



Tecnologies de Xarxes de Computadors

Tema 3. Redes troncales

Davide Careglio

- Tema 1. Introducción
- Tema 2. Seguridad en redes
- Tema 3. Redes troncales
- Tema 4. QoS
- Tema 5. Redes de acceso cableadas

- Tema 1. Introducción
- Tema 2. Seguridad en redes
- **Tema 3. Redes troncales**
- Tema 4. QoS
- Tema 5. Redes de acceso cableadas

Índice

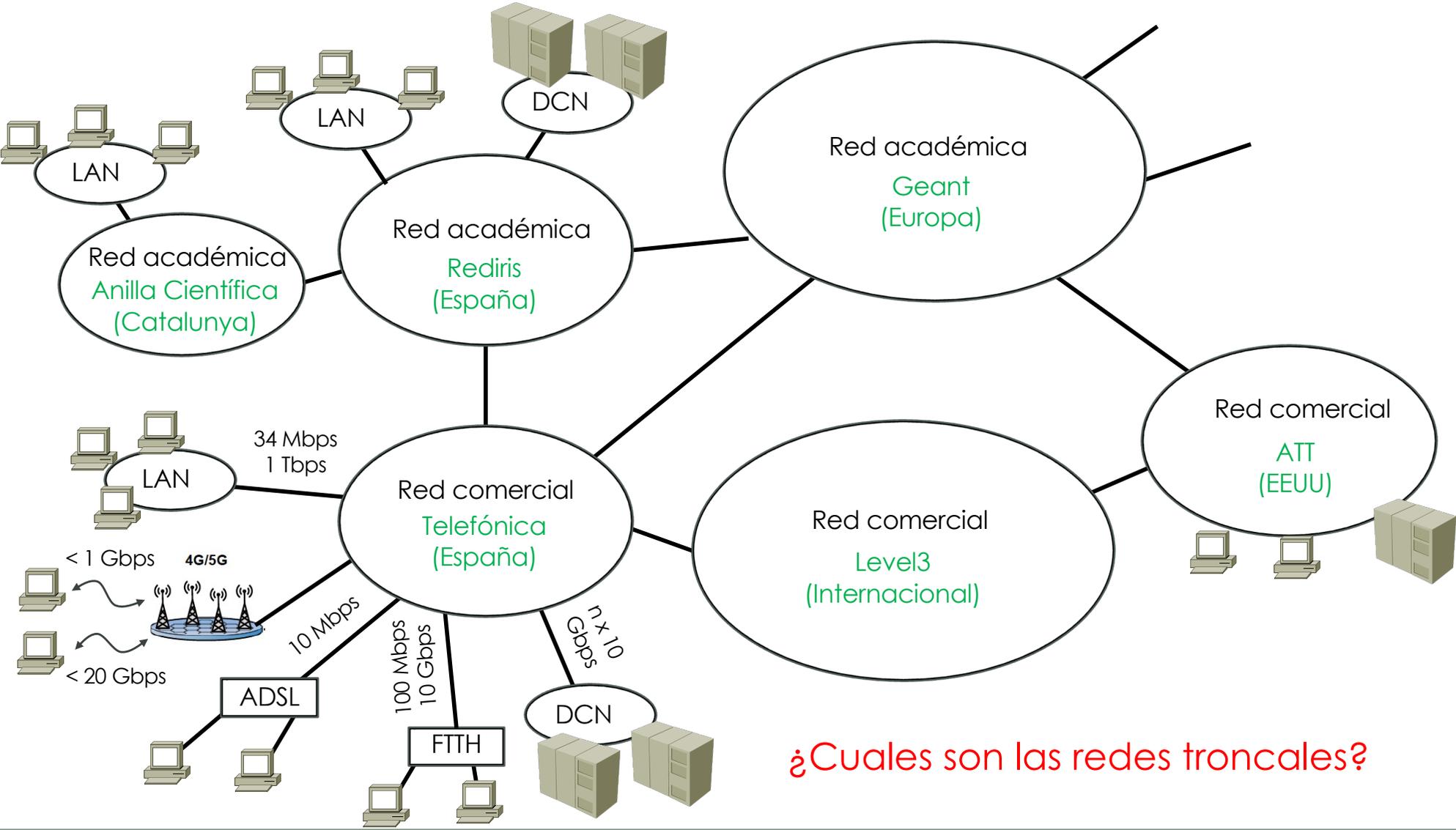
- Introducción
- MPLS
 - Objetivos
 - Funcionamiento
 - Extensiones de Traffic Engineering
- Redes ópticas
 - Fibra óptica y dispositivos ópticos
 - Encaminamiento
 - Redes multi-capa
- Plan de control
 - GMPLS
 - SDN/NFV

Índice

- **Introducción**
- MPLS
 - Objetivos
 - Funcionamiento
 - Extensiones de Traffic Engineering
- Redes ópticas
 - Fibra óptica y dispositivos ópticos
 - Encaminamiento
 - Redes multi-capa
- Plan de control
 - GMPLS
 - SDN/NFV

3.1 - Introducción

Redes troncales



¿Cuales son las redes troncales?

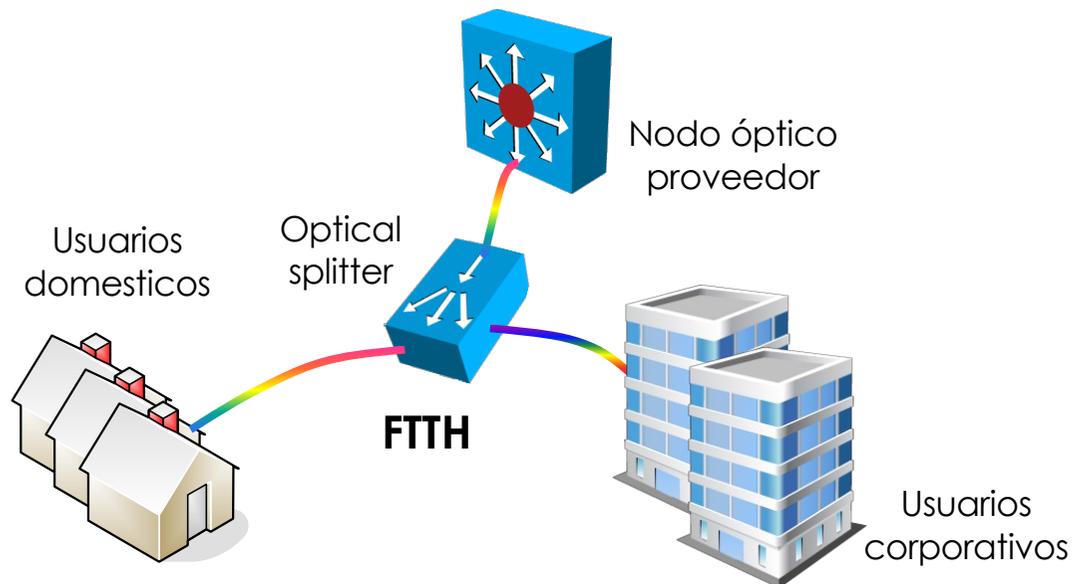
3.1 – Introducción

Redes troncales

- Típicamente
 - Muchos dispositivos
 - Distancias de varios kilómetros
 - Grande ancho de banda
 - Servicios añadido/garantizado (VPN, disponibilidad, latencia, perdidas, etc.)
 - Multi-technology

