

Ethernet II / IEEE 802.3

- **Desarrollada por DEC, Xerox e Intel (Ethernet)**
- **Modificaciones realizadas por la IEEE dan origen a IEEE 802.3**
- **Ambas normas (Ethernet y IEEE 802.3) coexisten actualmente**
- **Usada en ambientes técnicos y oficinas**
- **No provee características para tráfico de tiempo real**
- **Protocolo de acceso al medio: CSMA/CD 1-persistente; binary exponential backoff (10Mbps, 100Mbps, 1000Mbps) y full duplex (linea dedicada) 100Mbps, 100Mbps**

Características principales

- **Estructura simple**
- **Bajo costo**
- **Soporta todo tipo de aplicaciones (p.ej. Multimedia)**
- **Compatibilidad con versiones anteriores**
 - **A nivel red (cableado, protocolo)**
 - **A nivel sistema operativo**
- **En el ambito LAN**
 - **Utilizada en el desktop y en el backbone**
 - **Compatible con Wifi**
- **Integracion LAN-MAN (MetroEthernet)-WAN (10 Gb y mayores velocidades)**

Evolución

- **10 Mbps - 10Base-T Ethernet (IEEE 802.3)**
 - topologías bus y star,
 - transmisión half duplex (CSMA/CD)
 - hasta 2500 mts

- **100 Mbps - Fast Ethernet (IEEE 802.3u)**
 - topología star
 - uso de switches
 - transmisión half duplex (con reducción de longitud, hasta 200 m)
 - transmisión full duplex (longitud limitada por el medio de transmisión)

- **1000 Mbps - Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)**
 - transmisión half duplex contemplada en la norma, no utilizada

- **10-Gigabit - 10 Gbps Ethernet (IEEE 802.3ae) (solo full duplex)**

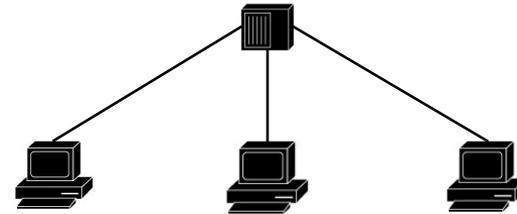
- **40/100 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ba) (en estudio)**

- **Standards en uso: velocidades de 100Mbps y 1000Mbps, 10Gbps en el backbone**

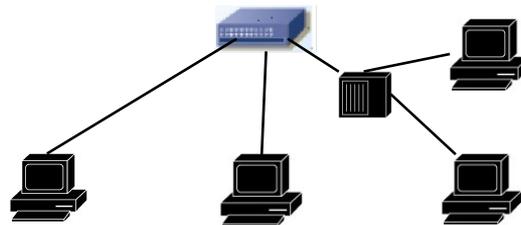
Topologias



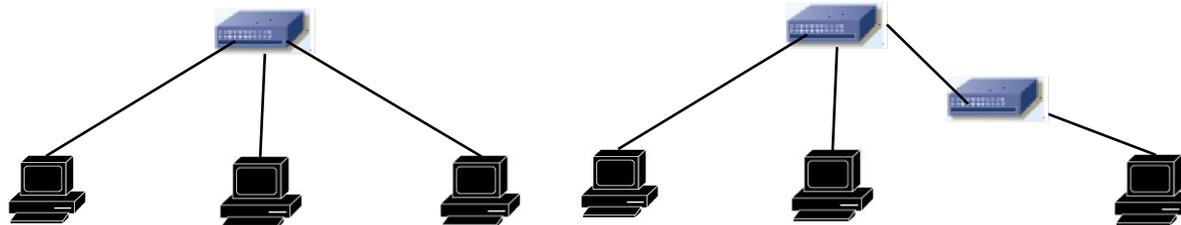
BUS (COAXIAL – HALF DUPLEX)



STAR (HUB – HALF DUPLEX)



STAR (SWITCH + HUB) (HALF + FULL DUPLEX)

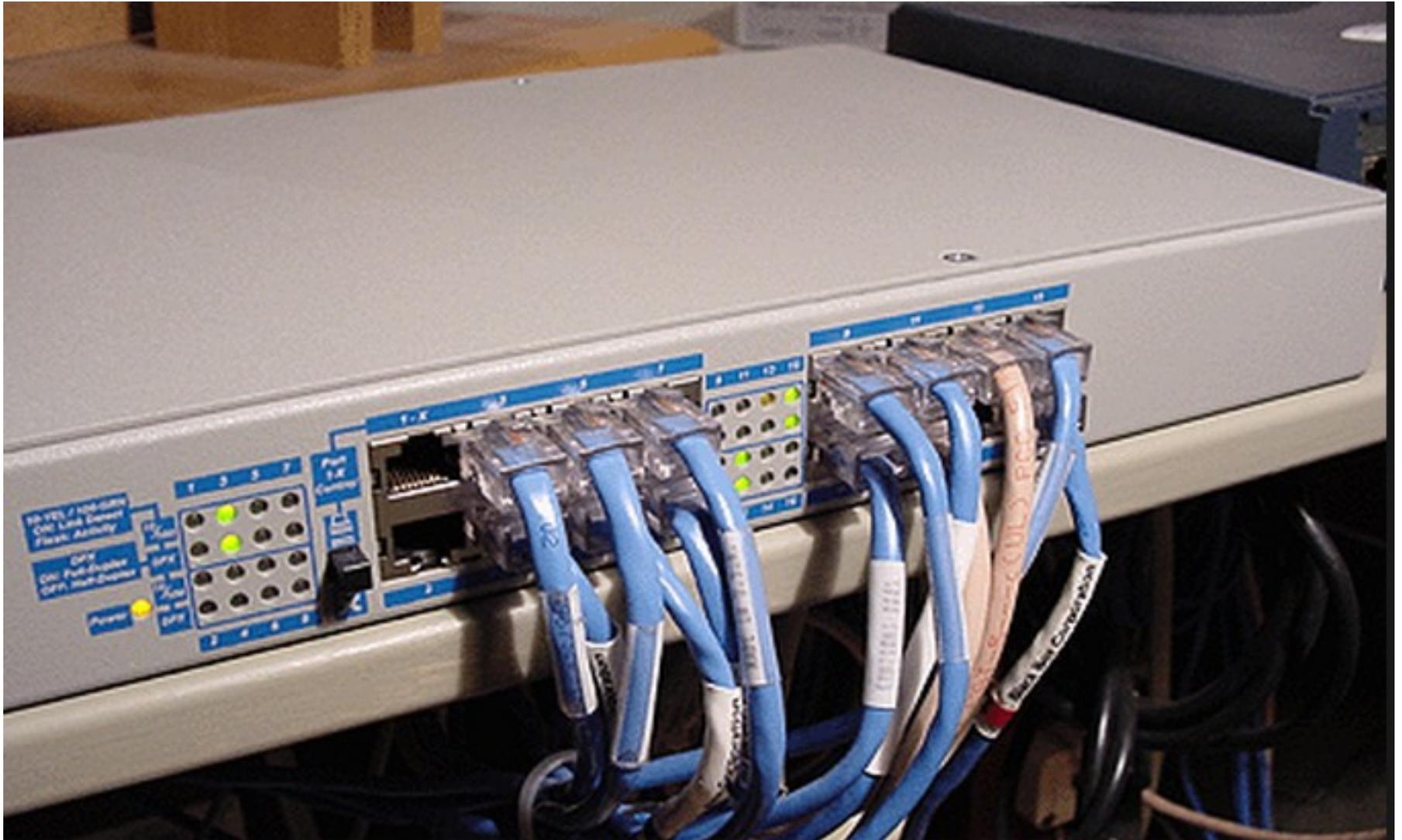


STAR (SWITCH – FULL DUPLEX)

Hubs, Bridges, Switches, Routers

- **HUB:**
 - Opera a nivel físico del modelo ISO
 - Permite pasar de topologías bus a centralizadas (star), facilitando detección de fallas
 - Solo replica la señal recibida por un port en todos los demás
- **BRIDGE:**
 - Opera a nivel MAC (analiza los frames ethernet)
 - Representan el pas de la Ethernet tradicional a la Ethernet switchheada
 - Posibilita separar dominios de colision
 - Permite crear topologias redundantes (resistentes a fallas) (STP: Spanning tree protocol)
 - Permiten crear diferentes redes Ethernet “logicas” independientes sobre un unico soporte de cableado (VLANs)
 - Permiten conectar a nivel 2, redes de diferentes tecnologias (ejemplo, un access point con salida ethernet)
- **SWITCH:**
 - Basicamente es un bridge con mas recursos (ports, CPU, RAM, etc)
 - Agregan funciones de nivel MAC (Ethernet)
 - Muchos switches agregan funciones de niveles superiores (IP y TCP)
- **ROUTER:**
 - Opera a nivel 3 y superiores
 - En la practica, encontramos “SWITCHES” que ofrecen funcionalidad de routers

