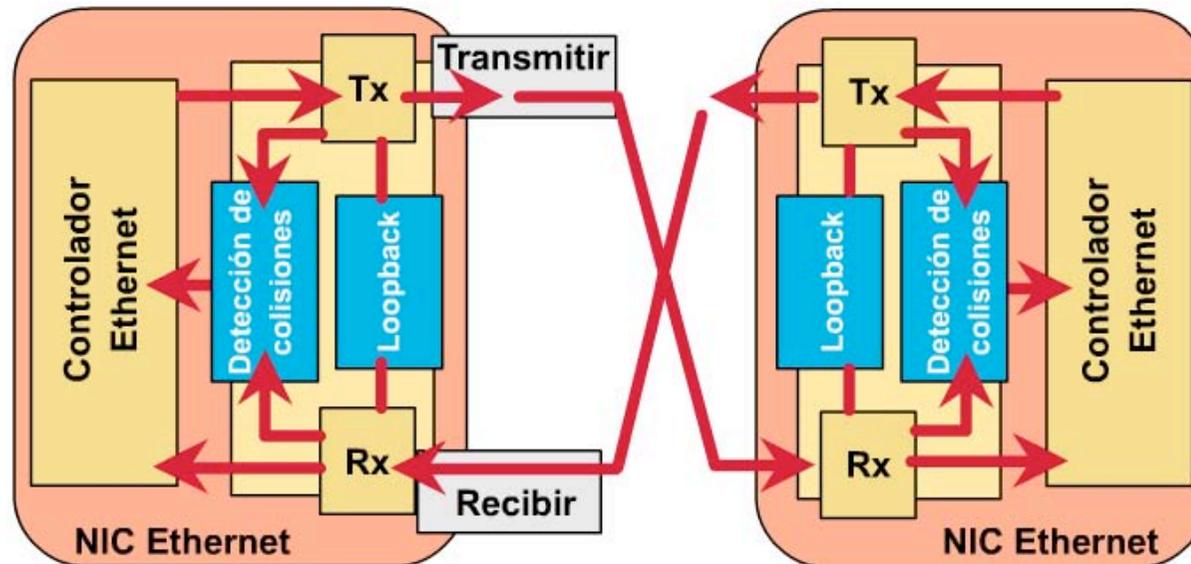
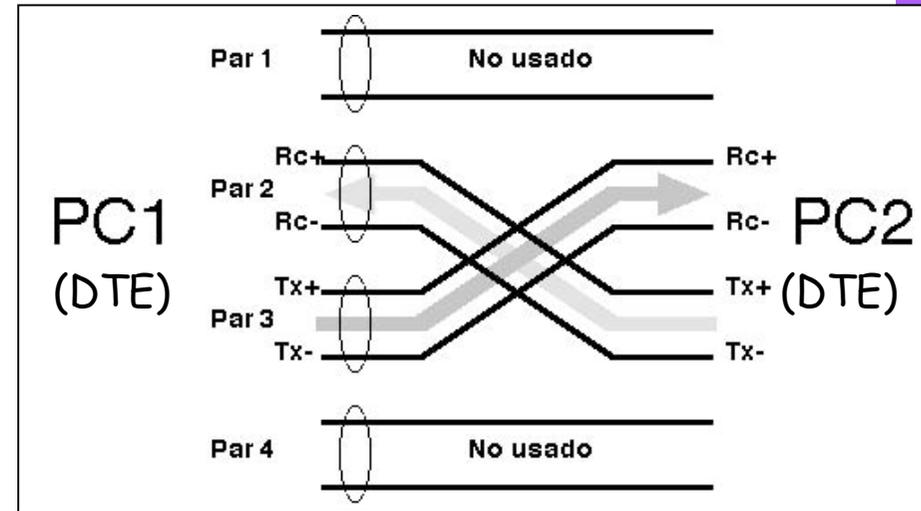




# Tecnologías Ethernet

## 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

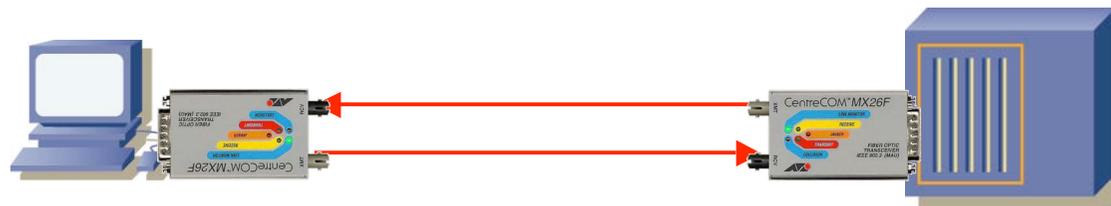




# Tecnologías Ethernet

## 10BaseFL

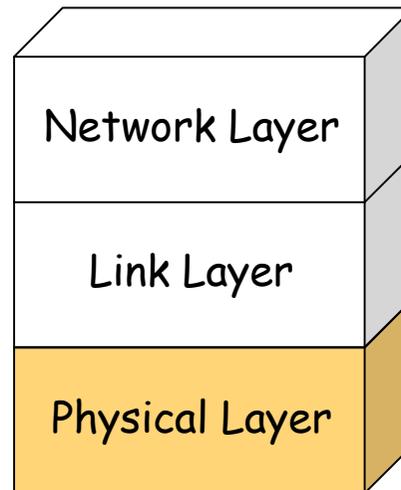
- Fibra óptica (Fiber optic Link)
- IEEE 802.3j
- Inmune a interferencias electromagnéticas
- Hasta 2 Km con F.O. multimodo
- Usado en:
  - El *backbone* de una LAN
  - Cableado vertical
  - Larga distancia a un host





# Repetidores

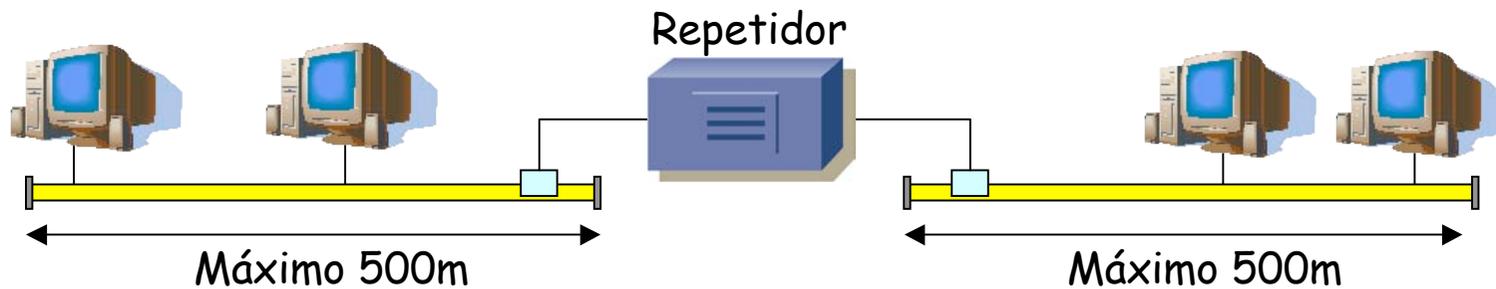
- “Repetidor”
- “Hub”
- “Hub repetidor”
- “Concentrador”
- “Concentrador de cableado”
- Nivel 1 OSI (nivel físico)
- Regeneración de la señal eléctrica
- No tienen direcciones MAC
- No modifican las tramas





# Repetidores

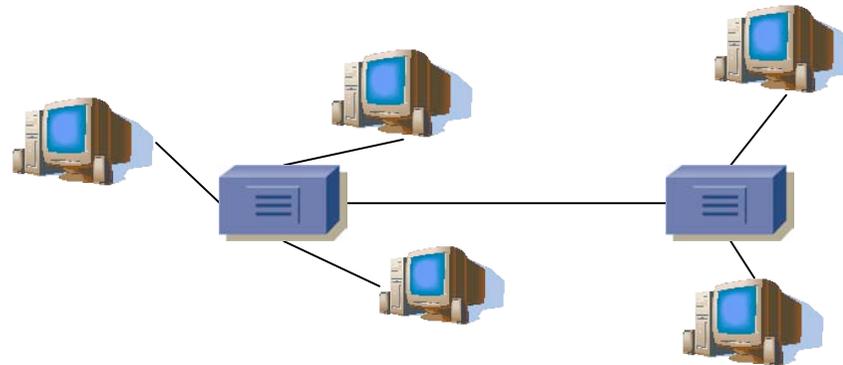
- Unir “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados





# Repetidores

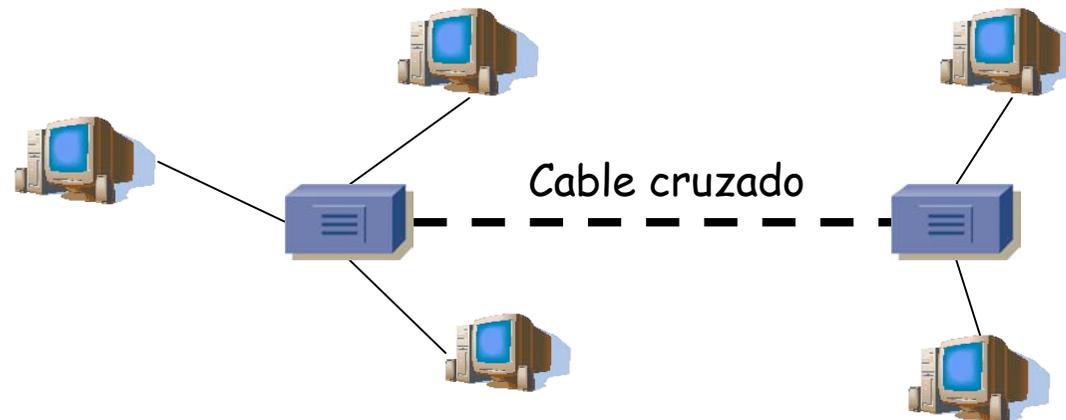
- Unir “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados





# Conexión de hubs 10Base-T

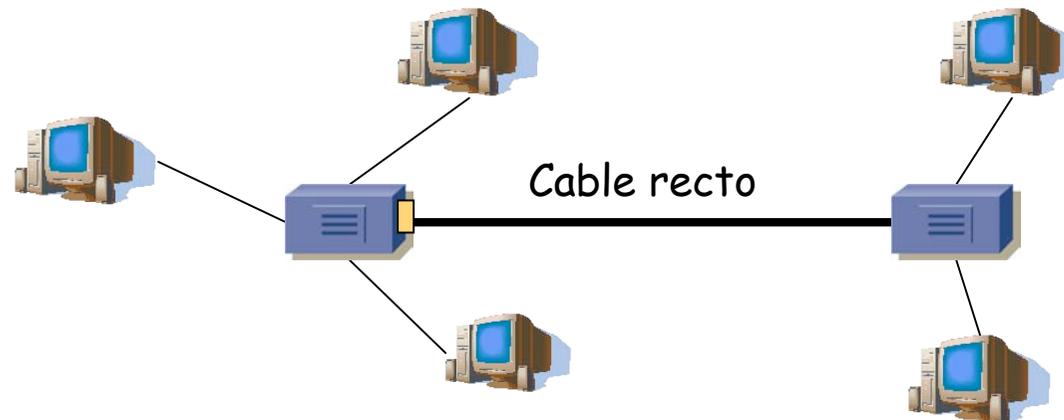
- Los puertos de ambos hubs tienen idéntica disposición de pares
- Interconexión mediante cable cruzado





# 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

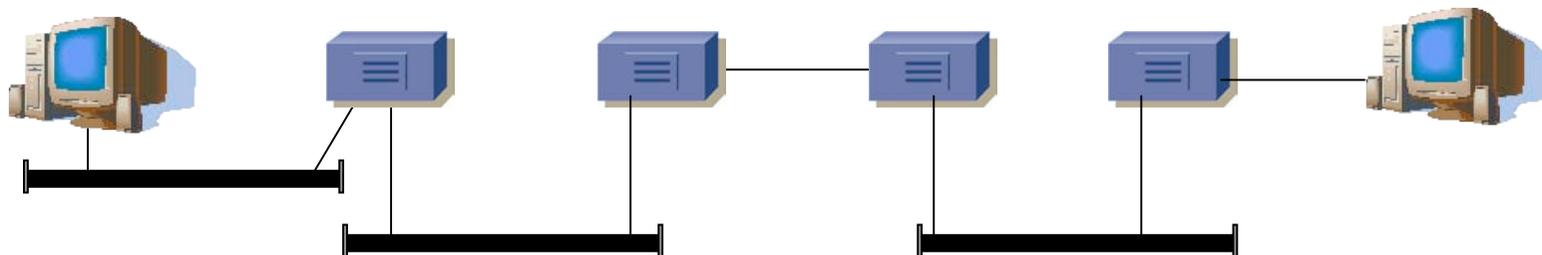


- Podría conectarse un PC a uno de estos puertos mediante un cable cruzado



# 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





# Límites en Ethernet de 10Mbps

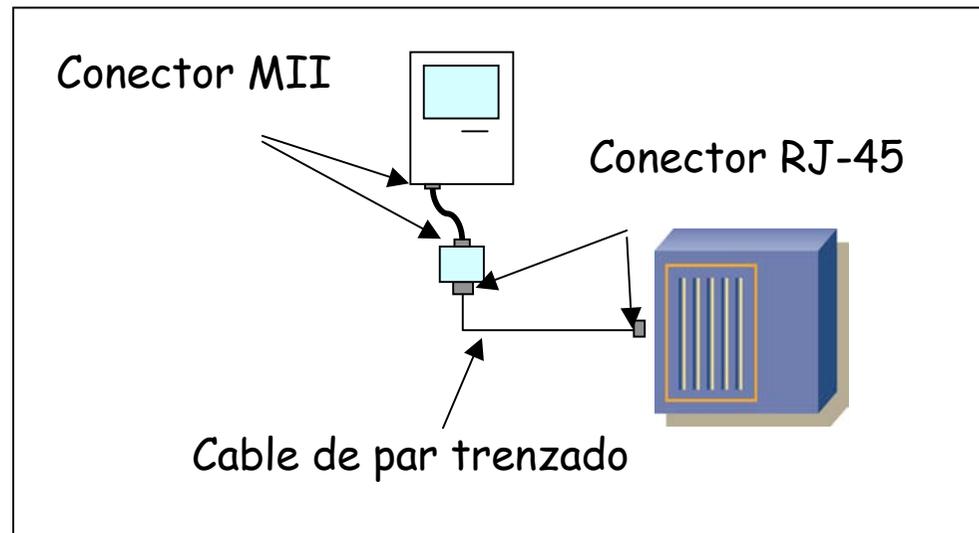
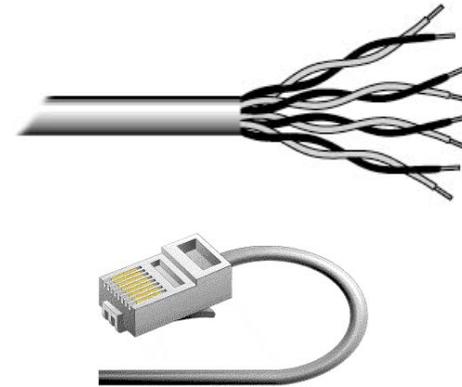
	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
Máxima longitud de cable en un segmento	500m	185m	100m
Máximo número de conexiones en un segmento	100	30	1
Máxima longitud del dominio de colisión (con repetidores)	2500m	1000m	2500m <i>(con backbone coaxial)</i>
Máximo número de estaciones en el dominio de colisión	1024	1024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

