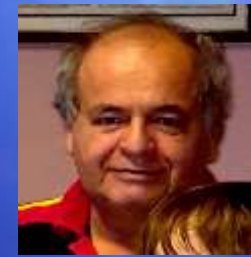


9

REDES MPLS

Switching por Etiquetas Multiprotocolo



Objetivo

● Describir MPLS, una tecnología que se basa en el reenvío de etiquetas de longitud fija y circuitos virtuales, en lugar del tradicional reenvío de datagramas IP basado en destino.

Última modificación:
19 de abril de 2023

Manual de clases

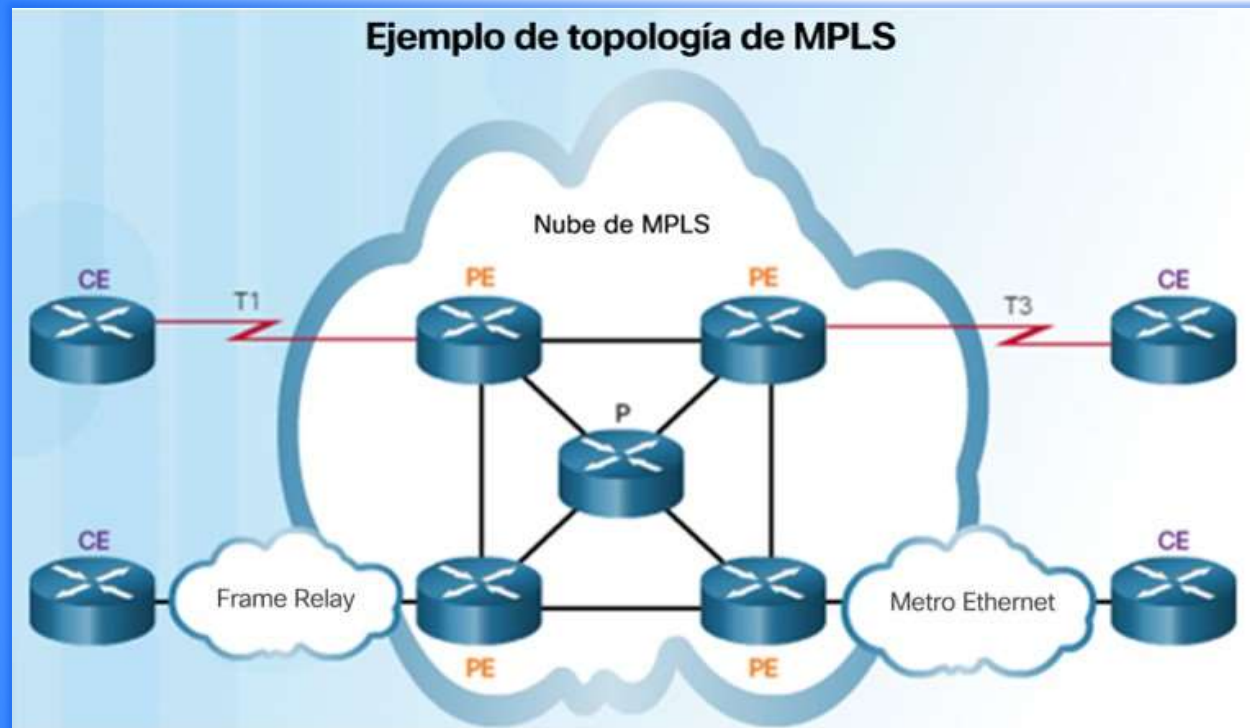
Tema 9 de:
REDES WAN
Edison Coimbra G.

1.- CONCEPTOS DE MPLS

REDES MPLS

Conceptos de MPLS

(CISCO, 2016)



- **El switching** por etiquetas multiprotocolo (Multiprotocol Label Switching, MPLS) es una tecnología WAN de alto rendimiento multiprotocolo que dirige los datos desde un router al siguiente.
 - ► **MPLS** se basa en etiquetas de ruta cortas en lugar de direcciones de red IP.
 - ► **Se llama** multiprotocolo porque tiene la capacidad de transportar cualquier contenido, incluido tráfico IPv4, IPv6, Ethernet, ATM, DSL y Frame Relay.
 - ► **Usa etiquetas** que le indican al router qué hacer con un paquete.
- **Observe** en la figura que los diferentes sitios se pueden conectar a la nube MPLS mediante diferentes tecnologías de acceso.
- **MPLS** admite una amplia variedad de tecnologías WAN, que incluyen los enlaces de portadoras T y E, Carrier Ethernet, ATM, Frame Relay y DSL.
- **MPLS** es principalmente una tecnología WAN de proveedor de servicios (WAN privada).

Conceptos de MPLS

REDES MPLS

Orígenes de MPLS (Kurose, 2017)

- **El switching** de etiquetas multiprotocolo (**MPLS**) ha evolucionado a partir de una serie de desarrollos industriales que tuvieron lugar en los albores del año 2000 y que buscaban mejorar la velocidad de reenvío de los routers IP, adoptando el concepto clave del mundo de las **redes virtuales**: una **etiqueta de longitud fija** (celda ATM por ejemplo).
- **El objetivo no era abandonar** la infraestructura de reenvío de datagramas IP basada en el destino, sustituyéndola por otra basada en etiquetas de longitud fija y circuitos virtuales, sino **expandir la infraestructura** existente **etiquetando** selectivamente los datagramas y permitiendo a **los routers reenviar** esos datagramas **basándose en etiquetas** de longitud fija (en lugar de direcciones IP de destino), siempre que fuera posible.
- **Es importante observar** que estas técnicas funcionan mano a mano con IP, utilizando el direccionamiento y el enrutamiento IP. El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (**IETF**) unificó estos esfuerzos mediante el protocolo MPLS (RFC 3031 y 3032), consiguiendo así mezclar de forma efectiva las técnicas de circuitos virtuales (ATM) en una red de datagramas IP enrutados.



