

LABORATORIO

STP y RSTP

Topología

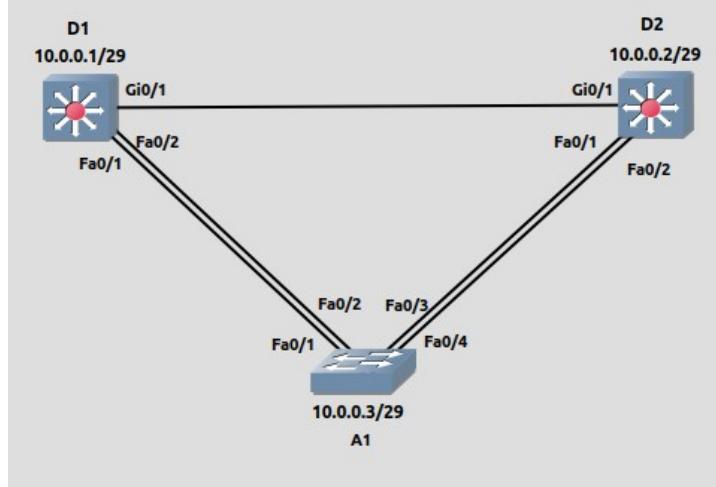


Figura 1.

Objetivos

- Comprender los fundamentos de Spanning Tree Protocol (STP)
- Observar cómo STP converge por defecto.
- Analizar por qué un switch es elegido como Root Bridge.
- Identificar Root Ports, Designated Ports y Alternate Ports.
- Implementar y verificar Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP).
- Analizar los tiempos de convergencia entre STP y RSTP.
- Comprender el comportamiento “fallback” cuando coexisten STP y RSTP.

Introducción

Cuando en una red existen enlaces redundantes, se consigue tolerancia a fallos y un mayor ancho de banda, pero también existe el riesgo de crear bucles de Capa 2, es decir, un mismo frame que puede circular indefinidamente entre switches. Se puede observar que un loop de Capa 2 tiene un efecto significativo en una red. Los bucles de capa 2 pueden afectar tanto a hosts como a dispositivos de red.

Los loops de Capa 2 pueden ser prevenidos siguiendo buenas prácticas de diseño y realizando la implementación de **Spanning Tree Protocol (STP)**. STP detecta la topología y evita los bucles

poniendo ciertos puertos en un estado de blocking, de modo que quede una topología lógica libre de loops (manteniendo redundancia física).

En este laboratorio se aborda STP y RSTP, desde conceptos básicos hasta ejemplos prácticos con comandos de Cisco, mediante un laboratorio paso a paso para realizar en GNS3.

Nota: Este laboratorio se enfoca en la configuración y verificación práctica de STP y RSTP, y no refleja necesariamente las mejores prácticas.

ACTIVIDADES

Parte 1: Armado de la red y configuración básica de los dispositivos.

Antes de analizar STP o RSTP, es fundamental que los switches cuenten con una configuración mínima y que los enlaces troncales estén operativos.

Para el desarrollo del presente laboratorio, se utilizan tres switches Capa 3 montados en la plataforma GNS3. Al switch A1 se le asignó un símbolo diferente para distinguirlo de los switches de distribución (D1 y D2).

Paso 1: Cableado de la red.

- Realizar el montado y cableado de los dispositivos según la topología mostrada en la *Figura 1*. Se crean enlaces redundantes, lo cual obliga a STP a bloquear algunos puertos para evitar bucles.

Paso 2: Configuraciones básicas

- Conectarse a la consola de cada switch, ingresar al modo de configuración global, y aplicar las siguientes configuraciones básicas:

Switch D1:

```
enable
configure terminal
hostname D1
spanning-tree mode pvst
banner motd # Switch D1, Lab RSTP #
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
exit
interface range g0/1,f0/1-2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
no shutdown
exit
```

```
interface range f0/3-24,g0/2
  shutdown
  exit
vlan 2
  name VLANDos
  exit
interface vlan 1
  ip address 10.0.0.1 255.255.255.248
  no shutdown
end
```

Switch D2

```
enable
configure terminal
hostname D2
spanning-tree mode pvst
banner motd # Switch D2, Lab RSTP #
line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
exit
interface range g0/1,f0/1-2
  switchport trunk encapsulation dot1q
  switchport mode trunk
  switchport nonegotiate
  no shutdown
exit
interface range f0/3-24,g0/2
  shutdown
  exit
vlan 2
  name VLANDos
  exit
interface vlan 1
  ip address 10.0.0.2 255.255.255.248
  no shutdown
end
```

