



Objetivo

● Describir los principios operativos del switch Ethernet, el dispositivo de redes más cercano a los usuarios finales,

Manual de clases

Última modificación:
19 de abril de 2023

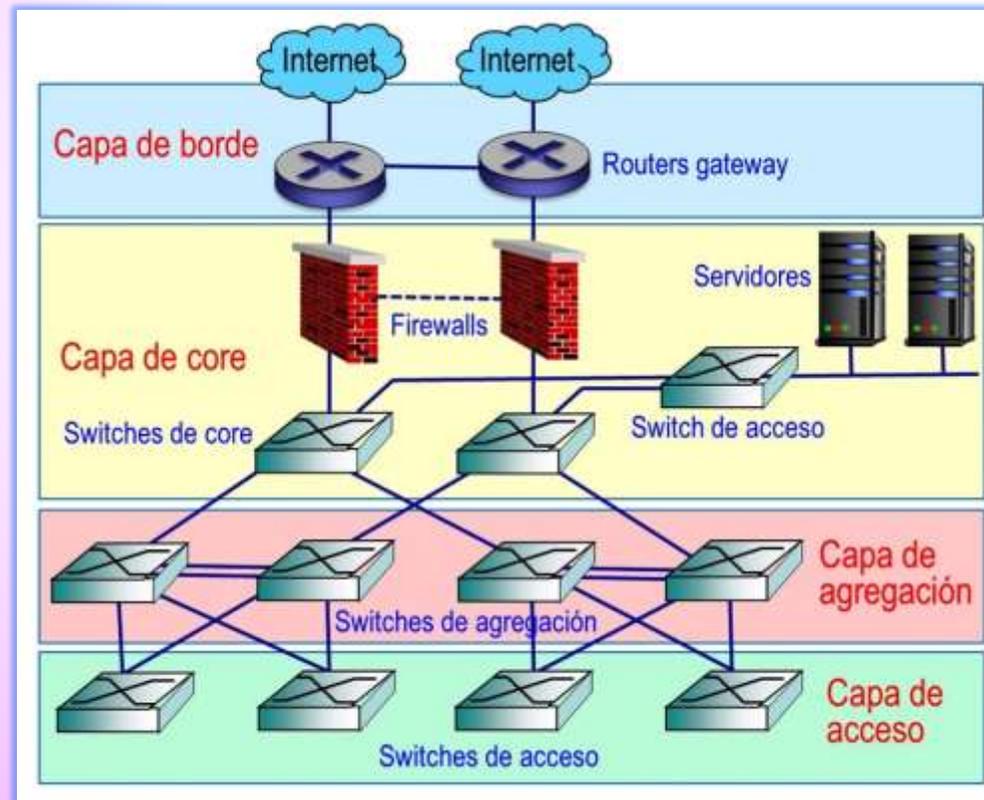
Tema 1 de:
SWITCHING ETHERNET
Edison Coimbra G.

1. ASPECTOS GENERALES DE LOS SWITCHES ETHERNET

EL SWITCH ETHERNET

Arquitectura típica de una LAN

- Una red LAN de campus típica está compuesta por diferentes dispositivos, como router, switches y firewalls.
- Generalmente, una red de campus adopta una arquitectura multicapa, que incluye:
 - La capa de acceso
 - La capa de agregación
 - La capa de core
 - La capa de borde o salida.

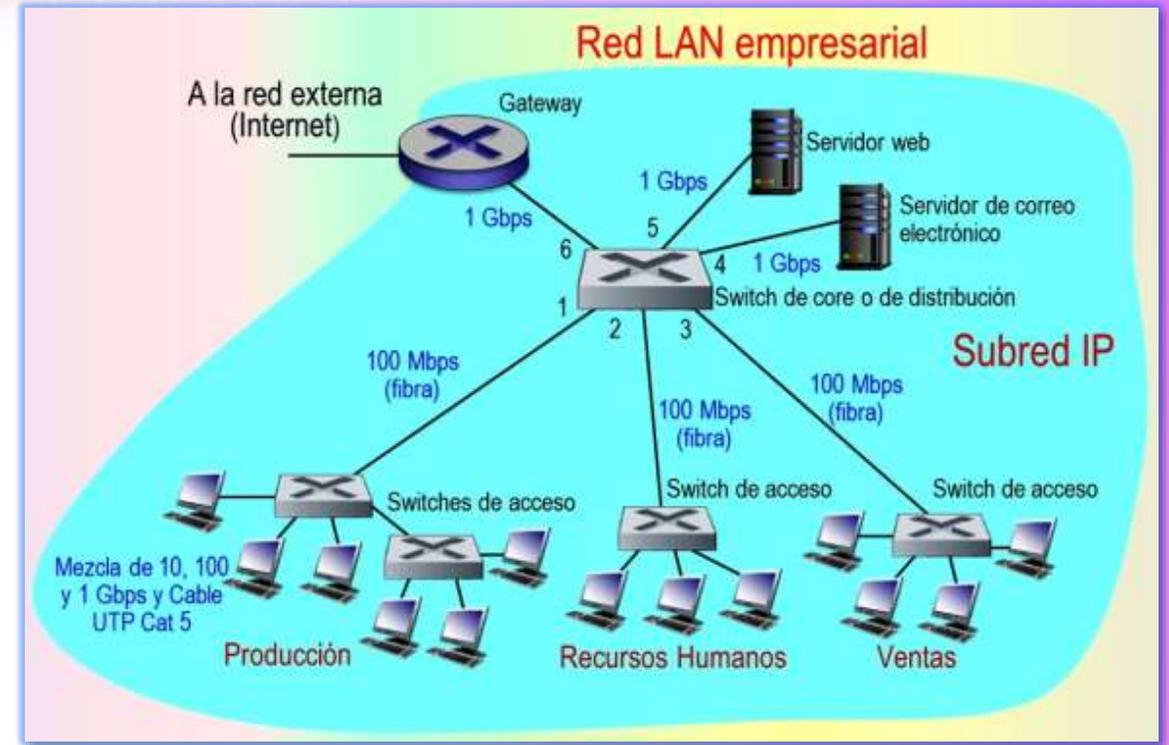


Aspectos generales de los switches Ethernet

EL SWITCH ETHERNET

Switch Ethernet de capa 2 y de capa 3 (CISCO, 2015)

- ▶ **1. Switch Ethernet de capa 2.** En una red de campus, un switch es el dispositivo más cercano a los usuarios finales y se utiliza para conectar hosts a la red de campus. Los switches de la capa de acceso son típicamente **switches de capa 2**.
 - El **switch de capa 2** funciona en la segunda capa de modelo TCP/IP, que es la capa de enlace de datos.
 - El **switch Ethernet de capa 2** reenvía paquetes de datos a través de interfaces Ethernet. Puede direccionar y reenviar datos solo de acuerdo con la **dirección MAC** contenida en un encabezado de capa 2 (encabezado de trama Ethernet).
- ▶ **2. Switch Ethernet de capa 3.** Los router se requieren para implementar la comunicación de red entre diferentes LAN. A medida que las redes de comunicación de datos se expanden y emergen más servicios en las redes, se necesita incrementar el tráfico entre las redes.
 - Los **router** no pueden adaptarse a esta tendencia de desarrollo debido a sus altos costos, bajo rendimiento de reenvío y pequeñas cantidades de interfaces. Se requieren, por tanto, nuevos dispositivos capaces de reenvío de alta velocidad de capa 3, tales son los **switches de capa 3**. Se analizarán junto con las redes LAN virtuales, VLAN.
 - En este documento, solo se consideran los switches Ethernet de capa 2.