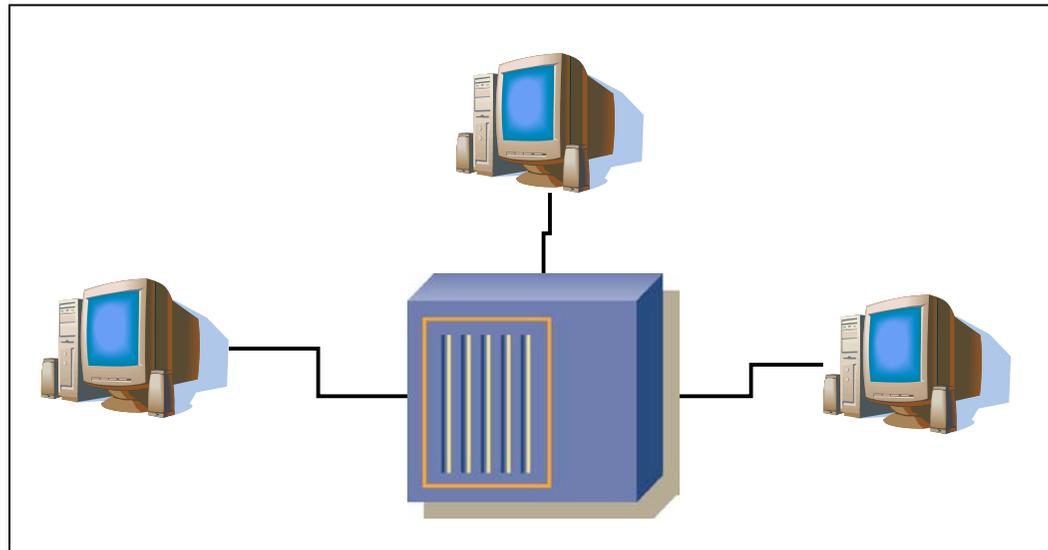




# Tecnologías Ethernet

## 100Base-TX (Fast Ethernet)

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

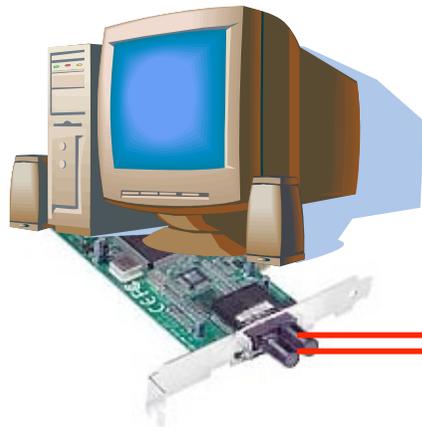




# Tecnologías Ethernet

## 100Base-FX

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

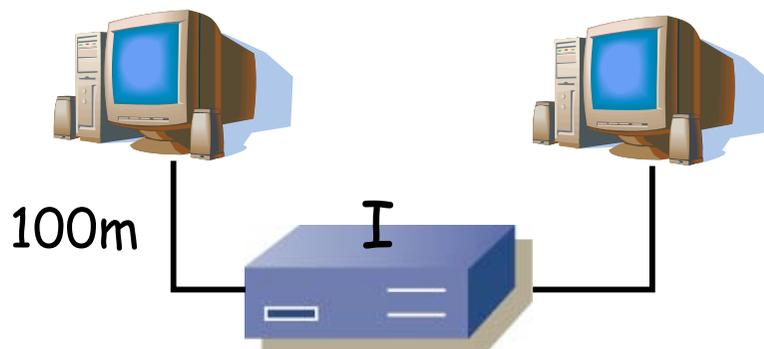




# Repetidores FastEthernet

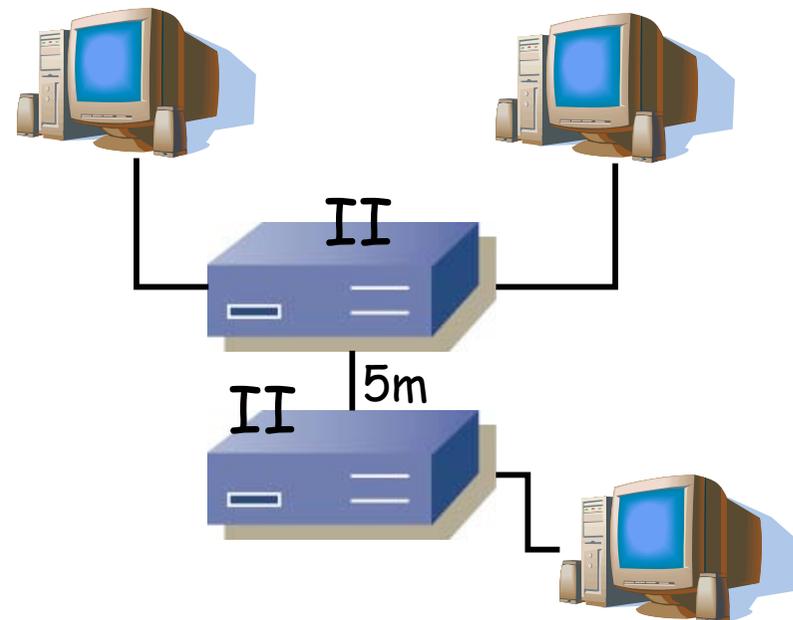
## Clase I

- 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





**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Puentes



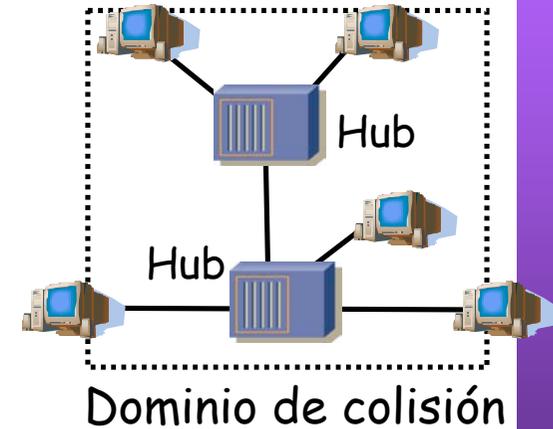
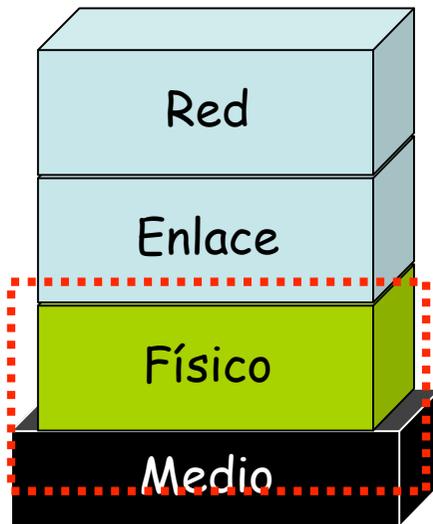
# Necesidad

- Queremos aumentar las distancias (unir LANs alejadas)
- Exceder los límites de número de hosts
- Mejorar utilización del medio
- Alternativas
  - Routers
  - Puentes



# Puentes

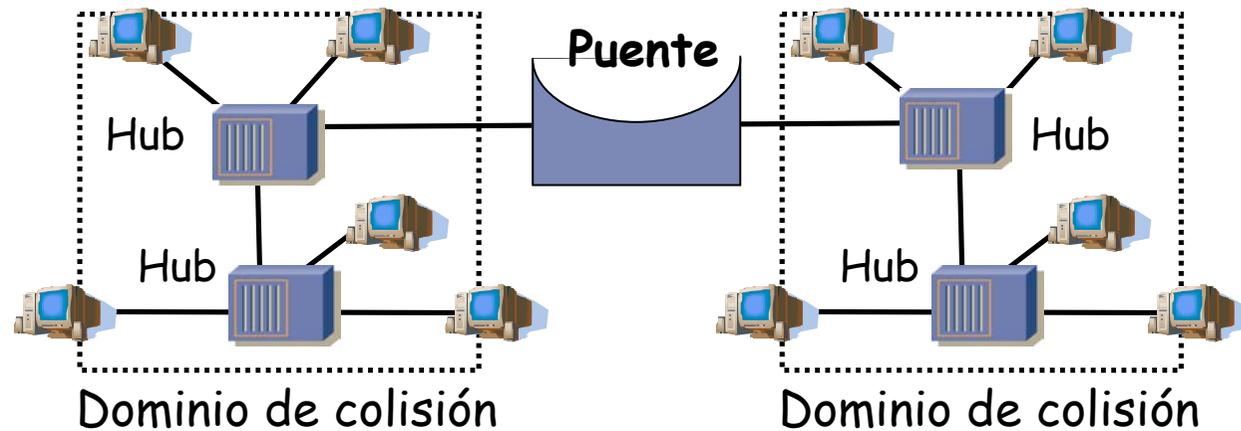
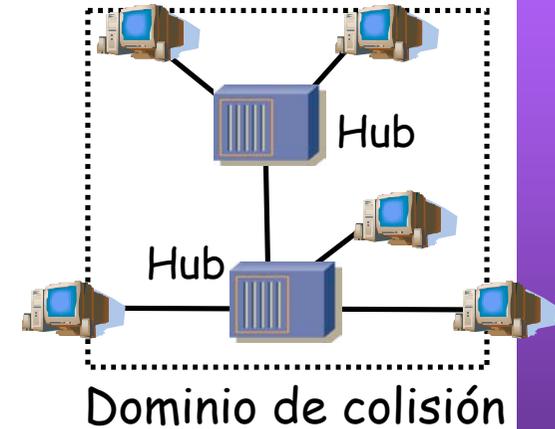
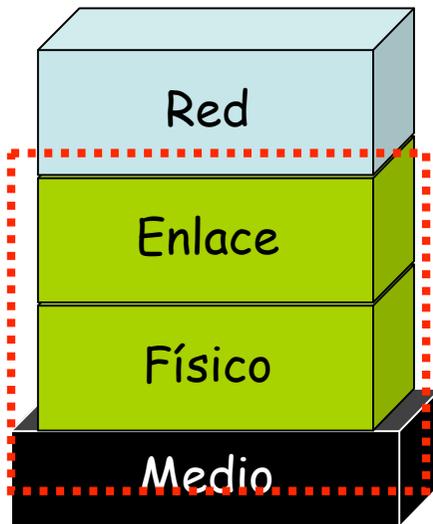
- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico  $\Rightarrow$  un dominio de colisión (...)





# Puentes

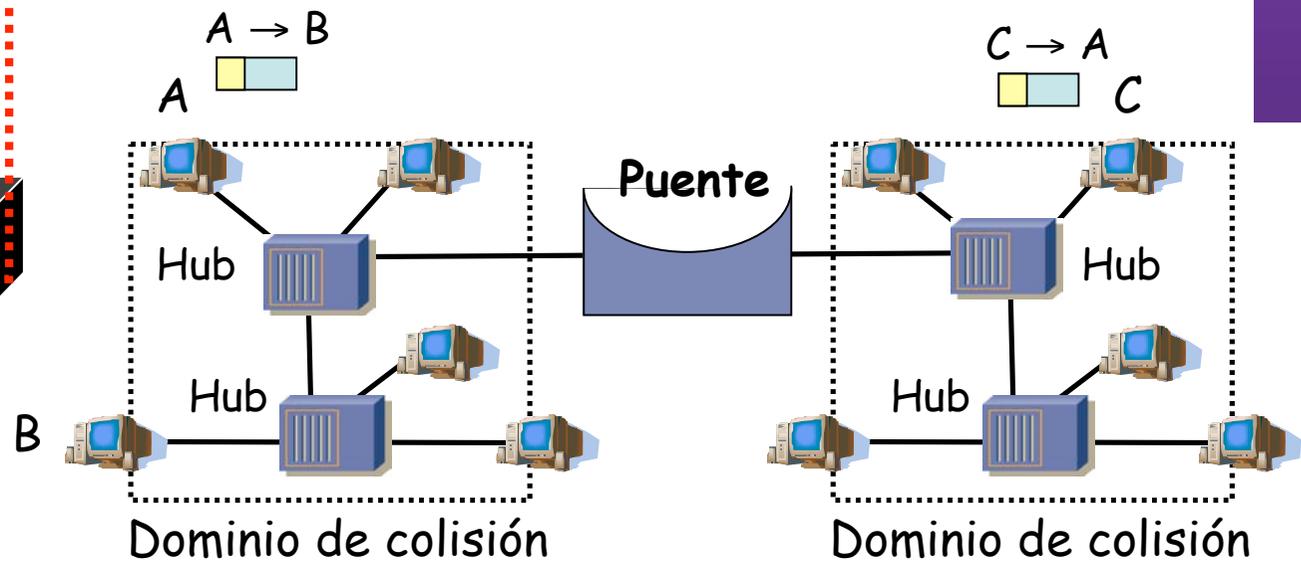
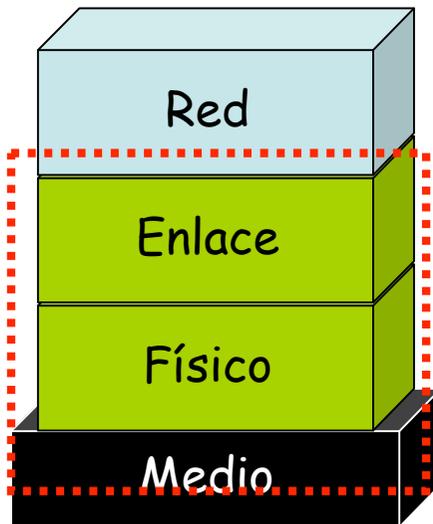
- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico  $\Rightarrow$  un dominio de colisión (...)
- Puentes unen segmentos Ethernet a nivel de enlace (...)





