



Detección de Bucles

Capa 2

LOVE PURPLE
LIVE GOLD





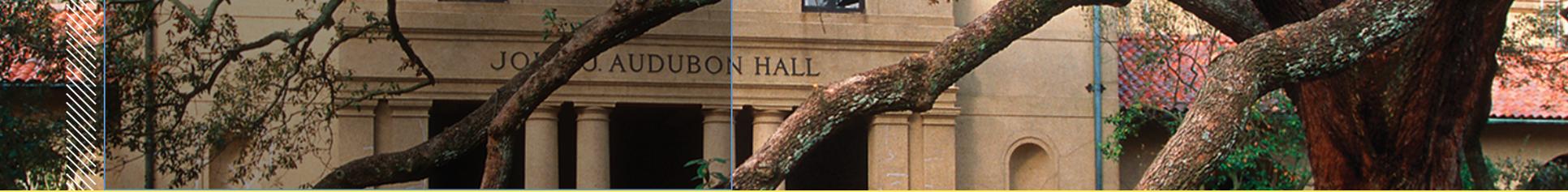
INTRODUCCION



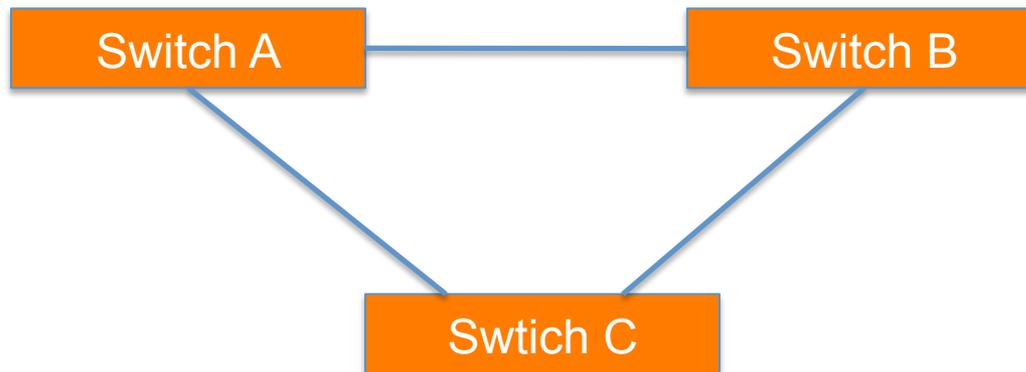
El Bucle



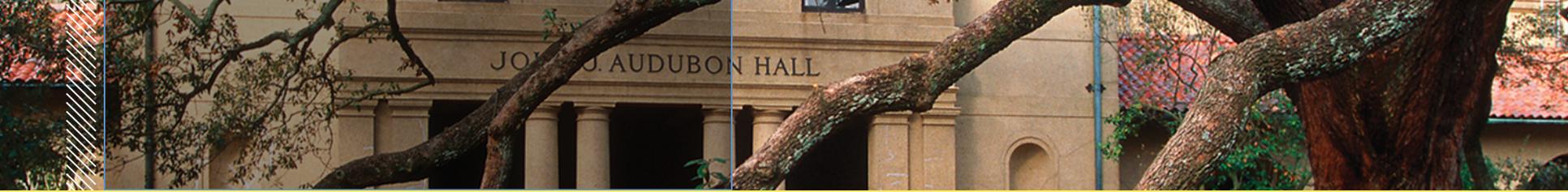
Loop



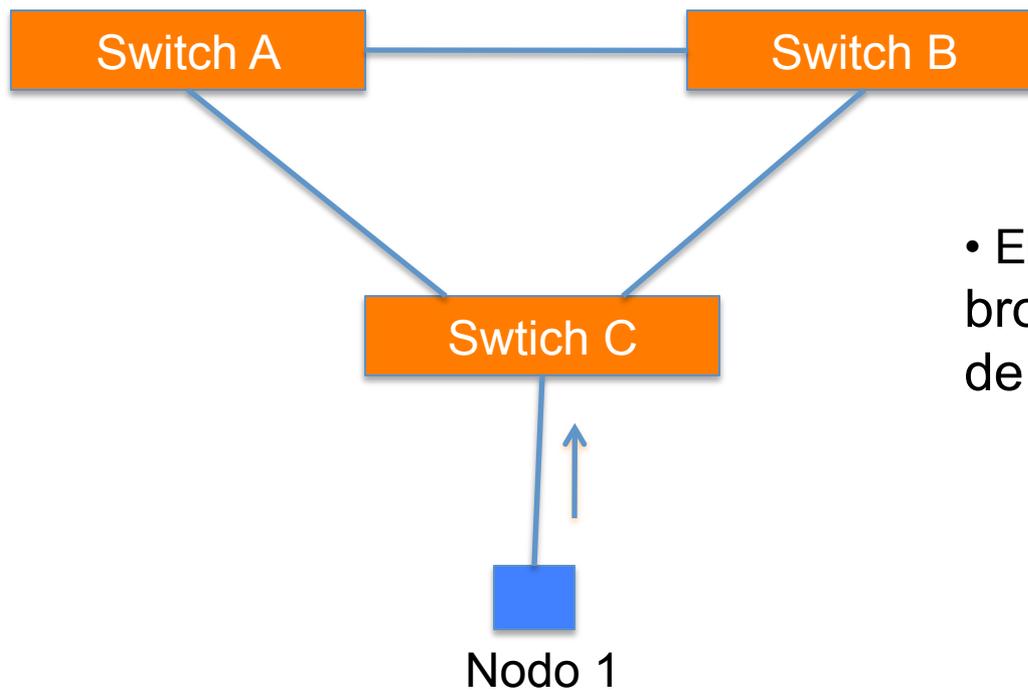
Bucle de Capa 2



Cuando hay más de un camino entre dos switches, cuáles son los posibles problemas?



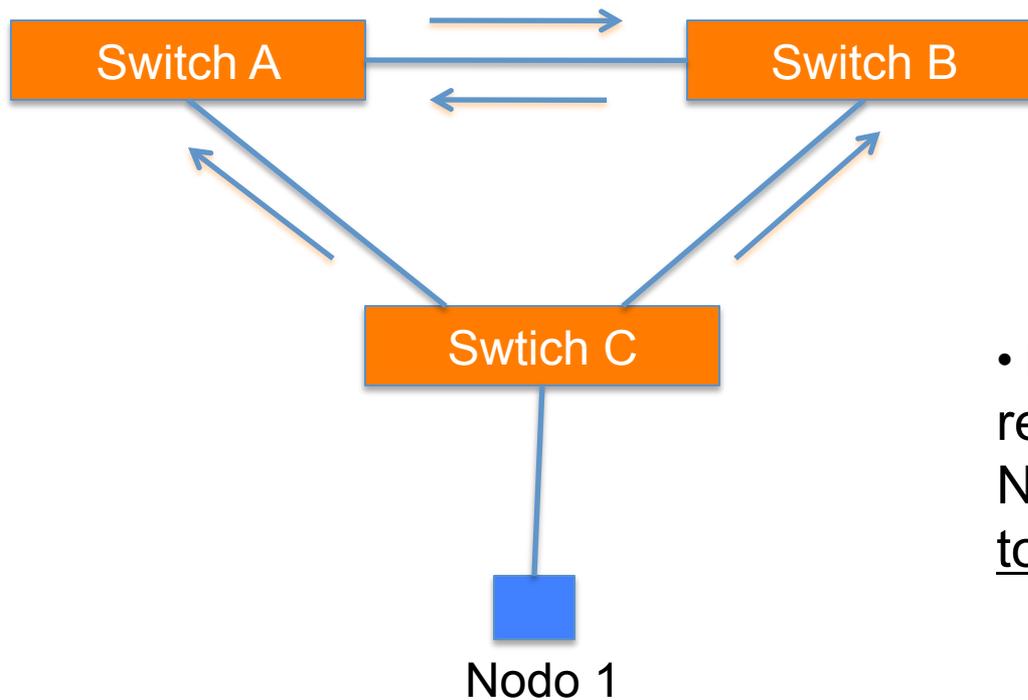
Bucle de Capa 2



- El Nodo 1 envía una trama broadcast (ej. Una petición de ARP)



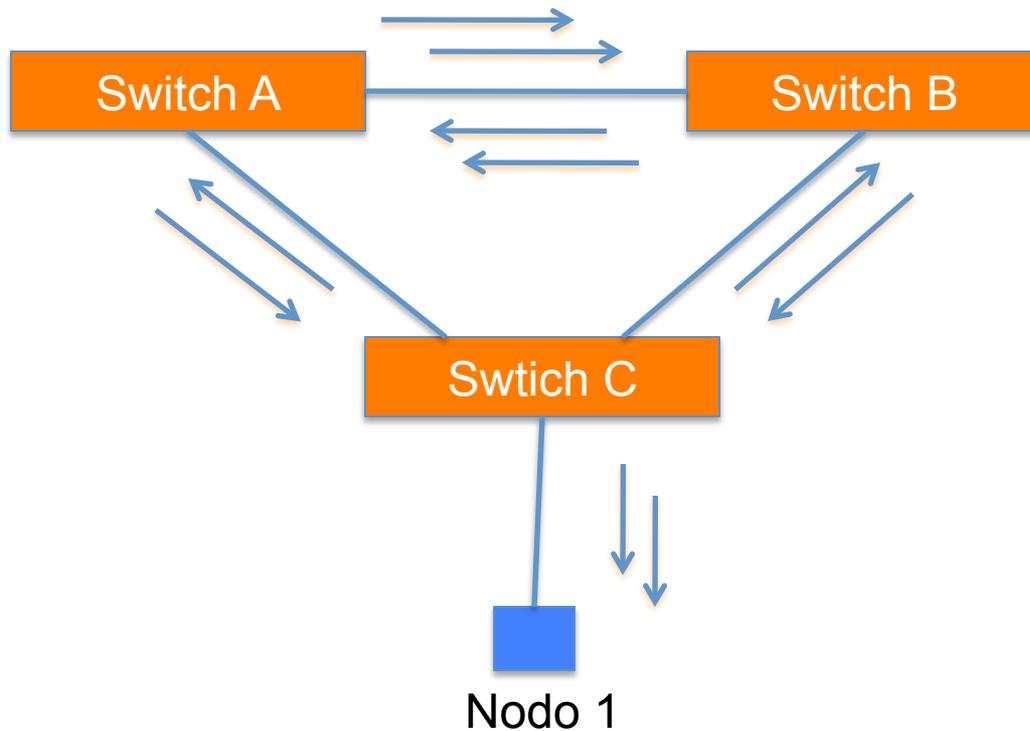
Bucle de Capa 2



- Los switches A, B y C reenvían la trama del Nodo 1 a través de todos los puertos.