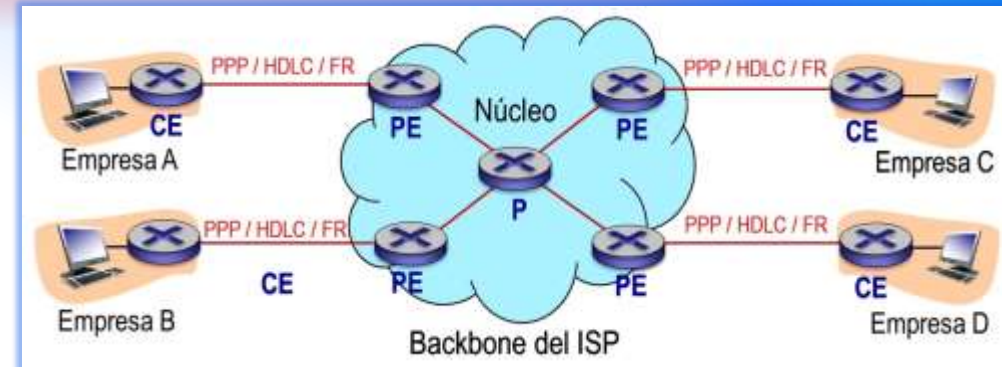
Conceptos de MPLS

REDES MPLS

Evolución de las tecnologías WAN

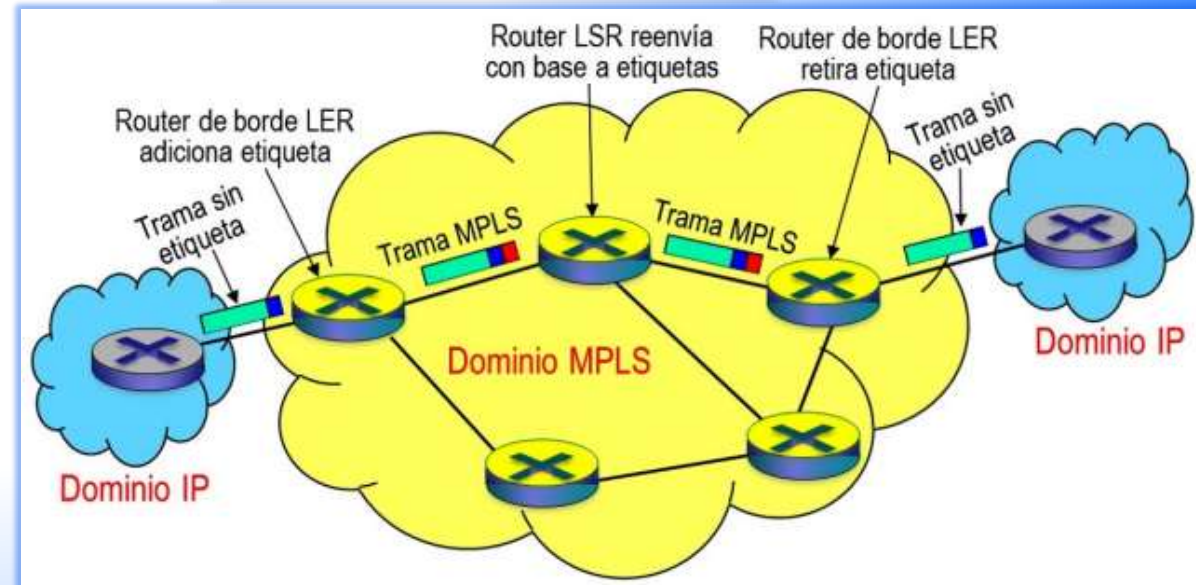
(Huawei, 2020)

- Los **protocolos de capa de enlace** comúnmente utilizados en los inicios de las WAN incluyen PPP, HDLC, Frame Relay y ATM.
- Con la **evolución** de la red hacia toda IP, **Internet basado en IP** se vuelve popular. Sin embargo, la tecnología IP basada en la regla de coincidencia mas larga debe utilizar software para buscar rutas, lo que resulta en un bajo rendimiento de reenvío que se convierte en el cuello de botella que restringe el desarrollo de la red.
- **El MPLS**, Multiprotocolo de Switching de Etiquetas, se propuso originalmente para mejorar las habilidades de reenvío de los router.
 - En **comparación** con el routing IP tradicional, MPLS analiza los encabezados de paquetes IP solo en los bordes de la red durante el reenvío de datos.
 - Los **nodos de tránsito** reenvían paquetes basados en etiquetas, sin la necesidad de analizar encabezados de paquetes IP. Esto acelera el procesamiento de software.



	Coincidencia bit a bit	
Dirección IP de destino: 172.16.2.1	172.16.0.0/16	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1
Entrada de routing: 172.16.1.0 255.255.255.0	172.16.0.0/16	0 0 0 0 0 0 0 1 * * * * *
Entrada de routing: 172.16.2.0 255.255.255.0	172.16.0.0/16	0 0 0 0 0 0 1 0 * * * * *
Entrada de routing: 172.16.0.0 255.255.0.0	172.16.0.0/16	* * * * * * * * * * * * * * *

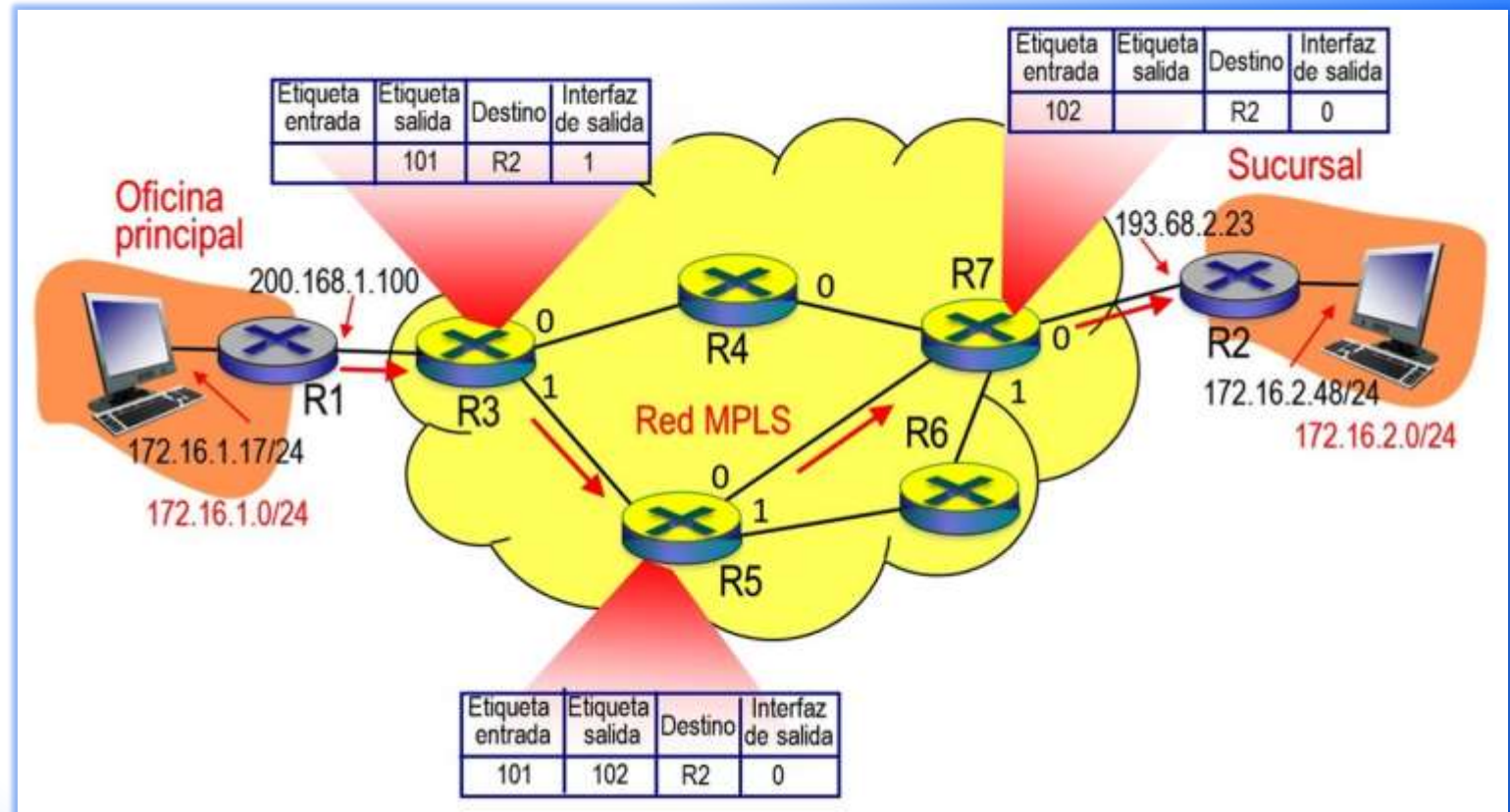
Nota: El primer caso muestra una coincidencia perfecta. El segundo y tercer caso muestran coincidencias más largas que fallan por los bits de destino. El cuarto caso muestra una coincidencia más larga que falla por los bits de destino.