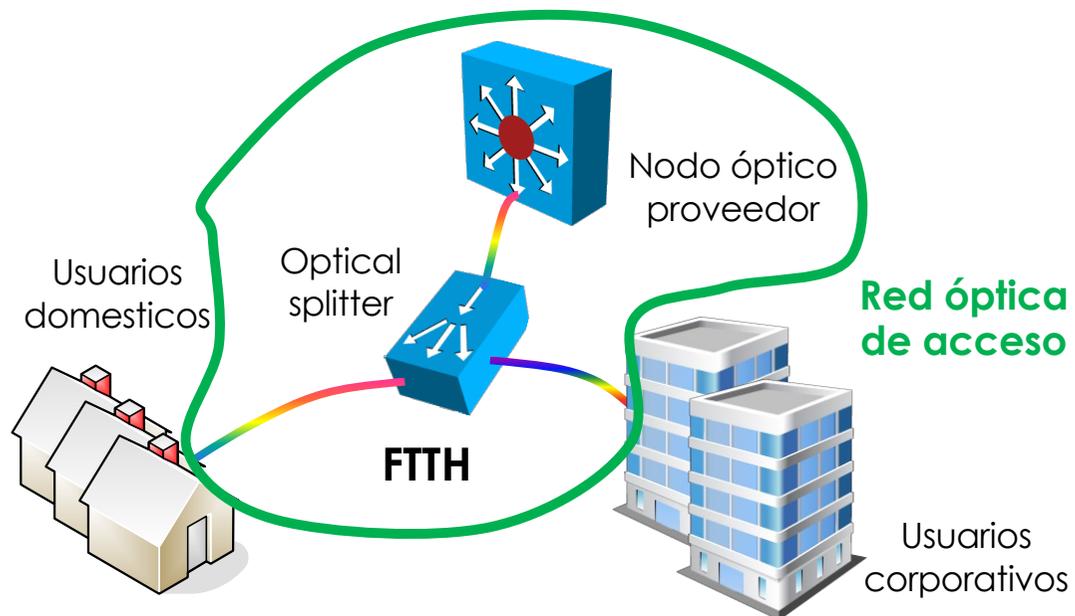
3.1 – Introducción

Desde el host al server



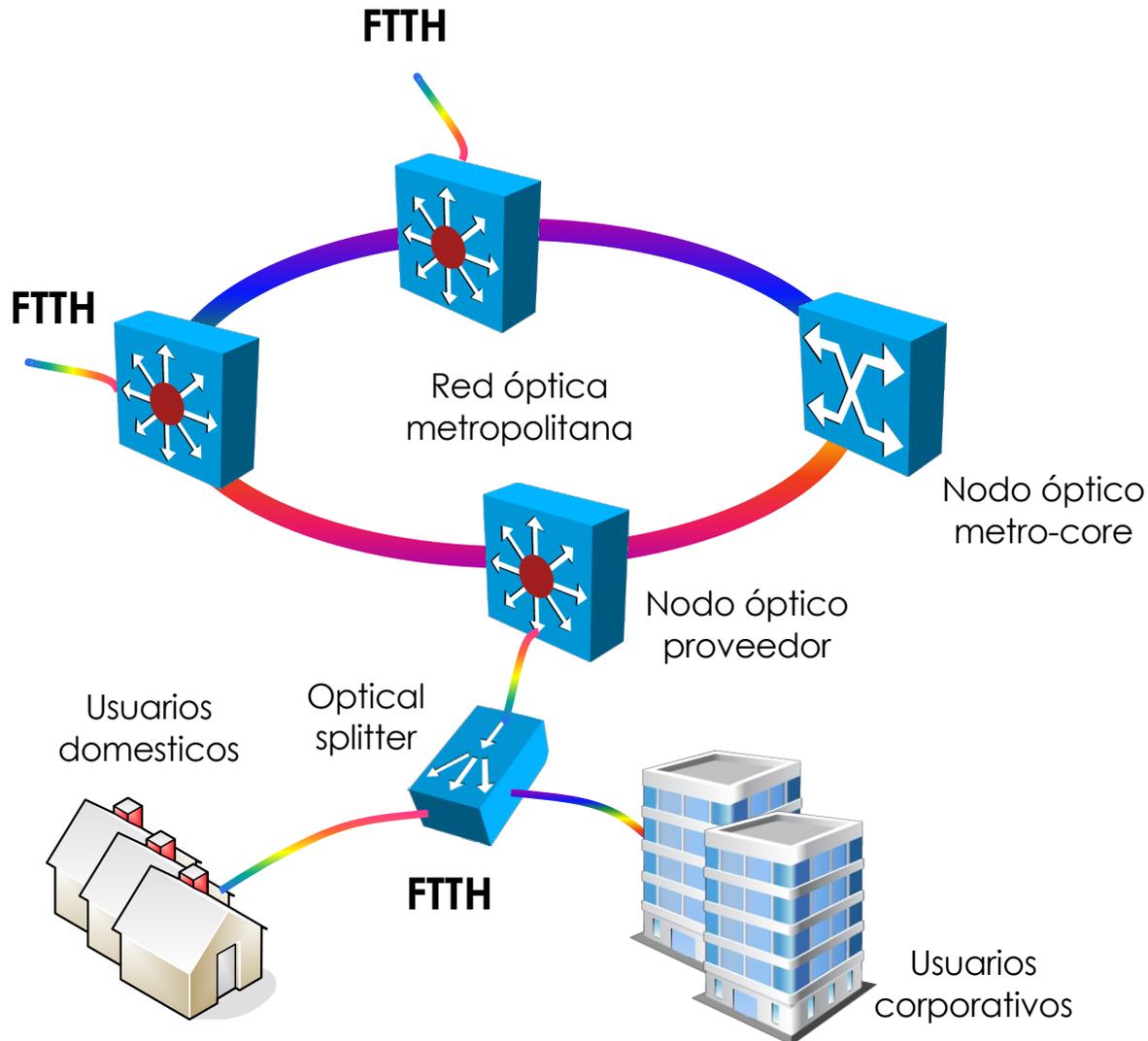
3.1 – Introducción

Desde el host al server



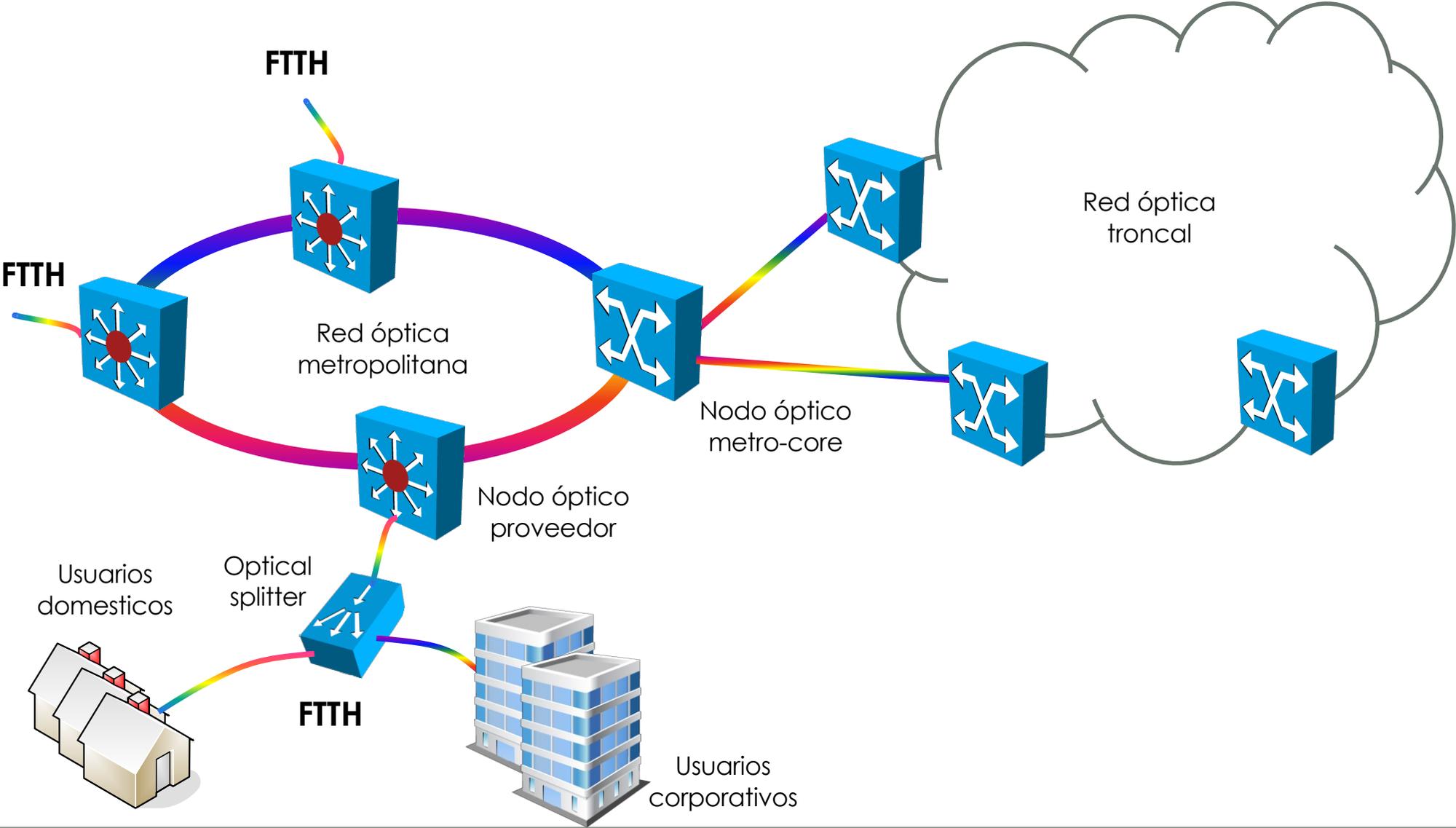
3.1 – Introducción

Desde el host al server



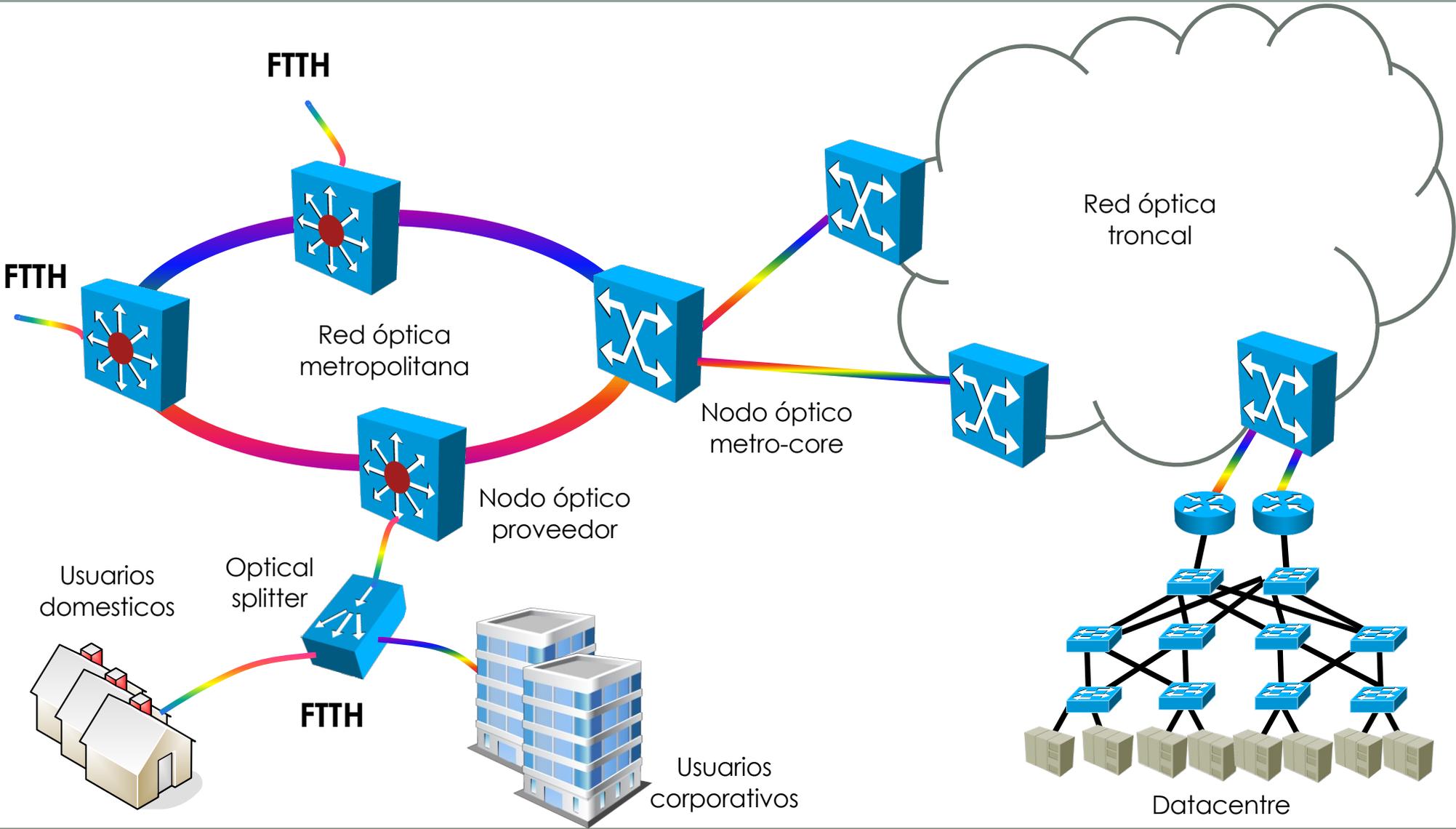
3.1 – Introducción

Desde el host al server



3.1 – Introducción

Desde el host al server



3.1 – Introducción

Tecnologías en las redes troncales

- Redes ópticas (WDM, EON, SDM, etc.)
 - Para la transmisión a larga distancia y con gran ancho de banda
 - Nivel 1 y 2
- Encaminamiento IP dinámico (OSPF, IS-IS, EIGRP, etc.)
 - Para ir de un origen a un destino cruzando varias redes
 - Nivel 3
- Multiprotocol Label Switching (MPLS)
 - Para el forwarding de datagramas y otras funciones (VPN, recuperación de fallos, servicio diferenciado, etc.)
 - Nivel 2,5

3.1 – Introducción

Tecnologías en las redes troncales

- Redes ópticas (WDM, EON, SDM, etc.)
 - Para la transmisión a larga distancia y con gran ancho de banda
 - Nivel 1 y 2
- Encaminamiento IP dinámico (OSPF, IS-IS, EIGRP, etc.)
 - Para ir de un origen a un destino cruzando varias redes
 - Nivel 3
- Multiprotocol Label Switching (MPLS)
 - Para el forwarding de datagramas y otras funciones (VPN, recuperación de fallos, servicio diferenciado, etc.)
 - Nivel 2,5

En PI (Protocols d'Internet)

Índice

- Introducción
- **MPLS**
 - Objetivos
 - Funcionamiento
 - Extensiones de Traffic Engineering
- Redes ópticas
 - Fibra óptica y dispositivos ópticos
 - Encaminamiento
 - Redes multi-capa
- Plan de control
 - GMPLS
 - SDN/NFV

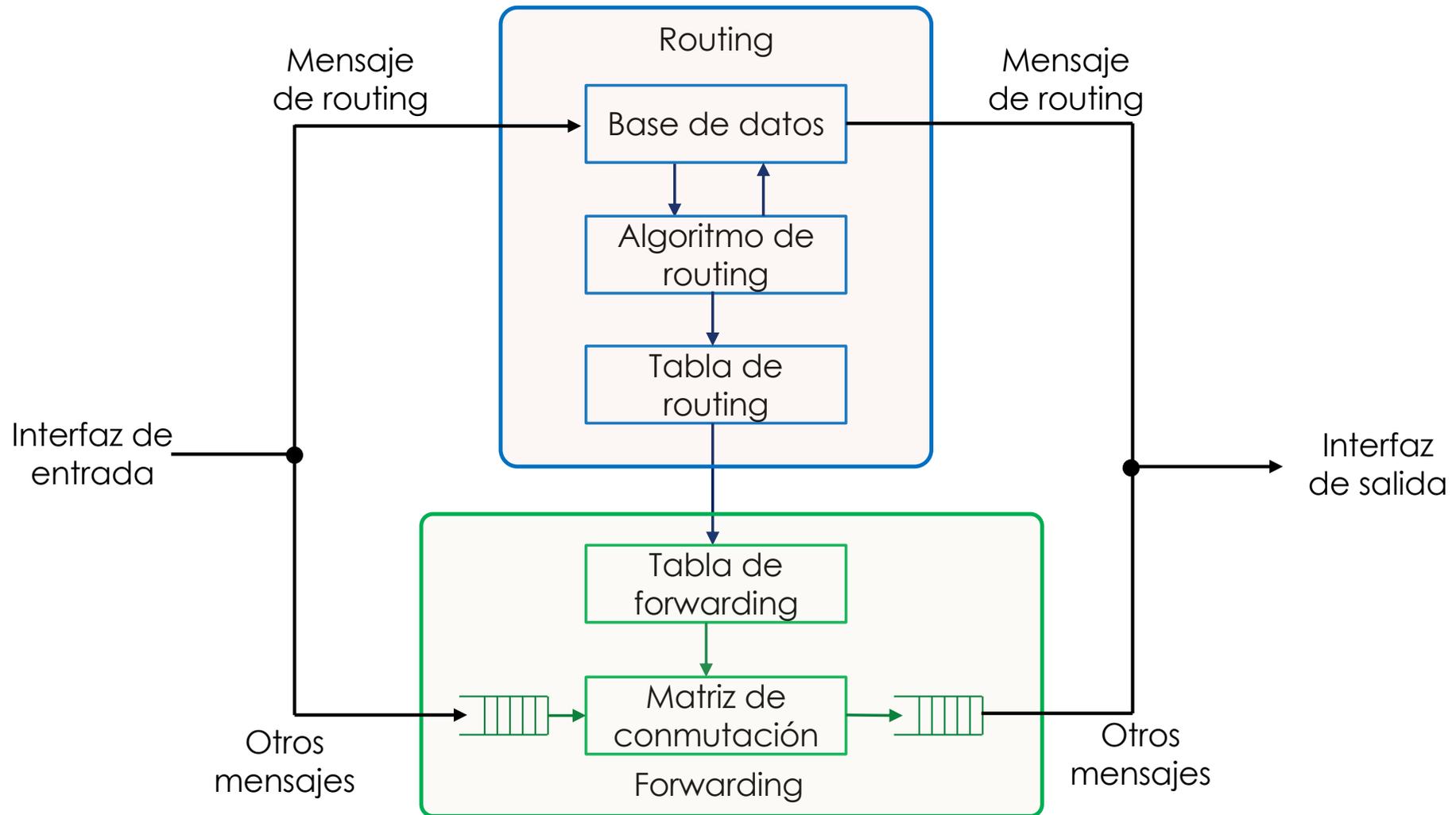
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Objetivos

- Es un protocolo que nació para agilizar y acelerar el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - Servicio VPN
 - Servicio de agregación de rutas
 - Mecanismos de búsqueda rápida de caminos alternativos en caso de fallo
 - Ingeniería de Trafico (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

3.2 – Multiprotocol Label Switching

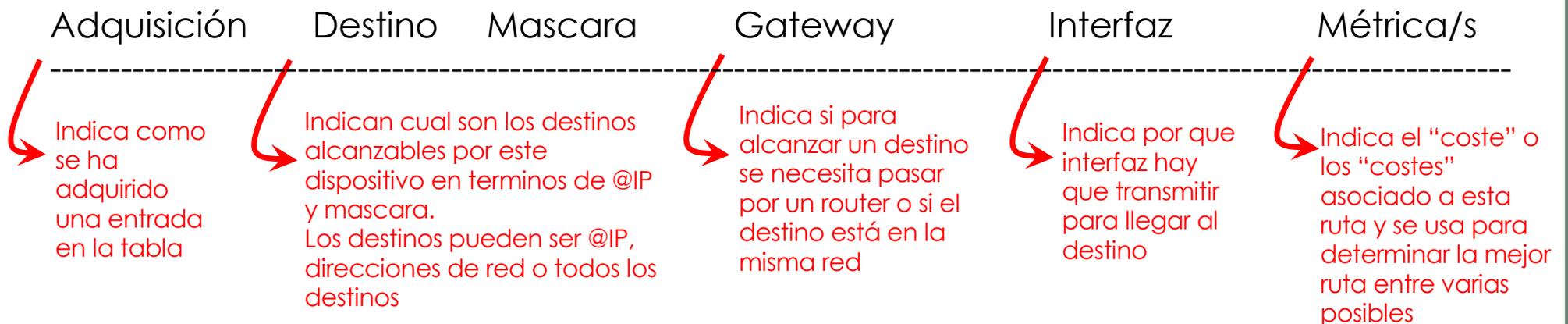
Bloques funcionales de un router



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Tabla de routing

- Tabla de routing suele tener un formato estándar



- Estructura optimizada para el protocolo y el algoritmo de routing
 - Actualización rápida en caso de un cambio en la tabla
 - Los mensajes de actualización pero no suelen ser muy frecuentes (orden de segundos)
 - Permite mantener muchas entradas (hoy en día puede haber tablas con 800,000 entradas)

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Tabla de forwarding

- Esta tabla depende del fabricante y de la tecnología empleada
- Su estructura está optimizada para buscar que hacer con el datagrama y decidir por donde reenviarlo
 - Pueden llegar datagramas en el orden de ns
 - El rendimiento de un router depende en gran medida de cuanto rápido es en reenviar datagramas
- Las implementaciones más comunes solo cogen los destinos más usados y ponen MAC destino e interfaz de salida



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Tabla de forwarding

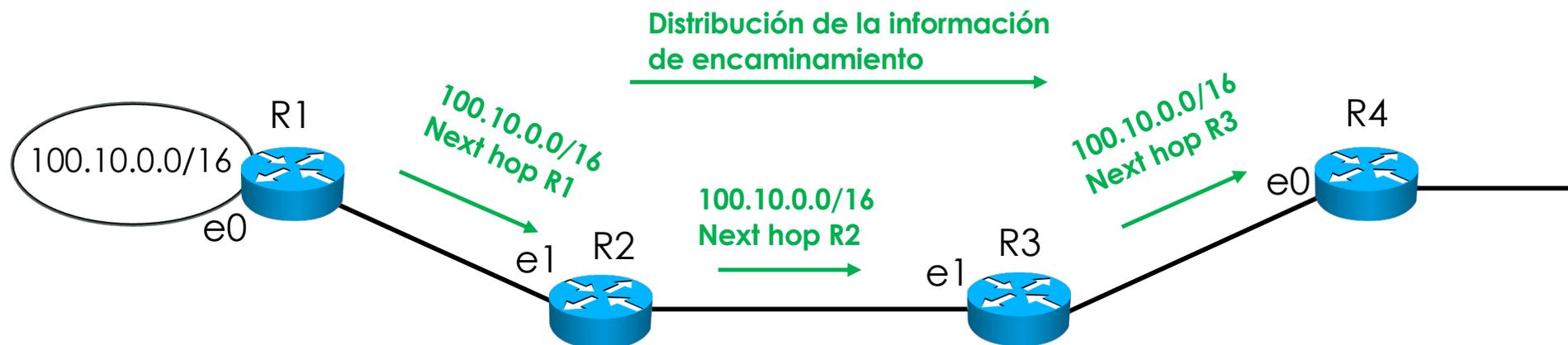
- Esta tabla depende del fabricante y de la tecnología empleada
- Su estructura está optimizada para buscar que hacer con el datagrama y decidir por donde reenviarlo
 - Pueden llegar datagramas en el orden de ns
 - El rendimiento de un router depende en gran medida de cuanto rápido es en reenviar datagramas
- Las implementaciones más comunes solo cogen los destinos más usados y ponen MAC destino e interfaz de salida