Bucle de Capa 2



- Pero reciben sus propios broadcasts de nuevo, y pasan a reenviarlos otra vez!
- Los broadcasts se amplifican, creando una **tormenta de broadcast**.



Bucle de Capa 2

¿Si hay más de un camino entre dos switches, que podría ocurrir?



1. Las tablas de encaminamiento se hacen inestables.
 - Las direcciones MAC de origen se ven venir intermitentemente desde puertos diferentes.
2. Los switches se reenviarán los broadcasts entre sí.
 - Todo el ancho de banda disponible será utilizado.
 - Los procesadores de los switches no pueden con la carga.

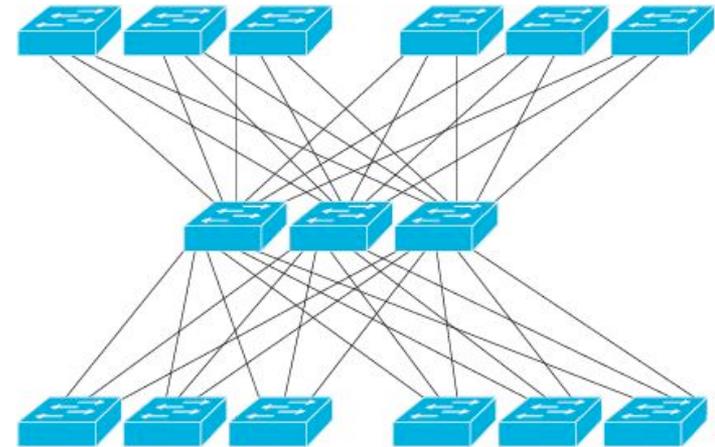


SPANNING TREE



Bucles Buenos

- Podemos aprovecharnos de los bucles!
 - Los caminos redundantes mejoran la resistencia de la red cuando:
 1. Un switch falla
 2. Se rompe un enlace

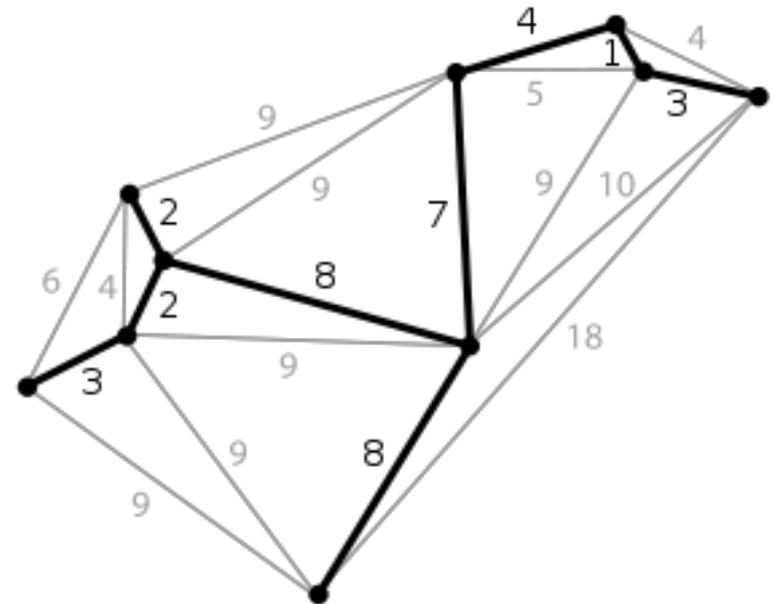


- ¿Cómo lograr redundancia sin crear bucles peligrosos entre switches?



¿Qué es el Spanning Tree?

- “Dado un grafo conectado y sin dirección, un *spanning tree* de dicho grafo es un sub-grafo de tipo árbol que conecta todos los vértices”.
- Un solo grafo puede tener múltiples *spanning trees*.

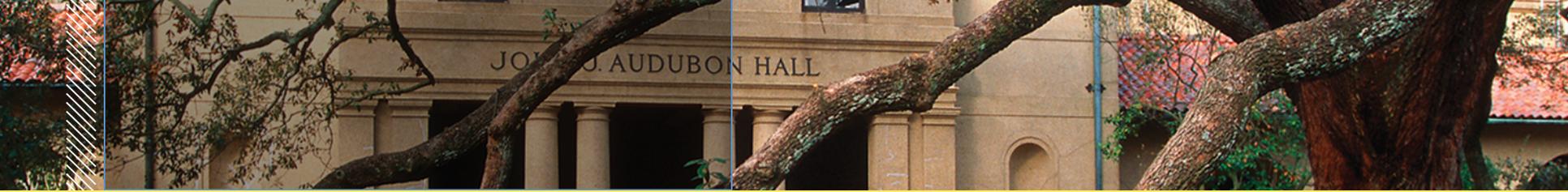




Spanning Tree Protocol

- *El propósito del protocolo es hacer que los switches descubran de forma dinámica un subconjunto de la topología que esté libre de bucles (un árbol) y que aún tenga suficiente conectividad para que haya un camino entre cada switch, siempre que sea físicamente posible.*





SPANNING TREE FUNDAMENTOS



Spanning Tree Protocol (STP)

- Varias versiones:
 - Traditional Spanning Tree (802.1d)
 - Rapid Spanning Tree o RSTP (802.1w)
 - Multiple Spanning Tree o MSTP (802.1s)





Spanning Tree Tradicional (802.1d)

- Los switches intercambian mensajes que les permiten calcular el Spanning Tree.
- Estos mensajes se conocen como BPDUs (Bridge Protocol Data Units)
 - Dos tipos de BPDUs:
 1. Configuración
 2. Topology Change Notification (TCN)

Protocol identifier (2 bytes)	Version (1 byte)	Message type (1 byte)	Flags (1 byte)	Root ID (8 bytes)	Root path cost (4 bytes)	Bridge ID (8 bytes)	Port ID (2 bytes)	Message age (2 bytes)	Maximum age (2 bytes)	Hello time (2 bytes)	Forward delay (2 bytes)
----------------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------	----------------------	-----------------------------	------------------------	----------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	----------------------------



Switch Raíz (802.1d)

- Primer paso:
 - Decidir la ubicación del punto de referencia:
switch raíz (root switch)
 - El proceso de elección se basa en el ID del switch, que se compone de:
 - La prioridad del switch: Un valor de dos octetos que es configurable.
 - La dirección MAC: Una dirección única, escrita en hardware, que no se puede cambiar.



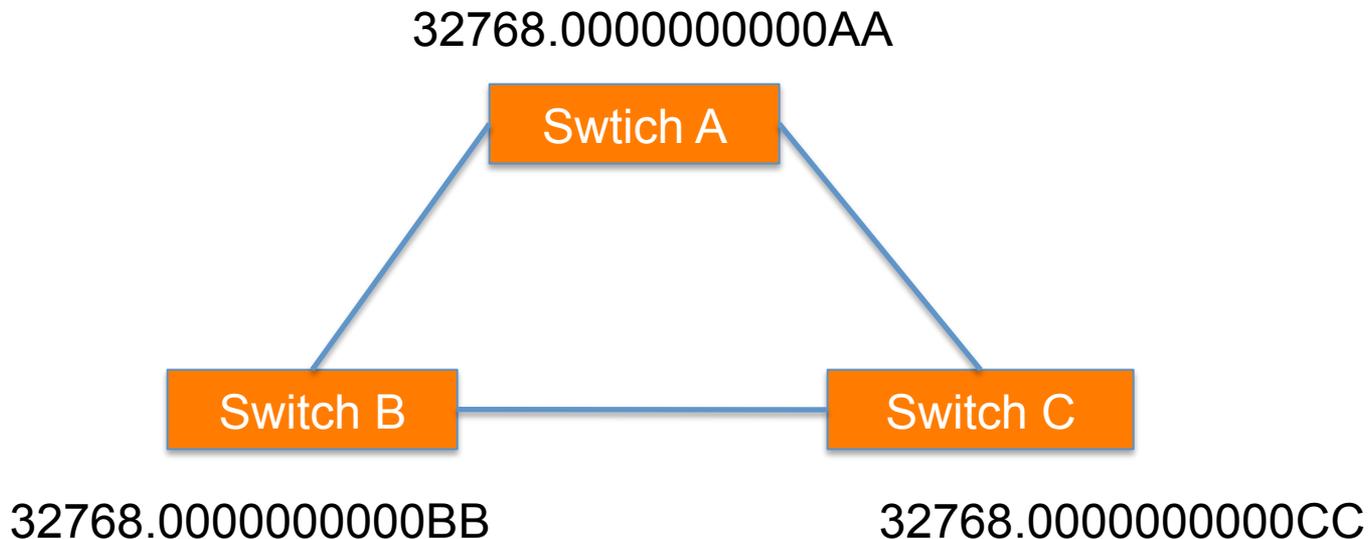
Elección del Switch Raíz (802.1d)

