

Máster en Ingeniería Informática

Redes de Nueva Generación

Profesor:

Dr. Juan Carlos Fabero Jiménez (UCM)



MPLS



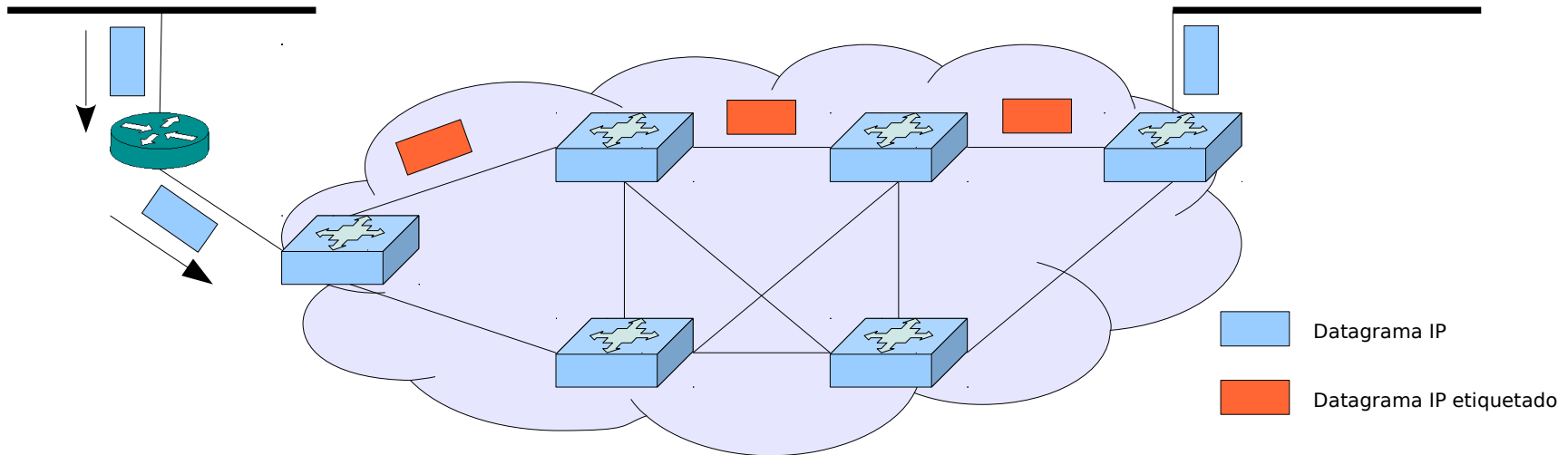
Introducción

Motivación

- **IP sólo ofrece un servicio no orientado a conexión.**
 - Cada encaminador toma las decisiones de encaminamiento para cada paquete, en función de la dirección destino.
 - Resulta difícil implantar criterios de calidad de servicio (QoS).
 - Se debe procesar la cabecera IP completa.
 - Sobrecarga considerable (menor para IPv6).
 - Estas tareas las realizan todos los encaminadores de la red, y de manera independiente.
 - La elección de la ruta se hace según “el prefijo más largo”, es decir, se elige la ruta más específica hacia el destino.
 - Difícil de implementar en hardware.
 - En software, requiere muchos accesos a memoria para encaminar un solo datagrama.

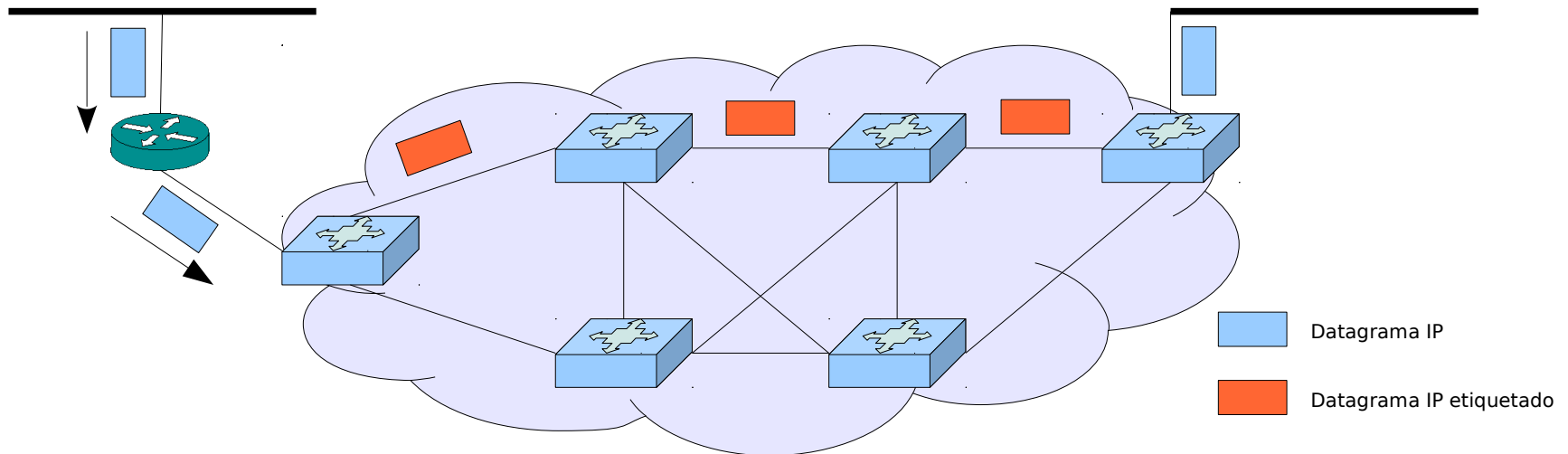
Multiprotocol Label Switching (RFC3031)

- Una red MPLS se compone de nodos LSR (Label Switching Routers)
- Cuando un paquete ingresa en el dominio MPLS, es clasificado en una FEC (Forwarding Equivalence Class).
- A cada FEC se le asocia una etiqueta.
- El encaminamiento se realiza según la etiqueta.



Multiprotocol Label Switching

- Cada FEC se define en función de la caracterización del tráfico que define a ese flujo.
- La asociación con la FEC se realiza sólo en el LSR de ingreso al dominio MPLS (LER, Label Edge Router).
- Las etiquetas tienen significado sólo local.



Multiprotocol Label Switching

■ Previo al reenvío:

- Debe establecerse la ruta LSP (Label Switching Path).
 - Especificar los parámetros QoS a lo largo de la ruta:
 - Recursos asignados al flujo.
 - Política de colas y de descartes.
 - Información de encaminamiento hacia el destino.
 - Mediante OSPF e iBGP.
 - Distribución de las etiquetas a lo largo de la LSP.
 - Mediante el protocolo LDP (Label Distribution Protocol, RFC5036).
 - Mediante una versión mejorada de RSVP.
- Cuando ingresa un datagrama IP en el dominio MPLS:
 - Se examinan sus requisitos QoS y se asocia con una FEC (y, por tanto, con una LSP).
 - Si la LSP no existe todavía, el LSR coopera con otros LSR para crearla.
 - Se añade al datagrama la etiqueta correspondiente con la FEC.