Switch A1

```
enable
configure terminal
hostname A1
spanning-tree mode pvst
banner motd # Switch A1, Lab RSTP #
```

```

line con 0
exec-timeout 0 0
logging synchronous
exit
interface range f0/1-4
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
switchport nonegotiate
no shutdown
exit
interface range f0/5-24,g0/1-2
shutdown
exit
vlan 2
name VLANDos
exit
interface vlan 1
ip address 10.0.0.3 255.255.255.248
no shutdown
end

```

b) Guardar las configuraciones en startup-config

copy running-config startup-config ! Repetir en cada switch

Parte 2: Configuraciones por defecto de STP

Los switches ya fueron configurados y las interfaces necesarias para este laboratorio fueron habilitadas. Para estas configuraciones, el protocolo STP que está activo de manera predeterminada, ya ha convergido formando una red lógica libre de bucles.

En esta parte del laboratorio se analizará cómo es la configuración del protocolo STP activo de manera predeterminada y se evaluará por qué convergió de la manera en que lo hizo. Para ello, se seguirán los mismos pasos que realiza el propio Spanning Tree:

1. Identificar el **Root Bridge**.
2. Determinar los **Root Ports**.
3. Identificar cuáles puertos son **Designated Ports** y cuáles **Alternate Ports** dentro de la topología.

Paso 1: ¿Cómo STP elige al Root Bridge?

En el protocolo **Spanning Tree** (STP), el **Root Bridge** se elige en función del **Bridge ID (BID)**, que está compuesto por dos valores:

- **Bridge Priority** (Prioridad del switch, el valor por defecto es **32768**).
- **MAC Address** (dirección MAC del switch).

Por defecto, los switches están corriendo **Cisco PVST+ (Per-VLAN Spanning Tree Plus)**, protocolo de Cisco equivalente a STP y se aplica a cada VLAN de forma independiente), y existen dos VLANs en la red, por lo tanto, deberíamos ver dos root bridges.

- a) En el switch A1, ejecutar el comando `show spanning-tree root` y observar que nos dice la salida acerca de root bridge.

```
A1# show spanning-tree root
```

Vlan	Root ID	Cost	Root	Hello	Max	Fwd	Root Port
			Time	Age	Dly		
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	19	2	20	15	Fa0/3	
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	19	2	20	15	Fa0/3	

La salida del comando muestra que para llegar al **Root Bridge** (identificado con el Root ID), se tiene un **Root Cost** (costo) de 19, y que el **Root Port** es la interfaz Fa0/3 tanto para la VLAN 1 como para la VLAN 2. Esto significa que, para ambas VLANs, A1 ha determinado que el camino más corto hacia el **Root Bridge** es por el puerto Fa0/3, y que el **costo acumulado** para llegar al **Root Bridge** (según la velocidad del enlace) es de **19**.

Según el diagrama de la topología, A1 está conectado a D2 a través de la interfaz Fa0/3, y esta interfaz tiene un costo de 19. Por consiguiente, se puede deducir que D2 es el **Root Bridge** tanto para la VLAN 1 como para la VLAN 2.

La pregunta que surge en este punto es ¿porqué D2 fue elegido como el Root Bridge?.

El switch con el **BID más bajo** es automáticamente elegido como el **Root Bridge**. Por lo tanto, si D2 fue elegido como root, significa que:

- Tiene una **prioridad STP menor** que los demás switches, ó
- En caso de que todas las prioridades sean iguales (32768), entonces, **su dirección MAC es la más baja** entre todos los switches participantes.

En otras palabras, la elección de D2 como Root Bridge no depende de su posición física en la red, sino del Bridge ID más bajo dentro del dominio STP.

```
D2# show spanning-tree root
```

Vlan	Root ID	Cost	Root	Hello	Max	Fwd	Root Port
			Time	Age	Dly		
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	0	2	20	15		
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	0	2	20	15		

```
D1# show spanning-tree root
```

Vlan	Root ID	Cost	Root	Hello	Max	Fwd	Root Port
			Time	Age	Dly		
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Gi0/1	
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Gi0/1	

```
A1# show spanning-tree root
```

Vlan	Root ID	Cost	Hello Max Fwd				Root Port
			Time	Age	Dly		
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Fa0/3	
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Fa0/3	

Lo primero que debe observarse es el valor de la prioridad, en este caso es el valor por defecto (**32768**). Dado que se está trabajando con **PVST+**, se añade un Identificador Extendido del Sistema (**Extended System ID**) como diferenciador. Este indicador extendido se corresponde con el **número de VLAN**, por lo que el valor de prioridad se modifica sumando dicho número. En la salida de cada comando puede verse que los tres dispositivos están utilizando los siguientes valores.

