

INTERCONEXIÓ DE REDES

Ejercicios resueltos

TEMAS 5 STP

Enrica Zola ©

(enrica.zola@upc.edu)

--- Febrero de 2022 ---

Ejercicio 5.2.3 – STP con cambio de topología

La red mostrada en la Figura 5.2.3 es una Ethernet half dúplex a 10Mbps, en la que hay dispositivos de interconexión de todo tipo (SW=switch, P=puente, REP= repetidor, HUB).

1. Suponiendo que todos los dispositivos tienen la misma prioridad y que el coste asociado a cada salto es 1, determinad la topología que se definirá cuando se acabe de resolver el algoritmo de Spanning Tree. Indicad cuál es el dispositivo raíz y cuáles son los puertos raíz y/o designados y/o en estado de bloqueo de cada dispositivo. Indicad el RPC de cada dispositivo. [\[ver aquí\]](#)
2. Usando la topología STP encontrada, indicad las BPDUs que el SW60 recibe o envía por sus puertos. [\[ver aquí\]](#)
3. En relación con la topología encontrada antes, suponed ahora que el enlace entre SW60 y P30 se rompe. Describid cómo y qué dispositivos recalculan el STP, dibujad la nueva topología e indicad qué mensajes se envían y quién los envía. [\[ver aquí\]](#)

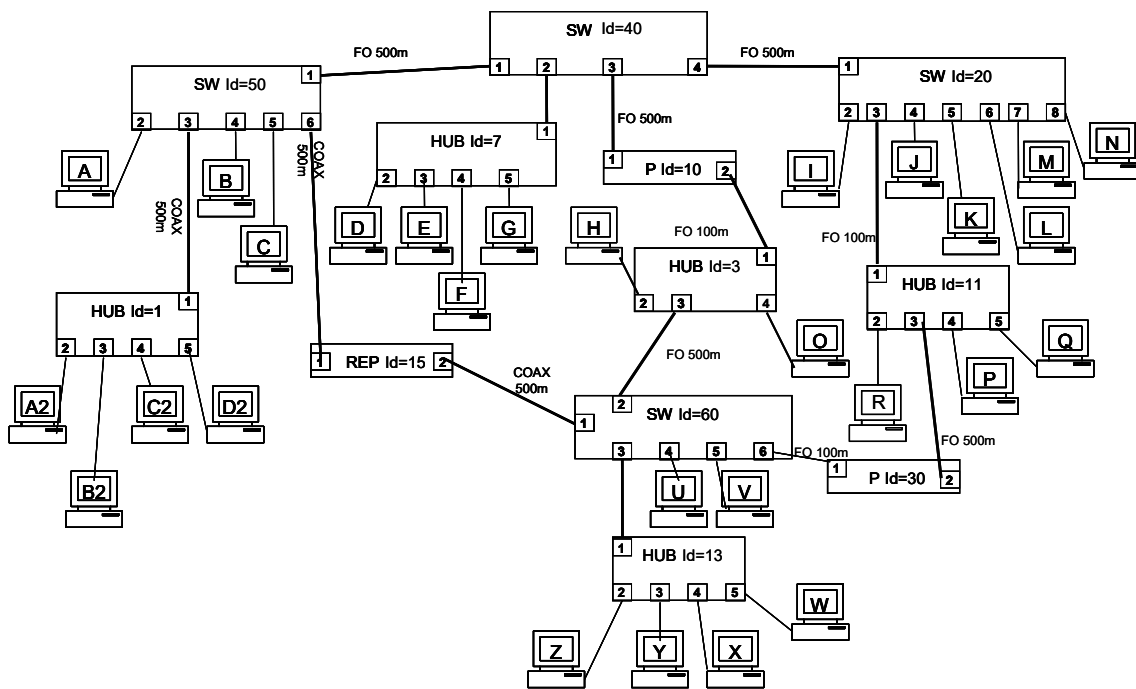


Figura 5.2.3

Resolución

Primero de todo, hay que recordar que los únicos dispositivos que implementan el STP son los **dispositivos de interconexión de nivel 2** (ver transparencia 5 en [1]), o sea switches y puentes.

