

## ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

### Conjunto de problemas del Tema 3

1. Suponga un puente que interconecta 3 redes Ethernet. Dicho puente acaba de arrancarse. Indique, para cada suceso las direcciones de las máquinas que aprenderá y a través de qué puerto llega a las mismas. Sucesos: 1) arranca el puente, 2) A envía a D, 3) D envía broadcast, 4) E envía a B, 5) C envía a D, 6) E envía a F.

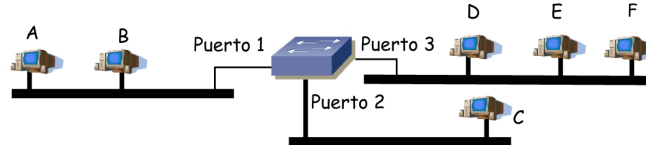


Figura 1.- Topología del problema 1

2. Explique las ventajas de un conmutador Ethernet frente a un Hub y viceversa  
 3. Suponga la topología de la LAN Ethernet de la figura 2 donde todos los puertos son 100BaseTX. PC1 intenta enviar tramas a PC2 a la máxima velocidad y lo mismo hace PC2 hacia PC1. En el mejor caso y suponiendo un reparto justo ideal del ancho de banda entre los dos flujos, ¿cuál es el mayor flujo en bits por segundo que podrían obtener?



Figura 2.- Problema 3

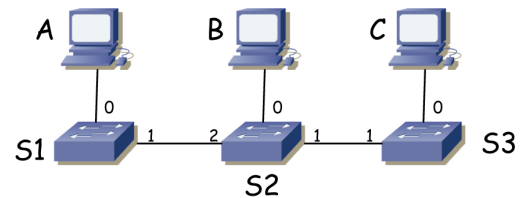


Figura 3.- Topología del problema 4

4. Una pequeña red sigue la topología de la figura 3. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Tras cada uno de los siguientes eventos indique las direcciones que habrá en las tablas de los conmutadores al terminar el suceso. También indique los enlaces por los que haya circulado algún paquete durante ese evento.
- PC A envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCA, MAC destino = broadcast
  - PC C envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCC, MAC destino = MACPCB
  - PC B envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCB, MAC destino = MACPCC

5. Supongamos que una LAN está construida siguiendo el esquema de la figura 4, donde se alternan conmutadores y hubs Ethernet. Cada hub tiene 24 puertos 10Base-T a los que se conectan 20 hosts y cada conmutador tiene 12 puertos 100Base-TX a los que se conectan 5 máquinas. S1 posee un servidor web y otro de FTP mientras que S2 mantiene otro servidor web y los servidores de correo electrónico. Escriba cómo quedarán las tablas de asignación MAC-puerto de todos los conmutadores de la red tras terminar todos los siguientes sucesos:

- PC A envía una trama a broadcast.
- S1 envía una trama a PCA.
- PCA envía una trama a S1.
- S2 envía una trama a PCA.
- PCA envía una trama a S2.

6. En el escenario de la figura 5, PC1 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast. ¿Qué host/s verán el paquete en el cable? Tenga en cuenta que la subred a la derecha del conmutador de paquetes de nivel 3 (el router) puede ser o no ser una Ethernet

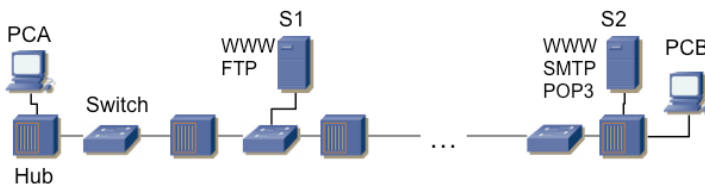


Figura 4.- Problema 5

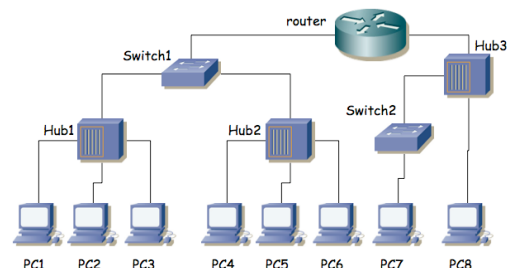


Figura 5.- Topología del problema 6

7. Suponga la LAN Ethernet de la figura 6. En ella hay 6 hosts y 5 conmutadores. Comienzan todos los conmutadores con sus bases de datos de filtrado vacías. En el instante 0 empieza PC1 a enviar de forma sostenida un flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de

PC2, todas de 1200 Bytes y con una separación constante de 12 ms. En el instante 1 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC3, todas de 1000 Bytes y con una separación constante de 8 ms. En el instante 2 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC4, todas de 800 Bytes y con una separación constante de 3.2 ms. En el instante 3 empieza a enviar otro flujo de tramas dirigidas a la dirección MAC de PC6, todas de 500 Bytes y con una separación constante de 1 ms. Los flujos no cesan durante todo el intervalo de tiempo de interés para este problema.