Parte posterior de un switch



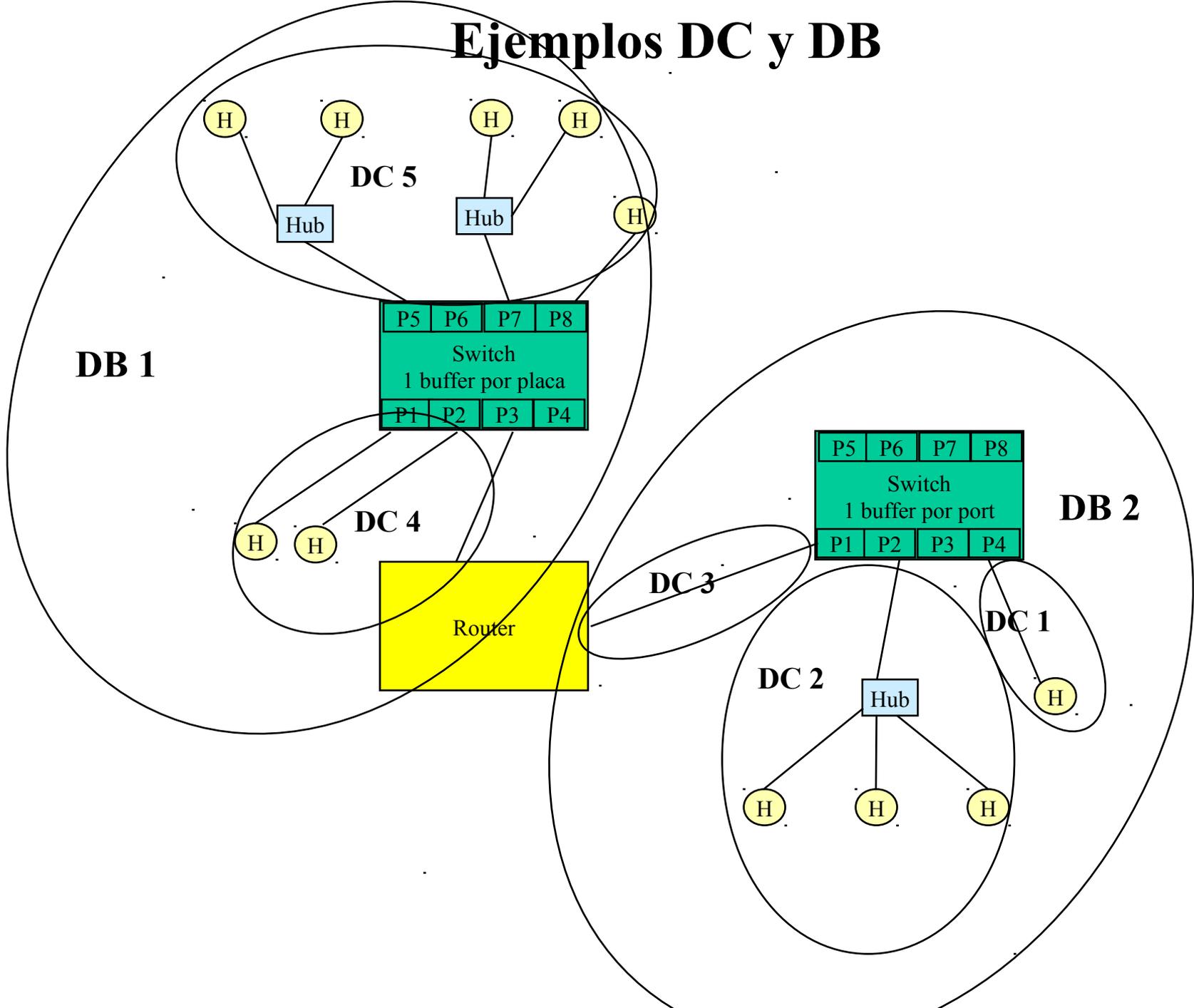
Ethernet half y full duplex

- **Half duplex (uso de CSMA/CD)**
 - **Actualmente no utilizado**
 - **Solo un equipo puede usar el canal en un momento dado, de lo contrario hay colision (existen dominios de colision)**
 - **Usado en redes soportadas por coaxil, hub, y los primeros switches**
- **Full duplex (no usa CSMA/CD)**
 - **Solo en los medios que soportasn transmisión bidireccional simultanea.**
 - **Hay solo dos estaciones en un segmento de la LAN**
 - **Las dos estaciones pueden operar en full duplex (enviar y recibir al mismo tiempo)**
 - **Se requiere un control de flujo para que un equipo no sature al otro (MAC control)**

Dominio de colisión y dominio broadcast

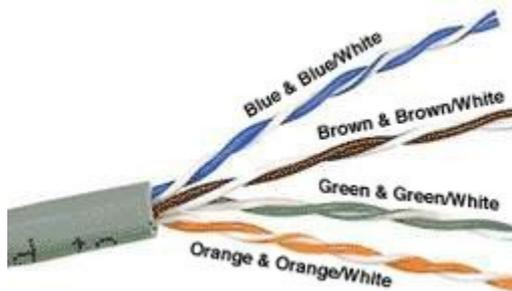
- **Dominio de colisión (DC):**
 - Parte de la red en que la transmisión de un equipo interfiere con la de los demás
 - Dos equipos que transmiten a la vez en el mismo DC, producen colision
 - Presente en ethernet half duplex
 - Problemas de escalabilidad (Ethernet soporta carga hasta 40%)
 - Solucion: Segmentación de un dominio de colisión (nivel 2 o superior) (separa DCs)
- **Dominio broadcast (DB)**
 - Parte de la red (equipos y canales) que se ve afectada cuando uno de los equipos transmite un frame ethernet con direccion de destino broadcast
 - Coincide con el DC en half duplex
 - Es igual o mayor que el DC en full duplex
 - Problemas de escalabilidad:
 - Debe limitarse el numero de equipos en la red, de otro modo se puede saturar con broadcasts a la red y a los equipos

Ejemplos DC y DB



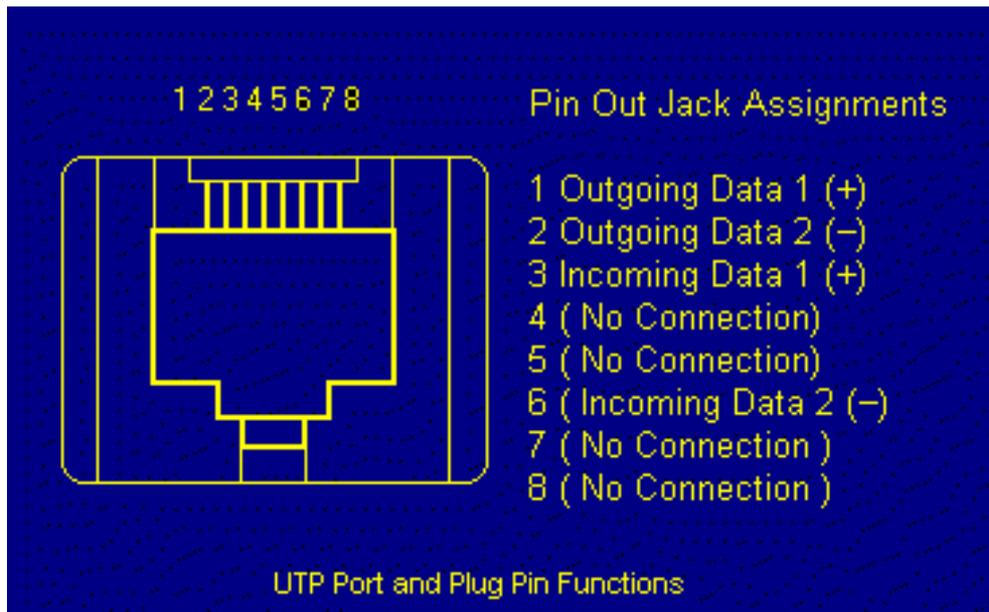
Cable Ethernet

- Conexión de PCs, Hubs y Switches
- Conectores RJ45
- Cables UTP categorías 4, 5 ó 6 (4 pares trenzados)
- Especificaciones de conexión (T568A y T568B)