Por lo tanto, para resolver con más facilidad el ejercicio, podemos simplificar la topología de la Figura 5.2.3 con la de la Figura 1:

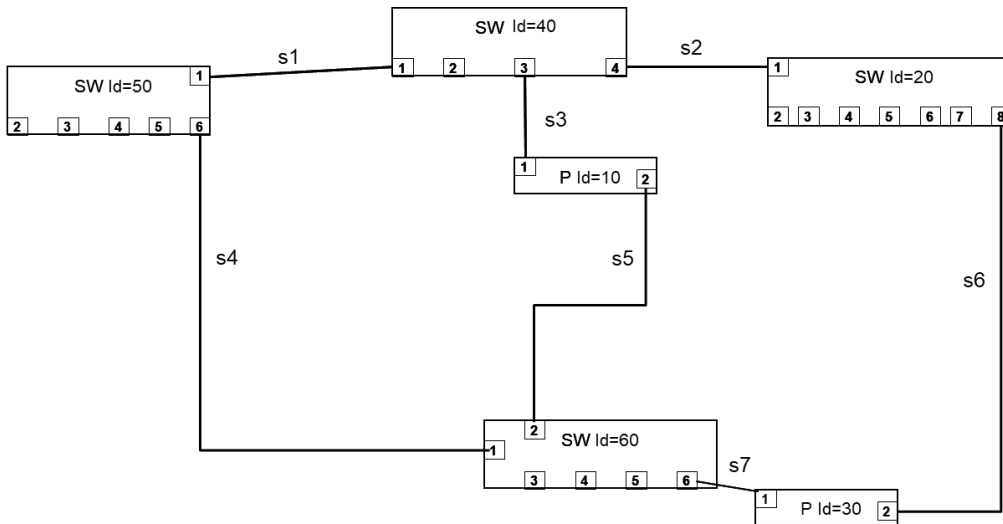


Figura 1: Topología de interconexión equivalente

1. TOPOLOGÍA STP

Tal como está indicado en la transparencia 11 en [1], para saber cómo queda la topología de STP hemos de seguir los siguientes pasos (en el orden en que aparecen):

1. Escoger puente raíz

Para escoger el puente raíz, hemos de tener en cuenta todos los dispositivos de nivel 2 (SW Id 40, SW Id 20, P Id 10, SW Id 50, SW Id 60, P Id 30). En primer lugar, miramos **si hay dispositivos con prioridad más alta** que otros: según el enunciado, *“todos los dispositivos tienen la misma prioridad”*. Como todos tienen la misma prioridad, nos tenemos que fijar **en segundo lugar** en el identificador: escogeremos el **dispositivo con el identificador menor**.

El puente raíz es el Puente con Id 10.

2. Escoger el puerto raíz de cada puente (menos el puente raíz)

En cada puente/switch, hemos de considerar el (o los) puertos que conectan al puente raíz. Si hay más de uno, se escogerá, **en primer lugar, el camino con menor coste** (ojo que hay que calcular el RPC del puerto en cuestión, a partir de la información del RPC que indica el puente vecino y sumando el coste asociado al segmento que se usaría para llegar a dicho puente vecino). Si hay dos o más caminos con el mismo coste, escogeremos **el camino ofrecido por el puente vecino “mejor”** (o sea, mayor prioridad y menor identificador). Si se recibe información (la BPDU, ver [punto 2](#) del ejercicio) del mismo puente por dos puertos diferentes, escogeremos el camino asociado al **puerto del puente vecino** que tenga **identificador menor**.

Siempre será más fácil si empezamos por los puentes vecinos que están directamente conectados al puente raíz, o sea por Id 40 e Id 60.