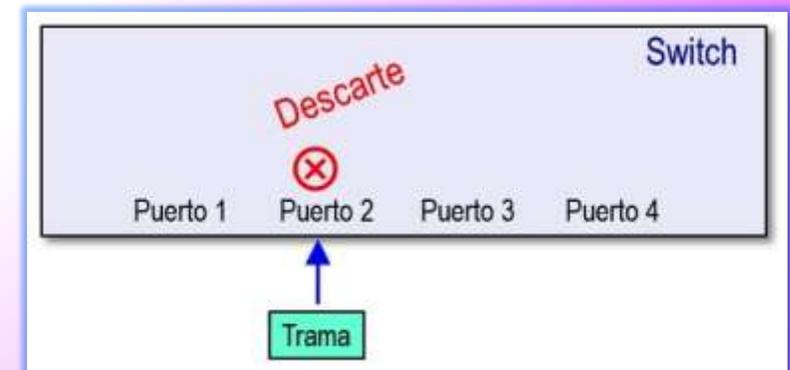
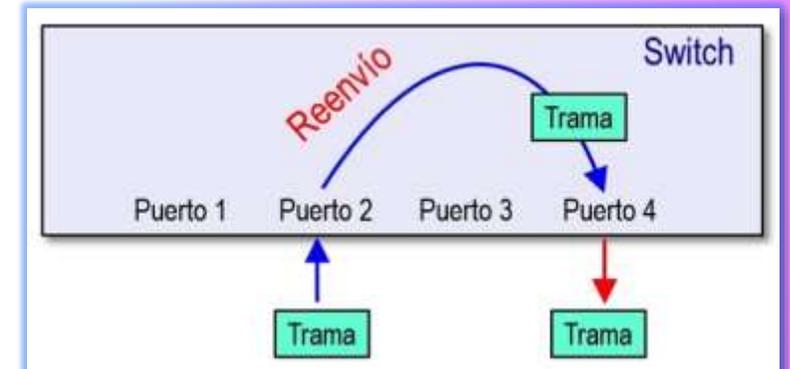
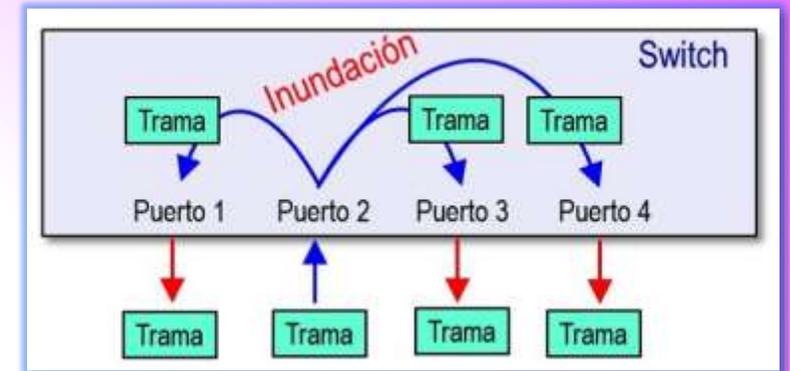
Aspectos generales de los switches Ethernet

EL SWITCH ETHERNET

Principios operativos de un switch

(Huawei, 2020)

- **Los switches** funcionan en la capa de enlace y reenvían las tramas que entran a una de sus interfaces con base a las direcciones MAC. Sus interfaces son independientes entre si.
- **Un switch** puede procesa las tramas de tres maneras: **inundación**, **reenvío** y **descarte**.
 - **▶1. Inundación.** Reenvía las tramas recibidas desde una interfaz a todas las demás interfaces.
 - **▶2. Reenvío.** Reenvía las tramas recibidas de una interfaz a otra.
 - **▶3. Descarte.** Descarta las tramas recibidas por una interfaz.



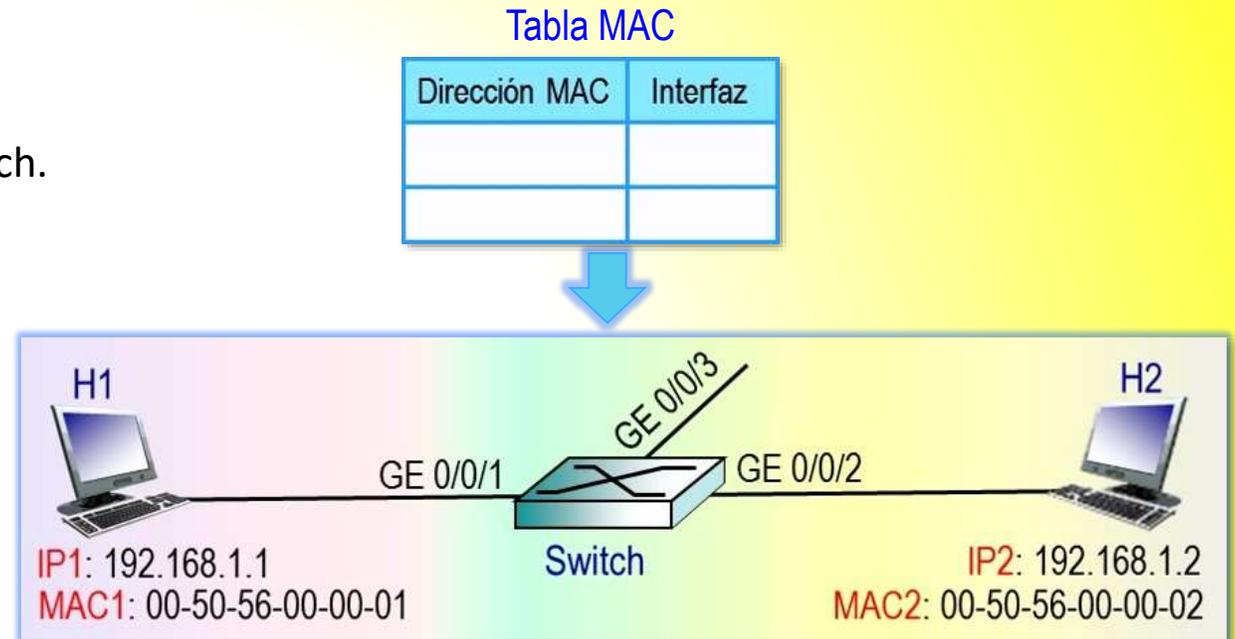
2. PRINCIPIOS OPERATIVOS DEL SWITCH – PARTE 1

EL SWITCH ETHERNET

Escenario inicial

(Huawei, 2020)

- ▶ **1.** H1 desea enviar datos a H2, y lo hace a través del switch.
- ▶ **2.** El switch tiene una **Tabla de Direcciones MAC** (Tabla MAC) que registra el mapeo entre las direcciones MAC y las interfaces, inicialmente está vacía.
- ▶ **3.** Para reenviar una trama, el switch busca en su Tabla MAC, la dirección MAC de destino de la trama.
- ▶ **4.** En el estado inicial, un switch no conoce la dirección MAC de ningún host conectado. Por lo tanto, su Tabla MAC está vacía.
- ▶ **5.** El llenado y mantenimiento de la Tabla MAC se realiza mediante el aprendizaje del switch de las direcciones MAC de origen de las tramas Ethernet.