Núm Pin RJ45	Color (T568A)	Color (T568B)
1	White/Green	White/Orange
2	Green	Orange
3	White/Orange	White/Green
4 (NU)	Blue	Blue
5 (NU)	White/Blue	White/Blue
6	Orange	Green
7 (NU)	White/Brown	White/Brown
8 (NU)	Brown	Brown

NU: no usados para Ethernet de 10M o de 100M



Tipos de cable Ethernet

- **Cable directo**
 - **Conexión de dispositivos “no iguales” (PC-hub, etc)**
 - **Normas A o B en ambos conectores**
- **Cable cruzado**
 - **Conexión de dispositivos iguales (PC-PC, hub-hub)**
 - **Normas diferentes en los conectores**

PIN	Conector 1	Conector 2
1	Blanco-Naranja	Blanco-Verde
2	Naranja	Verde
3	Blanco-Verde	Blanco-Naranja
4	Azul	Azul
5	Blanco-Azul	Blanco-Azul
6	Verde	Naranja
7	Blanco-Marron	Blanco-Marron
8	Marron	Marron

Ejemplos Ethernet



Formato de frame



PRE (Preámbulo):

7 bytes 10101010 (duración 5,6 microseg)
sincronización de clock

SF (Delimitador de frame):

1 byte 10101011
sincronización a frame.

Direcciones:

6 bytes

Asignadas (globales) por la IEEE

Registradas por hardware en la placa

grupos:

unicast: una sola placa (1er bit en 0) (origen, destino)

multicast: grupo lógico de placas (1er bit en 1) (destino)

broadcast: todas las placas (todos los bits en 1) (destino)

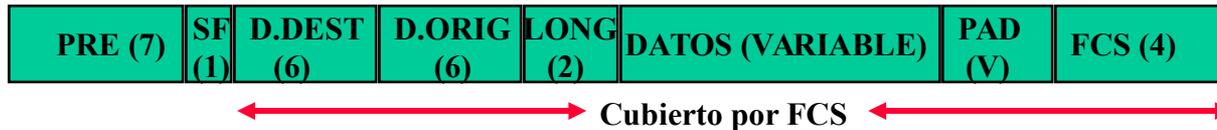
administración:

significado sólo en la red (segundo bit en 0)

significado global (segundo bit en 1)

Formato de frame

- Definido para las Ethernet de 10MBps, half duplex
- Su tamaño mínimo dependía de la longitud máxima de la red (2500 mts) a causa del protocolo CSMA/CD
- Se conserva debido a razones de compatibilidad



LONG(Longitud):

Cantidad de bytes en el campo de datos (0 a 1500) (IEEE 802.3)

Tipo de protocolo encapsulado en el frame (Ethernet)

DATOS:

Datos del nivel superior (LLC si IEEE 802.3)

.

PAD:

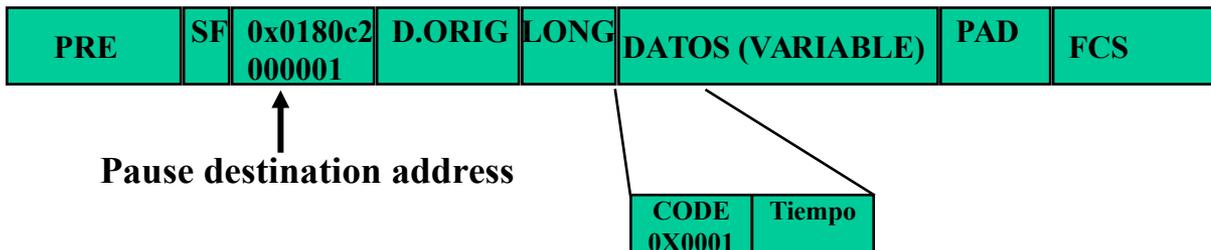
Campo de relleno para lograr el tamaño mínimo permitido para un frame (64 bytes desde dirección de origen hasta FCS inclusive)

FCS:

Código cíclico que cubre desde dirección de destino hasta PAD inclusive

MAC Control (Ethernet full duplex)

- **Función agregada al MAC, transparente al resto del protocolo**
- **Función PAUSE (codigo 1)**
 - **Permite a una estación indicar a la otra que pause su transmisión**
 - **Frames ethernet con dirección multicast especial (PAUSE)**
 - **Tiempo expresado en multiples de tiempo de transmisión de 512 bits**



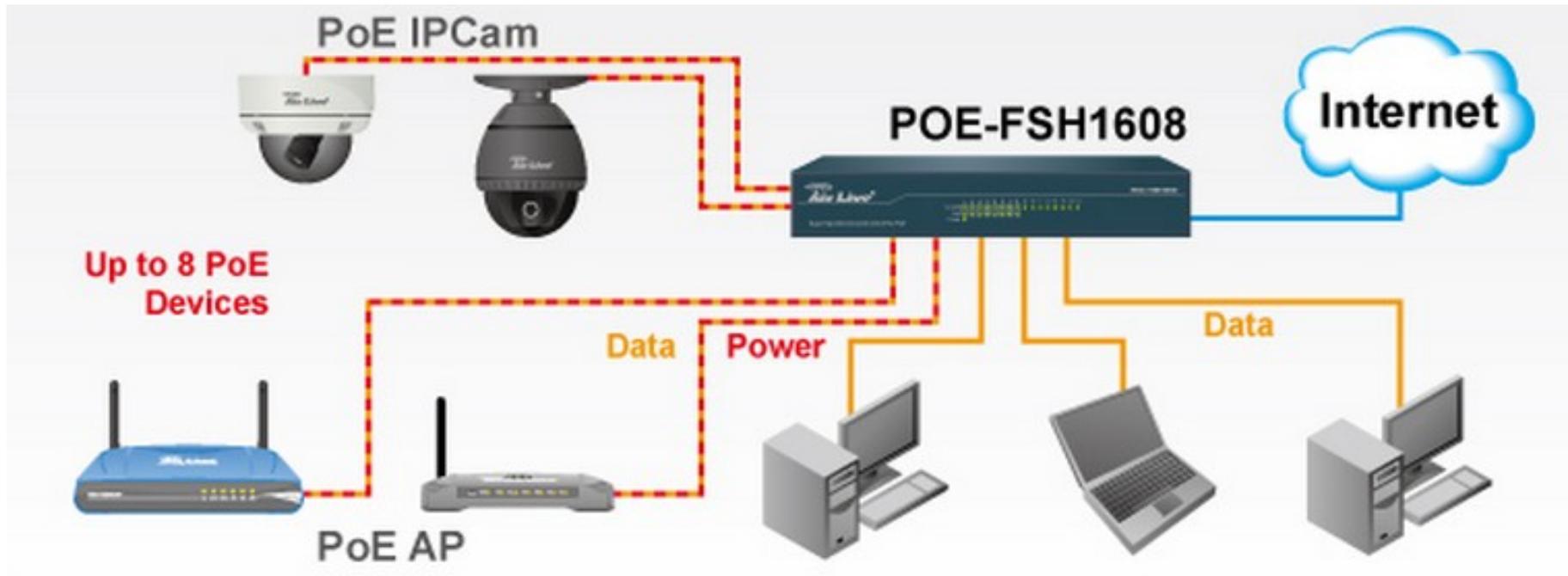
Autonegociación

- **Proceso standard que permite la configuración automática de dispositivos Ethernet**
- **No es visible al operador de la red**
- **Los dispositivos seleccionan el modo de operación más eficiente en aspectos**
 - **Velocidad**
 - **Modo half o full duplex**
 - **Uso de Mac control**
- **Características**
 - **Señalización propia**
 - **Utilizada sólo en vínculos punto a punto**
 - **Se realiza sólo al comienzo de la operación del link.**
- **Operación**
 - **Cada dispositivo anuncia sus capacidades para cada característica a negociar**
 - **Se elige la común de mayor prioridad (p.ej 100Mbps y 10Mbps)**
 - **No chequea cable, puede requerir configuración manual**