Evolución de las tecnologías WAN (cont.)

(Huawei, 2020)

- **La posterior mejora** del rendimiento del router IP tradicional, hace que la velocidad de búsqueda de ruta ya no sea un cuello de botella para el desarrollo de la red. Por lo tanto, MPLS pierde su ventaja en la velocidad de reenvío rápido.
- **Sin embargo**, aprovechando el soporte para etiquetas multicapa y un plano de reenvío orientado a la conexión, MPLS se aplica ampliamente a varios escenarios, como la **red privada virtual (VPN)**, la **ingeniería de tráfico (TE)** y la **calidad de servicio (QoS)**.



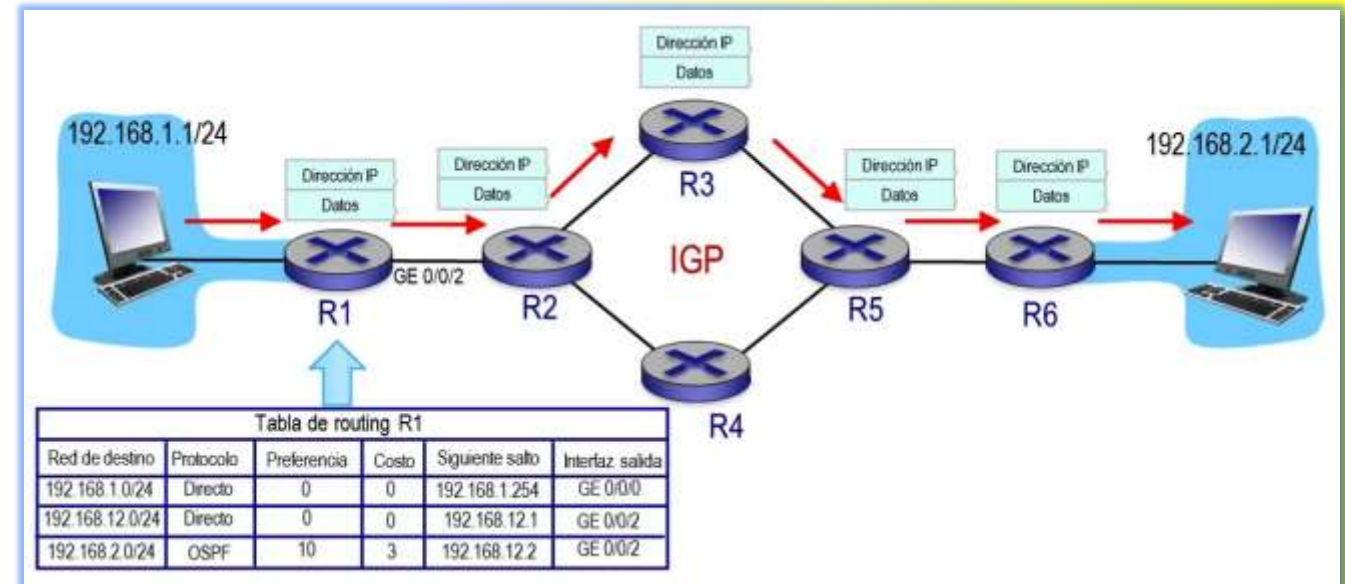
2. EL PROTOCOLO MPLS

REDES MPLS

Routing y reenvío IP tradicionales

(Huawei, 2020)

- **El reenvío IP** tradicional utiliza el reenvío salto por salto, cada vez que un paquete de datos pasa a través de un router, el router desencapsula el paquete para comprobar la información de la capa de red y busca en su tabla de routing la coincidencia más larga para guiar el reenvío de paquetes.
- **El proceso repetitivo** de desencapsulación de paquetes, búsqueda en tablas de routing y la re-encapsulación de los paquetes en el router conducen a un bajo rendimiento de reenvío.
- **Características** del routing y reenvío IP tradicional.
 - **Todos los routers** necesitan conocer las rutas de toda la red.
 - **El reenvío de IP** tradicional no está orientado a la conexión y no puede proporcionar garantía de un buena QoS de extremo a extremo.