- Cada switch comienza enviando BPDUs con un ID de switch raíz igual a su propio ID
 - ¡Yo soy el switch raíz!
- Los BPDUs recibidos se analizan para ver si hay un ID de switch raíz que sea menor
 - De ser así, cada switch reemplaza el valor del ID del switch raíz anunciado con el valor menor
- Al cabo de un rato, todos los switches se ponen de acuerdo en quién será el switch raíz

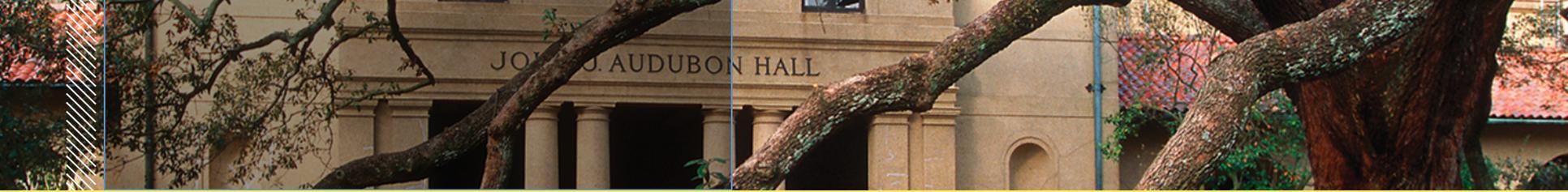




Elección del Switch Raíz (802.1d)

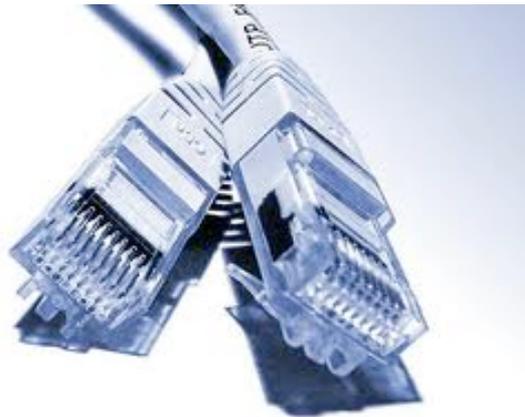


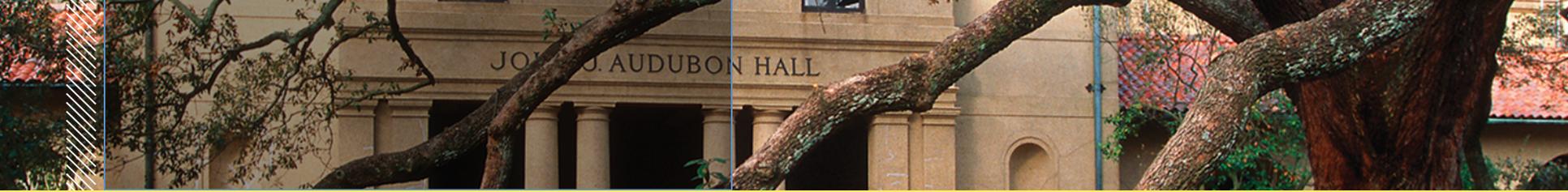
- Todos los switches tienen la misma prioridad.
- ¿Quién será elegido el switch raíz?



Selección del Puerto Raíz

- Ahora cada switch tiene que determinar dónde se encuentra en relación al switch raíz
- Cada switch determina su *Puerto Raíz*
- La clave es encontrar el puerto con el menor *costo de camino a la raíz*.





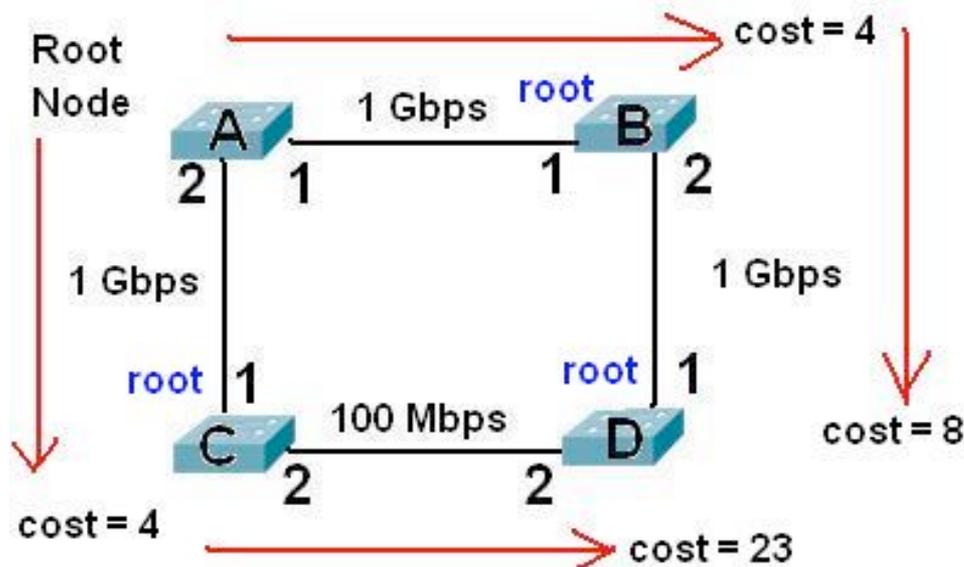
Selección del Puerto Raíz

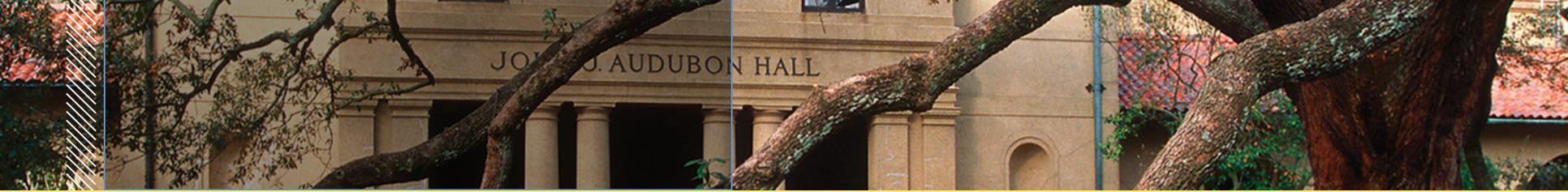
- Cada enlace en cada switch tiene un **costo de camino (path cost)**
 - Inversamente proporcional a la capacidad del enlace
 - O sea, a mayor capacidad, menor costo

Capacidad de enlace	Costo de STP
10 Mbps	100
100 Mbps	19
1 Gbps	4
10 Gbps	2

Selección del Puerto Raíz

- *El costo del camino a la raíz* es la acumulación del costo de camino del puerto más los costos aprendidos de los switches vecinos.
- Responde a la pregunta: *¿Cuánto cuesta alcanzar al switch raíz a través de este puerto?*





Selección del Puerto Raíz (802.1d)

1. El switch raíz envía BPDUs con un costo de camino a la raíz con valor 0
2. El switch vecino recibe el BPDU y agrega el costo del puerto al costo de camino a la raíz recibido
3. El switch vecino envía BPDUs con el nuevo valor acumulado
4. Cada vecino subsiguiente continúa la acumulación de la misma manera



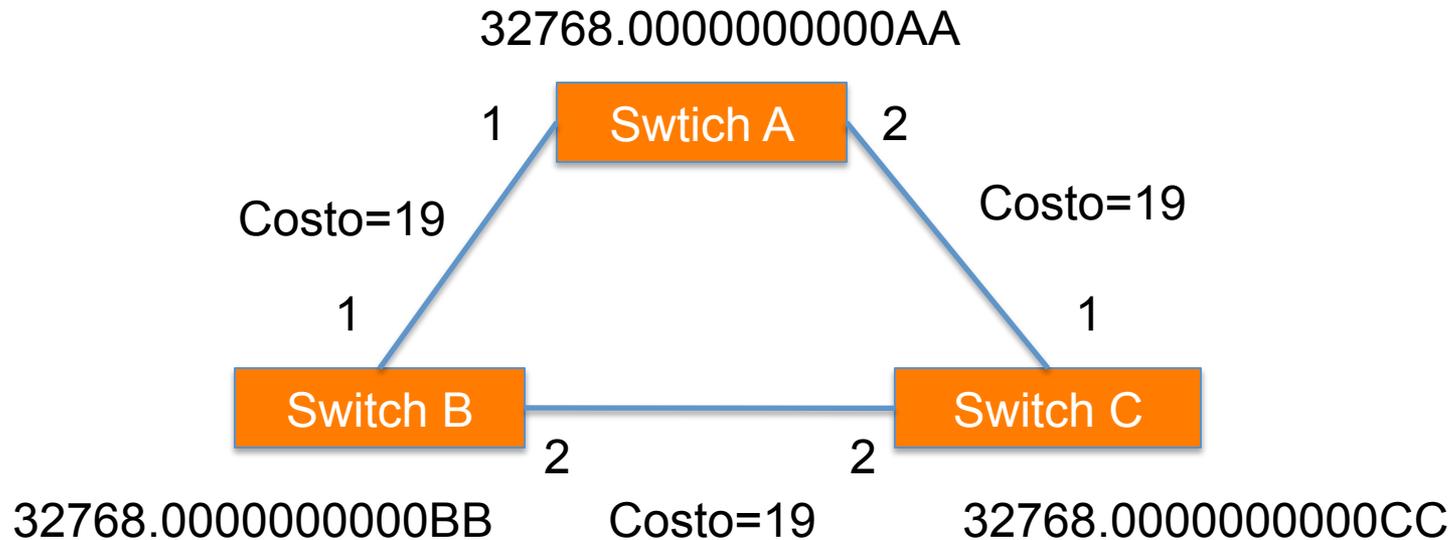
Selección del Puerto Raíz (802.1d)