- **32769** para la **VLAN 1** (**32768 + 1**)
- **32770** para la **VLAN 2** (**32768 + 2**)

Para cada VLAN, los valores de prioridad son iguales en los tres switches. Cuando ocurre esto, el protocolo **toma en cuenta el resto del Bridge ID (BID)**, el cual incluye la **dirección MAC** del switch. La elección final se realiza utilizando la **dirección MAC más baja**, que se usa para romper el empate y determinar el **Root Bridge**.

c) Con el comando `show spanning-tree bridge` se puede ver la dirección MAC que cada dispositivo está usando para el Bridge ID en STP.

```
A1# show spanning-tree bridge
```

Vlan	Bridge ID	Time	Age	Dly	Hello Max Fwd		Protocol
					---	---	
VLAN0001	32769 (32768, 1) 00e0.f76a.dce3	2	20	15	ieee	ieee	
VLAN0002	32770 (32768, 2) 00e0.f76a.dce3	2	20	15	ieee	ieee	

```
D1# show spanning-tree bridge
```

Vlan	Bridge ID	Time	Age	Dly	Hello Max Fwd		Protocol
					---	---	
VLAN0001	32769 (32768, 1) 00e0.8f1d.cabb	2	20	15	ieee	ieee	
VLAN0002	32770 (32768, 2) 00e0.8f1d.cabb	2	20	15	ieee	ieee	

```
D2# show spanning-tree bridge
```

Vlan	Bridge ID	Time	Age	Dly	Hello Max Fwd		Protocol
					---	---	
VLAN0001	32769 (32768, 1) 0090.0cc4.cca3	2	20	15	ieee	ieee	
VLAN0002	32770 (32768, 2) 0090.0cc4.cca3	2	20	15	ieee	ieee	

Como se puede observar, de los tres switches usados, D2 tiene la dirección MAC más baja.

Paso 2: Verificar el Root Port en cada switch

Cada switch tendrá un único **Root Port**, este puerto representa el **camino de menor costo** hacia el **Root Bridge**. El costo de un puerto (**Path Cost**) es la **suma de los costos** de los puertos a lo largo del camino hacia el Root Bridge. STP asigna a cada puerto un costo que depende de la velocidad del enlace, el costo es la **métrica** con la STP suma rutas para decidir cuál es la ruta con menor costo hacia el Root Bridge.

En la práctica, Cisco usa el método **Short Path Cost**. La siguiente tabla muestra los valores predeterminados en la mayoría de los switches Cisco:

Velocidad del enlace	Costo
10 Mbps	100
100 Mbps	19
1 Gbps	4
10 Gbps	2

a) Observando la salida del comando `show spanning-tree root` en cada switch:

D2# `show spanning-tree root`

Vlan	Root ID	Cost	Time	Age	Dly	Root Port
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	0	2	20	15	
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	0	2	20	15	

D1# `show spanning-tree root`

Vlan	Root ID	Cost	Time	Age	Dly	Root Port
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Gi0/1
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	4	2	20	15	Gi0/1

A1# `show spanning-tree root`

Vlan	Root ID	Cost	Time	Age	Dly	Root Port
VLAN0001	32769 0090.0cc4.cca3	19	2	20	15	Fa0/3
VLAN0002	32770 0090.0cc4.cca3	19	2	20	15	Fa0/3

Se puede ver en la salida del comando, que el **Path Cost** puede ser diferente para cada switch. En este caso, el costo de la ruta para D1 es de 4, y de 19 para A1 hacia el Root Bridge, indicando que la conectividad es a través de un puerto GigabitEthernet para D1 y un puerto FastEthernet para A1.

b) Estas conexiones son directas al root bridge, por lo tanto el port cost y el path cost son iguales. Esto también puede ser verificado con el siguiente comando:

```
A1# show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee

Root ID Priority 32769
Address 0090.0cc4.cca3
Cost 19
Port 3 (FastEthernet0/3)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 00e0.f76a.dce3
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15 sec
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Altn	BLK	19	128.1	P2p
Fa0/2	Altn	BLK	19	128.2	P2p
Fa0/3	Root	FWD	19	128.3	P2p
Fa0/4	Altn	BLK	19	128.4	P2p