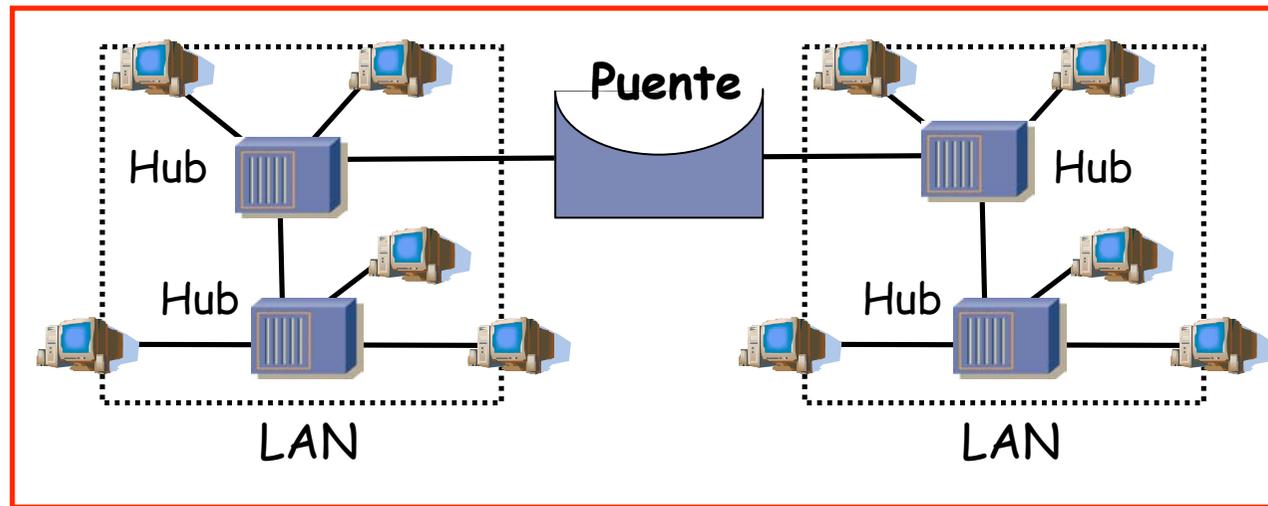
# Puentes

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





# Puentes

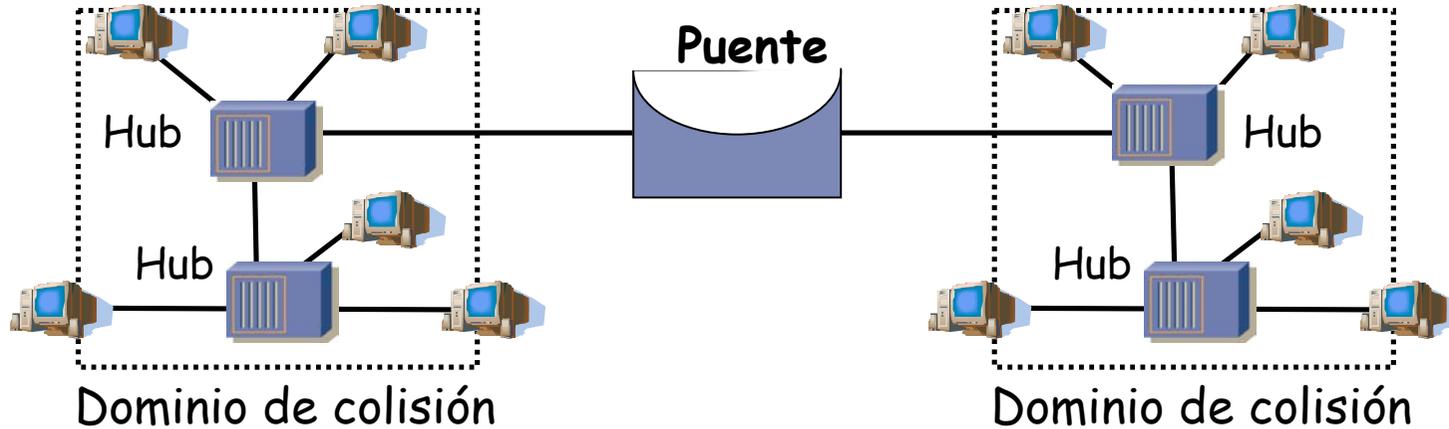


*Bridged Local Area Network*

- La denominación de LAN se suele usar indistintamente



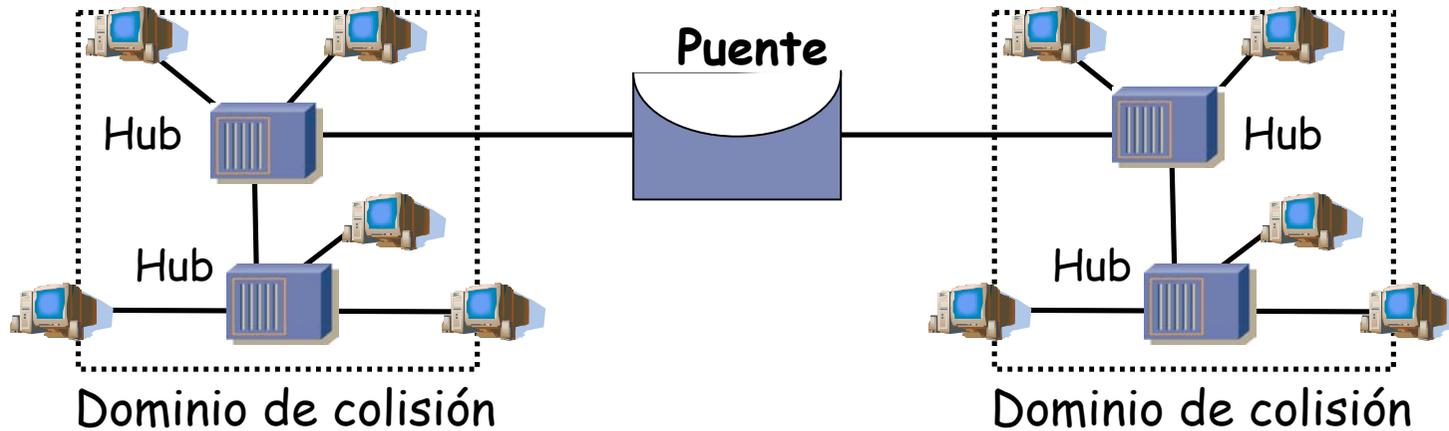
# Puentes: ¿Por qué?



- 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?

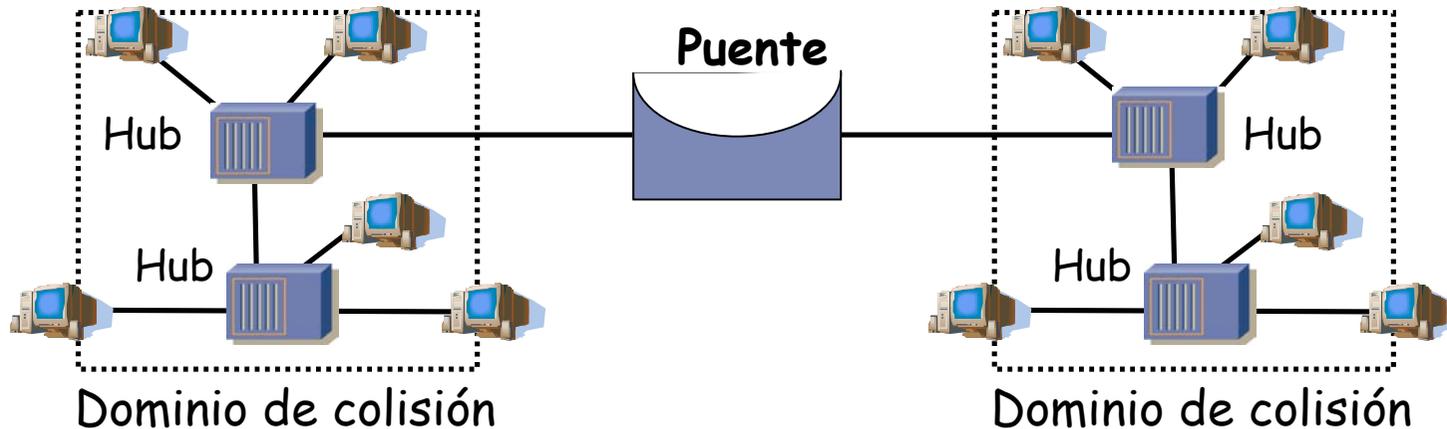


## Funcionamiento

- 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

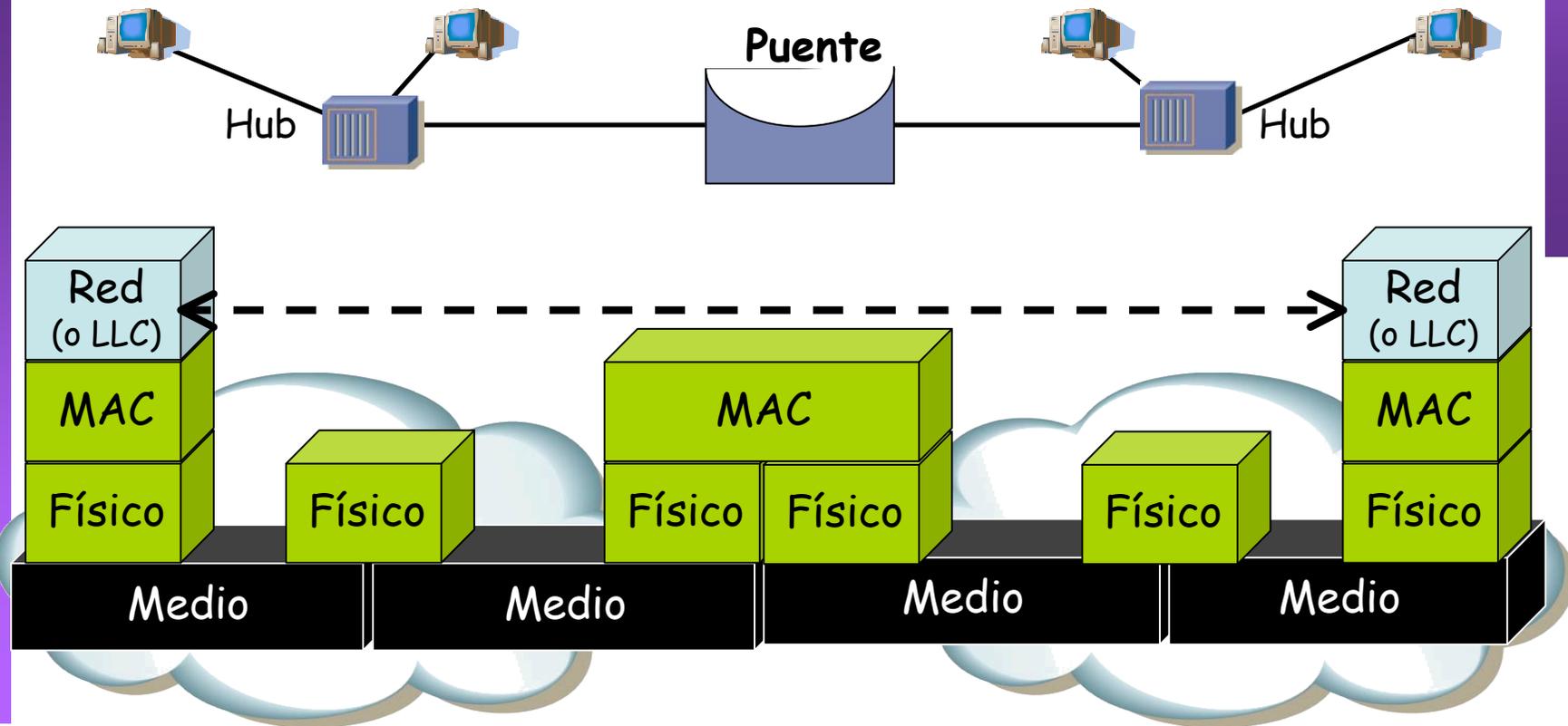


- Conmutador de paquetes
- Las colisiones no se propagan (dominios de colisión separados)
- Transparente para las estaciones
  - La LAN resultado se comporta lógicamente como un solo segmento
- Número entre dos estaciones no está limitado:
  - Permite agrandar la red más allá de los límites de Ethernet.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



# Puentes: Arquitectura

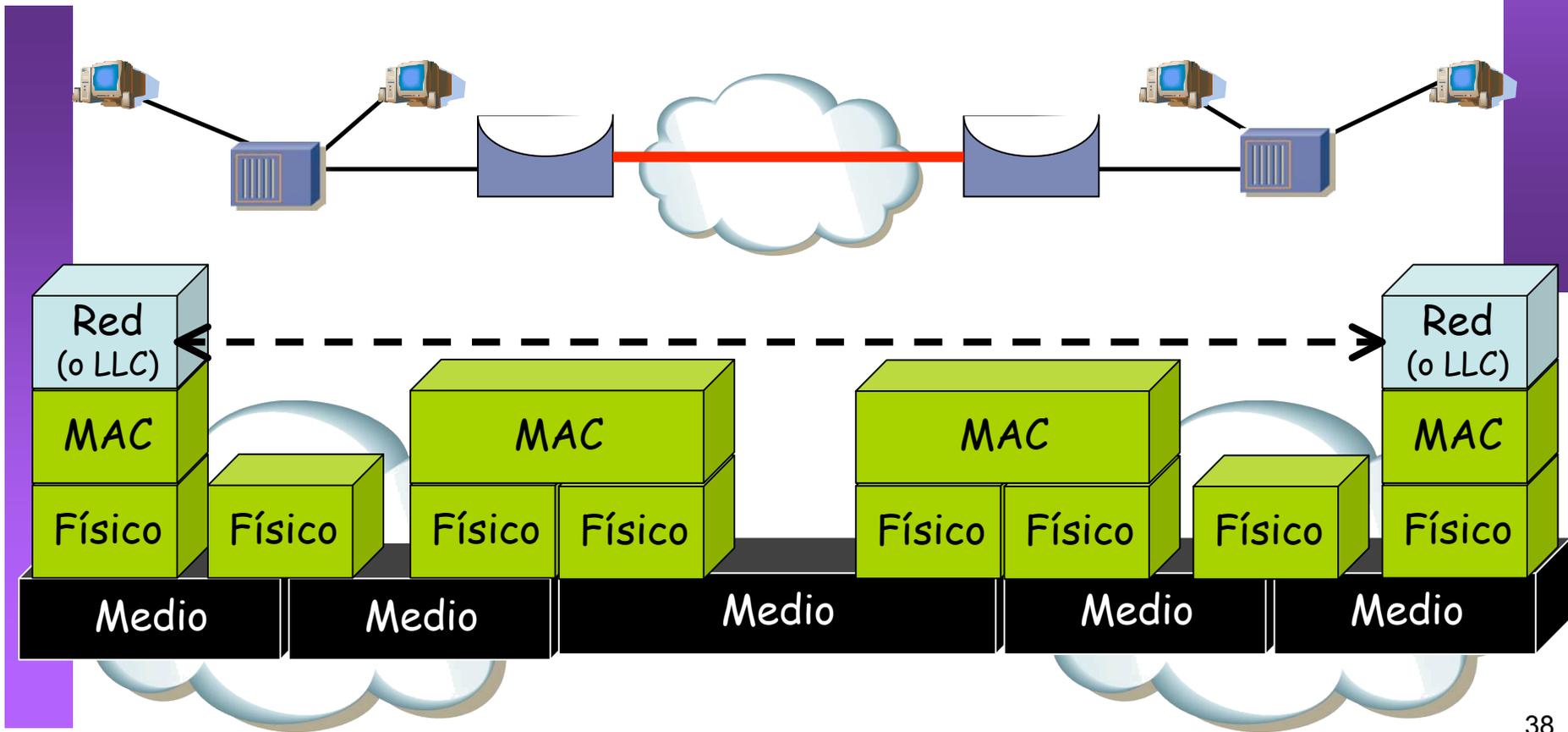
- IEEE 802.1D
- Las direcciones están en el subnivel MAC así que el puente funciona en ese subnivel





