

DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

Área de Ingeniería Telemática

Grado en Ingeniería Informática
Cuarto curso. Primer Cuatrimestre.



Departamento de
Ingeniería Electrónica
y Comunicaciones
Universidad Zaragoza¹

Bloque 3. Construcción de redes mediante tecnologías de *Ethernet* conmutada

Repaso *Ethernet*.

Ethernet conmutada. Estructura de un conmutador.

Encaminamiento MAC. Conmutación MAC. *Multicast*. LAN Virtuales

Área de Ingeniería Telemática

Contenidos

- Repaso Ethernet. *Kurose, Capítulo 5.5, págs.: 450 - 460.*
- Ethernet conmutada. *Kurose, Capítulo 5.6, págs.: 460 - 470.*
- Estructura de un conmutador.
- Encaminamiento MAC. *Kurose, Capítulo 5.6, págs.: 460 - 470.*
- Comutación MAC. *Kurose, Capítulo 5.6, págs.: 460 - 470.*
- Multicast.
- LAN Virtuales *Kurose, Capítulo 5.6.5, págs.: 466 - 470.*
- SDN (Software Defined Network)

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802

Generalidades

- Los diferentes estándares **difieren** en la capa física y en la subcapa MAC
- Los diferentes estándares **son compatibles** en la capa de enlace de datos
- Adoptados como estándares nacionales (ANSI)
- Adoptados como estándares internacionales (ISO)

<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>

Estándar IEEE 802

Generalidades

- Los diferentes estándares **difieren** en la capa física y en la subcapa MAC
- Los diferentes estándares **son compatibles** en la capa de enlace de datos
- Adoptados como estándares nacionales (ANSI)
- Adoptados como estándares internacionales (ISO)



Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802

Generalidades

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs (WiFi)
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number; nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth, Zigbee)
802.16 *	Broadband wireless (WiMAX)
802.17	Resilient packet ring
802.18	Technical advisory group on radio regulatory issues
802.19	Technical advisory group on coexistence of all these standards
802.20	Mobile broadband wireless (similar to 802.16e)
802.21	Media independent handoff (for roaming over technologies)
802.22	Wireless regional area network

La tabla pertenece al libro “Computer Networks”, 5th Edition, A.S. Tanenbaum. Ed. Pearson - Prentice-Hall.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802

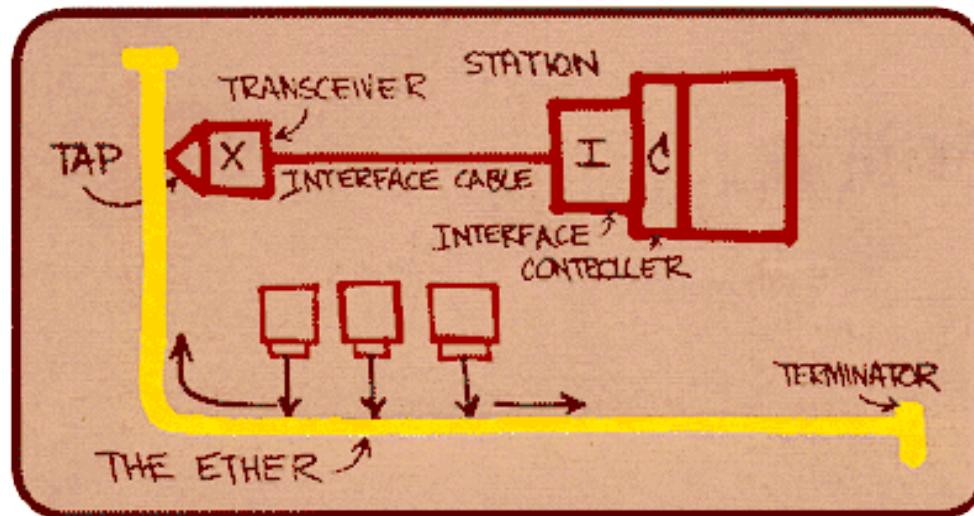
Generalidades

- 802.1 → Introducción y primitivas
 - 802.2 → Parte superior capa de enlace de datos (LLC)
 - 802.3
 - 802.11
 - 802.15
 - 802.16
- Capa física
- Protocolo subcapa MAC

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Introducción



Metcalfe's Ethernet sketch

La figura pertenece al libro “Computer Networking: A Top Down Approach”, 6th edition , Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2012.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Introducción

- Es la tecnología predominante para LAN cableadas:
 - primera LAN de alta velocidad ampliamente implantada
 - más sencilla y económica que *Token Ring* y ATM
 - velocidades han ido aumentando 10 Mbps – 10 Gbps
 - precio de un *NIC Ethernet* < 20 €

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Introducción

- Es para una **LAN CSMA/CD persistente –1**
- Basado en una Ethernet a 10 Mbps, diseñada por Xerox, DEC e Intel
- Velocidades de 1 a 10 Mbps en varios medios
- Estándar inicial parámetros para banda base y 50Ω .

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Especificaciones 802.3 a 10 Mbps (Ethernet)

- Notación concisa de las diferentes implementaciones.

<velocidad de tx en Mbps><método de señalización><longitud máxima del segmento en centenas de metros>

- Ejemplos
 - **10BASE5**
 - **10BASE2**
 - **10BASE-T***
 - **10BASE-F***

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Especificación del medio 10BASET

- Cable par trenzado no apantallado (0.4 – 0.6 mm ø)
- Topología en estrella (punto central → repetidor multipuerto= *HUB*)
- La conexión entre estaciones y *HUB* es un enlace punto a punto
- Longitud máxima de un enlace limitada a 100 m
- Señalización digital Manchester

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Especificación del medio 10BASE-F

- Fibra óptica (62.5/125 – 0.6 μm Ø)
- Topología en estrella
- Requiere un par de fibras para cada enlace (una para cada sentido)
- Señalización digital Manchester
 - Requiere transformación electro-óptica
 - Luz → 1
 - Ausencia de luz → 0

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

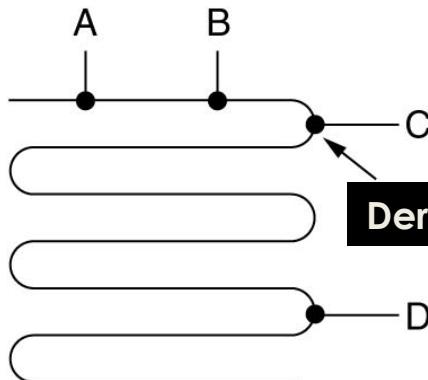
Especificación del medio 10BASE-F

- El estándar contiene 3 especificaciones:
 - **10-BASE-FP** (pasiva)
 - Topología en estrella pasiva
 - Máximo 33 estaciones
 - 1 Km. por segmento como máximo
 - **10-BASE-FL** (enlace)
 - Enlace punto a punto
 - 2 Km. por segmento como máximo
 - **10-BASE-FB** (troncal)
 - Enlace punto a punto
 - 2 Km. por segmento como máximo
 - Transmisión síncrona → podemos apilar hasta 15

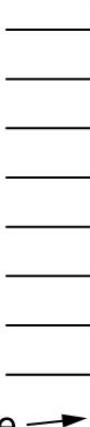
Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

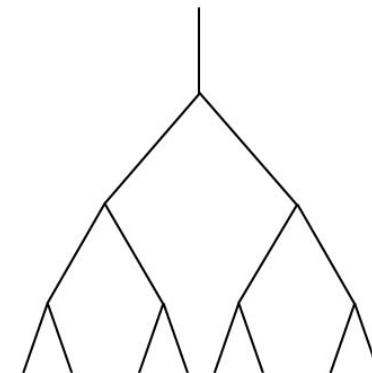
Topologías Ethernet



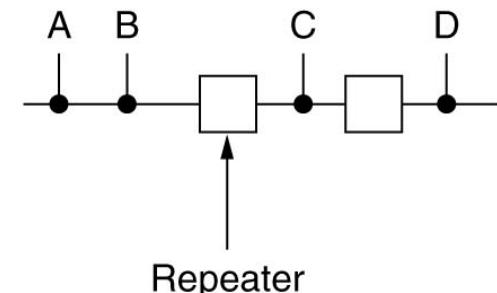
(a)



(b)



(c)



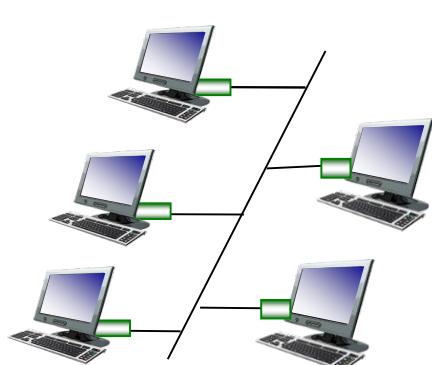
(d)

La figura pertenece al libro "Computer Networks", 4th Edition, A.S. Tanenbaum. Ed. Pearson - Prentice-Hall.

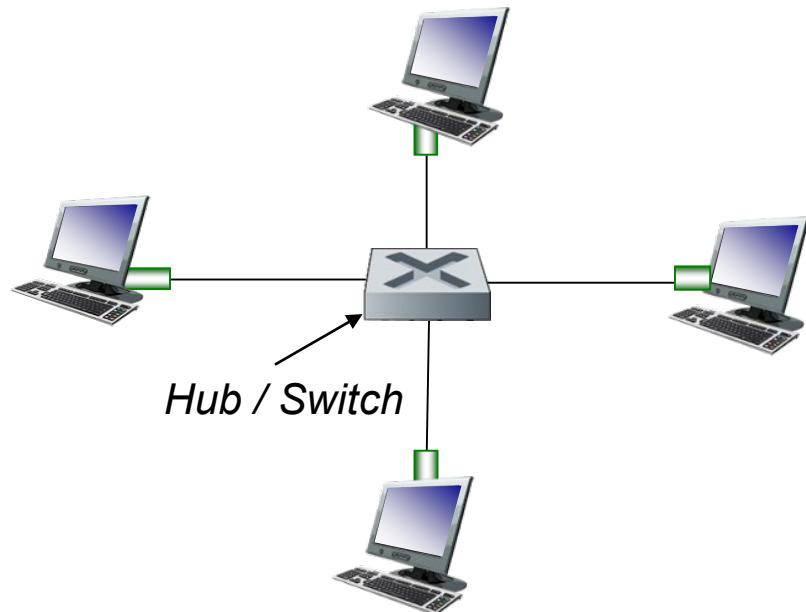
Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Topologías Ethernet



bus: cable coaxial



estrella

La figura pertenece al libro “Computer Networking: A Top Down Approach”, 6th edition , Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2012.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Topologías Ethernet

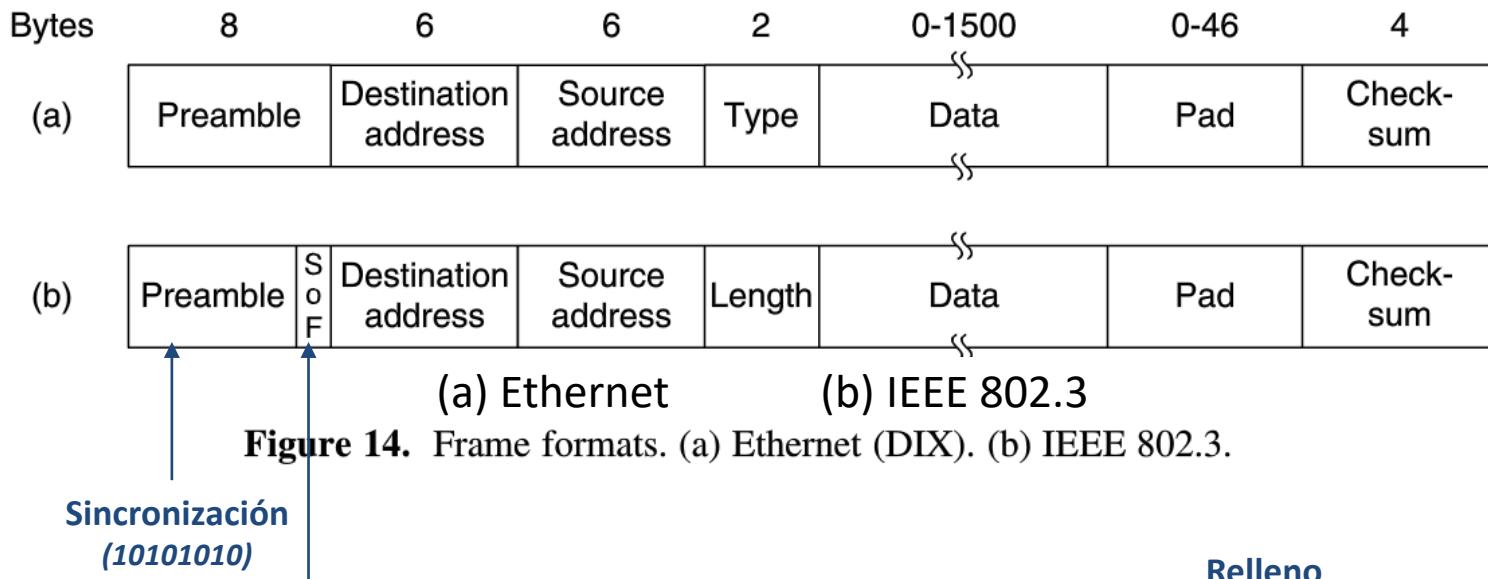
- **bus:** la más extendida hasta mediados de los 90
 - todos los nodos comparten dominio de colisión (LAN de difusión)
- **estrella:** la más extendida hoy en día
 - tiene un commutador (**switch**) en el centro
 - ya no es una LAN de difusión

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Protocolo de subcapa MAC

Formato de trama



Diseño y Administración de Redes

Bloque 3. Construcción de redes mediante tecnologías de *Ethernet* commutada.



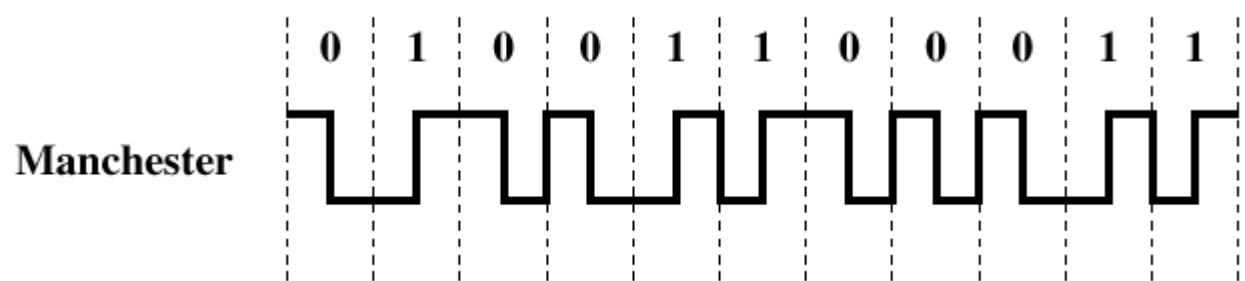
Departamento de
Ingeniería Electrónica
y Comunicaciones
Universidad Zaragoza

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Codificación Manchester

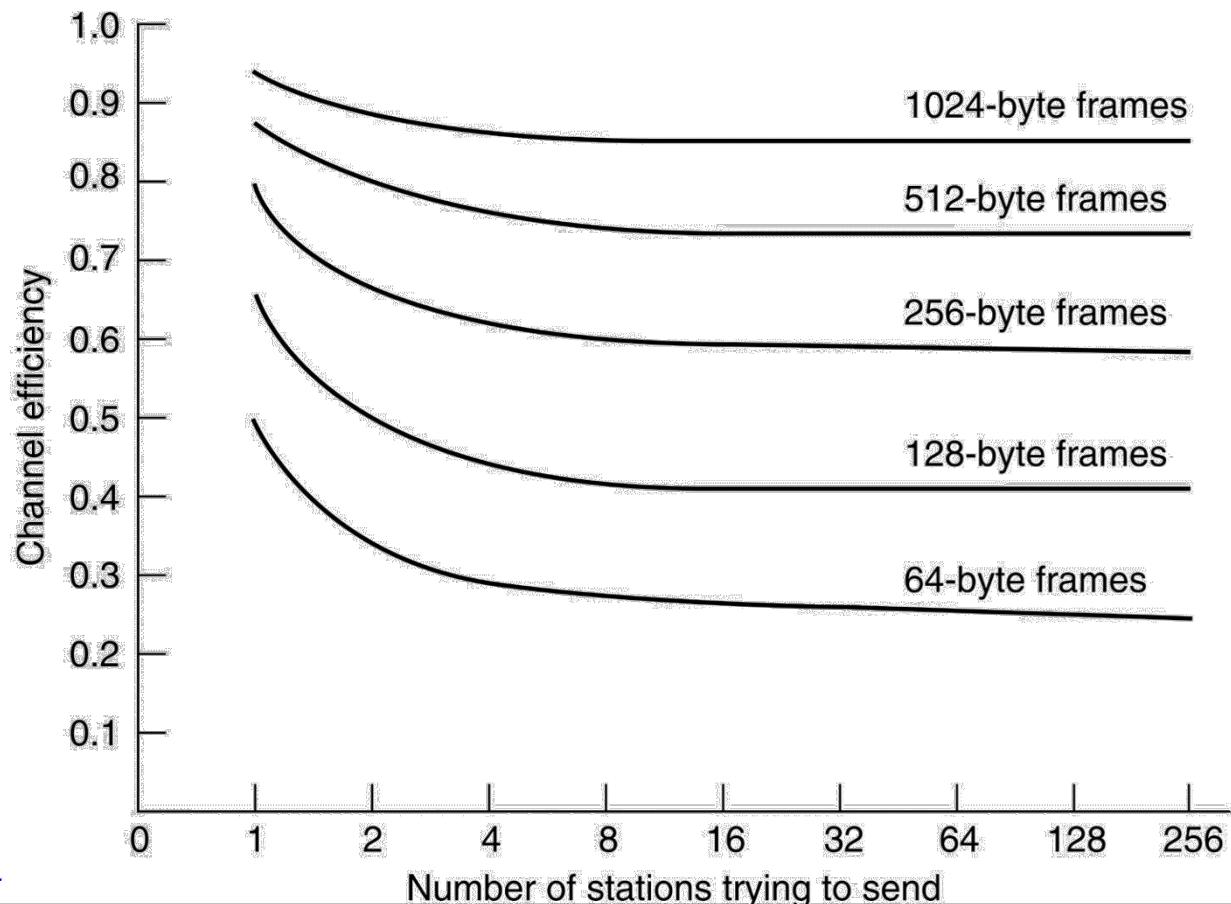
- Transición mitad del bit
- Codificación diferencial
 - 0 alto-bajo (+0.85 V. , -0.85 V.)
 - 1 bajo-alto (-0.85 V. , +0.85 V.)
- Sincronización
- Requiere doble BW que codificación binaria
- Detección de errores
- Uso en sistemas de comunicación



Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

Eficiencia con ranuras de 512 bits



La figura pertenece al libro "Computer Networks", 4th Edition, A.S. Tanenbaum. Ed. Pearson - Prentice-Hall.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3

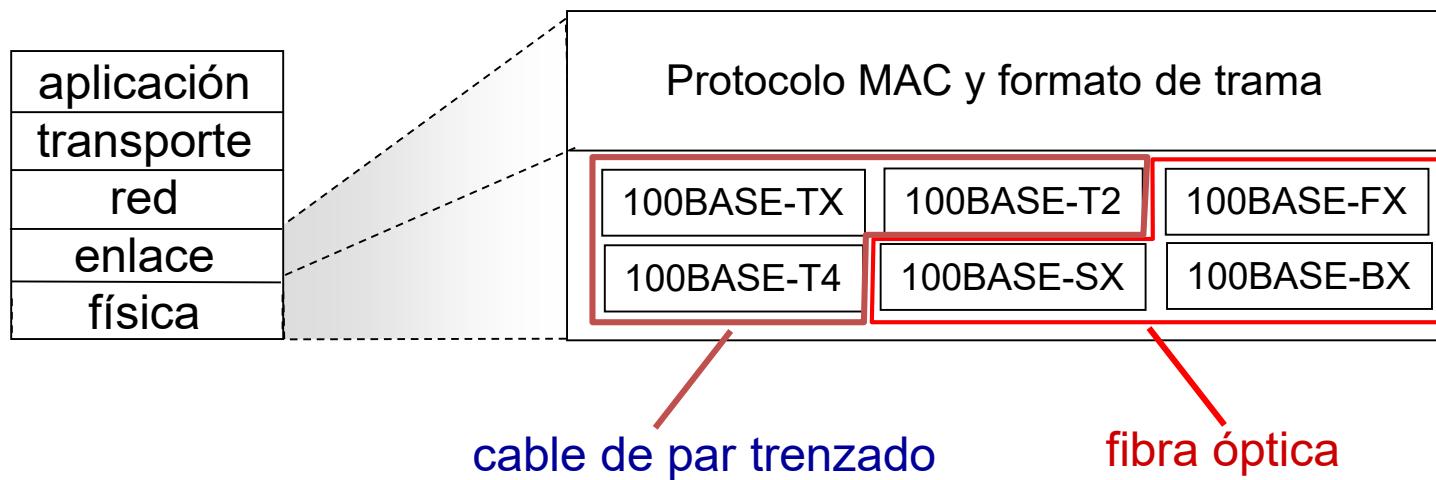
Tecnologías Ethernet

- Existen diversas especificaciones
- Suelen compartir el protocolo de acceso al medio y el formato de trama
- Difieren en la velocidad: 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps.
- Difieren en el medio de transmisión utilizado: cable de par trenzado, fibra.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet



Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet

- Las especificaciones de Fast Ethernet (jun'95) proporcionan una LAN:

- De bajo coste
- Compatible con Ethernet
- Velocidad de 100 Mbps
- Reducir el tiempo de bits de 100 a 10 ns
- Su designación genérica es

100BASE-T o 100BASE-F

- Usan el formato MAC y el formato de trama IEEE 802.3

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet

- **100BASE-X**
 - Emplean dos enlaces físicos entre nodos: uno transmite y otro recibe.
 - **100BASE-TX** usa cables UTP o STP cat. 5 y esquema de señalización MLT-3
 - **100BASE-FX** usa Fibra Óptica y modulación en intensidad.
 - Codificación 4B/5B

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet

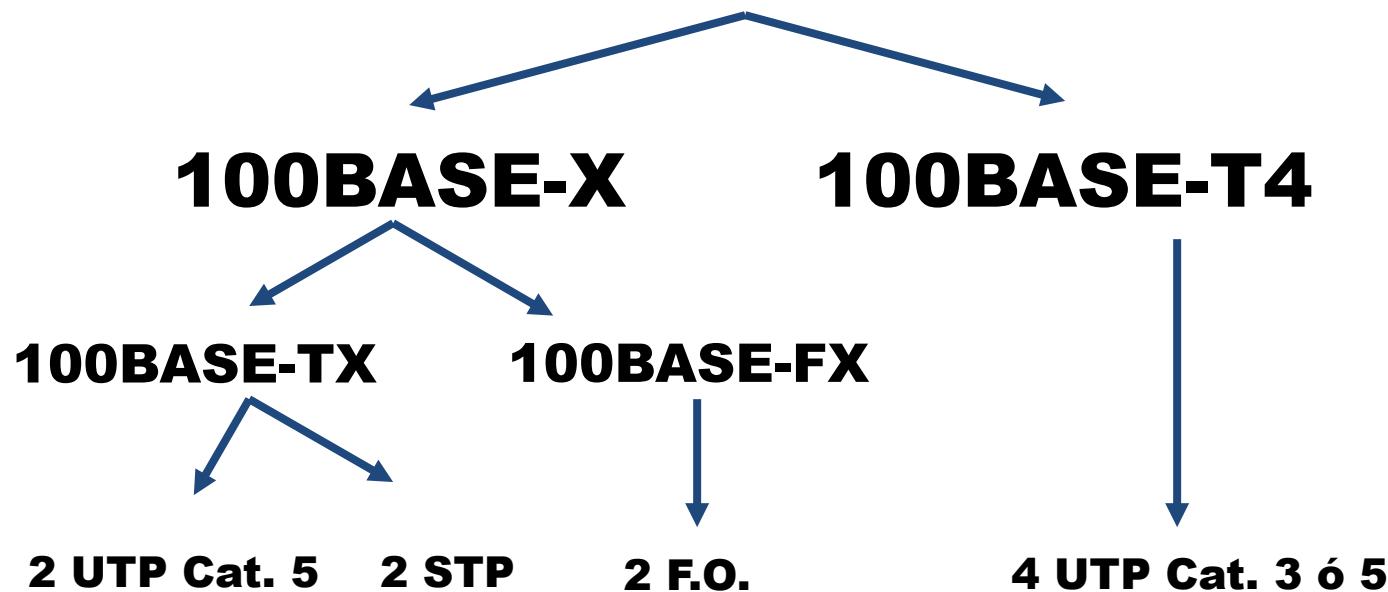
- **100BASE-T4**
 - Las opciones 100BASE-X suelen requerir un nuevo cableado
 - 100BASE-T4 alternativa más económica
 - Uso de 4 líneas de par trenzado entre los nodos
 - Una siempre sale del concentrador
 - Otra siempre entra en el concentrador
 - Las otras dos son intercambiables a la dirección de transmisión en cada momento
 - Usa cable de cat. 3 de baja calidad (también permite el uso de cat. 5)
 - Usa codificación ternaria 8B6T

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet

IEEE 802.3 (100 Mbps)



Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3u

Fast Ethernet

Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia máxima	Topología
100BaseTX	100Mbps	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (<i>hub</i>) y Full Duplex (<i>switch</i>)
100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica	2000 m	No permite el uso de <i>hub</i>
100BaseT	100Mbps	4 pares trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (<i>switch</i>)
100BaseSX	100Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (<i>switch</i>)
100BaseBX	100Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (<i>switch</i>)

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3z

Gigabit Ethernet

- Aprobado en 1998
- Muy similar a *Fast Ethernet*
- Mismo protocolo
- Mismo formato
- Compatible con 100Base-T y 10Base-T
- Configuraciones punto a punto
- Demanda debida al uso de 100Base-T en organizaciones → aumento tráfico *backbones*
- *Codificación 8B/10B*

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3z

Gigabit Ethernet

- Radio de red 200 m
- Capa de acceso al medio → Dos mejoras respecto a CSMA/CD básico:
 - **Extensión de portadora**
 - Aumentar la duración mínima de la trama a 4.096 bits
 - Conseguimos que el tiempo $t_{TX} > t_{\text{propagación}}$
 - **Ráfagas de tramas**
 - Transmitir de forma consecutiva varias tramas cortas sin dejar control de canal
 - Evitan redundancia producida por extensión de portadora

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3z

Gigabit Ethernet

- **1000BASE-SX**
 - Longitudes de onda pequeñas
 - Enlaces duplex con fibras multimodo de hasta
 - 275 m (62,5 μm) / 550 m (50 μm)
- **1000BASE-LX**
 - Longitudes de onda mayores que anterior
 - Enlaces duplex con fibras
 - Multimodo → 550 m (62,5 μm o 50 μm)
 - Monomodo → 5 Km (10 μm)
- **1000BASE-CX**
 - 25 m. con latiguillos de cobre con blindaje especial
 - Cada enlace 2 STP (uno para cada sentido)
- **1000BASE-T**
 - Hasta 100 m. Utilizando 4 UTP

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3ae

10Gigabit Ethernet

- Aprobado en 2002
- Funcionamiento a 10 Gbps
- **10GBASE-SR ("Short Range")**
 - Diseñada para soportar distancias cortas sobre cableado de fibra óptica multi-modo, soporta una distancia entre 26 y 82 m dependiendo del tipo de cable . También soporta una distancia de 300 m sobre una nueva fibra óptica multi-modo (usando longitud de onda de 850nm).
- **10GBASE-CX4**
 - Interfaz de cobre que usa cables *InfiniBand CX4* y conectores InfiniBand 4x para aplicaciones de corto alcance (máximo 15 m) (tal como conectar un *switch* a un *router*). Es el interfaz de menor coste pero también el de menor alcance.