```
VLAN0002
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee

Root ID Priority 32770
Address 0090.0cc4.cca3
Cost 19
Port 3 (FastEthernet0/3)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 00e0.f76a.dce3
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15 sec
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Altn	BLK	19	128.1	P2p
Fa0/2	Altn	BLK	19	128.2	P2p
Fa0/3	Root	FWD	19	128.3	P2p
Fa0/4	Altn	BLK	19	128.4	P2p

- c) En la topología usada, no se aprecia muy bien la diferencia entre port cost y path cost, por lo tanto, se introducirá un cambio en la red para poder diferenciarlos. En el switch D2, deshabilitar la interfaz Gi0/0.

```
D2# configure terminal
D2(config)# interface g0/1
D2(config-if)# shutdown
D2(config-if)# end
```

Como resultado de esto, D1 deberá cambiar el puerto que considera como root port.

- d) Verificar la salida del comando show spanning-tree en D1:

```
D1# show spanning-tree vlan 1
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
    Root ID      Priority    32769
                  Address     0090.0cc4.cca3
                  Cost        38
                  Port       1 (FastEthernet0/1)
    Hello Time   2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

    Bridge ID   Priority    32769  (priority 32768 sys-id-ext 1)
                  Address     00e0.8f1d.cabb
    Hello Time   2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
    Aging Time  300 sec

  Interface      Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
  -----
  Fa0/1          Root FWD 19      128.2      P2p
  Fa0/2          Altn BLK 19      128.3      P2p
```

El **root path cost** en D1 ahora es de 38. Para que D1 alcance el root bridge D2, deberá atravesar dos enlaces FastEthernet (19 + 19).

Paso 3: Identificar los Designated Ports

Un **Designated Port (DP)** es un puerto activo y en forwarding (reenvío), seleccionado por STP en cada segmento de red, para:

- **Reenviar tráfico** de datos en ambas direcciones.
- **Enviar BPDU** (Bridge Protocol Data Units) para mantener la topología y detectar cambios.
- **Aprender direcciones MAC** y actualizar la tabla CAM.

Importancia del Designated Port:

- **Previene loops de Capa 2:** STP garantiza sólo un DP por segmento, bloqueando el resto para prevenir broadcast storm y MAC flapping.

- **Mantiene redundancia:** Si falla un DP, STP reconverge rápidamente, activando un puerto alternate/backup.
- **Optimiza la topología:** Dirige el tráfico por el camino de menor costo, mejorando el rendimiento.
- **Todos los puertos del Root Bridge son Designated Ports.**
- **El puerto con el menor costo al Root Bridge es elegido como DP** (en caso de empate, se elige el de menor Port ID).

a) Habilitar la interfaz Gi0/1 en D2. Esto restaurará la topología anterior.

```
D2# configure terminal
D2(config)# interface g0/1
D2(config-if)# no shutdown
D2(config-if)# end
```

b) Ejecutar el comando show spanning-tree en D1:

```
D1# show spanning-tree
<output omitted>
Interface          Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----  -----  -----  -----
Gi0/1           Root FWD 4        128.1    P2p
Fa0/1           Desg FWD 19       128.2    P2p
Fa0/2           Desg FWD 19       128.3    P2p
<output omitted>
```

Se puede observar que ahora dos puertos se muestran con el rol de **Designated Port**.

c) Observar la salida del comando show spanning-tree en A1:

```
A1# show spanning-tree
<output omitted>
Interface          Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----  -----  -----  -----
Fa0/1           Altn BLK 19       128.1    P2p
Fa0/2           Altn BLK 19       128.2    P2p
Fa0/3           Root FWD 19       128.3    P2p
Fa0/4           Altn BLK 19       128.4    P2p
<output omitted>
```

Cada switch puede tener **únicamente un root port**. En este ejemplo, Fa0/4 toma el rol de **Alternate Port**, y solamente tomará el control en caso de que Fa0/3 (root port) falle. En este caso, la decisión sobre qué interface será el root port, se basa en la prioridad más baja del puerto, que por defecto es **128.<port_id>**.

Parte 3: Implementar y Verificar Rapid Spanning Tree Protocol

En la parte 3 del laboratorio, se implementará **Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP – IEEE 802.1w)** en todos los switches de la topología. RSTP mantiene las reglas fundamentales de STP tradicional, pero acelera drásticamente la convergencia (de 30/50 segundos en STP a **menos de 6 segundos**, e incluso menos de 1 segundo en topologías bien diseñadas) gracias a mecanismos proactivos como Proposal/Agreement, puertos alternos precalculados y sincronización inmediata.