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Forwarding con IP

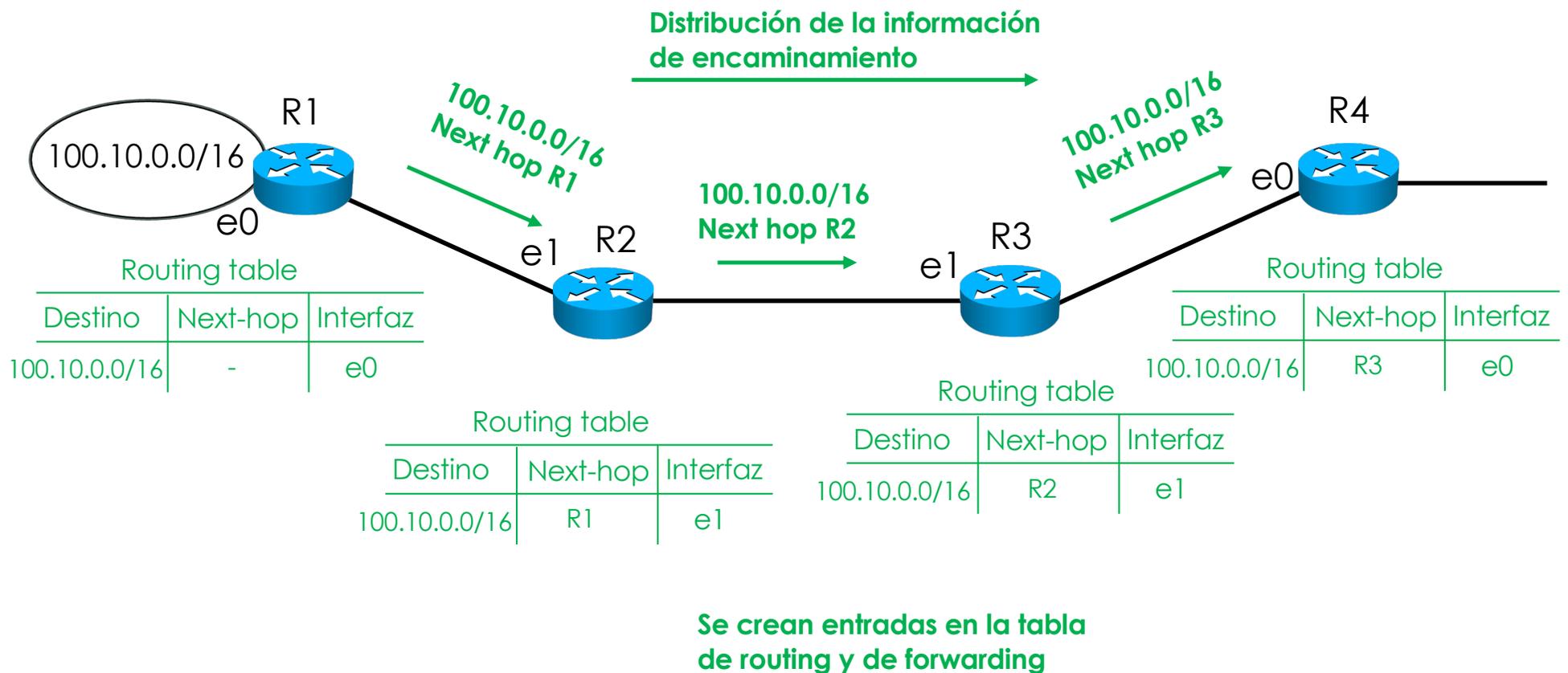
- La consulta de las tablas de forwarding se hace de esta forma
- Operación que se llaman IP route lookup



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Forwarding con IP

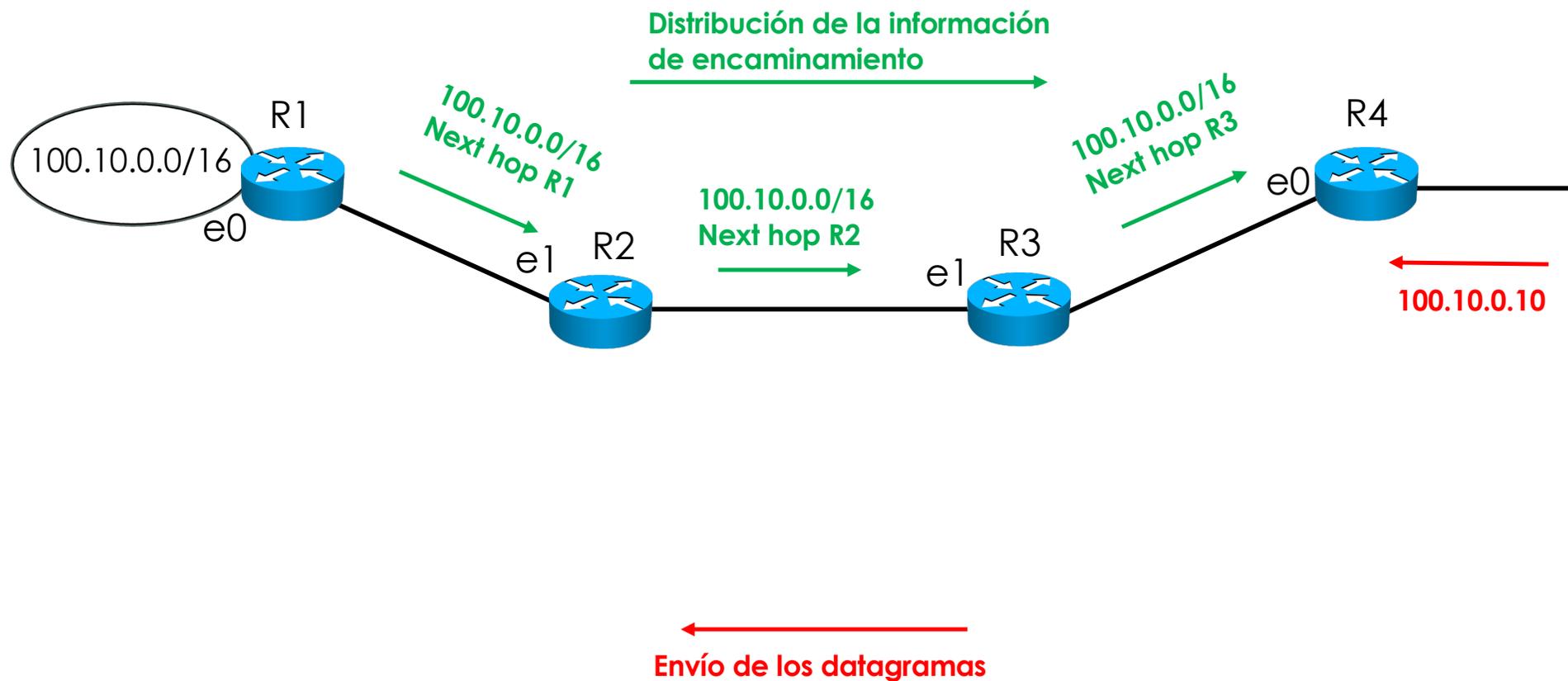
- La consulta de las tablas de forwarding se hace de esta forma
- Operación que se llaman IP route lookup



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Forwarding con IP

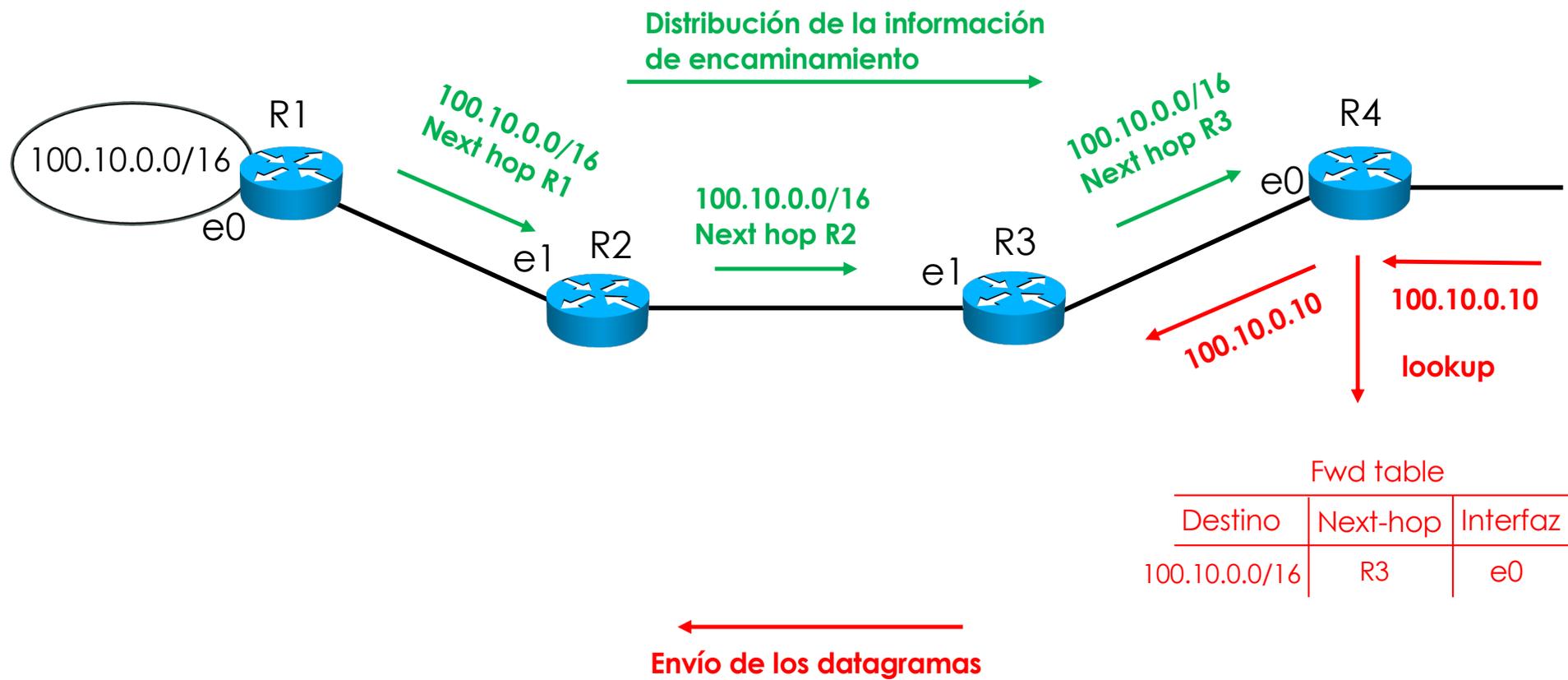
- La consulta de las tablas de forwarding se hace de esta forma
- Operación que se llaman IP route lookup



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Forwarding con IP

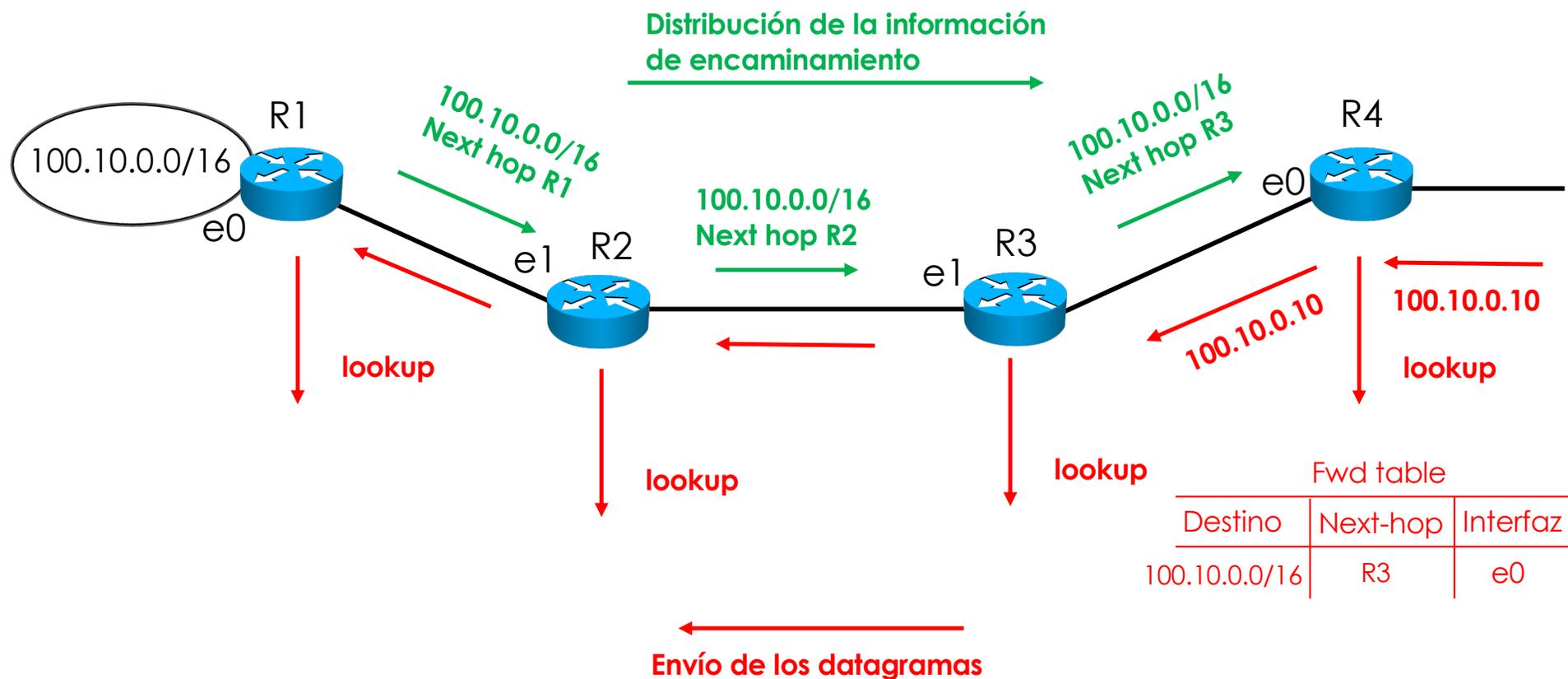
- La consulta de las tablas de forwarding se hace de esta forma
- Operación que se llaman IP route lookup



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Forwarding con IP

- La consulta de las tablas de forwarding se hace de esta forma
- Operación que se llaman IP route lookup



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Funcionamiento con MPLS

- En IP hay que consultar tablas de forwarding que suelen tener muchas entradas
- En MPLS, en cambio, todo funciona por etiquetas
 - Una etiqueta puede corresponder a un prefijo, a un conjunto de prefijos, a un conjunto de IPs, etc.
 - Las etiquetas tienen un significado local para cada pareja de routers MPLS
 - Un router MPLS consulta una tabla de etiqueta para reenviar los paquetes MPLS
 - Solo los routers de frontera de esta zona MPLS necesitan hacer un IP route lookup
 - A través de estas etiquetas, se construyen caminos MPLS llamados Label Switched Path (LSP)