- En cada switch, el puerto donde se ha recibido el costo del camino a la raíz menor se designa como el *Puerto Raíz*.
 - Este es el puerto con el mejor camino al switch raíz.





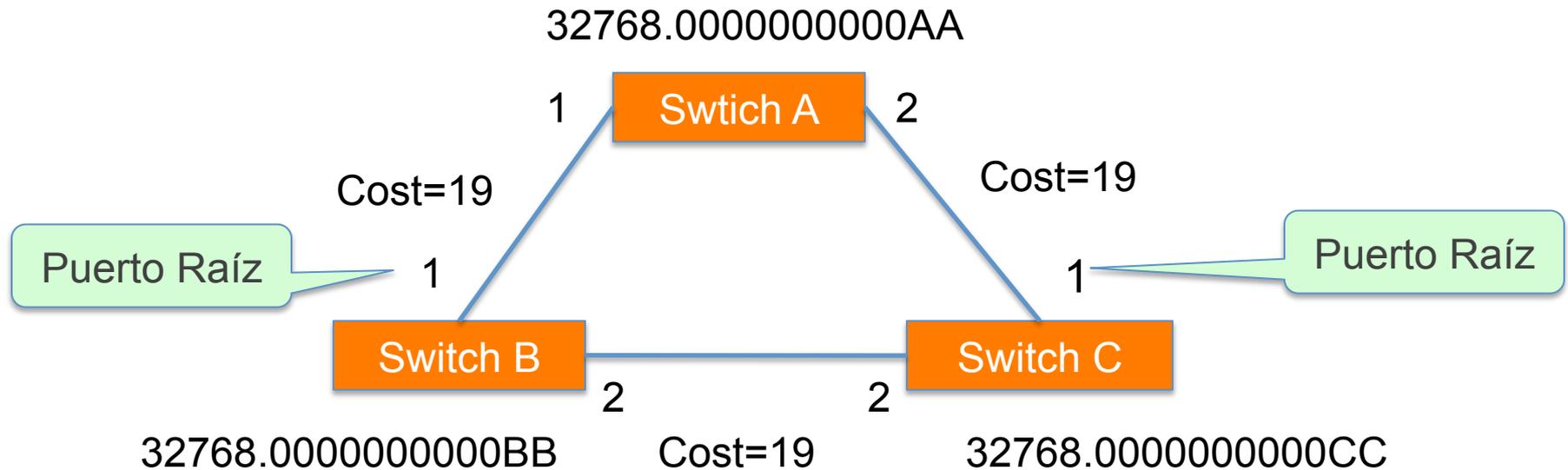
Selección del Puerto Raíz



- ¿Cuál es el costo del camino a la raíz en cada puerto?
- ¿Cuál es el puerto raíz en cada switch?



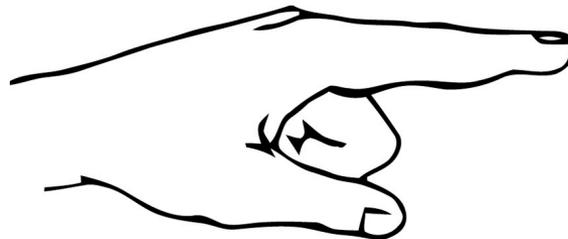
Selección del Puerto Raíz





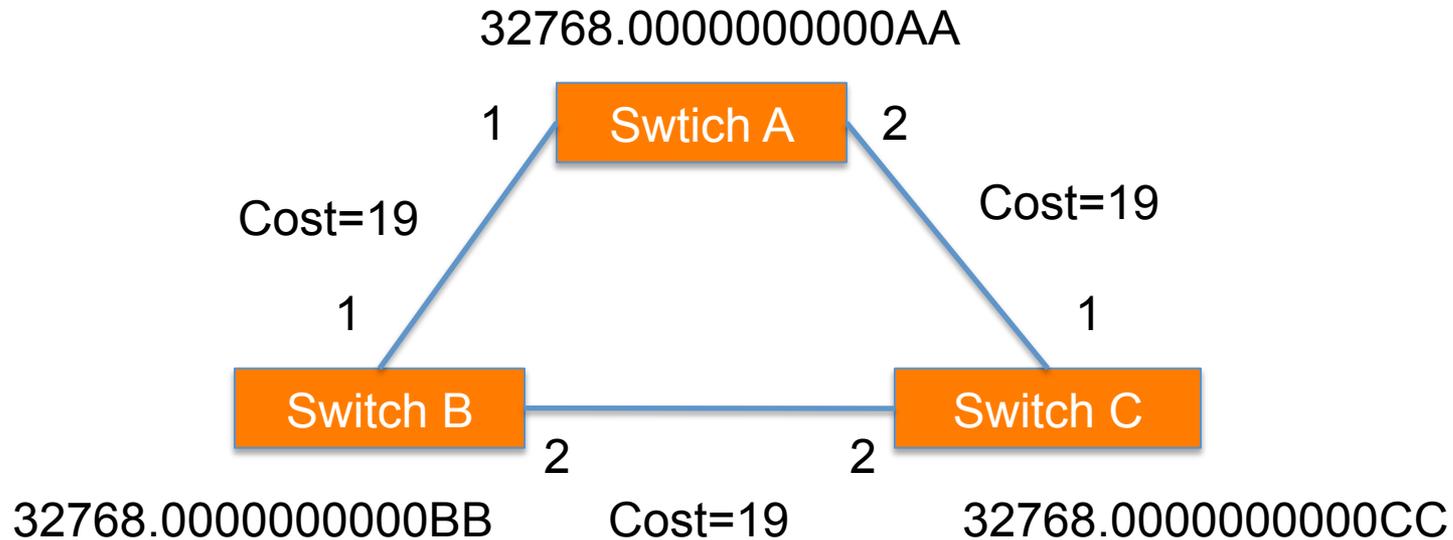
Puertos Designados

- Bien, hemos seleccionado los puertos raíz, pero aún no hemos solucionado el problema.
 - *¡Los enlaces siguen activos!*
- Cada segmento de red tiene que tener sólo un switch enviando tramas para ese segmento.
- Cada switch tiene que identificar un ***Puerto Designado*** por enlace.
 - El enlace con el menor costo del camino a la raíz acumulado.

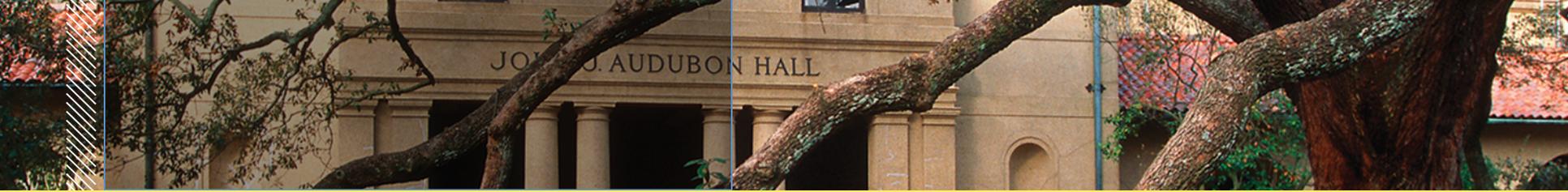




Puertos Designados



- ¿Cuál puerto debe ser el puerto designado en cada segmento?