Repaso Ethernet

Estándar IEEE 802.3ae

10Gigabit Ethernet

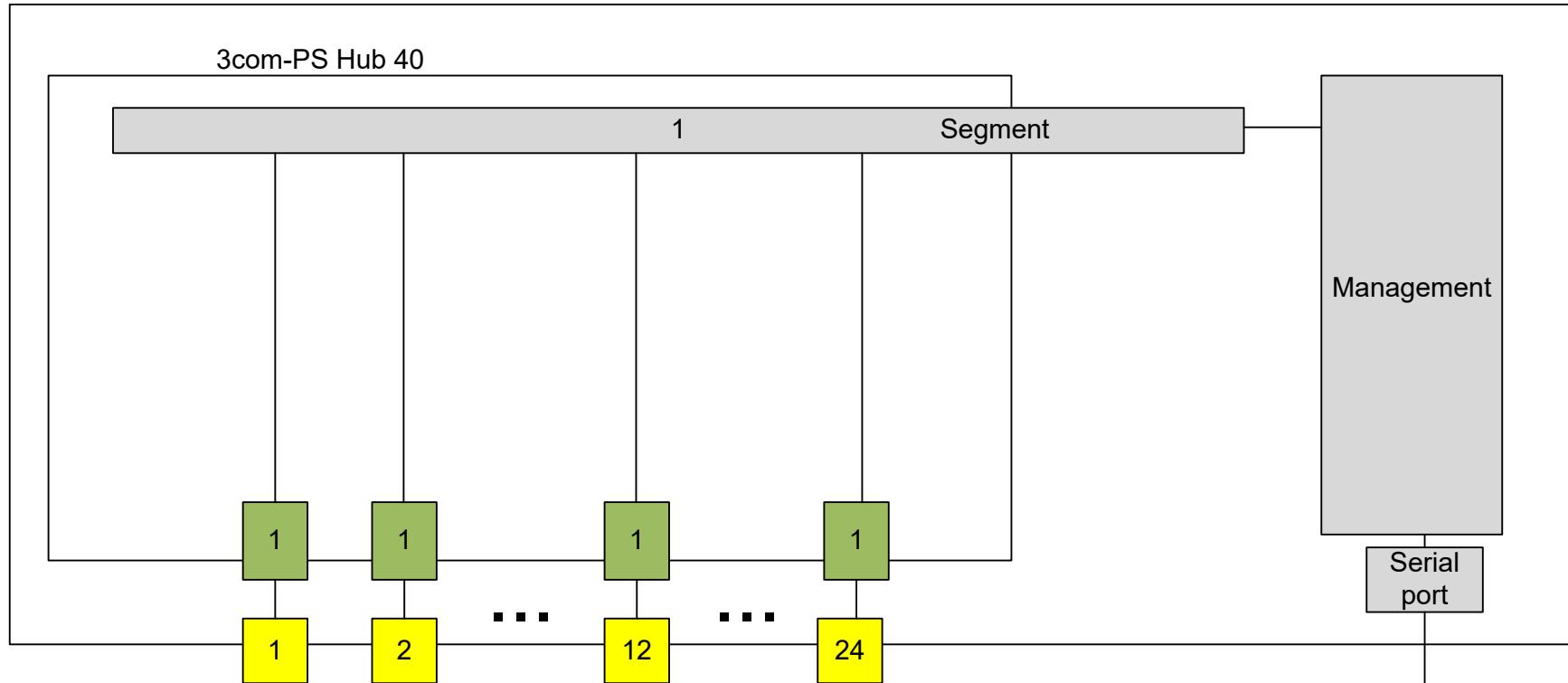
- **10GBASE-LX4**
 - Usa multiplexión por división de longitud de onda para distancias entre 240 m y 300 m sobre fibra óptica multi-modo. También soporta hasta 10 km sobre fibra mono-modo. Usa longitudes de onda alrededor de los 1310 nm.
- **10GBASE-LR ("Long Range")**
 - Este estándar soporta distancias de hasta 10 km sobre fibra mono-modo (usando 1310nm).
- **10GBASE-ER ("Extended Range")**
 - Este estándar soporta distancias de hasta 40 km sobre fibra mono-modo (usando 1550nm). Recientemente varios fabricantes han introducido interfaces enchufables de hasta 80-km.
- **Y otras...**
 - Ver <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>.

Ethernet conmutada

- *Hub Ethernet*
 - Varios puertos son un mismo dominio de colisión (mas colisiones).
 - Transmisión / Recepción no simultánea en puertos distintos.
 - Puertos no pueden trabajar con distintas velocidades.
 - El ancho de banda de cada puerto no está dedicado a la comunicación con cada terminal:
 - CSMA/CD habilitado en puertos → Comunicación *half-dúplex* entre *hub* y terminales.
 - Puertos trabajan únicamente en modo *half*.
 - Las estaciones pueden capturar tráfico de su mismo dominio de colisión.
 - Si el *hub* es segmentable, es que existen varios dominios de colisión.

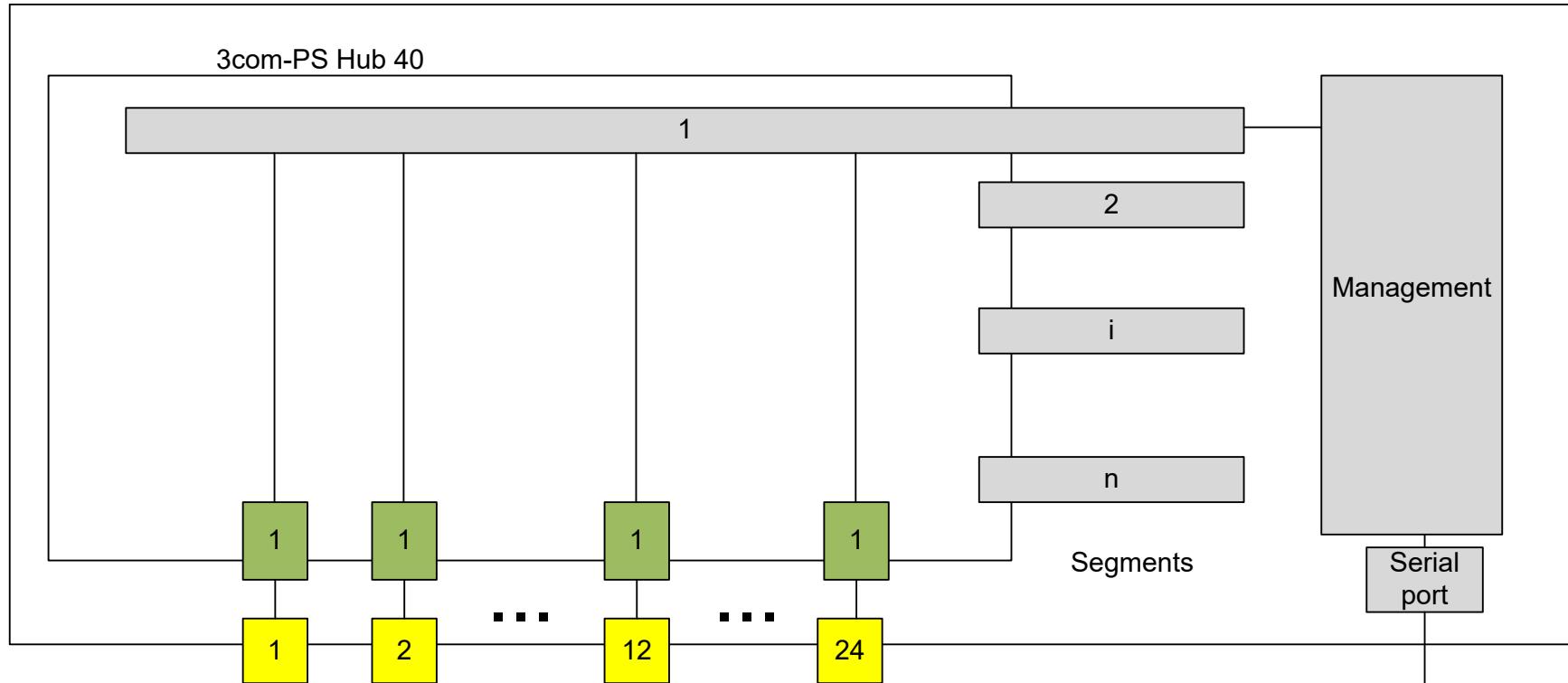
Ethernet conmutada

- *Hub Ethernet*



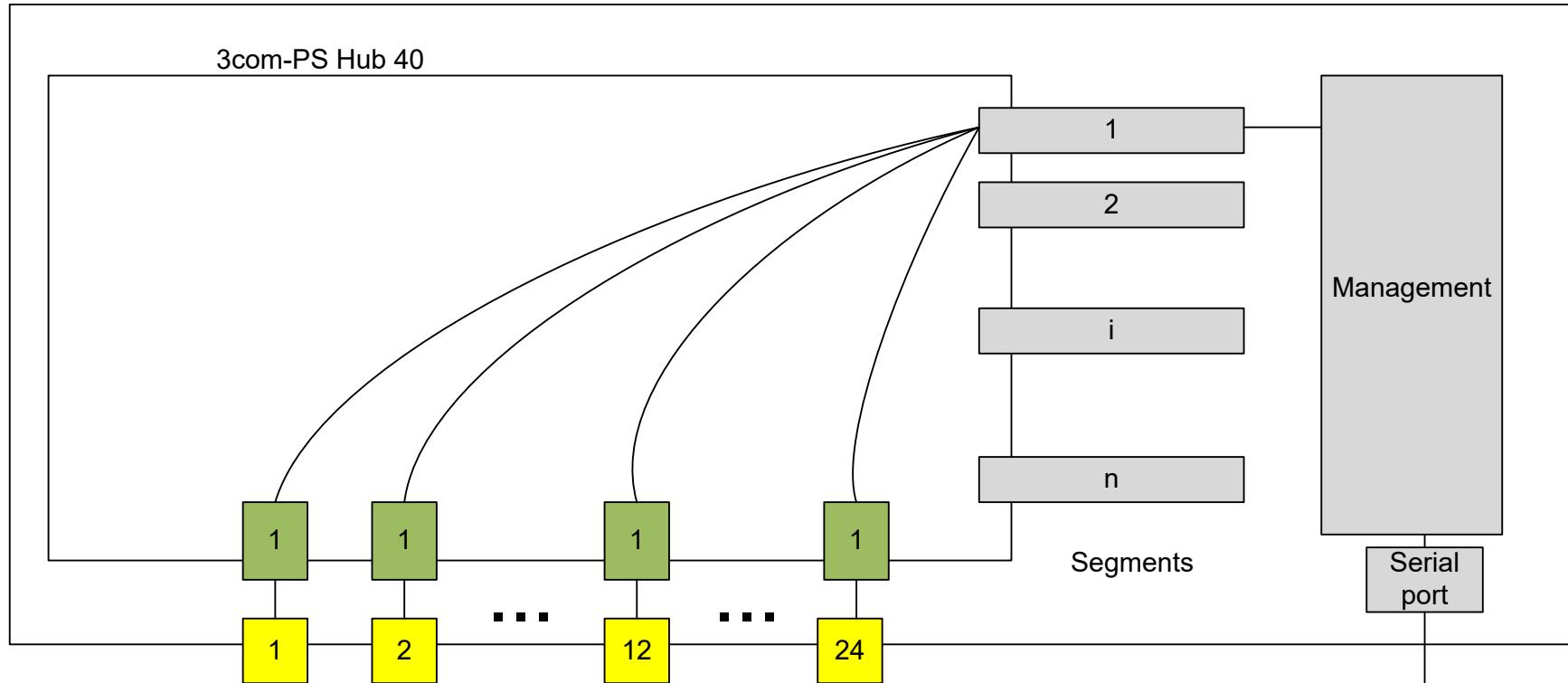
Ethernet conmutada

- *Hub Ethernet*



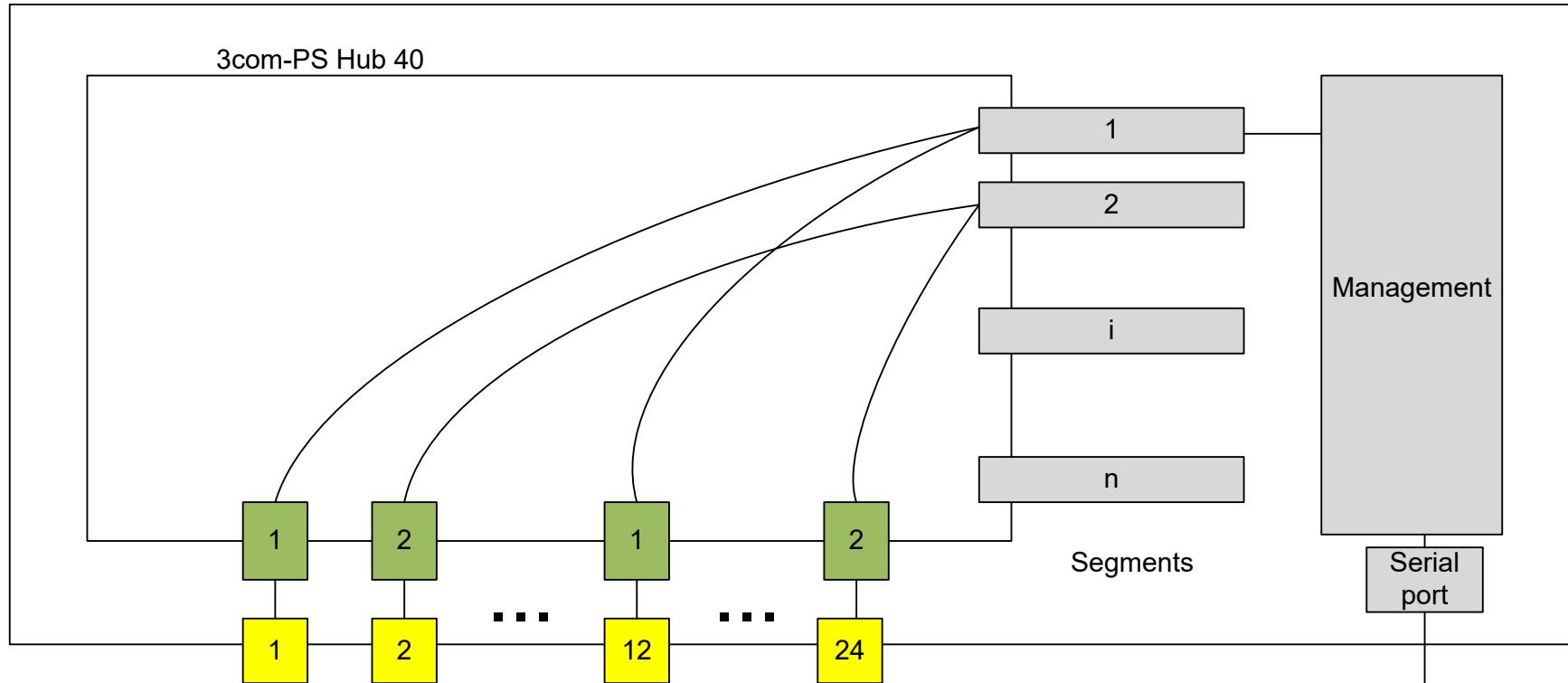
Ethernet conmutada

- *Hub Ethernet*



Ethernet conmutada

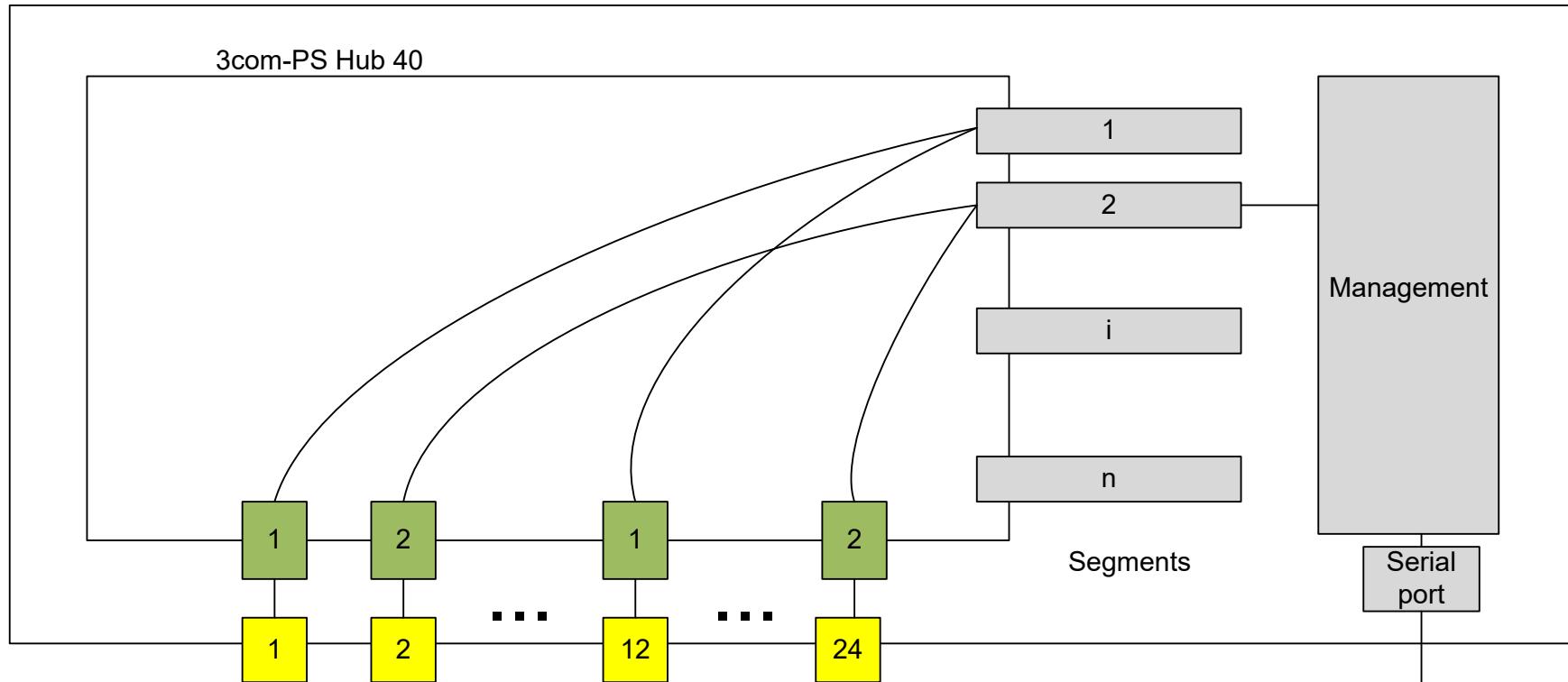
- *Hub Ethernet*



Un puerto no puede estar conectado a varios segmentos del *hub* Ethernet

Ethernet conmutada

- *Hub Ethernet*



Sólo un segmento puede estar conectado a la función de gestión del *hub* Ethernet

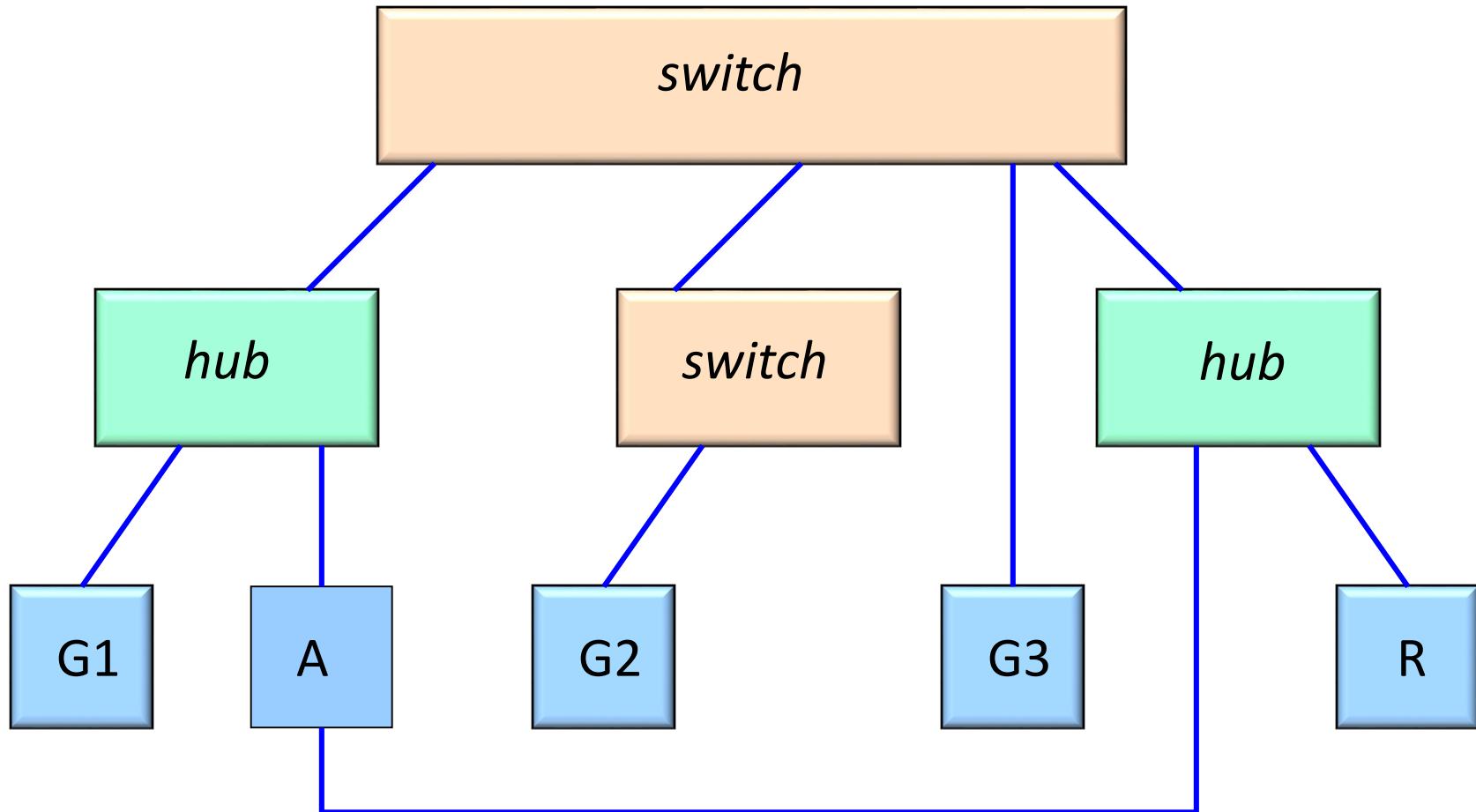
Ethernet conmutada

- *Switch Ethernet*

- Cada puerto es un dominio de colisión distinto (menos colisiones).
- Transmisión / Recepción simultánea en puertos distintos.
- Puertos pueden trabajar con distintas velocidades.
- El ancho de banda de cada puerto está dedicado a la comunicación con cada terminal:
 - CSMA/CD habilitado en puertos → Comunicación *half-dúplex* entre *switch* y terminales.
 - CSMA/CD deshabilitado → Comunicación *full-dúplex* entre *switch* y terminal.
- Puertos pueden trabajar simultáneamente en modo *half* o *full*.
- Las estaciones únicamente pueden capturar tráfico de su dominio de colisión. Existe la posibilidad de “port mirroring”.