# Puentes: Arquitectura

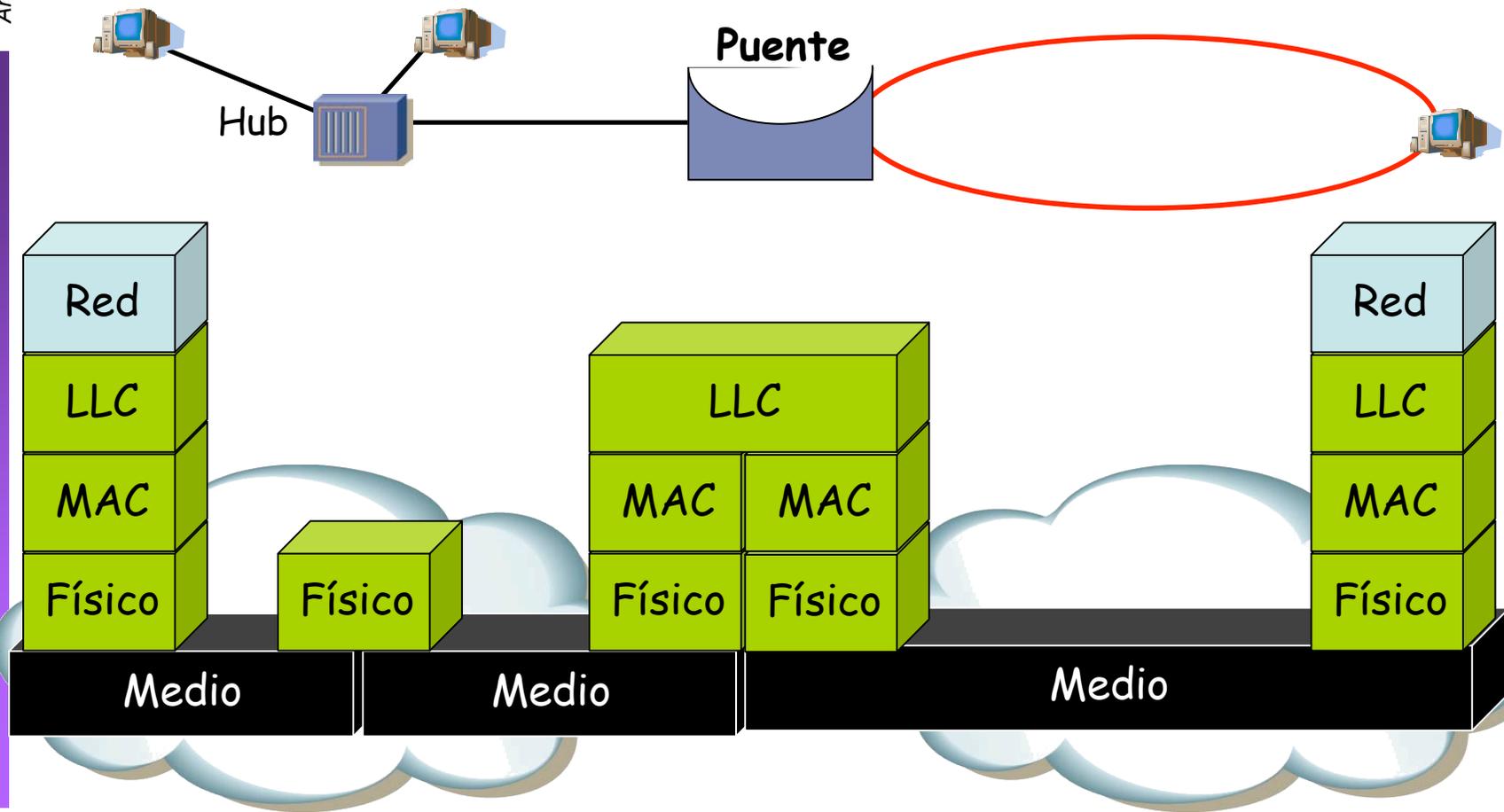
- Enlaces distantes (incluso a través de una WAN)





# Puentes: Arquitectura

- Pueden unir LANs de diferentes tecnologías 802





# Caso Ethernet

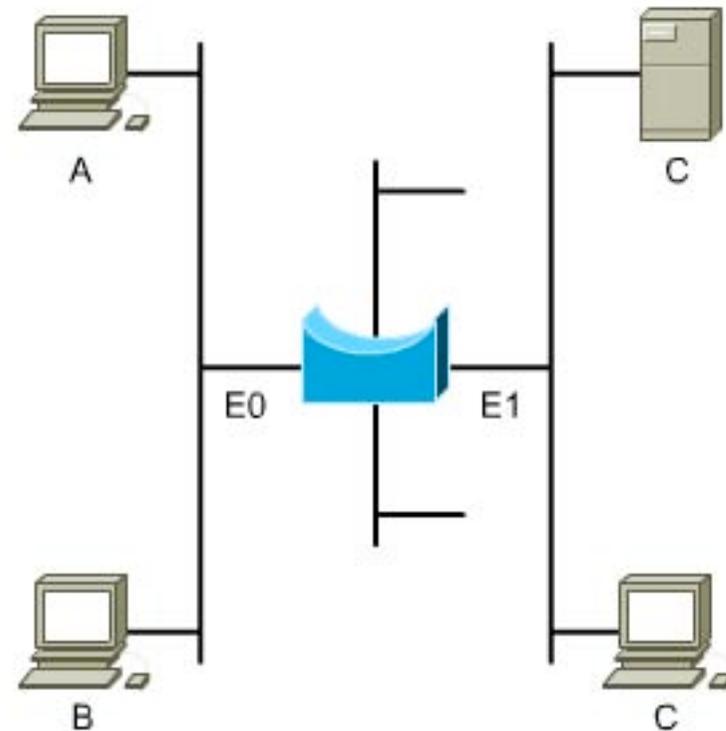
- *Learning Bridge* (puente transparente)



