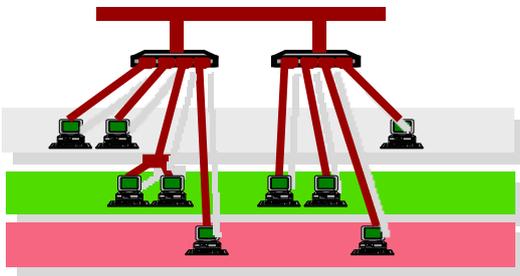


Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido

Grado en Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones



Actividades Propuestas Tema 6: Interconexión de Subredes

Dr. José Ignacio Moreno Novella (Coordinador)

joseignacio.moreno@uc3m.es



Universidad
Carlos III de Madrid

Versión 3.0
1 Septiembre 2011



Tema 6: Interconexión de Subredes

1. Objetivos del Tema

El objetivo del Tema 6: Interconexión de Subredes consiste en conocer los distintos elementos de interconexión de redes de que disponemos para construir e interconectar redes. En este sentido se analizará la evolución de los mecanismos de interoperación desde las redes compartidas hasta entonos conmutados y redes virtuales. En esta asignatura nos centramos en los elementos de interconexión que operan a nivel físico (repetidores, hubs, hubs apilables, etc) y a nivel de enlace (bridges, puentes, conmutadores, switches, etc), profundizando en su funcionalidad y criterios de utilización de los mismos en función del escenario de aplicación. En particular al finalizar el tema el alumno debe ser capaz de:

- Conocer las funciones realizadas por un equipo de interconexión de nivel físico, así como los escenarios típicos de utilización.
- Conocer los distintos términos utilizados para identificar a un equipo de interconexión de nivel físico así como sus diferencias.
- Conocer las funciones realizadas por un equipo de interconexión de nivel de enlace.
- Conocer el mecanismo de interconexión basado en bridge transparentes.
- Conocer el mecanismo de interconexión basado en source routing.
- Conocer los distintos mecanismos para crear redes locales virtuales basados en puertos, direcciones MAC, direcciones IP y tipos de aplicación.

2. Material Docente

Se propone el estudio de los temas Capítulo 3 y 4 de Seifert.

3. Actividades y Problemas propuestos

Dentro de las actividades a desarrollar en los foros y en clase se plantean las siguientes cuestiones:

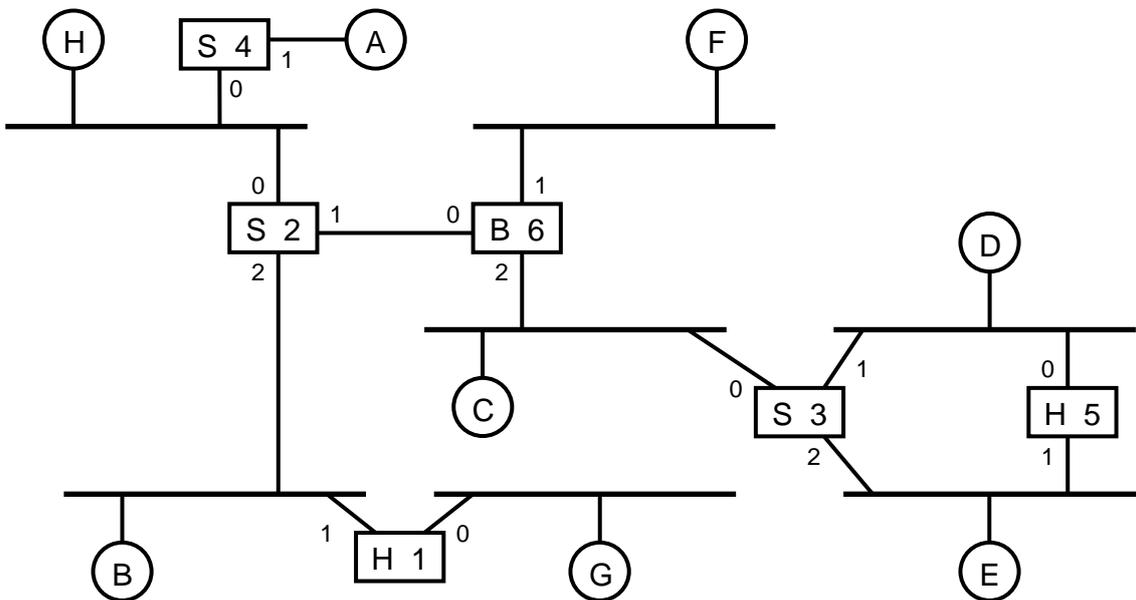
CUESTIONES:

- Q.6-1** En el contexto de las redes Ethernet, ¿qué es el funcionamiento half-duplex? ¿Qué implicaciones tiene desde el punto de vista del despliegue de red?
- Q.6-2** ¿Qué es un dominio de colisión?. Explique cómo afecta a un dominio de colisión la inclusión de un repetidor o de un switch.
- Q.6-3** ¿Qué es un dominio de difusión?. Explique cómo afecta a un dominio de colisión la inclusión de un repetidor o de un switch.
- Q.6-4** ¿Qué son redes virtuales? ¿Cómo pueden crearse?
- Q.6-5** ¿Qué diferencia existe entre un bridge y un switch?
- Q.6-6** ¿Qué diferencia existe entre un switch cut-through y un switch cut-through modificado?
- Q.6-7** ¿Qué sucede si conectamos dos interfaces de un switch transparente a la misma red?
- Q.6-8** ¿Explique las razones por las que un equipo de interconexión entre redes heterogéneas es poco utilizado?
- Q.6-9** Explique porque en una red con bridges transparentes no es suficiente con implementar las funciones de bridge básico y autoaprendizaje.