Tras el comienzo de los flujos suceden los siguientes eventos:

- t = 4 : PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 5 : PC4 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3
- t = 6 : PC2 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 7 : PC4 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC5
- t = 8 : PC6 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
- t = 9 : PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC1
- t = 10 : PC6 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3

Complete dos gráficas, una para el enlace entre S4 y S5 (sentido S4->S5) y la otra para el enlace entre S4 y S3 (sentido S4->S3). En ellas coloque en el eje horizontal el tiempo y en el vertical el número medio de Megabits por segundo que están circulando por el enlace debidos a los flujos que envía PC1.

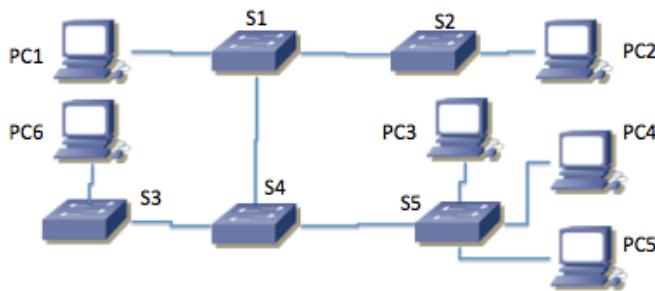


Figura 6.- Topología del problema 7

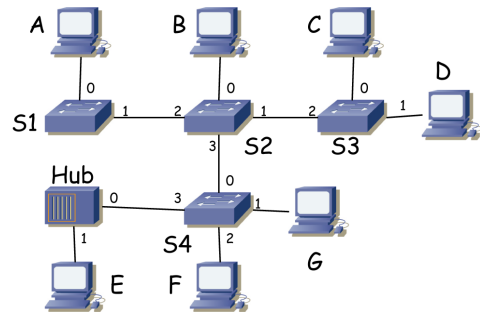


Figura 7.- Topología de la LAN

8. Una pequeña red sigue la topología de la figura 7. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Tras cada uno de los siguientes eventos complete una fila de la tabla indicando las direcciones que habrá en las tablas de los conmutadores al terminar el suceso. Cada evento sucede a continuación del anterior y por lo tanto los conmutadores parten del estado anterior.

- a. PC C envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCC, MAC destino = broadcast
- b. PC D envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCD, MAC destino = MACPCC
- c. PC F envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCF, MAC destino = MACPCE
- d. PC B envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCB, MAC destino = MACPCC
- e. PC D envía una trama Ethernet. MAC origen = MACPCD, MAC destino = MACPCB

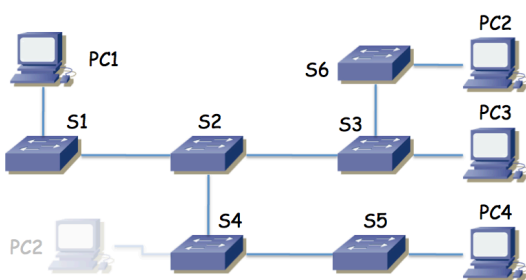


Figura 8.- Topología del problema 9

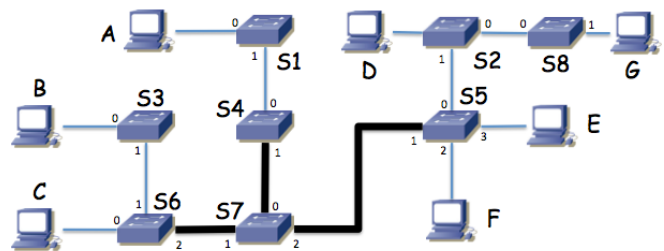


Figura 9.- Topología del problema 10

9. Supongamos el escenario Ethernet con conmutadores de la figura 8. Partiendo de todos los equipos recién encendidos y sin ninguna configuración estática en los conmutadores sucede que:

1. PC2 envía una trama de Broadcast
2. PC1 envía un flujo de tramas dirigido a la dirección MAC de PC2, una cada 10 segundos, sin detenerse
3. PC2 se desconecta del switch S6 y se conecta al switch S4 (ensombrecido en la figura)
4. PC2 envía una trama a PC1  
¿Qué harán los conmutadores con la trama 4? ¿Qué sucederá a partir de ese momento con el flujo que PC1 sigue enviando a la dirección MAC de PC2?
5. PC3 envía una trama a PC2  
¿Qué harán los conmutadores con la trama 5? ¿Qué direcciones MAC tiene ahora aprendidas el conmutador S5 en su tabla y asociadas a qué interfaces?