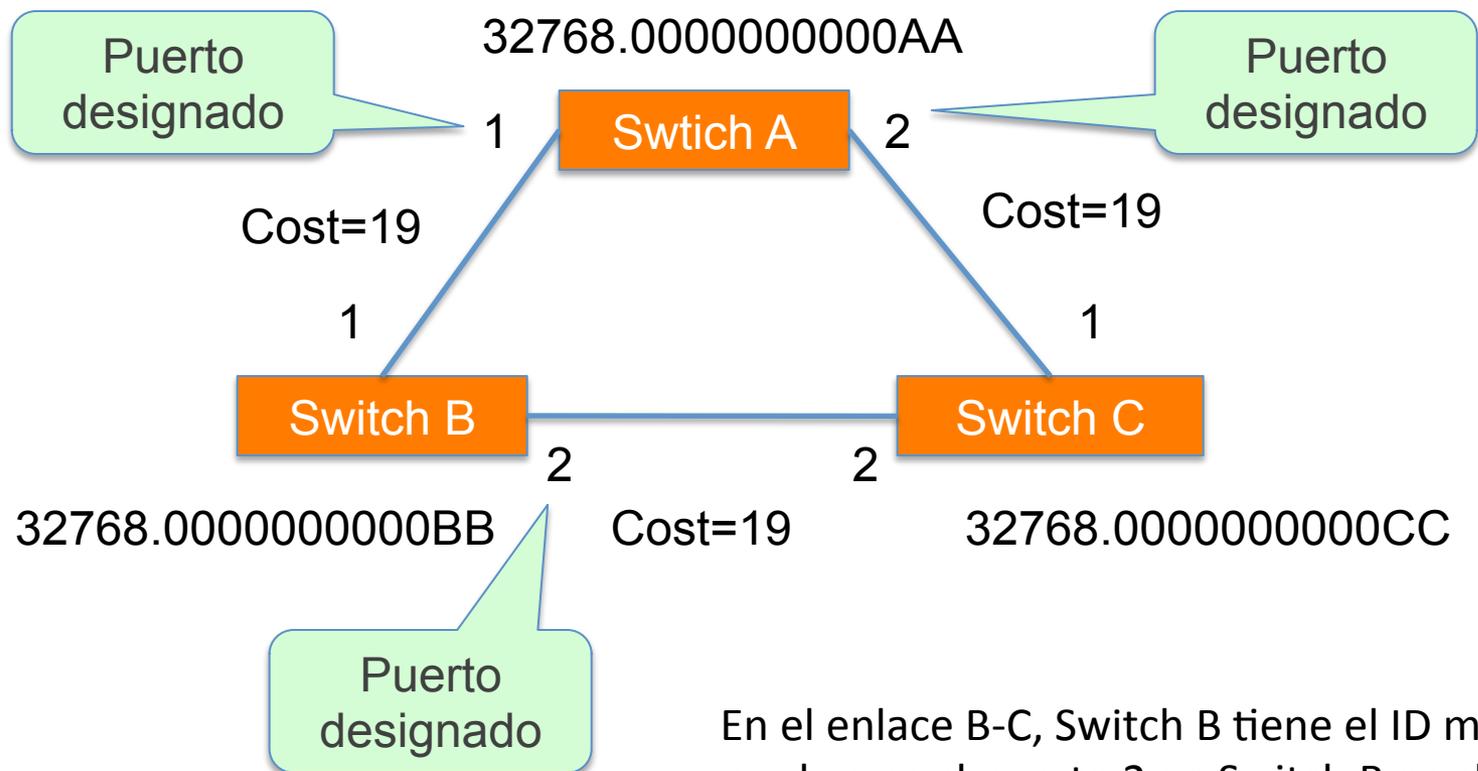


Puertos Designados

- Encontrar uno o más puertos en un segmento con costos de camino a la raíz es posible, lo cual resulta en un empate.
- Todas las decisiones de STP están basadas en la siguiente secuencia de condiciones:
 - Menor ID de switch raíz
 - Menor costo del camino a la raíz
 - Menor ID de switch origen
 - Menor ID del puerto origen



Puertos Designados (802.1d)



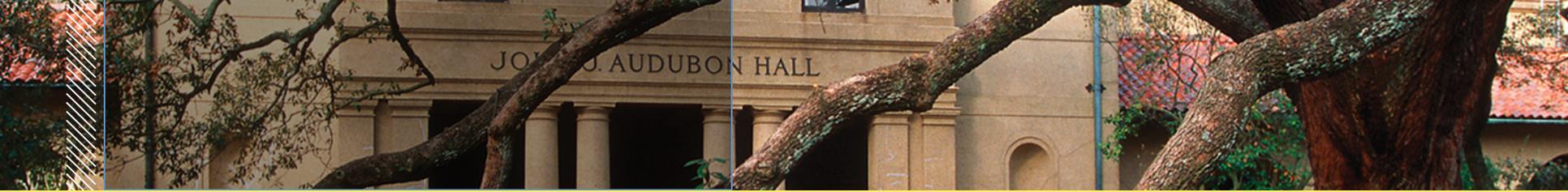
En el enlace B-C, Switch B tiene el ID menor, por lo que el puerto 2 en Switch B es el puerto designado



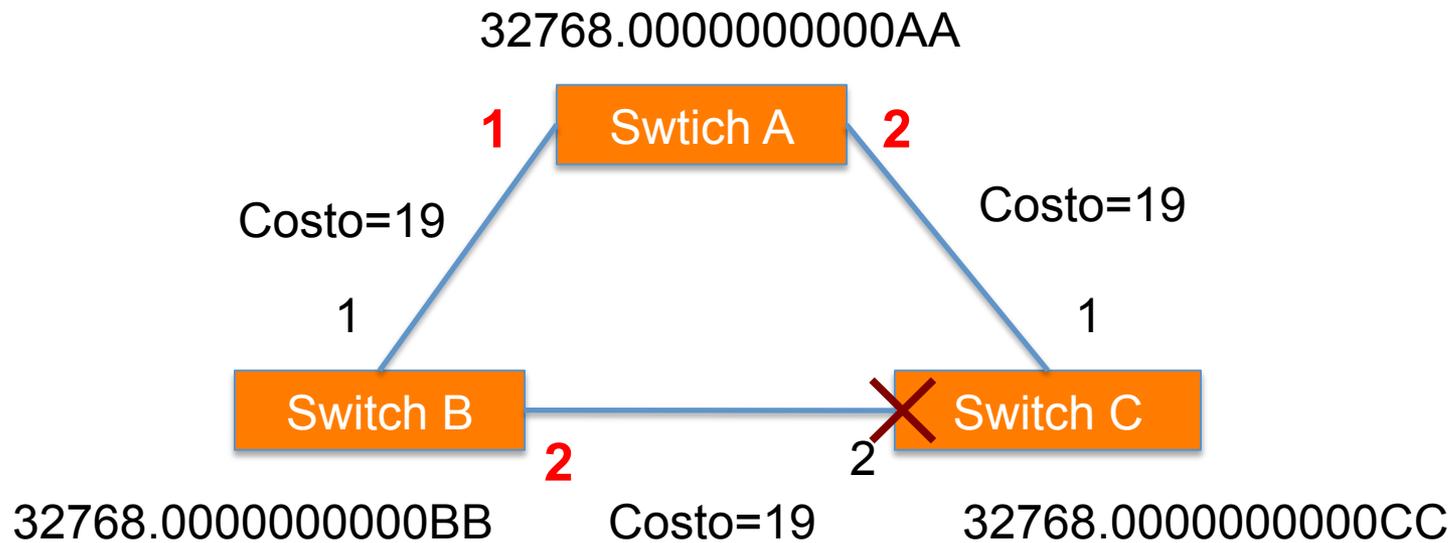
Bloqueo de Puertos

- Cualquier puerto que no sea un puerto raíz o un puerto designado se pone en **estado bloqueado**
- Este paso efectivamente rompe el bucle y completa el Spanning Tree.

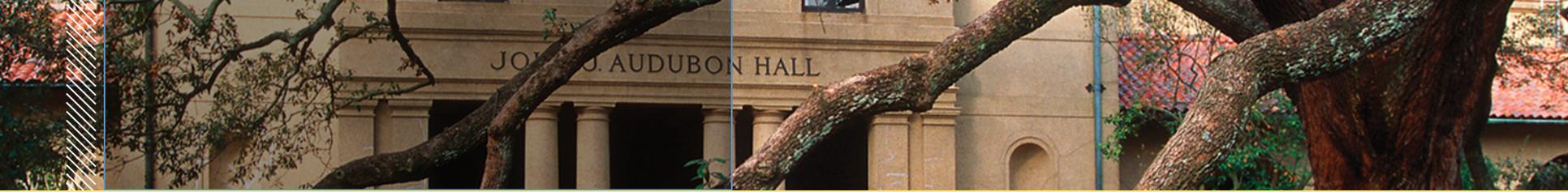




Puertos Designados en Cada Segmento

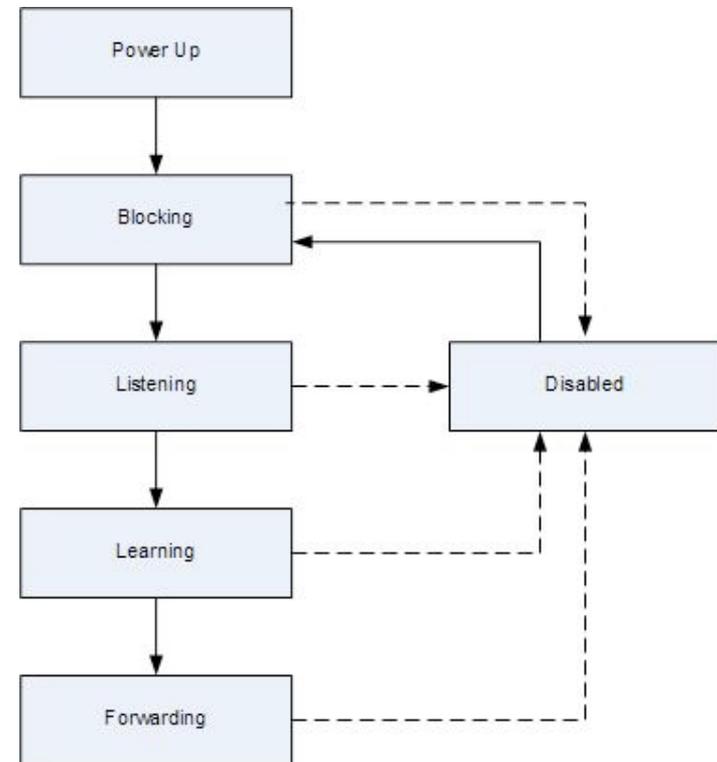


- El Puerto 2 en Switch C se pone en *Estado Bloqueado* porque no es ni *Puerto Raíz* ni *Puerto Designado*