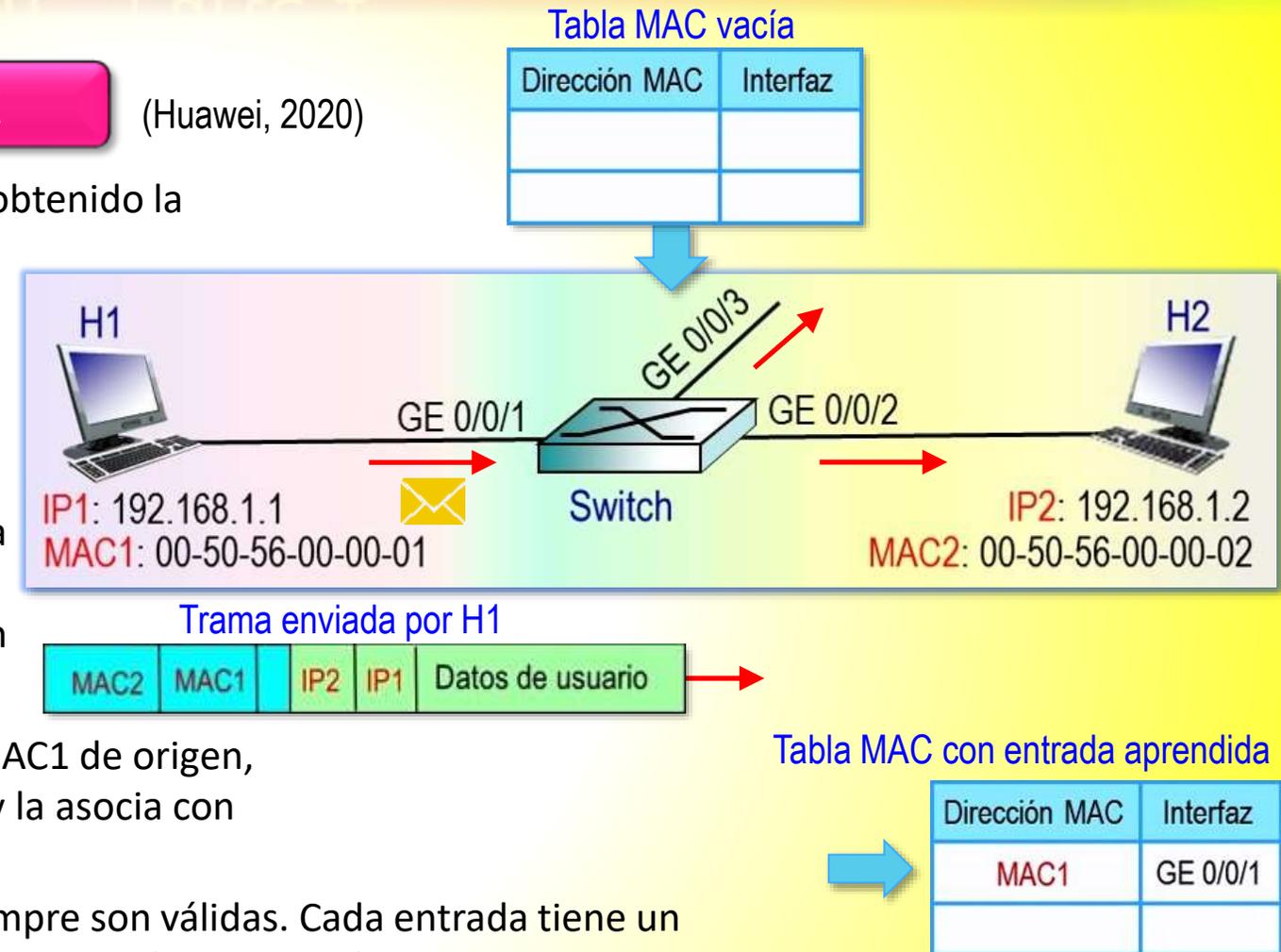
Principios operativos del switch – Parte 1

EL SWITCH ETHERNET

Evento 1. H1 conoce la dirección MAC de H2

(Huawei, 2020)

- ▶ **1.** H1 desea enviar datos a H2. Se asume que H1 ha obtenido la dirección IP2 y la dirección MAC2 de H2.
- ▶ **2.** H1 envía una trama unicast con su propia dirección IP1 de origen y dirección MAC1 de origen.
- ▶ **3.** Después de recibir la trama unicast, el switch busca en su Tabla MAC la dirección MAC2 de destino, si no encuentra ningún dato coincidente, considera a la trama una **trama unicast desconocida**, por lo que procede a inundarla en todas las interfaces, excepto en la interfaz que recibe la trama.
- ▶ **4.** Al mismo tiempo, el switch aprende la dirección MAC1 de origen, crea la entrada correspondiente de la dirección MAC1 y la asocia con la interfaz por donde entró la trama, la GE 0/0/1.
 - ✉ Las **entradas aprendidas** dinámicamente no siempre son válidas. Cada entrada tiene un tiempo de vida útil que se denomina **tiempo de caducidad (Aging Time)**. Si una entrada no se actualiza dentro de este tiempo de vida útil, se elimina.
 - ✉ El **tiempo de caducidad** predeterminado de algunos switches comerciales ronda los 300 segundos.



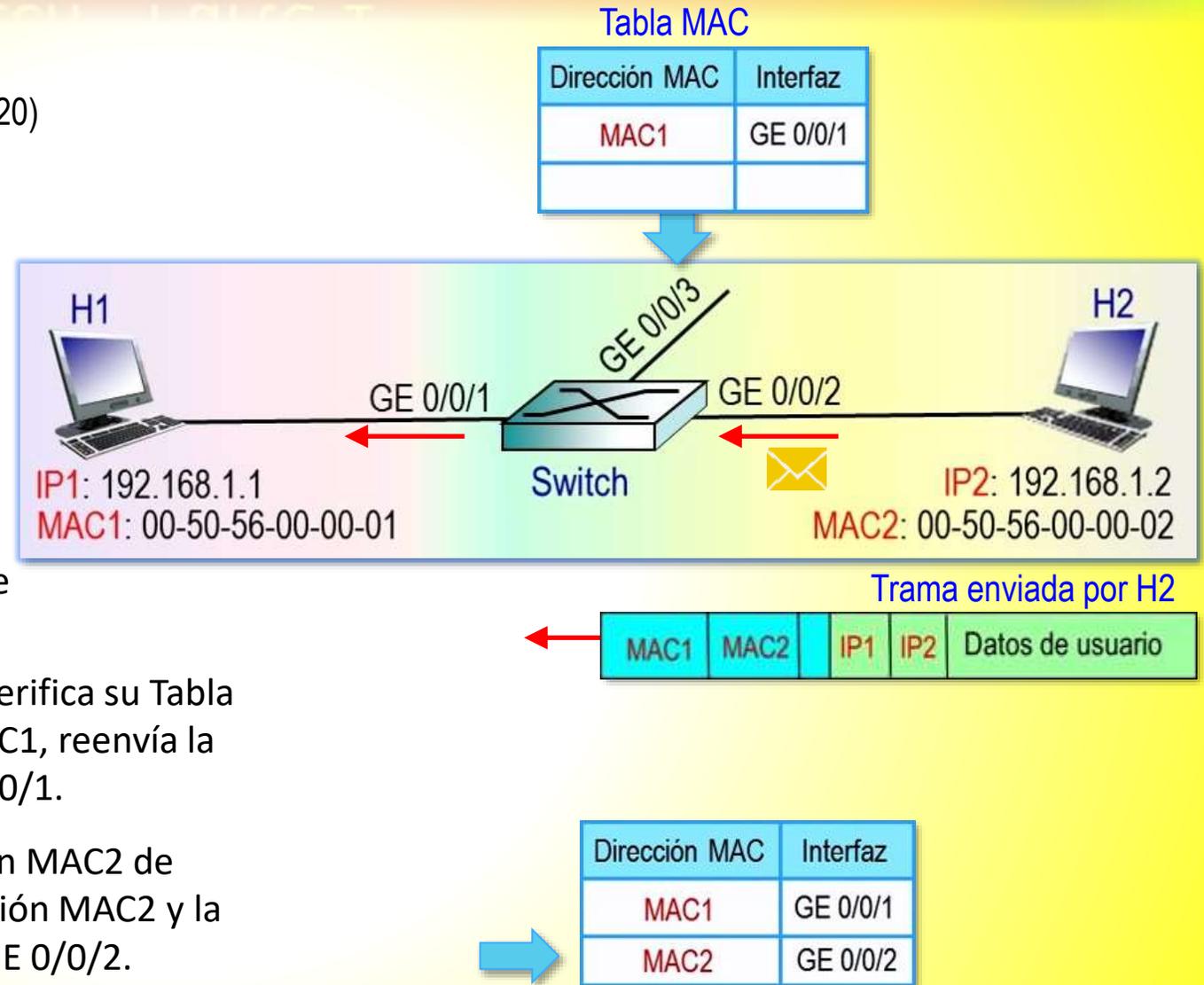
Principios operativos del switch - Parte 1