- Q.6-10** Explique para que sirve el algoritmo de spanning tree y como se realiza el envío de información debidos a dicho algoritmo.
- Q.6-11** Compare los mecanismos de bridge transparente y bridge con source routing indicando las fortalezas y debilidades de cada uno.
- Q.6-12** Explique la evolución de las redes locales basadas en Ethernet desde la compartición a las redes locales virtuales identificando los aspectos más destacados de cada fase.

PROBLEMAS:

P 6-1 En la figura 1 se muestra la red IP de una empresa que emplea la tecnología Fast Ethernet. B_x representa un *Bridge*, S_x representa a un *Switch* y H_x a un *Hub*.

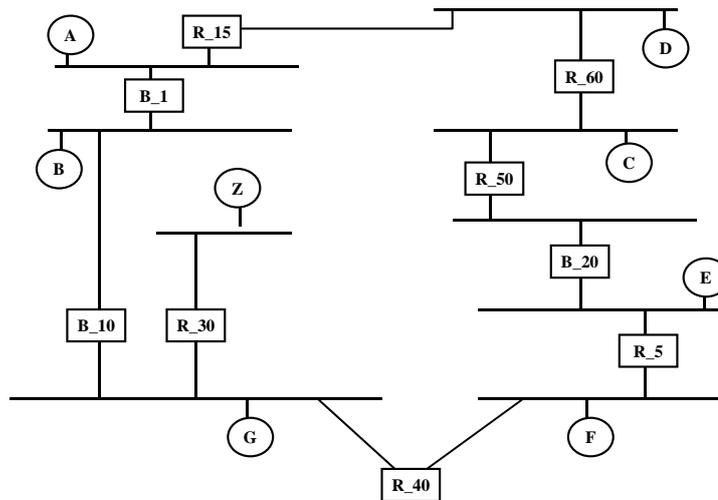


- Indique el número de dominios de difusión que existen en la red y que sistemas finales pertenecen a cada uno de ellos.
- Indique el número de dominios de colisión que existen en la red y que sistemas finales pertenecen a cada uno de ellos.
- ¿Es necesario ejecutar el algoritmo de *Spanning Tree* en la red de la figura? Razone su respuesta. En caso afirmativo calcule el árbol de expansión resultante.
- Antes de alcanzar el régimen permanente, la estación B envía una trama a la estación D. Dicha trama será recibida por múltiples elementos de interconexión. Indique, para cada uno de ellos, que entrada o entradas deben introducir en su tabla de encaminamiento al procesar dicha trama.
- Inmediatamente después de recibir la trama de B, la estación D responde con otra trama a B. Indique, para cada elemento de interconexión, que entrada debe introducir en su tabla de encaminamiento al procesar dicha trama respuesta.
- Suponga que en el *Switch S_2* se configuran dos VLANs. La primera en los puertos 0 y 2 y la segunda VLAN en el puerto 1. Responda, razonadamente, a las siguientes preguntas:
 - ¿Cuántos dominios de difusión existirían ahora? ¿Y dominios de colisión?
 - ¿Sería posible la comunicación entre A y G? ¿Y entre F y G?

3. ¿Qué elemento de interconexión añadiría para permitir la comunicación entre todas las estaciones de la red?

P 6-2 Se va a trabajar sobre la red de la figura, donde B_x representa un bridge y R_x representa un Hub. Considere:

- Todas las redes que se interconectan tienen tecnología Ethernet (802.3).
- El número x que acompaña a cada dispositivo representa el identificador del mismo. De este modo B_10 representa un bridge identificado como 10.
- Los elementos de interconexión a nivel de subred se basan en dispositivos transparentes (Bridges Transparentes).
- Los círculos representan sistemas finales conectados.
- Se utiliza tecnología de subred 802.3 con interfaz físico 10Base2 en toda la red.



- Indique número de dominios de colisión que existen en la red y sistemas finales que pertenecen a cada uno de ellos.
- Indique número de dominios de difusión que existen en la red y sistemas finales que pertenecen a cada uno de ellos.
- Calcule el árbol de expansión resultante una vez ejecutado el algoritmo del Spanning Tree (Árbol de Expansión)
- Indique si el algoritmo de spanning tree tiene algún sentido en la red analizada o bien si se podría prescindir del mismo.
- Determine las tablas de encaminamiento de cada uno de los dispositivos de interconexión una vez establecido el régimen permanente.
- Determine el camino seguido por las tramas originadas en A con destino a C así como las tramas originadas en A con destino a E una vez alcanzado el régimen permanente.

P 6-3 La empresa ACME ha centralizado todas sus operaciones en un campus formado por cinco edificios. Todo la infraestructura es de reciente construcción, por lo que todos los edificios disponen de un Sistema de Cableado Estructurado (SCE), lo que les permite interconectarse entre sí, tal como muestra la siguiente figura:

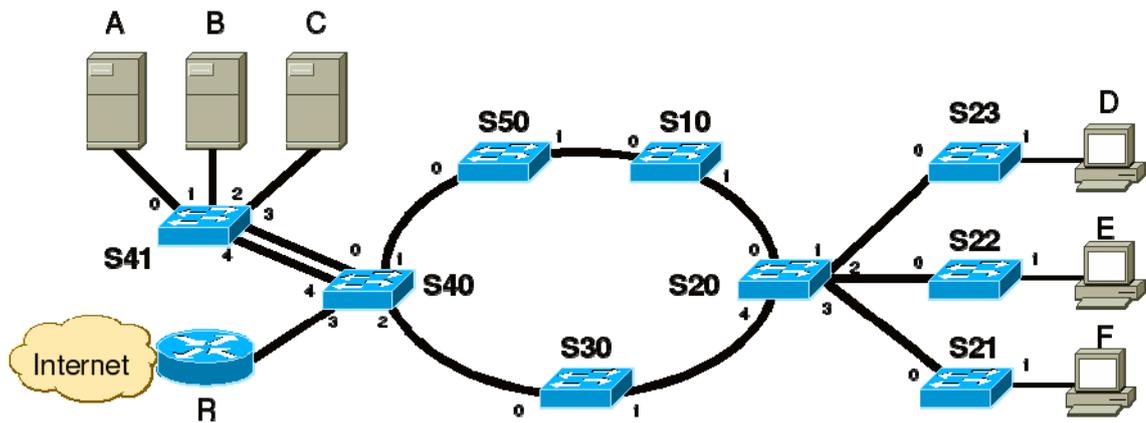


Figura 1

Para el Cableado Horizontal se ha empleado cable UTP Cat5 (Cat6 para los servidores), el Cableado Vertical emplea Fibra Óptica Multi-modo, mientras para el Cableado Backbone de Campus se ha utilizado Fibra Óptica Mono-modo que interconecta a los edificios formando un anillo para mejorar la tolerancia a fallos de la red.

En el Distribuidor de Campus se encuentra el Centro de Cálculo con todos los servidores de la compañía (A-C), por lo que se ha redundado su conexión, además del Router (R) que les comunica con el exterior. Por otro lado, los únicos dispositivos de interconexión disponibles en los Distribuidores de Planta y de Edificio son Switches Ethernet (Sxx) Full-Duplex con puertos 1000Base-T, 1000Base-LX, 1000Base-SX y/o 100Base-TX. Tanto el Router como los Switches implementan la norma 802.1Q

- a) Indique el tipo de puerto (1000Base-T, 1000Base-LX, 1000Base-SX o 100Base-TX) que debería utilizarse en:
 - El interfaz 0 del Switch S21
 - El interfaz 1 del Switch S22
 - El interfaz 0 del Switch S30
 - El interfaz 1 del Switch S41
- b) Teniendo en cuenta las características de los elementos de interconexión utilizados: ¿Cuántos dominios de difusión existen en la red de la figura? ¿y dominios de colisión? Indique qué sistemas (finales y de interconexión) pertenecen a cada uno de ellos.
- c) Dibuje el Árbol de Expansión resultante al ejecutar el algoritmo de Spanning Tree sobre la topología de la figura, indicando para cada Switch la CBPDU final.
- d) Indique el contenido de las tablas de rutas de los Switches S22 y S50 una vez formado el árbol de expansión y alcanzado régimen permanente. Además tenga en cuenta que los sistemas finales tienen aplicaciones cliente-servidor, y por tanto sólo se comunican con los servidores de la compañía o del exterior (Internet), nunca entre ordenadores cliente.

P 6-4 La siguiente figura representa la topología física de una red de comunicaciones, donde los equipos de interconexión de nivel 2 son transparentes. Los dispositivos de interconexión representan:

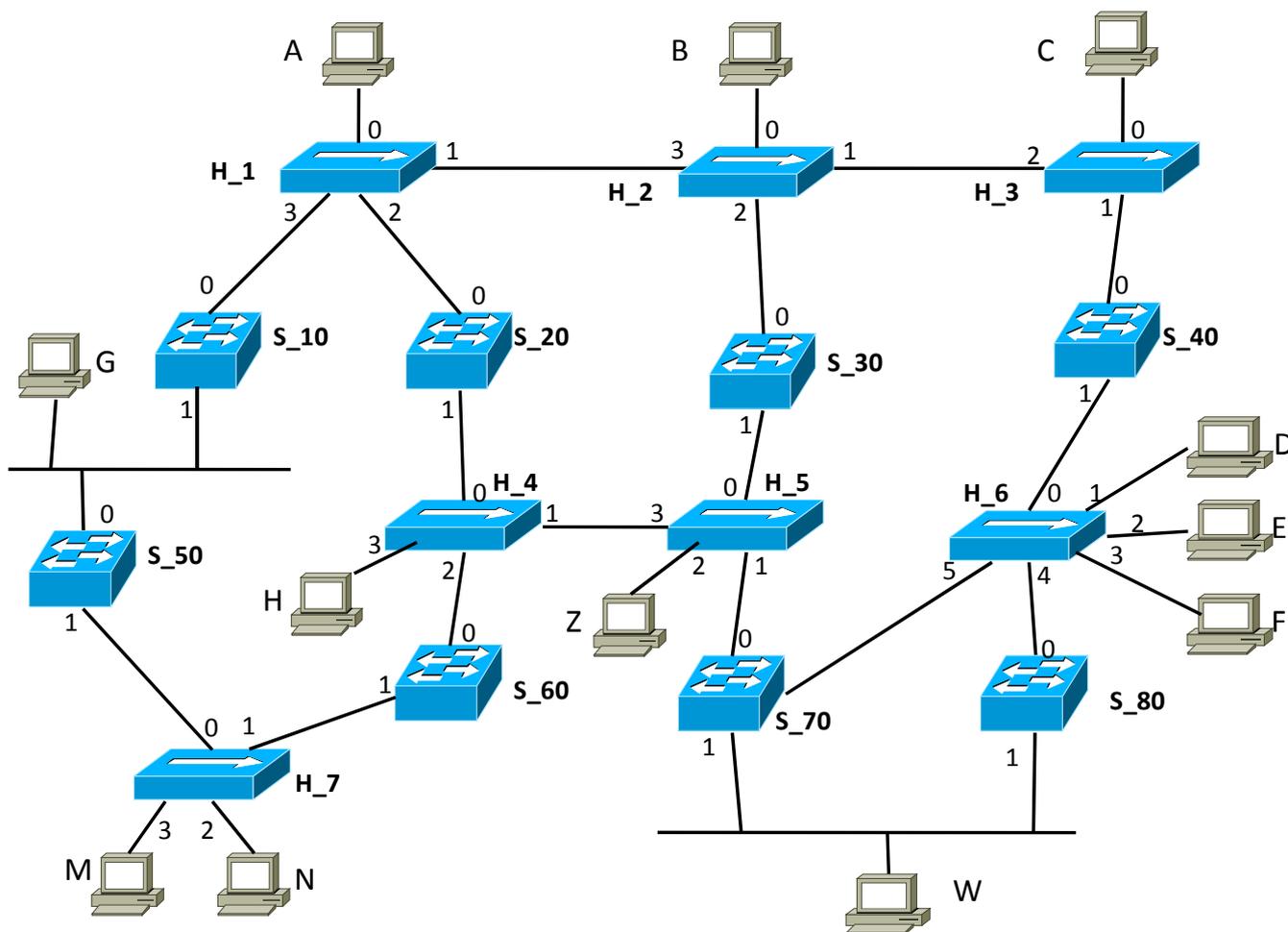


: Hub Ethernet 10/100



: Switch Ethernet 10/100

Todos los sistemas finales disponen de tarjetas de red que soportan interfaces 10/100 (IEEE 802.3). Tanto los sistemas finales como los switches pueden ser configurados con accesos SemiDuplex (HD) y dúplex (FD).



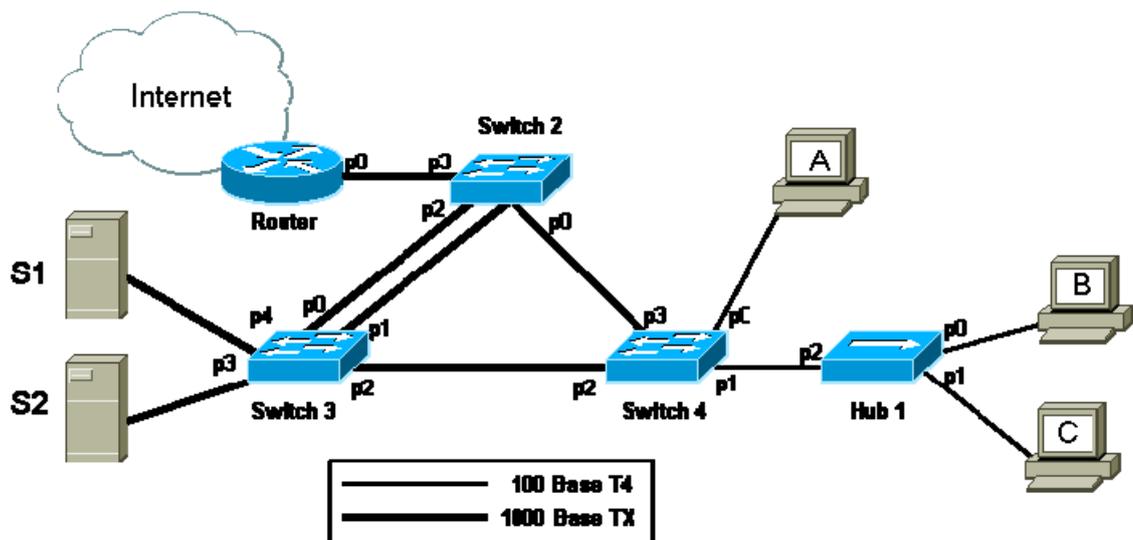
- Teniendo en cuenta las características de los elementos de interconexión utilizados: ¿Cuántos dominios de difusión existen en la red de la figura? ¿y dominios de colisión? Indique qué sistemas (finales y de interconexión) pertenecen a cada uno de ellos.
- En el caso de desear ampliar la red mediante el uso de dispositivos equivalentes a los disponibles actualmente (hubs y switches). ¿Cuál será el tamaño máximo de la red?
- Indique la velocidad de cada uno de los segmentos de red.
- Dibuje el Árbol de Expansión resultante al ejecutar el algoritmo de Spanning Tree sobre la topología de la figura, indicando las BPDUs resultantes.
- Indique el contenido de las tablas de rutas de los elementos de interconexión una vez formado el árbol de expansión y alcanzado régimen permanente.
- Si accidentalmente se desconectara el equipo S_20, ¿indique como se recuperará la red, así como las tablas de encaminamiento de los distintos sistemas?

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

- k) Volviendo a la situación original, considere que el equipo H_5 es desconectado. ¿Afecta este fallo a la red?. Justifique su respuesta.
- l) Por razones de seguridad, se desea aislar a los ordenadores A, B, C y G del resto de la red. Indique:
- ¿Qué tipos de VLAN emplearía? ¿Qué sería necesario configurar en cada Switch?
 - Basado en lo anterior indique dominios de colisión y difusión, así como tablas de encaminamiento de los distintos sistemas de interconexión existentes en la red.
 - Camino seguido por tramas originadas en G con destino a C y originadas en Z con destino a A.

P 6-5 Dada la red Ethernet de la siguiente figura:



Responda a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos dominios de colisión hay? ¿y de difusión? Para cada dominio de colisión y de difusión indique: qué sistemas finales y qué puertos de los elementos de interconexión pertenecen a dicho dominio.
2. Dibuje el árbol de expansión (*Spanning-Tree*) que se generaría sobre dicha red, mostrando sólo los elementos de interconexión que forman parte del mismo, así como todos los segmentos LAN de la red.
3. Suponiendo que ya se ha establecido el árbol de expansión del apartado anterior, y que los elementos de interconexión todavía no han procesado tráfico de los elementos finales.
 - a) Explique qué valores deberían contener todos los campos de una trama Ethernet, generada por el sistema final B y dirigida al *router* R, que contiene un datagrama IP de 40 bytes.
 - b) Explique el recorrido de esa primera trama por la LAN, indicando por qué puertos envía cada elemento de interconexión la trama, y qué sistemas finales pueden recibir una copia de dicha trama.
 - c) Haga lo mismo que el apartado anterior con la siguiente trama, que se envía desde el servidor S1 hasta el sistema final B.