Estados de Spanning Tree

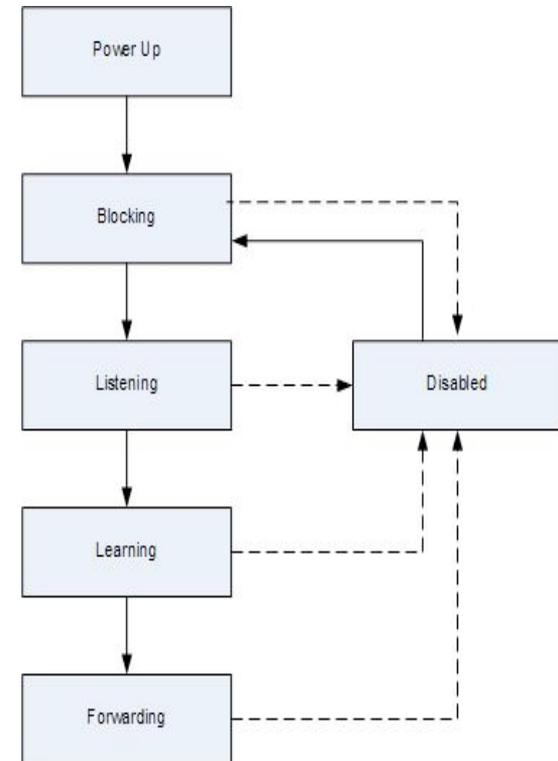
- Desactivado (Disabled)
 - El puerto está apagado
- Bloqueado (Blocking)
 - Sin reenvío de tramas
 - Recibiendo BPDUs
- Escuchando (Listening)
 - Sin reenvío de tramas
 - Enviando y recibiendo BPDUs





Estados de Spanning Tree

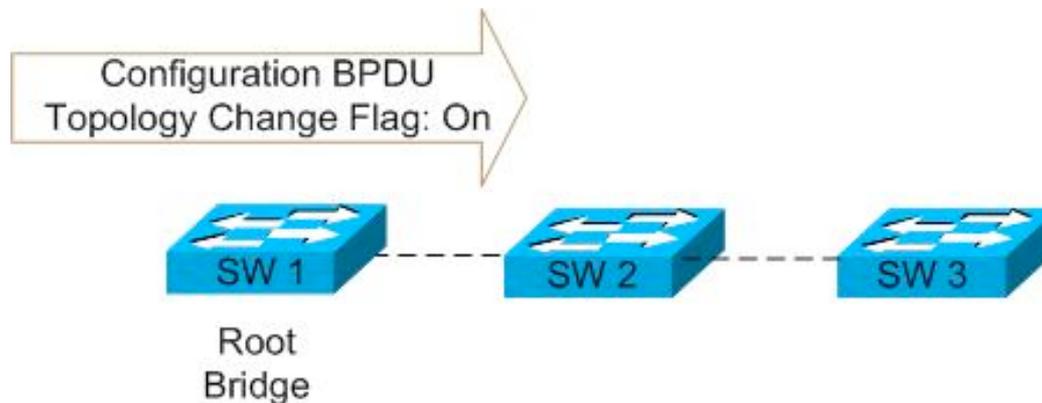
- Aprendiendo (Learning)
 - Sin reenvío de tramas
 - Enviando y recibiendo BPDUs
 - Aprendiendo nuevas direcciones MAC
- Reenviando (Forwarding)
 - Reenviando tramas
 - Enviando y recibiendo BPDUs
 - Aprendiendo nuevas direcciones MAC

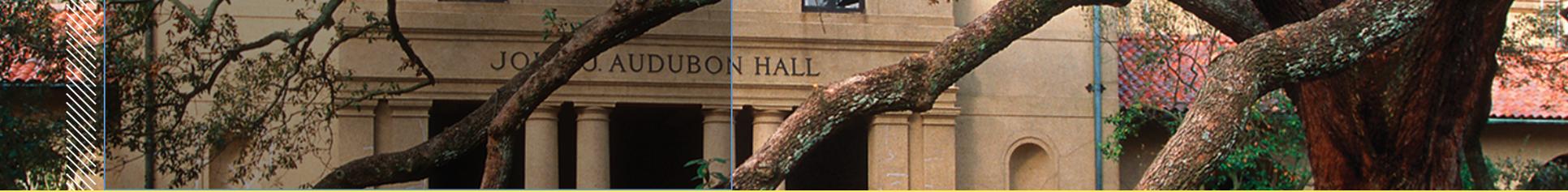




Cambios de Topología en STP

- Los switches recalculan si:
 1. Se introduce un nuevo switch
 - Podría convertirse en el nuevo raíz!
 2. Un switch falla
 3. Un enlace se cae

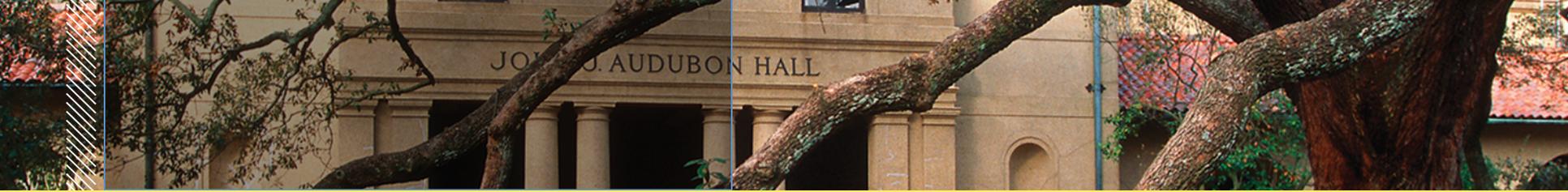




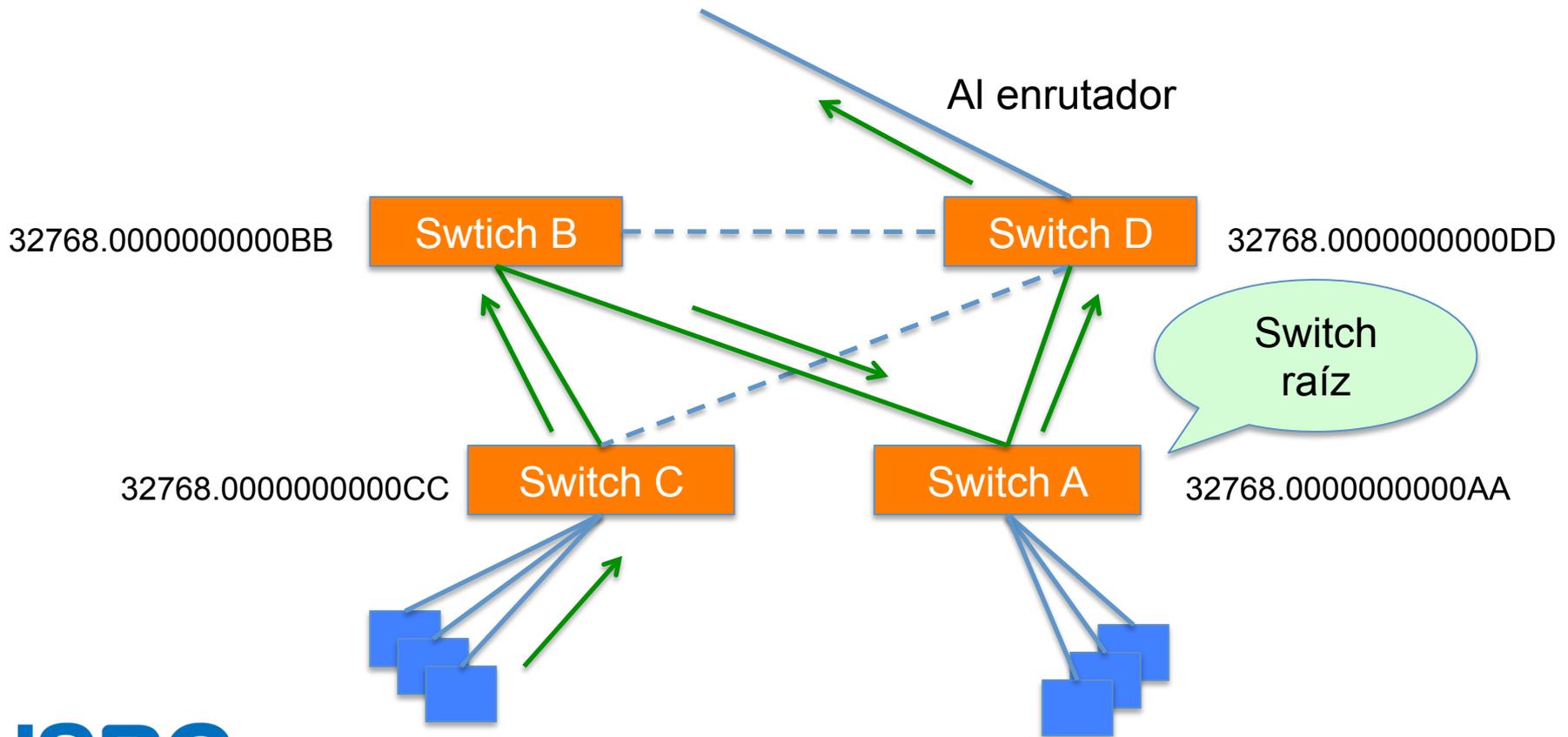
Ubicación del Switch Raíz

- Utilizar los parámetros inadecuadamente puede resultar en una situación indeseada. Ejemplos:
 - El flujo de tráfico puede ser sub-óptimo.
 - Un switch inestable o lento puede convertirse en el switch raíz.
- Es necesario planificar la asignación de prioridades con cuidado.