EL SWITCH ETHERNET

Evento 2. H2 responde a H1

(Huawei, 2020)

- ▶ **1.** Todos los host de la red de difusión reciben la trama unicast desconocida, pero solo el H2 la procesa porque la dirección MAC2 de destino es la dirección MAC2 de H2.
- ▶ **2.** La trama difundida es también recibida por otros hosts conectados a otras interfaces del Switch. Sin embargo, estos hosts descartan la trama.
- ▶ **3.** H2 envía, entonces, una trama de respuesta que es una trama unicast dirigida a H1.
- ▶ **4.** Después de recibir la trama unicast, el Switch verifica su Tabla MAC. Si encuentra una entrada coincidente con MAC1, reenvía la trama a través de la interfaz correspondiente, GE 0/0/1.
- ▶ **6.** Al mismo tiempo, el switch aprende la dirección MAC2 de origen, crea la entrada correspondiente de la dirección MAC2 y la asocia con la interfaz por donde entró la trama, la GE 0/0/2.



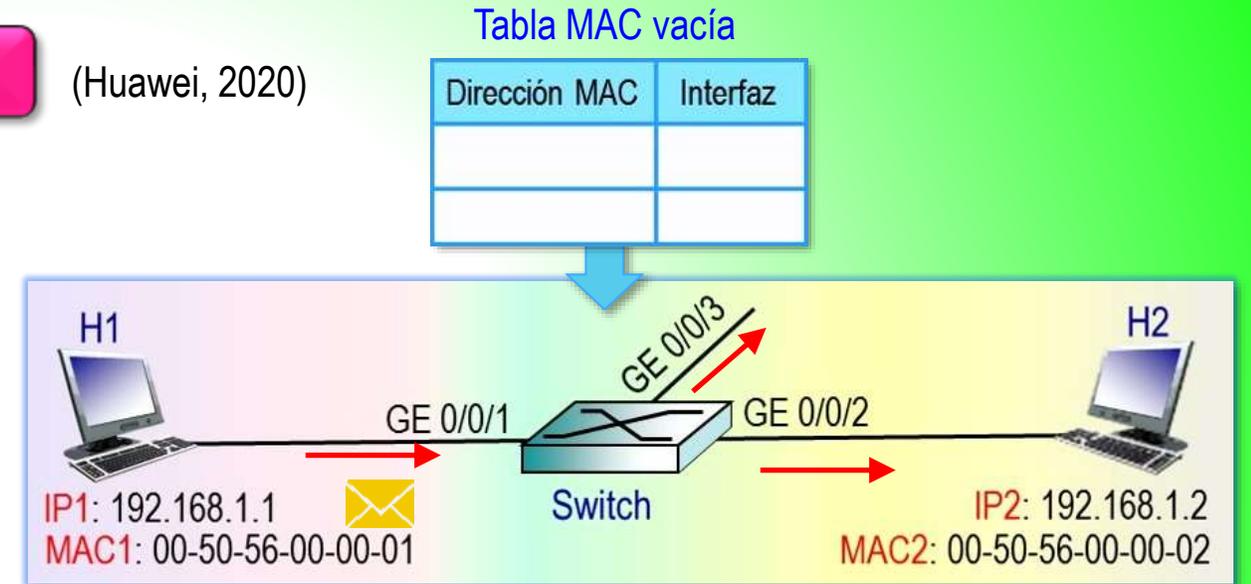
3. PRINCIPIOS OPERATIVOS DEL SWITCH - PARTE 2

EL SWITCH ETHERNET

Evento 1. H1 no conoce la dirección MAC de H2

- ▶ **1.** H1 desea enviar datos a H2. Se asume que H1 ha obtenido la dirección IP2 de H2 pero no su dirección MAC2.
- ▶ **2.** H1 envía al switch un paquete de Consulta ARP (consulta la dirección MAC2), la cual se encapsula en una trama ARP de difusión o broadcast (FF-FF-FF-FF-FF-FF), con su propia dirección IP1 de origen y dirección MAC1 de origen.
- ▶ **3.** Después de recibir la trama broadcast, el switch inunda directamente la trama broadcast.
- ▶ **4.** Al mismo tiempo, el Switch aprende la dirección MAC1 de origen, crea la entrada correspondiente de la dirección MAC1 y la asocia con la interfaz por donde entró la trama, la GE 0/0/1.

(Huawei, 2020)



Trama enviada por H1



Tabla MAC con entrada aprendida

Dirección MAC	Interfaz
MAC1	GE 0/0/1

Principios operativos del switch - Parte 2

EL SWITCH ETHERNET

Evento 2. H2 responde a H1

(Huawei, 2020)

- ▶ **1.** Todos los host de la red de difusión reciben la trama broadcast, y realizan una comprobación para ver si su dirección IP corresponde con la dirección IP2 de destino contenida en la trama de difusión.
- ▶ **2.** H2, que recibe la trama broadcast, encuentra que la dirección IP2 de destino (192.168.1.2) contenida en la trama, coincide con la dirección IP de su interfaz.
- ▶ **3.** La trama broadcast es también recibida por otros hosts conectados a otras interfaces del switch. Sin embargo, la descartan por no haber correspondencia.
- ▶ **4.** H2 envía, entonces, una trama de respuesta, que ahora es una trama unicast dirigida a H1.
- ▶ **5.** Después de recibir la trama unicast, el switch verifica su Tabla MAC. Si encuentra una entrada coincidente con MAC1, reenvía la trama a través de la interfaz correspondiente, GE 0/0/1.
- ▶ **6.** Al mismo tiempo, el switch aprende la dirección MAC2 de origen, crea la entrada correspondiente de la dirección MAC2 y la asocia con la interfaz por donde entró la trama, la GE 0/0/2.