# Learning Bridge

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

If	MAC



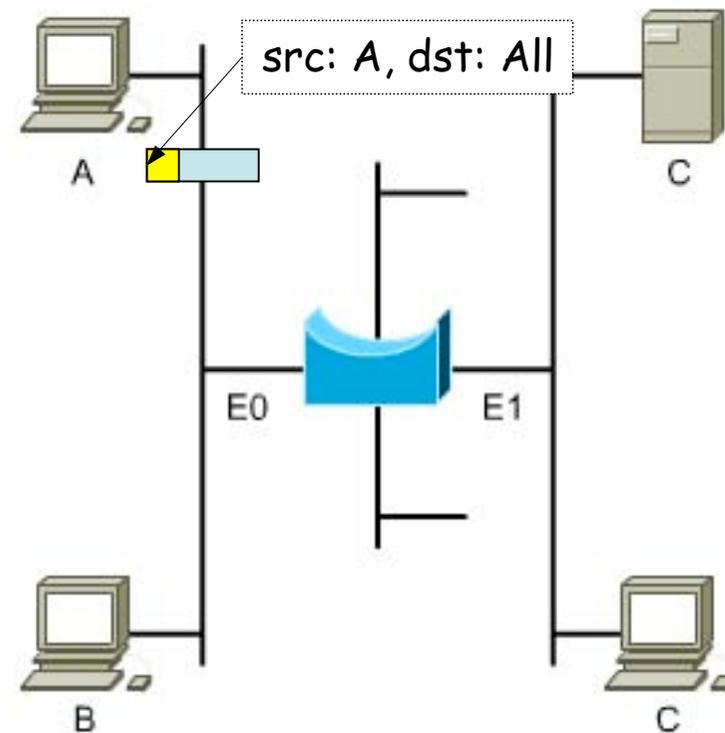


# Learning Bridge

## Cuando ve una trama por un puerto:

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

If	MAC



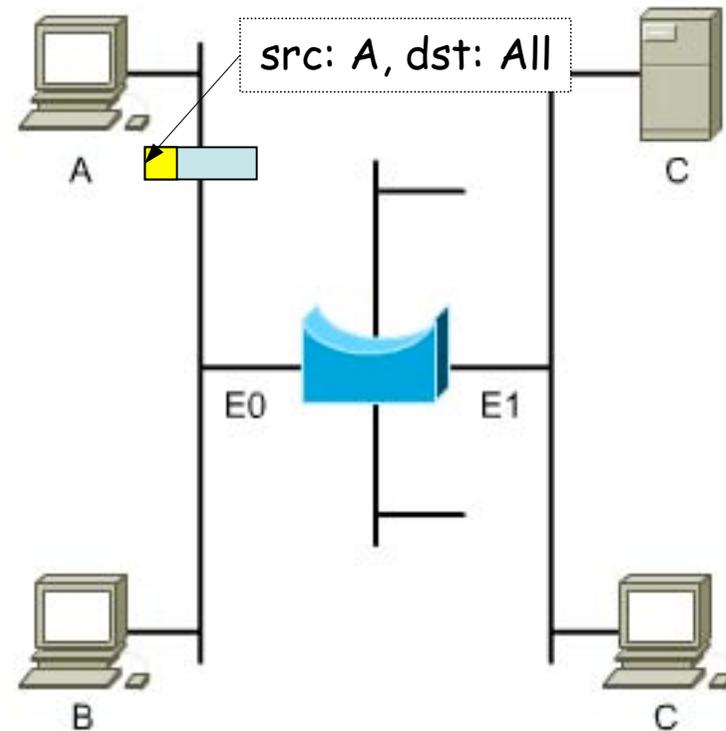


# Learning Bridge

## Cuando ve una trama por un puerto:

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

If	MAC
E0	A



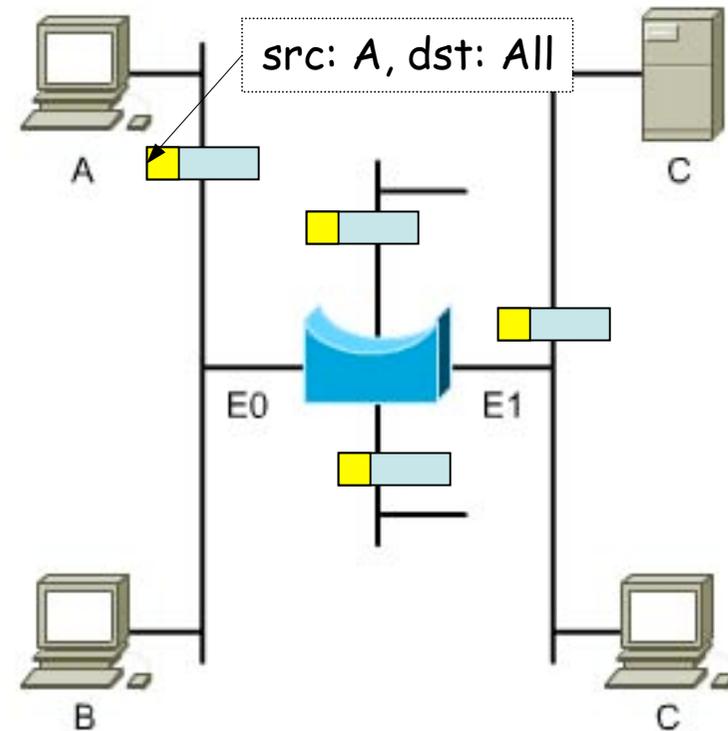


# Learning Bridge

## MAC destino:

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

If	MAC
E0	A



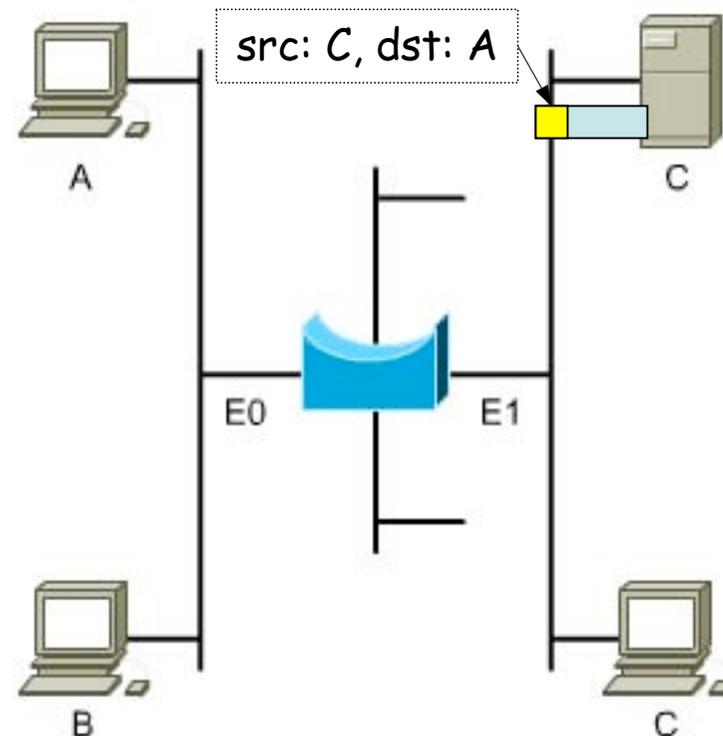


# Learning Bridge

## 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



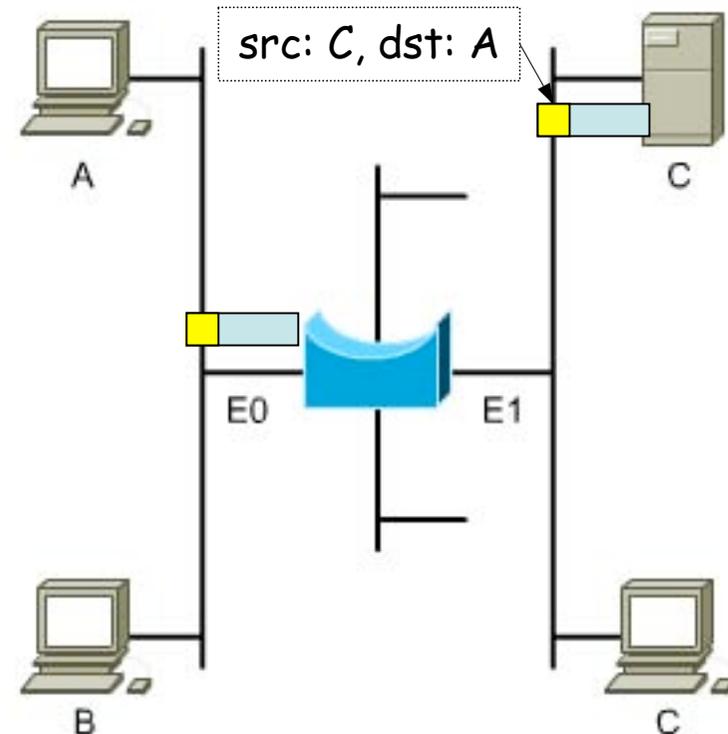


# Learning Bridge

## 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



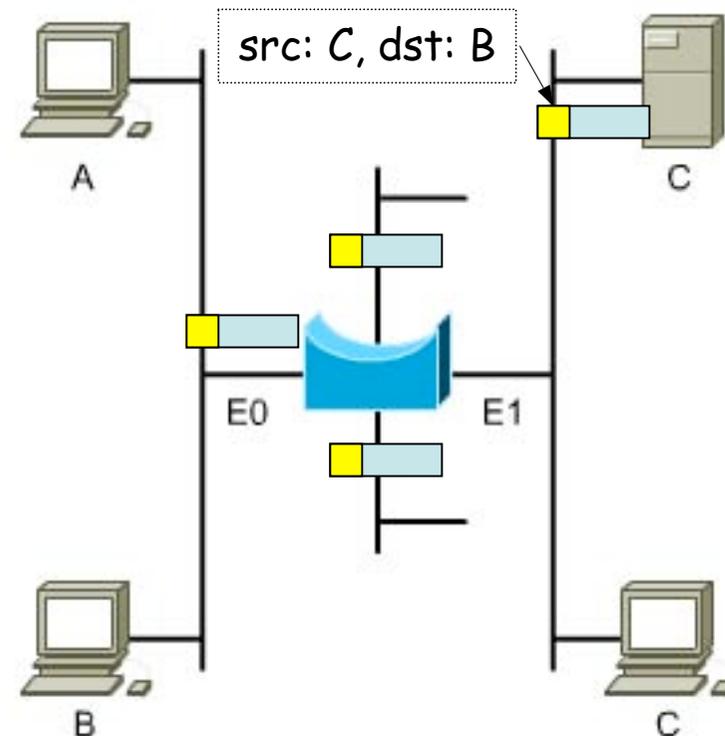


# Learning Bridge

## 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



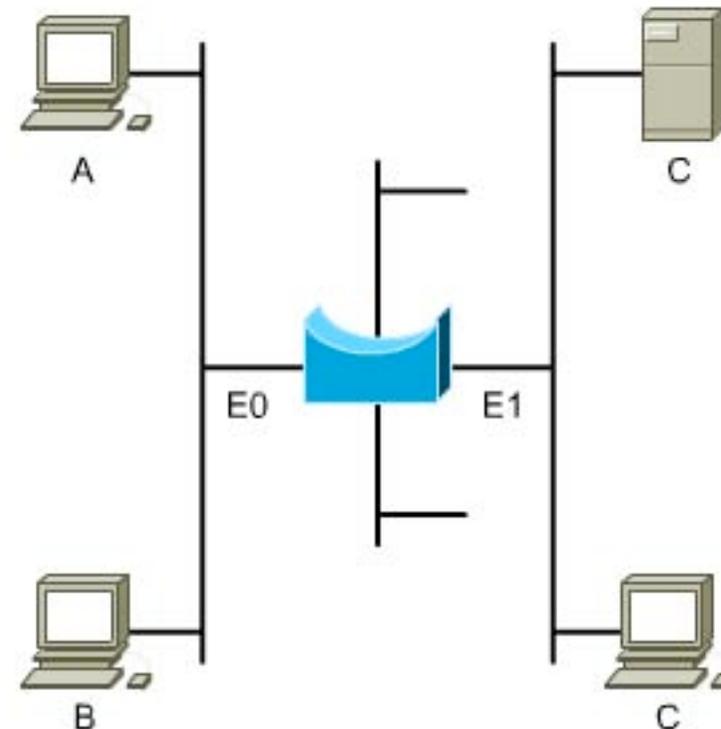


# Learning Bridge

## Aging:

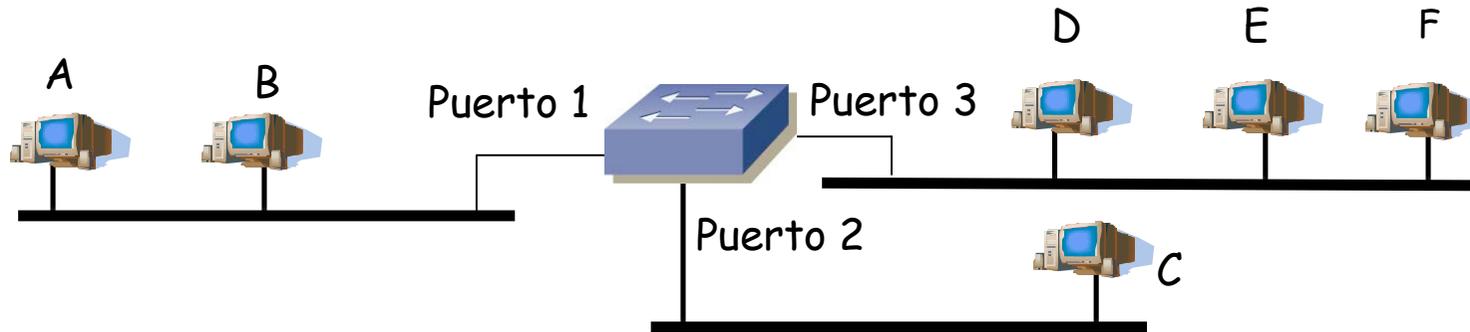
- Las entradas en la tabla “envejecen”
- Se renueva el contador al recibir una trama de esa estación
- Si caduca se elimina la entrada
- Cambio de tarjeta
- Reemplazamiento de host
- ¡ Memoria finita !

If	MAC
E0	A
E1	C





# Otro ejemplo

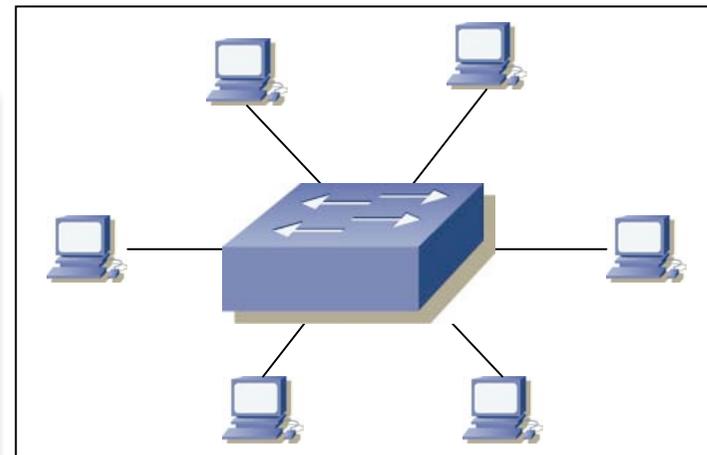
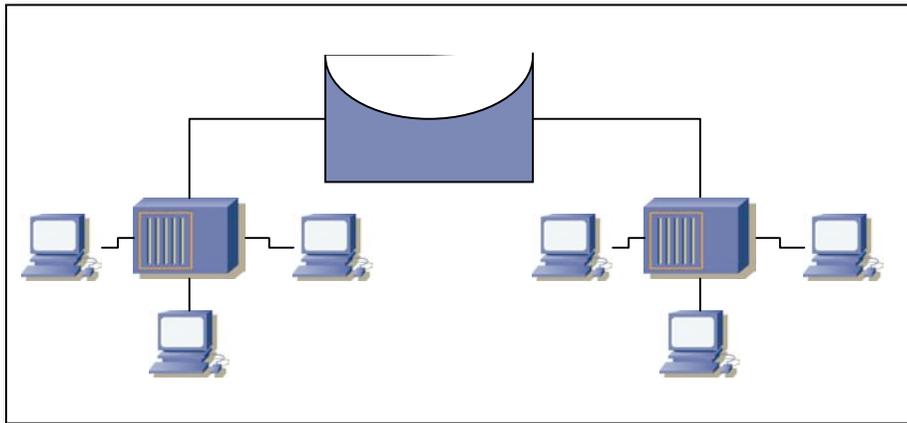


Suceso	Acción	Lista del puerto 1	Lista del puerto 2	Lista del puerto 3
Arranca el puente	-	-	-	-
A envía a B	Envía por puerto 2 y 3	A	-	-
B envía a A	-	A y B	-	-
F envía broadcast	Envía por puerto 1 y 2	A y B	-	F
E envía a B	Envía por puerto 1	A y B	-	E y F
E envía a D	Envía por puerto 1 y 2	A y B	-	E y F
C envía a F	Envía por puerto 3	A y B	C	E y F



# 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

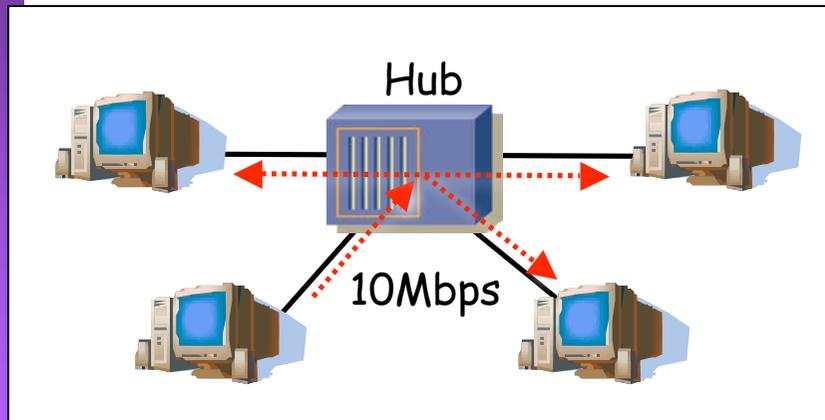


Switch

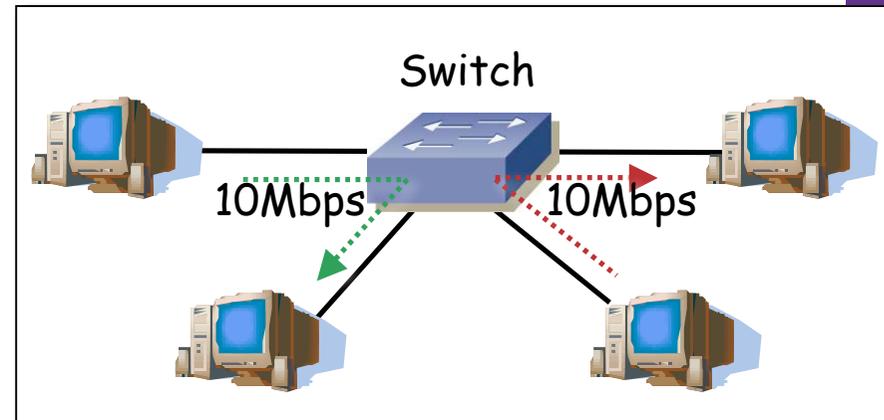


# Puentes y conmutadores

- 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 (micro-segmentación)
- Puede trabajar con múltiples tramas al mismo tiempo
- Los puertos pueden ser *Full-Duplex*



Medio compartido  
Capacidad total 10Mbps



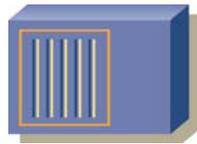
Medio conmutado  
Capacidad total  $N \times 10\text{Mbps}$



# Concentradores y conmutadores

## Hub

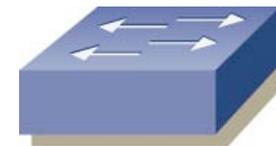
- Un dominio de broadcast
- Un dominio de colisión
- Una estación puede ver todo el tráfico
- Rapidez



Hub

## Switch

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



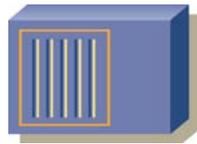
Switch



# Concentradores y conmutadores

## Hub

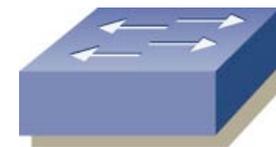
- Colisiones
- Límite de distancias
- Límite de número de hubs entre dos estaciones
- *Half-duplex*