SW Id=40: tiene camino por los puertos 1 (RPC=1+1+1=3), el puerto 3 (RPC=1) y el puerto 4 (RPC=1+1+1+1=4). Así que escogerá el **#3** como puerto raíz, con un **coste de camino a la raíz de 1**.

SW Id=60: tiene camino por los puertos 1 (RPC=1+1+1=3), el puerto 2 (RPC=1), y el puerto 6 (RPC=1+1+1+1=4). Así que escogerá el **#2** como puerto raíz, con un **coste de camino a la raíz de 1**.

SW Id=50: tiene camino por los puertos 1 (RPC=1+1=2) y el puerto 6 (RPC=1+1=2). Siendo el coste igual, ha de escoger el puente vecino “mejor” (o sea, mayor prioridad y menor identificador). Por el puerto 1 recibe información del puente vecino SW Id 40, mientras que por el puerto 6 de su vecino el SW Id 60. Al tener la misma prioridad los dos switches, escogerá el de Id menor, o sea el puente Id 40. Así que escogerá el **#1** como puerto raíz, con un **coste de camino a la raíz de 2**.

SW Id=20: tiene camino por los puertos 1 (RPC=1+1=2) y el puerto 8 (RPC=1+1+1=3). Así que escogerá el **#1** como puerto raíz, con un **coste de camino a la raíz de 2**.

P Id=30: tiene camino por los puertos 1 (RPC=1+1=2) y el puerto 2 (RPC=1+1+1=3). Así que escogerá el #1 como puerto raíz, con un coste de camino a la raíz de 2.

Así que quedaría como en la Figura 2:

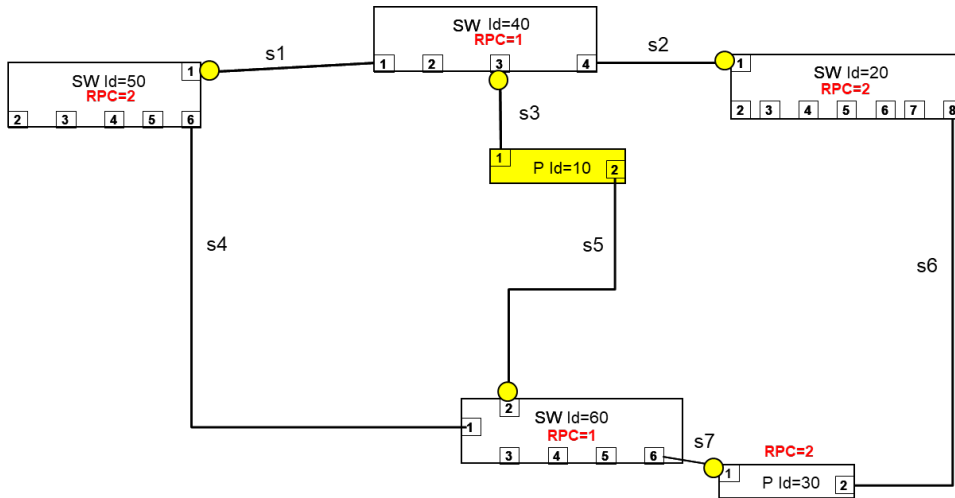


Figura 2: Puente raíz y puertos raíces, con los RPCs de cada puente no raíz

3. Escoger el puerto designado de cada segmento (o dominio de colisión)

En cada segmento (o dominio de colisión), hemos de considerar el (o los) puertos que conectan al puente raíz. Si hay más de uno, se escogerá, **en primer lugar, el camino con menor coste**. Si hay dos o más caminos con el mismo coste, escogeremos **el camino ofrecido por el puente vecino “mejor”** (o sea, mayor prioridad y menor identificador). Si se recibe información (la BPDU, ver [punto 2](#) del ejercicio) del mismo puente por dos puertos diferentes, escogeremos el camino asociado al **puerto del puente vecino que tenga identificador menor**.