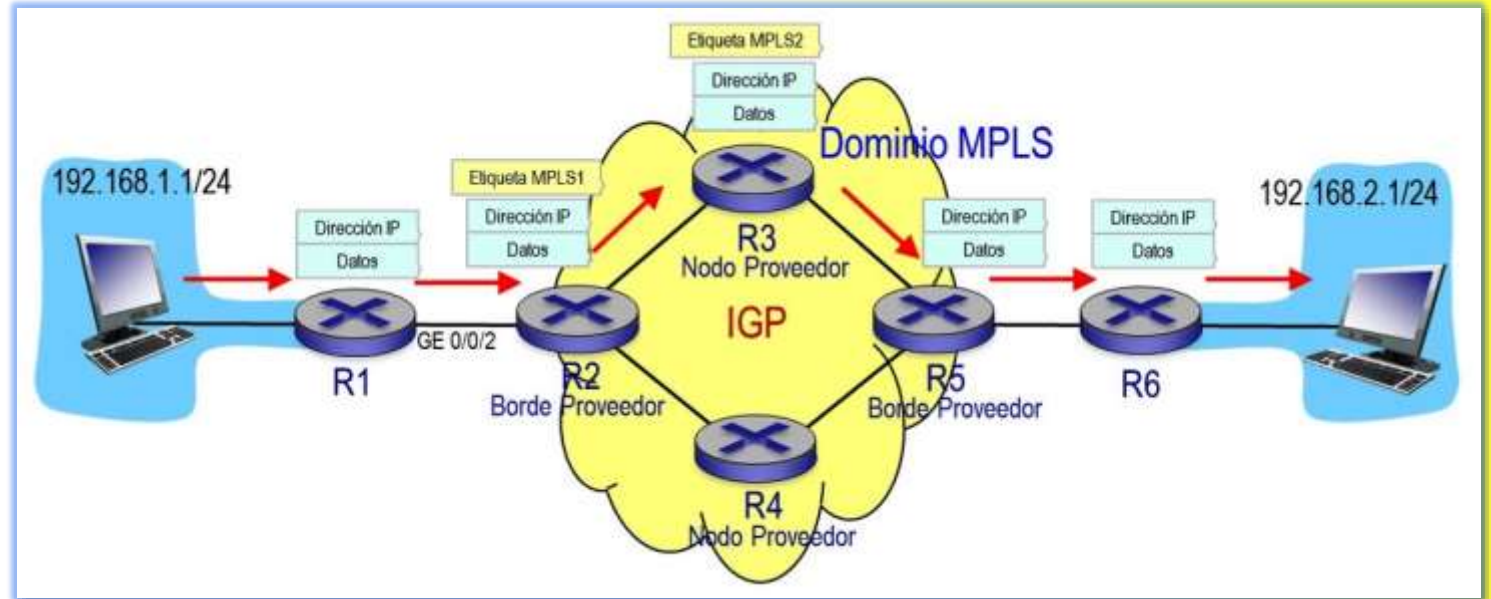
El protocolo MPLS

REDES MPLS

Reenvío basado en etiquetas MPLS

(Huawei, 2020)

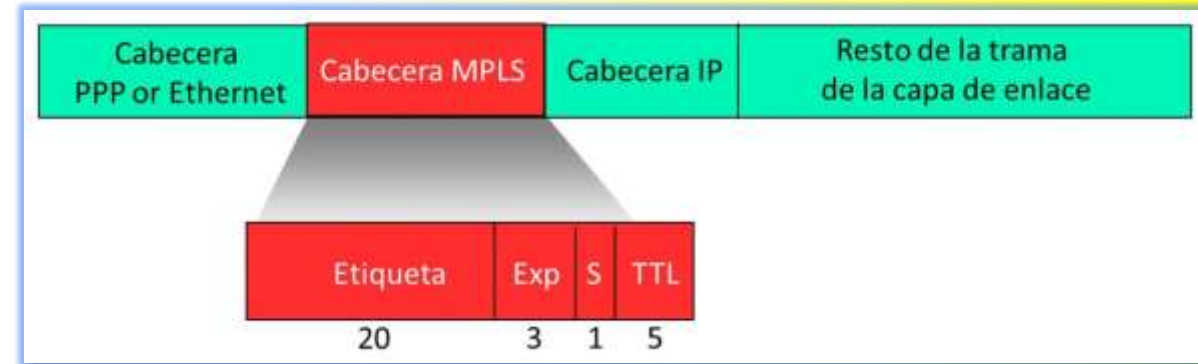
- **MPLS** se utiliza en las redes troncales IP.
- **MPLS** es una tecnología de tunelización que proporciona conmutación orientada a la conexión para la capa de red basada en el routing IP y los protocolos de control. Proporciona mejores garantías para QoS.
- **Las etiquetas MPLS**, en lugar de las rutas IP, se buscan para reenviar los paquetes, lo que mejora en gran manera la eficiencia del reenvío.
- **Las etiquetas** utilizadas en el reenvío MPLS se pueden configurar manualmente o asignar dinámicamente mediante un protocolo de distribución de etiquetas.



Formato de trama con cabecera MPLS

(Kurose, 2017)

- **Para comenzar** el estudio sobre MPLS se considera el formato de una trama de la capa de enlace gestionada por un router compatible con MPLS o simplemente router MPLS.
- **En la figura** se muestra que una trama de la capa de enlace transmitida entre dispositivos compatibles con MPLS (routers MPLS) tiene una **cabecera MPLS** pequeña, que se añade entre la cabecera de la capa 2 (por ejemplo Ethernet) y la cabecera de la capa 3 (es decir IP).
- **El documento** RFC 3032 define el formato de la cabecera MPLS para tales enlaces; en otros RFC se definen también las cabeceras para las redes ATM y Frame Relay.
- **Entre los campos** de la cabecera MPLS se encuentran:
 - ▶ **Etiqueta** (20 bits).
 - ▶ **Exp** (3 bits reservados para su uso experimental).
 - ▶ **S** (un único bit que se utiliza para indicar el final de una serie de cabeceras MPLS “apiladas”).
 - ▶ **TTL** (5 bits para un campo de tiempo de vida).