Multiprotocol Label Switching

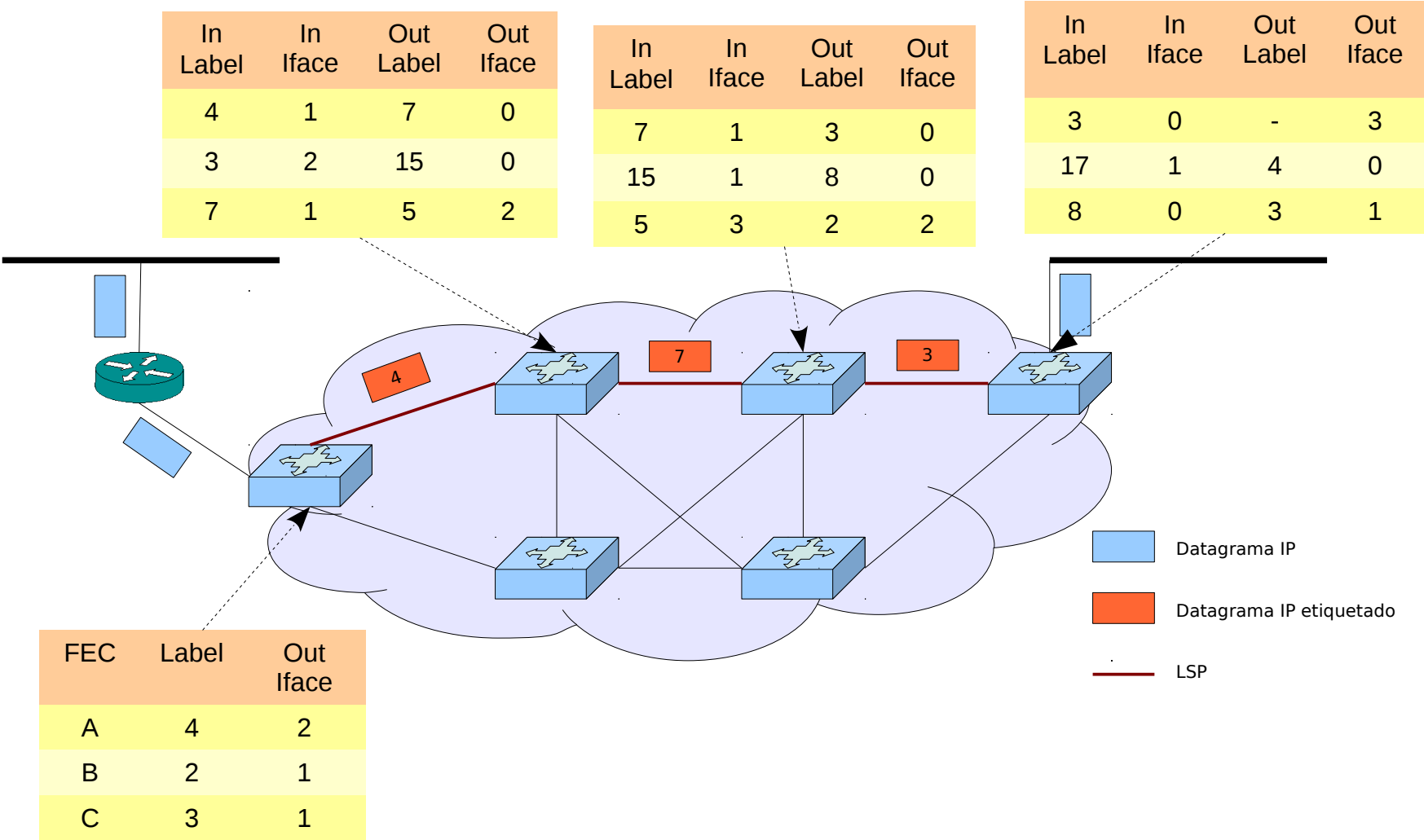
■ Durante el Reenvío:

- Cada LSR examina la etiqueta entrante.
 - Retira la etiqueta entrante.
 - Incorpora la etiqueta saliente.
 - Reenvía el datagrama al siguiente LSR dentro de la LSP.

■ Al salir del dominio MPLS:

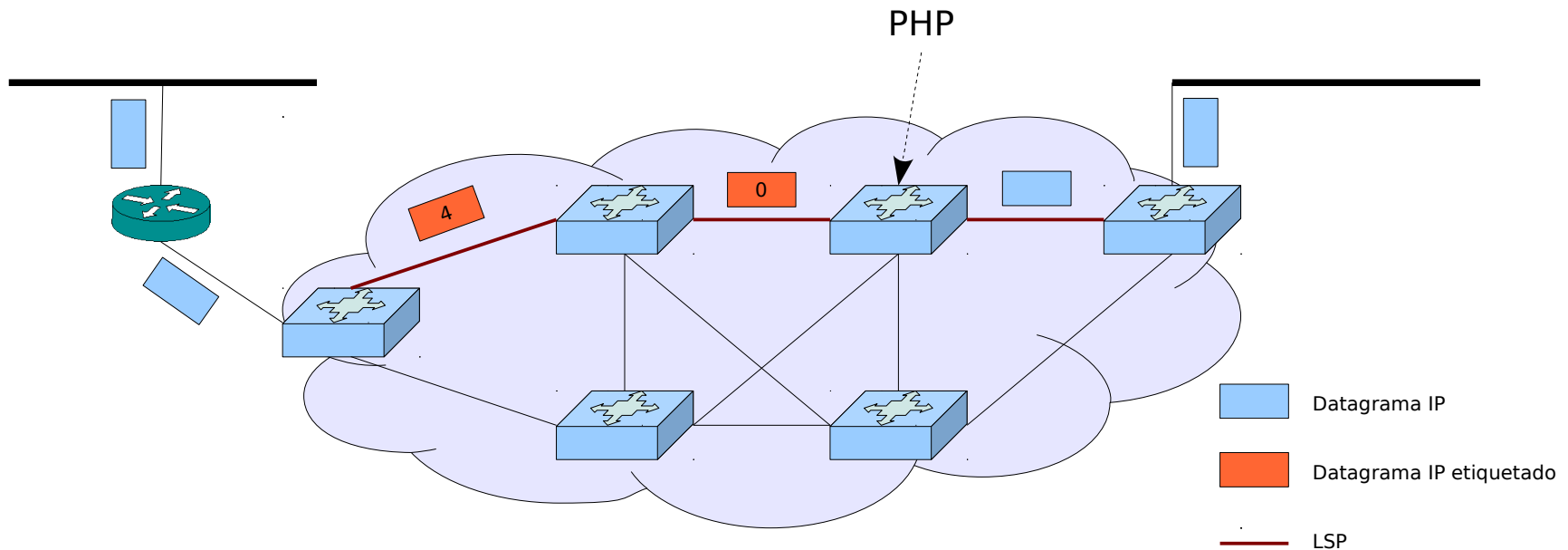
- El LSR saliente elimina la etiqueta y reenvía el datagrama IP sin etiquetar.

Multiprotocol Label Switching



Penultimate Hop Popping

- **El LSR anterior al LER de salida elimina la etiqueta MPLS.**
 - Reenvía el datagrama IP sin etiquetar.
 - El LER encamina el datagrama IP.
 - Evita tener que procesar dos veces el datagrama en el LER.