3.2 – Multiprotocol Label Switching

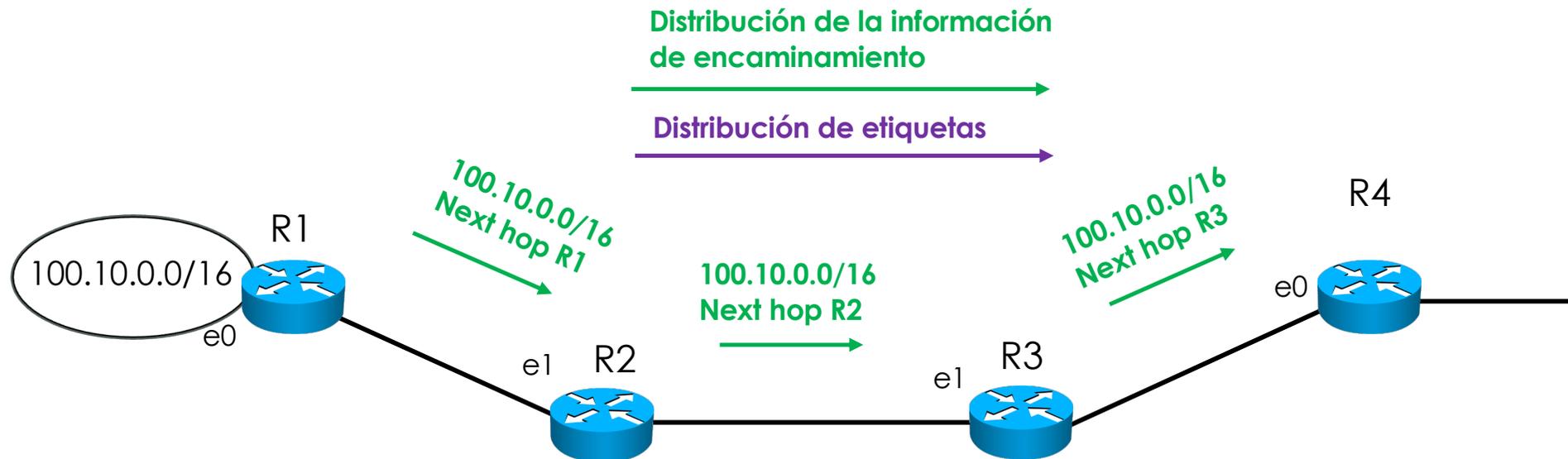
Funcionamiento con MPLS

- MPLS no es un protocolo de encaminamiento
 - Se sigue necesitando un protocolo de encaminamiento para intercambiar información de encaminamiento entre routers
 - MPLS añade una funcionalidad al protocolo de encaminamiento

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

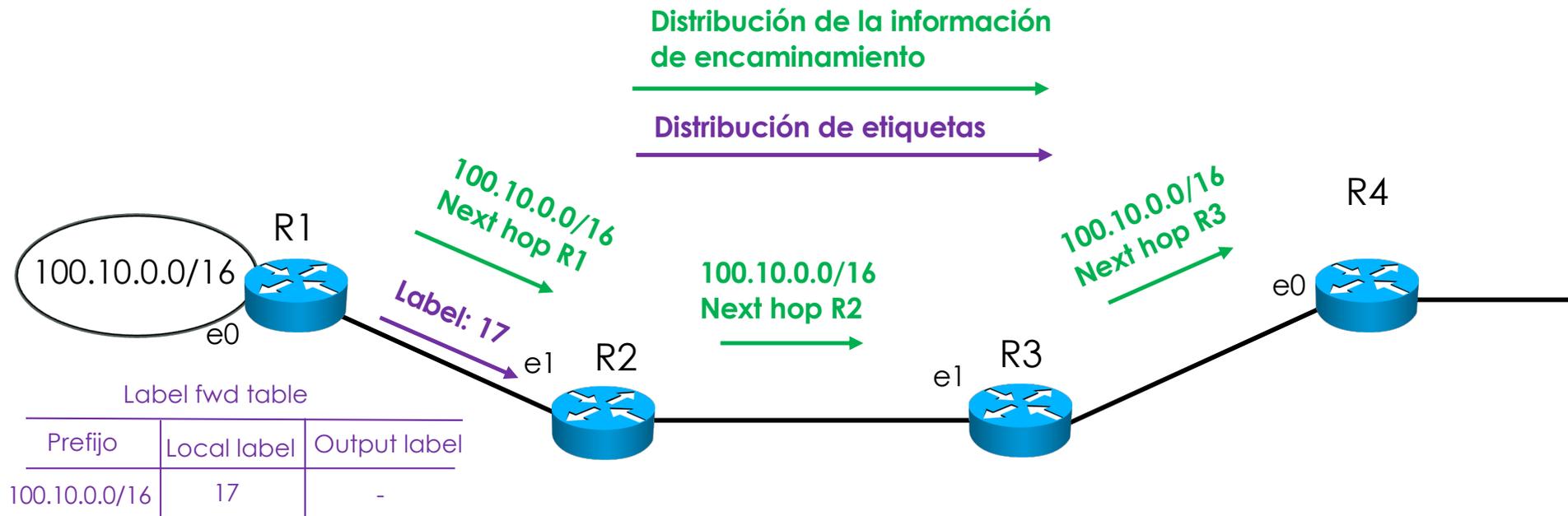


Además de crear entradas en las tablas de routing y forwarding, se crean otras tablas

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

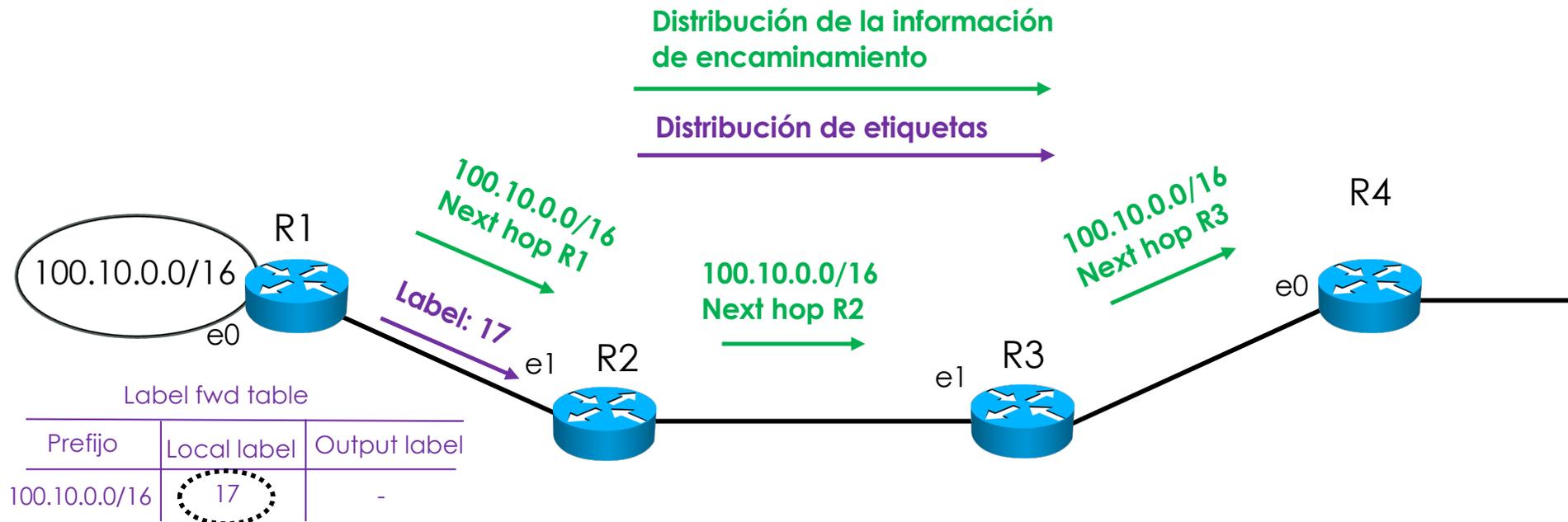


Además de crear entradas en las tablas de routing y forwarding, se crean otras tablas

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



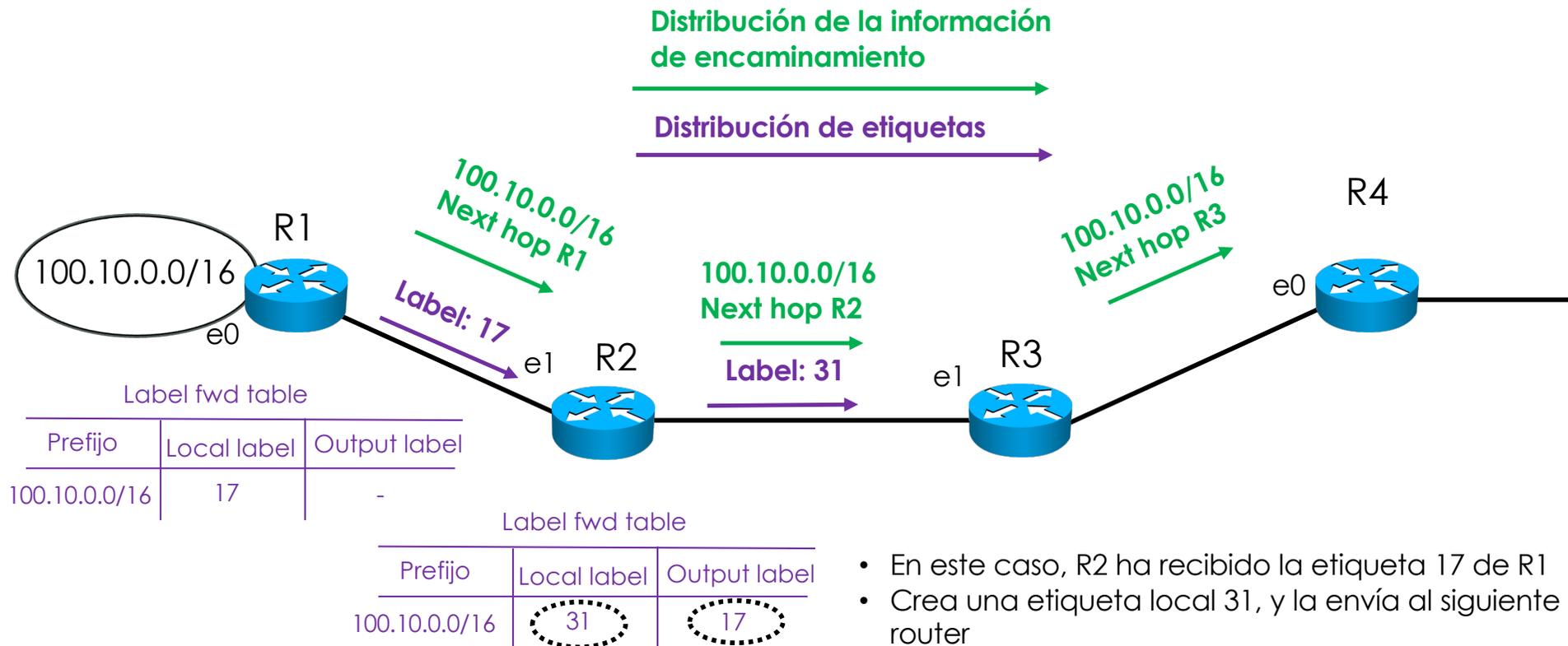
- R1 asocia al prefijo una etiqueta local y la envía al siguiente router
- Pone esta asociación en su tabla de etiquetas
- Como es el origen, no pone ninguna de salida

Además de crear entradas en las tablas de routing y forwarding, se crean otras tablas

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

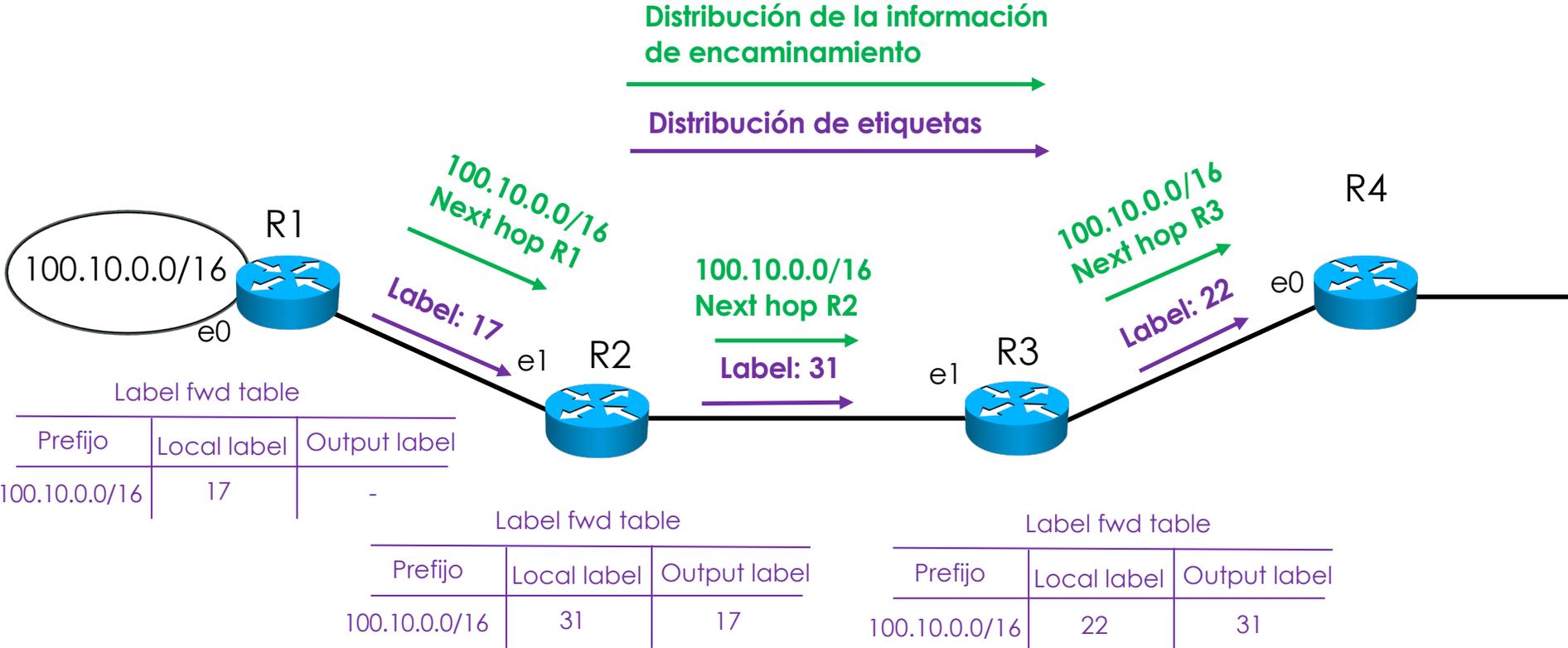


Además de crear entradas en las tablas de routing y forwarding, se crean otras tablas