Siempre será más fácil si empezamos por los segmentos que están directamente conectados al puente raíz, o sea por s3 y s5 (ver Figura 1).

s3: tiene camino por los puertos 1 del Id 10 (RPC=0) y el puerto 3 de Id 40 (RPC=1), pero este último ya es puerto raíz, así que no puede ser puerto designado. Así que escogerá el #1 del P Id=10 como puerto designado.

s5: tiene camino por los puertos 2 del Id 10 (RPC=0) y el puerto 2 de Id 50 (RPC=1), pero este último ya es puerto raíz, así que no puede ser puerto designado. Así que escogerá el #2 del P Id=10 como puerto designado.

Siguiendo la misma lógica, a continuación miraríamos los segmentos s1, s2 y s7, sobre los que sólo queda un puerto que puede ser designado (ver Figura 3). Así que sólo quedan dos segmentos:

s4: tiene camino por los puertos 6 del Id 50 (RPC=2) y el puerto 1 de Id 60 (RPC=1), así que escogerá el #1 de SW Id 60 ya que ofrece menor coste.

s6: tiene camino por los puertos 8 del Id 20 (RPC=2) y el puerto 2 de Id 30 (RPC=2). Puesto que el coste es igual y que los dos dispositivos tienen la misma prioridad, escogerá el #8 de SW Id 20 ya que su identificador es menor.

Además, no hay que olvidar todos los puertos que no tengan conexión con otro puente u otro switch, o sea los puertos conectados a estaciones. Esos puertos también se escogerán como designados de los segmentos (dominios de colisión) correspondientes (ver Figura 3).

4. Bloquear el resto de puertos

Todos los puertos restantes, que no hayan sido seleccionados ni como puerto raíz ni como puerto designado, se tienen que poner en el **estado de bloqueo: serán los #6 del SW Id=50 y el #2 del P Id=30**. Los puertos que estén en ese estado seguirán procesando la información de STP que llegue (las

BPDUs, ver [punto 2](#) del ejercicio), pero no procesarán las tramas MAC de usuario¹ ni reenviará tramas por ese puerto. De esta forma, hemos interrumpido el bucle que habría, el cual permite tener más de un camino para alcanzar nuestras estaciones, pero puede causar una tormenta *broadcast* en el caso que las tablas SAT estén vacías.