MPLS

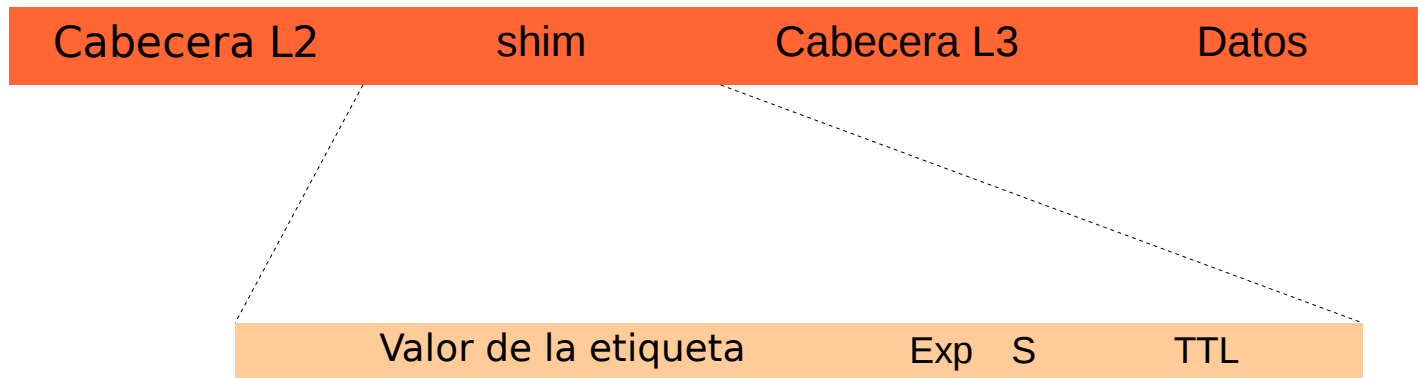


Etiquetas MPLS

Formato

■ Una etiqueta MPLS tiene 32 bits:

- Valor de la etiqueta (20 bits).
- Exp: uso experimental (3 bits). A partir del RFC 5462, Traffic Class.
- S: 1 para la etiqueta más antigua, 0 para las demás (apilado de etiquetas)
- TTL: tiempo de vida (8 bits)



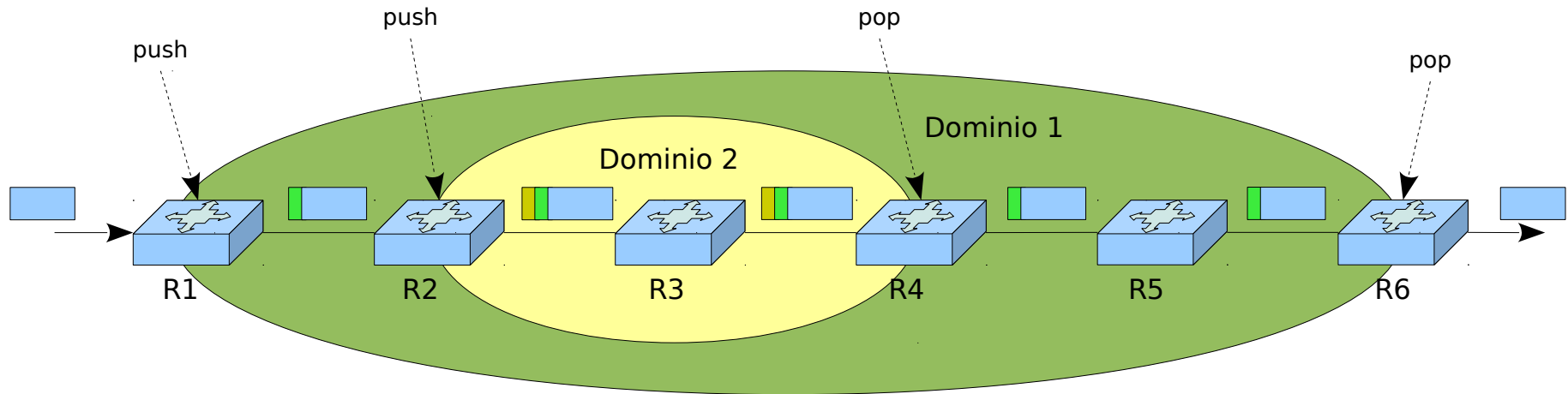
Tiempo de vida

- **Los encaminadores LSR no examinan la cabecera IP.**
 - No modifican el campo TTL/Hop Limit.
- **Cuando un datagrama ingresa en el dominio MPLS:**
 - Se añade la etiqueta MPLS de acuerdo a su FEC y se copia el campo TTL/Hop Limit de IP en el campo TTL de MPLS.
- **En cada reenvío:**
 - Se decrementa el campo TTL de la etiqueta.
 - Si TTL llega a 0, el paquete se descarta.
 - Si TTL es positivo, se reenvía el paquete al siguiente LSR.
- **Cuando el paquete sale del dominio MPLS:**
 - Se decrementa el TTL de la etiqueta.
 - Si TTL llega a 0, el paquete se descarta.
 - Si TTL es positivo, se elimina la etiqueta, se copia el valor en el campo TTL/Hop Limit y se reenvía el datagrama sin etiquetar.

Apilado de etiquetas

■ MPLS permite apilar etiquetas.

- Un LSR puede añadir una etiqueta (push) aparte de la etiqueta ya existente, o eliminar una etiqueta (pop) de la pila.
- Se pueden crear túneles (dominios MPLS dentro de dominios MPLS).