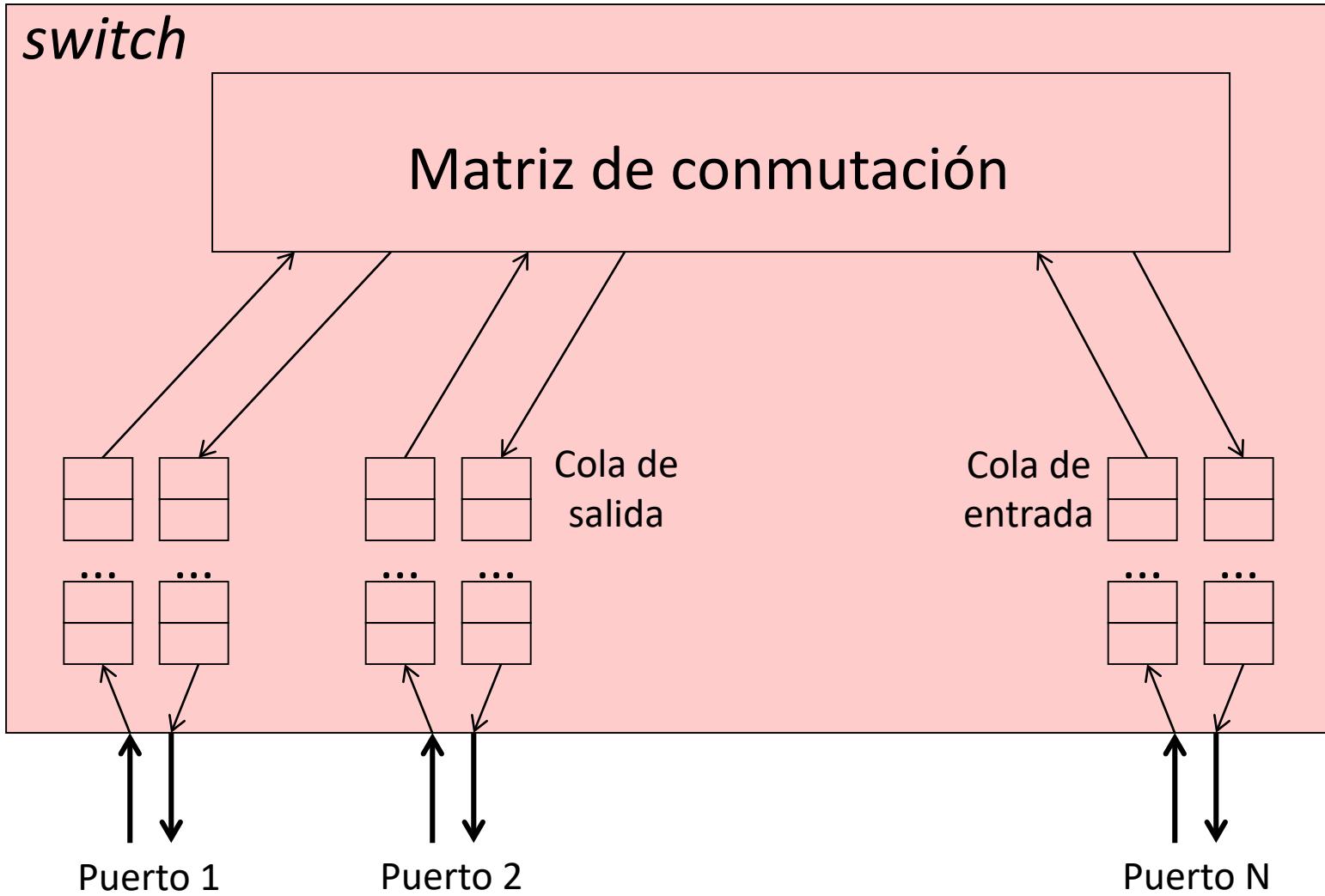
Ethernet conmutada

SWITCH: Equipo de construcción de redes de topología en estrella, situado en el nodo de la misma. También llamado comutador.



Estructura de un conmutador

switch



Encaminamiento MAC

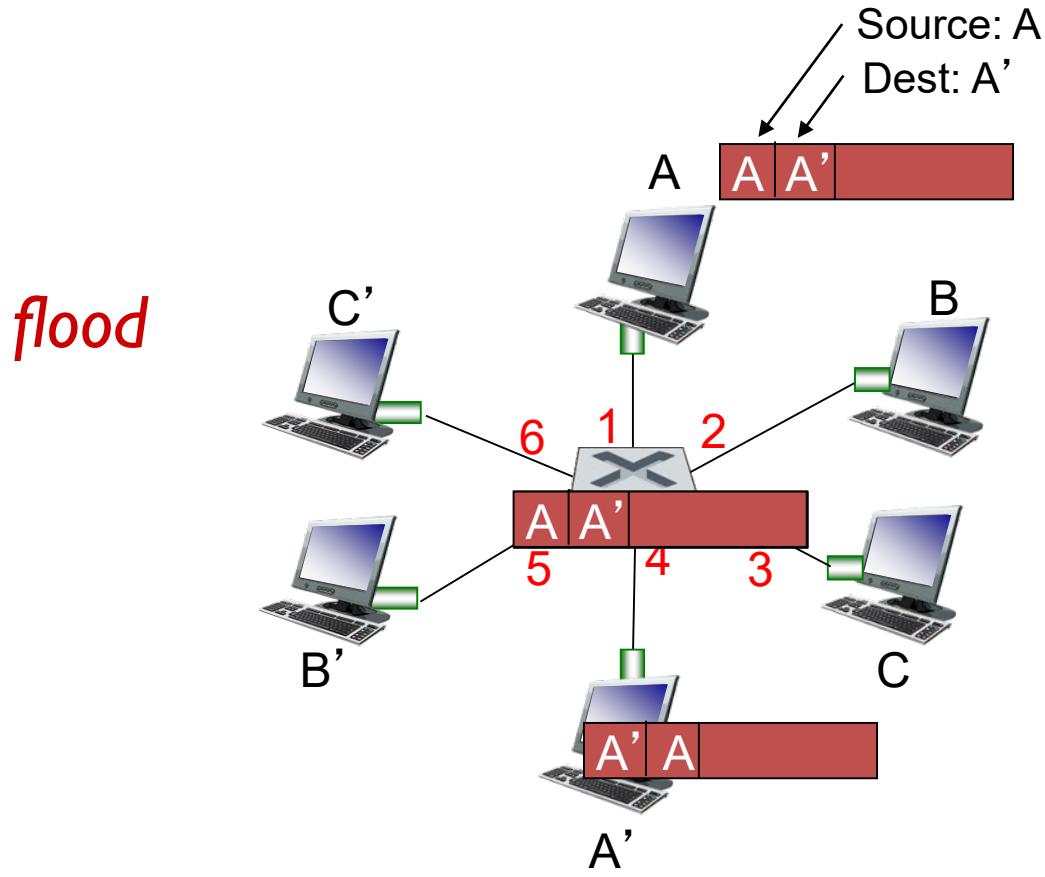
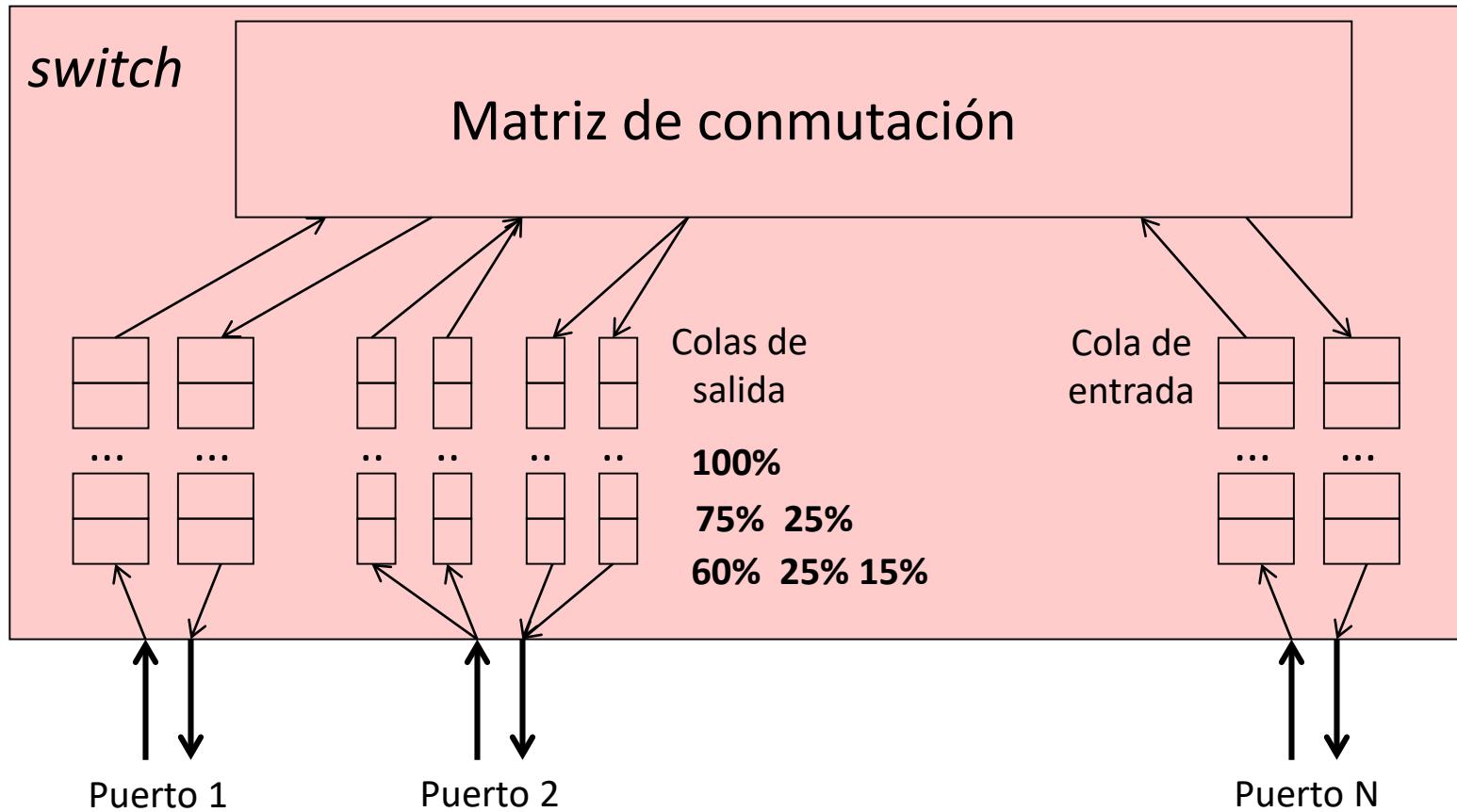


Tabla de conmutación
(inicialmente vacía)

Dir. MAC	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

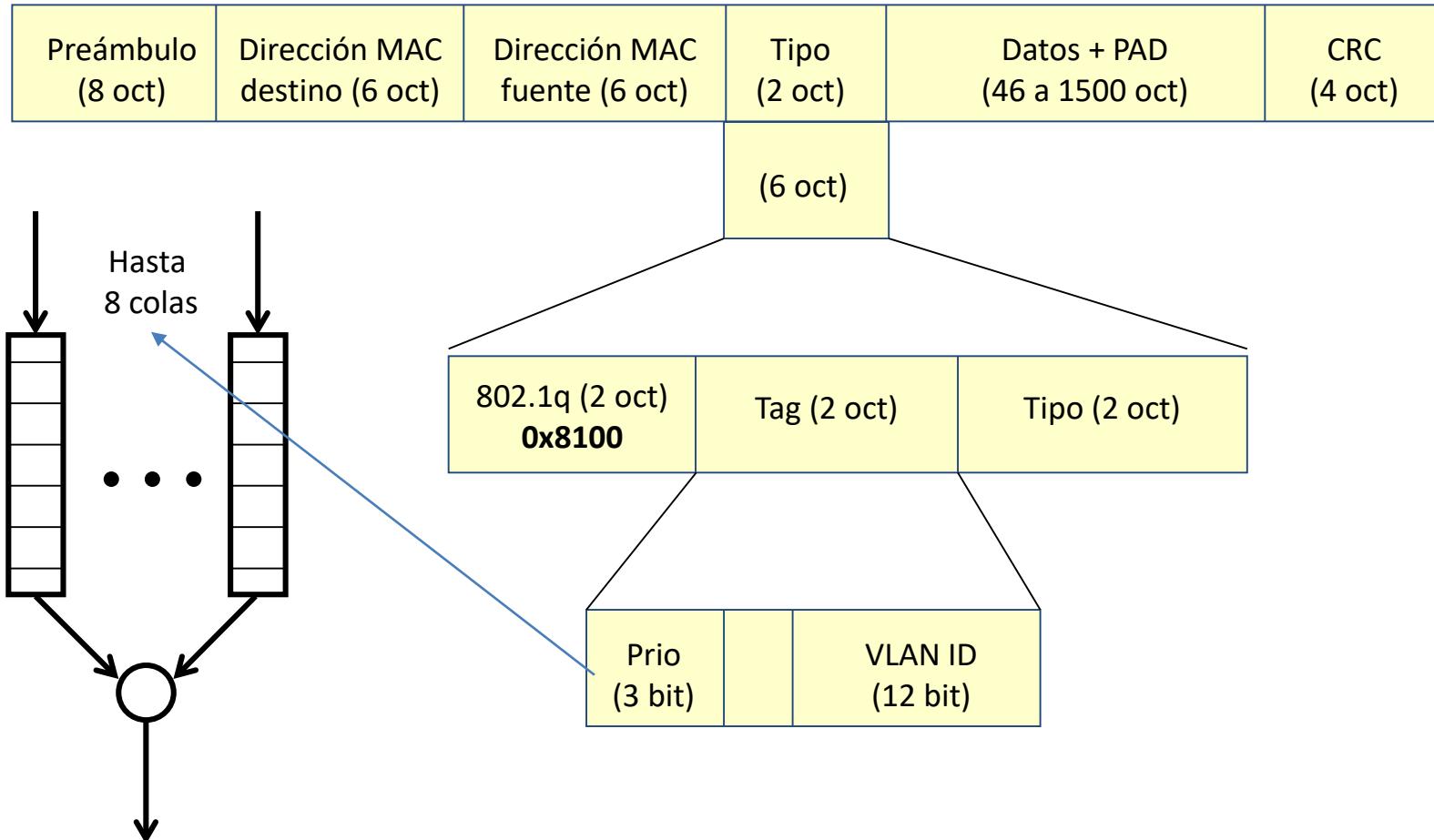
La figura pertenece al libro “Computer Networking: A Top Down Approach”, 6th edition , Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2012.

Prioridades conmutador

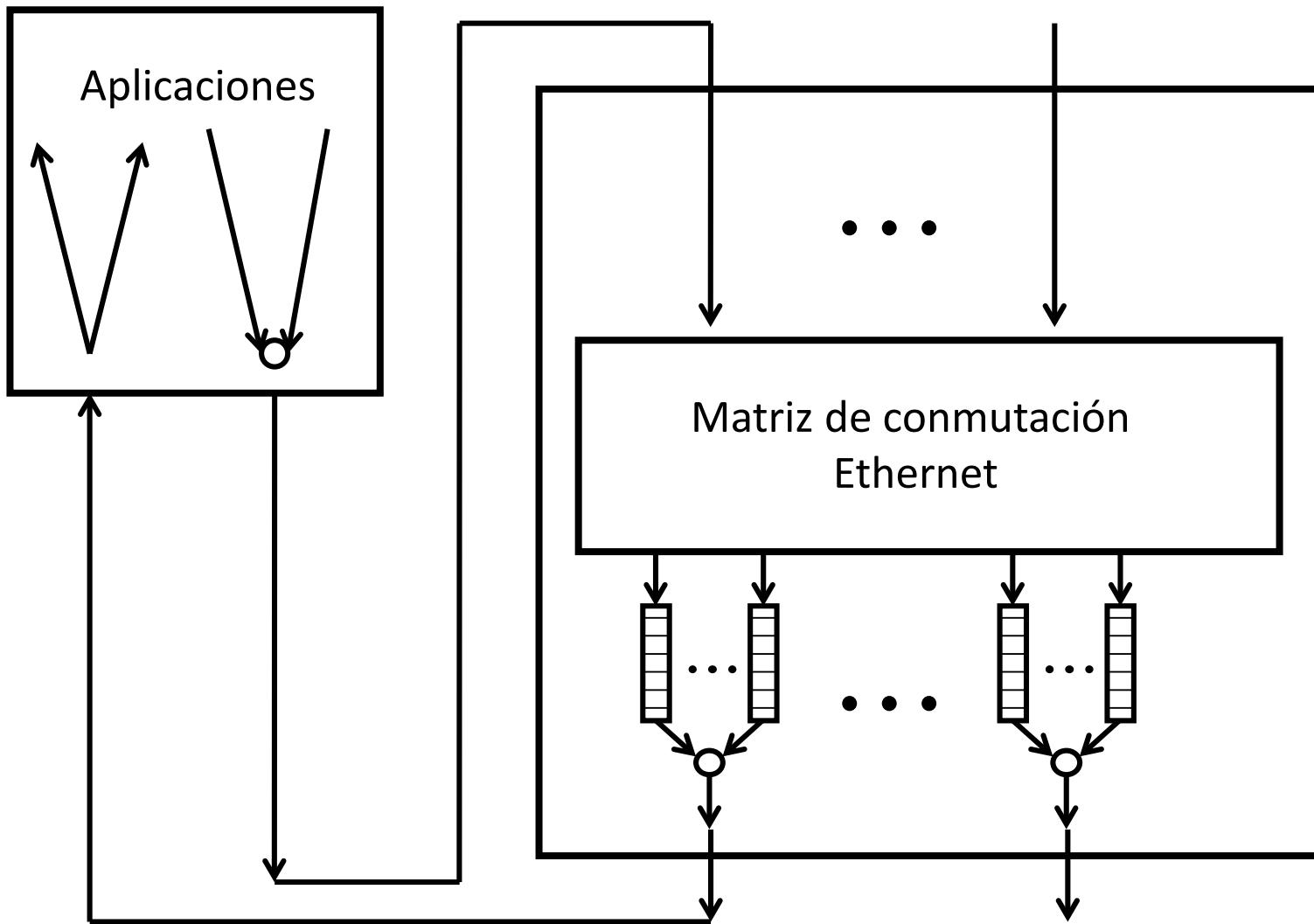


Prioridades conmutador

Trama Ethernet con prioridad

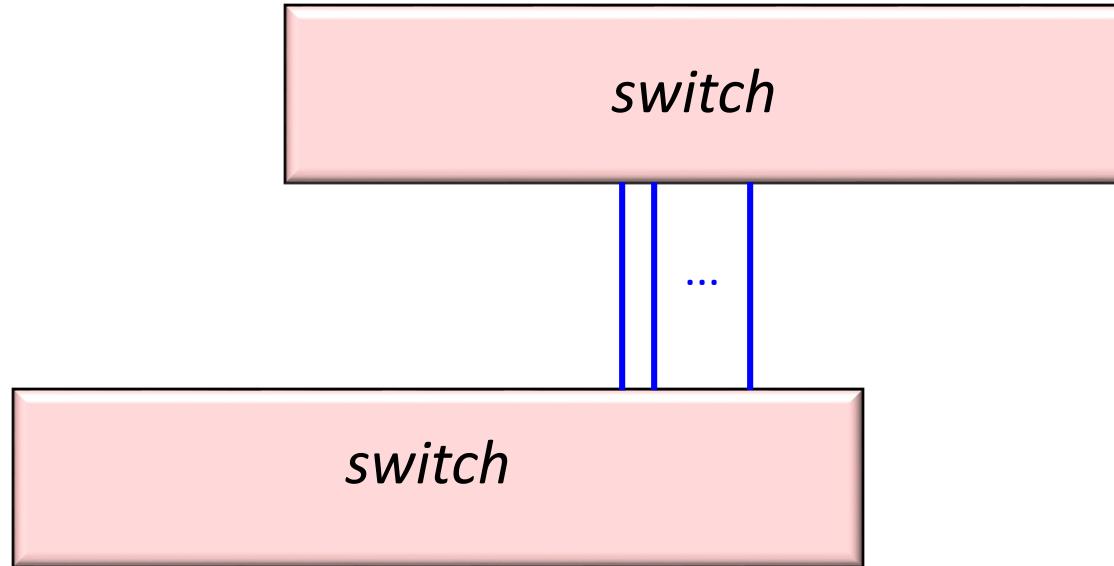


Prioridades conmutador



Port Trunk

Agrupación de puertos (*port trunk*)



Velocidad puerto: 10 Mbps.

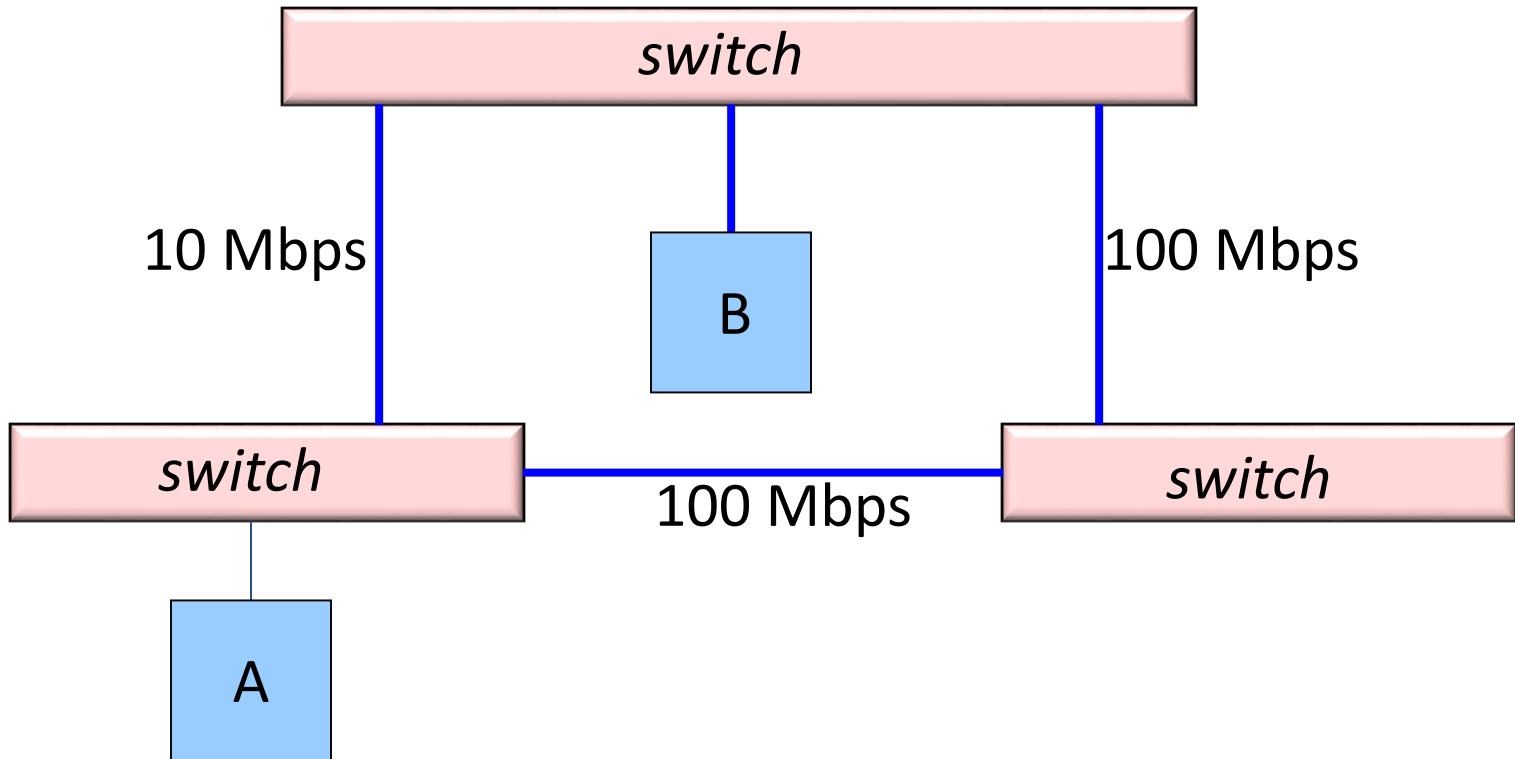
Velocidad del grupo (*trunk*): $N \times 10$ Mbps.