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

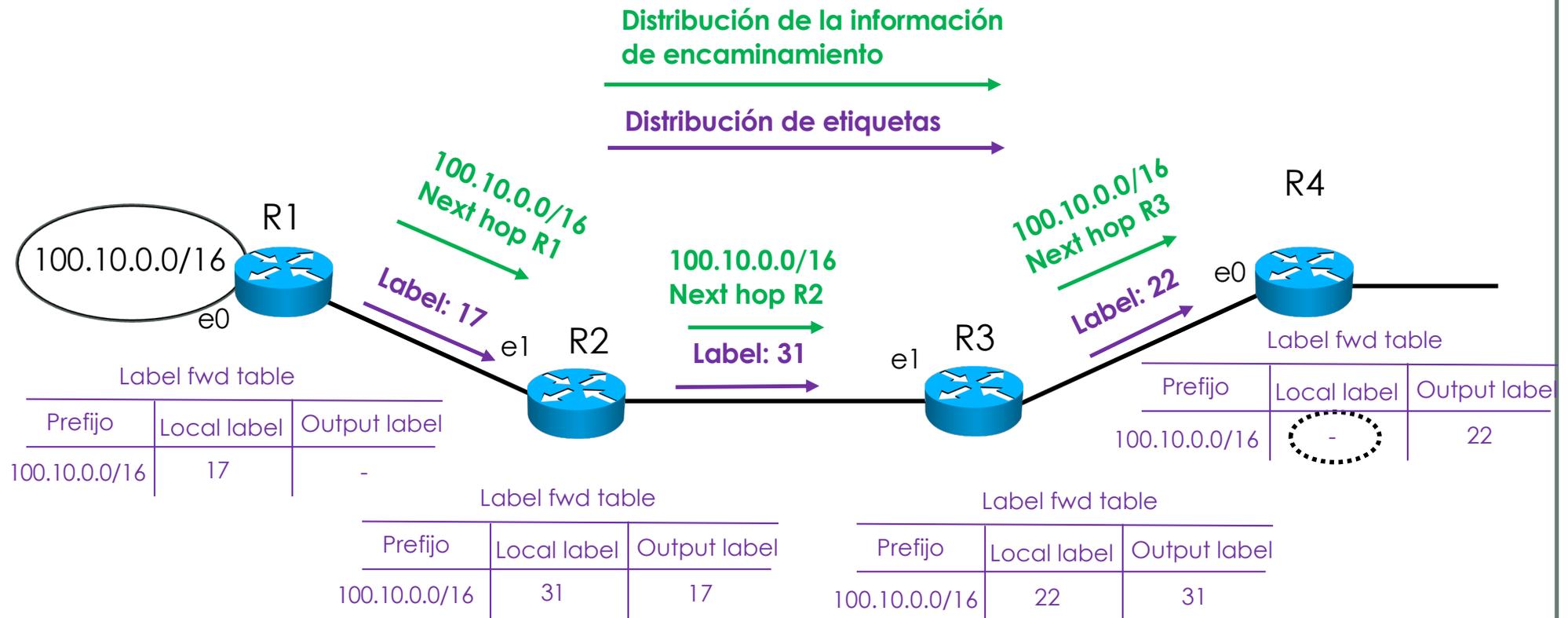


Además de crear entradas en las tablas de routing y forwarding, se crean otras tablas

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

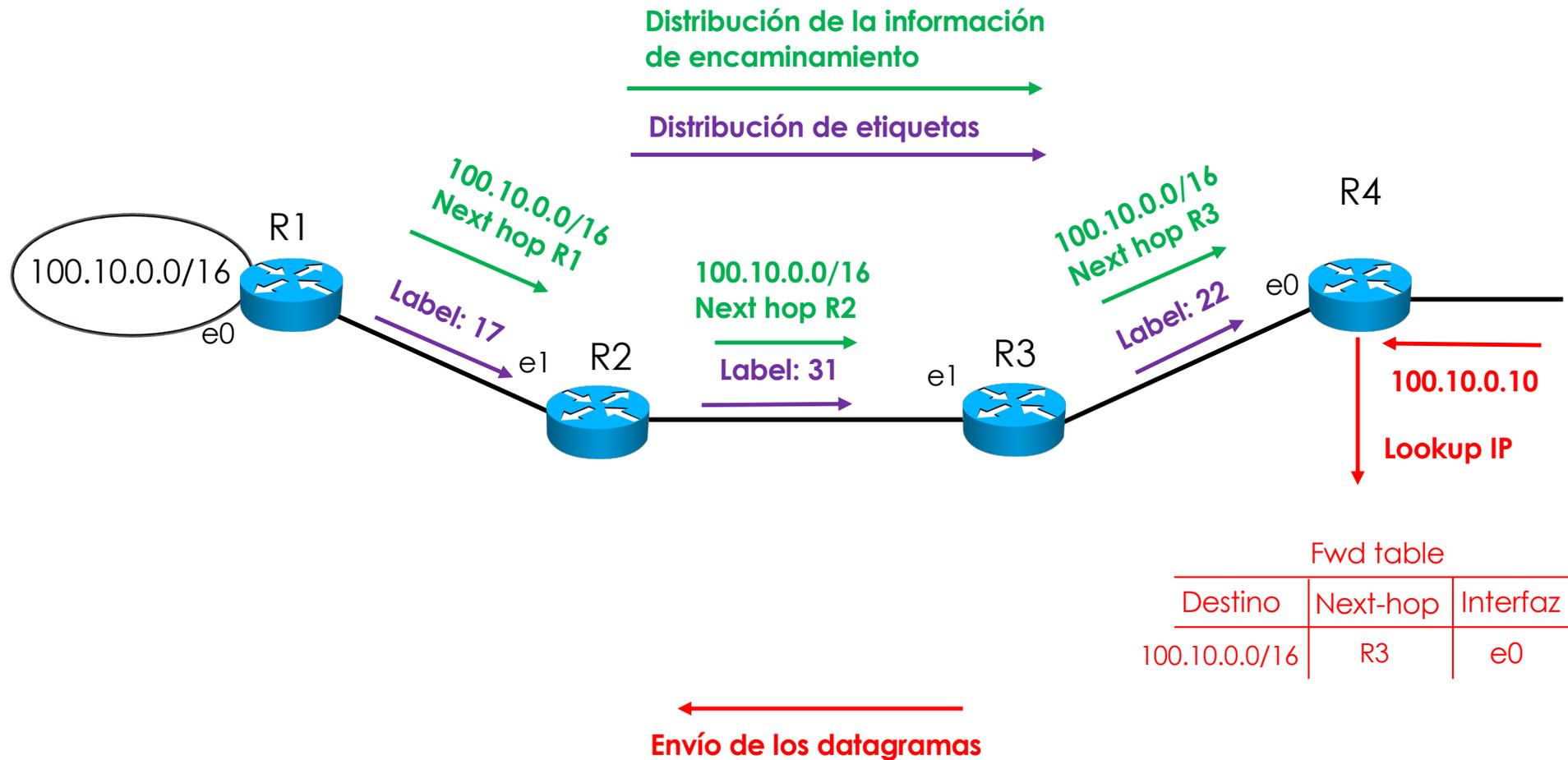


- En este caso, R4 es el último router donde se usa MPLS
- No hay etiqueta local

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

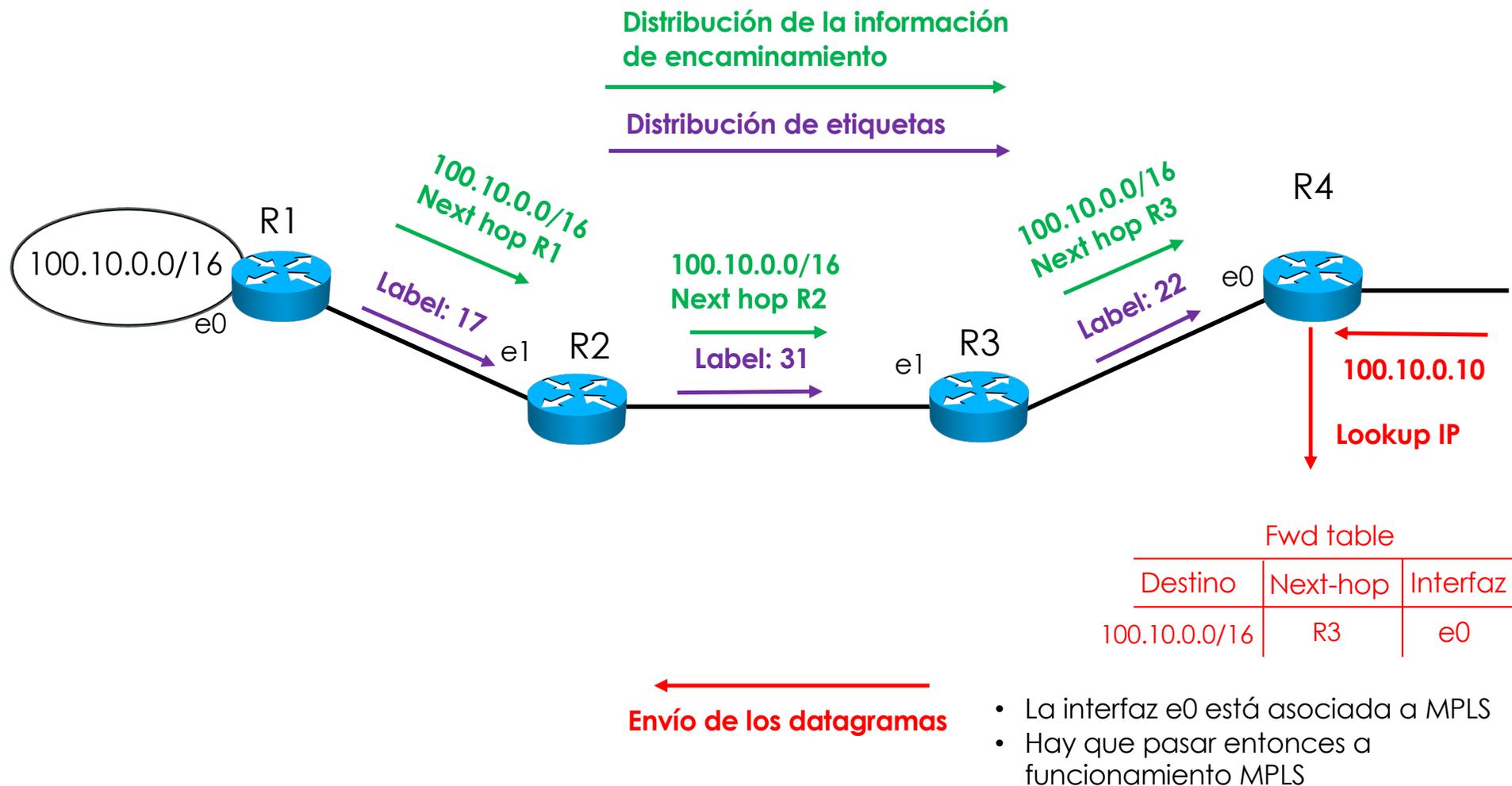
- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

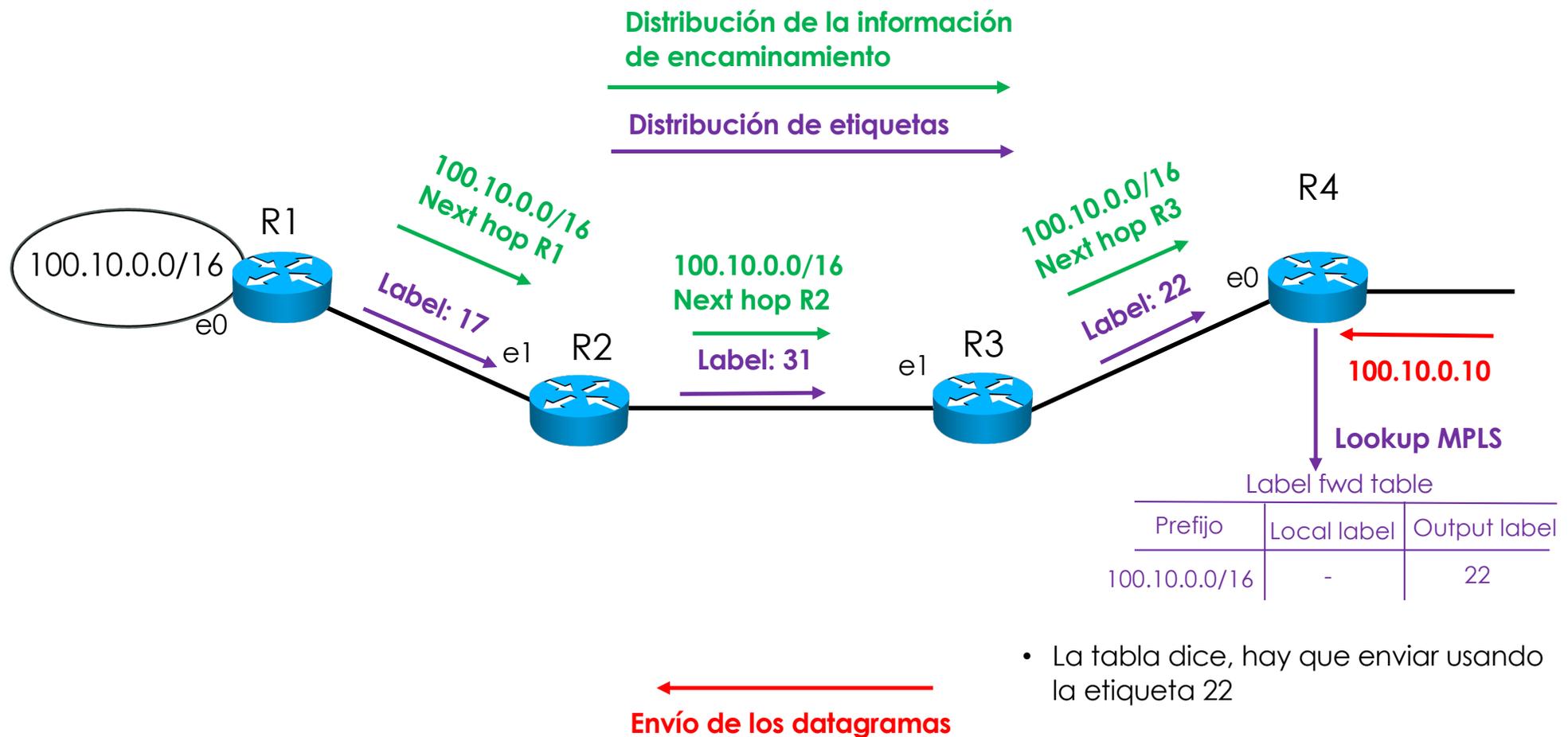
- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