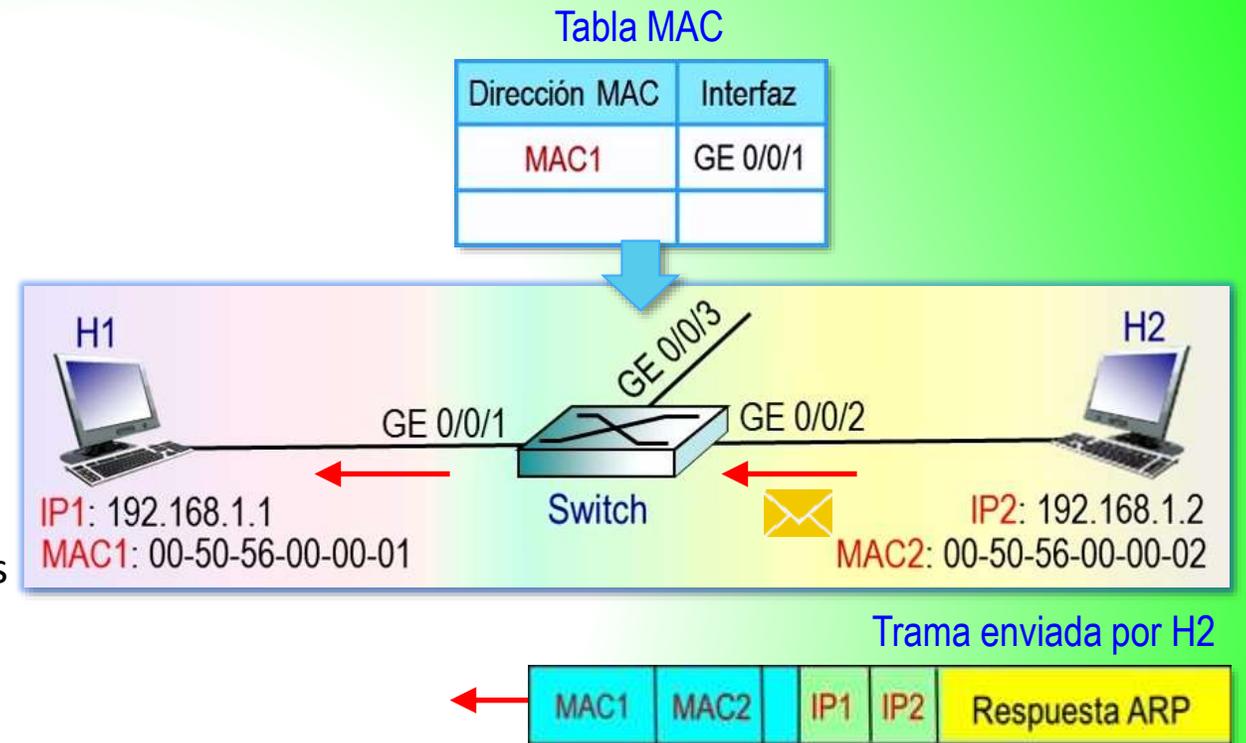


Tabla MAC con entrada aprendida

Dirección MAC	Interfaz
MAC1	GE 0/0/1
MAC2	GE 0/0/2

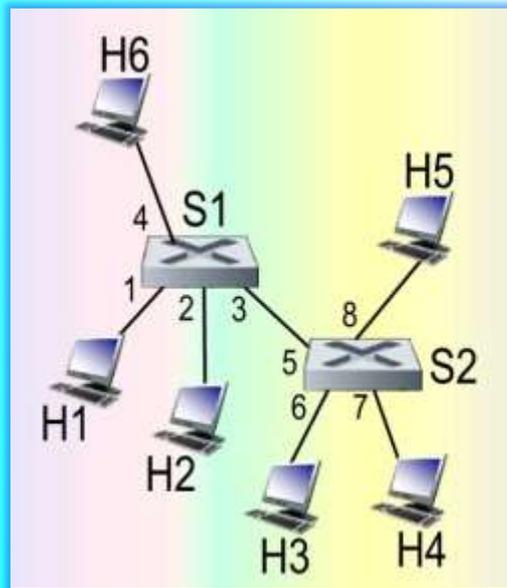
4. SWITCHING ETHERNET

EL SWITCH ETHERNET

Evento 1. Switching Ethernet

(Kurose, 2017)

- **Se va a considerar la operación** de un switch con aprendizaje en una red en la que seis hosts están conectados en estrella a dos switches. Inicialmente, las tablas de ambos switches están vacías y ningún host conoce las direcciones MAC de los otros, pero sí las direcciones IP.
- **Se mostrará el estado** de ambas tablas antes y después de cada uno los eventos que se mencionarán, y se identificarán los enlaces a través de los cuales se reenviarán las tramas transmitidas.



- **Evento 1. H2 envía una trama a H5.**

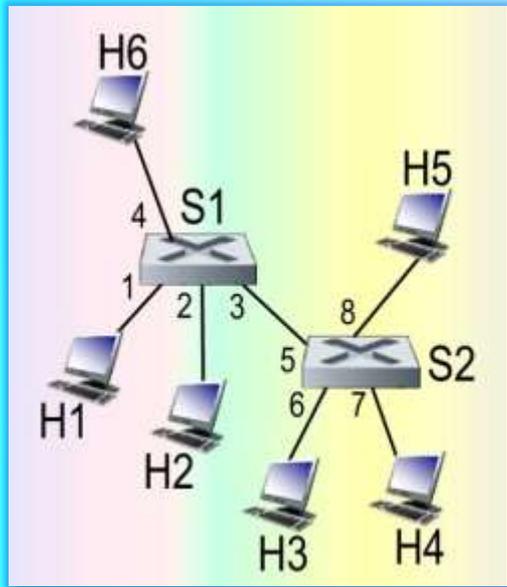
- ▶ **Es una trama** de consulta ARP, es decir broadcast, preguntando la dirección MAC de H5. Se envía la trama a S1 a través del enlace H2-2.
- ▶ **S1 inunda** (difunde) la consulta ARP por todos sus enlaces, y registra en su Tabla MAC la asociación MAC-H2 y su interfaz 2, que es por donde recibió la consulta ARP de H2.
- ▶ **S2 recibe** la consulta ARP de H2, y la difunde por todos sus enlaces, y registra en su Tabla MAC la asociación MAC-H2 y su interfaz 5, que es por donde recibió la consulta ARP de H2.

Tabla MAC de S1		Tabla MAC de S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz



Tabla MAC de S1		Tabla MAC de S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5

Evento 2. Switching Ethernet



Evento 2. H5 responde enviando una trama a H2.

- ▶ H5 verifica que la consulta ARP que le llegó corresponde con su dirección IP, por lo que contesta a H2 enviando una trama unicast vía S2, la trama fluye por el enlace H5-8.
- ▶ Todos los demás hosts de la LAN descartan la consulta ARP, porque no se corresponde con sus direcciones IP.
- ▶ S2 recibe la trama dirigida a H2, verifica su Tabla MAC y la reenvía por su interfaz 5, la trama fluye por el enlace 5-3 hasta alcanzar S1. Ahora S2 aprende y registra en su Tabla MAC la asociación MAC-H5 y su interfaz 8, que es por donde recibió la trama unicast de H5.
- ▶ S1 recibe la trama unicast dirigida a H2, verifica su Tabla MAC y la reenvía por su interfaz 2, la trama fluye por el enlace 2-H2 hasta alcanzar al host H2. Ahora S1 aprende y registra en su Tabla MAC la asociación MAC-H5 y su interfaz 3, que es por donde recibió la trama unicast de H5.