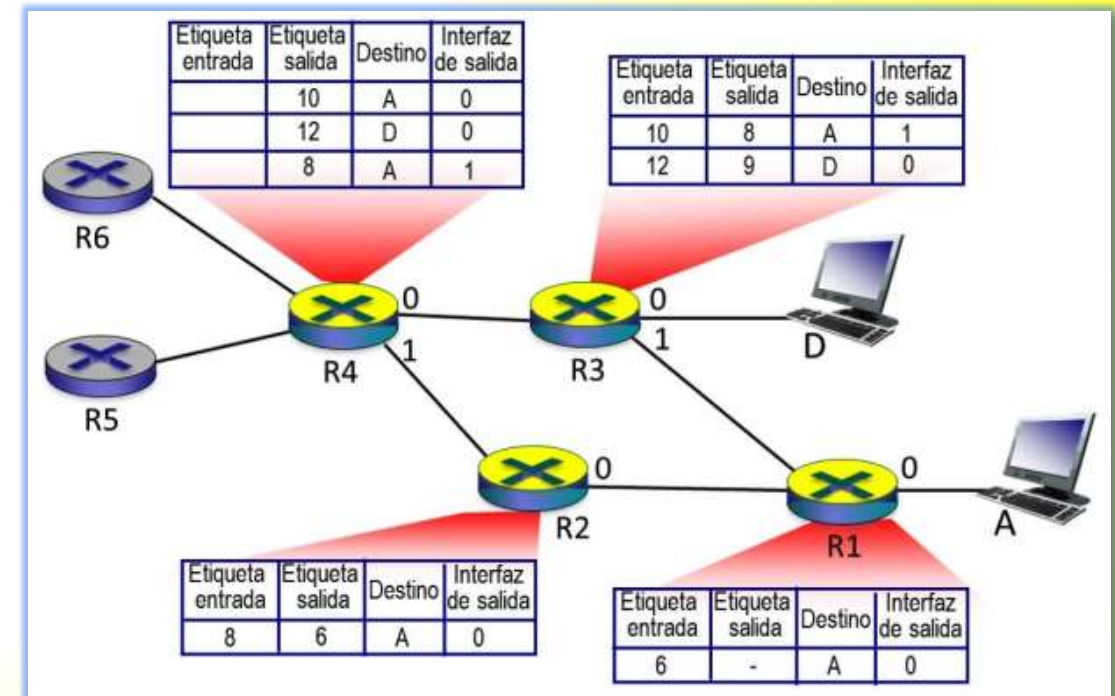
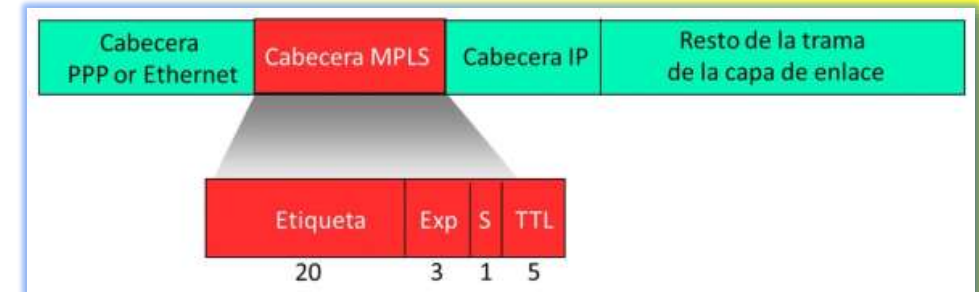
El protocolo MPLS

REDES MPLS

Routers MPLS

(Kurose, 2017)

- **Es evidente** que una **trama MPLS** solo se puede intercambiar entre **routers MPLS** (dado que un router no compatible se quedará bastante confundido al encontrar una cabecera MPLS donde espera encontrar la cabecera IP).
- **Los routers MPLS** se suelen denominar routers de switching de etiquetas LSR, ya que envían las tramas MPLS buscando la etiqueta MPLS en su tabla de switching pasando inmediatamente el datagrama a la interfaz de salida apropiada.
- **Por tanto**, el routers MPLS no necesita extraer la dirección IP de destino y realizar una búsqueda del prefijo con la coincidencia más larga dentro de la tabla de reenvío.
- **Pero**, ¿cómo sabe un router si su vecino es compatible MPLS y cómo sabe qué etiqueta asociar con la dirección IP de destino indicada? Para responder a esta pregunta se necesita examinar la interacción entre un grupo de routers compatibles con MPLS.



¿Qué especifica el protocolo MPLS?

- **El protocolo** que se utiliza para **distribuir las etiquetas** entre los routers MPLS, especifica:
 - ► **Cómo calcula MPLS** en la práctica las rutas para los paquetes entre routers MPLS.
 - ► **Cómo recopila** la información del estado de los enlaces (por ejemplo, la cantidad de ancho de banda del enlace no reservada por MPLS) que hay que utilizar en estos cálculos de rutas
- **Los algoritmos de routing** existentes basados en el estado de los enlaces (por ejemplo OSPF) han sido **ampliados** para inundar con estas informaciones los routers MPLS. Merece la pena resaltar que los propios algoritmos de cálculo de las rutas no están estandarizados, siendo actualmente específicos del fabricante.
- **Hasta ahora**, el énfasis del estudio sobre MPLS se ha centrado en el hecho de que MPLS realiza el **switching basándose en etiquetas**, sin necesidad de considerar la dirección IP de un paquete. Las verdaderas ventajas de MPLS y la razón del interés en este tipo de tecnología radica, sin embargo, no en los potenciales aumentos de las velocidades de conmutación, sino mas bien en las nuevas capacidades de **gestión del trafico** que MPLS posibilita.