Existe balanceo de tramas.

Encaminamiento MAC

Protocolo de encaminamiento: *Spanning tree. 802.1D, 802.1T*

- Busca el camino mas eficiente. Coste de enlace
- Robustez frente a fallos de enlace
- Evita bucles infinitos



Encaminamiento MAC

Protocolo de encaminamiento: *Spanning tree.*

		802.1D	802.1T
10GBASE-SX	Full	2	2.000
1000BASE-SX	Full	4	20.000
Port trunk containing 100BASE-TX/ 100BASE-FX	Full/Half	15	
100BASE-TX/100BASE-FX	Full	18	200.000
100BASE-TX/100BASE-FX	Half	19	200.000
Port trunk containing 10BASE-T only	Full/Half	90	
10BASE-T	Full	99	2.000.000
10BASE-T	Half	100	2.000.000

Commutación MAC

Tabla de commutación: Datos fijos o aprendidos

Ejemplo de aprendizaje.

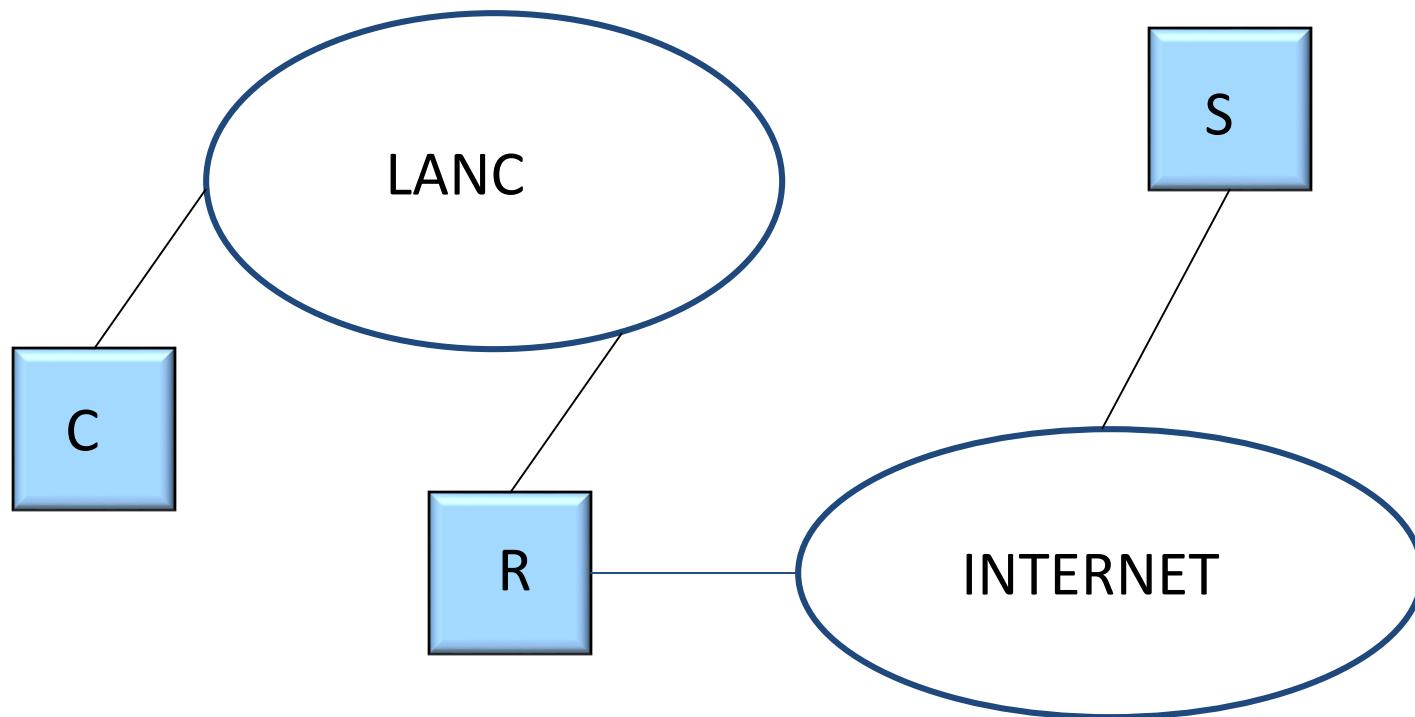


Tabla de conmutación

Ejemplo de aprendizaje:

C: Cliente generador de tráfico.

macC (Dirección Ethernet), ipC (Dirección IP)

R: Router de conexión externa.

macR (Dirección Ethernet), ipR (Dirección IP)

S: Servidor receptor de tráfico.

macS (Dirección Ethernet), ipS (Dirección IP)

B: Broadcast.

macB (Dirección broadcast Ethernet),

ipB: (Dirección broadcast IP)

ARP: Address resolution protocol

Tabla de conmutación

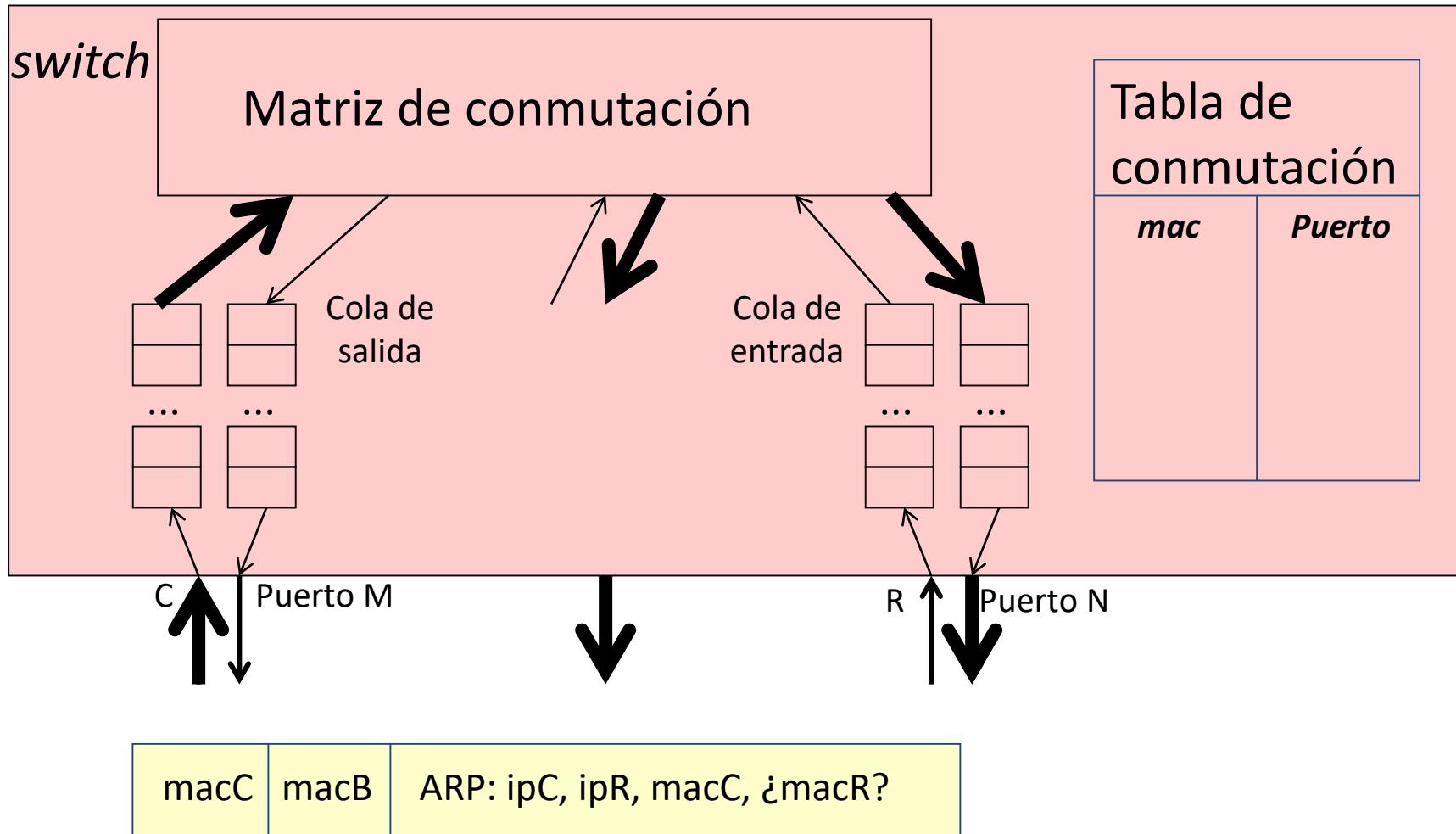


Tabla de conmutación

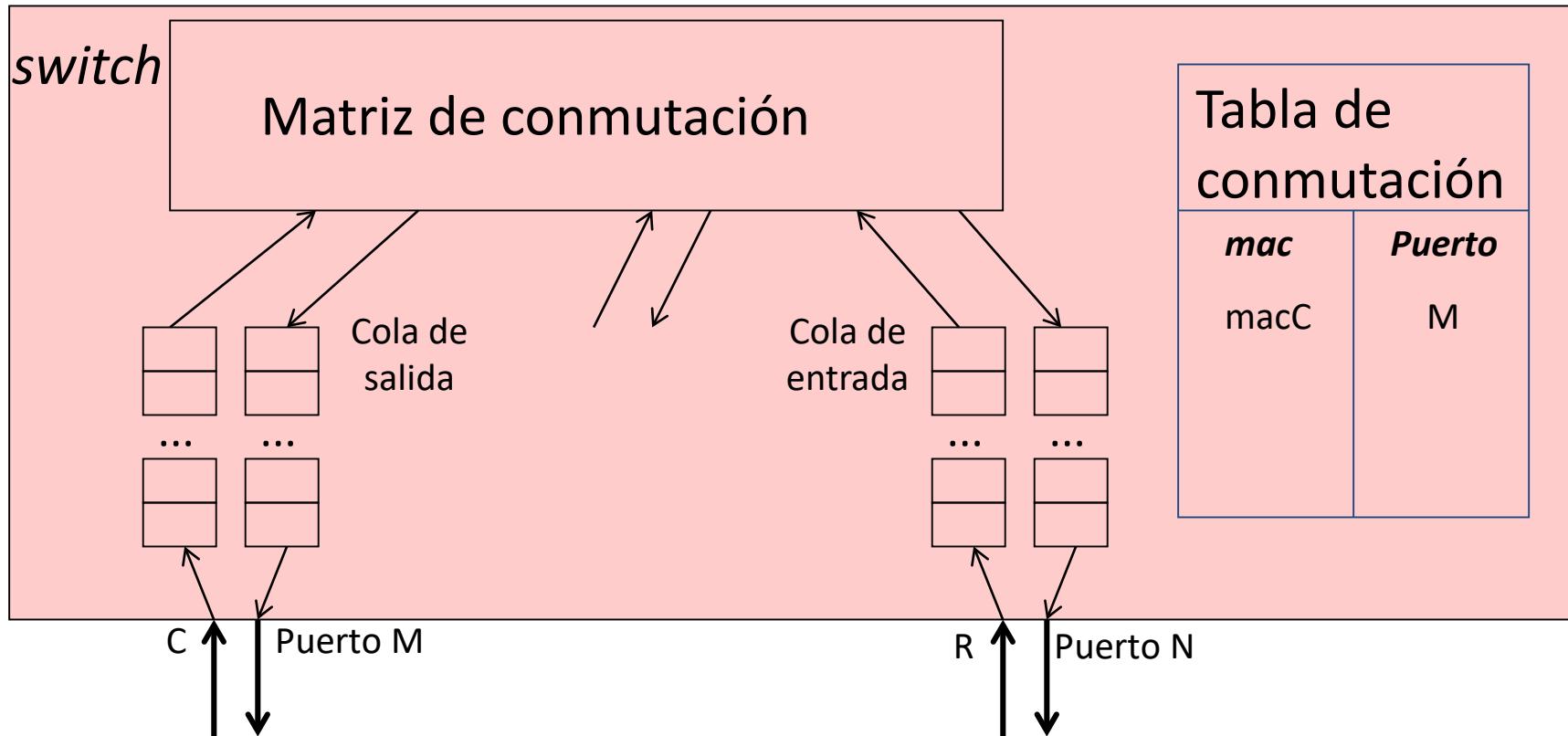


Tabla de conmutación

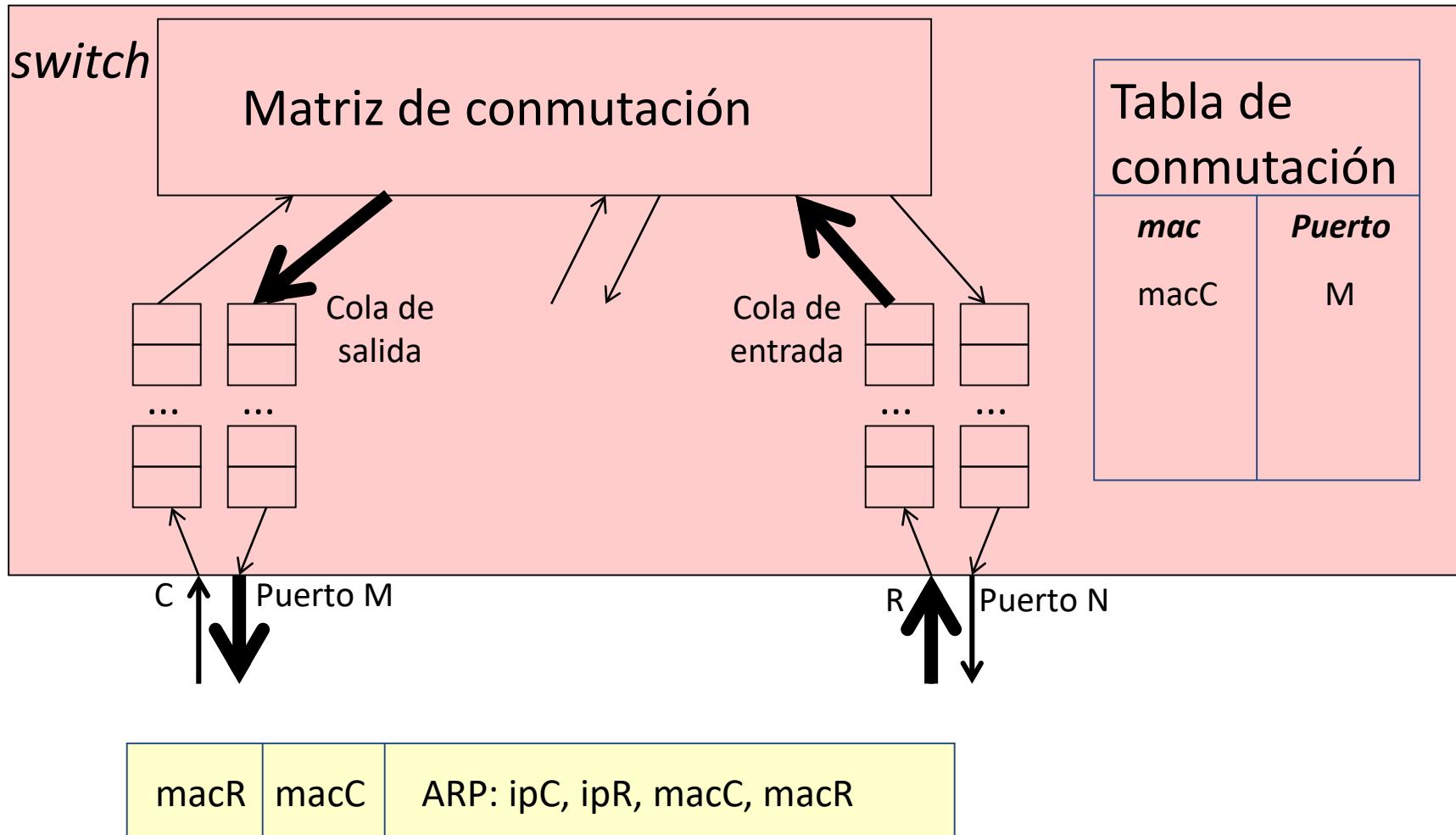


Tabla de conmutación

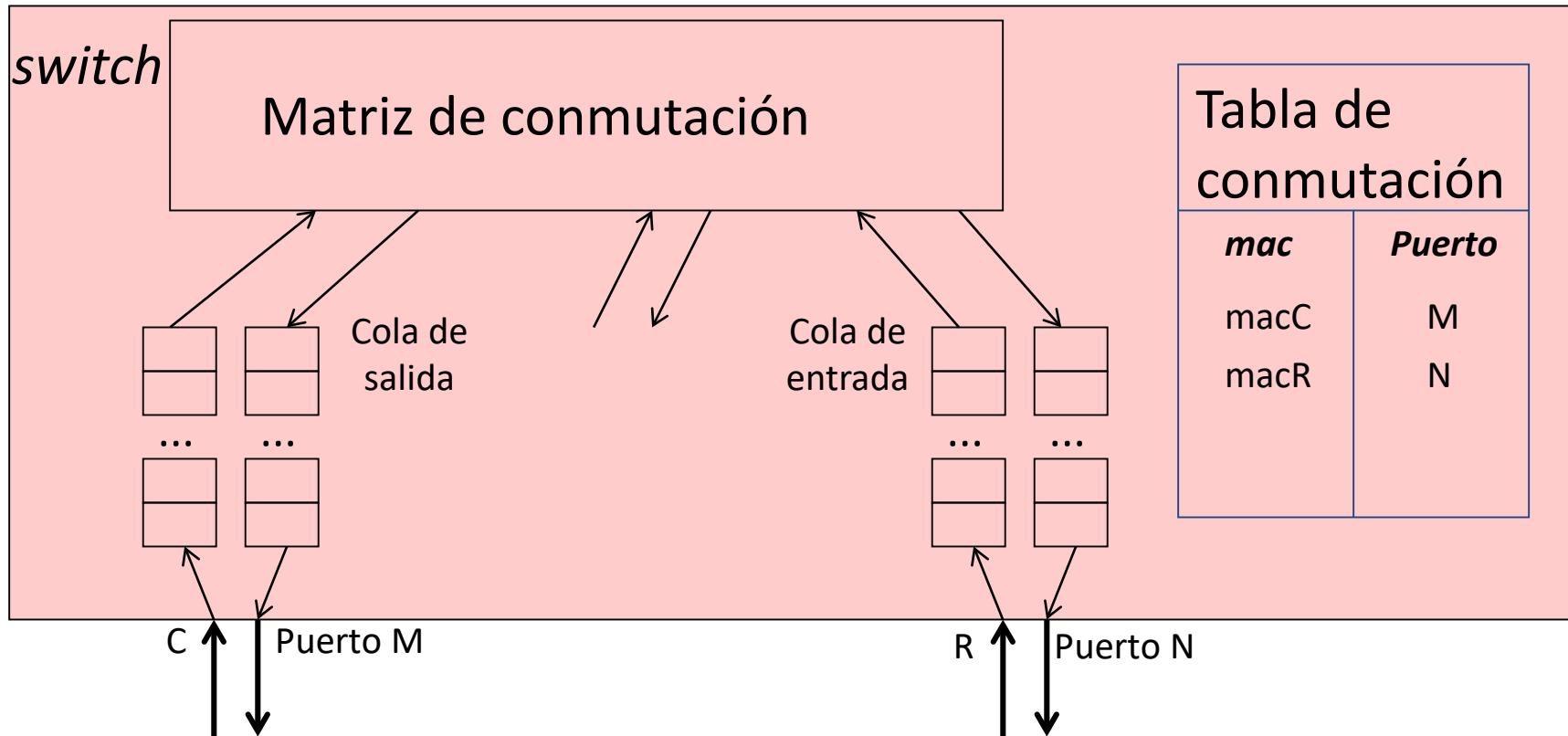
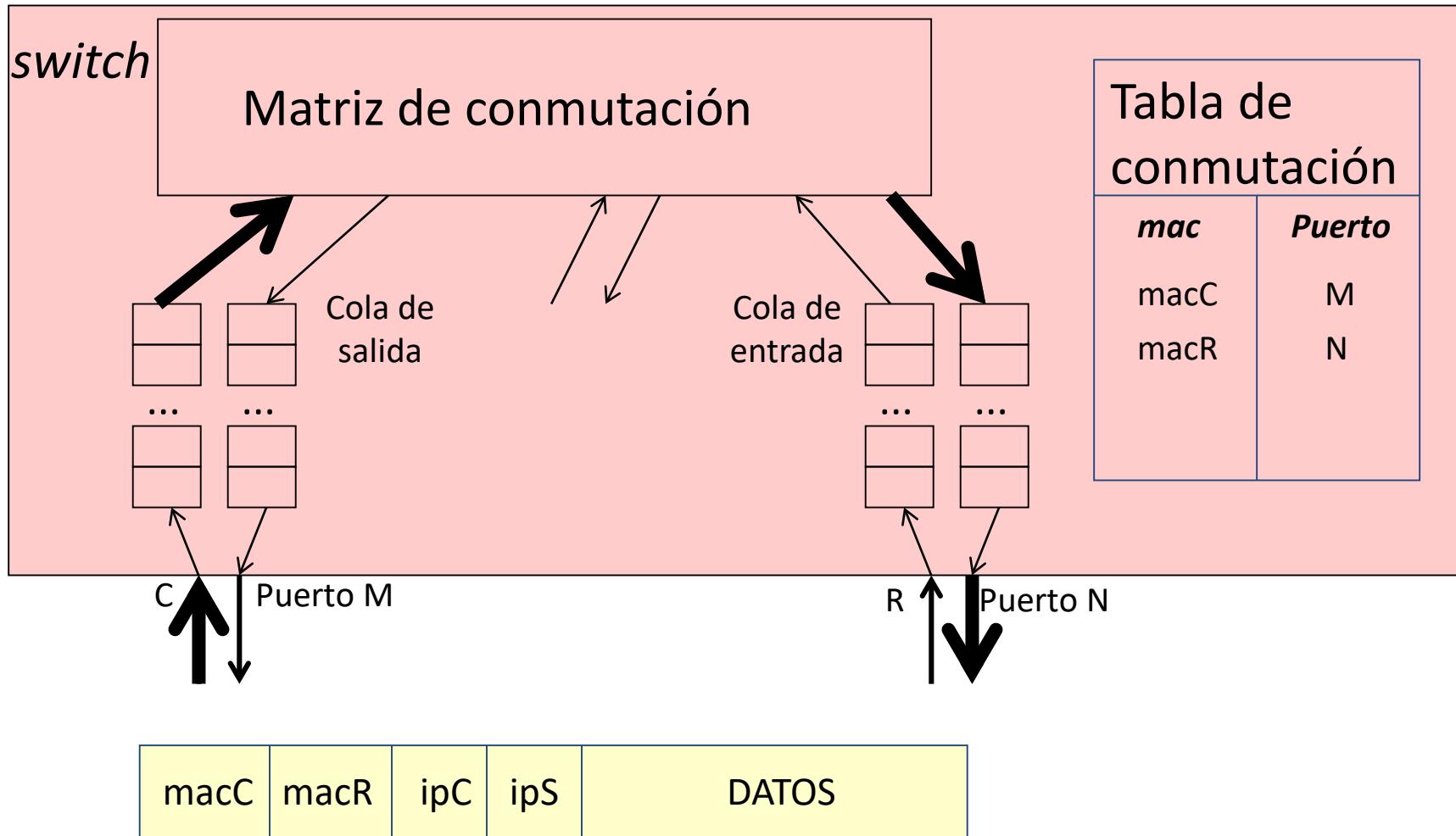


Tabla de conmutación



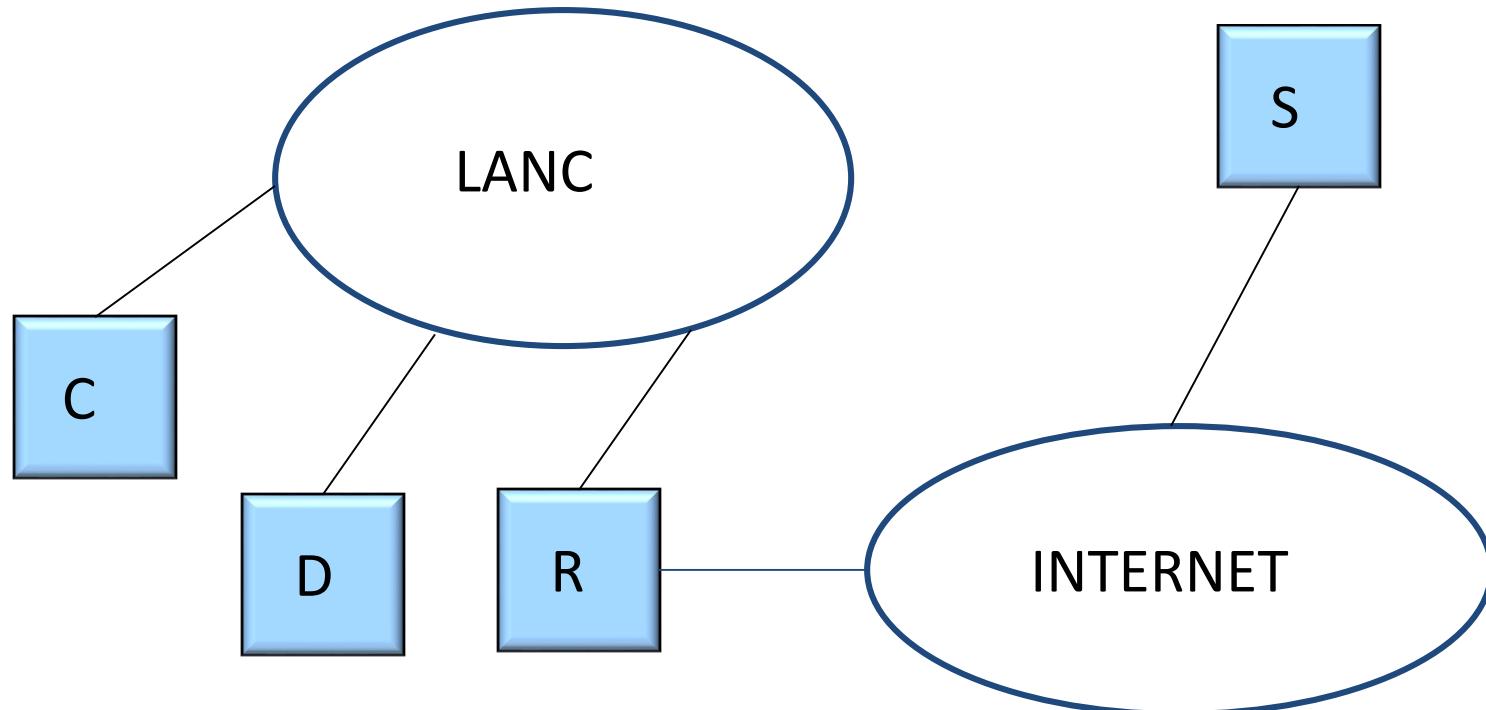
Multicast

- Por defecto, los *switch* reenvían el tráfico *multicast* a todos los puertos (igual que *broadcast*).
- **Solución:** crear **tabla de reenvío multicast** (asociar grupo con lista de puertos a los que reenviar)
 - Asociar MAC *multicast* o IP *multicast* (preferible IP *multicast* para evitar ambigüedades, si lo soporta el *switch*)
 - Mecanismo *IGMP Snooping* (RFC 4541): escuchar el tráfico *IGMP* para averiguar en qué puertos se debe reenviar tráfico *multicast*
 - Requiere que el *switch* inspeccione los paquetes relativos a tráfico *multicast* (MAC *multicast*) a nivel IP/IGMP.