10. Una pequeña red sigue la topología de la figura 9. Los conmutadores acaban de reiniciarse por un problema de alimentación en su armario de equipos por lo que sus tablas de relación (MAC, puerto) están vacías. Los enlaces marcados con línea gruesa son 1000Base-

T y los marcados con línea fina son 100Base-TX. Haremos referencia a un enlace indicando los dos conmutadores extremo, por ejemplo el enlace S3-S6. El PC A envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast.

a) Indique qué enlaces atravesará dicha trama

A continuación, la fuente de alimentación del conmutador S7, que ha quedado dañada en el fallo de corriente, tiene una pequeña fluctuación que hace que este conmutador se reinicie de nuevo.

Lo siguiente que sucede es que el PC C envía una trama dirigida a la dirección MAC del PC A.

b) Indique qué enlaces atravesará dicha trama.

A continuación el PC D envía una trama dirigida a la dirección MAC del PC C.

c) Indique qué enlaces atravesará dicha trama.

Lo siguiente que sucede es que el PC B envía una trama dirigida a la dirección MAC del PC C.

d) Indique qué enlaces atravesará dicha trama

A continuación el PC A envía una trama Ethernet del tamaño máximo dirigida a la dirección MAC del PC F.

e) Calcule el tiempo mínimo y máximo que tardará dicha trama en alcanzar su destino

f) Tras todos estos sucesos, indique el estado de las tablas de los conmutadores S3, S5 y S7, detallando las direcciones MAC aprendidas y los puertos por los que se reenvía el tráfico hacia ellas

11. Una decisión fundamental de diseño en ATM fue si emplear celdas de longitud variable o de longitud fija. Veamos el problema desde el punto de vista de la eficiencia. Definimos la eficiencia de transmisión como:

$$N = \frac{\text{Número de bytes de información}}{\text{Número de bytes de información} + \text{Número de bytes de sobrecarga}}$$

Llamamos: L = Tamaño del campo de datos de la celda (bytes)      H = Tamaño de la cabecera de la celda (bytes)

X = Número de bytes de información a transmitir

a. Si las celdas tuvieran longitud variable podríamos pensar además que todos los bytes de información a transmitir podrían ir en la misma celda (supongamos que  $\max(L) > X$ , para todo X). En ese caso la sobrecarga vendría dada por la cabecera más el delimitador necesario para marcar el final de la celda o un campo de indicación de tamaño de la celda. Supongamos que:

Hv = bytes adicionales necesarios para la funcionalidad de delimitación de celdas

Obtenga una expresión para N en función de X, H y Hv

b. En el caso de celdas de tamaño fijo (L fijo) los bytes de sobrecarga son solo los bytes de la cabecera. Sin embargo si  $X < L$  la celda tiene más tamaño que el necesario para transportar esos datos con lo que hay una sobrecarga adicional en espacio desaprovechado y si  $X > L$  se necesita más de una celda para transmitir esos X bytes de datos, con la consiguiente sobrecarga en la/s celda/s adicional/es.

Obtenga una expresión para N

12. Supongamos que todas las redes del mundo fueran de tecnología Ethernet. ¿Haría falta tener direccionamiento en el nivel 3 además de en el nivel 2? Justifique la respuesta

13. Definiremos la eficiencia de transmisión como la longitud del campo de datos de una PDU dividida por la longitud total de la misma en un nivel inferior. Consideraremos la transmisión de paquetes IP en un enlace ATM. Los paquetes IP se encapsulan en PDUs de AAL5 el cual añade una cola de 8 bytes y tantos bytes como sean necesarios para que el resultado final tenga una longitud múltiplo de 48. A continuación se crean las celdas ATM a partir de esos datos a transportar, segmentando y añadiendo las cabeceras de celda correspondientes. La eficiencia de transmisión de IP sobre ATM la tomaremos como el cociente entre la cantidad de datos dentro del datagrama IP dividida por la cantidad de bytes que el nivel ATM entregó a su nivel inferior. Tomaremos que la cabecera IP tenga un tamaño de 20 bytes.