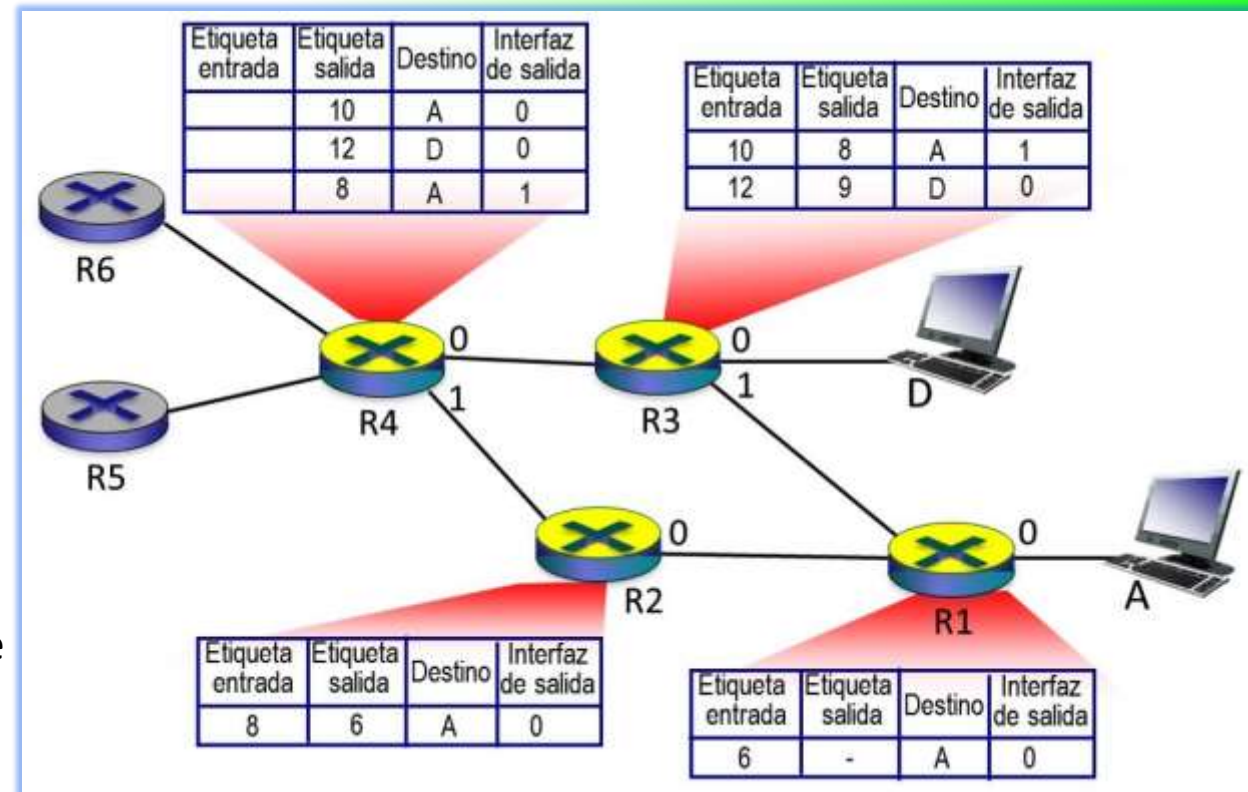
3. RED DE ROUTERS MPLS

REDES MPLS

Switching MPLS

(Kurose, 2017)

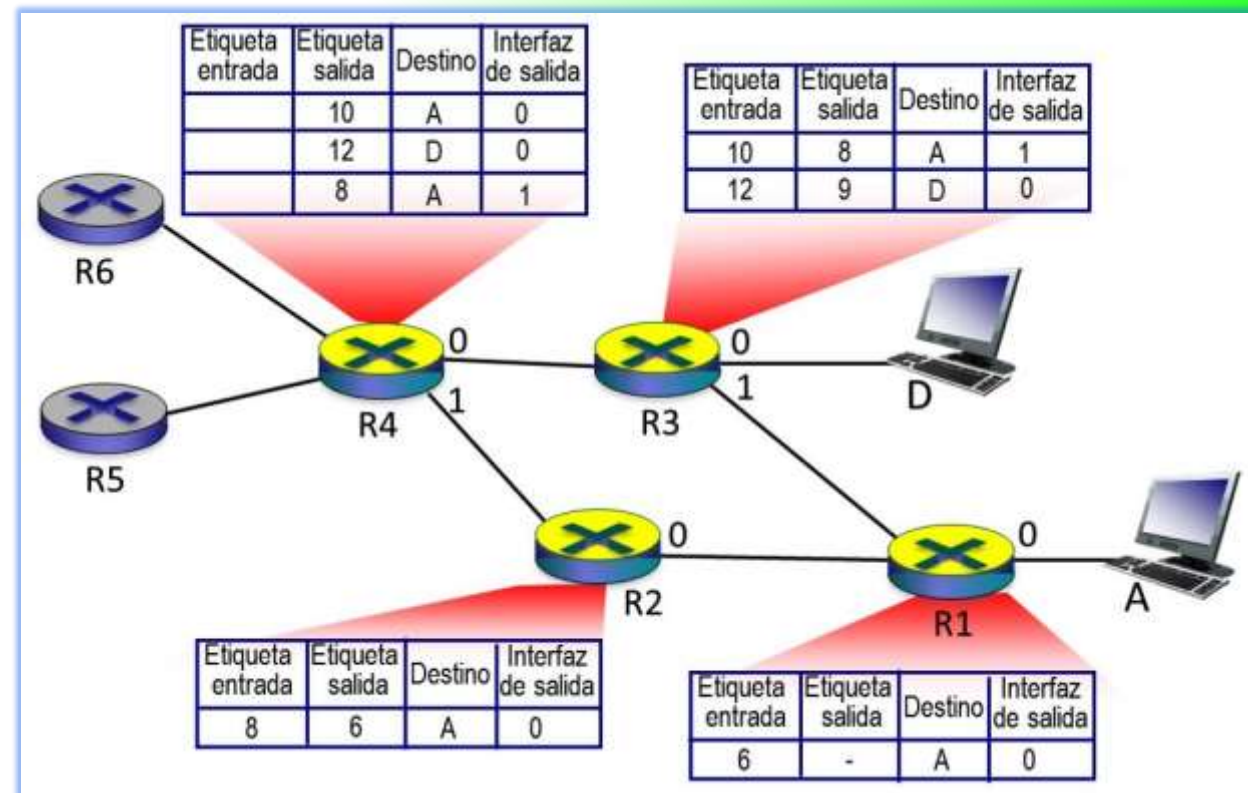
- ▶ **Ejemplo 1.** En la figura, los routers R1 a R4 son compatibles con MPLS. Los routers R5 y R6 son routers IP estándar.
- ▶ R1 ha anunciado a R2 y R3 que él (R1) puede enrutar hacia el destino A y que una trama recibida con una etiqueta MPLS igual a 6 será reenviada al destino A.
- ▶ El router R3 ha anunciado al router R4 que puede realizar el enrutamiento hacia los destinos A y D, y que las tramas entrante con etiquetas MPLS de valor 10 y 12, respectivamente, serán switcheadas hacia esos destinos.
- ▶ El router R2 también ha anunciado al router R4 que puede alcanzar el destino A y que una trama recibida con la etiqueta MPLS de valor 8 será switchheada hacia A.



Switching MPLS (cont.)

(Kurose, 2017)