Multicast

- Procedimiento básico IGMP Snooping:
 - Averiguar en qué puerto está el *router* para enviarle los mensajes de unión a grupo solo a él.
 - Leer IGMP y ver que es un *Membership Query* mandado por el *router*.
 - Averiguar dónde hay receptores de un grupo **multicast** para reenviar el tráfico asociado por los puertos donde están dichos receptores.
 - Leer IGMP y ver que es un *Membership Report* (unión al grupo) donde se identifica la dirección IP *multicast* del grupo.
- *Unicast vs. multicast*
 - Tabla de conmutación **unicast**: aprendizaje a partir de las direcciones **MAC fuente**.
 - Tabla de reenvío **multicast**: aprendizaje a partir de las direcciones **MAC/IP destino** (grupo *multicast*) e inspección del campo **IGMP**.

Multicast



Multicast (*Tabla de conmutación*)

Ejemplo de aprendizaje:

C y D: Clientes receptores de tráfico *multicast*.

macC (Dirección Ethernet), ipC (Dirección IP)
macD (Dirección Ethernet), ipD (Dirección IP)

R: Router de conexión externa.

macR (Dirección Ethernet), ipR (Dirección IP)

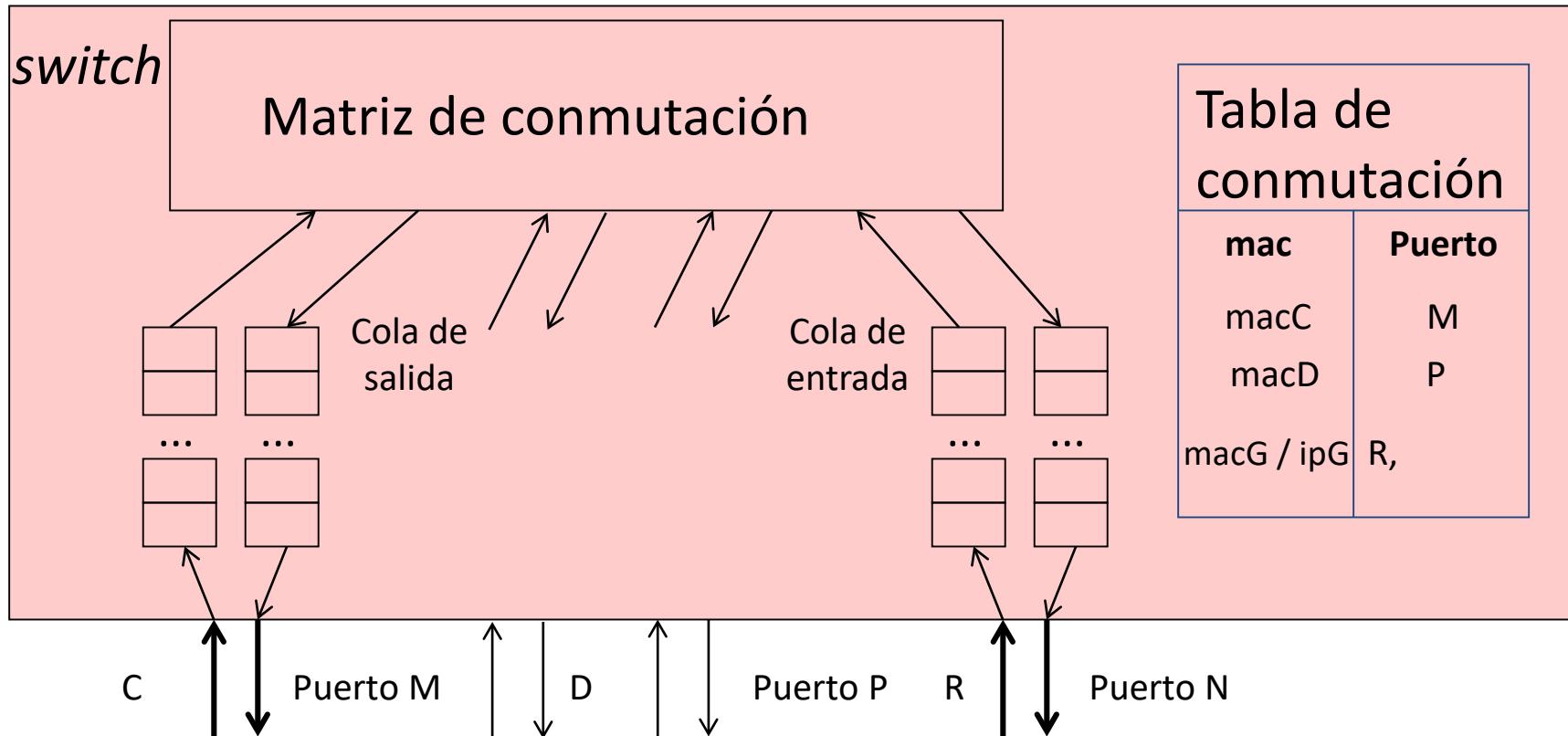
S: Servidor generador de tráfico *multicast*.

macS (Dirección Ethernet), ipS (Dirección IP)

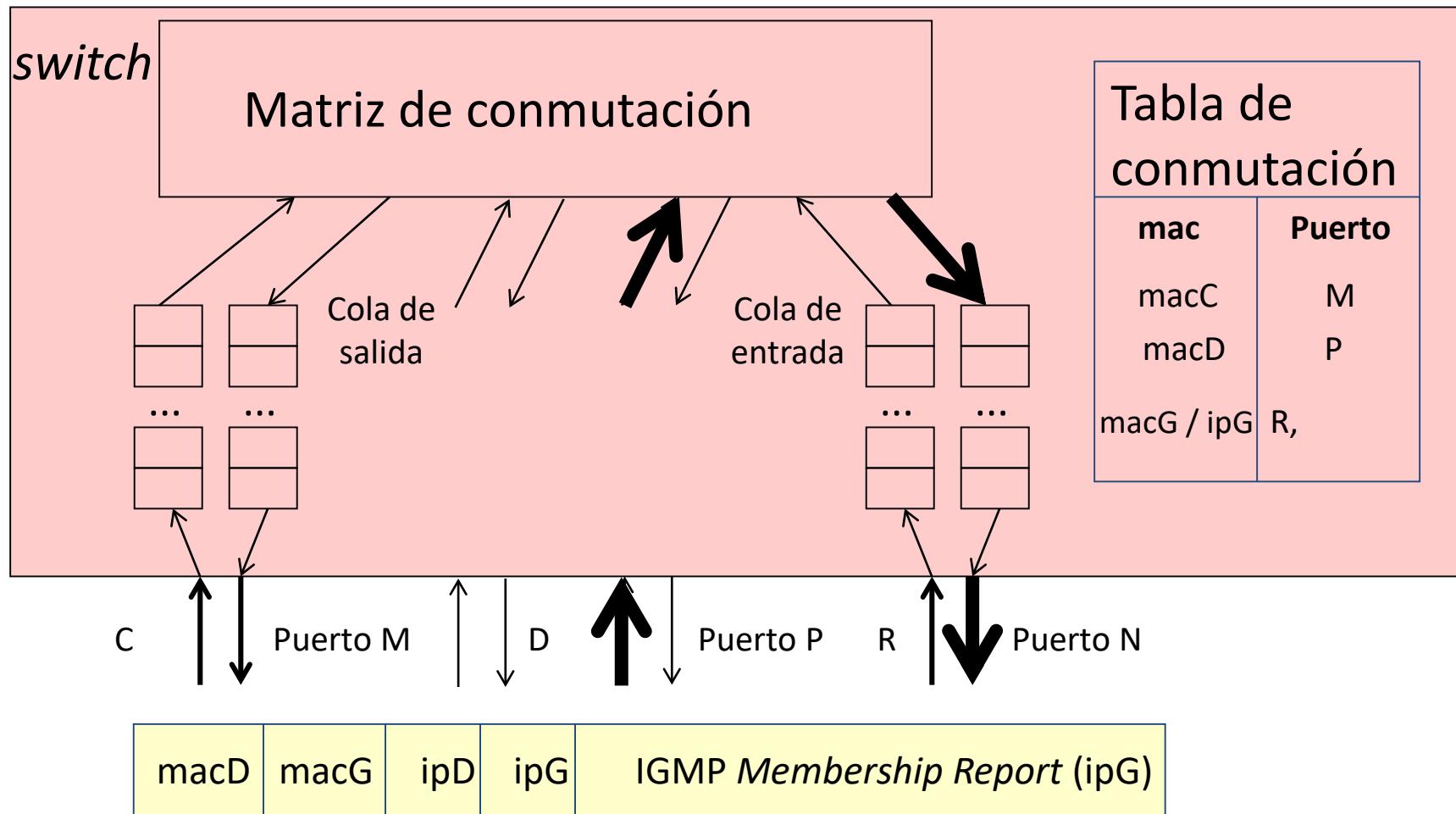
G: Grupo *multicast*.

macG (Dirección *multicast* Ethernet del grupo)
ipG (Dirección *multicast* IP del grupo)

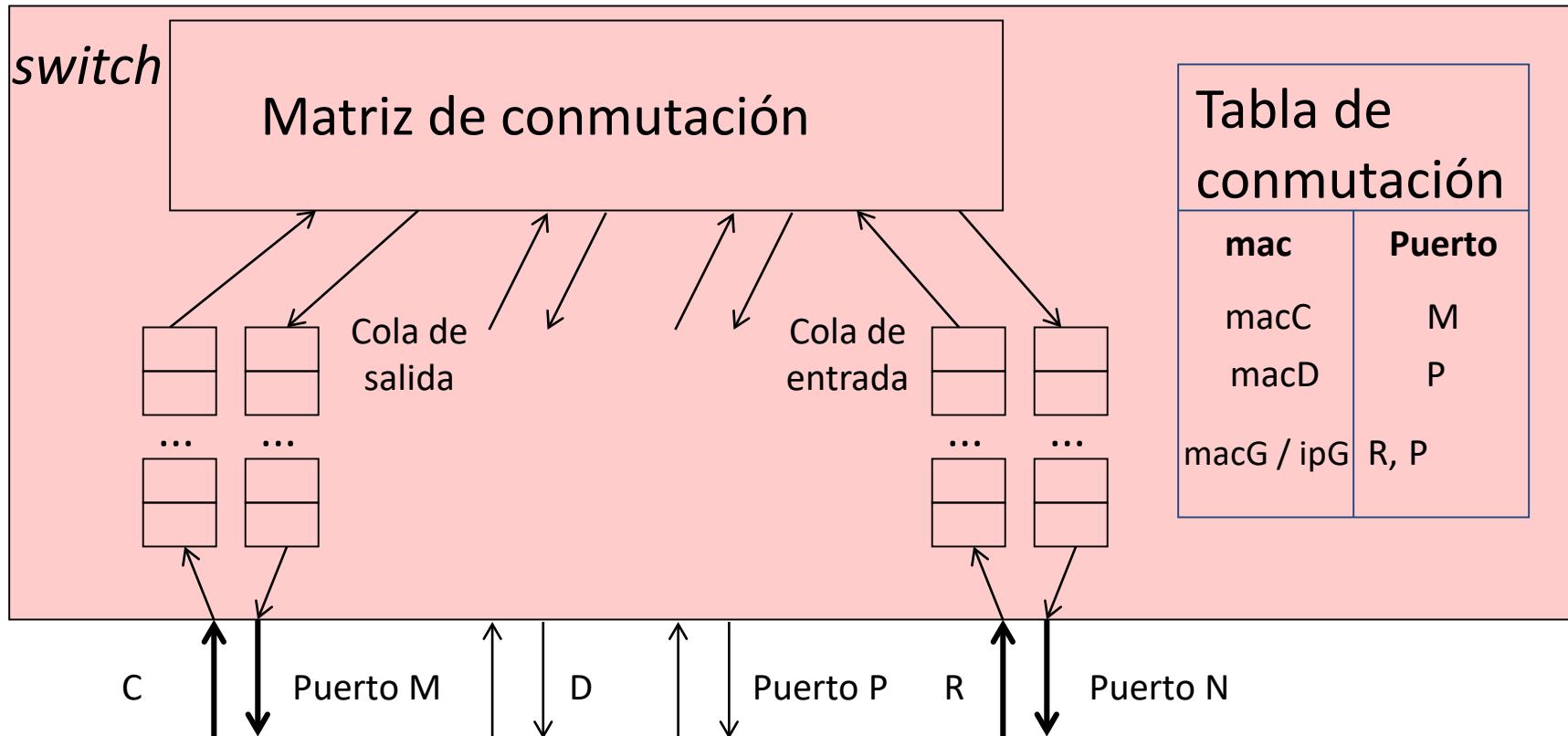
Multicast (Tabla de conmutación)



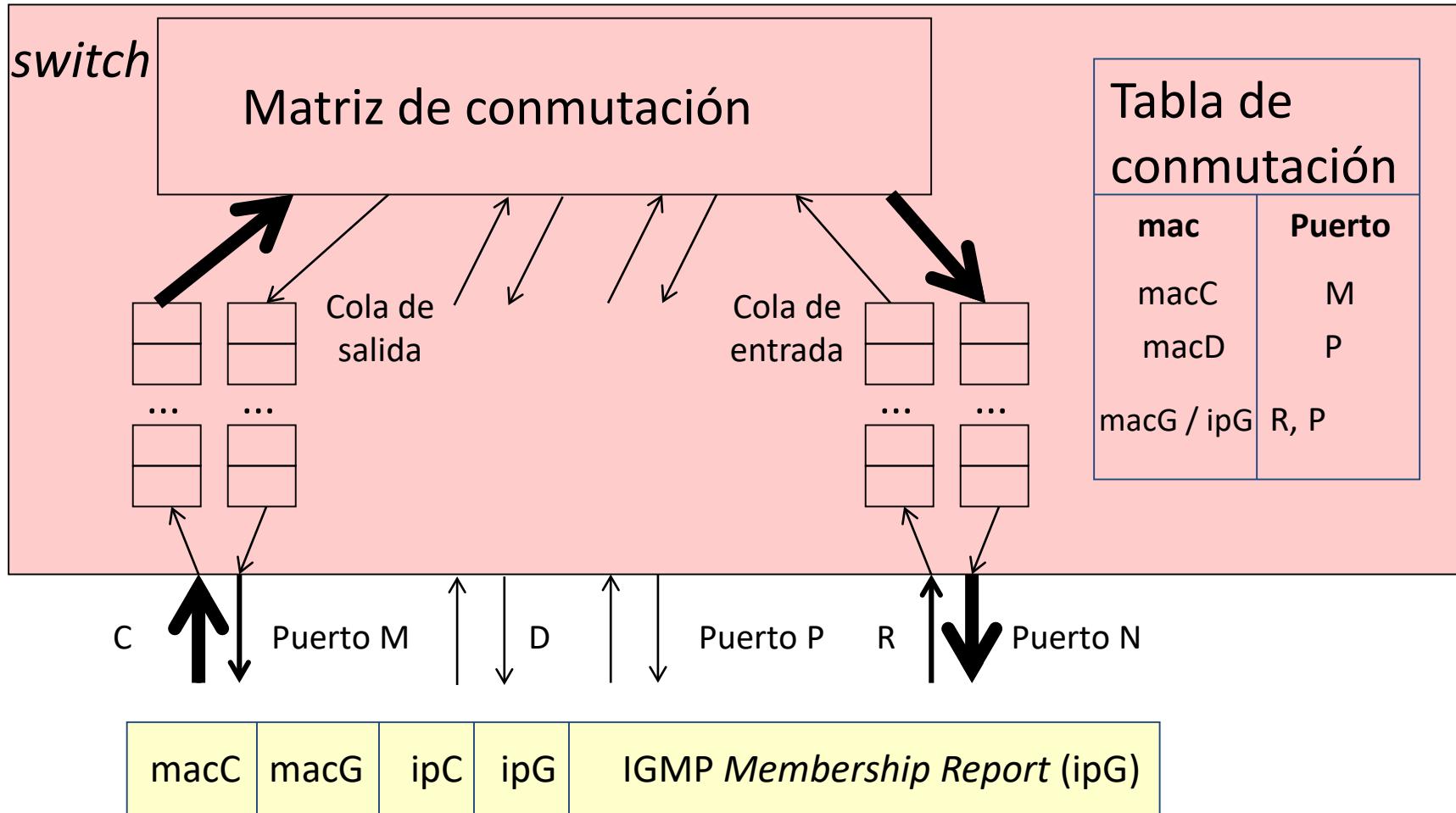
Multicast (Tabla de conmutación)



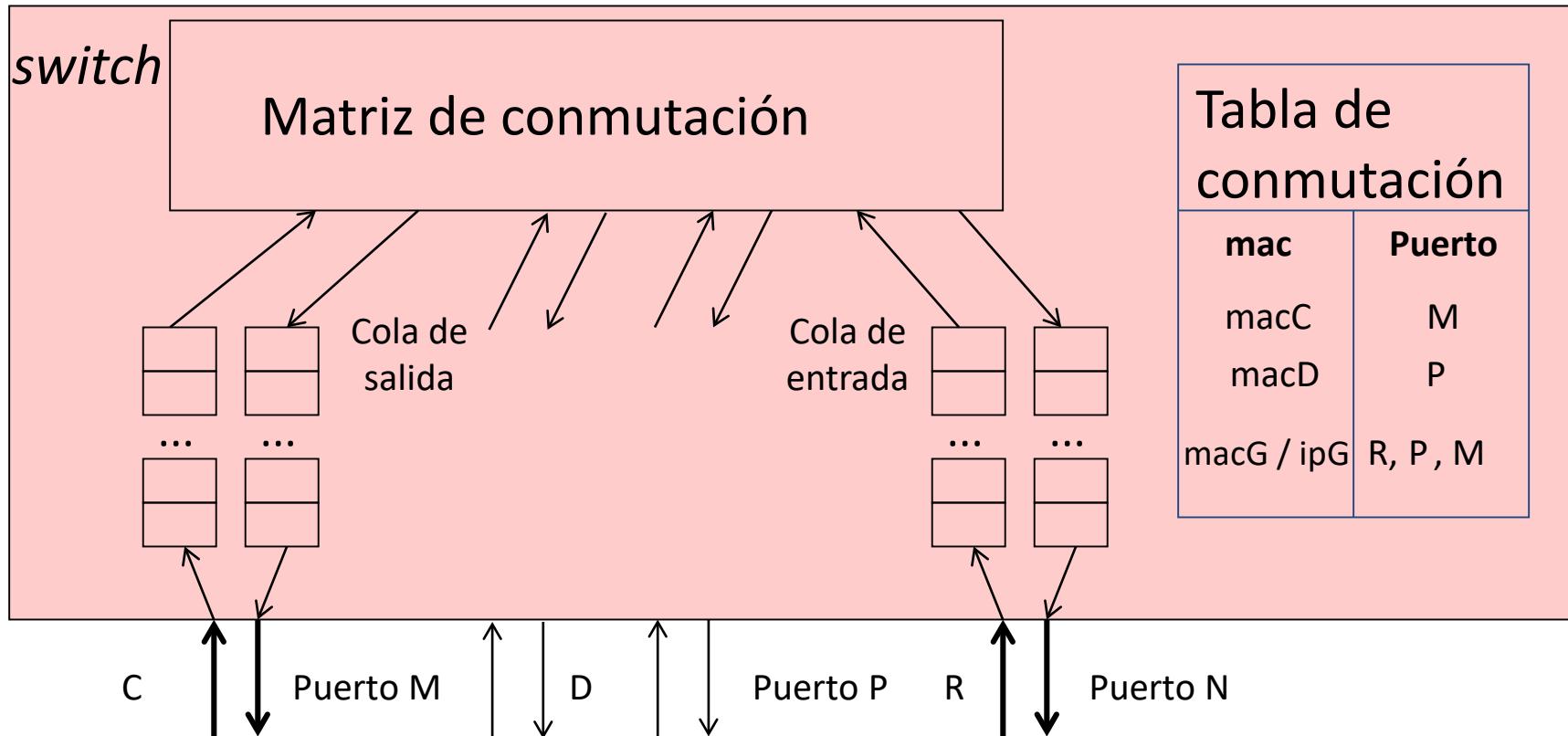
Multicast (Tabla de conmutación)