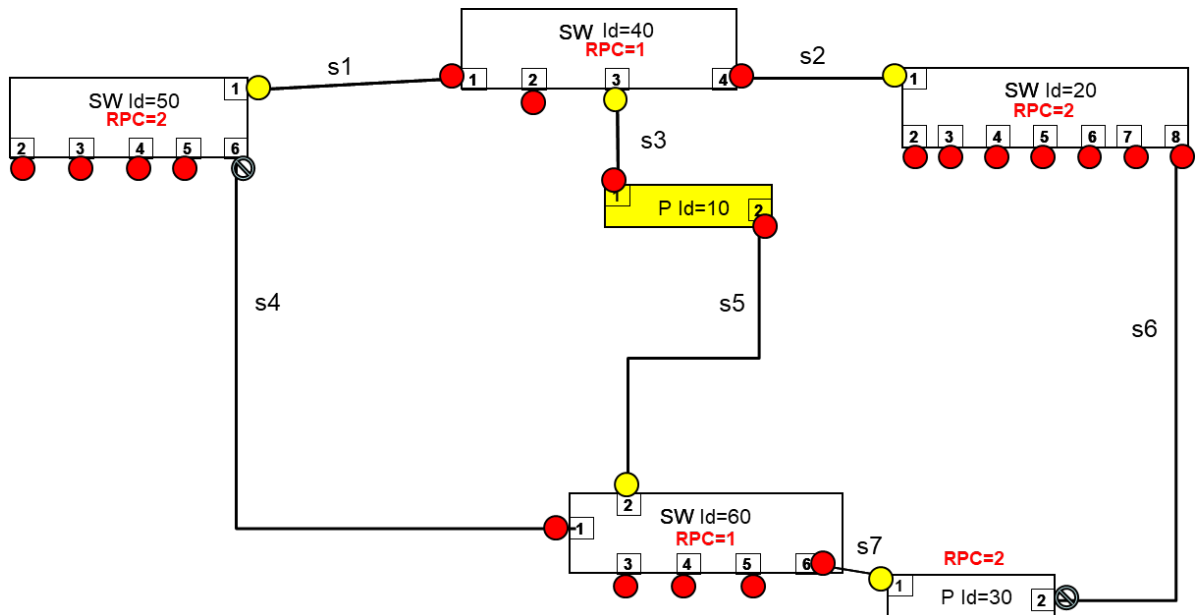


Figura 3: Topología final STP

2. BPDUs que el SW60 recibe o envía por sus puertos

Según se detalla también en las transparencias 28 y 29 en [\[1\]](#), para determinar cuáles puertos bloquear, cada puente se basa en la información de STP que recibe por sus puertos y procedente de los puentes y switches vecinos. Recordemos entonces el formato de esa información de STP, o sea los cuatro campos de la BPDU de configuración (ver Figura 4).

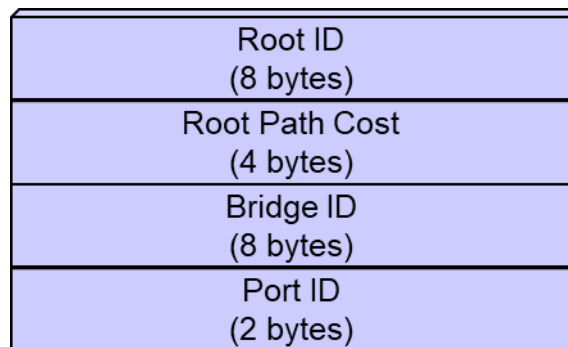


Figura 4: Campos de la BPDU que sirven para montar la topología (transparencia 38 en [\[1\]](#))

¹ ¿Cómo reconoce si es una trama que lleva información del STP o bien una trama MAC de usuario? Piénsalo...
Sugerencia: mira la transparencia 37 en [\[1\]](#).

El dispositivo que se identifica como *Bridge ID* está enviando su información, detallando: 1) quién cree ser el puente raíz (en el campo *Root ID*) y 2) cuánto le cuesta a él llegar a dicho puente raíz (en el campo *Root Path Cost*, RPC). Además, indicará el puerto por el que manda dicha BPDU (en el campo *Port ID*).

Así que, en general:

- **Por el puerto raíz, el puente recibe** la BPDU del camino que ha escogido como el mejor para llegar al puente raíz. Nos la envía el puente vecino. En este caso, el SW Id=60 recibirá por el #2 la BPDU del puente raíz, ya que lo tiene como vecino directo: 10.0.10.#2. O sea, el Id 10 es el puente raíz; el puente que está enviando es Id 10 (tercer campo) y tiene coste nulo para llegar a la raíz (ya que es él mismo el puente raíz); y está enviando esta BPDU desde su puerto 2 (**ojo!** es el #2 del puente Id 10!).
- **Por los puertos designados, el puente envía** su BPDU con la información que tiene él para llegar al puente raíz. En este caso, el SW Id=60 tiene un camino con coste 1 para llegar a la raíz que es Id=10, por lo que enviará, por cada uno de sus puertos designados, la BPDU 10.1.60. ID del puerto por el que envió.
- **Por los puertos en estado de bloqueo, el puente recibe** la BPDU del camino alternativo que tendría para llegar al puente raíz. Ese camino alternativo ahora está bloqueado porque redundante, pero será nuestra salvación en caso de que haya algún fallo.