4. Como se desea que el servidor S2 sólo pueda ser accedido por el ordenador C, el administrador de la red ha optado por crear dos VLAN. La VLAN 1 a la que pertenecen C y S2, y VLAN 2 a la que pertenecen el resto de sistemas finales.
- ¿Qué tipo de VLAN sería más adecuado para cumplir dicho objetivo: una VLAN de Nivel 1 (por puerto), de Nivel 2 (por dirección MAC) o de Nivel 3 (por dirección IP)? ¿Por qué?
 - Suponga que, finalmente, se emplean VLAN de Nivel 1, de modo que la VLAN 1 se configura en los puertos p2 y p3 del Switch 3, y en los puertos p1 y p2 del Switch 3. ¿Qué sería más adecuado: mantener un único árbol de expansión definido en el punto 2, o crear un árbol de expansión (Spanning Tree) independiente para cada VLAN (que sólo consideren los puertos pertenecientes a cada VLAN)? Para contestar a la pregunta, dibuje los árboles de expansión (Spanning Tree) de ambas VLAN.

P 6-6 En la **figura 1** se muestra el esquema de red de una empresa, cuya red de comunicaciones se basa en la utilización de tecnología Fast Ethernet e IP. Se dispone de tres segmentos de red interconectados mediante el uso de un switch transparente.

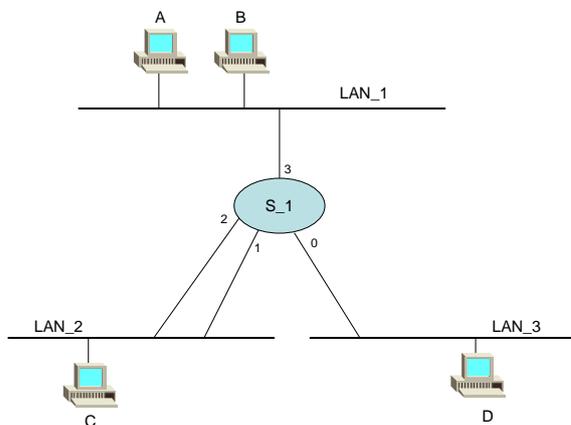


Figura 1

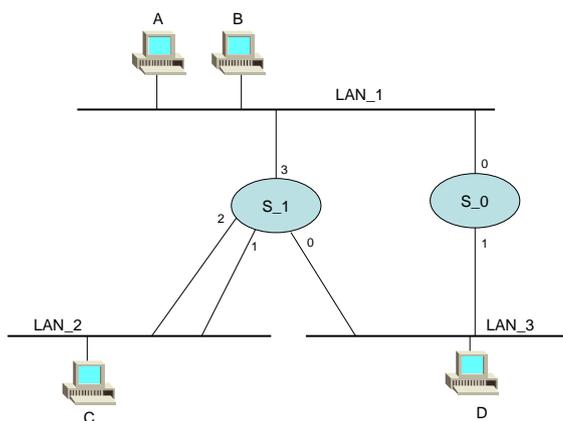


Figura 2

Considerando el identificador del switch y los identificadores de interfaz del mismo los representados en la figura:

- Indique número de dominios de colisión y de difusión así como lo sistemas pertenecientes a cada uno de la red de la empresa.
- Explique el funcionamiento del elemento de interconexión existente en la red y calcule el árbol de expansión.
- Calcule la tabla de encaminamiento de los dispositivos de interconexión una vez alcanzado el régimen permanente
- Se decide introducir un nuevo switch que interconecta las redes LAN_1 y LAN_3 tal como se indica en la figura 2. Calcule las tablas de encaminamiento de nivel 2 para la nueva red. ¿Considera que la nueva red resultante es la mas eficiente en términos de distancia entre nodos?. ¿Existe algún mecanismo de configuración que permite mejorar este aspecto sin incluir o eliminar elementos en la red. Justifique su respuesta?.
- Indique el camino seguido por los datagramas entre el sistema A y el C una vez introducido el nuevo switch (figura 2).

P 6-7 En la **figura 1** se muestra el esquema de red de una empresa, donde todos los dispositivos de nivel dos actúan como transparentes. Los elementos de interconexión de red se representan mediante los siguientes acrónimos:

S_i: Switch i **B_i: Bridge i** **H_i: Hub i** **R_i: Repetidor i**

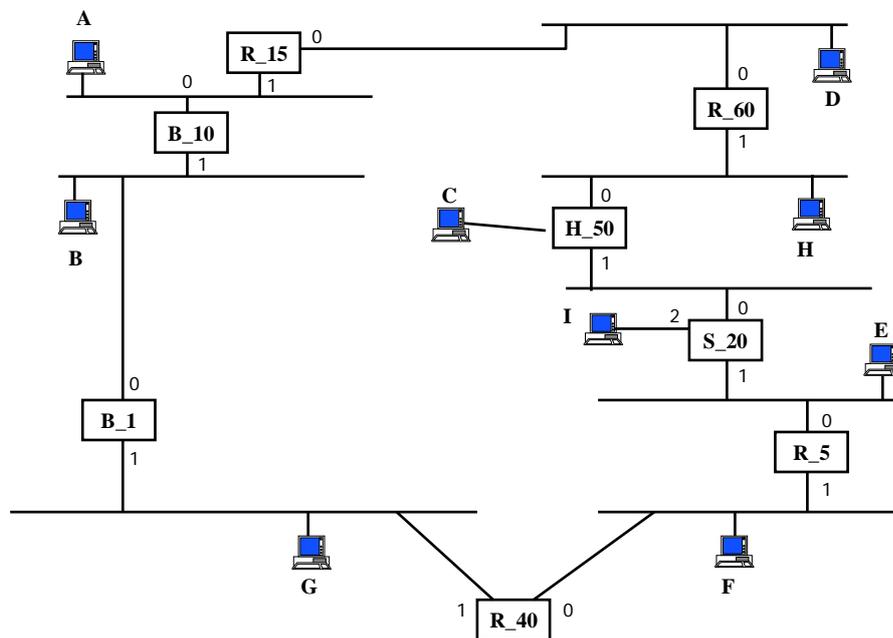


Figura 1

Considerando los identificadores de interfaz los representados en la figura, determine :