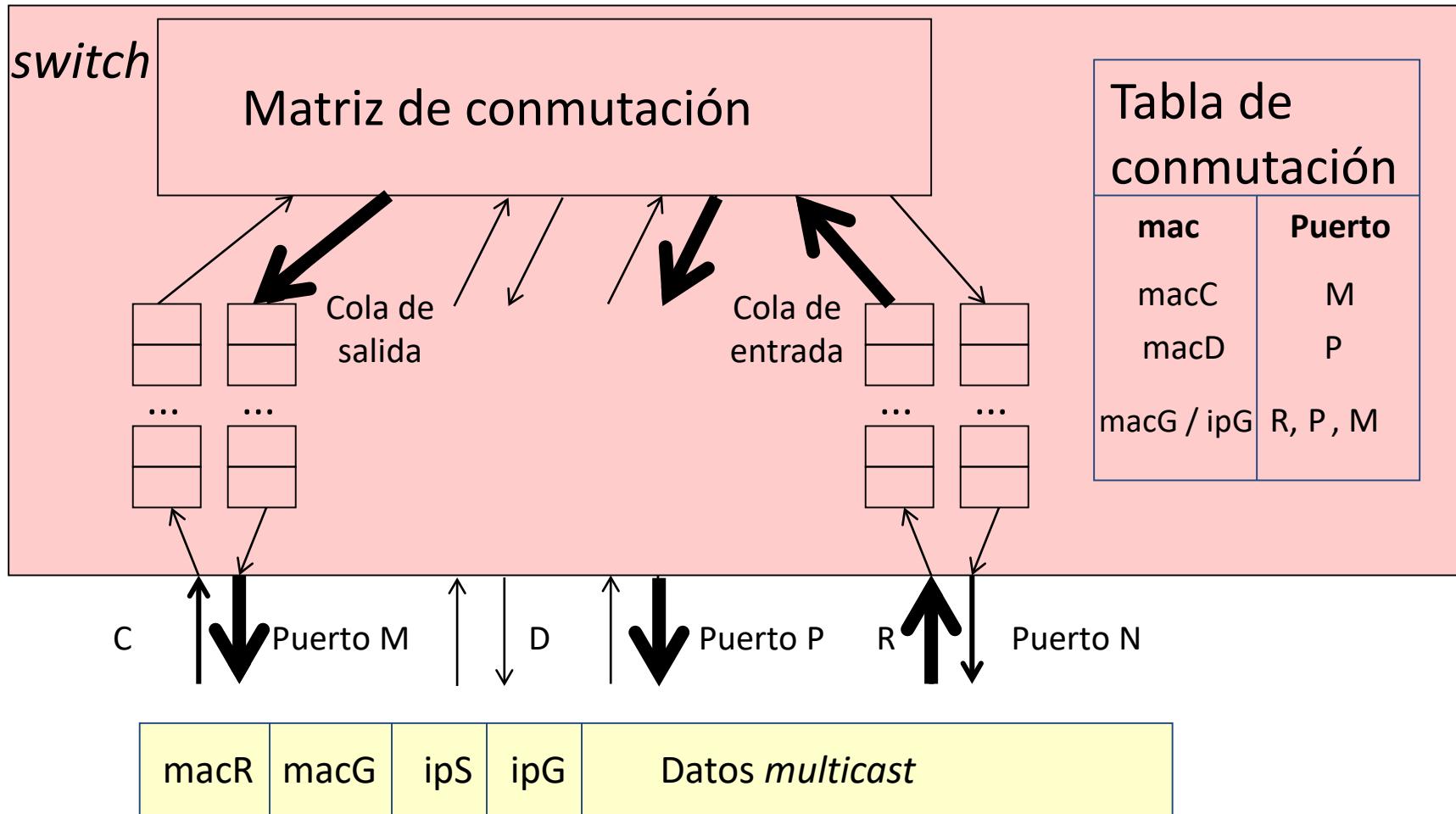
Multicast (Tabla de conmutación)



Multicast (Tabla de conmutación)



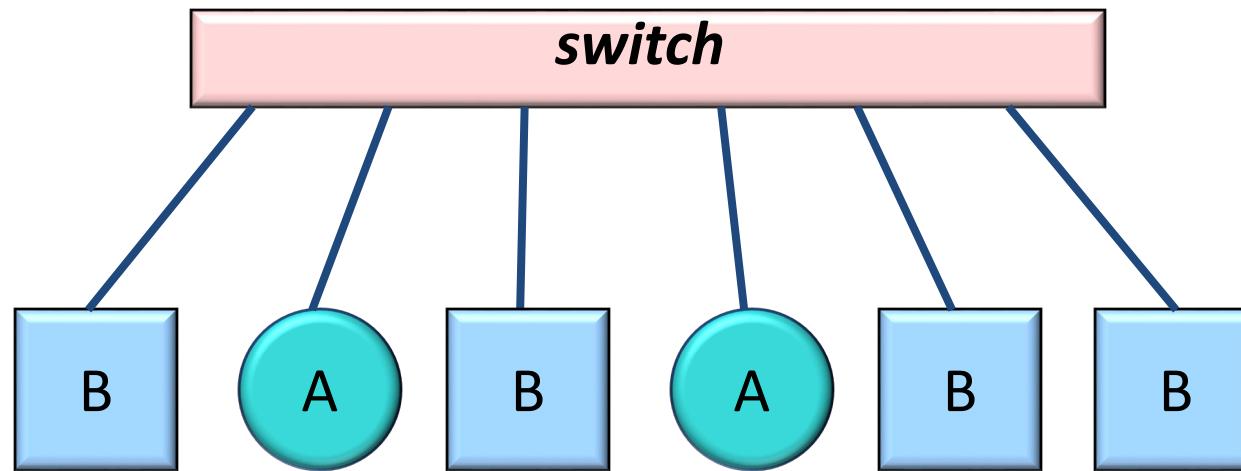
Multicast (Tabla de conmutación)



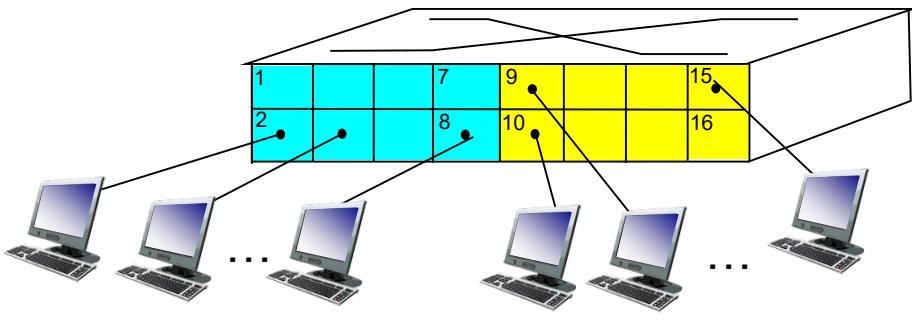
LAN virtuales (VLAN)

- Son una agrupación de puertos físicos que son tratados de forma conjunta como pertenecientes a la misma LAN real e independientes al resto.
- Es un concepto similar a los segmentos del *hub*.
- Vienen definidas en los protocolos 802.1Q, VLT, ...
- Existen dos tipos:

1) Una LAN real, varias virtuales

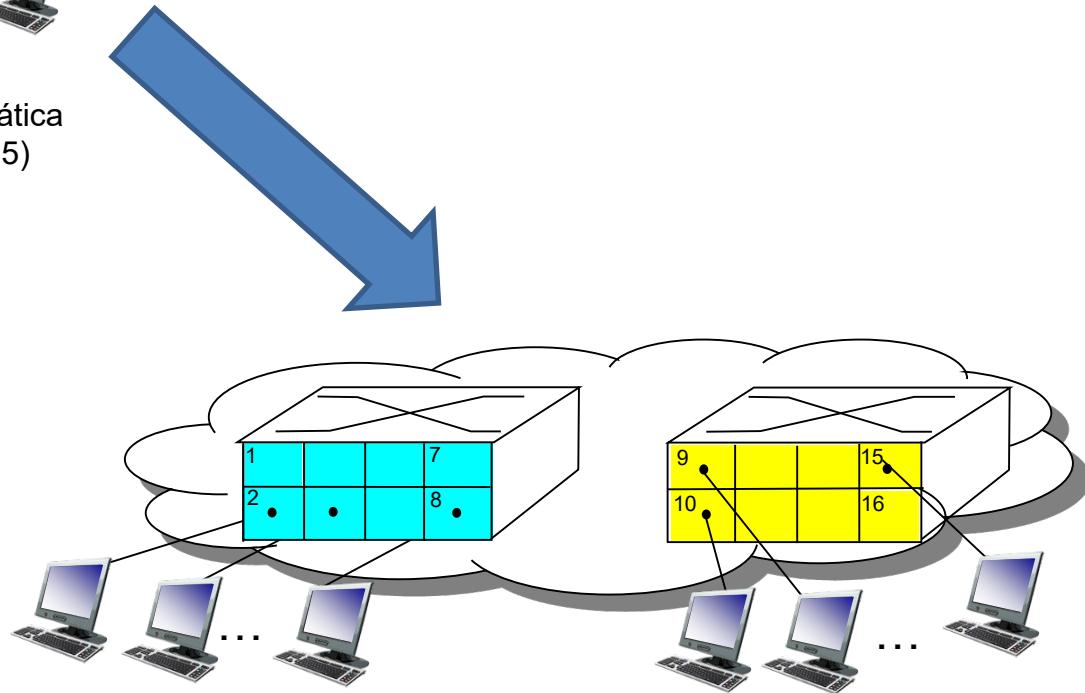


LAN virtuales (VLAN)



Ingeniería Telemática
(puertos VLAN 1-8)

Laboratorio I. Telemática
(puertos VLAN 9-15)

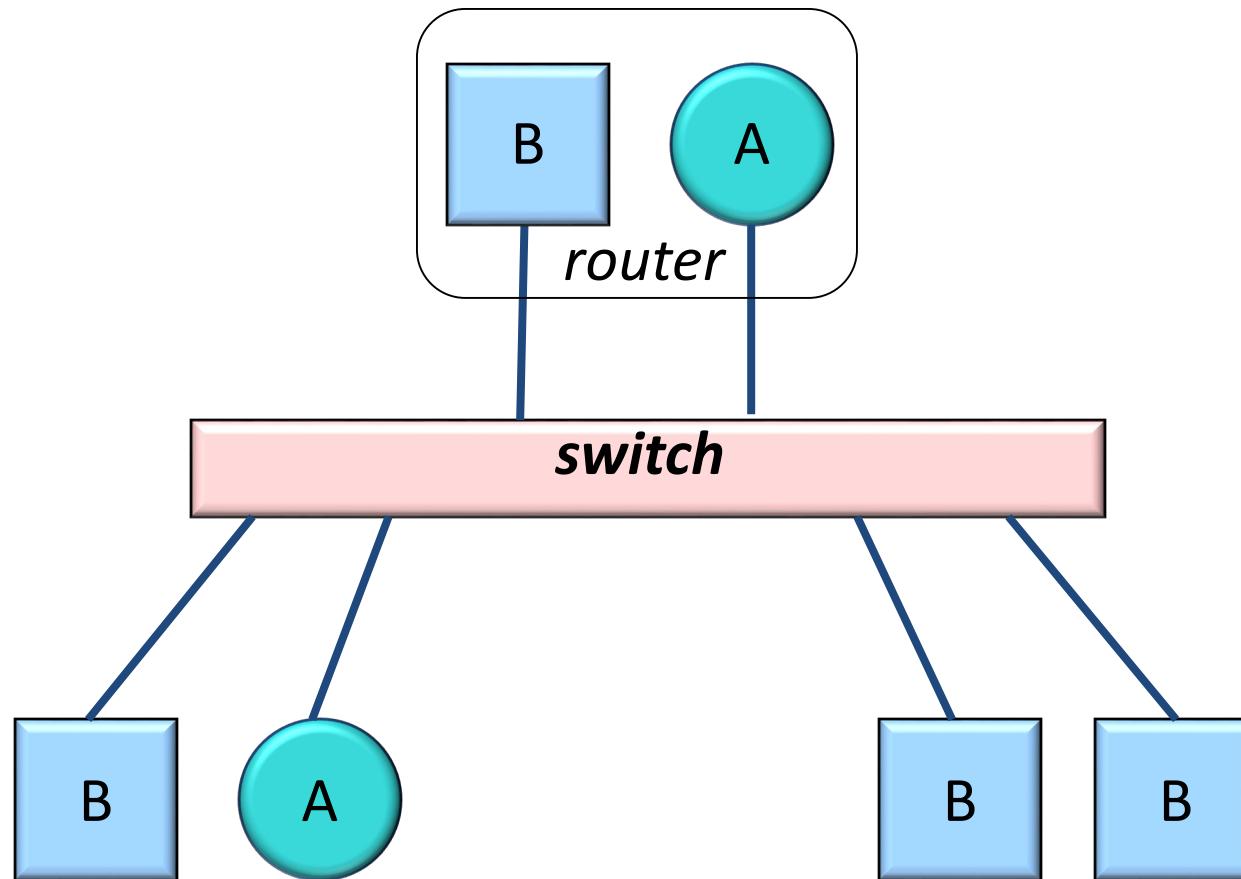


Ingeniería Telemática
(puertos VLAN 1-8)

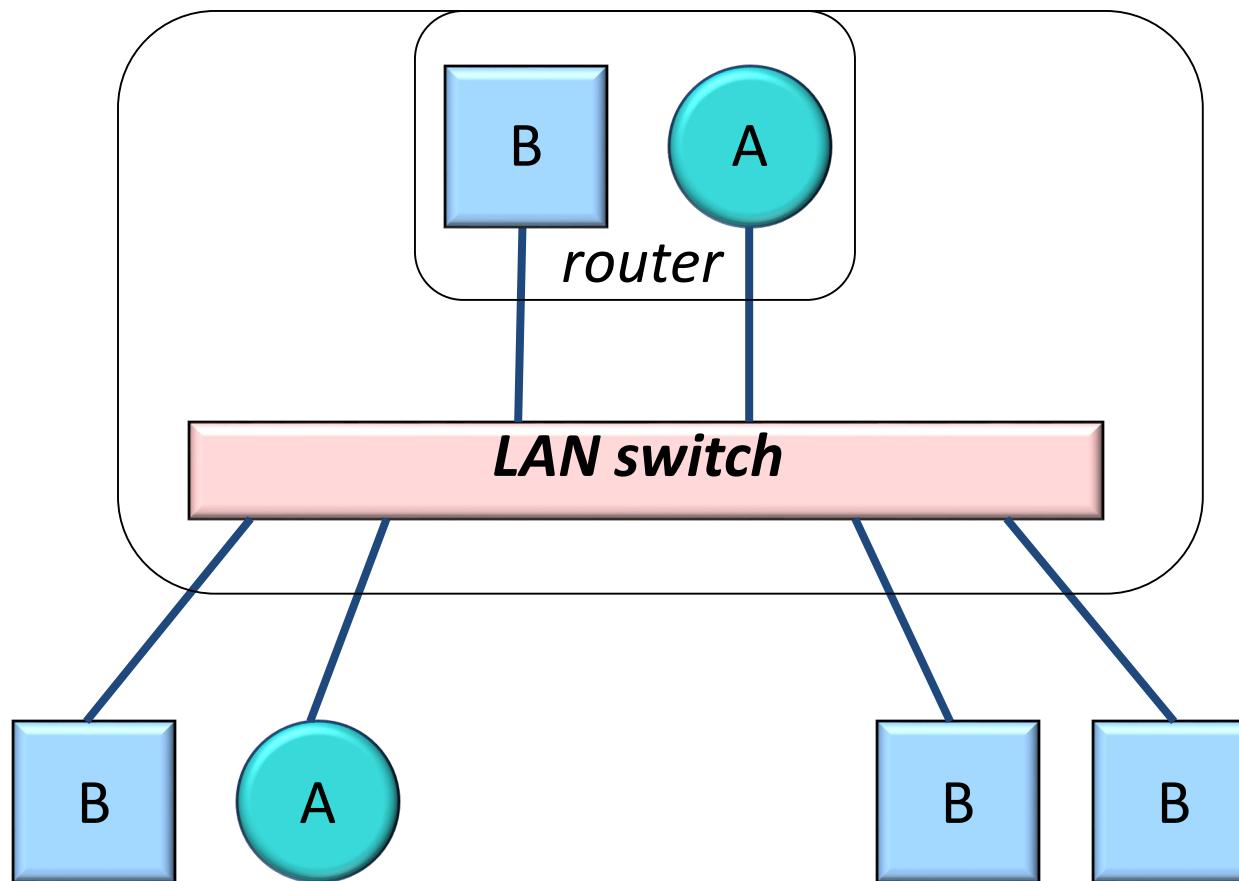
Laboratorio I. Telemática
(puertos VLAN 9-15)

La figura pertenece al libro “Computer Networking: A Top Down Approach”, 6th edition , Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2012.

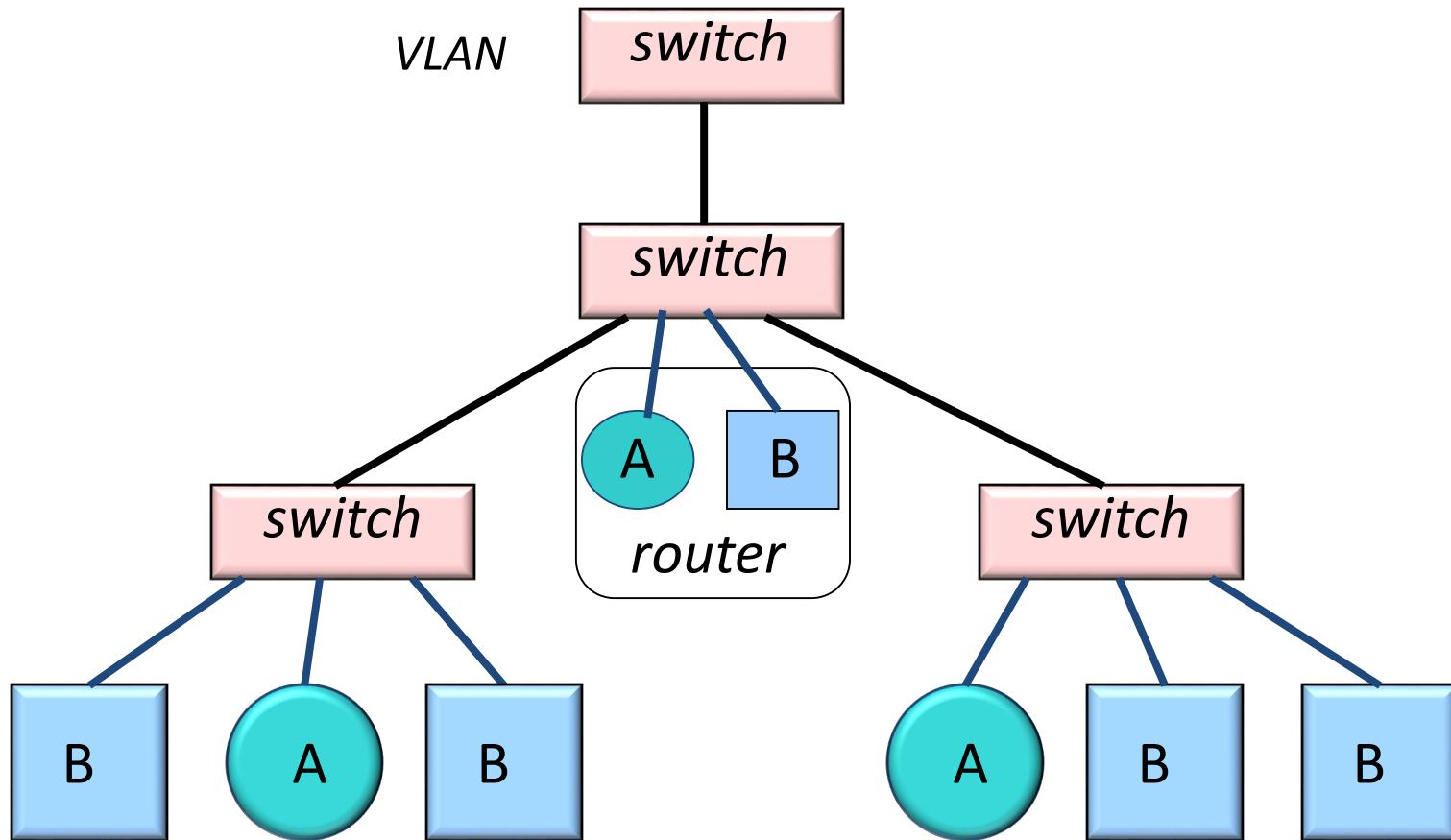
LAN virtuales (VLAN)



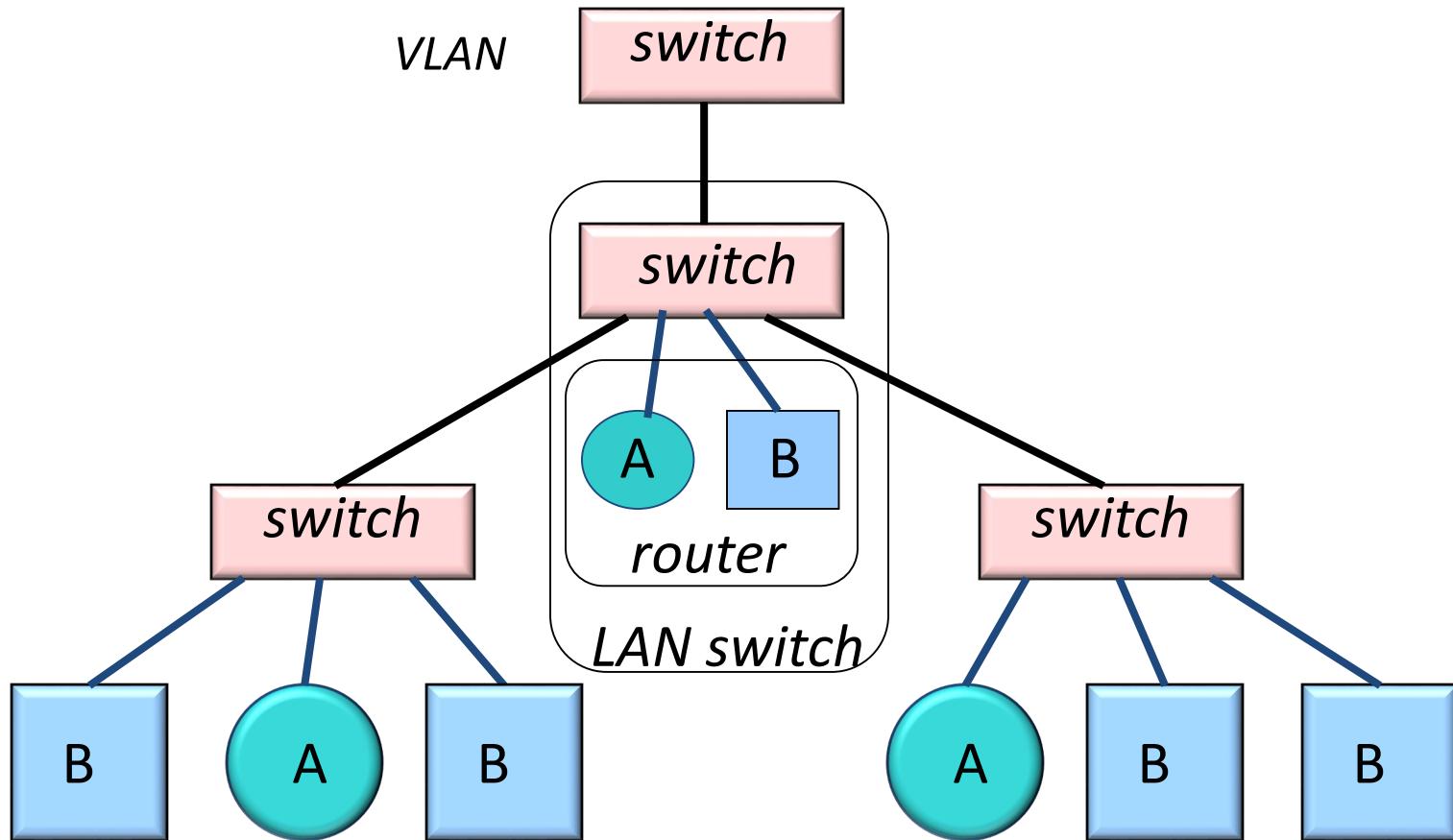
LAN virtuales (VLAN)



LAN virtuales (VLAN)

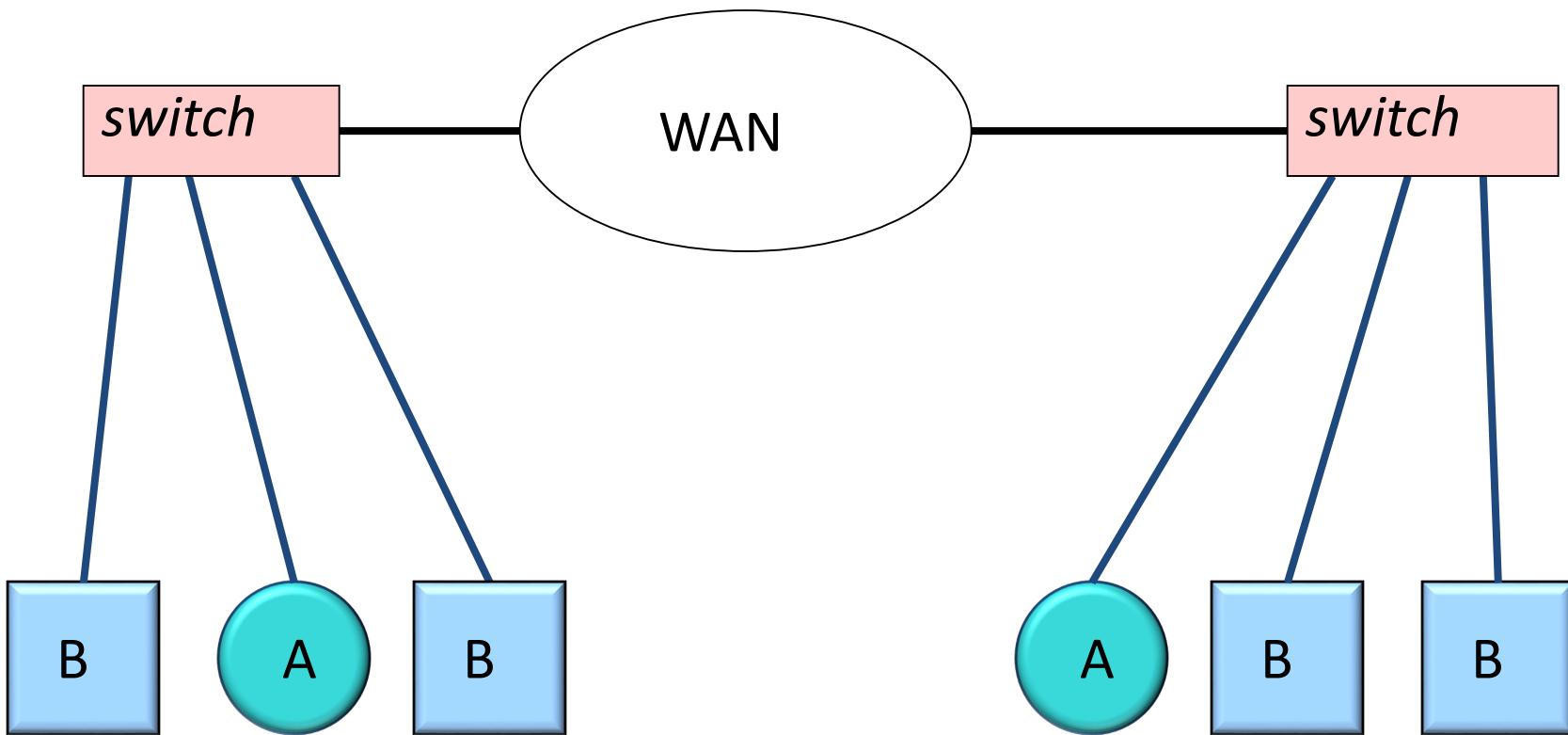


LAN virtuales (VLAN)