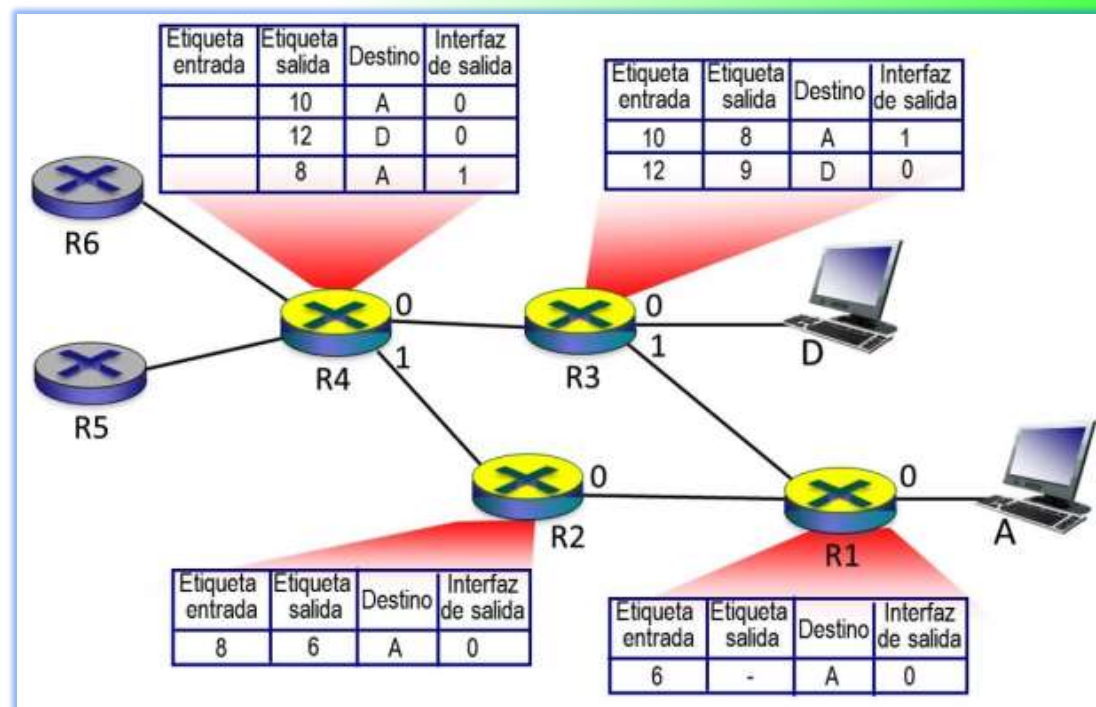
- **Observe** que ahora el router R4 se encuentra en la interesante situación de tener dos rutas MPLS para llegar a A: a través de la interfaz 0 con etiqueta MPLS saliente igual a 10, y a través de la interfaz 1 con etiqueta MPLS igual a 8.
- El **cuadro general** de la estructura de red mostrada en la figura es que los dispositivos IP R5, R6, A y D están interconectados a través de una infraestructura MPLS (los routers MPLS R1, R2, R3 Y R4) de forma muy similar a como pueden conectarse entre si diversos dispositivos IP mediante una red ATM o una LAN conmutada.
- Y al igual** que sucede con una red ATM o una LAN conmutada, los **routers MPLS** R1 a R4 se encargan de realizar ese switching sin ni siquiera tocar la cabecera IP de los paquetes.



Ingeniería de tráfico con MPLS

(Kurose, 2017)

- **Ejemplo 2.** En el ejemplo de la figura, R4 dispone de dos rutas MPLS hacia A. Si el **reenvío** se realizara en la capa de red basándose en la dirección IP, los protocolos de routing IP especificarían solamente una única ruta de costo mínimo hacia A.
- **Sin embargo**, MPLS proporciona la capacidad de reenviar paquetes a través de rutas que no serían posibles utilizando los protocolos de routing IP.
- **Este es un tipo** simple de **Ingeniería de tráfico** utilizando MPLS, mediante el cual un operador de red puede anular el routing normal y forzar a que parte del tráfico hacia un cierto destino tome una determinada ruta, mientras que el resto del tráfico dirigido a ese mismo destino sigue una ruta distinta por razones de política, de rendimiento o de algún otro tipo.



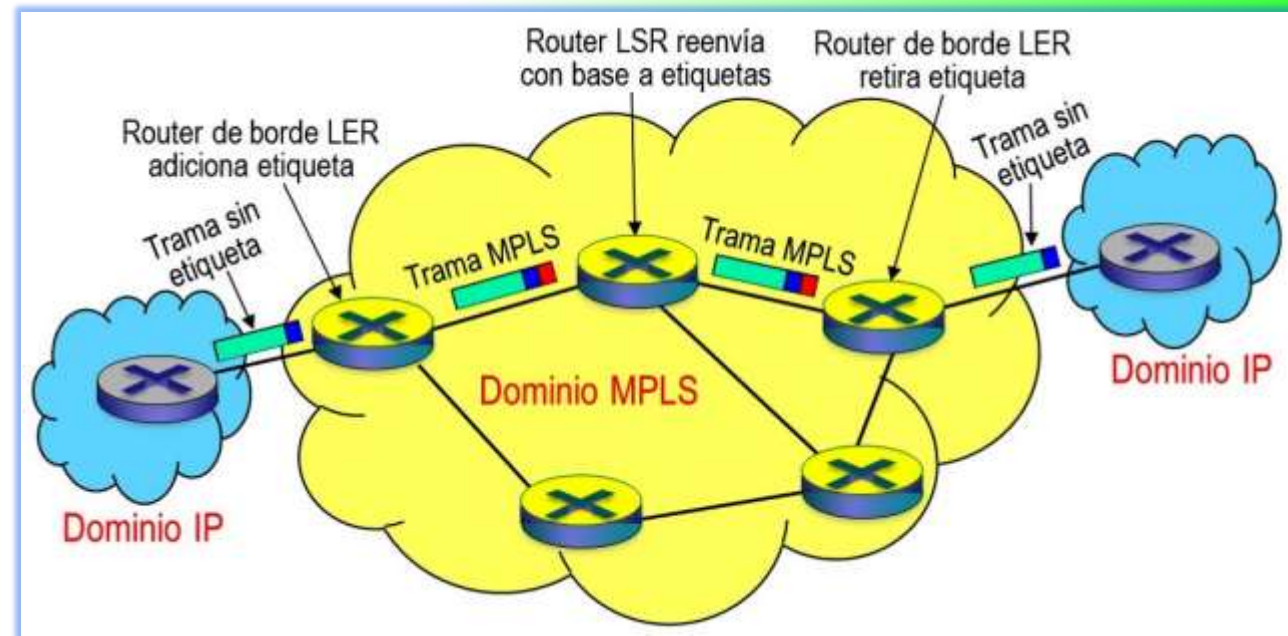
Red de routers MPLS

REDES MPLS

VPN sobre MPLS

(Kurose, 2017)

- **También se puede** utilizar MPLS para muchos otros propósitos, aparte de la **ingeniería de tráfico**.
- **Puede emplearse** para llevar cabo una **restauración rápida** de las rutas de reenvío de MPLS, por ejemplo, para volver a enrutar el tráfico a través de una ruta de reserva precalculada como respuesta a una falla de un enlace.
- **Por último**, se puede decir que MPLS puede utilizarse para implementar las denominadas **redes privadas virtuales VPN**.
- **Al implementar una VPN** para un cliente, un ISP utiliza su red compatible con MPLS para conectar entre sí las diversas redes del cliente.
- **MPLS** puede emplearse para aislar tanto los recursos como el direccionamiento empleados por la **VPN del cliente** con respecto a los de otros usuarios que también tenga que atravesar la red de ISP.