a) Dibuje dicha eficiencia frente a la longitud del campo de datos de IP.

b) Suponga un bloque de 2000 bytes de datos con los que se construye un datagrama IP. El enlace ATM se encuentra entre dos routers, atravesando un solo conmutador ATM intermedio. El tiempo de propagación en el segmento R1-S es de 5ms y en el segmento S-R2 es de 7ms. Suponiendo que el conmutador tarda un tiempo despreciable en procesar cada celda calcule el tiempo que transcurre entre que se empieza a enviar el paquete en R1 hasta que se termina de recibir en R2. Tome una velocidad de transmisión de 220.000Km/s.

14. Dibuje una gráfica con la eficiencia del transporte sobre Ethernet de PDUs de nivel superior. En el eje x el tamaño de la PDU transportada por Ethernet. En el eje y la eficiencia medida como "tamaño de la PDU transportada / tamaño de la trama Ethernet". Compare los resultados entre que Ethernet emplee encapsulado EthernetII, emplee LLC solo o emplee LLC/SNAP.

15. Identifique los campos de las siguientes tramas Ethernet (bytes en hexadecimal)

a) FF FF FF FF FF FF 00 07 7D 0A C9 C0 08 06 00 01 08 00 06 04 00 02 00 11 20 CD 5D 1A AC 11 3E 0D FF FF FF FF FF FF AC 11 3E 0D 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 BC BF F9 01

b) 01 80 c2 00 00 00 00 1c 0e 87 85 04 00 26 42 42 03 00 00 00 00 00 80 64 00 1c 0e 87 78 00 00 00 00 04 80 64 00 1c 0e 87 85 00 80 04 01 00 14 00 02 00 0f 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 92 16 36 EE

c) 01 00 0c cc cc cc 00 e0 1e d5 d5 15 01 1e aa aa 03 00 00 0c 20 00 01 b4 df f0 00 01 00 06 52 31 00 02 00 11 00 00 00 01 01 01 cc 00 04 c0 a8 0a 01 00 03 00 0d 45 74 68 65 72 6e 65 74 30 00 04 00 08 00 00 00 01 00 05 00 d8 43 69 73 63 6f 20 49 6e 74 65 72 6e 65 74 77 6f 72 6b 20 4f 70 65 72 61 74 69 6e 67 20 53 79 73 74 65 6d 20 53 6f 66 74 77 61 72 65 20 0a 49 4f 53 20 28 74 6d 29 20 31 36 30 30 20 53 6f 66 74 77 61 72 65 20 28 43 31 36 30 30 2d 4e 59 2d 4c 29 2c 20 56 65 72 73 69 6f 6e 20 31 31 2e 32 28 31 32 29 50 2c 20 52 45 4c 45 41 53 45 20 53 4f 46 54 57 41 52 45 20 28 66 63 31 29 0a 43 6f 70 79 72 69 67 68 74 20 28 63 29 20 31 39 38 36 2d 31 39 39 38 20 62 79 20 63 69 73 63 6f 20 53 79 73 74 65 6d 73 2c 20 49 6e 63 2e 0a 43 6f 6d 70 69 6c 65 64 20 54 75 65 20 30 33 2d 4d 61 72 2d 39 38 20 30 36 3a 33 33 20 62 79 20 64 73 63 68 77 61 72 74 00 06 00 0e 63 69 73 63 6f 20 31 36 30 31 16 E6 23 CB

16. Una empresa tiene dos LANs Ethernet interconectadas a través de la WAN ATM de un proveedor de servicios de red. Las LANs Ethernet emplean encapsulado Ethernet II (DIX). El acceso de cada sede a la WAN se hace mediante un conmutador de paquetes de