- Explique el concepto de dominio de colisión y de difusión. A partir de ello indique el número de dominios de colisión y de difusión así como los sistemas pertenecientes a cada uno de ellos de la red representada en la figura 1.
- Explique el funcionamiento de los dispositivos de interconexión de nivel 2 existentes en la red.
- Explique para qué sirve el protocolo de Spanning Tree (Árbol de Expansión) y si en la figura sería necesaria su aplicación. Razone la respuesta.

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:
Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones

- d) Calcule el árbol de expansión resultante de ejecutar el algoritmo del Spanning Tree (Árbol de Expansión). Determine el camino seguido por las tramas MAC desde I hasta C indicando los sistemas finales e intermedios por donde pasa.
- e) Determine las tablas de encaminamiento de cada uno de los dispositivos de interconexión una vez establecido el régimen permanente.
- f) La empresa decide conectar un nuevo interfaz del sistema S_20 según se muestra en la **figura 2**. Determine que ventajas e inconvenientes proporciona esta nueva conexión. Razone la respuesta. Calcule el árbol de expansión resultante.

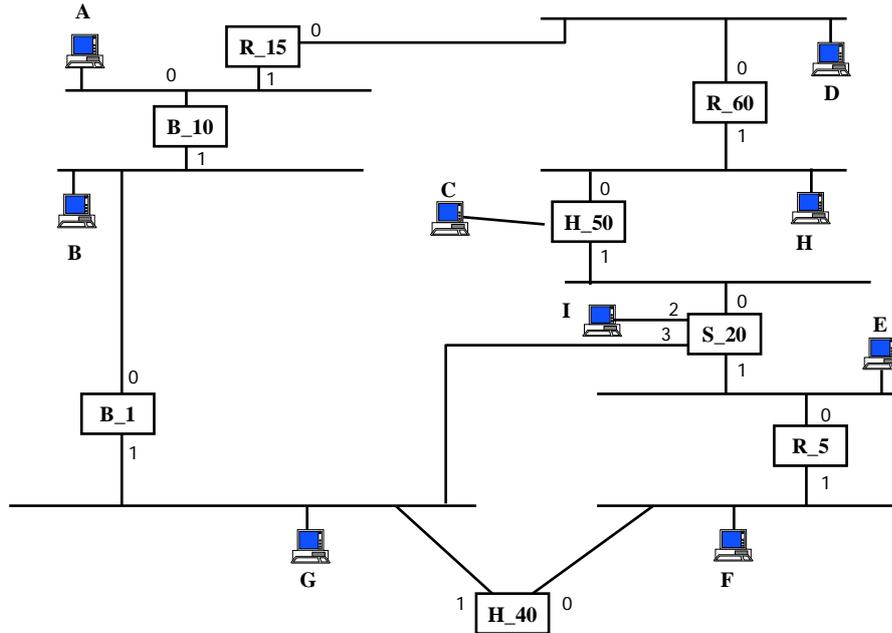
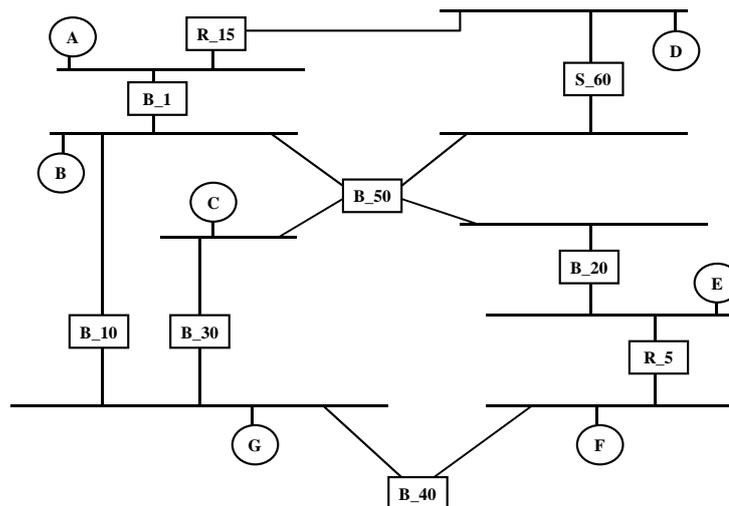


Figura 2

P 6-8 Se va a trabajar sobre la red de la figura, donde B_x representa un bridge, S_x representa un Switch y R_x representa un Hub. Considere:

- Todas las redes que se interconectan tienen tecnología Ethernet (802.3).
- El número x que acompaña a cada dispositivo representa el identificador del mismo. De este modo B_50 representa un bridge identificado como 50.
- Los elementos de interconexión a nivel de subred se basan en dispositivos transparentes (Bridges Transparentes).
- Los círculos representan sistemas finales conectados.
- Se utiliza 10BaseT en todos los interfaces.