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



Hub

## Switch

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



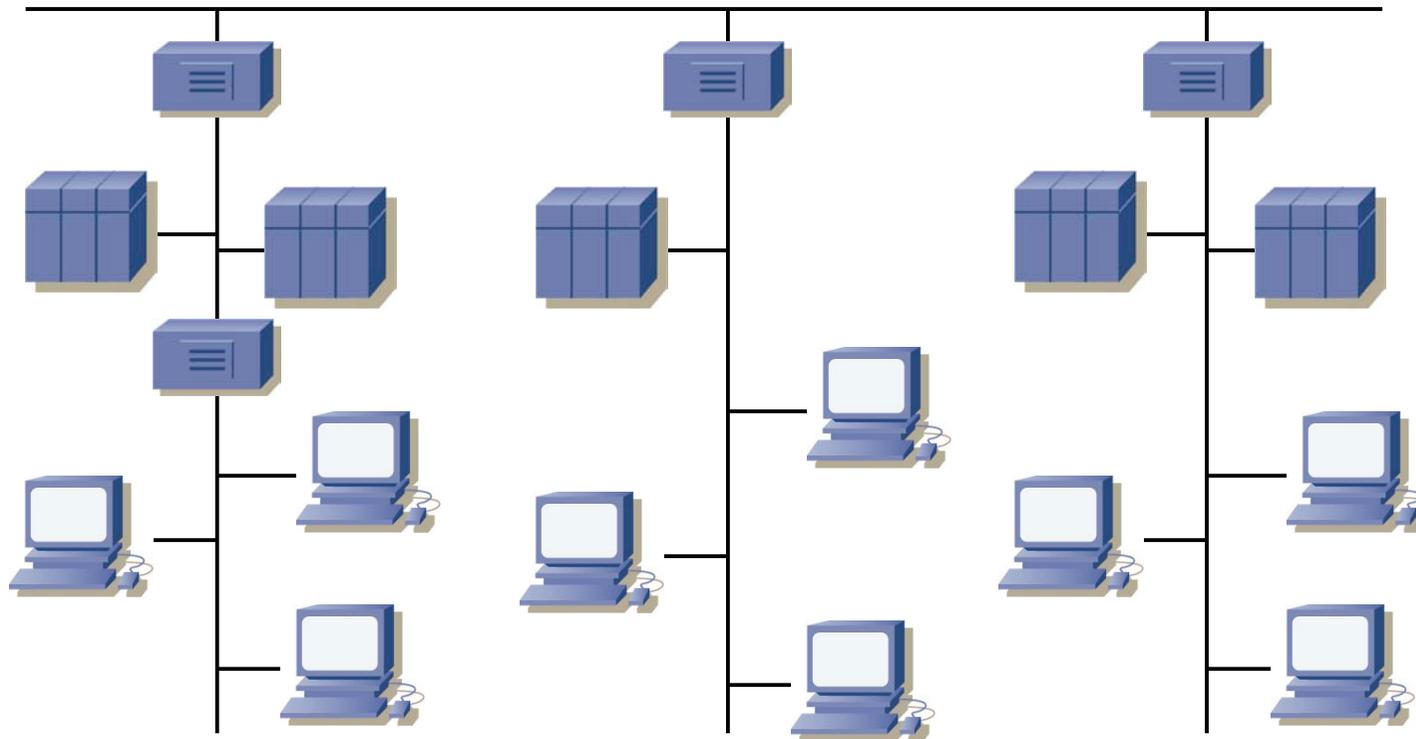
Switch



# Dominios de colisión y broadcast

## Antes

- 10Mbps en la LAN

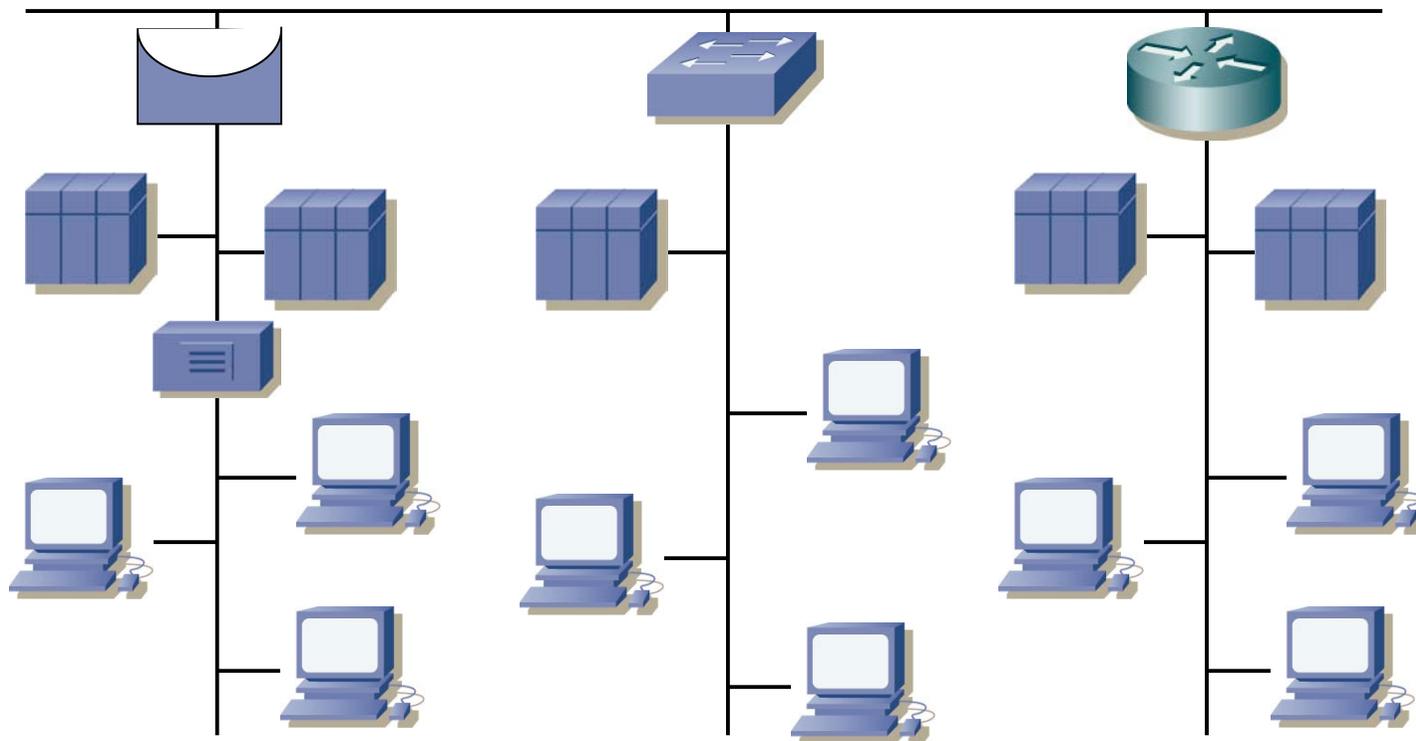




# Dominios de colisión y broadcast

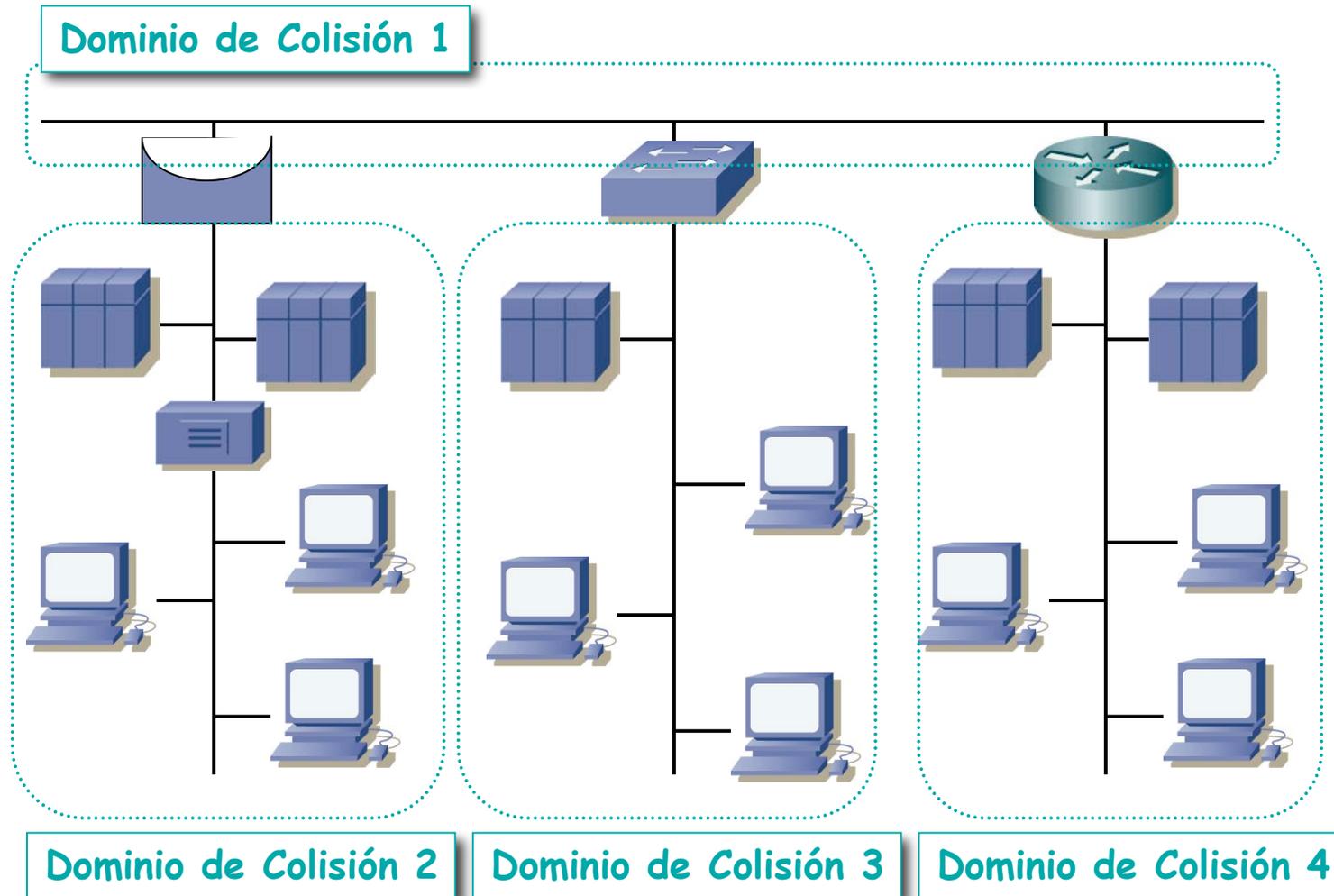
## Después

- 10Mbps por segmento (dominio de colisión)



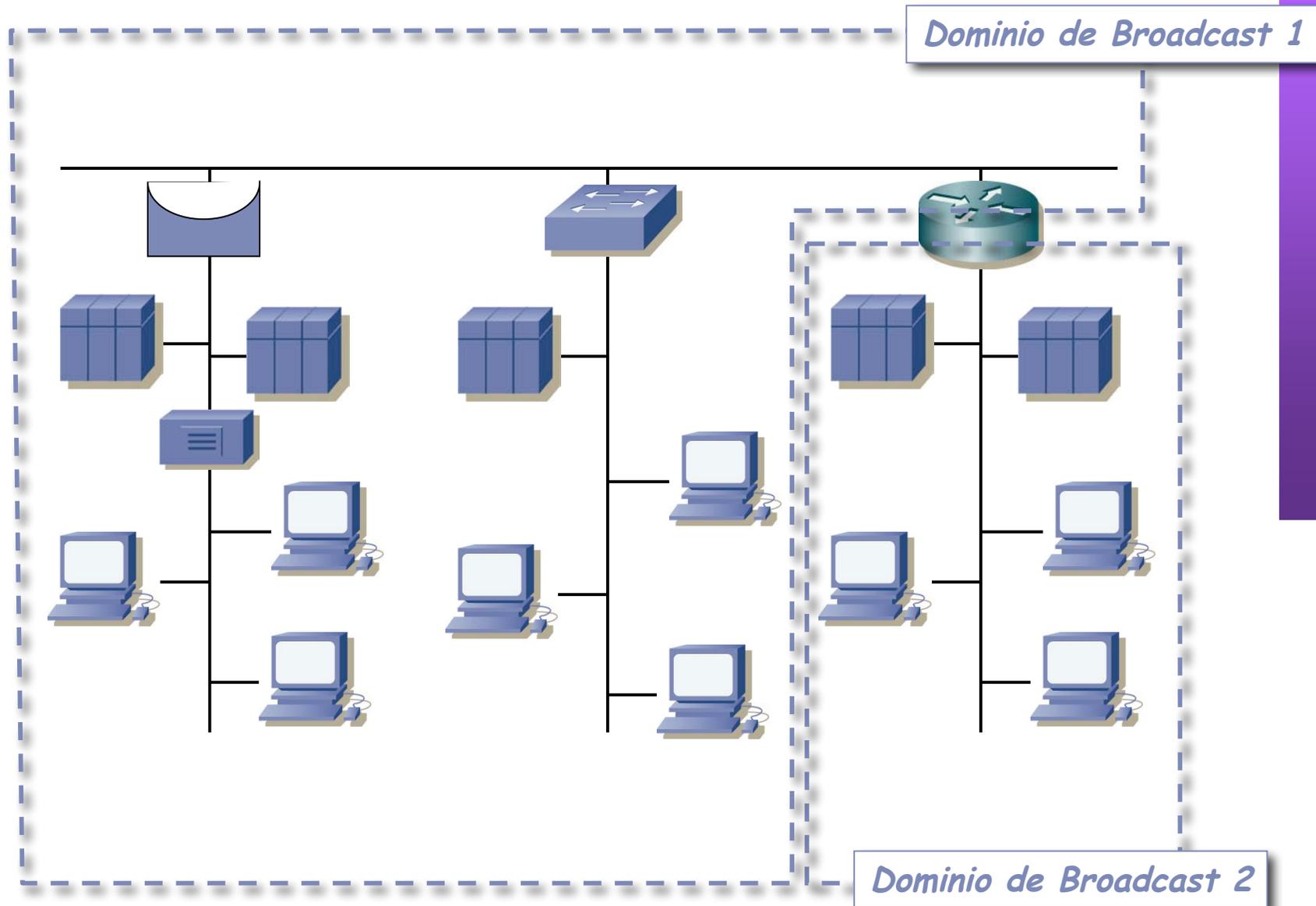


# Dominios de colisión y broadcast



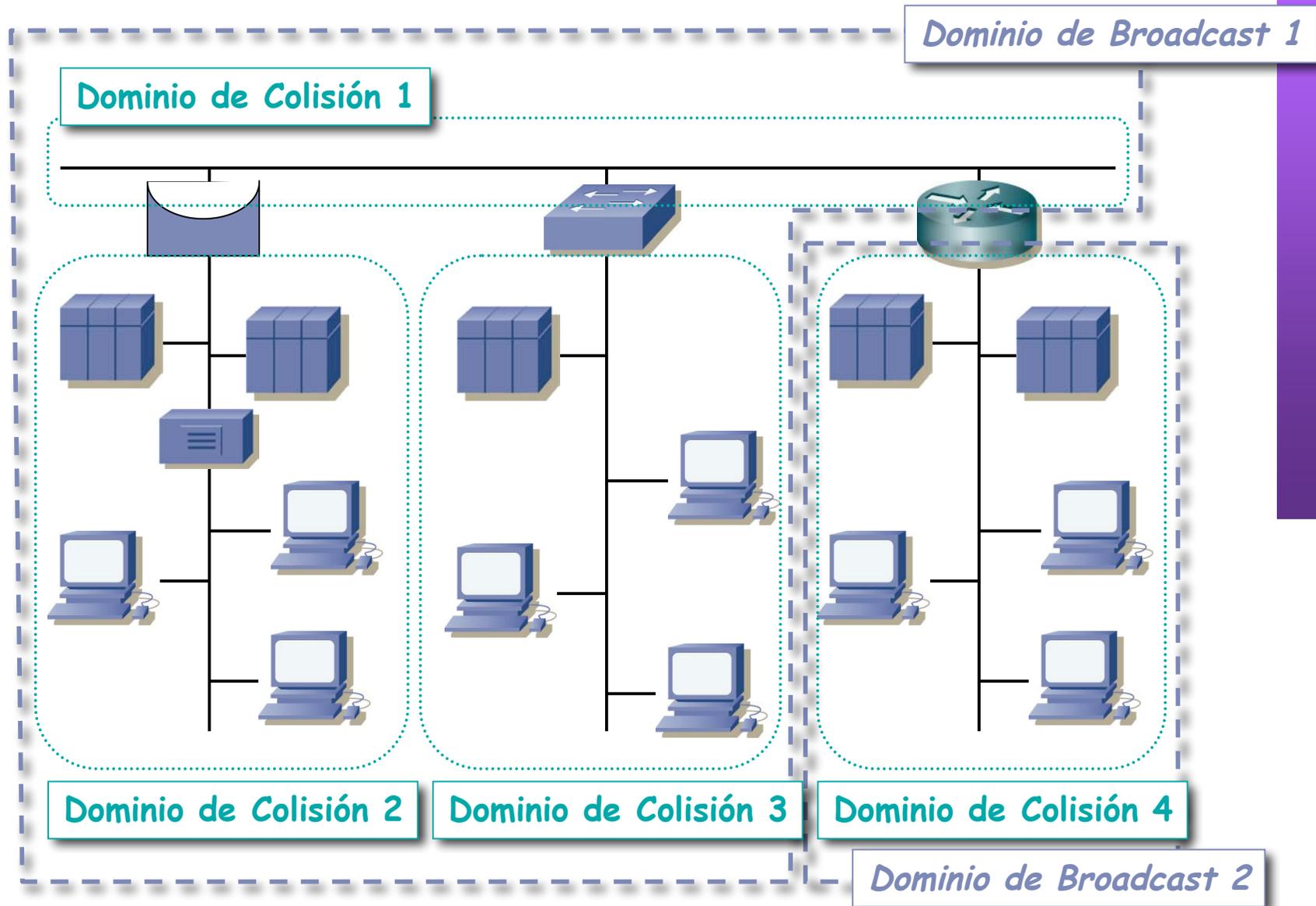


# Dominios de colisión y broadcast





# Dominios de colisión y broadcast





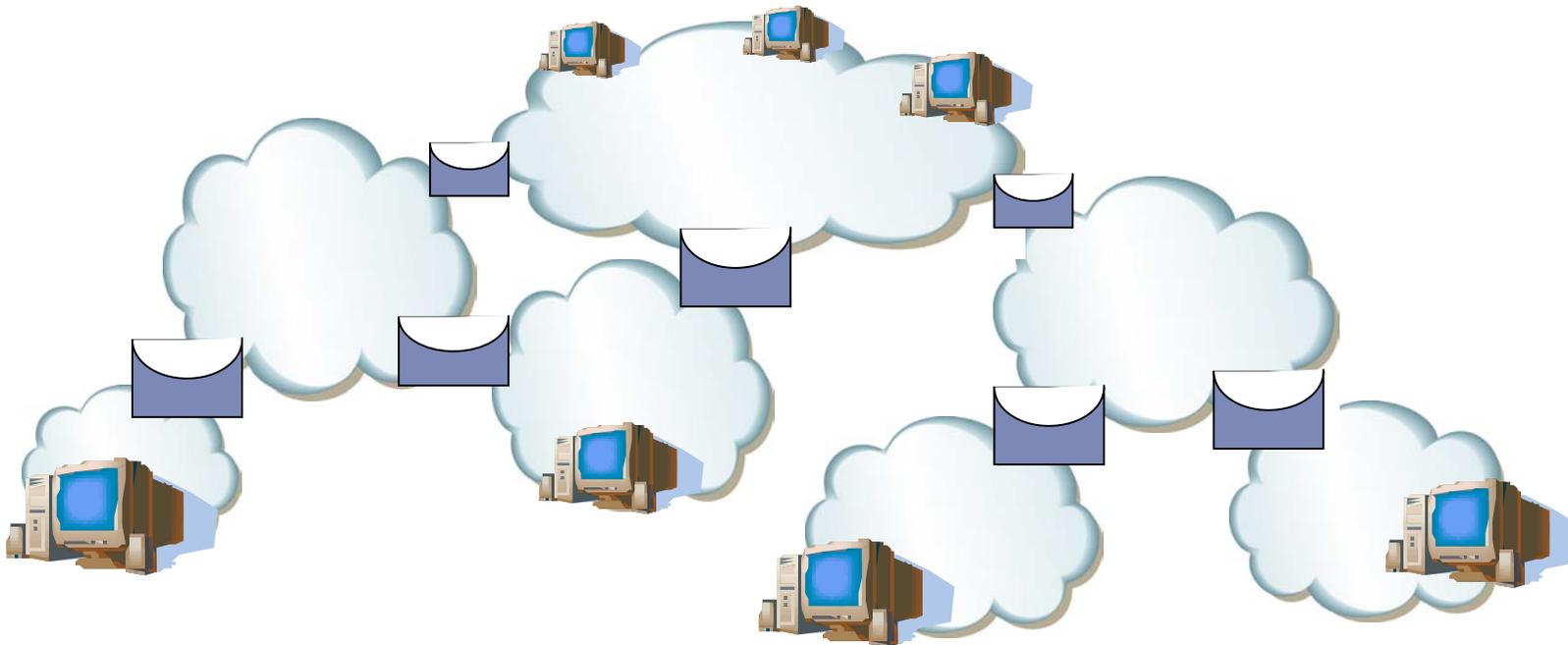
**ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Caminos alternativos