nivel 3 con un interfaz Ethernet en el lado LAN y un interfaz ATM en el lado WAN. Los enlaces de cada PC a la LAN son 100Base-TX mientras que el enlace de cada router es 10Base-T. El protocolo de nivel 3 emplea conmutación de datagramas, construyendo PDUs con cabeceras de 20 bytes y un bloque de datos de tamaño variable entre 0 y 65535 bytes. A la hora de transportar estos datagramas por la WAN se añade a cada uno una cabecera LLC/SNAP antes de segmentarlo en las celdas ATM necesarias. El tiempo de propagación extremo a extremo en la WAN (de un router al otro) es de 10ms mientras que el tiempo de propagación en cada segmento de la LAN se estima en 0.5µs. Se emplea un único circuito virtual a través de la WAN, el cual no está permanentemente establecido sino que se desconecta cuando transcurren 60 segundos sin que haya sido empleado. Cuando uno de los conmutadores de nivel 3 recibe un datagrama que debe enrutar hacia la otra LAN y el circuito virtual no está establecido, solicita el establecimiento, el cual se hace mediante una única celda que se envía desde un router extremo al otro y que es contestada con otra celda desde el otro router. A partir de que el router que inicia el establecimiento del SVC recibe la confirmación del otro extremo puede ya enviar celdas conteniendo los datos de usuario. El SVC es full-duplex con una tasa de transmisión en todos los enlaces de 155Mbps. Los conmutadores ATM (no los routers) configuran para el SVC de esta empresa no enviar más de una celda con datos cada 200µs en cada sentido, con lo que si un conmutador tiene más para enviar las deja a la espera hasta que haya transcurrido ese tiempo entre una y otra. Cada conmutador reserva 4 KiB para el almacenamiento de las celdas de cada circuito en cada sentido. El protocolo de nivel de transporte que emplean las aplicaciones incluye un encapsulado con cabeceras de 8 bytes y un tamaño de datos variable entre 0 y 2048 bytes. Este protocolo emplea datagramas y cada vez que recibe una PDU con datos de otro host envía de vuelta una nueva PDU sin datos pero que con solo la cabecera cumple funciones de confirmación de llegada. A la hora de transmitir datos se emplea una técnica de “parada y espera”, la cual implica que el nivel de transporte que envía una PDU con datos no envía otra hasta que la primera haya sido confirmada (supondremos que no se producen pérdidas de paquetes). Una aplicación en PC1 que emplea este nivel de transporte va a hacer una transferencia de 80 bytes de datos. Indique el tamaño de paquete que se envía por cada enlace, así como de qué PDUs está compuesto. Asumiendo que el SVC está establecido estime el tiempo necesario entre que el nivel de transporte empieza a enviar los datos en PC1 hasta terminan de llegar a PC2.

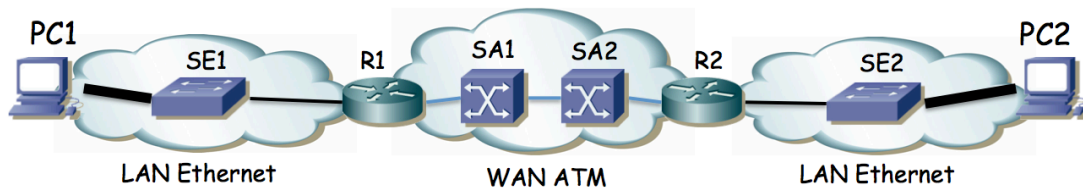


Figura 10.- Topología del problema 16

17. La figura 11 representa la red de una empresa con dos LANs Ethernet interconectadas por un conmutador de nivel 3 (etiquetado como S9). Supondremos que todos los conmutadores de capa 2 acaban de iniciarse con su configuración limpia. Las direcciones MAC de los interfaces de los PCs supondremos que son 00:00:00:00:00:x donde x es el número de PC como se indica en la figura. Las direcciones MAC de los interfaces del router son 00:00:00:00:00:1y donde y es el número de LAN.

PC4 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast

- Indique cuáles son los valores de direcciones MAC que aparecerán en los campos de dirección MAC origen y destino de esa trama
- Indique los equipos que recibirán esa trama
- Indique los conmutadores que reenviarán esa trama por alguno de sus puertos

A continuación PC1 envía una PDU de nivel 3 dentro de una trama Ethernet, dirigida a la dirección MAC 00:00:00:00:00:12. La PDU de nivel 3 se dirige a PC4. El switch S9 reenvía esa PDU a la LAN1, dirigida a la MAC de PC4.

A continuación PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la MAC 00:00:00:00:00:11.