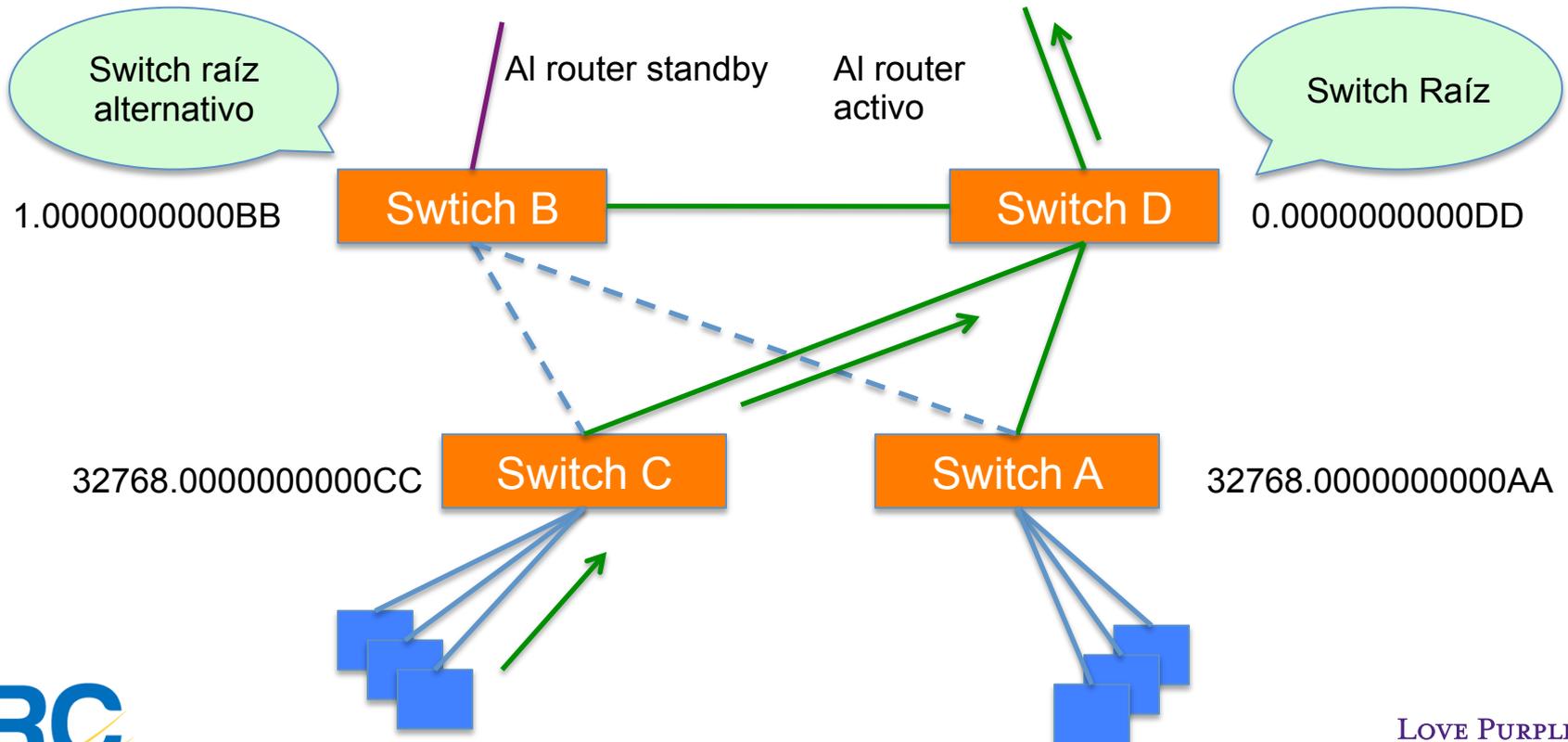


Mala Ubicación del Switch Raíz





Mala Ubicación del Switch Raíz

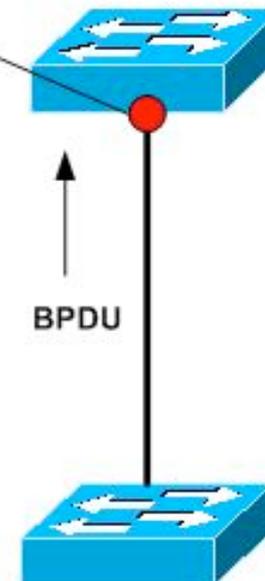




Protección de la Topología STP

- Algunos fabricantes han introducido funcionalidades para proteger la topología:
 - Root Guard
 - BPDU Guard
 - Loop Guard
 - UDLD

BPDU Guard enabled on interface. Port is err-disable when BPDU is received





Pautas de Diseño de STP

- Habilite el spanning tree aún si no tiene caminos redundantes.
- Siempre planifique y asigne las prioridades.
 - Haga la selección del switch raíz determinística.
 - Incluya un switch raíz alternativo.
- Si es posible, no acepte BPDUs en los puertos de los usuarios.
 - Habilite BPDU Guard o similar donde esté disponible.





RAPID SPANNING TREE



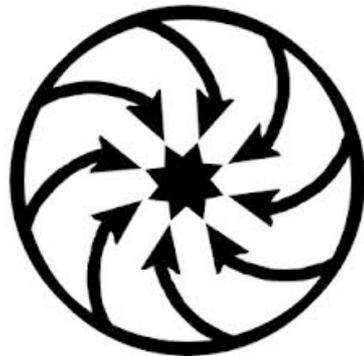
Velocidad de Convergencia (802.1d)

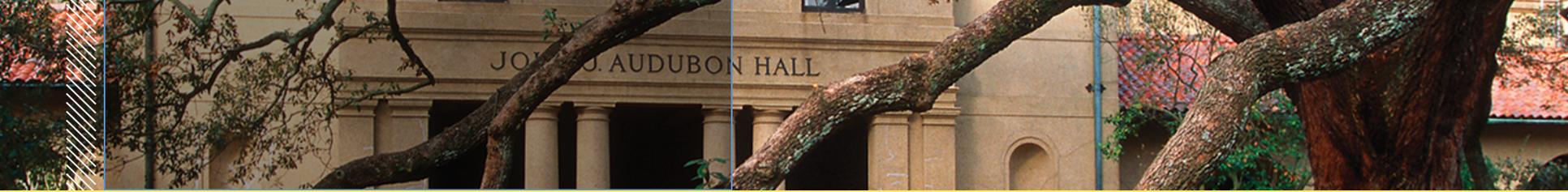
- Cambiar del estado bloqueado al estado de reenvío se tarda por lo menos $2 \times \textit{Forward Delay}$ (~ 30 seg.)
 - Esto puede ser problemático al conectar máquinas de usuarios.
- Algunos fabricantes han agregado mejoras como *PortFast*, el cual reduce el tiempo al mínimo en los puertos de usuarios.
 - No use *PortFast* o similar en los enlaces entre switches.
- Los cambios de topología también se tardan unos 30 segundos.
 - Esto puede ser inadmisibles en una red en producción.



Rapid Spanning Tree (802.1w)

- La convergencia es mucho más rápida.
 - La comunicación entre switches es más interactiva.
- Los puertos de usuarios no participan.
 - Estos van al estado de forwarding inmediatamente.
 - Si se reciben BPDUs en un puerto de usuario, éste se convierte en un puerto inter-switch para evitar bucles.





Rapid Spanning Tree (802.1w)

- Define estos roles de puerto:
 - Puerto Raíz (igual que en 802.1d)
 - Puerto Alternativo
 - Puerto con camino alternativo al switch raíz.
 - Puerto Designado (igual que en 802.1d)
 - Puerto Backup
 - Camino backup/redundante a un segmento donde otro switch está conectado.