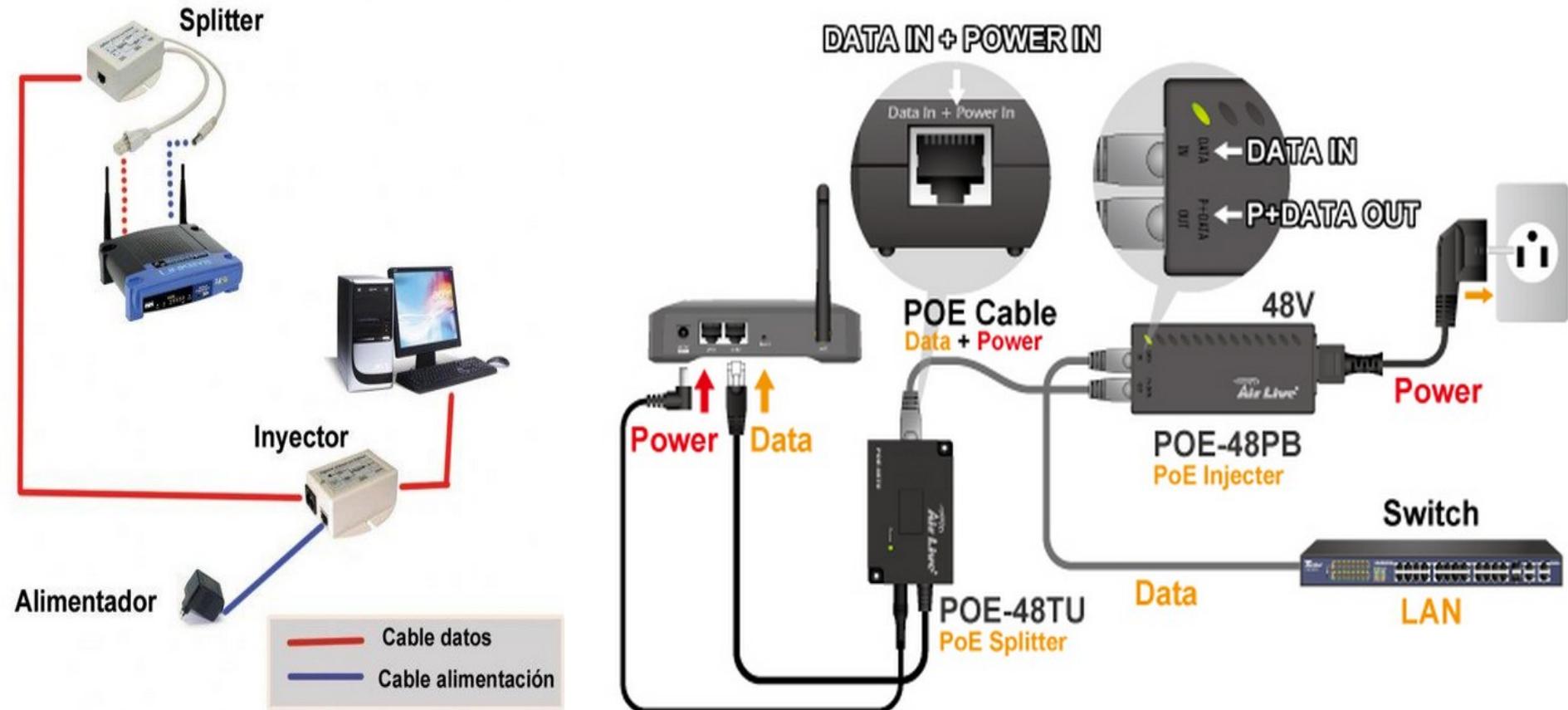
PoE (Power over Ethernet) (802.3af)

- **Objetivo: alimentar dispositivos Ethernet a través del par trenzado (AP, cámaras, teléfonos IP, etc)**
- **Diferentes potencias y diferentes distancias**
- **Alternativas para alimentación**
 - **Uso de conductores no usados para datos**
 - **Uso de conductores de datos (phantom power) (permite PoE sobre 1000BaseT)**
- **Dispositivos**
 - **Endspan injector (switch PoE)**
 - **Midspan injector**
 - **PoE splitter**
 - **Powered Device (soporta o no PoE)**

PoE (Power over Ethernet) (802.3af)



PoE (Power over Ethernet) (802.3af)

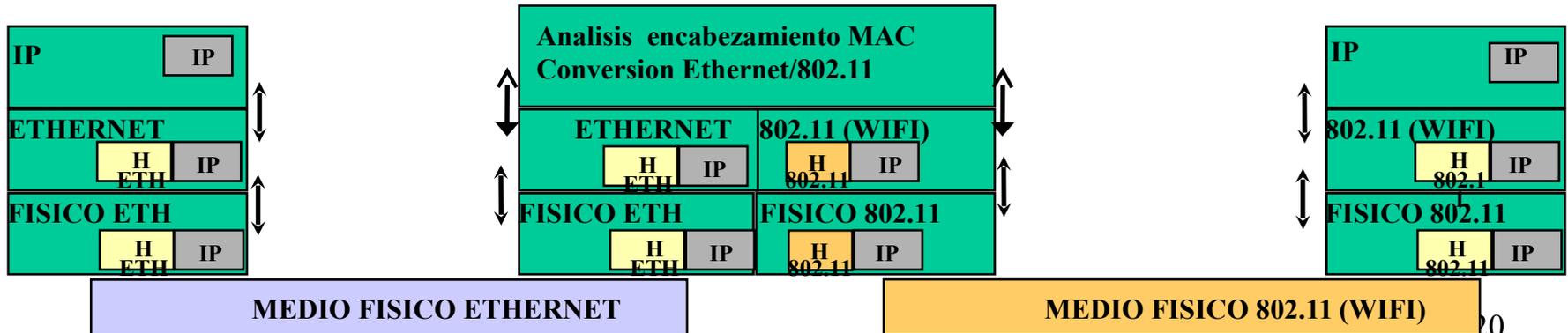


Bridges

- Relays a nivel 2 (MAC)
- Reconocen, analizan y modifican frames MAC
- Funciones:
 - Recibe frame MAC de LAN_1 por un port
 - Analiza encabezamiento
 - determina por que port enviar
 - Realiza conversiones necesarias (en caso de que los MACs sean distintos)
 - Genera nuevo encabezamiento para LAN_2 (si los MACs son distintos) y envía



EJEMPLO DE BRIDGE(Access Point)



* PILA DE PROTOCOLOS SIMPLIFICADA, NO SE CONSIDERO LLC NI SNAP

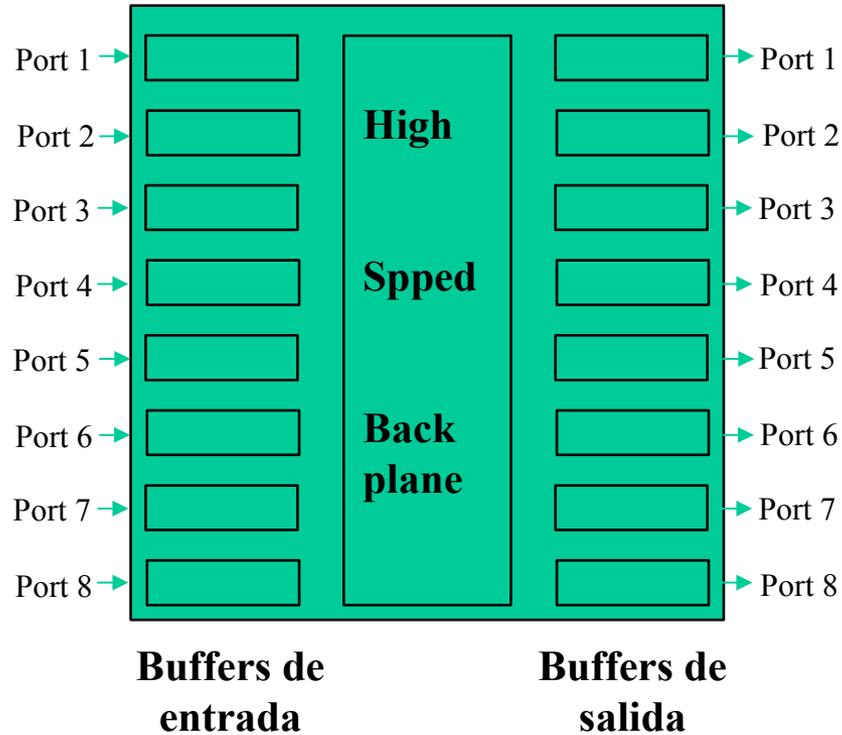
Bridges y switches

- **Mejoras de los Switches**
 - **Mayor throughput**
 - **Mayor flexibilidad**
 - **Más ports, menor costo por port**
 - **Soporte full duplex**
 - **Soporte VLANs**