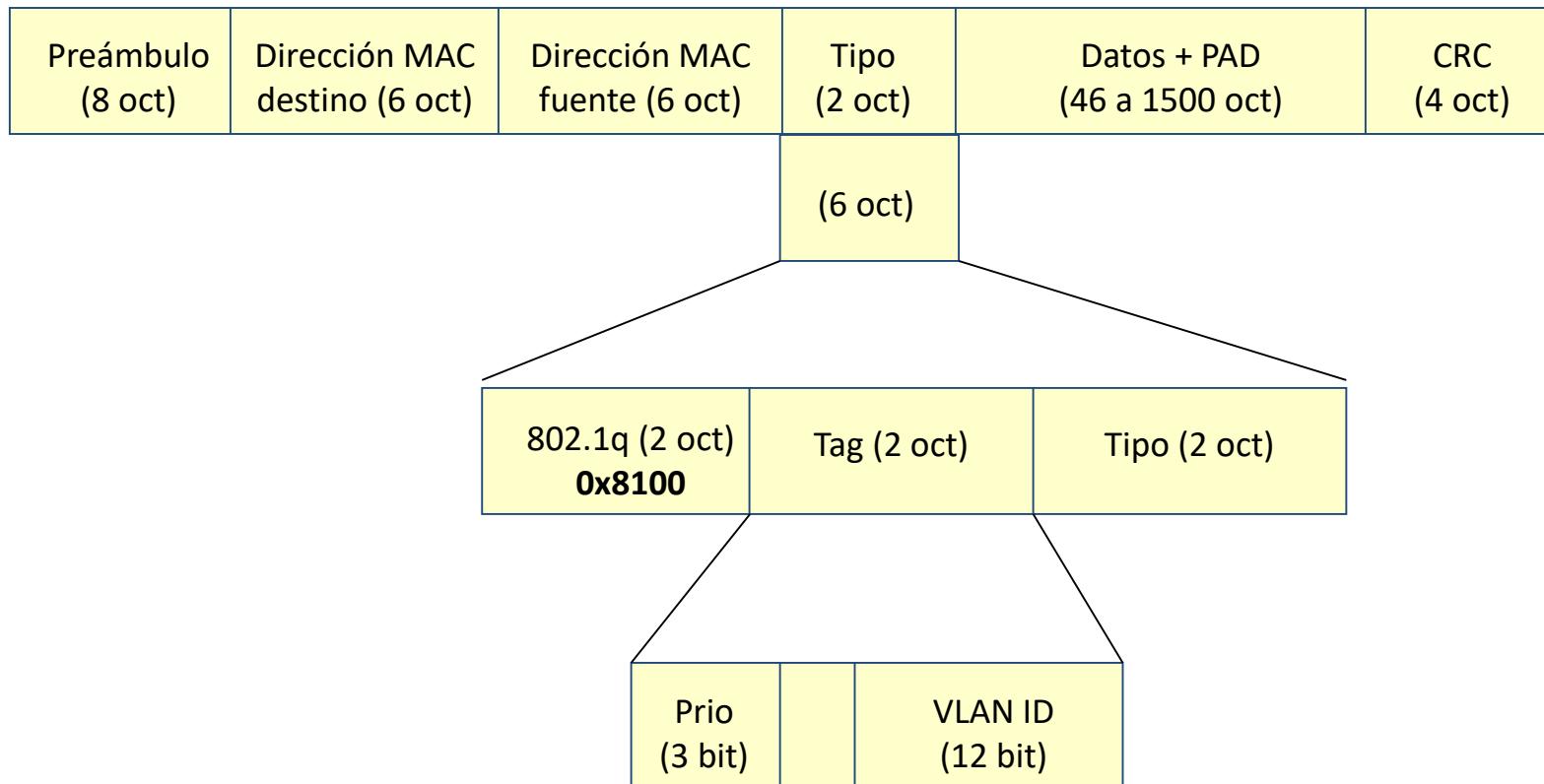
LAN virtuales (VLAN)

2) Varias LAN reales, varias virtuales



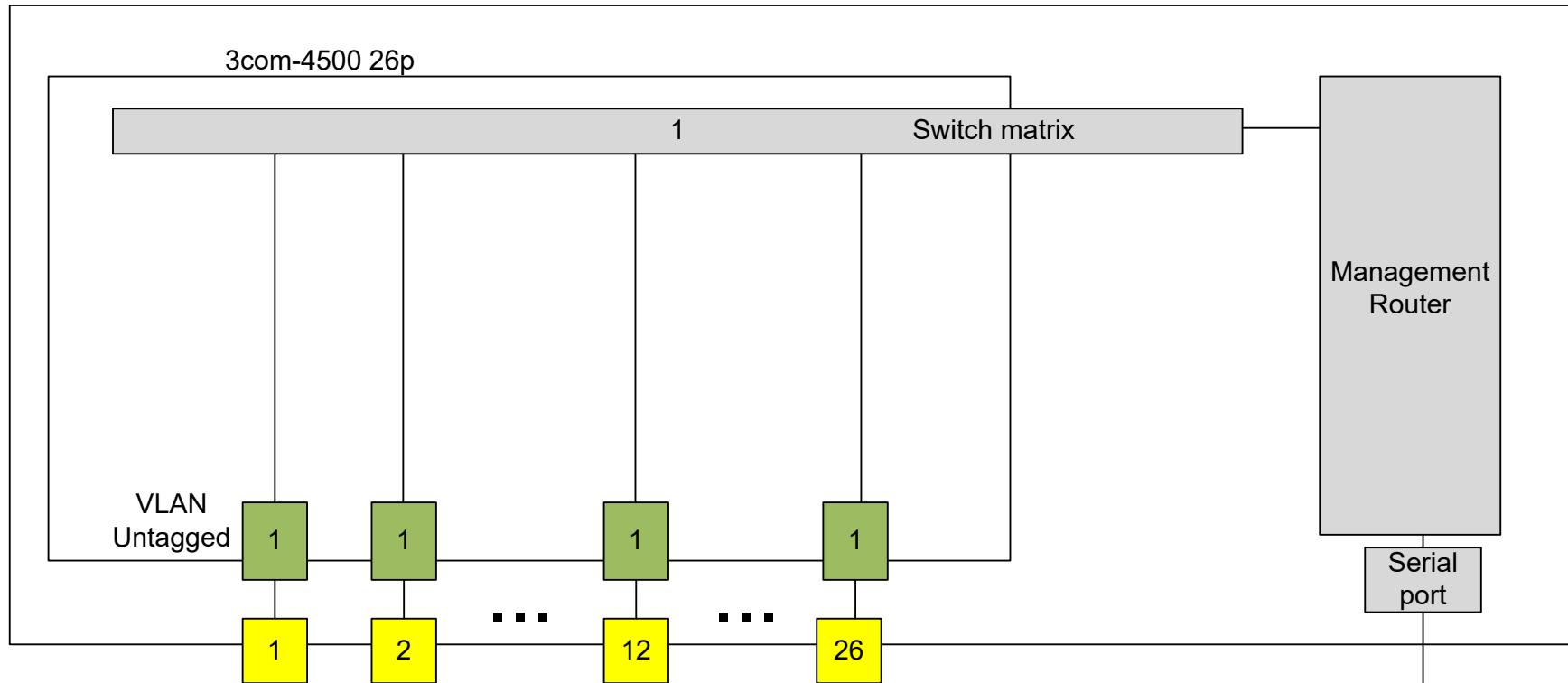
LAN virtuales (VLAN)

El protocolo 802.1Q permite LAN Virtuales marcadas (*Tagged*) o sin marcar (*Untagged*). En un mismo puerto pueden coexistir varias LAN *tagged* y una sola *untagged*.



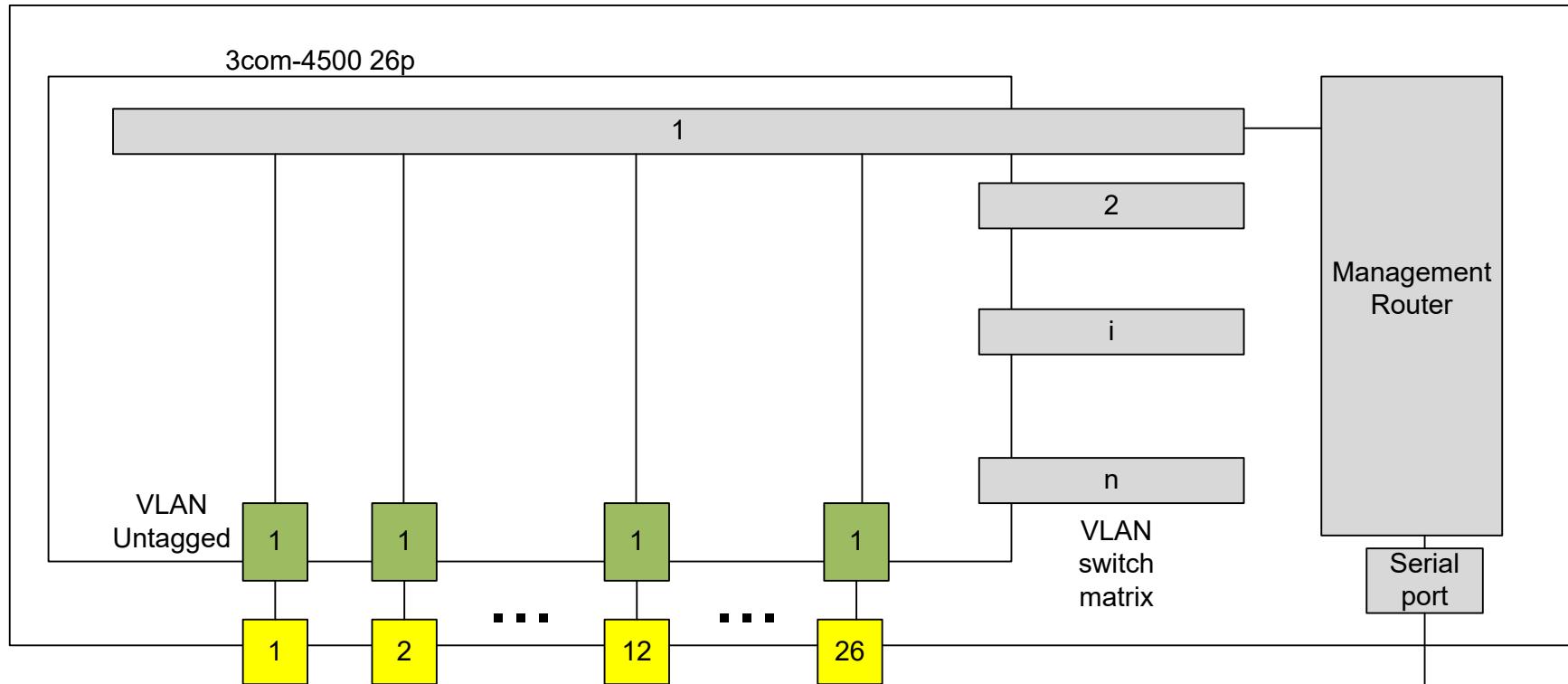
LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. 3Com-4500 26p



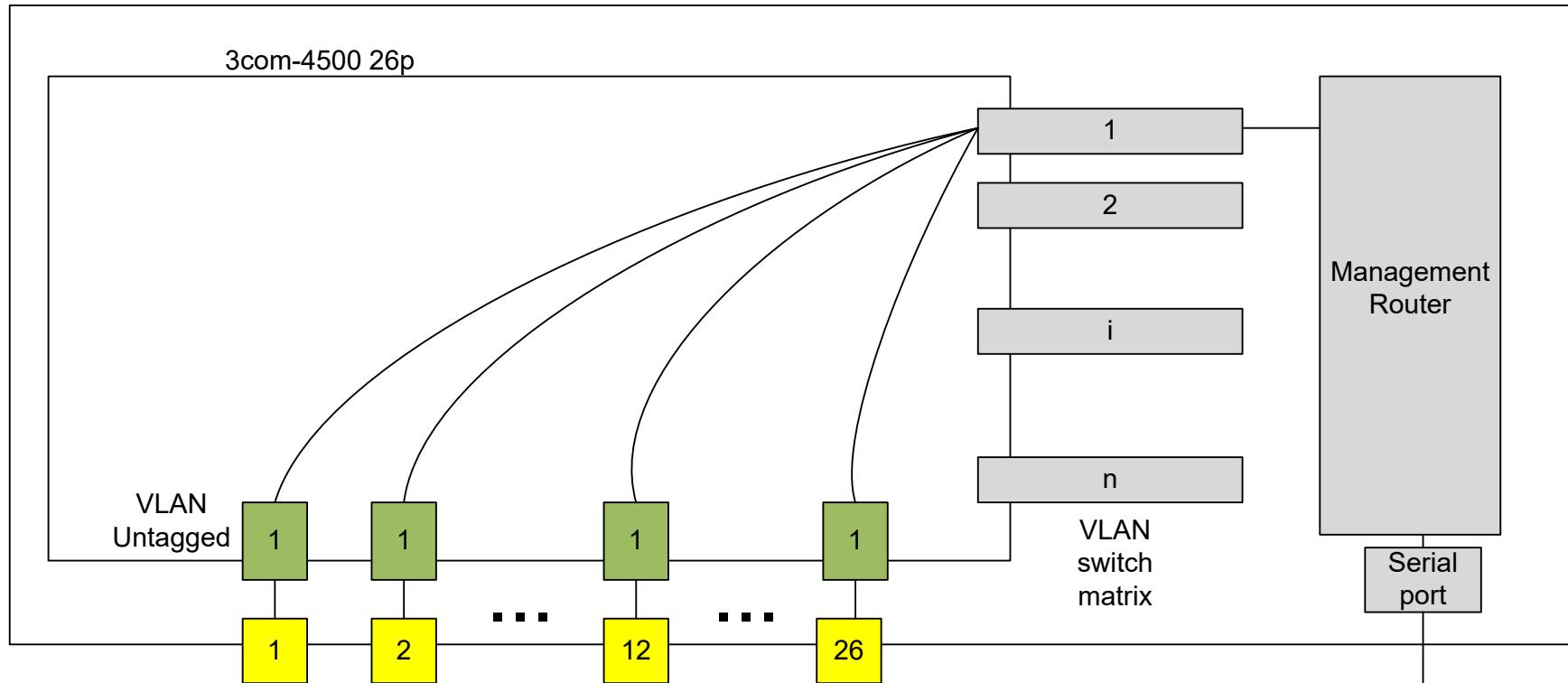
LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. 3Com-4500 26p



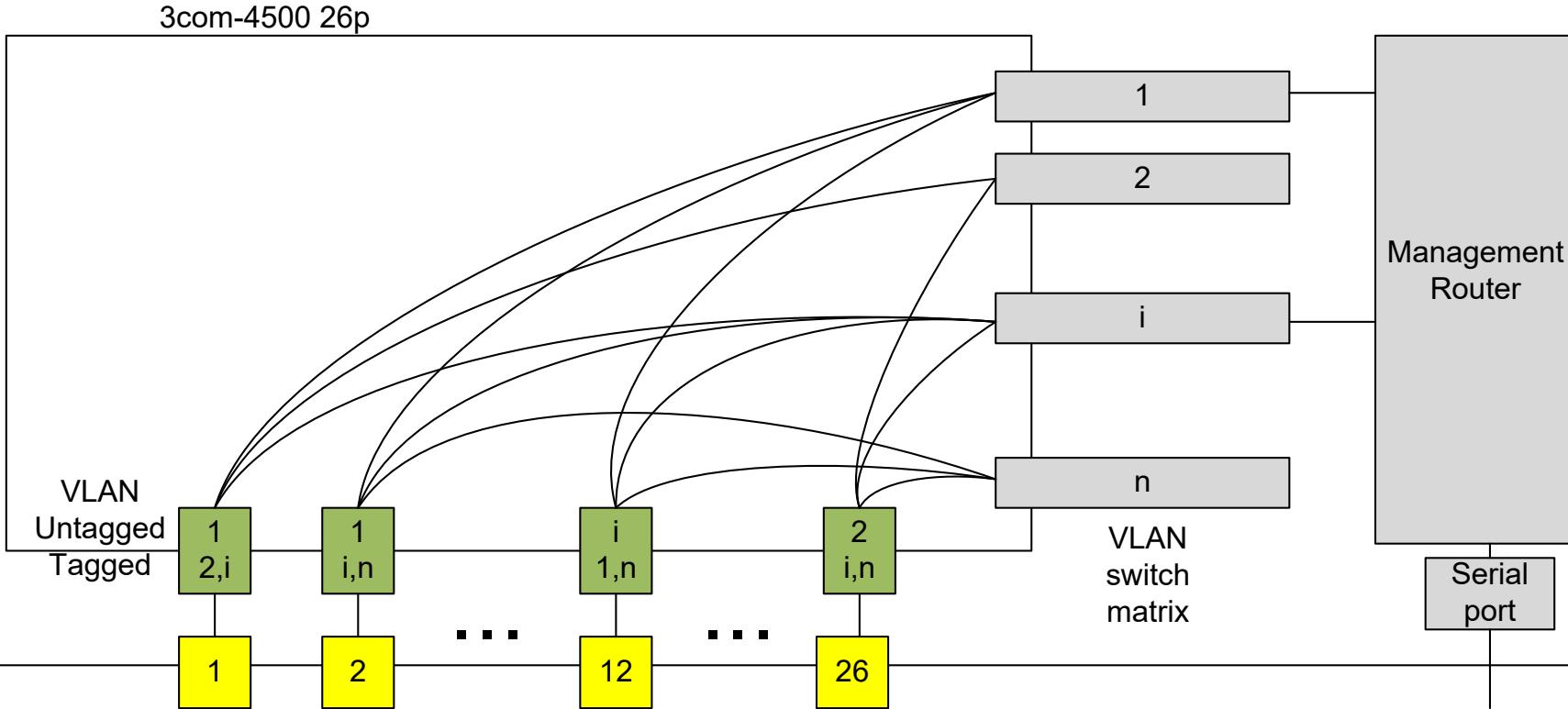
LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. 3Com-4500 26p



LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. 3Com-4500 26p

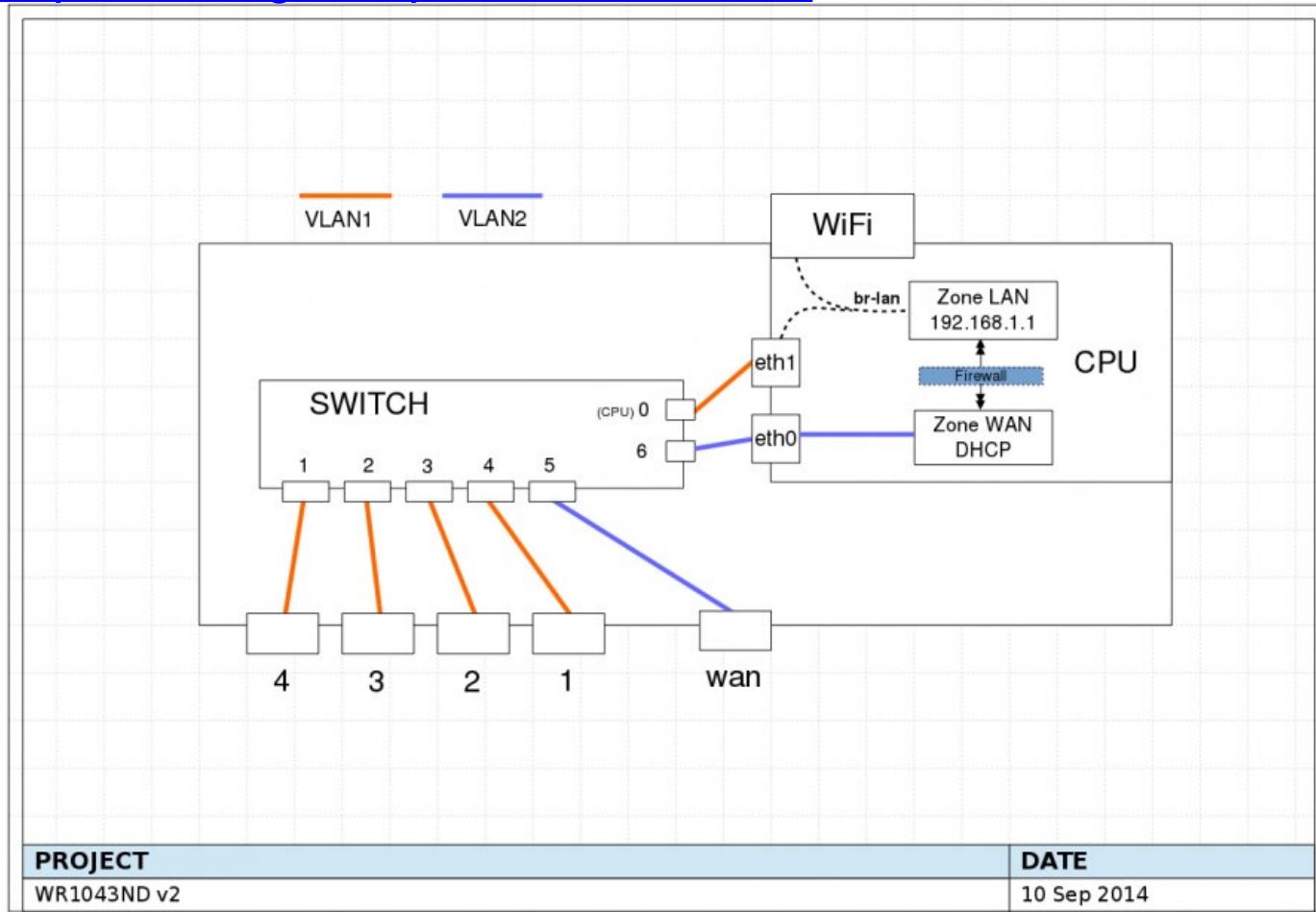


- **Tagged** means that the switch gives the VLAN header field to the end node hearing in that switch port
- If the switch port is **untagged**, the machine is not able to see the VLAN header

LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TPLink wr1043ndv2

<https://wiki.openwrt.org/toh/tp-link/tl-wr1043nd>



LAN virtuales (VLAN)

TPLink wr1043ndv2; una curiosidad:

Mientras capturamos tráfico con wireshark o tcpdump de un puerto wan o lan del router vamos a encender el router.

Aparecerá una trama UDP de tamaño 1043 donde nos indica que presionemos el botón de WPS/reset. Entonces lo hacemos (una o dos veces hasta que el asterisco luminoso del *router* parpadee rápidamente).