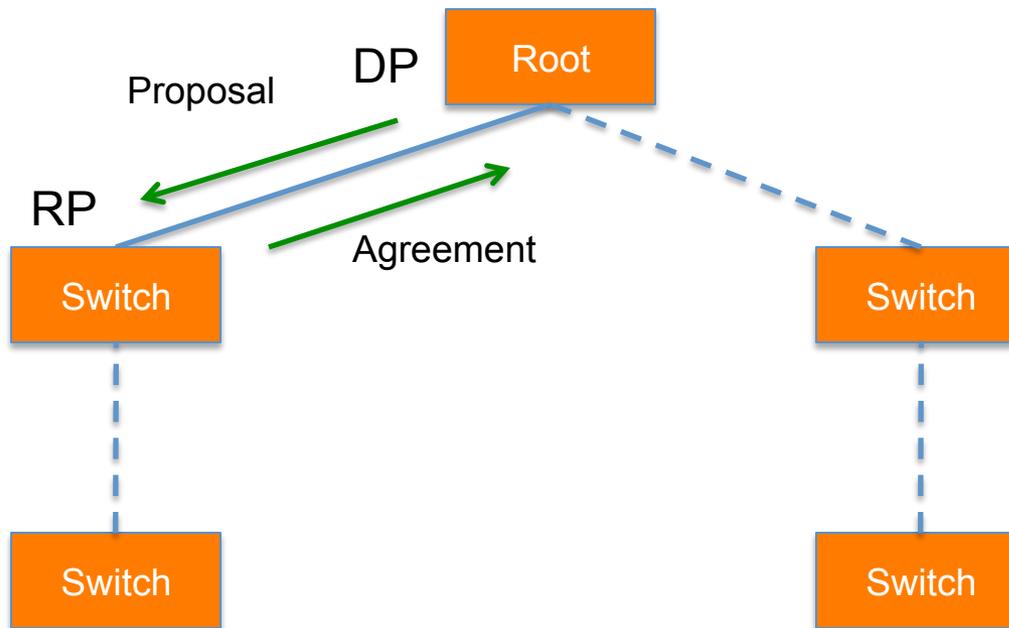


Rapid Spanning Tree (802.1w)

- El proceso de sincronización utiliza un método de *handshake*.
 - Luego de elegirse el switch raíz, la topología se construye en cascada, donde cada switch propone ser el switch designado para cada enlace punto-a-punto.
 - Mientras esto ocurre, todos los enlaces en los switches de niveles inferiores están bloqueados.

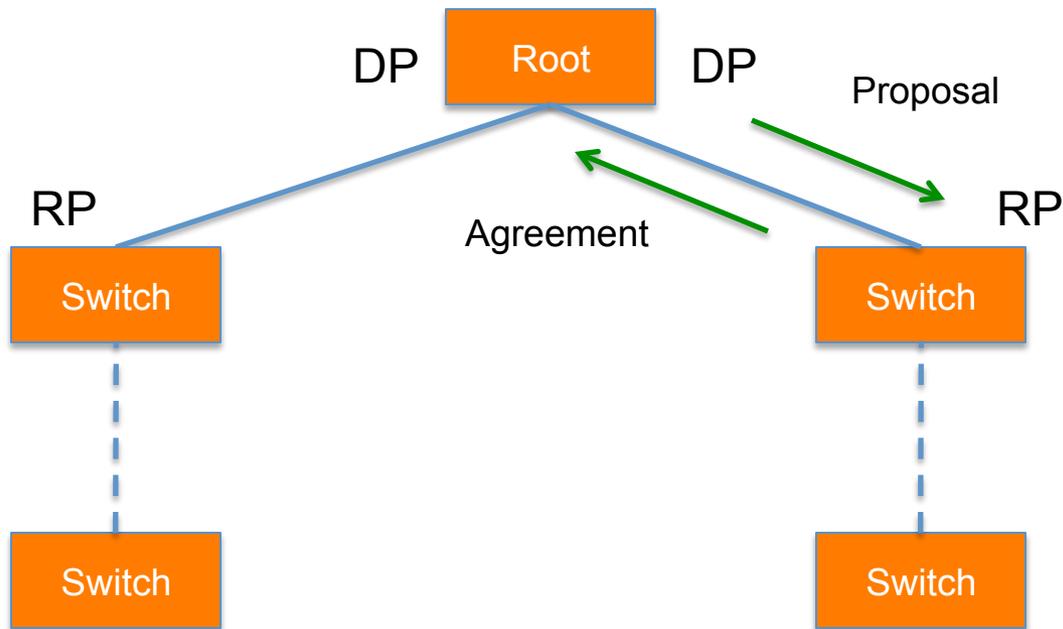


Rapid Spanning Tree (802.1w)



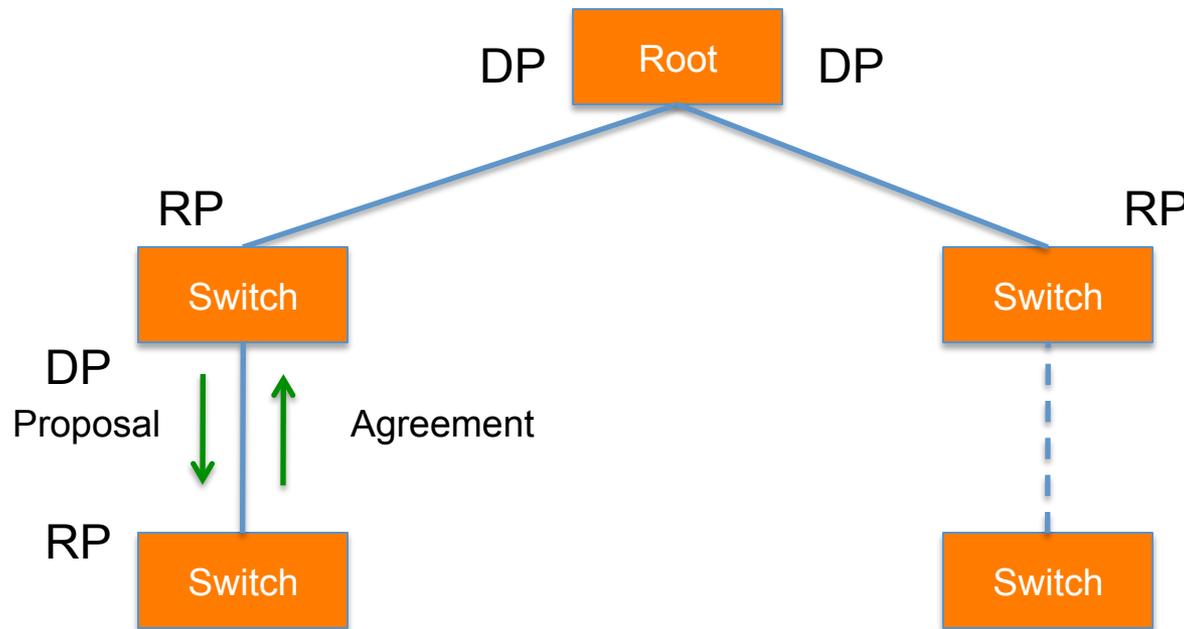


Rapid Spanning Tree (802.1w)



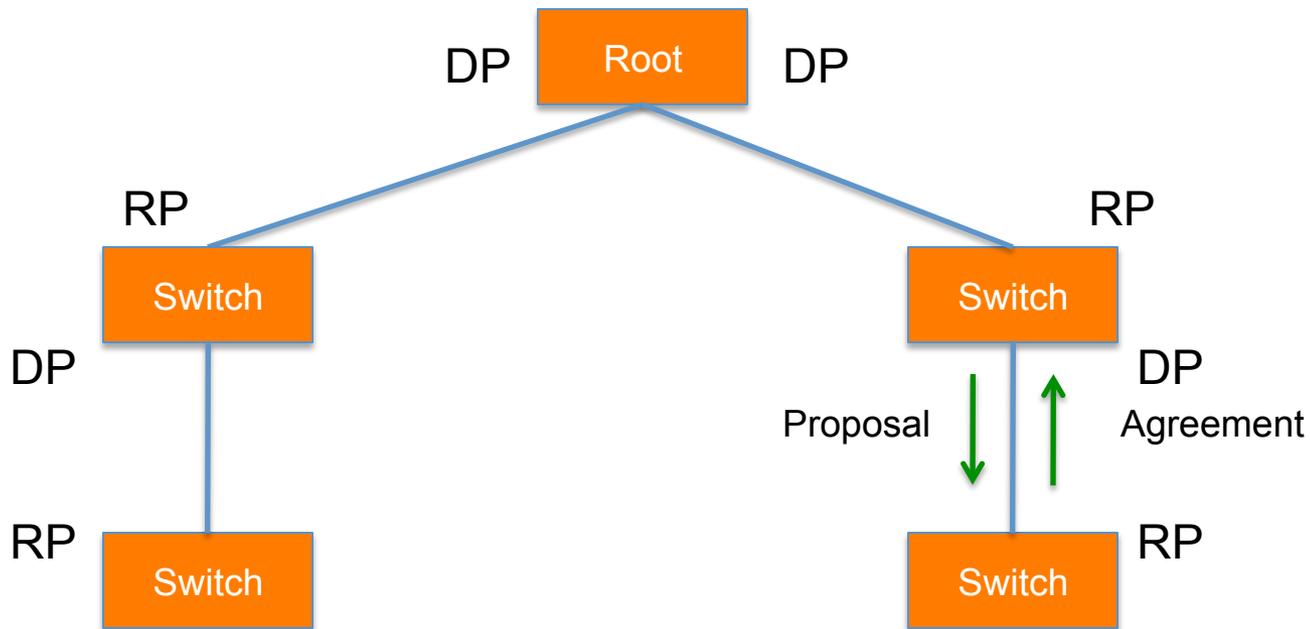


Rapid Spanning Tree (802.1w)





Rapid Spanning Tree (802.1w)





Rapid Spanning Tree (802.1w)

- Prefiera RSTP en lugar de STP si quiere convergencia más rápida.
- Siempre defina cuáles son los puertos de los usuarios.





¡Gracias!



Jeffry Handal
jhandal@lsu.edu