Ventajas

- **Integración de LANs ya instaladas pertenecientes a un mismo propietario**
- **Conexión de LANs separadas por distancias mayores a las soportadas por el medio físico**
- **Balanceo de carga en una LAN para evitar saturación**
- **Confiabilidad (evitar la caída de al red completa debido a una falla)**
- **Seguridad (placas en modo promiscuo, filtrado de frames)**

Arquitectura de los switches



Algunas funciones y características de los switches

- **Access Control Lists**
- **Link aggregation**
- **Port mirroring**
- **Port density**
- **Blocking/no blocking**
- **Buffers**
- **Proceso de los frames (cut through, etc)**
- **SNMP**
- **VLAN**
- **Spanning Tree**
- **Multirate**
- **PoE**
- **Tabla direcciones MAC**

Access Control Lists

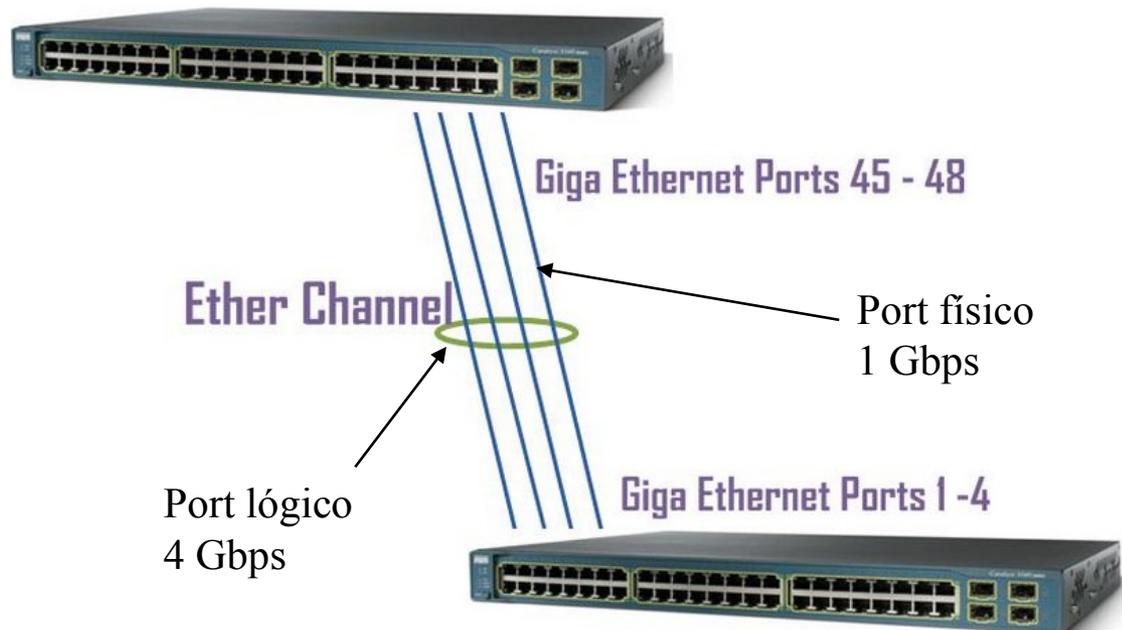
- **Permiten darle un trato especial al tráfico que recibe el switch**
- **Un ACL es un conjunto de reglas que debe cumplir un frame**
- **Se dejan pasar los frames a traves del port de entrada o no, segun cumplan las condiciones especificadas por las reglas**
- **Tipos de condiciiones**
 - **Nivel 2: MACs (origen y destino), Tipo de protocolo (EtherType)**
 - **Nivel 3: Direcciones IP (origen y destino)**
 - **Nivel 4: Ports (TCP o UDP) de origen y destino**
- **Se aplican a paquetes entrantes a ports o a interfaces VLAN**
- **Sólo un ACL (conjunto de reglas) en un port o interfaz**

Link aggregation (1)

- Creación de un link lógico a partir de varios links físicos
- Protocolo LCAP (Link aggregation Control Protocol) (802.3ad)
- Protocolo PAgP (Port Aggregation Protocol) de Cisco (Fast EtherChannels)

- Usos

- ADSL
- Wireless
- Ethernet
- etc



Link aggregation (2)

- **Aplicaciones**
 - **switch - switch**
 - **router-router**
 - **switch-server**

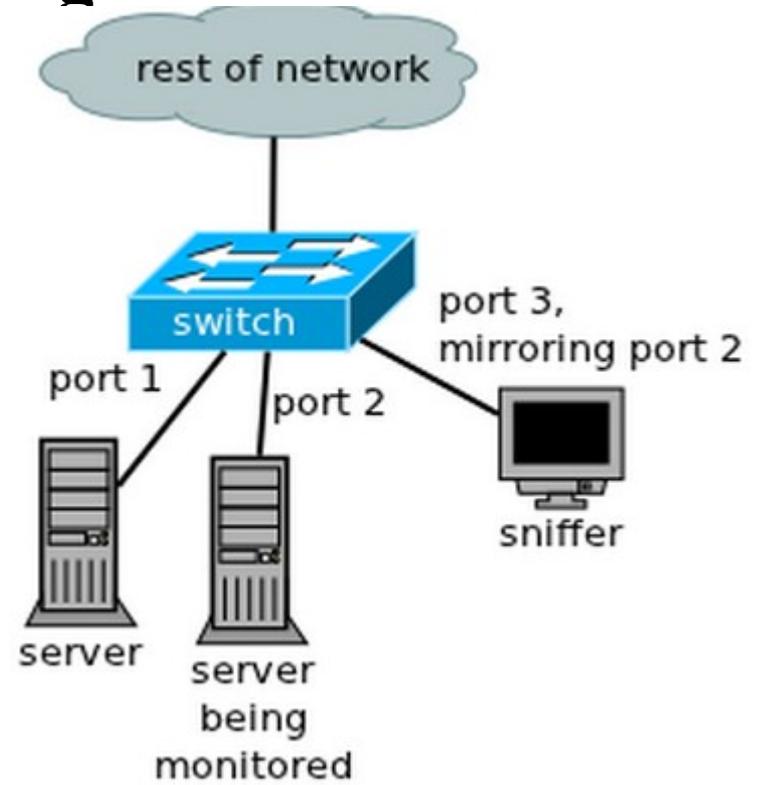
- **Ventajas**
 - **Mayor throughput**
 - **Aumentar throughput sin necesidad de cambio de equipo (p. ej. 100Mbps a 1GBps)**
 - **Redundancia para confiabilidad ante fallas**
 - **Balanceo de carga**
 - **Flexibilidad (uso de links ya instalados)**
 - **Respecto de aggregation estática**
 - **No susceptible a errores de configuración**
 - **Recuperación automática ante falla**

Link aggregation (3)

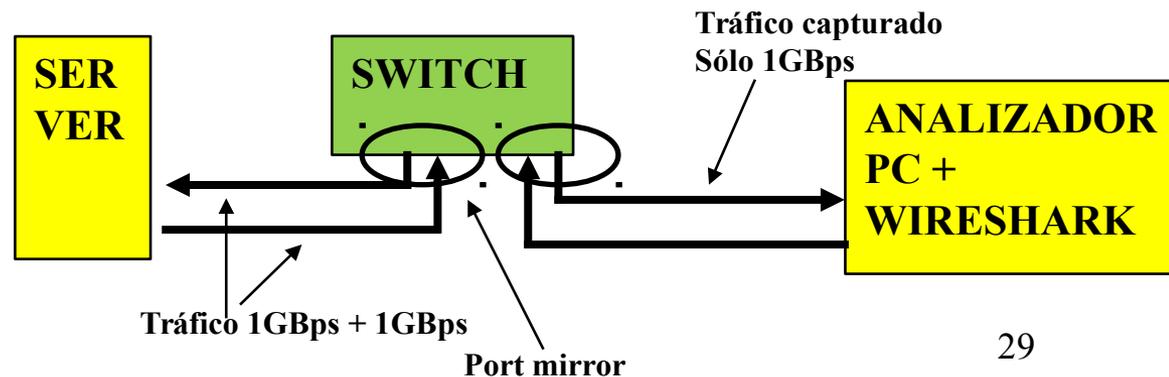
- **Características**
 - **Los links físicos no son vistos por los niveles superiores**
 - **Uso de una única MAC para el link lógico**
 - **Algoritmos de distribución de paquetes entre los links físicos**
 - **Round robin**
 - **Hashing por nivel 3 o 4 (para paquetes en orden)**
 - **Etc.**
 - **Conecta ports de la misma velocidad**
 - **Conexión entre sólo dos equipos**
 - **Soporte en Linux (channel bonding)**