# Caminos alternativos

- Ofrecerían la posibilidad de:
  - Balanceo de carga
  - Reconfiguración ante fallos
- Requiere tomar decisiones de encaminamiento





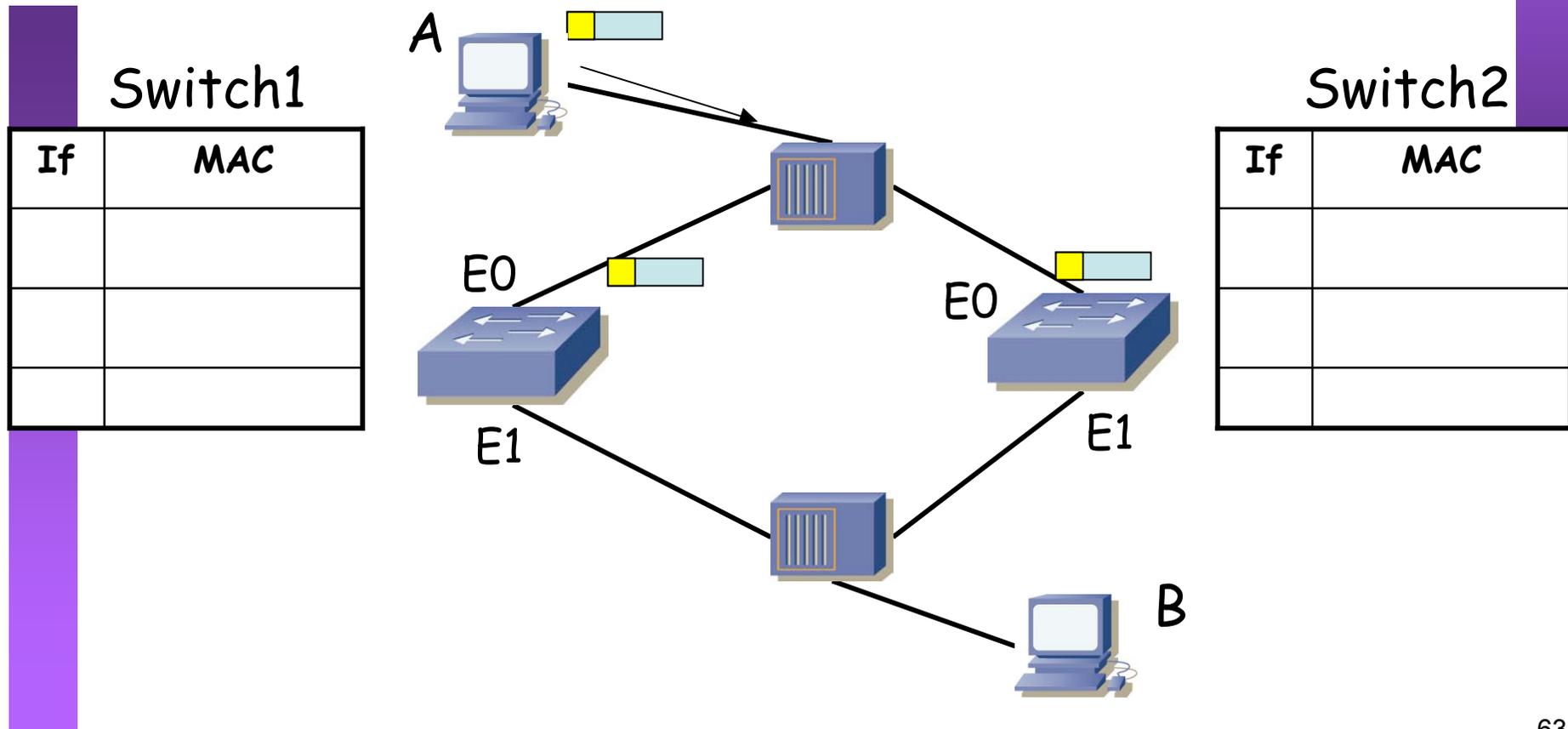
# Encaminamiento con puentes

- Encaminamiento fijo
  - Gestión centralizada
  - Para cada [origen-]destino el siguiente salto (tabla de encaminamiento)
- *Source Routing* (802.5)
  - *Token Ring*
  - La trama contiene la ruta de puentes a atravesar
  - Mecanismos de descubrimiento de ruta desde el origen
- *Spanning Tree* (802.1)
  - Puentes transparentes (aprender direcciones y reenviar)
  - STP para resolver bucles



# Caminos alternativos

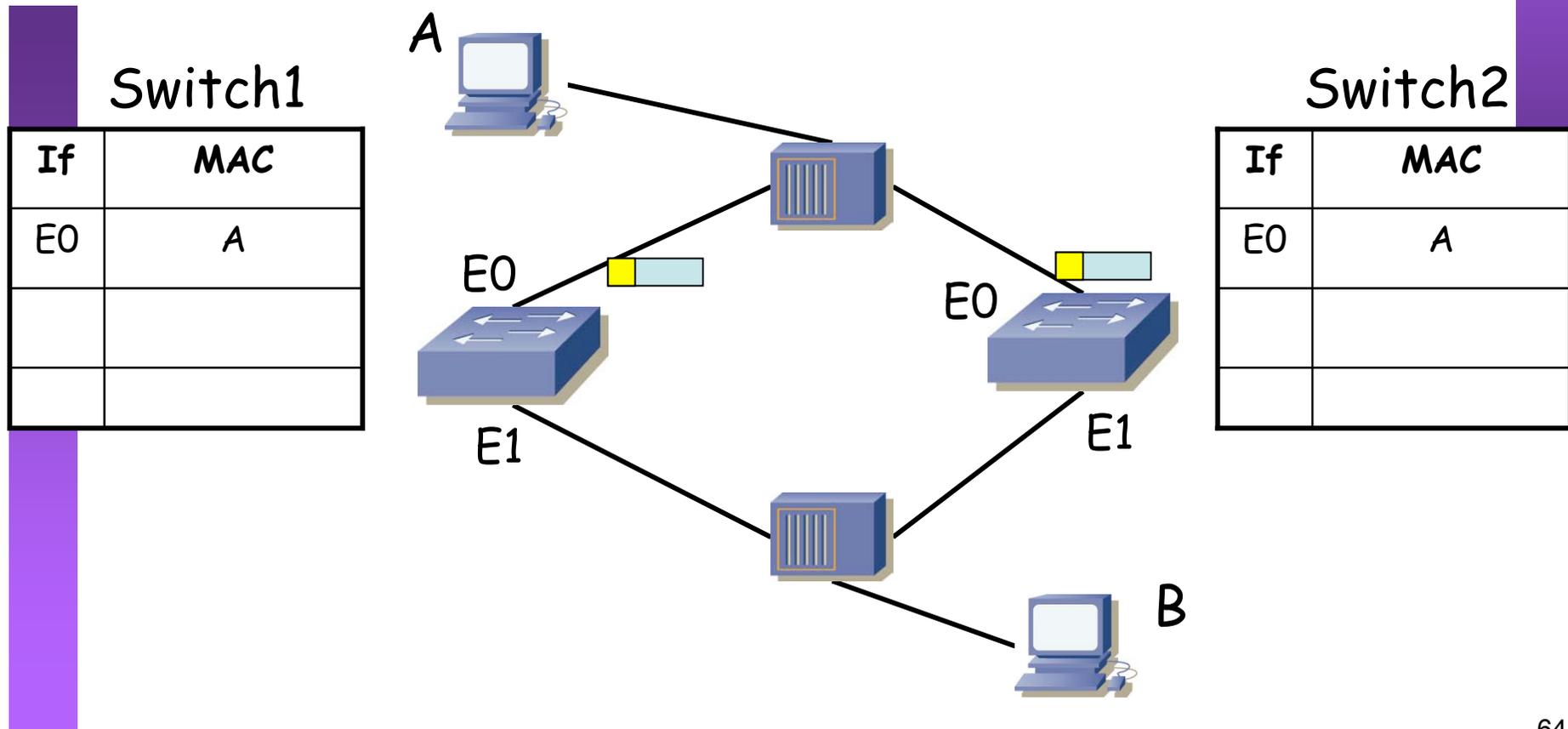
- El host A envía una trama al host B





# Caminos alternativos

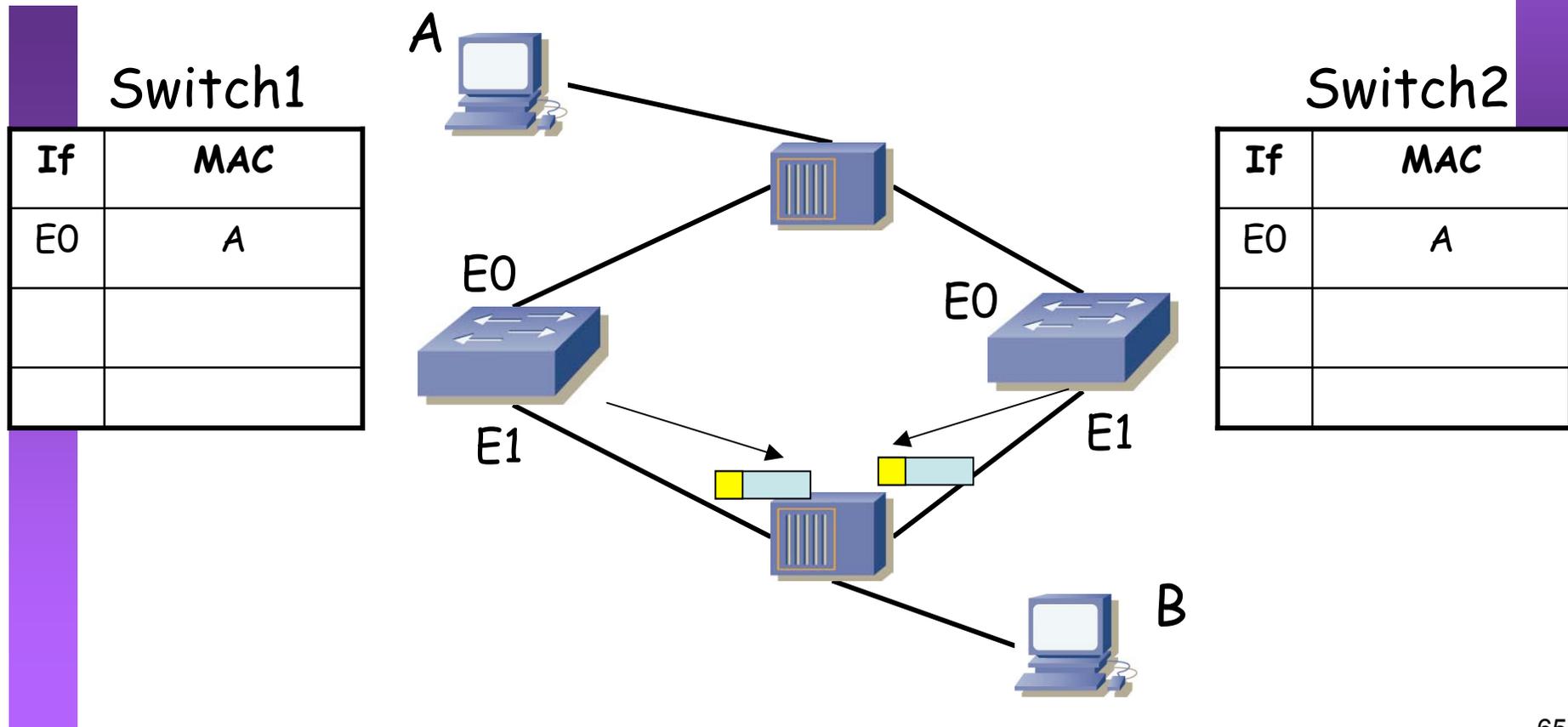
- Switch1 y Switch2 aprenden la localización del host A