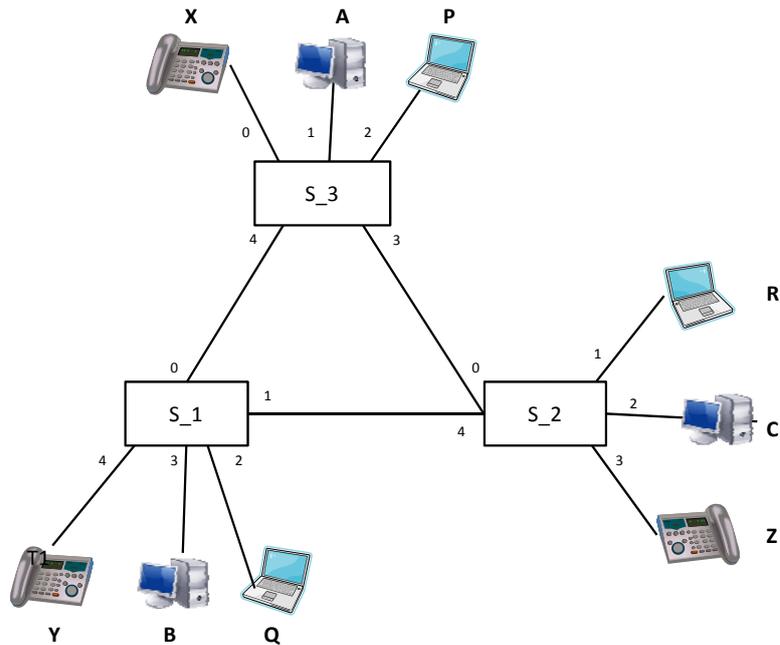
Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:
Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones



- Represente la arquitectura de protocolo de cada uno de los dispositivos de interconexión.
- Indique los sistemas finales que comparten el mismo dominio de colisión
- Indique los sistemas finales que comparten el mismo dominio de difusión
- Calcule el árbol de expansión resultante una vez ejecutado el algoritmo del Spanning Tree (Árbol de Expansión)
- Determine las tablas de encaminamiento de cada uno de los dispositivos de interconexión una vez establecido el régimen permanente.
- Suponga que el B_10 deja de funcionar. Determine la nueva topología de la red resultante del algoritmo de Spanning Tree así como las nuevas tablas de encaminamiento de cada uno de los dispositivos.
- Determine el camino seguido por las tramas originadas en A con destino a E antes y después de que el dispositivo B_10 deje de funcionar.

P 6-9 Considere la red de la figura basada en tecnología Ethernet/802.3, donde los equipos de interconexión se basan en switches transparentes. Los enlaces de interconexión entre switches son dúplex, mientras las conexiones con terminales son semidúplex.

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:
Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones



- Determine la topología de la red una vez alcanzado el régimen permanente así como las BPDUs resultantes de cada equipo de interconexión. **(1 punto)**
- Una vez alcanzado dicho régimen permanente, A envía una trama de datos a B (con anterioridad no existe tráfico en la red). Indique el camino seguido por dicha trama a lo largo de la red, así como las tablas de encaminamiento generadas a partir de dicha trama. **(1 punto)**
- Se desea establecer tres redes locales virtuales VLAN que agrupe los siguientes equipos: {A, B, C}, {X, Y, Z} y {P, Q, R}.
 - Indique como deben configurarse cada uno de los puertos de los dispositivos de interconexión. **(1 punto)**
 - Indique número de dominios de colisión y difusión. **(1 punto)**
 - Tablas de encaminamiento de cada uno de los dispositivos de interconexión una vez alcanzado el régimen permanente. **(1 punto)**
 - Una vez la red en régimen permanente, considere una trama con origen en X y destino en Y. Indique el camino que sigue dicha trama y los campos más representativos de la misma en dicho trayecto. **(1 punto)**
 - Realice el mismo ejercicio para tramas con origen en X y destino en A. **(1 punto)**

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones

P 6-10 En la figura 1 se muestra la topología de red de un campus universitario. Los distintos switches, situados en distintos edificios, disponen de hasta 8 puertos de capacidad, así como soporte VLAN tanto implícito como explícito. El resto de equipos de interconexión se basan en hubs y multirepetidores.

La tecnología de red utilizada se basa en 802.3 con las siguientes características:

- Todos los switches están interconectados entre sí mediante fibra óptica e interfaz 100Base FX y operan en modo full-duplex. Estos interfaces tiene activado el protocolo 802.1q para soporte de VLAN.
- El resto de conexiones se basan en cableado de par trenzado (10BaseT, semiduplex).