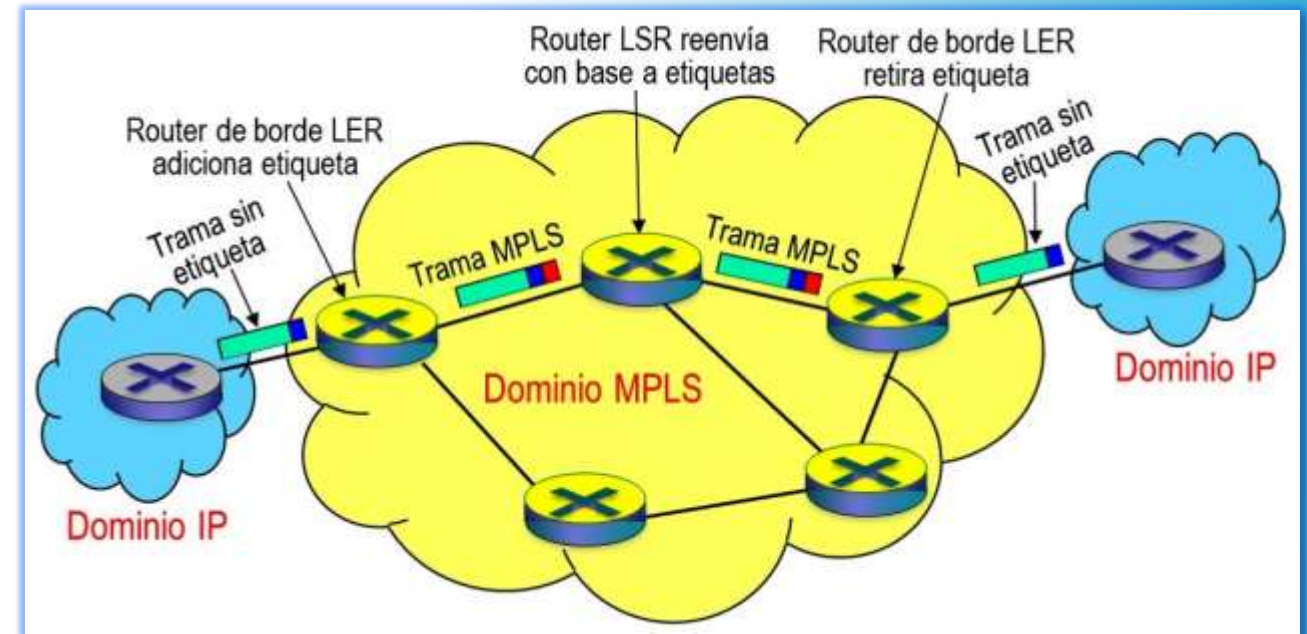
4. RESUMEN MPLS

REDES MPLS

Resumen de MPLS

(Huawei, 2020)

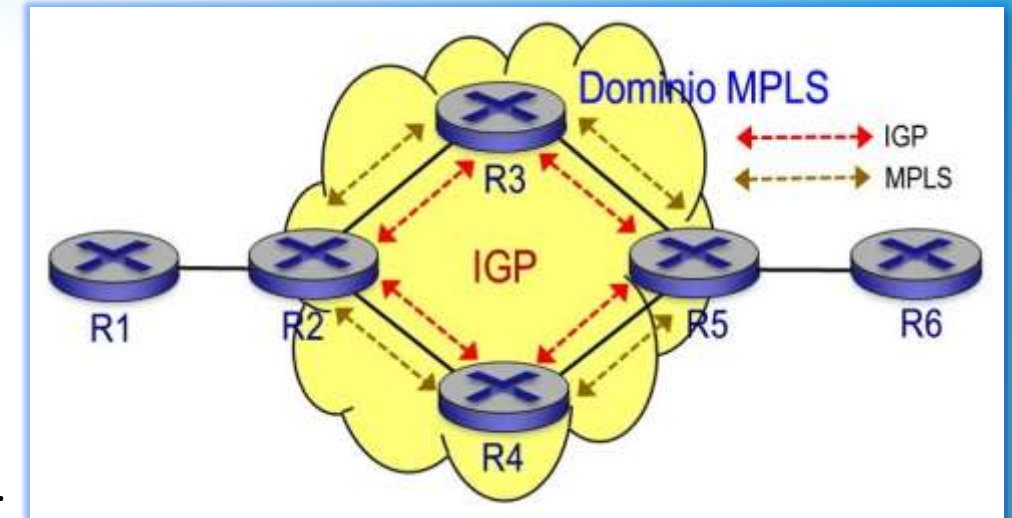
- **El MPLS**, Switching de Etiquetas Multiprotocolo, por tanto, es una tecnología WAN de alto rendimiento multiprotocolo que dirige los datos desde un router MPLS al siguiente.
- **MPLS** se basa en **etiquetas de ruta cortas** en lugar de direcciones de red IP.
- **Se llama multiprotocolo** porque tiene la capacidad de transportar cualquier contenido, incluido tráfico IPv4, IPv6, Ethernet, ATM, DSL y Frame Relay.
- **Usa etiquetas** que le indican al router MPLS qué hacer con un paquete.



Problemas de reenvío MPLS

(Huawei, 2020)

- **Las etiquetas MPLS** se pueden distribuir estática y dinámicamente. Ambos modos presentan ciertos problemas.
 - ▶ **La distribución estática** de etiquetas requiere una configuración manual. A medida que se expande la escala de la red, las topologías de red son propensas a cambiar. La configuración de etiquetas estáticas no puede satisfacer los requisitos de la redes en gran escala.
 - ▶ **La distribución dinámica** de etiquetas cuenta con algunos protocolos de distribución de etiquetas que no tienen la capacidad de cálculo de ruta de acceso y necesitan usar protocolos de routing IP interno (IGP) para calcular rutas de acceso. Además los planos de control de estos protocolos son complejos y requieren que los dispositivos envíen un gran número de mensajes para mantener el estado del mismo nivel y de la ruta de acceso, desperdiciando el ancho de banda del vínculo y los recursos del dispositivo.
 - **Por otro lado**, a pesar de admitir ingeniería de tráfico, algunos protocolos de distribución de etiquetas requieren configuraciones complejas y no admiten el equilibrio de carga. Los dispositivos tiene que enviar un gran número de paquetes de protocolo para mantener las trayectorias apropiadas. Como los dispositivos son independiente y conocen solamente su propio estatus, necesitan intercambiar los paquetes de señalización que también desperdician el ancho de banda.



Referencias bibliográficas

REDES WAN

Referencias bibliográficas

- Blake, Roy (2012). *Electronic Communication Systems*. Cengage, India: Thomson
- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 9 de:
Redes WAN

Edison Coimbra G.