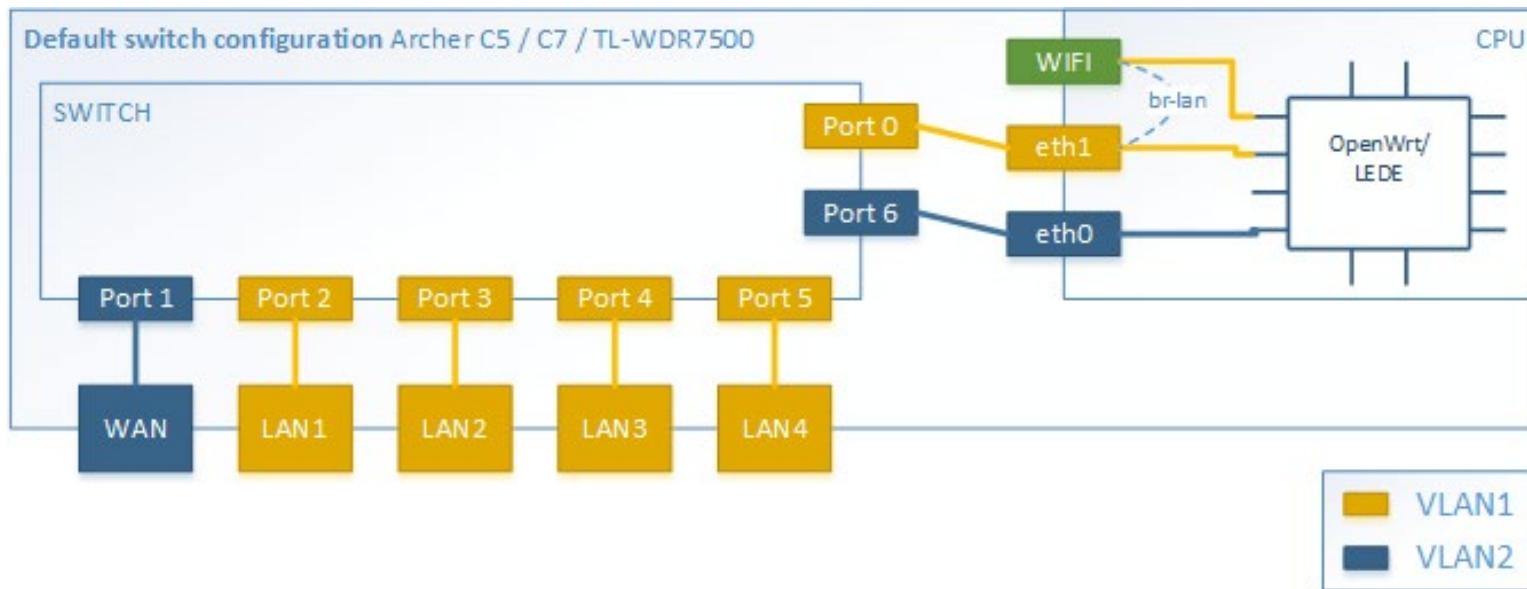
En esta situación podemos acceder al router a través de modo de fallos a la dirección 192.168.1.1. Lo haremos mediante protocolo telnet (pero no inmediatamente sino que debemos esperar un cierto tiempo a que se termine de iniciar el router).

Una vez dentro ejecutamos el comando `mount_root` que monta el directorio `overlay` donde se encuentran el fichero `etc/config/network` que deberemos cambiar.

LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TP-Link AC1750

<https://wiki.openwrt.org/toh/tp-link/archer-c5-c7-wdr7500>



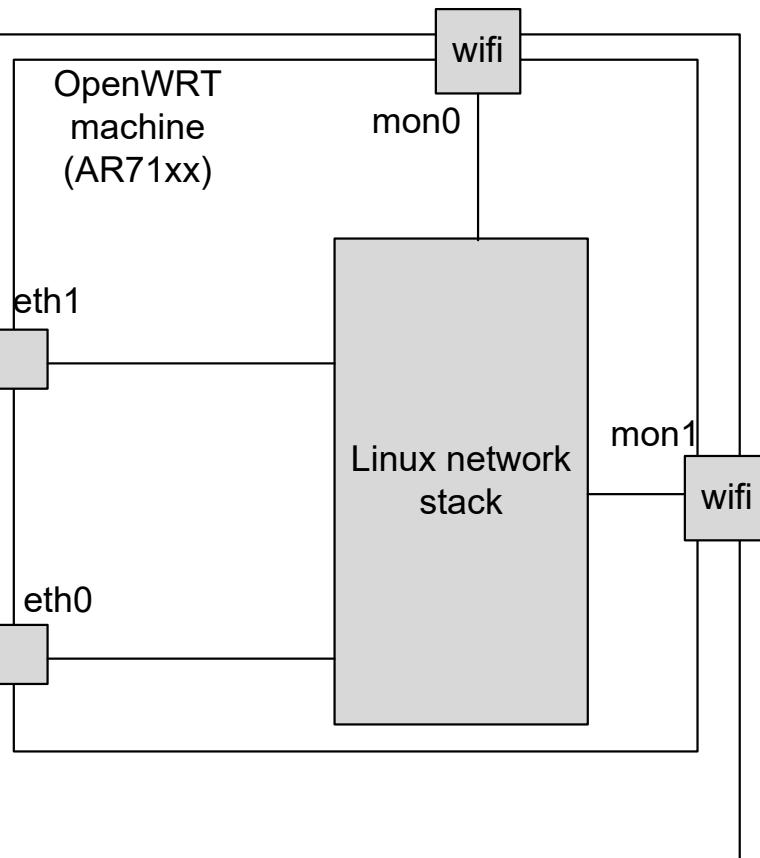
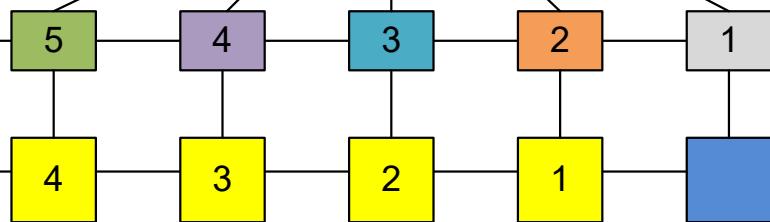
LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TP Link AC1750

TP Link router
Archer C7
For Wi-5 Odin

switch0
Atheros AR8327N-BL1A

Ethernet switch matrix



LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TPLink AC1750

Fichero /etc/config/network.

```
config switch
    option name 'switch0'
    option reset '1'
option enable_vlan '1'
option enable_learning '0'
```

```
config switch_vlan
    option vlan '1'
    option vid '1'
    option ports '2 0t'
    option device 'switch0'
```

```
config switch_vlan
    option vlan '2'
    option vid '2'
    option ports '3 0t'
    option device 'switch0'
```

```
config switch_vlan
    option vlan '3'
    option ports '4 0t'
    option device 'switch0'
```

```
config switch_vlan
    option vlan '4'
    option ports '5 0t'
    option device 'switch0'
```

```
config switch_vlan
    option vlan '5'
    option vid '5'
    option ports '1 6'
    option device 'switch0'
```

LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TPLink AC1750
Fichero /etc/config/network.

```
config interface 'wan'  
    option ifname 'eth0'  
    option proto 'static'  
    option netmask '255.255.255.0'  
    option ipaddr '155.210.157.226'  
    option gateway '155.210.157.254'  
    option broadcast '155.210.157.255'  
    option dns '155.210.12.9'
```

```
config interface 'lan1'  
    option ifname 'eth1.1'  
    option proto 'static'  
    option netmask '255.255.255.0'  
    option ipaddr '192.168.1.2'  
    option broadcast '192.168.1.255'
```

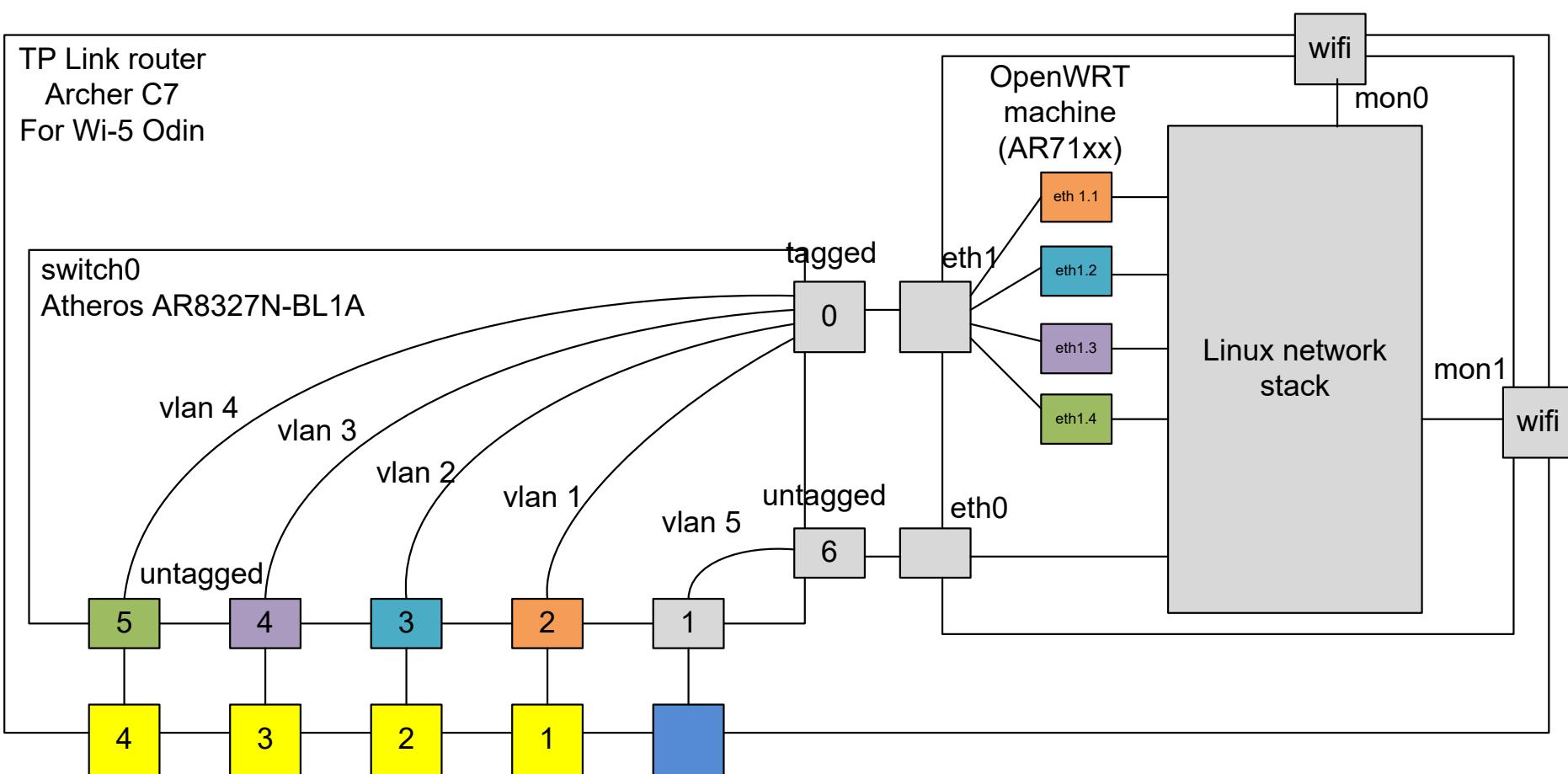
```
config interface 'lan2'  
    option ifname 'eth1.2'  
    option proto 'static'
```

```
config interface 'lan3'  
    option ifname 'eth1.3'  
    option proto 'static'
```

```
config interface 'lan4'  
    option ifname 'eth1.4'  
    option proto 'static'
```

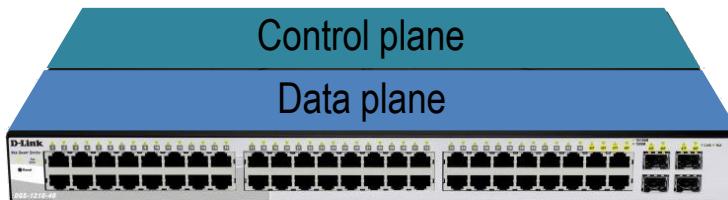
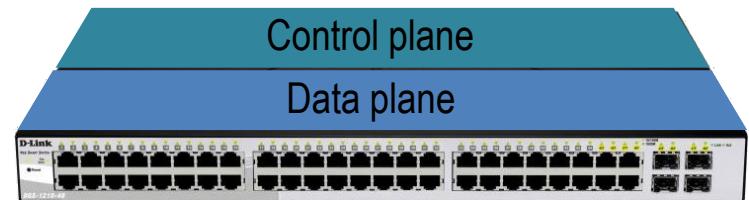
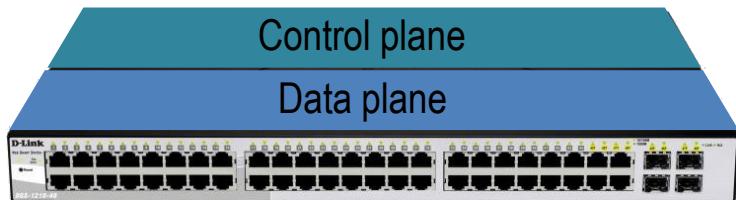
LAN virtuales (VLAN)

Ejemplo de VLAN. TP Link AC1750



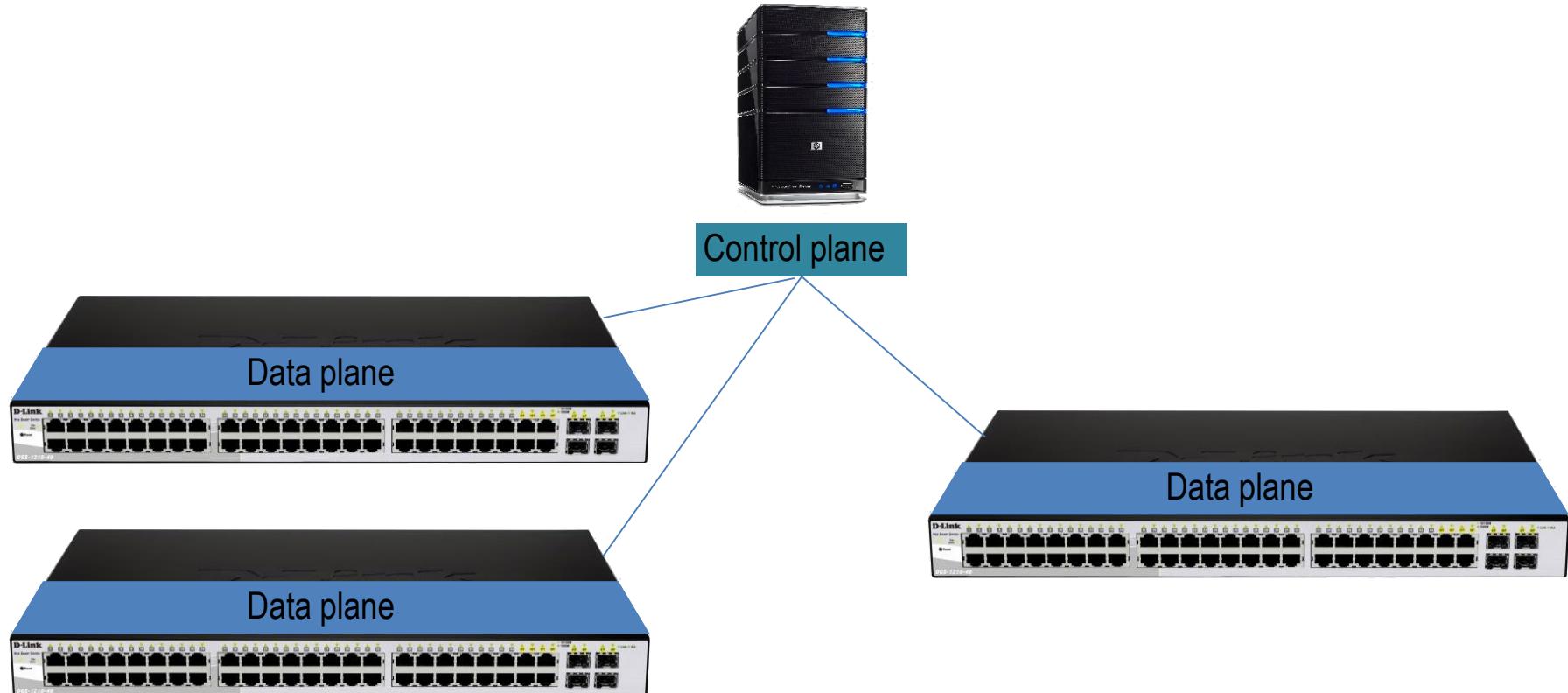
SDN (Software-Defined Network)

Si no hay SDN cada equipo de red (router, switch, AP, ...) tiene su propio plano de control.

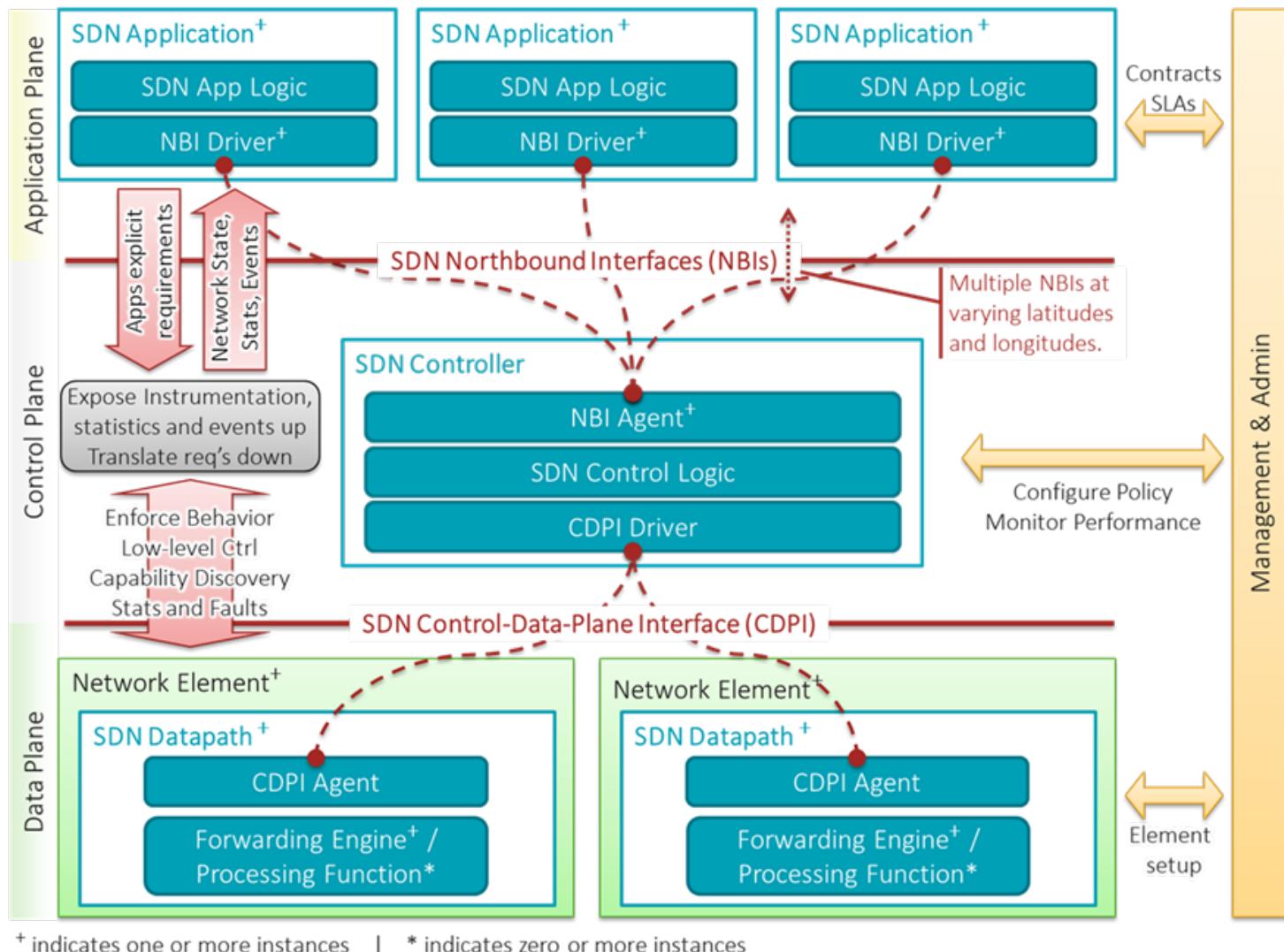


SDN (Software-Defined Network)

Si hay SDN el plano de control de cada equipo desaparece y este se ubica en un elemento exterior permitiendo que las aplicaciones y los servicios se abstraigan de la tecnología. Cada equipo se conecta con el plano de control mediante un protocolo específico (por ejemplo openflow)

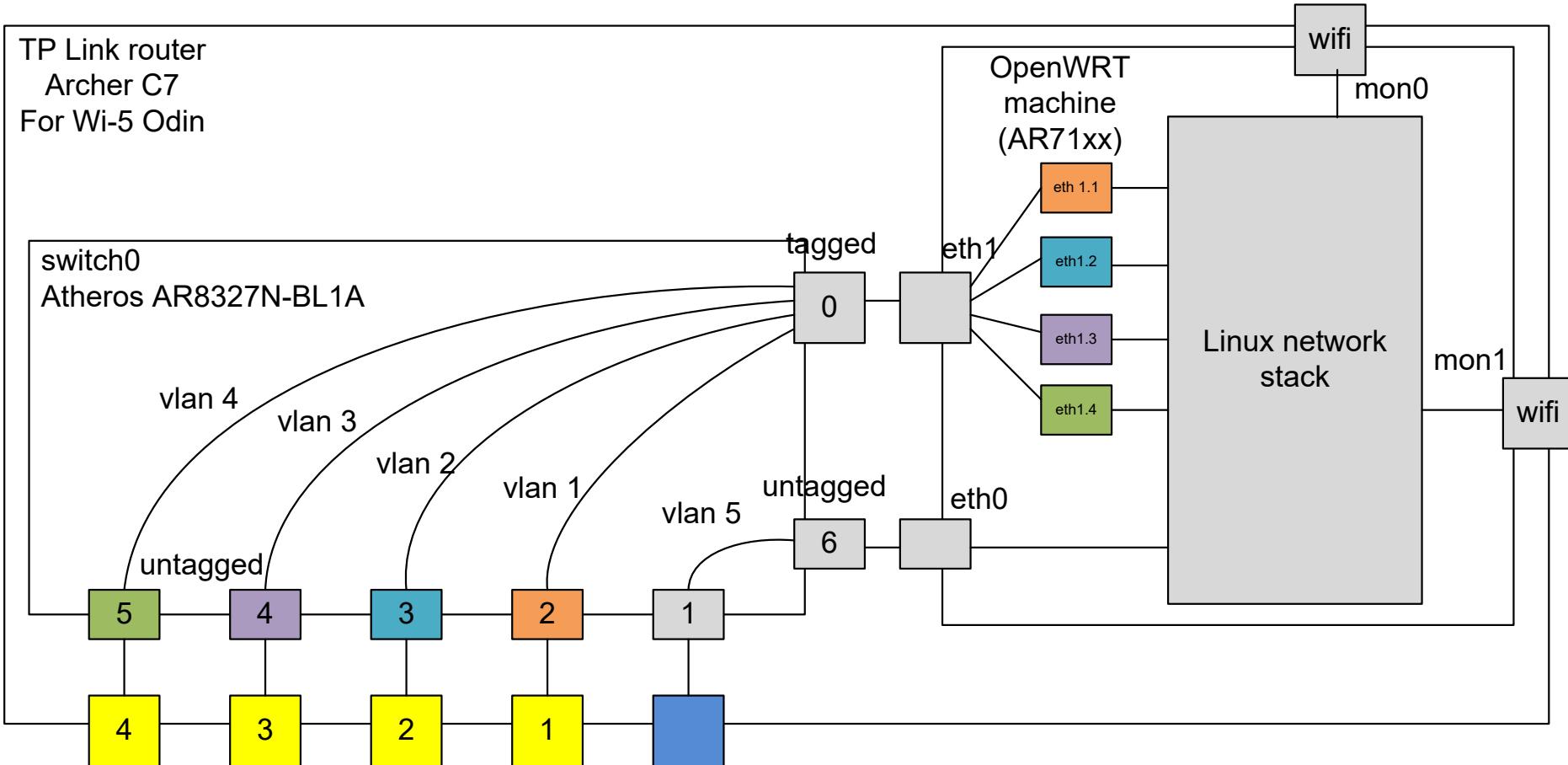


SDN (Software-Defined Network)



SDN (Software-Defined Network)

Ejemplo de SDN. TP Link AC1750. Situación inicial sin SDN



SDN (Software-Defined Network)

Ejemplo de SDN. TPLink AC1750

Ejecutamos los siguientes comandos de open-wrt

```
/etc/init.d/openvswitch start  
ovs-vsctl add-br br0  
ifconfig br0 up  
ovs-vsctl set-controller br0 tcp:IPcontroler:6633  
ifconfig eth1.2 up  
ifconfig eth1.3 up  
ifconfig eth1.4 up  
ovs-vsctl add-port br0 eth1.2  
ovs-vsctl add-port br0 eth1.3  
ovs-vsctl add-port br0 eth1.4  
  
#definimos el flujo para dhcp, el servidor está en el puerto 2 (eth1.3)  
ovs-vsctl add-flow br0 in_port=1, dl_type=0x0800, nw_proto=17, tp_dst=67, actions=output:2  
ovs-vsctl add-flow br0 in_port=3, dl_type=0x0800, nw_proto=17, tp_dst=67, actions=output:2  
ovs-vsctl add-flow br0 in_port=2, dl_type=0x0800, nw_proto=17, tp_dst=68, actions=output:1,3
```

El resto de flujos los manda al controlador mediante el protocolo openflow. El controlador lo configuramos como learning_switch (switch normal)

SDN (Software-Defined Network)

Ejemplo de SDN. TP Link AC1750