Tabla MAC de S1		Tabla MAC de S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5

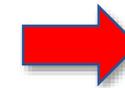
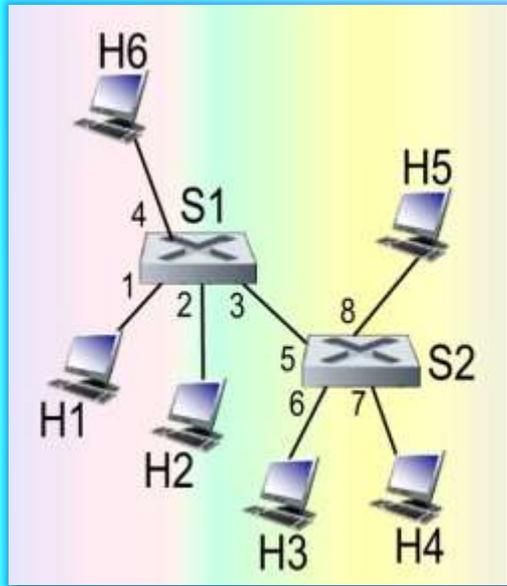


Tabla MAC del S1		Tabla MAC del S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5
MAC-H5	3	MAC-H5	8

Switching Ethernet

EL SWITCH ETHERNET

Evento 3. Switching Ethernet



▪ Evento 3. H1 envía una trama a H2.

- Es una trama de consulta ARP, es decir de broadcast, preguntando la dirección MAC de H2. Se envía la trama a S1 a través del enlace H1-1.
- S1 inunda (difunde) la consulta ARP por todos sus enlaces y registra en su Tabla MAC la Asociación MAC-H1 y su interfaz 1, que es por donde recibió la consulta ARP de H1.
- S2 recibe la consulta ARP de H1, y la difunde por todos sus enlaces, y registra en su Tabla MAC la asociación MAC-H1 y su interfaz 5, que es por donde recibió la consulta ARP de H1.

Tabla MAC del S1		Tabla MAC del S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5
MAC-H5	3	MAC-H5	8

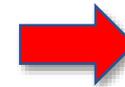
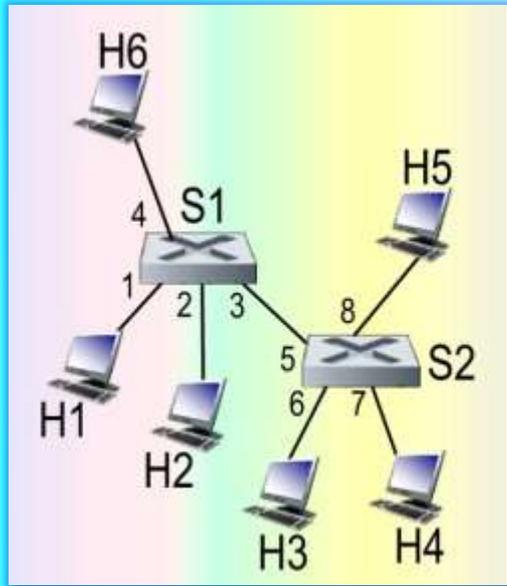


Tabla MAC del S1		Tabla MAC del S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5
MAC-H5	3	MAC-H5	8
MAC-H1	1	MAC-H1	5

Evento 4. Switching Ethernet



▪ Evento 4. H2 responde enviando una trama a H1.

- H2 verifica que la trama de consulta ARP que le llegó corresponde con su dirección IP, por lo que contesta a H1 enviando una trama unicast vía S1, la trama fluye por el enlace H2-2.
- Todos los demás hosts de la LAN descartan la consulta ARP, porque no se corresponde con sus direcciones IP.
- S1 recibe la trama unicast dirigida a H1, verifica su Tabla MAC y la reenvía por su interfaz 1, la trama fluye por el enlace 1-H1 hasta alcanzar al host H1.

Tabla MAC del S1		Tabla MAC del S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5
MAC-H5	3	MAC-H5	8
MAC-H1	1	MAC-H1	5



Tabla MAC del S1		Tabla MAC del S2	
Dirección MAC	Interfaz	Dirección MAC	Interfaz
MAC-H2	2	MAC-H2	5
MAC-H5	3	MAC-H5	8
MAC-H1	1	MAC-H1	5

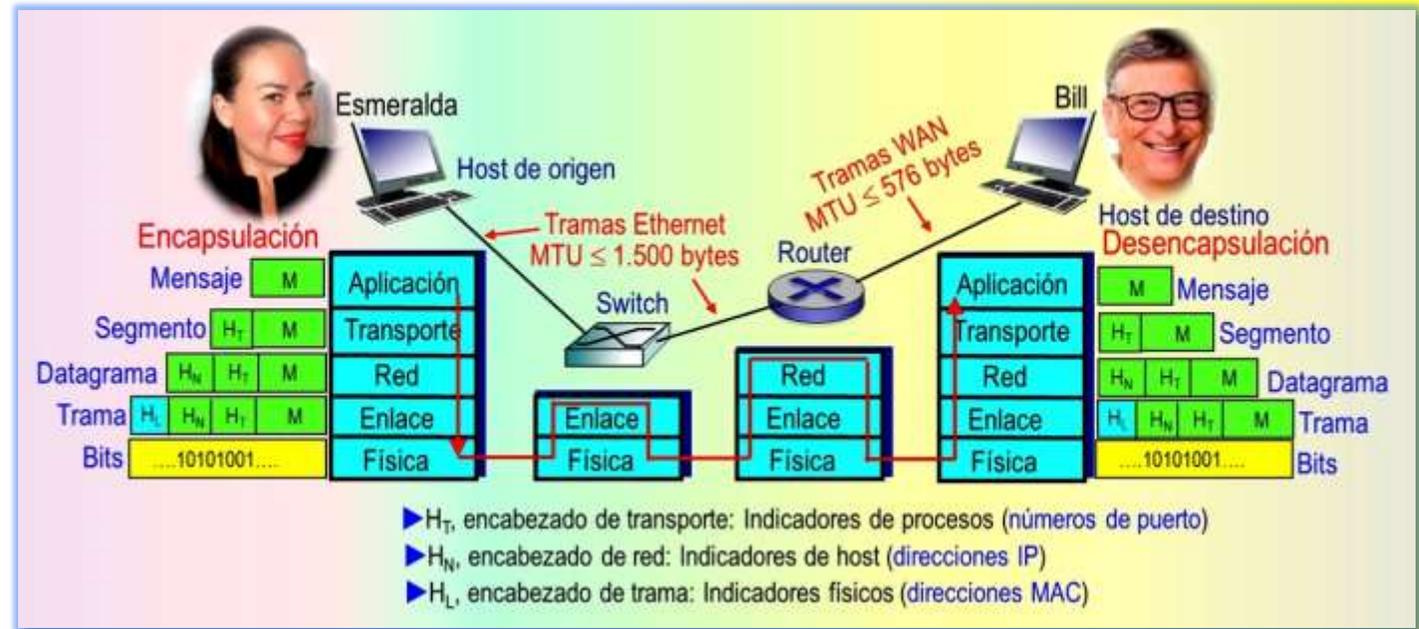
5. SWITCHES FRENTE A ROUTERS

EL SWITCH ETHERNET

Funciones de los routers y de los switches

(Kurose, 2017)

- **Los router** son dispositivos de conmutación que reenvían paquetes de datos utilizando direcciones de la capa de red (**direcciones IP**).
- **Aunque un switch** también es un dispositivo de conmutación, es fundamentalmente diferente de un router porque reenvía los paquetes utilizando **direcciones MAC**.
- **Mientras** que un **router** es un dispositivo de conmutación de la capa 3, un **switch** es un dispositivo de conmutación de la capa 2.
- **Sin embargo**, los switch modernos que utilizan el paradigma “correspondencia-acción” puede usarse tanto para reenviar una trama de la capa 2 según la dirección MAC de destino, como un datagrama de la capa 3 usando la dirección IP de destino del datagrama.