Port mirroring

- Utilizado para análisis de tráfico
- Consiste en redirigir el tráfico de un port determinado, al port que actúa como mirror
- Gran parte de los switches lo soportan
- Conocido como SPAN (Switch Port Analyzer -CISCO -)
- Desventajas
 - No captura errores de nivel 1 ni 2
 - Descarta paquetes si el tráfico en el vínculo full duplex analizado satura al del mirror—analizador



- Ventajas
 - Flexible
 - Bajo costo



Port density

- **Port density: Cantidad de ports soportada por el switch**
- **Consideraciones para el uso de un switch de alta densidad o varos de baja densidad**
 - **Demora introducida por cada switch**
 - **Costo**
 - **Espacio físico**
 - **Alimentación**
 - **Nivel en la arquitectura (Access, Distribution, Core)**

Blocking/no Blocking

- **Non-Blocking:** cuando el soporte de comunicación interno del switch es capaz de un throughput igual a la suma del máximo posible del throughput de todos los ports funcionando simultáneamente
- **Ej:** switch de 8 ports de 100Mbps → 1.6 Gbps
- **No es el único factor de performance (p.ej, buffers)**
- **Muy pocas veces se justifica su mayor costo**
- **Raras veces la tasa de uso de un port es del 100%**

Recepcion/Almacenamiento/Envio del frame

- **Cut-through**
 - Almacenan sólo los primeros bytes del frame
 - Baja demora
 - Uso limitado
- **Store and forward**
 - Almacenan la totalidad del frame
 - Más simples
 - Mayor funcionalidad
 - Mayor demora
 - Demora dependiente de la longitud del frame
- **Fragment-Free**
 - Requiere recibir los primeros 64 bytes
 - Evita fragmentos, deja pasar errores CRC

Buffering

- **Casos en que se requiere almacenar frames en buffers**
 - **Diferente velocidad entre ports de entrada y de salida**
 - **Varios ports de entrada enviando por uno de salida**
 - **Colisiones (half duplex) en el port de salida**
 - **Control de flujo (MAC control) en el port de salida**

- **Tipos de buffering**
 - **Buffers compartidos**
 - **Buffers por cada port**

Otras características de los switches

Soporte para SNMP

Capacidad de creación de redes locales virtuales (VLANs)

Soporte de topologías redundantes (con ciclos) (Spanning tree)

Multirate

Soporte PoE

Tamaño de la memoria para almacenar MACs

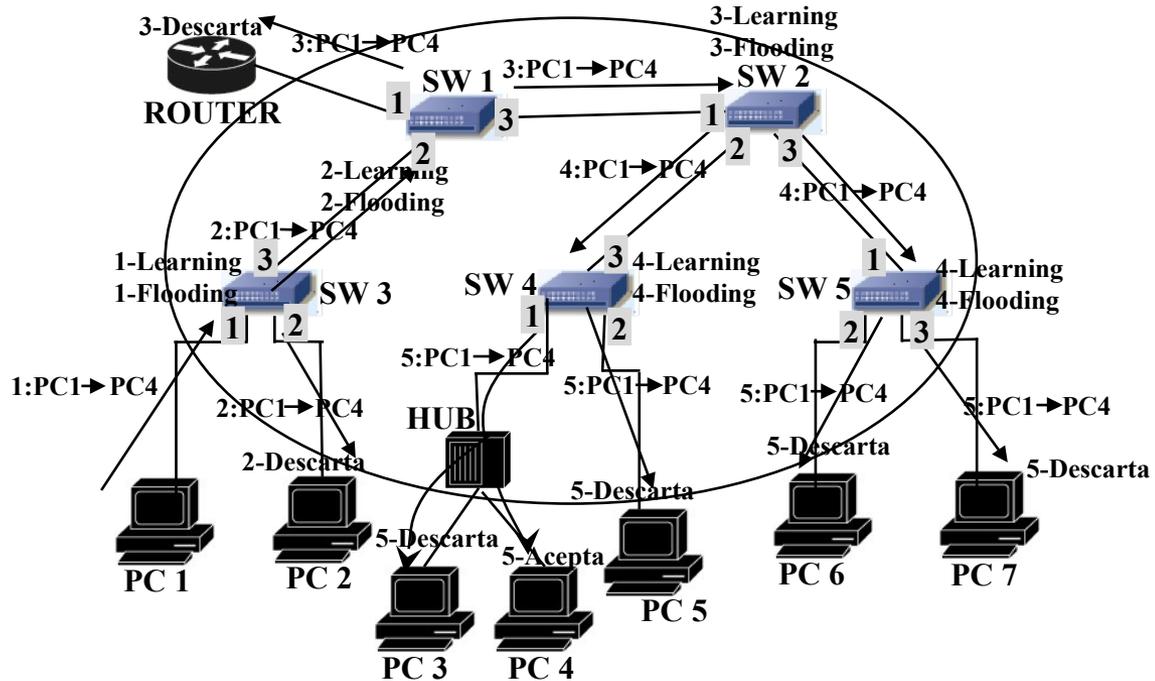
Funciones de los switches

- **Ruteo**
- **Topologías con caminos duales**
- **Saturación de una LAN al recibir tráfico de varias**
- **Distinta velocidad (o throughput) en cada LAN**
- **Reformateo de frames MAC (distintas normas)**
- **Diferente longitud máxima de frames (distintas normas)**

Ruteo

- **Funciones relativas al ruteo de frames**
 - **Learning: aprende direcciones MAC (backward learning)**
 - **Flooding: reenvío de frames con dirección no conocida**
 - **Filtering: No reenviar frames cuando llegan por un port hacia ellos**
 - **Forwarding: reenvío de frames con direcciones conocidas**
 - **Aging: duración limitada de las entradas en la tabla de ruteo**

Ruteo (1)



SW 1

T	Hacia	Por
2	PC1	2

SW 2

T	Hacia	Por
3	PC1	1

SW 3

T	Hacia	Por
1	PC1	1

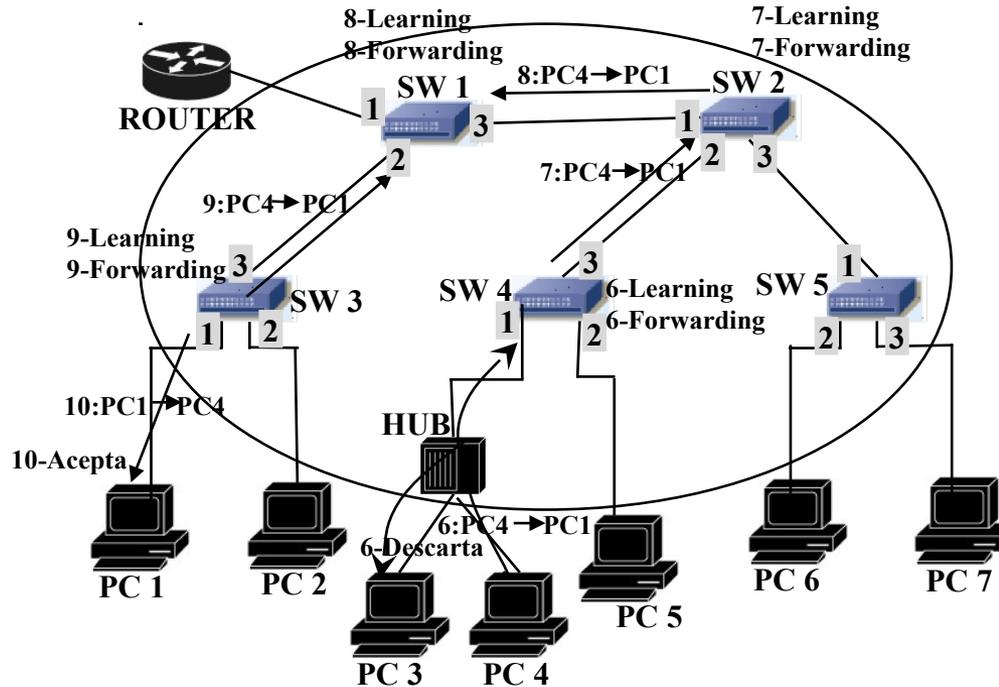
SW 4

T	Hacia	Por
4	PC1	3

SW 5

T	Hacia	Por
4	PC1	1

Ruteo (2)