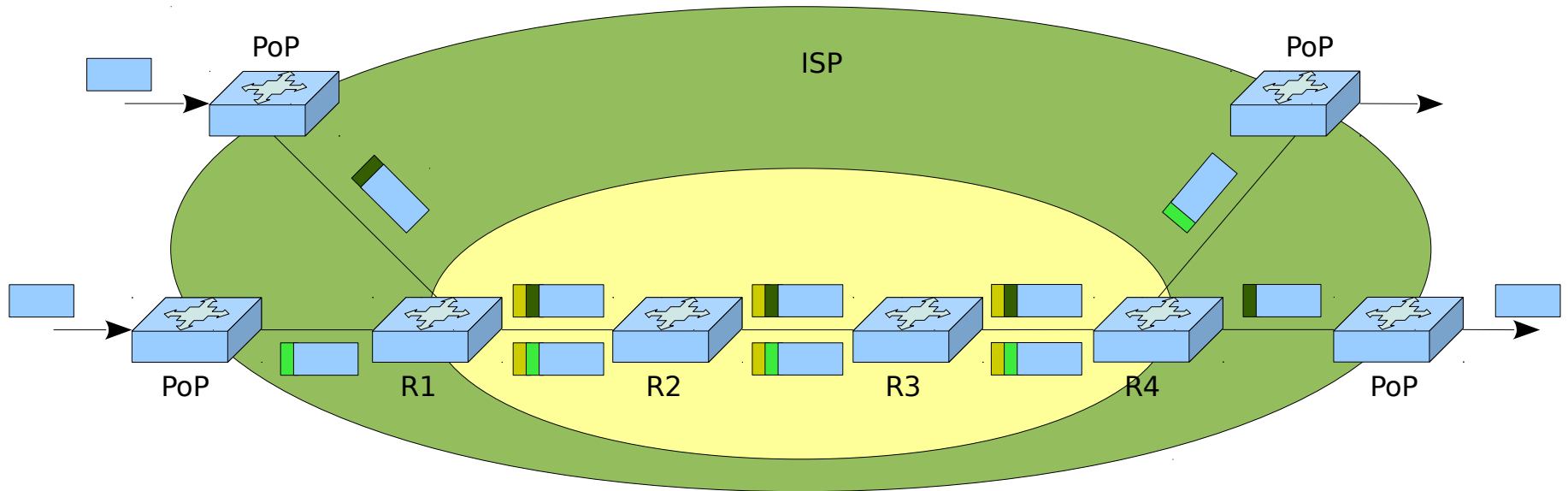


- R1 añade la etiqueta D1 acordada con R2
- R2 cambia la etiqueta D1 a la acordada con R4
- R2 añade la etiqueta D2 acordada con R3
- R3 cambia la etiqueta D2 a la acordada con R4
- R4 extrae la etiqueta D2
- R4 cambia la etiqueta D1 a la acordada con R5
- R5 cambia la etiqueta D1 a la acordada con R6
- R6 extrae la etiqueta D1




- Datagrama sin etiquetar
- Etiqueta D1
- Etiqueta D2

Apilado de etiquetas

■ Uso por parte de los ISP

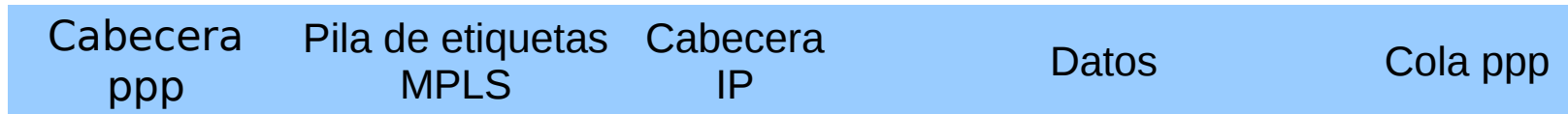


Se facilita el encaminamiento a través de una infraestructura común entre varios PoP (Point of Presence)

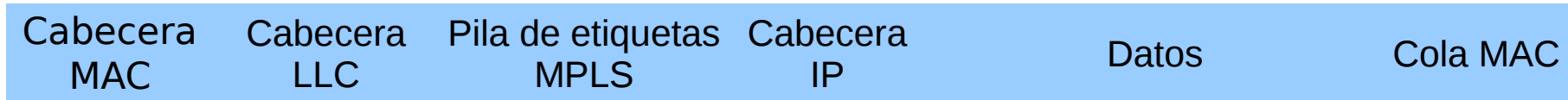
-  Datagrama sin etiquetar
-  Etiqueta D1
-  Etiqueta D2

Encapsulado MPLS

- **Las etiquetas MPLS se sitúan entre las cabeceras de enlace y de red.**
 - Nivel OSI “2.5”




Protocol=0x0281 (Unicast MPLS), 0x0283 (Multicast MPLS)



Type=0x8847 (Unicast MPLS), 0x8848 (Multicast MPLS)

MPLS



Ingeniería del Tráfico

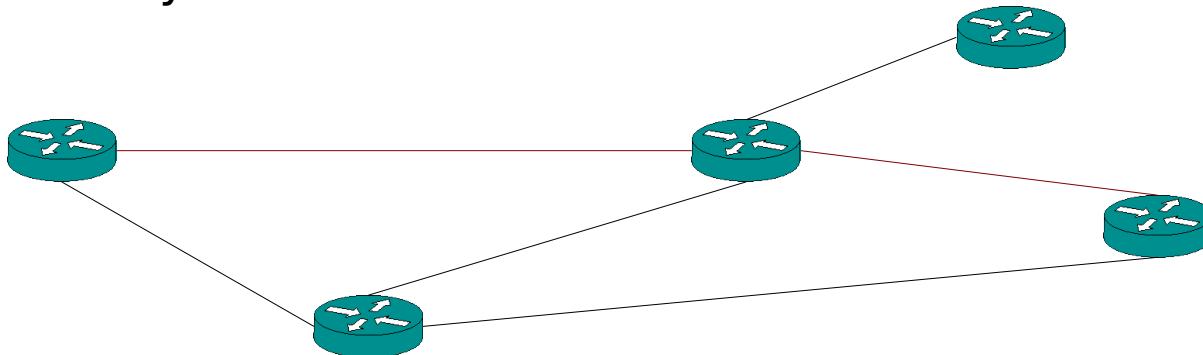
Ingeniería del tráfico

■ Consiste en:

- Definir rutas dinámicamente.
- Planificar entregas de tráfico según la demanda actual.
- Optimizar la utilización de la red.

■ Problema:

- Los algoritmos tradicionales de encaminamiento, como OSPF, sólo realizan de manera eficiente la primera de las tareas.
 - Los datagramas siguen siempre la misma ruta entre el origen y el destino, aunque esa ruta puede cambiar en caso de congestión.
 - No se distingue entre paquetes pertenecientes a distintos flujos de datos y con distintas necesidades.