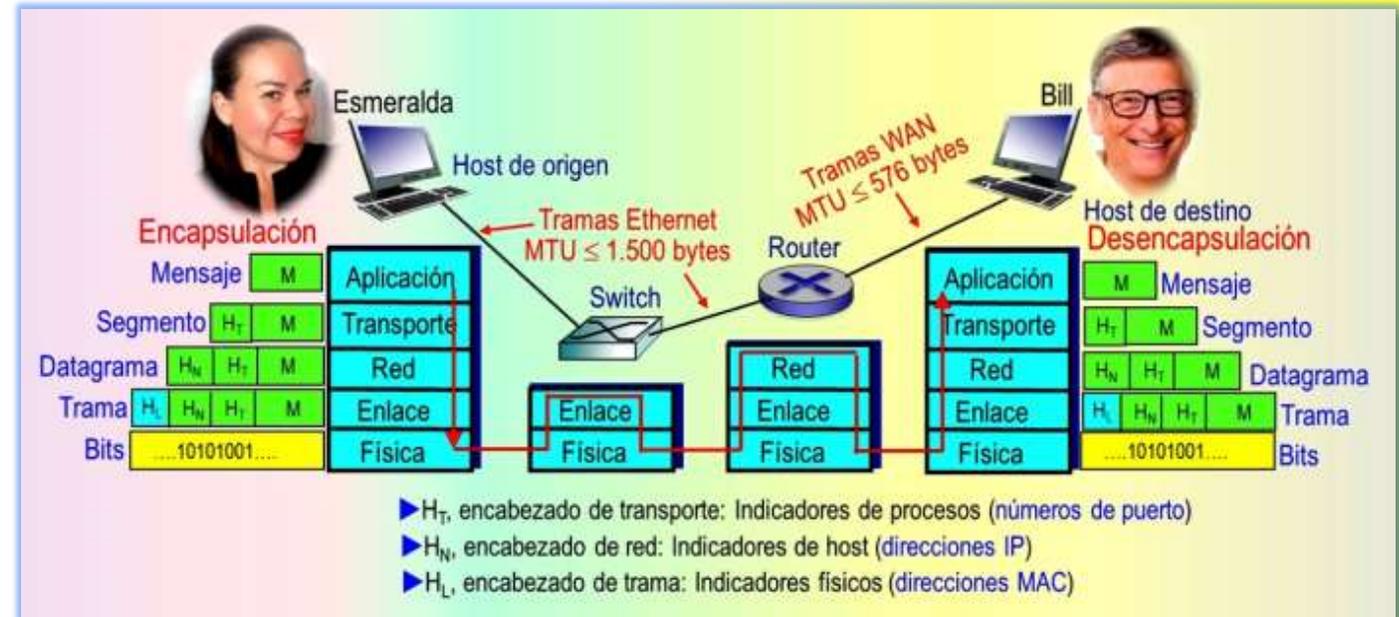
Switches frente a routers

EL SWITCH ETHERNET

Switches: pros y contra

(Kurose, 2017)

- **Los switches** son dispositivos *plug-and-play*, una propiedad muy apreciada por los administradores de red del mundo, sobrecargados de trabajo.
- **Los switches** también ofrecen tasas de filtrado y reenvío relativamente altas; los switches tienen que procesar las tramas solo hasta la capa 2, mientras que los routers tienen que procesar los datagramas hasta la capa 3.
- **Una red conmutada** grande requeriría Tablas ARP grandes en los hosts y routers y generaría una cantidad de procesamiento y tráfico de difusión sustancial.
- **Los switches no ofrecen** ninguna protección frente a las tormentas de difusión. Si un host está descontrolado y transmite un flujo de tramas Ethernet de difusión sin fin, los switches reenviarán todas esas tramas, haciendo que toda la red colapse.
- **Los switches** modernos utilizan el paradigma “correspondencia-acción” puede usarse tanto para reenviar una trama de la capa 2 según la dirección MAC de destino, como un datagrama de la capa 3 usando la dirección IP de destino del datagrama.



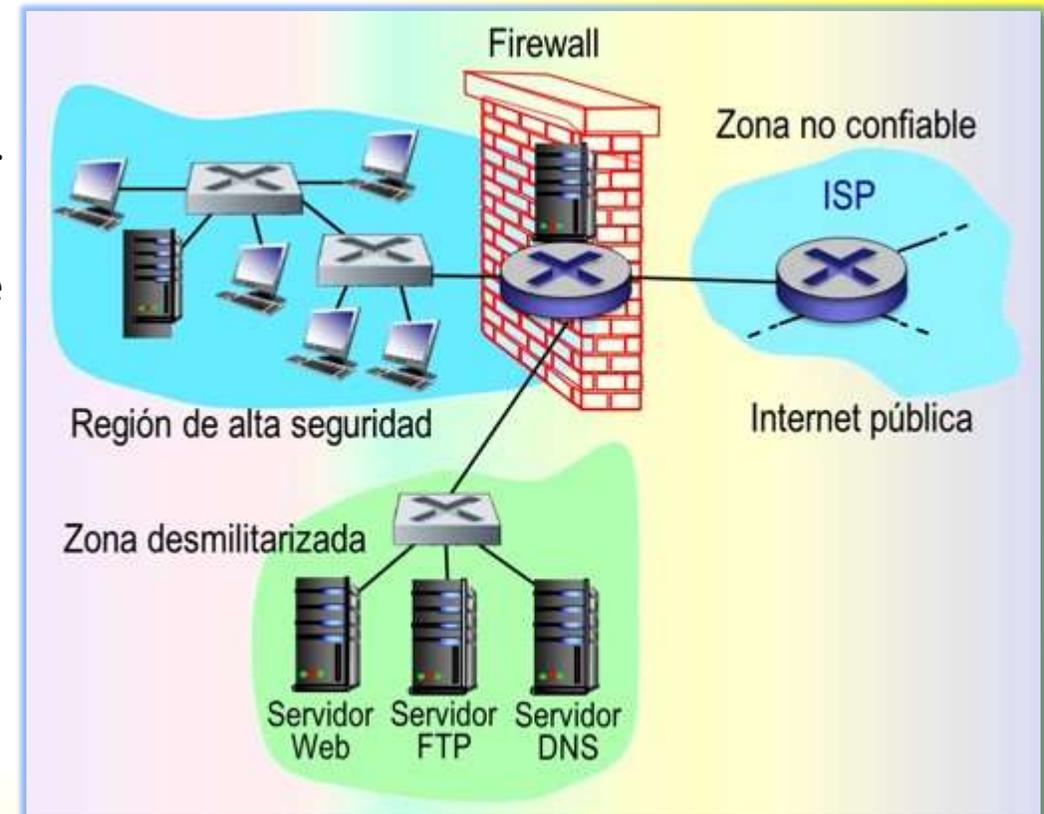
Switches frente a routers

EL SWITCH ETHERNET

Routers: pros y contra

(Kurose, 2017)