SW 1

T	Hacia	Por
2	PC1	2
8	PC4	3

SW 2

T	Hacia	Por
3	PC1	1
7	PC4	2

SW 3

T	Hacia	Por
1	PC1	1
9	PC4	3

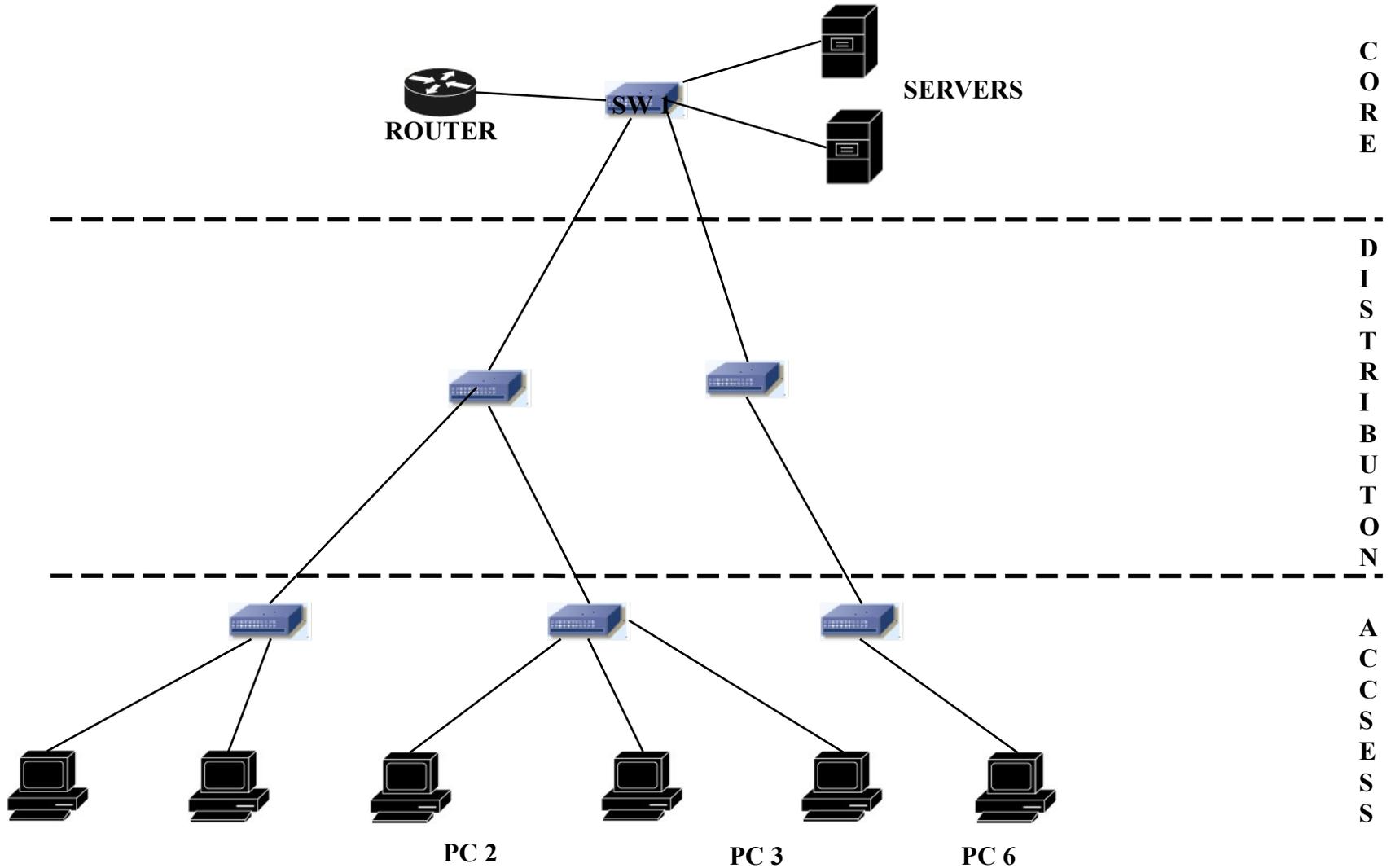
SW 4

T	Hacia	Por
4	PC1	3
6	PC4	1

SW 5

T	Hacia	Por
4	PC1	1

Diseño jerárquico de una red Ethernet (1)



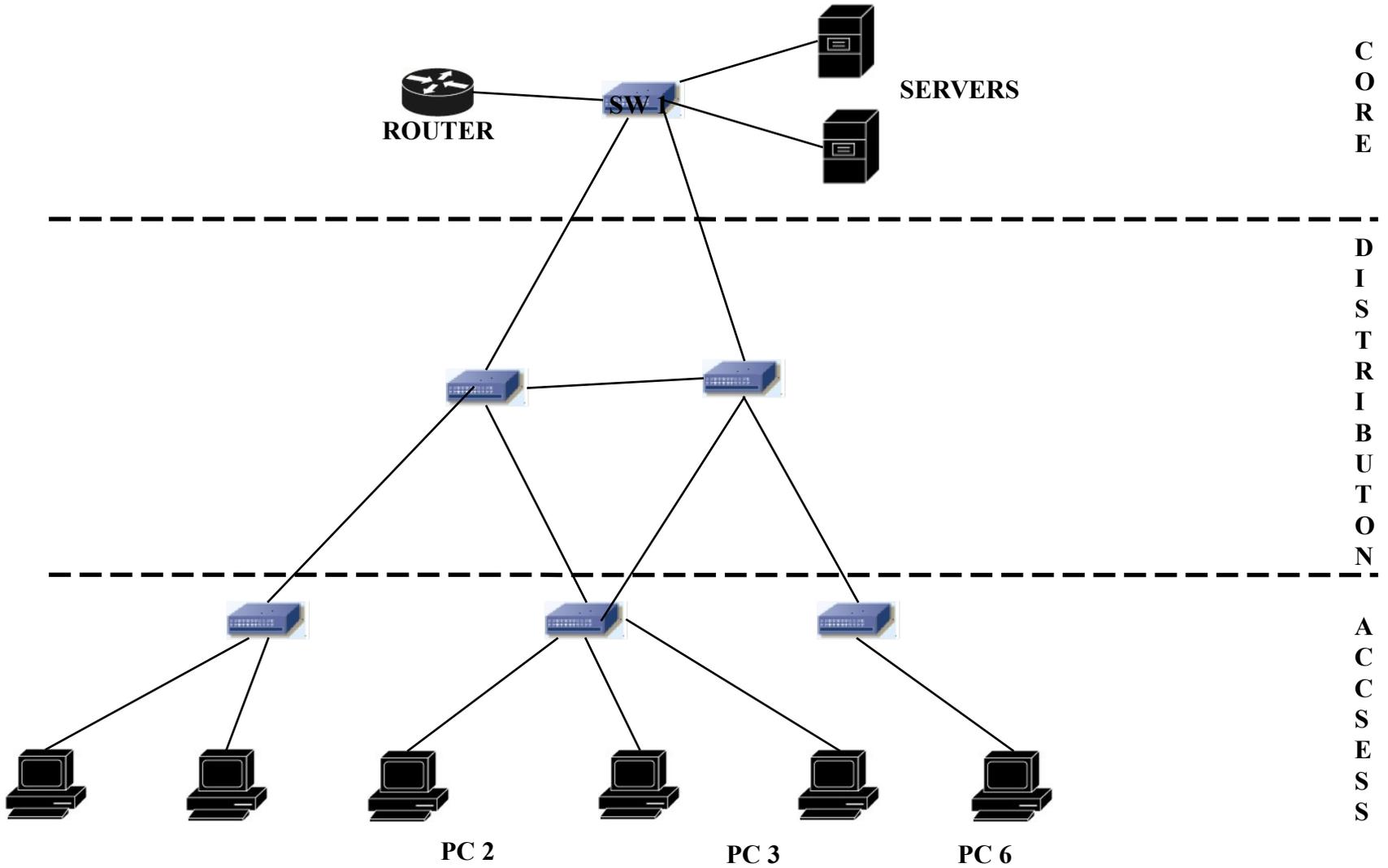
Diseño jerárquico (2)

- **Ventajas**
 - **Escalabilidad**
 - **Redundancia**
 - **Administración y Mantenimiento**
 - **Seguridad**
 - **Performance**
- **Consideraciones a tener en cuenta**
 - **Diámetro**
 - **Agregado de ancho de banda**

Topologías redundantes (1)