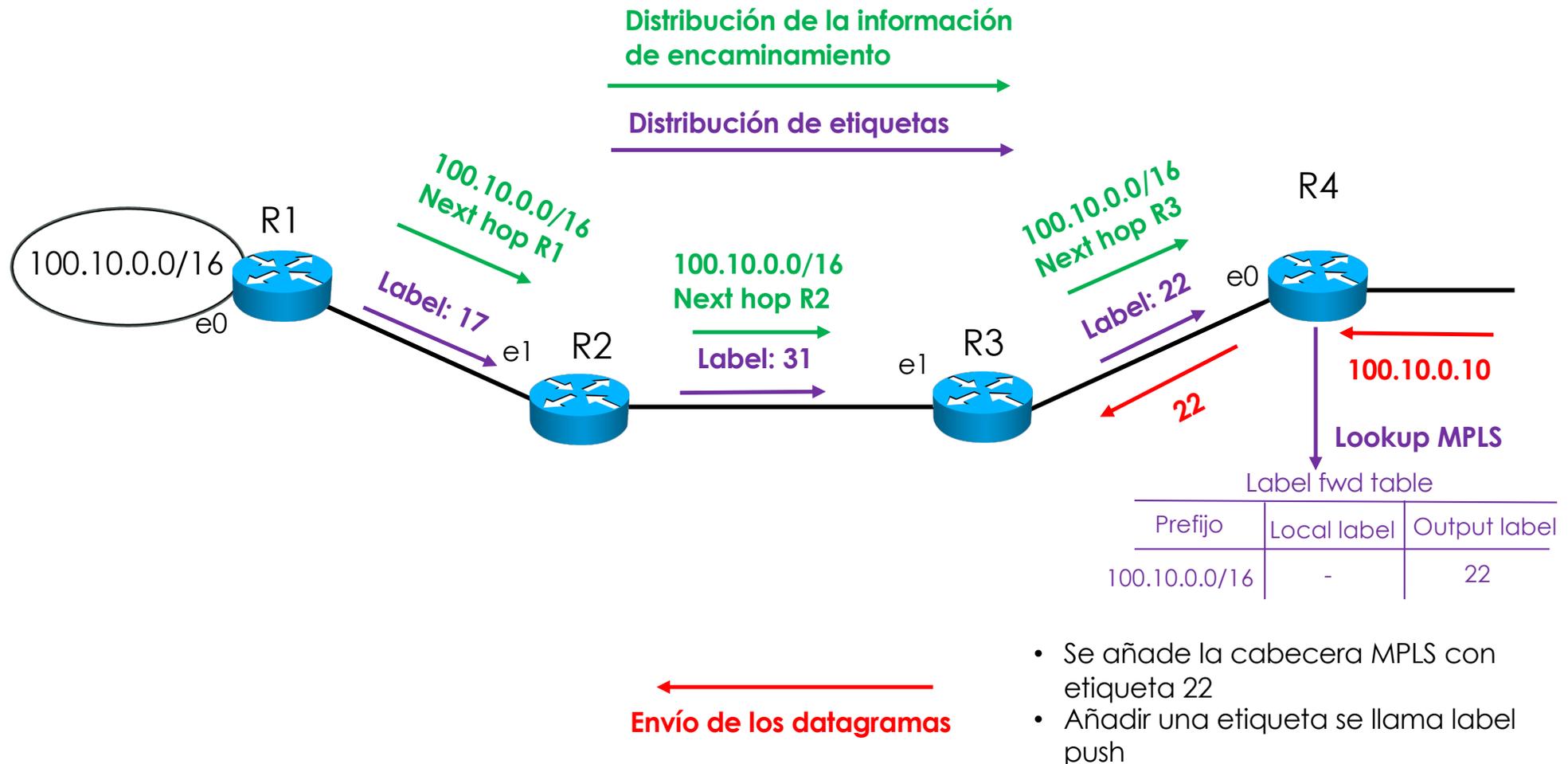
- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

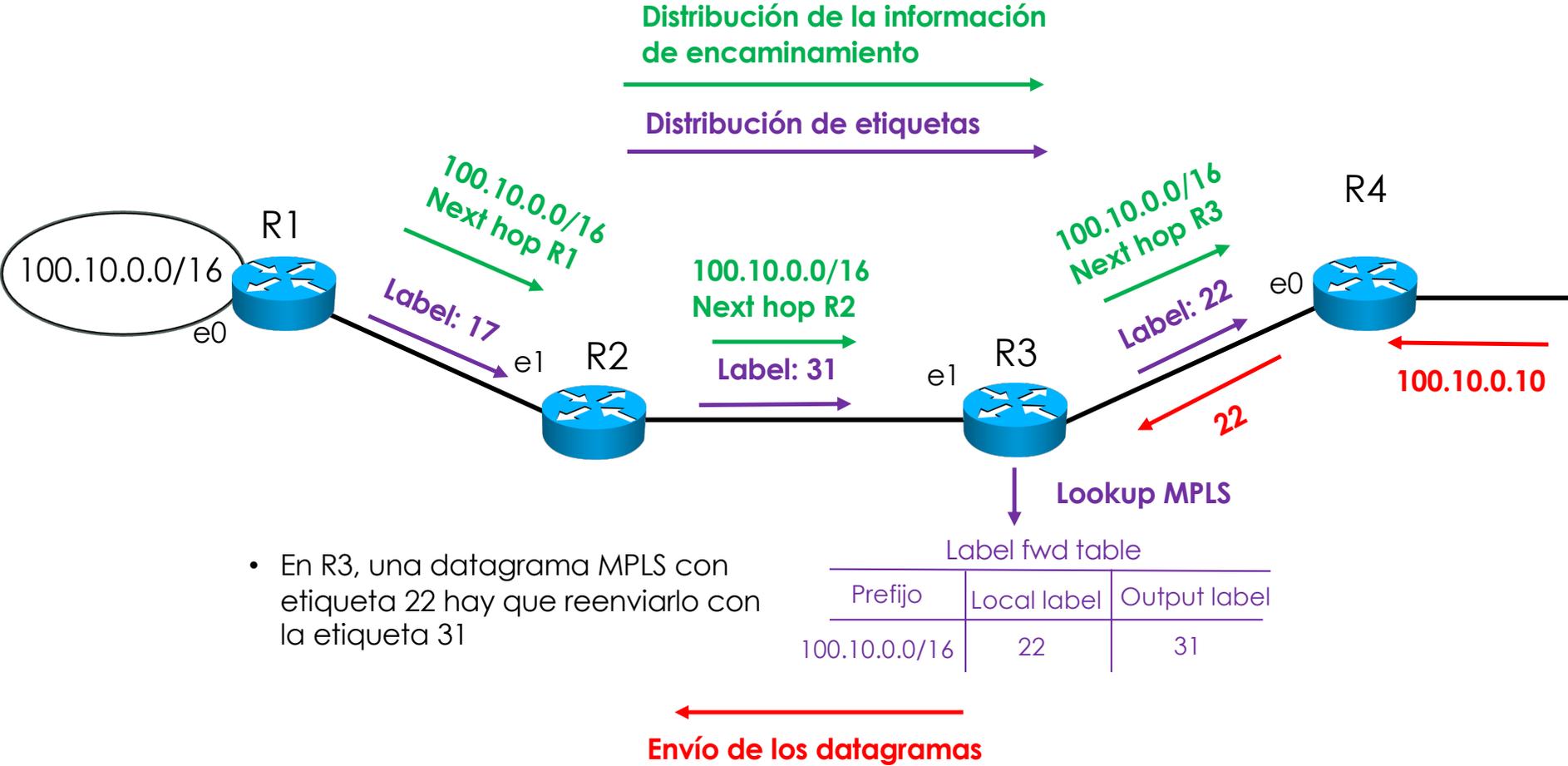
- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

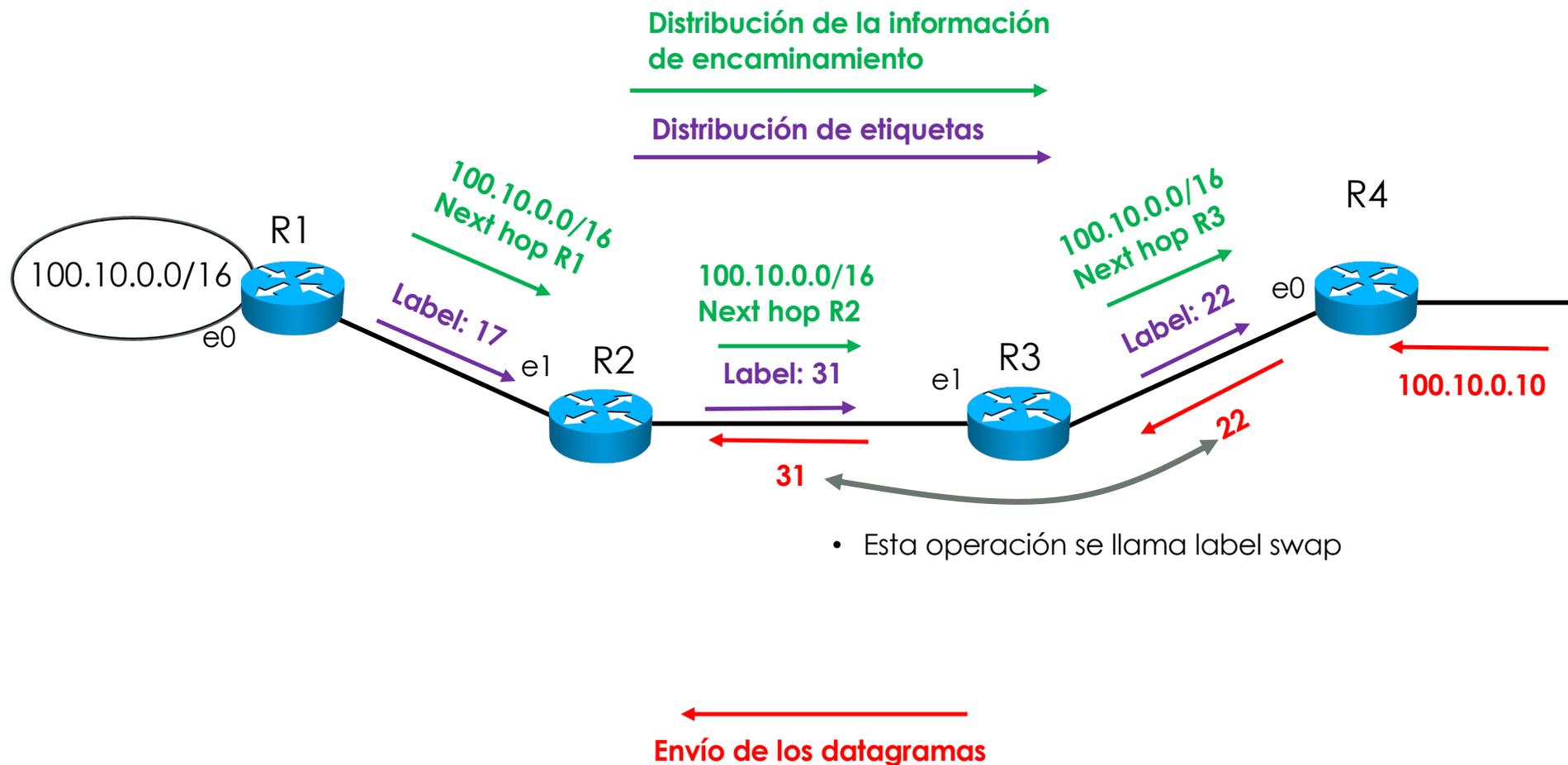


- En R3, una datagrama MPLS con etiqueta 22 hay que reenviarlo con la etiqueta 31