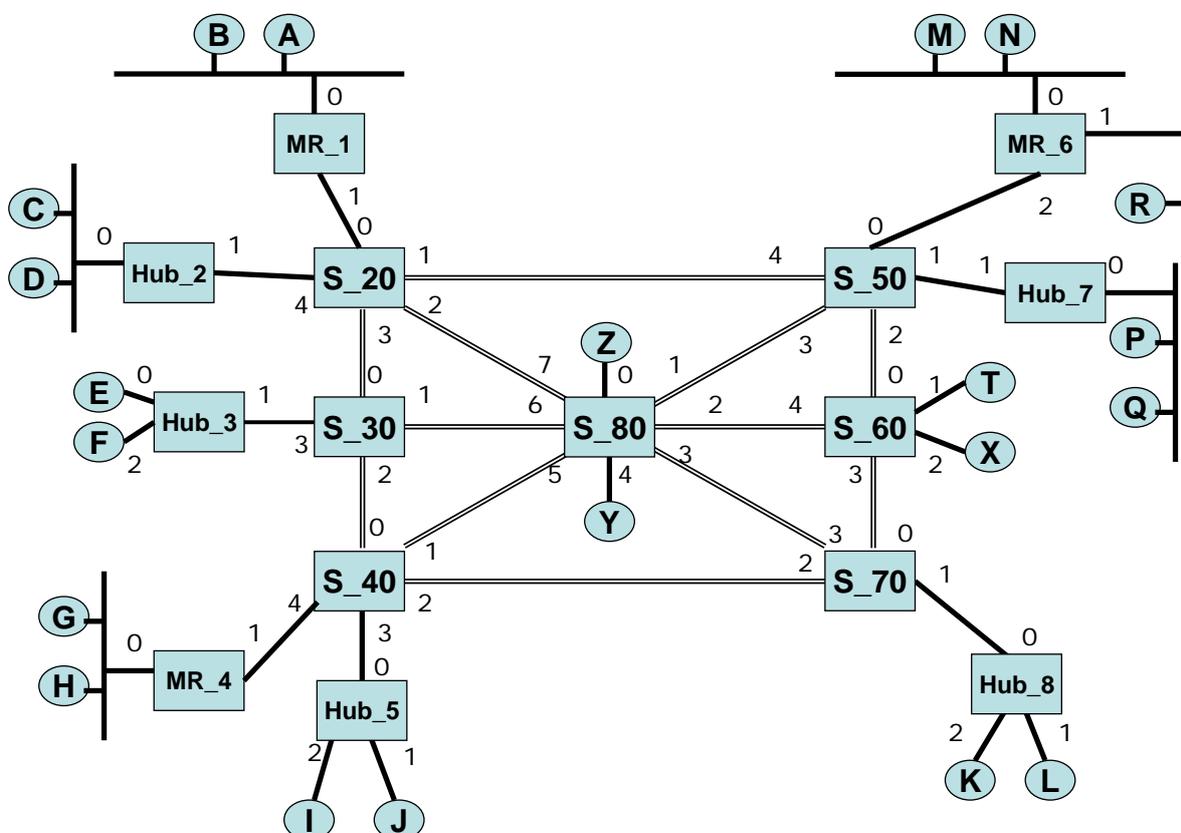


Figura 2: Topología de la Red

En el campus existen dos redes virtuales configuradas, siguiendo la siguiente configuración:

- VLAN_1, constituido por las siguientes interfaces:
 - Puerto 0, switch 20
 - Puerto 4, Switch 40
 - Puerto 1, switch 50
 - Puerto 2, switch 60
 - Puerto 1, switch 70
 - Puerto 4, switch 80
- VLAN_2, constituida por las siguientes interfaces:
 - Puerto 4, switch 20
 - Puerto 3, switch 30
 - Puerto 3, switch 40
 - Puerto 0, switch 50
 - Puerto 1, switch 60
 - Puerto 0, switch 80

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:
Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones

Determine:

- a) Número de dominios de colisión y difusión así como equipos, pertenecientes a cada uno de ellos, existentes en la red. **(0,25 puntos)**
- b) Determine la topología resultante de aplicar el algoritmo de spanning tree, así como la configuración final (BPDU) de cada equipo de interconexión **(0,5 punto)**.
- c) Determine las tablas de encaminamiento de cada equipo una vez alcanzado el régimen permanente. Considere que los equipos finales únicamente transmiten tráfico con los servidores X, Y, Z, T **(0,5 punto)**.
- d) Determine el camino seguido por las tramas originadas de G con destino a X y las originadas en G con destino a Z. Indique la red por la que circularía cada una de ellas, el formato de las mismas, así como el comportamiento de los equipos intermedios para cada caso. **(1 punto)**
- e) Suponga que se cae el enlace entre S_20 y S_30, así como entre S_50 y S_60. Calcule el nuevo ST y determine el camino seguido por la trama $G \rightarrow X$ del apartado anterior una vez alcanzado el nuevo régimen permanente. Justifique la respuesta. **(0,75 puntos)**
- f) Es posible realizar alguna mejora en la red que permita minimizar el número de saltos entre las distintas estaciones., sin modificar la topología de la red. Justifique la respuesta. **(0,5 punto)**

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones

d) ¿Cómo se recuperaría la red frente a la pérdida del enlace entre S_2 y S_5 dejase de funcionar? Explique detalladamente **(0,5 puntos)**:

- a. ¿Cómo se detectaría el error?
- b. ¿Qué BPDUs empezarían a enviar los Switches?
- c. ¿Qué enlace se activaría en lugar del estropeado? ¿Por qué?

NOTA: Para el resto de los apartados NO considere este error. Emplee la topología de la figura 1 sin cambios.

e) La empresa desea dividir su LAN en VLANs para aislar sus dos departamentos:

- o VLAN1: A, C, D, G
- o VLAN2: B, E, F, H

Para ello desea emplear el estándar 802.1q puesto que sus Switches soportan dicho protocolo y tienen la capacidad de establecer VLANs por puerto. Sin embargo, ninguno de los equipos finales es capaz de procesar las tramas 802.1q

- a. Indique para cada Switch qué puertos deben emplear 802.1q, y para los interfaces restantes, a qué VLAN debe estar asignado cada uno **(0,25 puntos)**.
- b. Una vez alcanzado el régimen permanente (ver apartado c), la estación E envía una trama a H. Indique el recorrido de dicha trama así como el formato de la misma en los diferentes segmentos de red que atraviesa (sólo los campos que considere importantes) **(0,75 puntos)**.

NOTA: Para el resto de los apartados NO considere VLANs. Emplee la topología de la figura 1 sin cambios.

f) A pesar de toda la infraestructura desplegada, el administrador de la red descubre que con la configuración actual, la mayoría de las tramas no siguen la ruta óptima y además todo el tráfico se concentra en un único enlace del Cableado Vertical. ¿A qué se deben estos problemas? ¿Qué cambiaría en la configuración de los Switches para resolver esta situación? **(0,5 puntos)**.