- Indique los conmutadores que recibirán esta trama
- Indique las direcciones MAC que conocen en este momento los switches S1 y S3

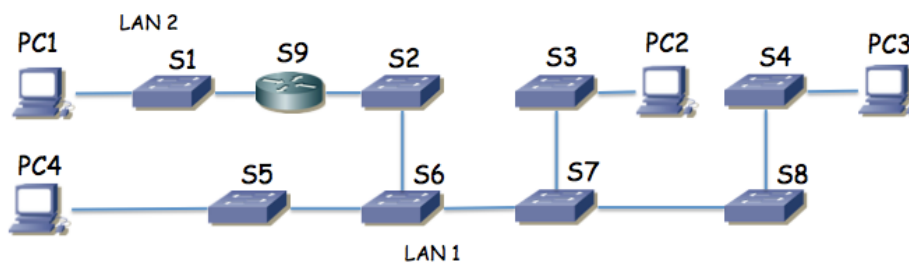


Figura 11.- Topología del problema 17

18. Indique las ventajas e inconvenientes de una topología en estrella frente a una topología en anillo

19. Un protocolo de nivel de transporte acepta bloques de datos del usuario tan grandes como se desee. Construye PDUs de tamaño variable, con una cabecera de 8 bytes y un campo de datos con un máximo de 4 GiB. El protocolo de nivel de red emplea una cabecera de 40 bytes, no soporta fragmentación y puede tener un campo de datos de tamaño variable, alcanzando la PDU completa un tamaño máximo de 65536 bytes. Este protocolo de nivel de red se transporta en una LAN Ethernet empleando LLC/SNAP. Calcule la cantidad de datos que debería contener una PDU de nivel de transporte para formar una trama Ethernet del tamaño máximo.

20. Dado un conmutador Ethernet cuya tabla de direcciones MAC aprendidas contiene en un cierto instante la información que se ve en la tabla 2 indique las acciones que llevará a cabo el conmutador ante las siguientes tramas Ethernet (estas acciones pueden serlo sobre la trama y/o sobre la tabla)

- MAC origen 00:08:ef:fe:09:90, MAC destino 00:1e:ef:54:23:a3, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 1 del conmutador

- b) MAC origen 00:aa:bb:1e:34:33, MAC destino 00:00:ee:dc:c0:00, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 2 del conmutador
- c) MAC origen 00:00:cd:dc:00:00, MAC destino 00:11:21:23:22:ae, Ethertype 0x0806, llega por el puerto 3 del conmutador
- d) MAC origen 00:dd:cc:dd:44:34, MAC destino 00:08:ef:fe:09:90, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 3
- e) MAC origen 00:45:69:e9:12:12, MAC destino 00:98:76:78:e5:22, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 2
- f) MAC origen 00:dd:cc:dd:44:34, MAC destino 00:1e:ef:54:23:a3, Ethertype 0x0800, llega por el puerto 1

MAC-address	Port
00:08:43:45:ac:d2	0
00:1e:ef:54:23:a3	1
00:11:22:ef:54:55	0
00:00:cd:dc:00:00	1
00:aa:bb:1e:34:33	2
00:98:76:78:e5:22	2
00:dd:cc:dd:44:34	3
00:45:69:e9:12:12	2

21. Suponga una PDU de nivel 3 que se va a transportar directamente sobre un PVC ATM. La PDU de nivel 3 tiene un tamaño de 823 bytes. Calcule el número de celdas ATM que se enviarán por la red. ¿Qué porcentaje de los bytes enviados por el nivel ATM corresponden a cabeceras de sus celdas?

22. En el escenario de la figura 12 todos los conmutadores acaban de reiniciarse y tienen por lo tanto sus bases de datos de filtrado vacías. A continuación se envían una serie de tramas. Para cada una indique qué conmutadores y qué interfaces Ethernet de ordenadores verán dicha trama.

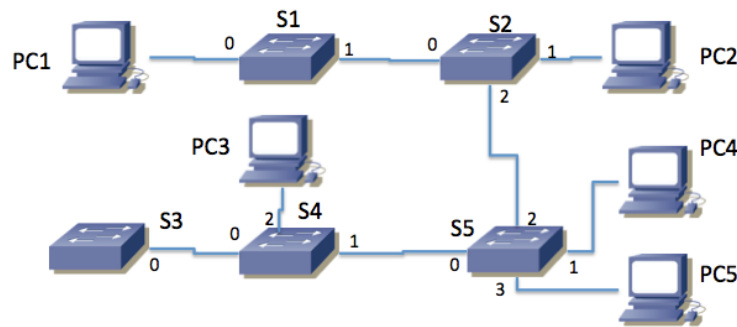


Figura 12.- Topología del problema 22

- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC5
- PC5 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1
- PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC5
- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC3
- PC1 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC4
- En este momento el Switch S5 se reinicia
- PC4 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1
- PC3 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de broadcast
- PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1

Indique a continuación de forma resumida las bases de datos de filtrado de los conmutadores. Para ello, para cada conmutador y puerto indique los PCs cuyas direcciones MAC el conmutador cree que se alcanzan por cada uno.