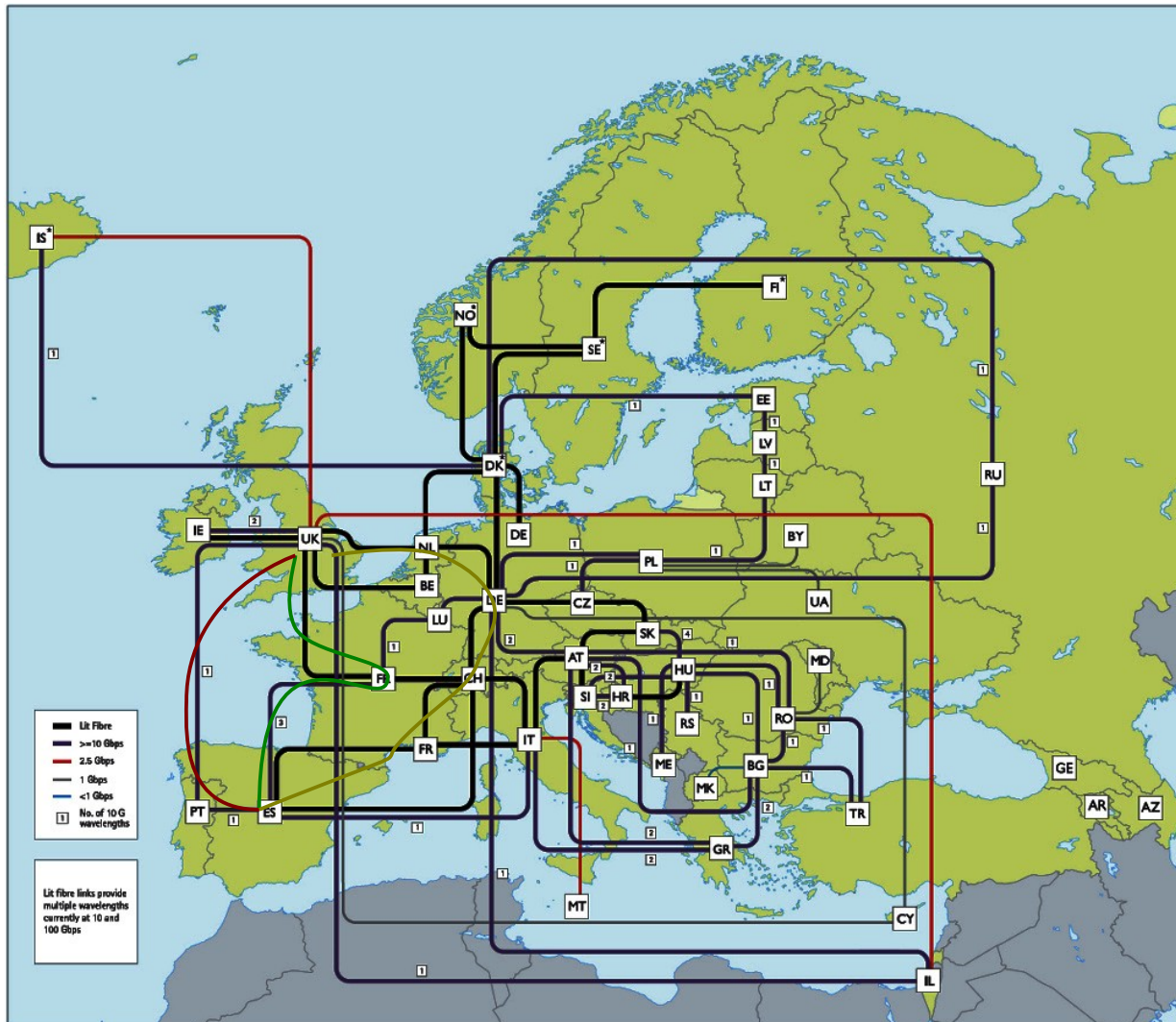


■ Solución MPLS:

- La LSP se establece según los requisitos del flujo:
 - Origen y destino.
 - Ancho de banda requerido.
 - Máxima latencia permitida.
 - ...
- La LSP se asocia con una FEC en el LER de ingreso.
- Se puede ver la LSP como un túnel entre el LER de ingreso y el de salida.
- Los protocolos de señalización se encargan de establecer la LSP.
 - LDP
 - RSVP-TE

Ingeniería del tráfico

■ ¿Cómo encaminar de Madrid a Londres?



Ingeniería del tráfico

■ Desde el punto de vista de MPLS:

- Cada LSP requiere un ancho de banda determinado.
- Se utiliza RSVP-TE para hacer un encaminamiento basado en restricciones.
 - Se elige el camino más corto que permite albergar el ancho de banda requerido por la LSP.
 - Si existe el camino, se distribuyen las etiquetas (señalización) para crear la LSP.
 - Se resta el ancho de banda de la LSP del ancho de banda disponible en los enlaces.
 - Una LSP posterior puede prohibirse por no disponer de ancho de banda suficiente.
 - Aunque, idealmente, será redirigida a través de un camino alternativo.
- Se pueden establecer prioridades entre las LSP, de manera que una LSP posterior más prioritaria podría “expropiar” a una LSP ya existente pero de menor prioridad.
 - La LSP expropiada debería ser redirigida por otro camino.

Ingeniería del tráfico

■ Problema:

- Cálculo del ancho de banda necesario.
 - Las redes IP son, por definición, de conmutación de paquetes.
 - El ancho de banda puede variar de manera drástica e impredecible.

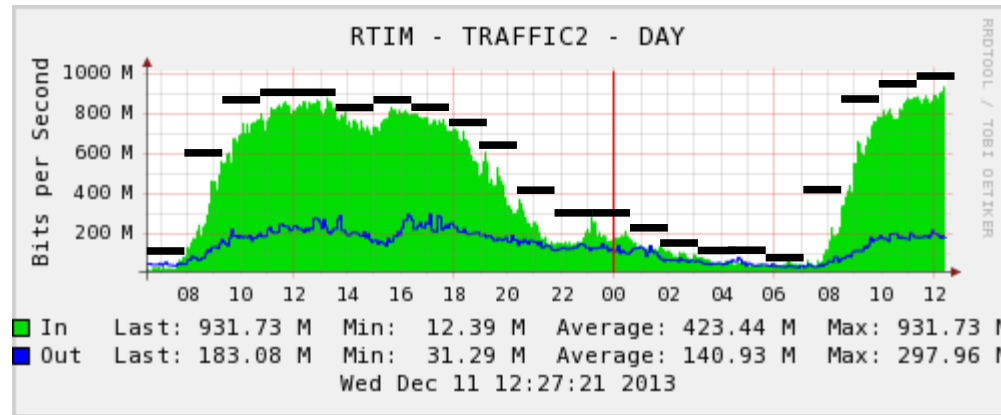
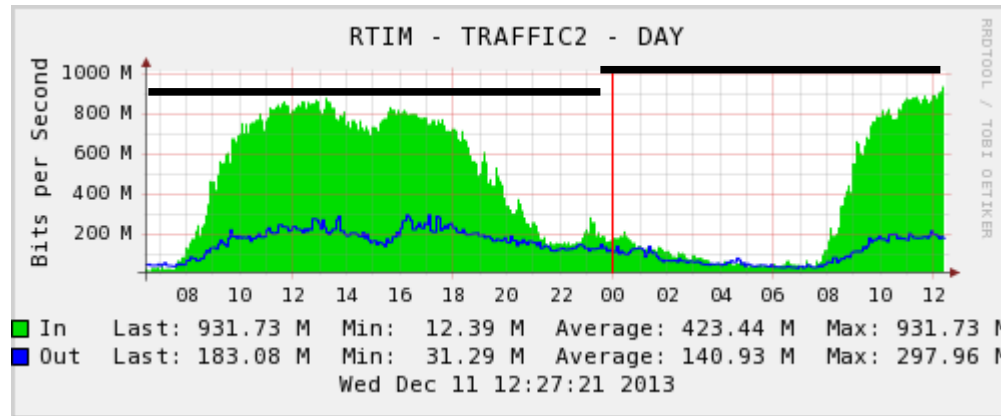
■ Soluciones:

- Predicción basada en modelos.
 - Es el primer mecanismo que se implantó.
 - Suele requerir el uso de herramientas de terceros.
- Medición en tiempo real.
 - El LSR mide el flujo de datos a través de la LSP.
 - Periódicamente se actualiza la reserva RSVP con los datos de ancho de banda real medidos por el LSR.

Ingeniería del tráfico

■ Medición en tiempo real.

- ¿Cada cuánto tiempo se actualiza el ancho de banda?