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas

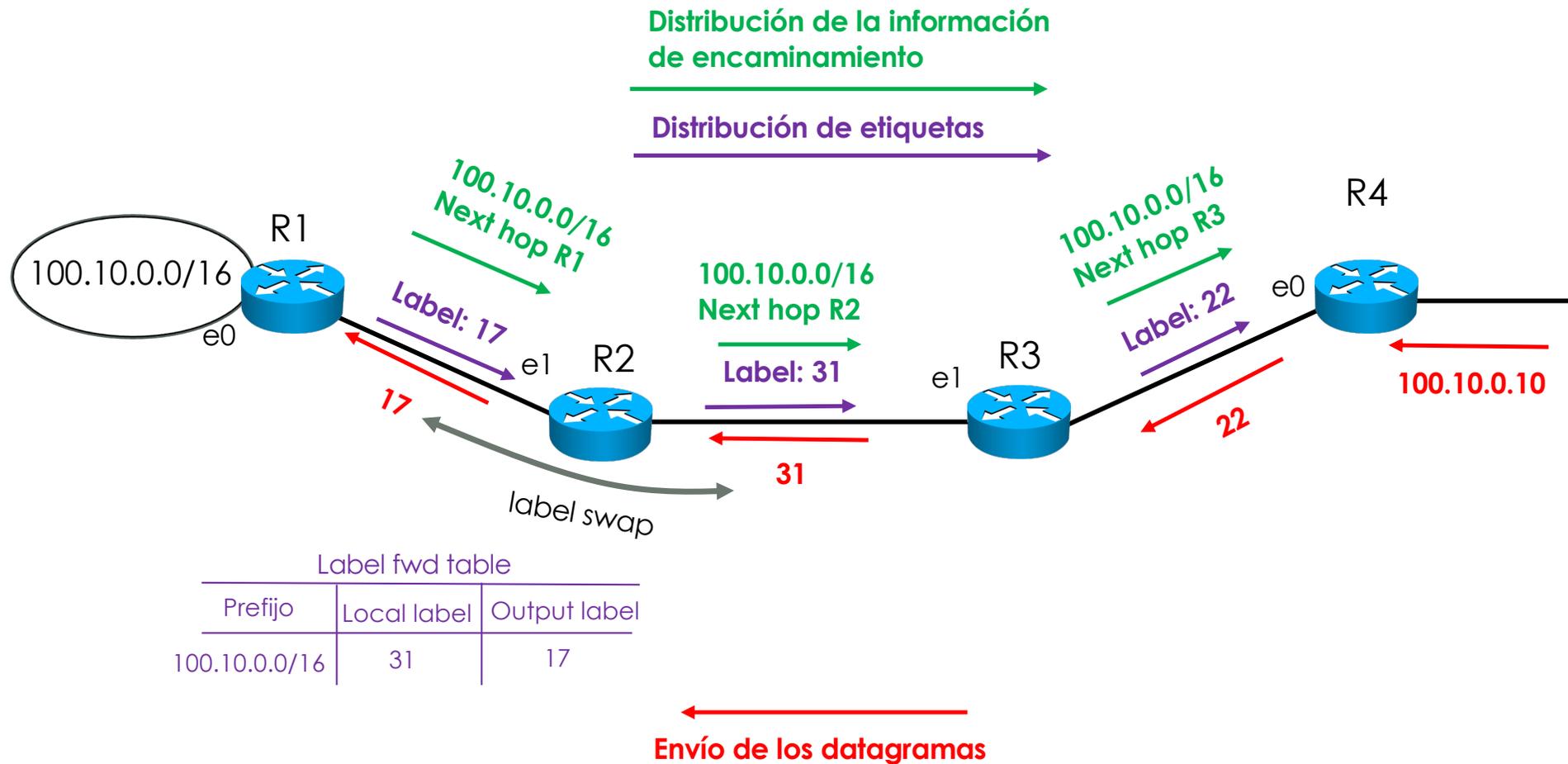


• Esta operación se llama label swap

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

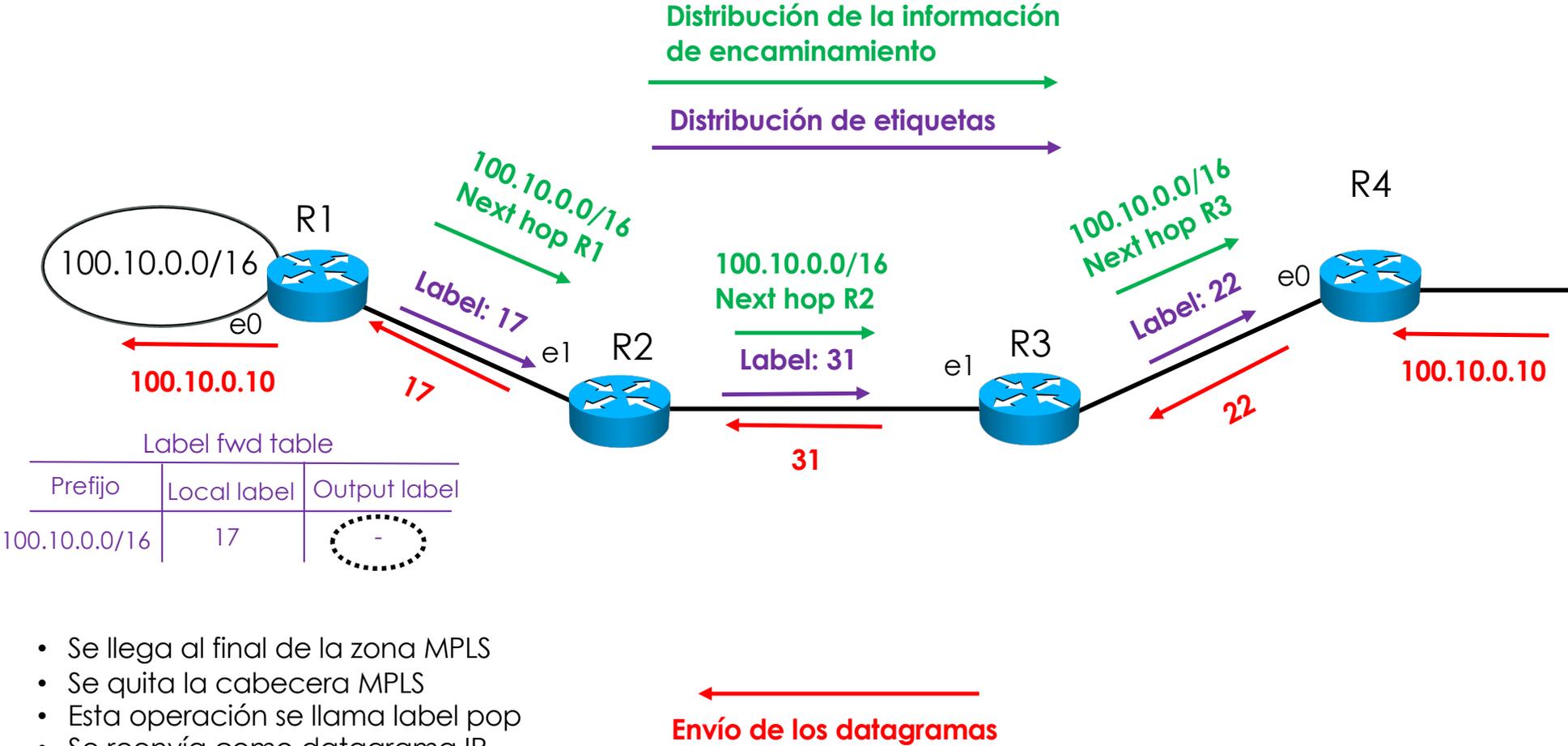
- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo simplificado de funcionamiento con MPLS

- Con MPLS, la operación de forwarding funciona por etiquetas



- Se llega al final de la zona MPLS
- Se quita la cabecera MPLS
- Esta operación se llama label pop
- Se reenvía como datagrama IP

3.2 – Multiprotocol Label Switching

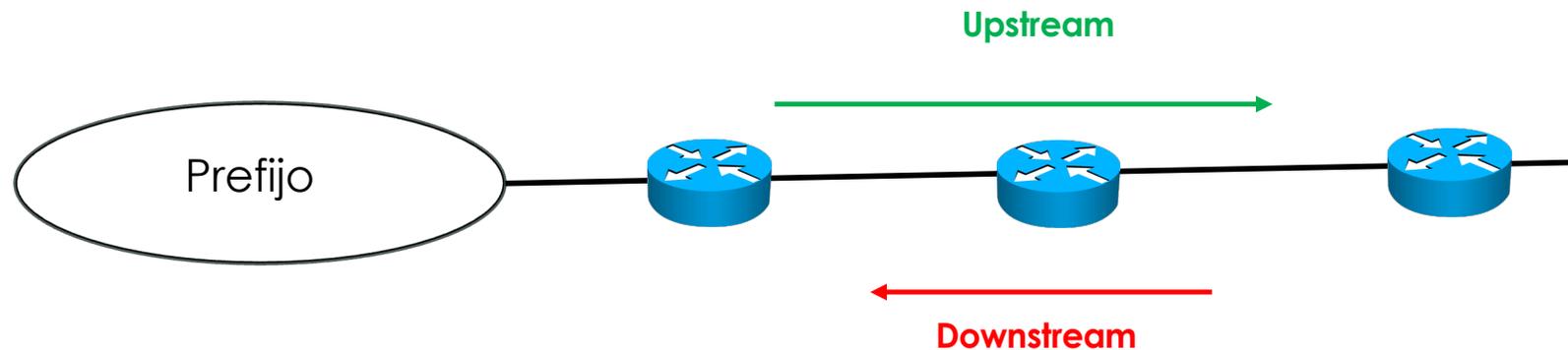
Terminología MPLS

- Control Plane
 - Proporciona la funcionalidad de identificar los prefijos alcanzables y como
 - Protocolo de encaminamiento como OSPF o RIP
 - Protocolo de distribución de etiquetas como LDP o RSVP
- Data Plane
 - Proporciona la funcionalidad de reenviar datagramas (forwarding)
- Label Switch Router (LSR)
 - Un router MPLS que trata datagramas MPLS, sabe hacer label pop, push y swap
- Edge LSR (E-LSR) o Label Edge Router (LER)
 - Un LSR en la frontera de una infraestructura MPLS
 - Un ingress E-LSR hace label push
 - Un egress E-LSR hace label pop
- Label Switched Path
 - Un camino MPLS entre un ingress E-LSR y un egress E-LSR

3.2 – Multiprotocol Label Switching

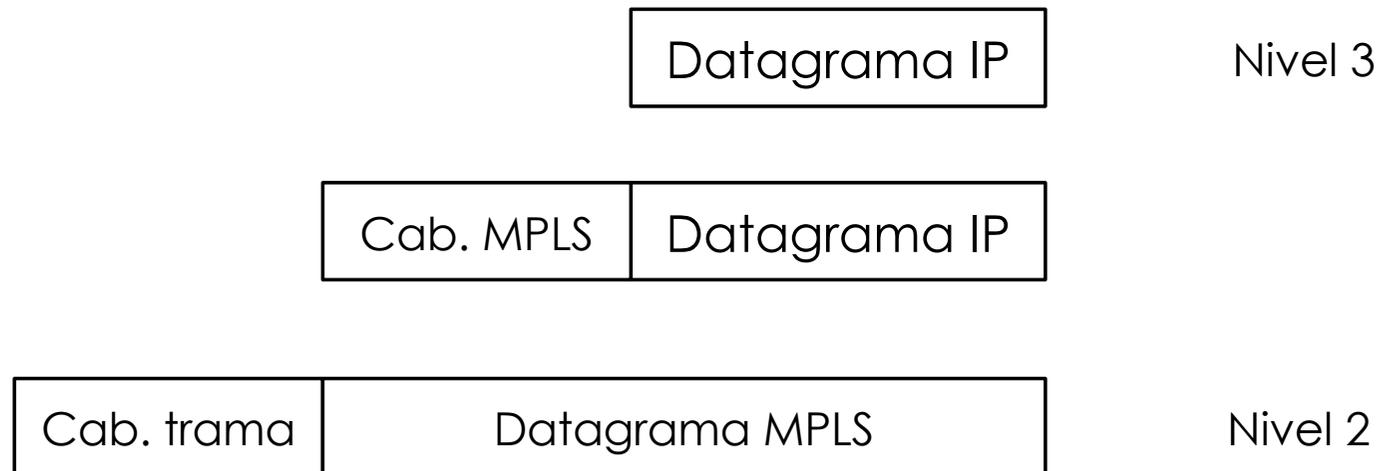
Terminología MPLS

- Upstream
 - Sentido por donde va la información de encaminamiento y de distribución de etiquetas a partir de un prefijo
- Downstream
 - Sentido por donde circulan los datagramas de datos hacia un prefijo



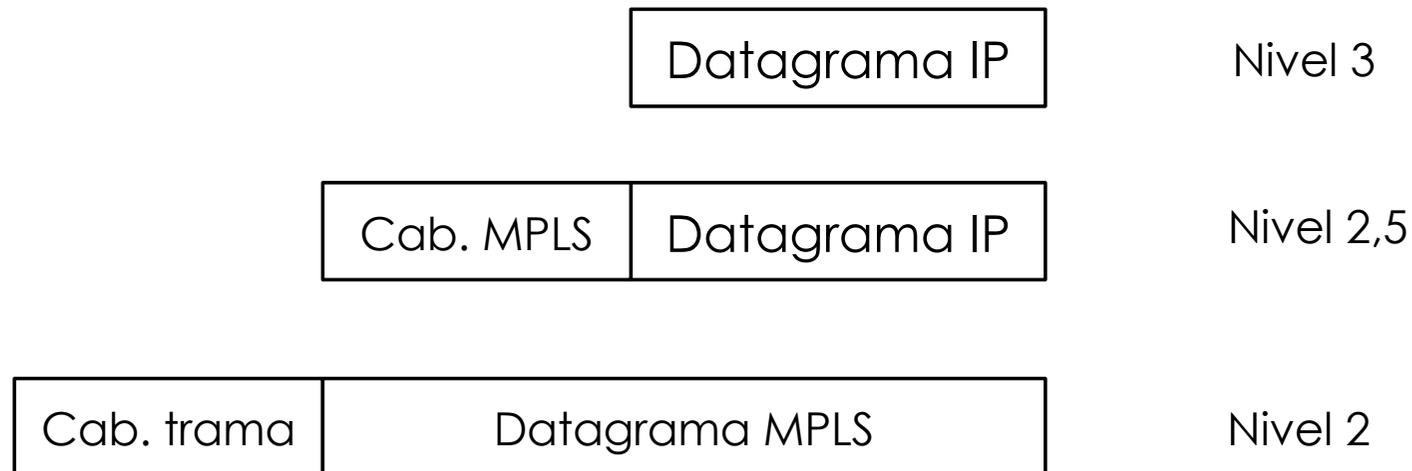
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Formato de una etiqueta



3.2 – Multiprotocol Label Switching

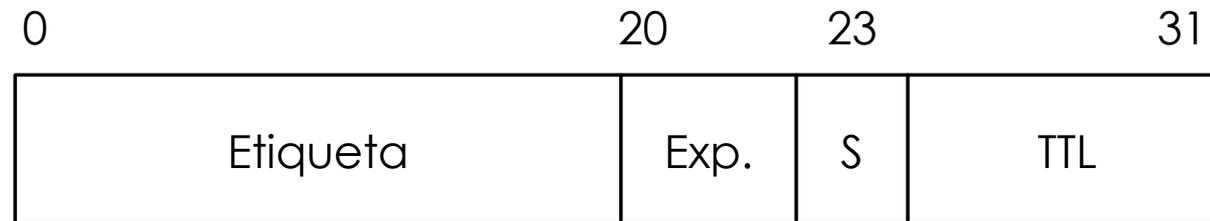
Formato de una etiqueta



Como está entre el 2 y el 3, se suele indicar como protocolo de nivel 2,5

3.2 – Multiprotocol Label Switching

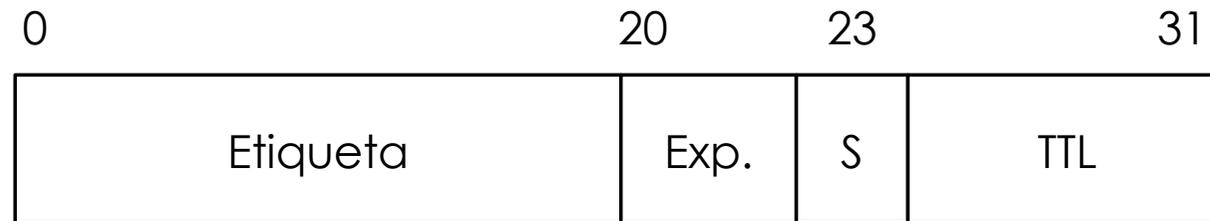
Formato de una etiqueta



- Etiquetas (20 bits)
 - Los valores de 0 a 15 están reservados para funciones particulares
- Exp. (3 bits)
 - Campo experimental usado con la idea de definir prioridades diferentes
 - No se suele usar
- S (1 bit)
 - Se usa para poder encapsular cabeceras MPLS dentro de otro MPLS
 - Función que se llama label stack
 - Cuando el valor es 0, quiere decir que hay otra etiqueta interna
 - Cuando es 1, es la última cabecera

3.2 – Multiprotocol Label Switching

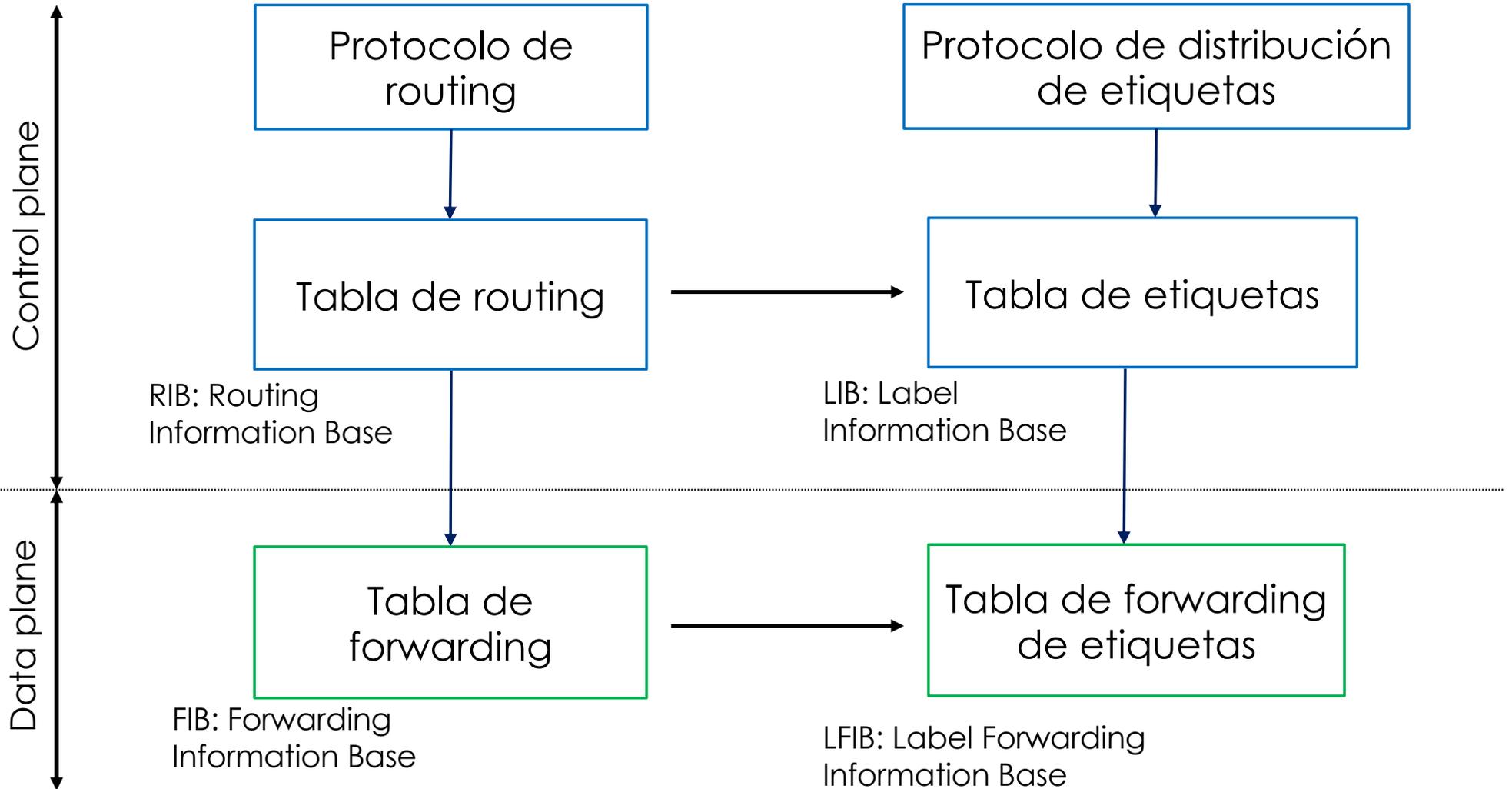
Formato de una etiqueta



- TTL (8 bits)
 - Tiempo de vida del datagrama MPLS
 - Funciona igual que en IP
 - Sirve para que un datagrama perdido no se quede en la red eternamente
 - El origen pone un valor; cada router reduce el valor de 1; si el valor llega a 0, el datagrama se tira