Las BPDUs que el SW Id=60 recibe y envía por sus puertos están resumidas en la Figura 5:

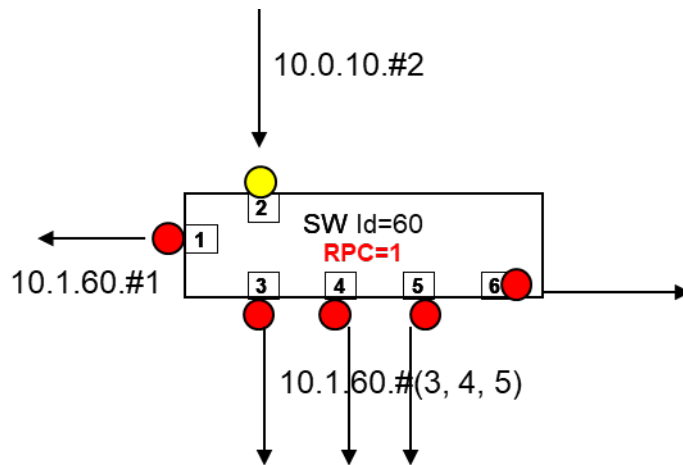


Figura 5: BPDUs que recibe/envía el SW Id=60

3. Cambio de topología (el enlace entre SW60 y P30 se rompe)

Si el s7 se rompe, lo primero que pasa es que el P Id=30 deja de recibir la BPDU de configuración que periódicamente recibe por su puerto raíz (#1). Pero, el P Id=30 tiene el #2 en estado de bloqueo, por lo que por ahí sigue recibiendo la BPDU que envía SW Id=20, o sea 10.2.20.#8: antes, ésta BPDU era peor de la que recibía por el #1 (10.1.60.#6), pero ahora es la única información de cómo llegar al puente raíz.

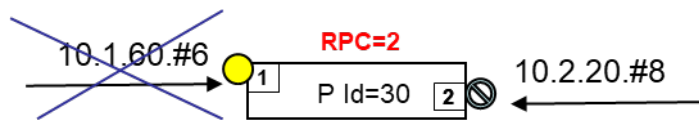


Figura 6: BPDUs que recibe el P Id=30 antes del fallo. Cuando se rompe el s7, deja de recibir la BPDU del #1

Así que ahora el P Id=30 selecciona su #2 como puerto raíz (**abre un puerto bloqueado**), mientras que su #1 pasa a ser designado (recordad que **no lo podemos bloquear**, ya que no tiene constancia de un camino redundante!). Al haber desbloqueado un puerto, el P Id=30 tiene que enviar la BPDU de notificación de cambio de topología al puente raíz, por lo que la envía por su nuevo puerto raíz (#2). Los puentes que reciban la BPDU_NCT y que no sean puente raíz, tienen que reenviarla por su puerto raíz: así que tanto SW Id=20 como SW Id=40 reenvía esa BPDU por su #1 y por su #3, respectivamente.