MPLS



Ajuste dinámico del ancho de banda

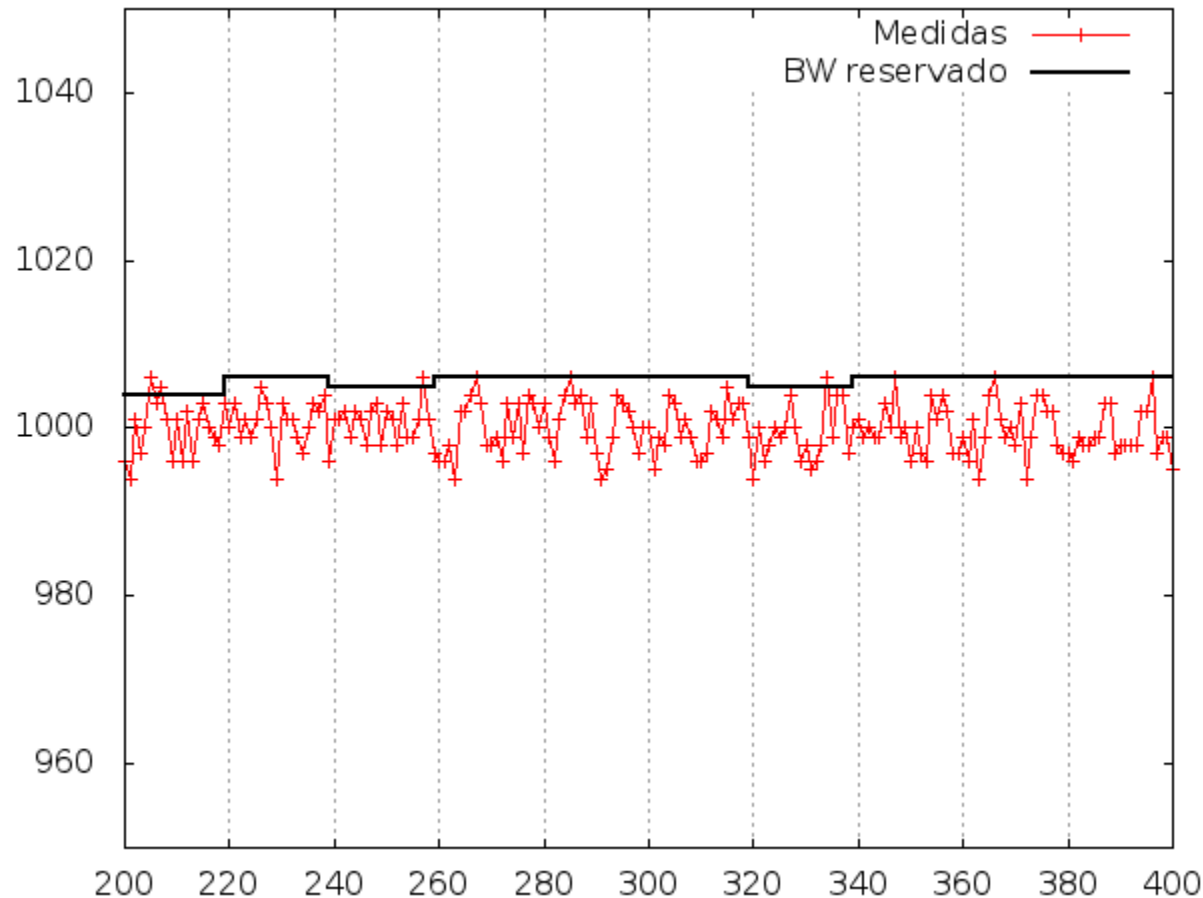
Ajuste dinámico del BW

- **El ajuste dinámico del ancho de banda sigue un algoritmo sencillo:**
 - Se toman muestras del ancho de banda requerido cada cierto intervalo de muestreo (p.e. cada 120 s)
 - Cada cierto tiempo (p.e. cada 600 s), se calcula el ancho de banda de la LSP como la máxima de entre las muestras del intervalo de actualización.
 - Si la diferencia entre el valor medido y el actual supera cierto umbral, se señala el nuevo ancho de banda para la LSP.

Ajuste dinámico del BW

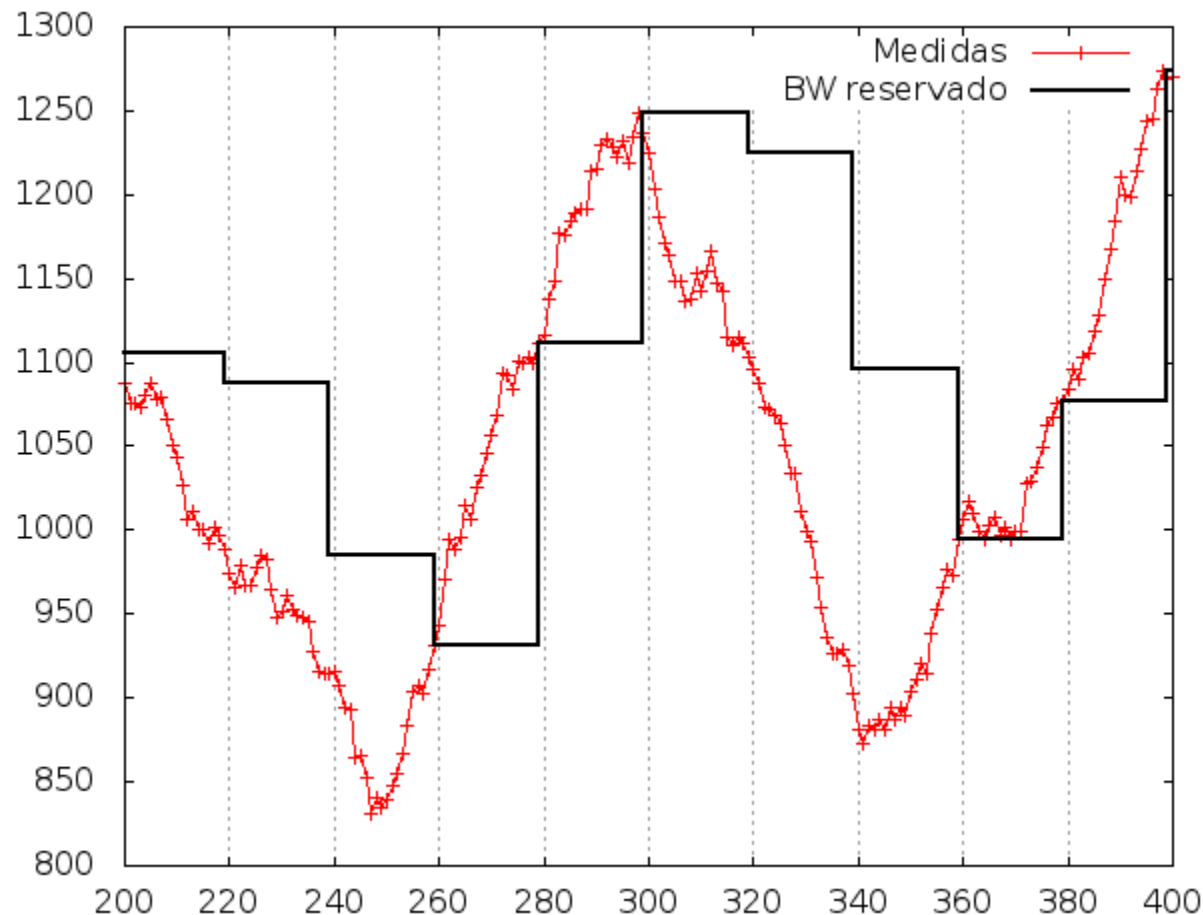
■ Medición en tiempo real.