- **Topologías con switches y/o links adicionales**
 - **Provocan que haya más de un camino posible entre un par de equipos (caminos duales)**
 - **Ventajas**
 - **Eliminación de puntos de falla**
 - **Mayor tiempo de uso útil de la red**
 - **Posibles problemas**
 - **Inundación de la red con frames multicast o broadcast**
 - **Duplicación de frames**
 - **Inestabilidad en las tablas de ruteo de los bridges**
- **Solución:**
 - **Limitar la topología de la red a una topología ficticia de tal manera que sólo haya un único camino entre cualquier par de equipos**
- **Procedimiento:**
 - **Utilización del algoritmo spanning tree**

Topologías redundantes (2)

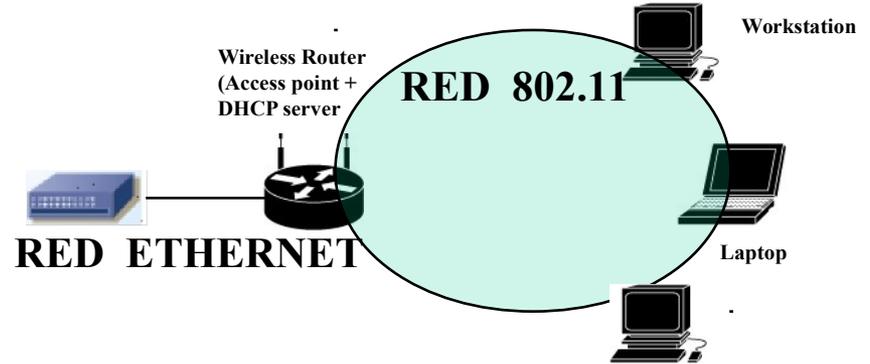


Spanning Tree Protocol

- **Algoritmo que transforma una red física arbitrariamente conectada en una red lógica sin caminos duales -Radia Perlman (DEC), 1985-**
- **Especificado en la norma IEEE 802.1d en 1990**
- **Los Switches (Bridges) intercambian mensajes de control (B-PDUs)**
- **2001: Rapid Spanning Tree Protocol (IEEE 802.1w).
acelera convergencia (de entre 30 y 50 segs a menos de 6 segs)**
- **Otras variantes (IEEE y Cisco) para VLANs**

Translational Bridges

Conectan dos LANs con diferentes MACs: Los más comunes: wifi-ethernet



Ethernet a Wifi

- 1- Chequear integridad del Ethernet. Descartar si error
- 2- Chequear si el destino del frame Ethernet es una estación asociada al AP. Descartar si no lo es
- 3-Agregar al frame un header SNAP con el Ethertype del frame Ethernet
- 4-Poner el frame en cola de transmisión, asignar un número de secuencia (Sequence Control Field)
- 5-Fragmentar si es necesario
- 6- Si se requiere protección, cifrar el contenido de cada fragmento
- 7-Transformación del Header Ethernet en el Header 802.11
 - 7.1-Copiar dirección de destino Ethernet en Address 1 (origen)
 - 7.2-Copiar dirección de BSSID en Address 2 (MAC que envía en el medio wireless)
 - 7.3-Copiar dirección de origen Ethernet en Address 3
 - 7.4-Colocar valor estimado de tiempo de transmisión en Duration; colocar valores adecuados en los demás bits del campo Frame Control
 - 7.4-Recañular el FCS para cada fragmento del frame 802.11

Wifi a Ethernet

- 1- Chequear integridad del frame 802.11 (PLCP Header, FCS, etc). Descartar si error
 - 2- Chequear si Address1 del frame es la MAC del AP (BSSID). Descartar si diferente
 - 3-Chequear si frame es duplicado y descartar si lo es
 - 4-Descriptar el frame
 - 5-Determinar si es un fragmento, y reensamblar
 - 6-Transformación del Header 802.11 en el Header Ethernet
 - 6.1-Copiar dirección de destino 802,11 (Address 3) en dirección destino Ethernet
 - 6.2-Copiar dirección de origen 802.11 (Address 2) en dirección de origen Ethernet
 - 6.3-Copiar el campo Ethertype del frame 802.11 (SNAP) en el Ethertype del Ethernet
 - 6.4-Recañular el FCS para el frame Ethernet
- No se hacen consideraciones sobre calidad de servicio

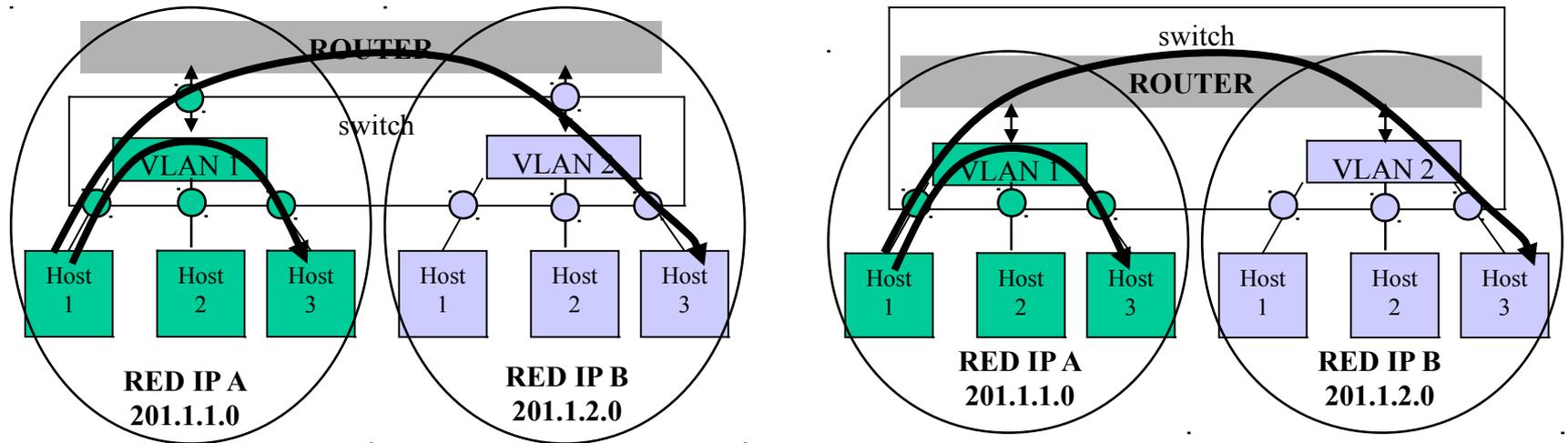
VLANs Virtual Local Area Networks)

- **VLAN (IEEE 802.1Q): mecanismo que permite la creación por software de redes virtuales de nivel 2.**
- **Switches especiales con capacidad VLAN**
- **Compatibilidad con bridges sin capacidad VLAN**

- **Facilitan la administración de grupos lógicos de PCs que deban comunicarse entre sí.**
 - **Movimiento físico de equipos**
 - **Cambios de VLAN por parte de los equipos**
 - **Altas y bajas de equipos en las VLANs**
- **Se reduce el dominio broadcast al separar en VLANs**
- **El dominio broadcast virtual puede extenderse a diferentes redes físicas (trunking)**

Comunicación entre VLANs

- **Comunicación entre VLANs: a través de un relay de nivel 3 (router)**
 - **Switches con funciones de nivel 2 solamente: Router externo**
 - con interfaces físicas a cada VLAN
 - con una única interfaz física soportando trunking
 - **Dispositivos con funciones de switch y router; Router “interno” al switch, interfaces lógicas a cada VLAN**



Conformación de grupos en VLANs (membership)

- **Asignación por ports**
 - Estática
 - Eficiente
 - No flexible
 - Cada port es de uso exclusivo de una VLAN
- **Asignación por dirección MAC**
 - Flexible
 - Dinámica
 - Problemas con la asignación inicial MAC-VLAN
 - Problemas de seguridad (clonado de MACs)
- **Asignación por información del nivel 3 (Protocolo, red IP, etc)**
 - Flexible
 - Baja performance
 - Un equipo puede moverse sin reconfigurar su IP

Alcance de una VLAN

- **End to end VLAN**
 - Los equipos de la VLAN pueden estar distribuidos en la intranet
 - Provee flexibilidad
 - Riesgo de cargar el nivel core
 - Requiere trunking

- **Local VLAN**
 - Los equipos se encuentran físicamente cercanos entre sí
 - Mejora eficiencia (separa dominios broadcast)
 - Mejora seguridad
 - Permite ubicación estratégica de servidores