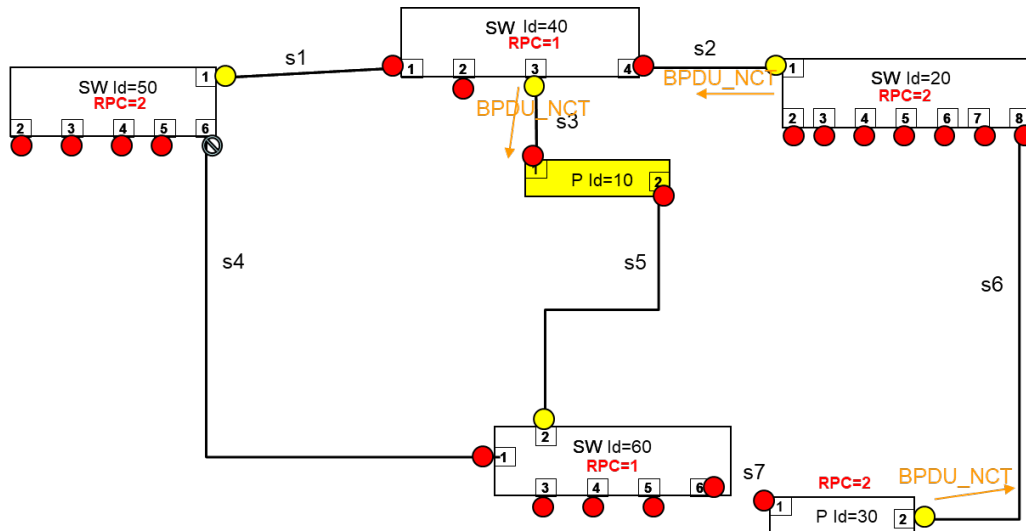


Figura 7: Recorrido de la BPDUs de notificación de cambio de topología (BPDU_NCT) que envía el P Id=30 al haber quitado del estado de bloqueo su #2

Una vez esta BPDU llega al puente raíz, éste en el siguiente *Hello Time* enviará, como siempre, la BPDU de configuración por todos sus puertos; pero, esta vez, además tendrá que activar los flags de cambio de topología:

- Activa el flag TC (*Topology Change*) **por todos sus puertos**; este flag sirve para forzar que todos los puentes de la red actualicen la información de sus tablas SAT (*Source Address Table*) para que así se refleje la nueva topología tras el cambio de puerto bloqueado. Un puente que reciba una BPDU con este flag activo, lo tiene que mantener activo.
- Además, activa el flag TCA (*Topology Change Acknowledgment*) sobre los puertos por donde haya recibido la BPDU_NCT; este flag sirve para confirmar la recepción de la BPDU_NCT al puente que la haya enviado. Un puente que reciba una BPDU con este flag activo, sólo lo mantiene activo por el/los puertos por donde haya recibido precedentemente la BPDU_NCT.

En la Figura 8 encontraréis el resumen de las BPDUs de configuración y los flags que se activan por toda la red, tras el fallo sufrido en el s7.

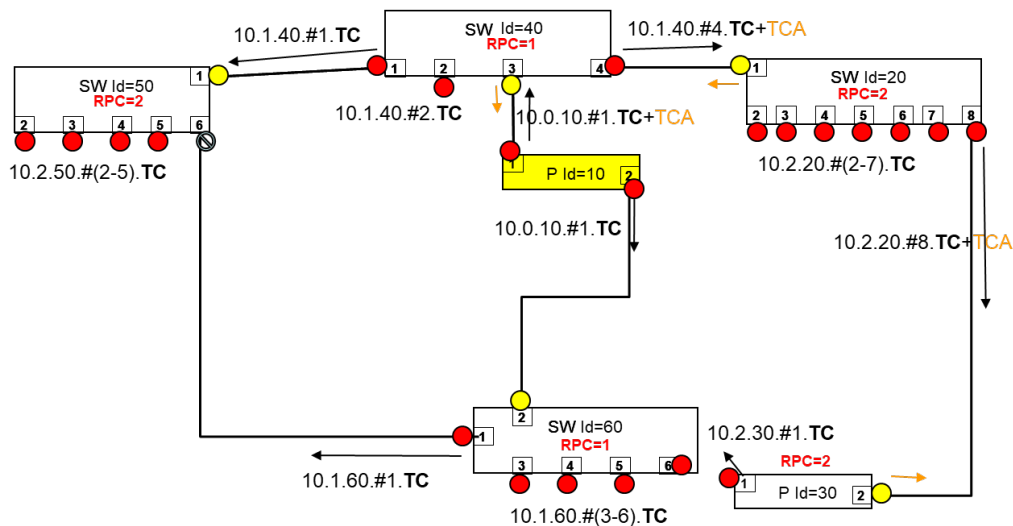


Figura 8: BPDUs de configuración tras el fallo.

Referencias

[1] Enrica Zola, Transparencias de IX – Tema 5, Noviembre 2021. IX_Tema 5_SpanningTree.pdf