- ¿Cuándo funciona bien?



Ajuste dinámico del BW

- **Medición en tiempo real.**
 - ¿Cuándo no funciona bien?



Ajuste dinámico del BW

■ Overflow

- Cuando un número de muestras ha superado el BW reservado, se actualiza el BW antes del intervalo de ajuste.
- Así se puede responder a situación de aumento repentino del ancho de banda necesario.
 - Por picos de tráfico en el flujo.
 - Por situaciones de aumento de tráfico por fallo de otros enlaces.
- Casi todos los fabricantes incorporan la detección de la situación de overflow.

Ajuste dinámico del BW

■ Underflow

- Se produce cuando el tráfico disminuye de manera brusca.
- Puede ser debido a diversas causas:
 - Variación en el flujo.
 - Durante la recuperación ante un fallo (make-before-break).
- No todos los dispositivos incorporan detección de underflow.

■ Make-before-break

- Cuando se va a cambiar una LSP, primero se señala la nueva antes de desmantelar la antigua.
 - Es necesario reservar ancho de banda para ambas simultáneamente, de manera temporal.
 - Cuando no se detecta el underflow, puede que no haya recursos suficientes en la red.

MPLS



Fast Reroute

Fast Reroute

- **Cuando se produce un cambio en la topología por fallo, es necesario buscar rutas alternativas.**
 - OSPF realiza una inundación controlada de LSA, y aplica el algoritmo SPF sobre la nueva topología.
 - BGP elimina las rutas que utilizaban el enlace fallido y espera a recibir nuevos anuncios por otros enlaces, o utiliza los recibidos anteriormente.
 - En ambos casos, la recuperación puede tardar desde unos cuantos segundos a varios minutos.
 - Mientras tanto, el tráfico se ve interrumpido o, al menos, seriamente afectado.
 - Pueden aparecer temporalmente bucles de encaminamiento.
 - MPLS, en cambio:
 - Calcula alternativas antes de que ocurra el fallo.
 - Esas alternativas se almacenan en la FIB, en espera de ser activadas.
 - Cuando se produce el fallo, la recuperación se hace en ms.

Fast Reroute

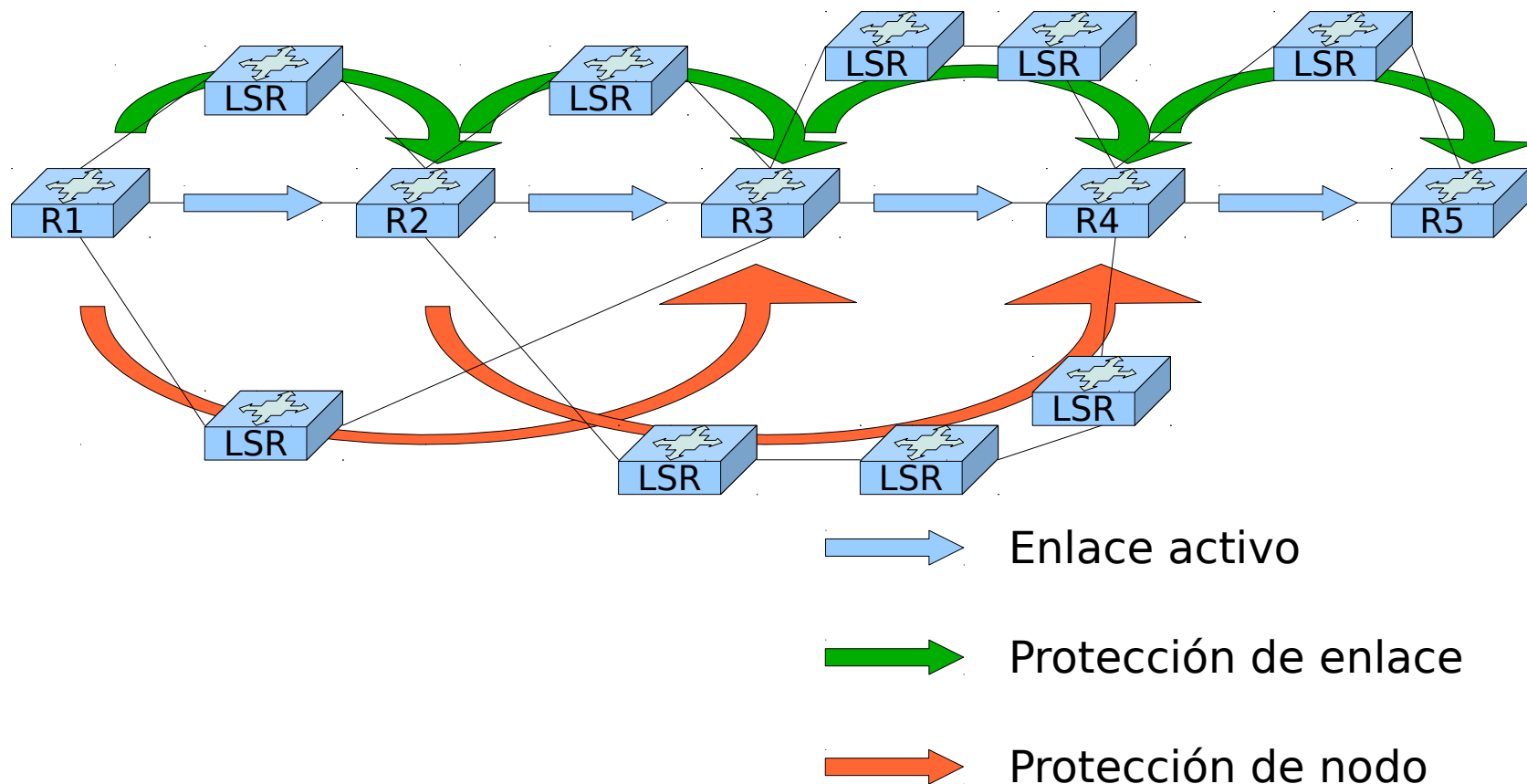
■ Protección:

- Qué tipos de fallos:
 - Frente a fallos en enlaces.
 - Se crea una LSP alternativa para cada enlace.
 - Frente a fallos en nodos.
 - Se crea una LSP alternativa entre nodos.
- Qué se hace con las LSP:
 - Uno a uno
 - Se crea una LSP alternativa para cada LSP activa.
 - La profundidad de etiquetas no aumenta.
 - Mucha sobrecarga.
 - Muchos a uno
 - Se crea una LSP alternativa para englobar varias LSP activas.
 - Aumenta en uno la profundidad de etiquetas.
 - Menos sobrecarga.

Fast Reroute

■ Protección de enlace y de nodo

- La LSP activa pasa por R1, R2, R3, R4 y R5.