- a) En D1, ejecutar el comando `debug spanning-tree events`, y luego deshabilitar la interfaz Gi0/1 con el comando `shutdown`:

```
D1# debug spanning-tree events
Spanning Tree event debugging is on
D1# configure terminal
D1(config)# interface g0/1
D1(config-if)# shutdown
*Oct 31 00:00:01.327: %LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1, changed state to administratively down
*Oct 31 00:00:02.327: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/1, changed state to down
*Oct 31 00:00:17.392: STP: VLAN0001 heard root 32769-0090.0cc4.cca3 on Fa0/1
*Oct 31 00:00:17.392:      supersedes 32769-0090.0cc4.cca3
*Oct 31 00:00:17.392: STP: VLAN0001 new root is 32769, 0090.0cc4.cca3 on port Fa0/1, cost 38
*Oct 31 00:00:17.392: STP: VLAN0001 sent Topology Change Notice on Fa0/1
*Oct 31 00:00:17.394: STP: VLAN0002 heard root 32770-0090.0cc4.cca3 on Fa0/1
*Oct 31 00:00:17.394:      supersedes 32769-0090.0cc4.cca3
*Oct 31 00:00:17.395: STP: VLAN0002 new root is 32770, 0090.0cc4.cca3 on port Fa0/1, cost 38
*Oct 31 00:00:17.396: STP: VLAN0002 sent Topology Change Notice on Fa0/1
*Oct 31 00:00:17.396: STP[1]: Generating TC trap for port FastEthernet0/2
*Oct 31 00:00:17.396: STP[1]: VLAN0001 Fa0/2 -> blocking
*Oct 31 00:00:17.397: STP[2]: Generating TC trap for port FastEthernet0/2
*Oct 31 00:00:17.397: STP: VLAN0002 Fa0/2 -> blocking
```

De la salida del comando, se puede observar que le tomó alrededor de 16 segundos a STP modificar la topología. RSTP puede converger mucho más rápido.

- b) En D1, cambiar el modo de spanning-tree a `rapid-pvst`:

```
D1(config)# spanning-tree mode rapid-pvst
*Oct 31 00:02:48.458: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan1, changed state to down
*Oct 31 00:02:49.459: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan1, changed state to down
*Oct 31 00:03:18.452: %LINK-3-UPDOWN: Interface Vlan1, changed state to up
*Oct 31 00:03:19.453: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan1, changed state to up
```

Se puede observar que le tomó más de 30 segundos a la interfaz VLAN1 volver a estar activa. Se deben cumplir dos condiciones para que una SVI esté operativa:

1. La VLAN a la cual la SVI está asociada, debe existir.
2. La VLAN a la cual la SVI está asociada, debe tener al menos una interfaz en forwarding (reenvío) en STP.

Pero, le tomó más de 30 segundos a la interfaz VLAN1 volver a estar activa. ¿En dónde quedó lo “**rapid**”?

c) En D1, ejecutar el comando `show spanning-tree`:

```
D1# show spanning-tree
<output omitted>
Interface          Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----  -----
Fa0/1              Root FWD 19       128.2      P2p Peer(STP)
Fa0/2              Altn BLK 19       128.3      P2p Peer(STP)
```

Los valores **Type** lo explican todo. RSTP (802.1w) es totalmente compatible hacia atrás con el STP (802.1D, también conocido como **Common STP**). Logra esta compatibilidad revirtiendo (**falling back**) a los **timers y configuraciones** de STP clásico cuando detecta switches legacy en la topología. En otras palabras, no se obtendrá los beneficios de convergencia rápida de RSTP si solo un switch lo ejecuta. **Todos los switches en la topología deben operar en modo RSTP** para activar mecanismos como Proposal/Agreement y sincronización inmediata.

d) En D2 y A1, cambiar el modo spanning-tree a rapid-pvst:

```
A1(config)# spanning-tree mode rapid-pvst
A1(config)#
Oct 31 00:06:51.023: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan1,
changed
state to down
Oct 31 00:06:51.081: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan1,
changed
state to up
A1(config) #
```

El switch A1 fue el último en configurarse para RSTP. Como se puede observar, la interfaz VLAN1 estuvo inactiva únicamente durante 0.058 segundos. Esto es exactamente el “**rapid**” en RSTP, una convergencia casi instantánea gracias al mecanismo Proposal/Agreement y la sincronización proactiva entre switches, en lugar de los 30–50 segundos de STP tradicional.

```
A1# show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol rstp
<output omitted>
```