# Caminos alternativos

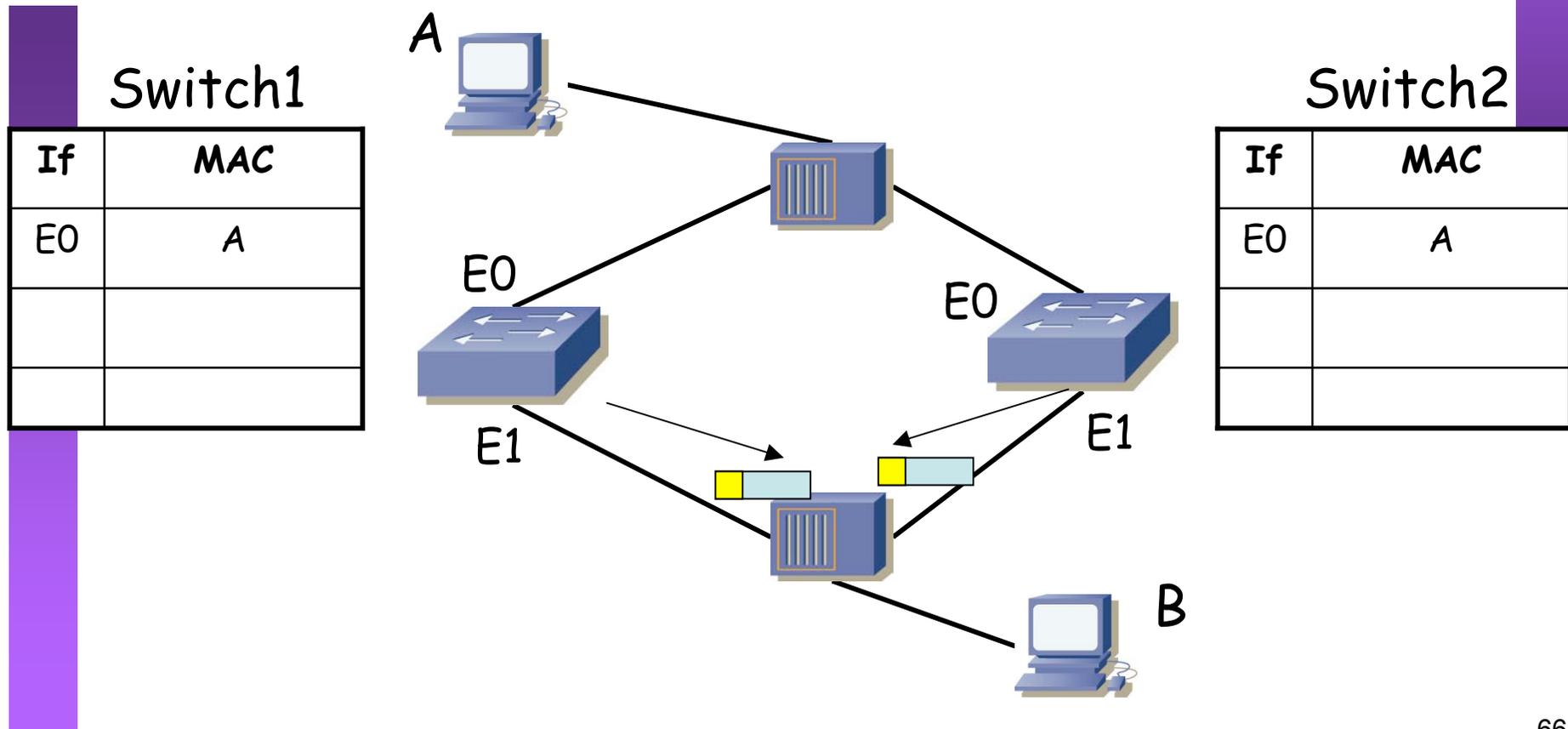
- Los conmutadores no conocen al destino
- Reenvían por todos los puertos menos por donde recibieron





# Caminos alternativos

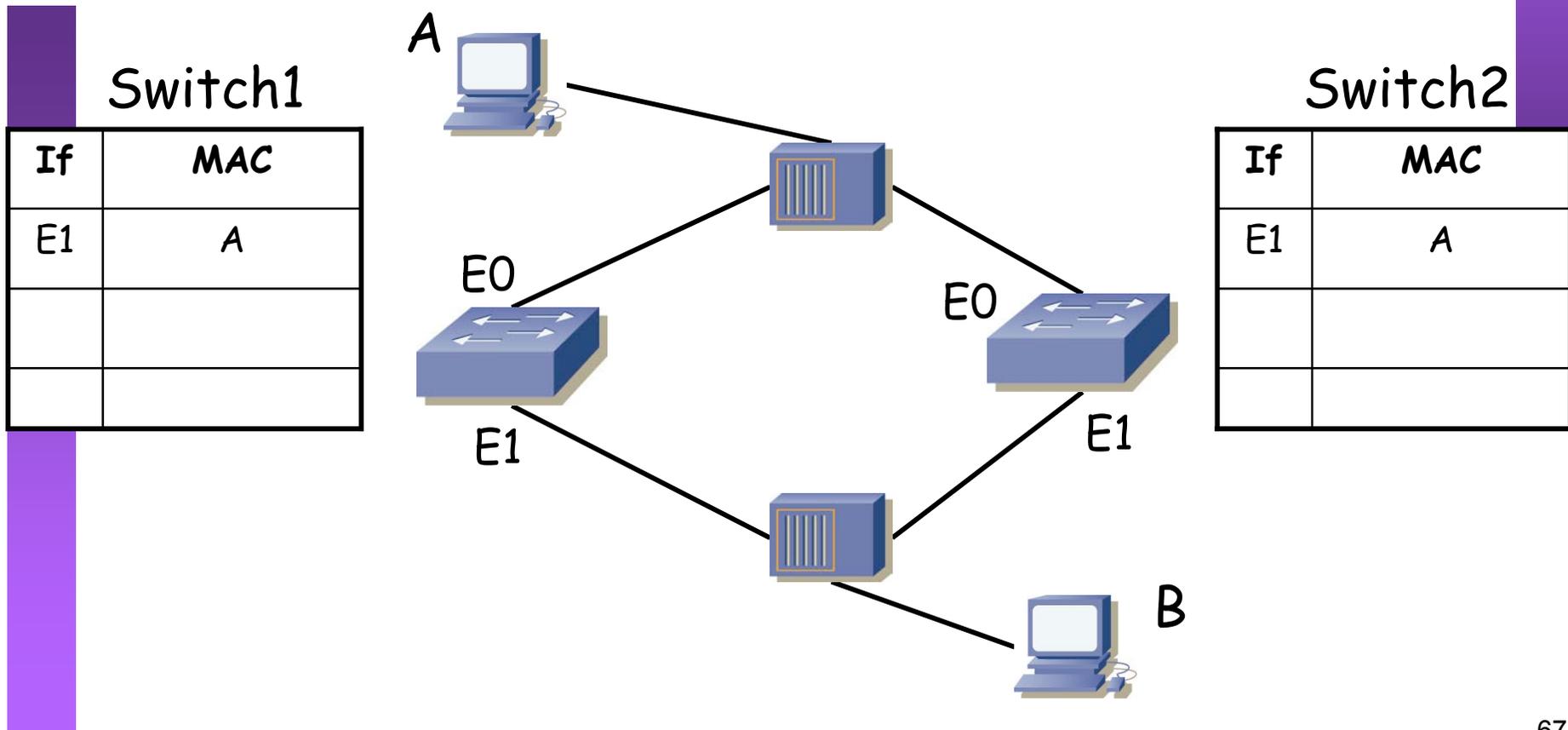
- Host B recibe la trama
- Switch2 recibe la trama que envió Switch1
- Switch1 recibe la trama que envió Switch2





# Caminos alternativos

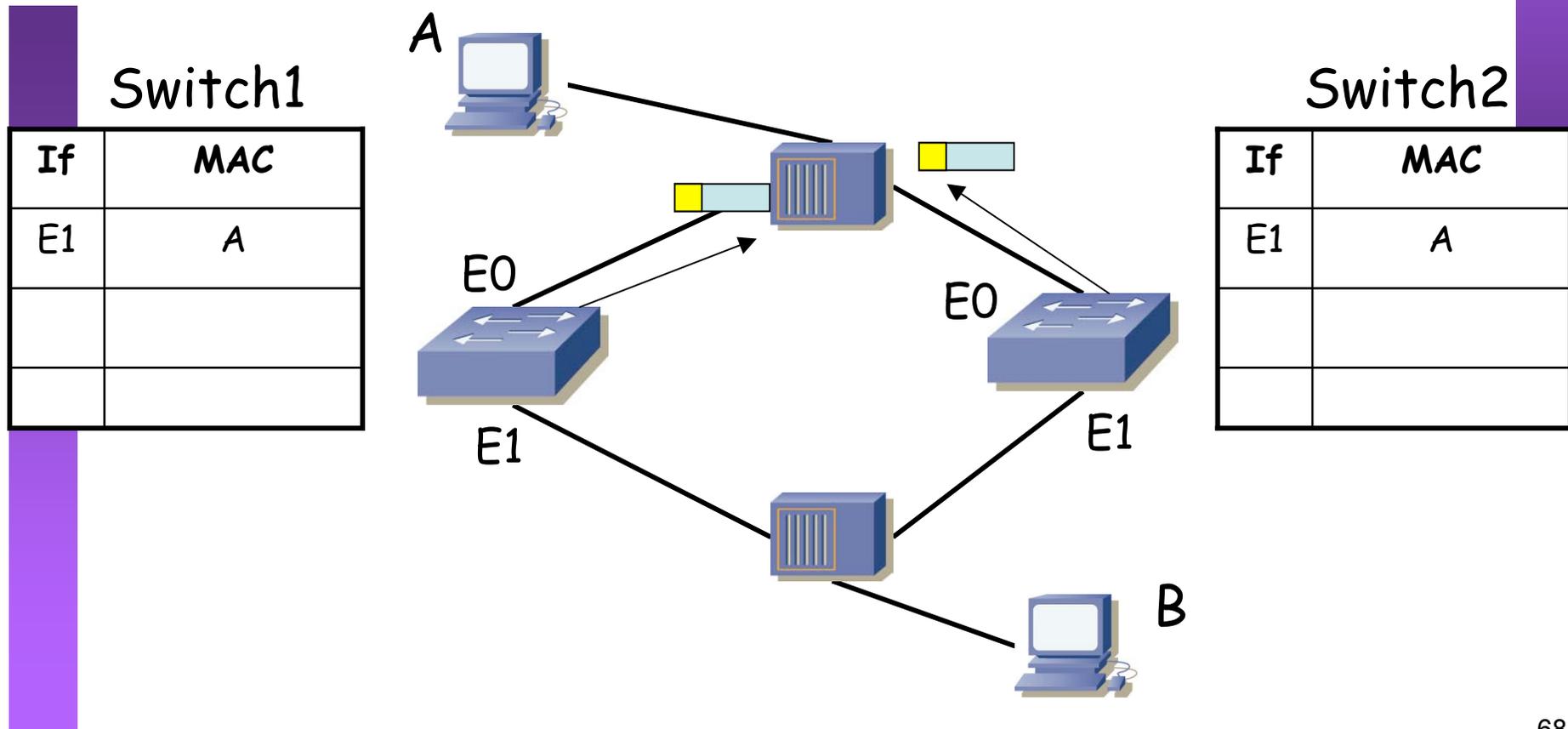
- Aprenden una nueva ubicación del host A





# Caminos alternativos

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



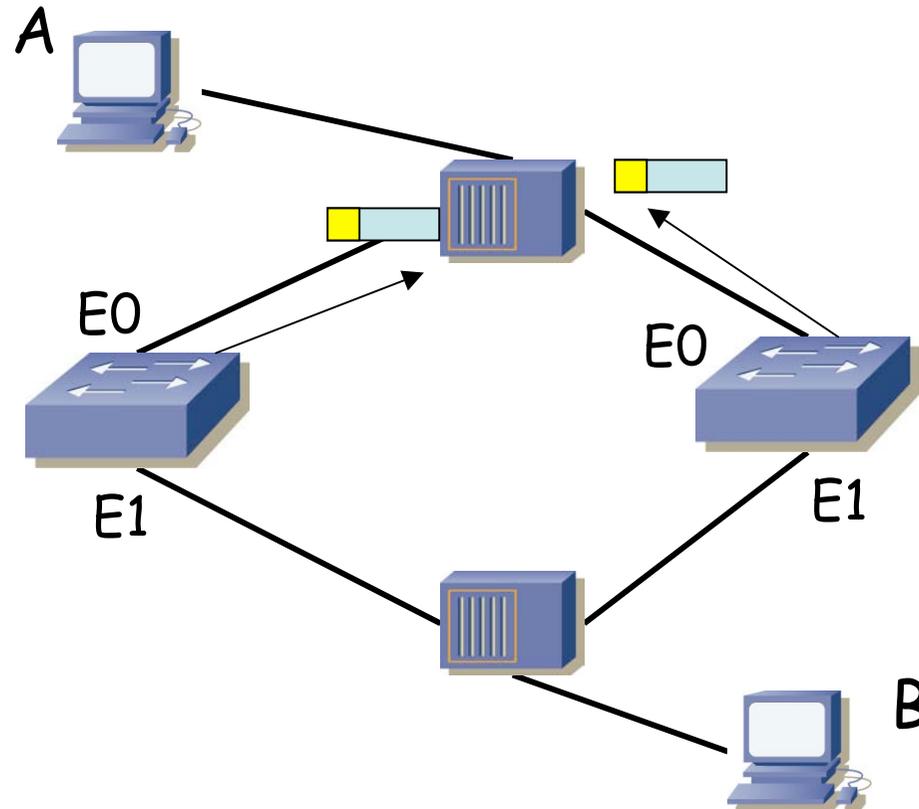


# Caminos alternativos

- Y se repite...

Switch1

If	MAC
E1	A



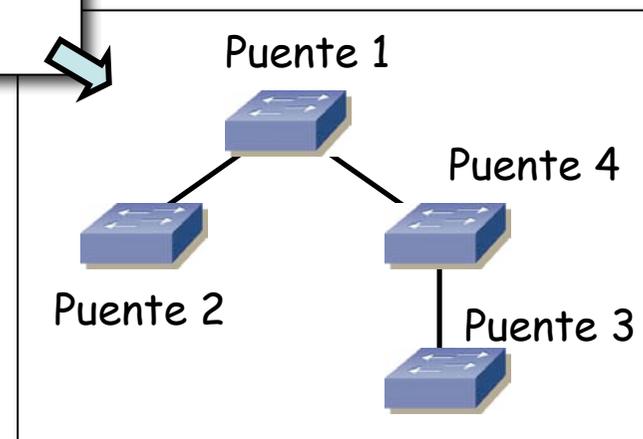
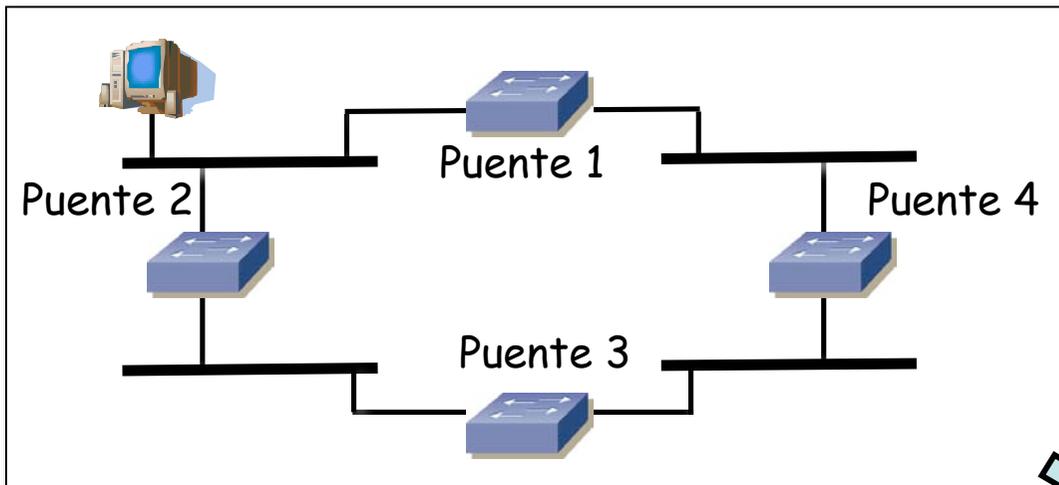
Switch2

If	MAC
E1	A



# 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)



# ¿ Qué entra en el examen ?

- General:
  - Arquitectura
  - Puentes de interconexión 802
  - *Learning Bridge* y *STP*
  - Dominios de colisión y de broadcast
- Ethernet
  - Tecnologías: bus, par trenzado, fibra
  - Ethernet y FastEthernet
  - Repetidores/*Hubs*
  - Puentes/*Switches*



# Próxima clase

## *Introducción histórica a Internet*

- Lecturas recomendadas:
  - <http://www.isoc.org/internet/history/>

## *Internetworking e IP*

- Lecturas recomendadas:
  - [Kurose05] 4.1, 4.2, 4.4.1