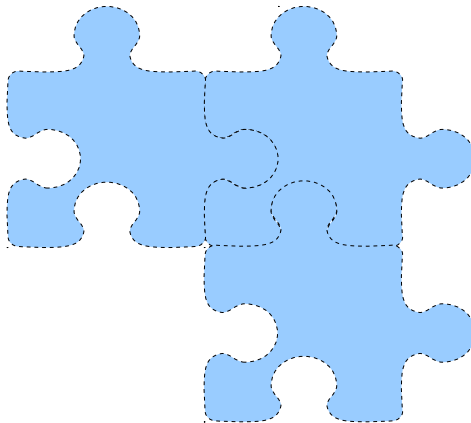
MPLS



IP sobre MPLS

IP sobre MPLS

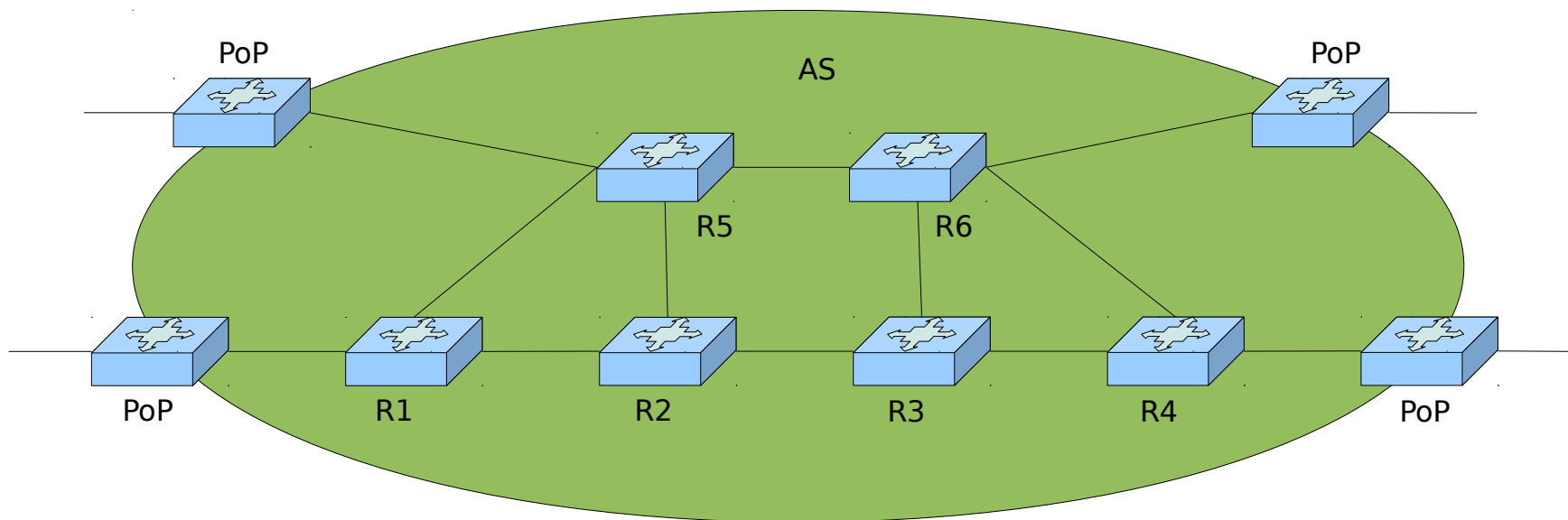
- **Cuando una red MPLS transporta datagramas IP, hay que tener en cuenta ciertos aspectos:**
 - Tratamiento del campo TTL/Hop Limit
 - En el LER de ingreso, se copia el campo TTL/Hop Limit del datagrama IP al campo TTL de la etiqueta.
 - En cada LSR se decrementa el campo TTL de la etiqueta.
 - En el LER de salida se copia el campo TTL de la etiqueta sobre el campo TTL/Hop Limit del datagrama.
 - Si el TTL llega a 0, se descarta el paquete...



IP sobre MPLS

■ Grandes proveedores (troncales)

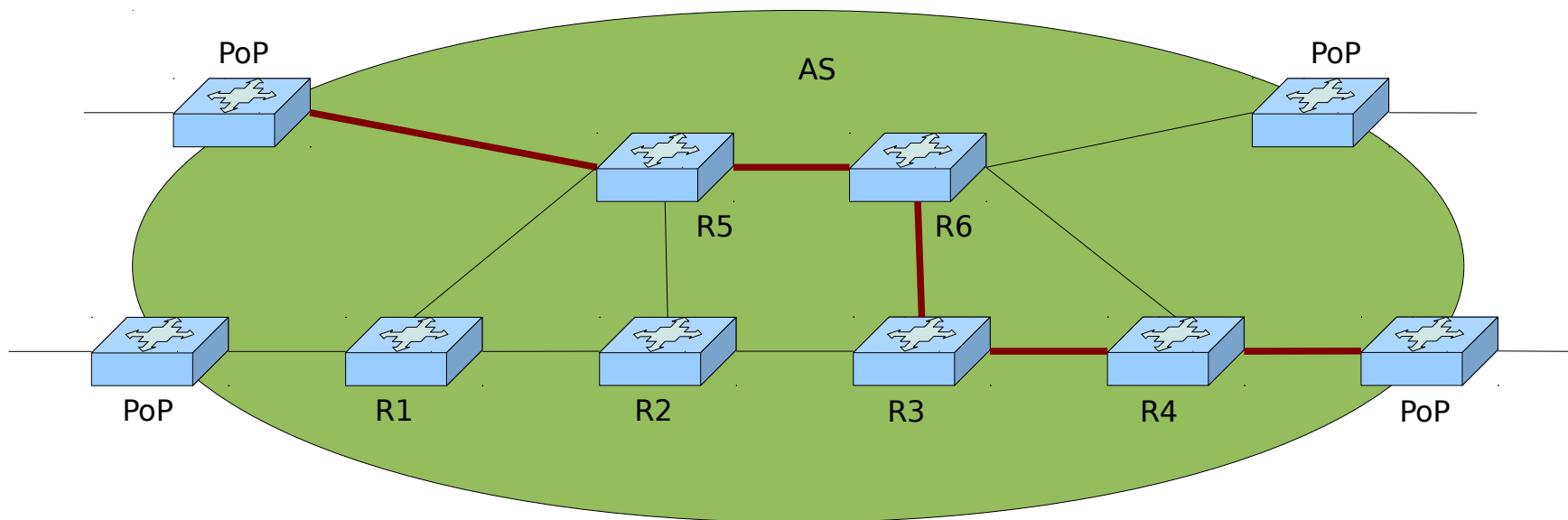
- Sus encaminadores internos (MPLS) no conocen rutas externas, sólo las aprendidas por IGP (p.e. OSPF).
- Los encaminadores LER ejecutan BGP y mantienen sesiones iBGP entre ellos, pero no inyectan rutas externas dentro de OSPF.



IP sobre MPLS

■ Grandes proveedores (troncales)

- ¿Qué sucede si un encaminador interno, pongamos R3, descarta un datagrama?
 - Debería enviar un ICMP al origen del datagrama.
 - Pero... ¡no conoce rutas externas!
 - Solución:
 - Se genera el ICMP y se envía por la LSP del datagrama original.



MPLS. Resumen

■ Encaminamiento en troncales

- Facilita encaminamiento en las grandes troncales.
- Reduce la sobrecarga de procesamiento.
- Rutas globales sólo necesarias en los LER (Label Edge Routers)
- Facilidad de recuperación ante fallos.