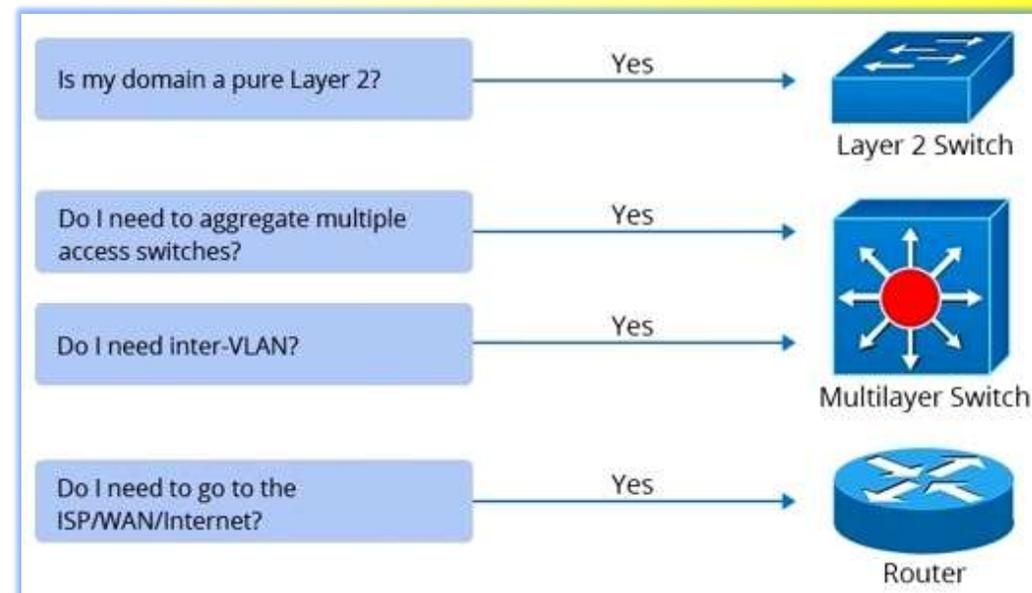
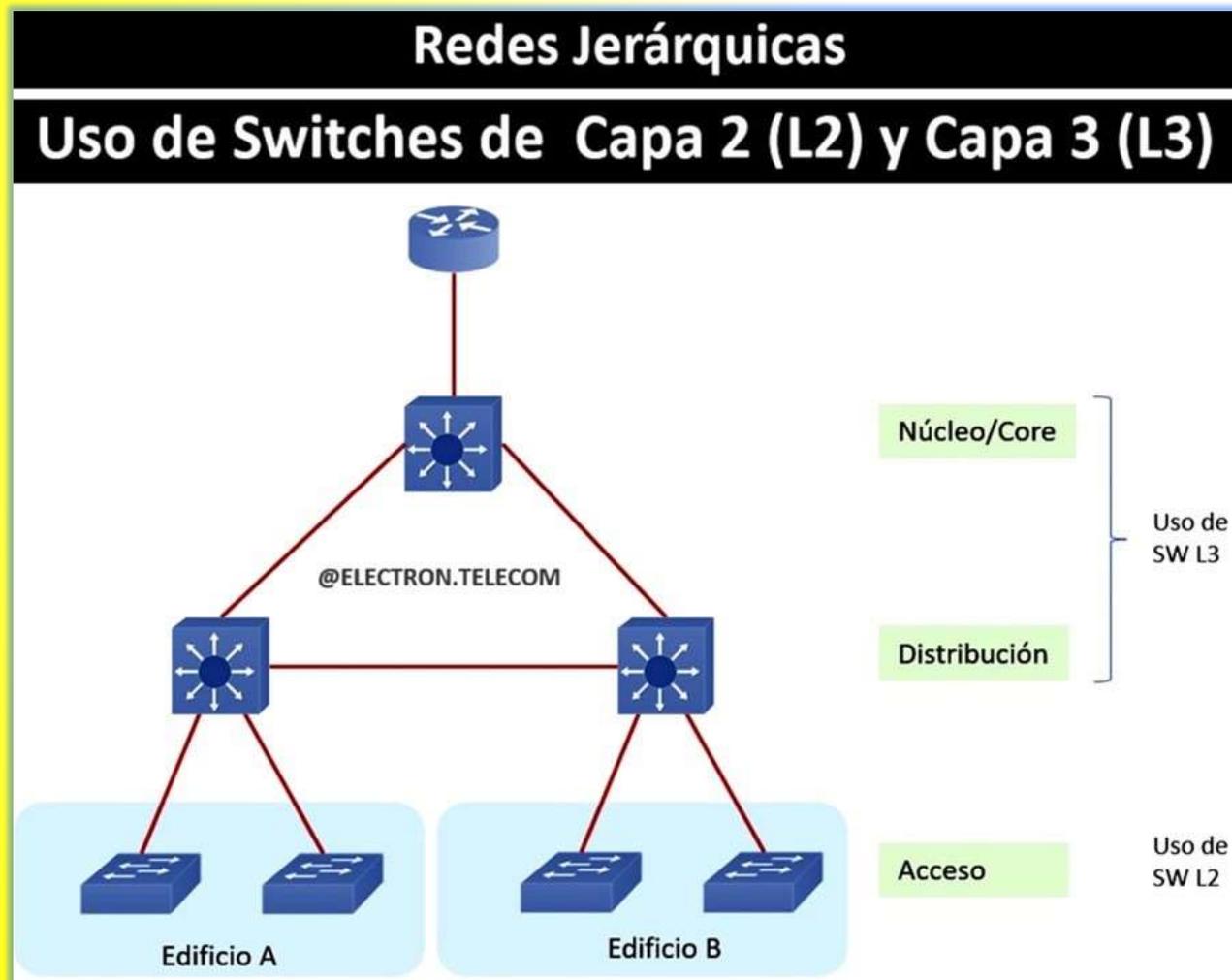
- **Puesto** que el direccionamiento IP es jerárquico (y no plano como el direccionamiento MAC), normalmente los paquetes no seguirán ciclos a través de los routers, incluso cuando la red tengan rutas redundantes.
- **Sin embargo**, los paquetes pueden seguir ciclos cuando las tablas del router están mal configuradas; pero para evitar ello, se utiliza un campo especial de la cabecera del datagrama para limitar estos ciclos.
- **Otra funcionalidad** de los router es que proporcionan protección mediante firewalls (cortafuegos) frente a las tormentas de difusión de la capa 2.
- **Quizás** el inconveniente mas significativo de los router es que no son dispositivos *plug-and-play* (ellos y los hosts conectados a ellos necesitan que sus direcciones IP sean configuradas).
- **Además**, los router suelen tener un tiempo de procesamiento por paquete mayor que los switches ya que tiene que procesar campos hasta la capa 3.



Switches frente a routers

EL SWITCH ETHERNET

Jerarquía en redes LAN Ethernet



FS S5860-20SQ 24 puertos Ethernet capa 3

Broadcom Chip & 25G/40G Uplinks solo 1.761,76 € (IVA incluido)

20 x 10Gb SFP+ 4 x 25Gb SFP28

Referencias bibliográficas

EL SWITCH ETHERNET

Referencias bibliográficas

- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2007). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 1 de:
SWITCHING ETHERNET
Edison Coimbra G.