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Estructura de las bases de datos MPLS



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Estructura de las bases de datos MPLS

Control plane

Contiene toda aquella información completa, necesaria para optimizar los cambios y la creación de nuevas entradas

Prefijo	Clase	Local label	Input interfaz	Output label	Output interfaz

Protocolo de distribución de etiquetas

Tabla de etiquetas

LIB: Label Information Base

Data plane

Contiene la información estrictamente necesaria para hacer el forwarding

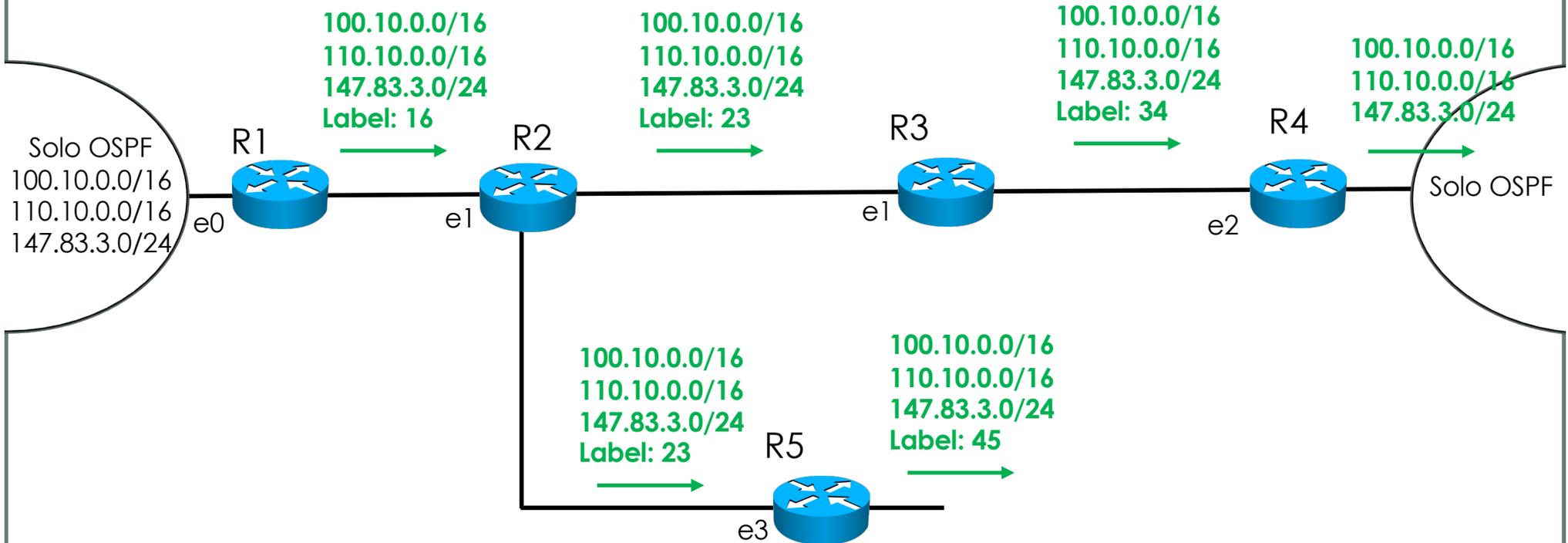
Local label	Output label	Output interfaz

Tabla de forwarding de etiquetas

LFIB: Label Forwarding Information Base

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo

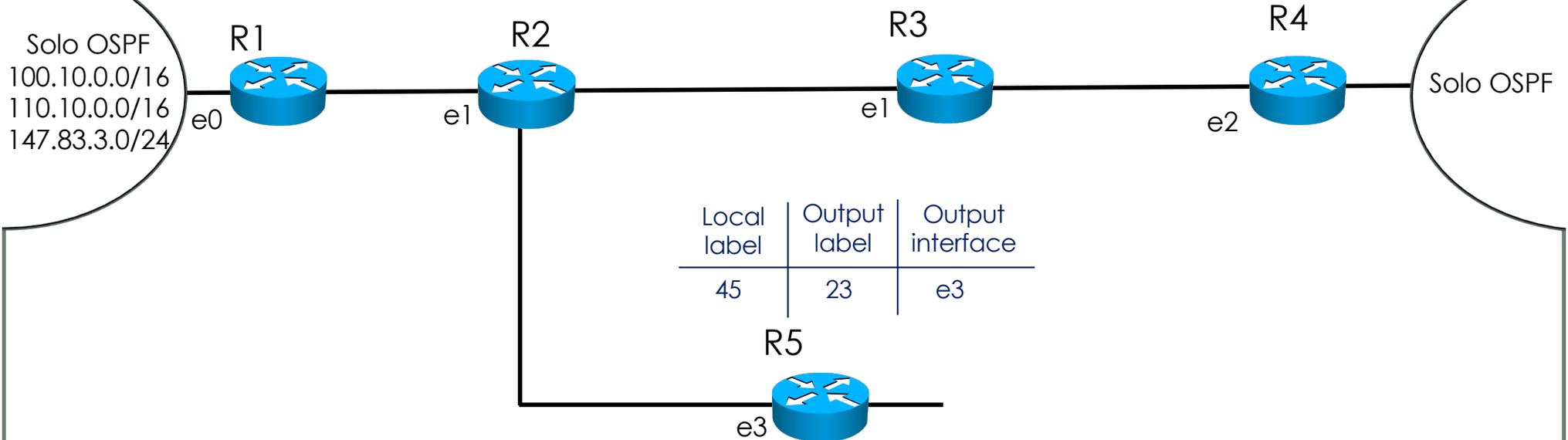
Local label	Output label	Output interface
16	pop	e0

Local label	Output label	Output interface
23	16	e1

Local label	Output label	Output interface
34	23	e1

Local label	Output label	Output interface
push	34	e2

Local label	Output label	Output interface
45	23	e3



¿Sabrías indicar cual es el LSP?

3.2 – Multiprotocol Label Switching

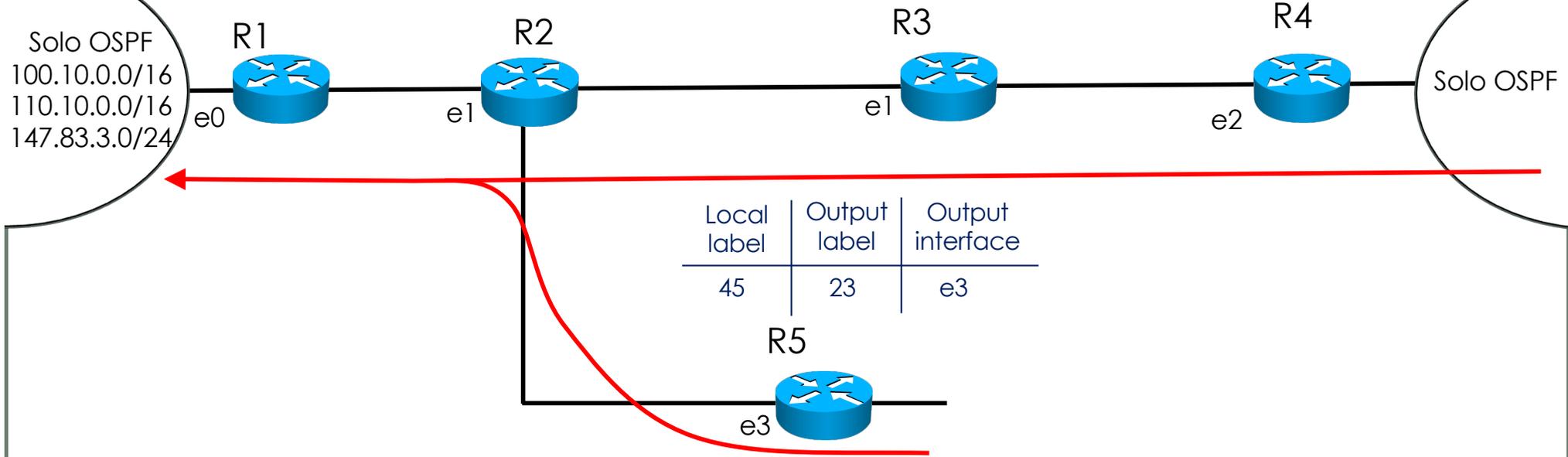
Ejemplo de funcionamiento completo

Local label	Output label	Output interface
16	pop	e0

Local label	Output label	Output interface
23	16	e1

Local label	Output label	Output interface
34	23	e1

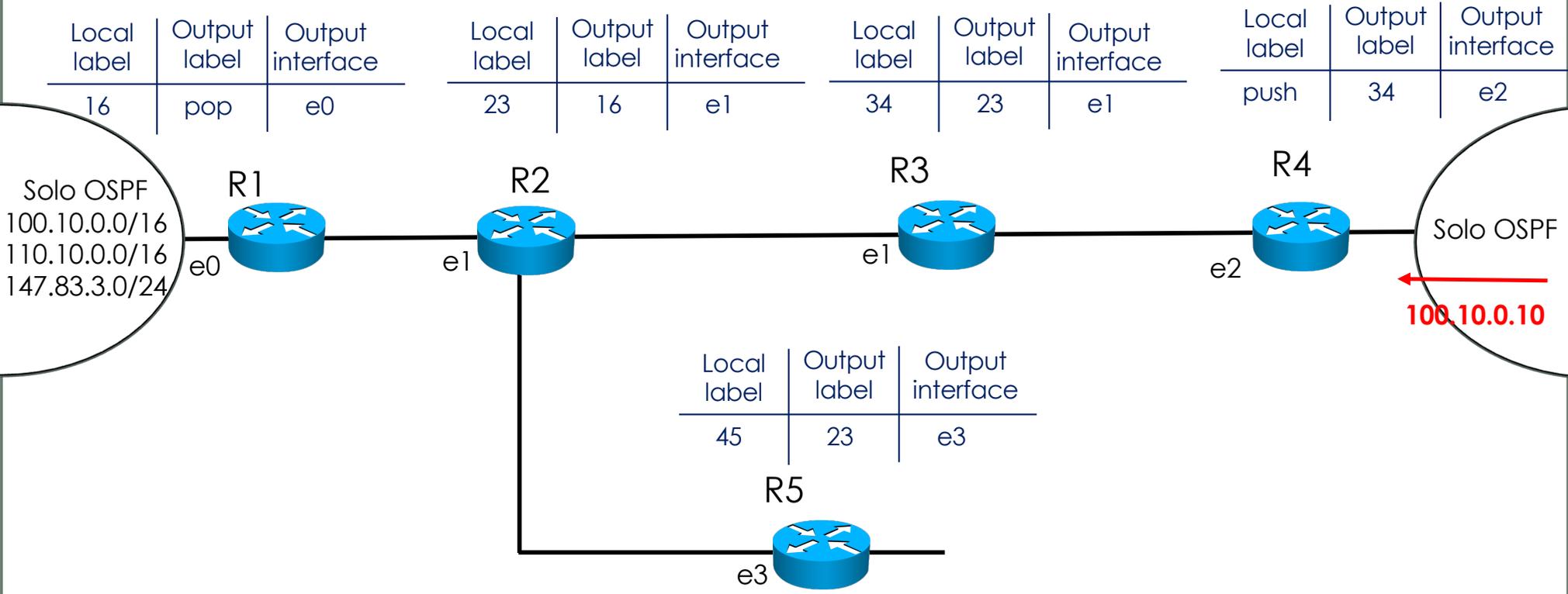
Local label	Output label	Output interface
push	34	e2



¿Sabrías indicar cual es el LSP?

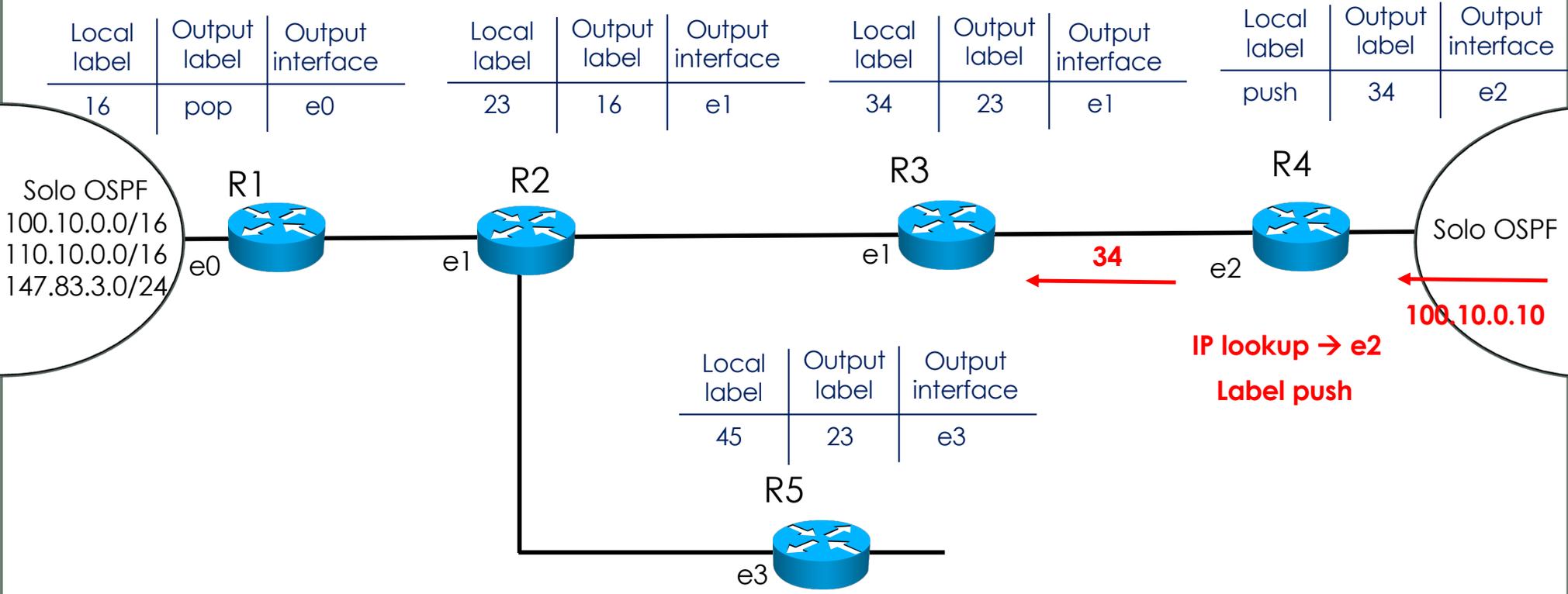
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



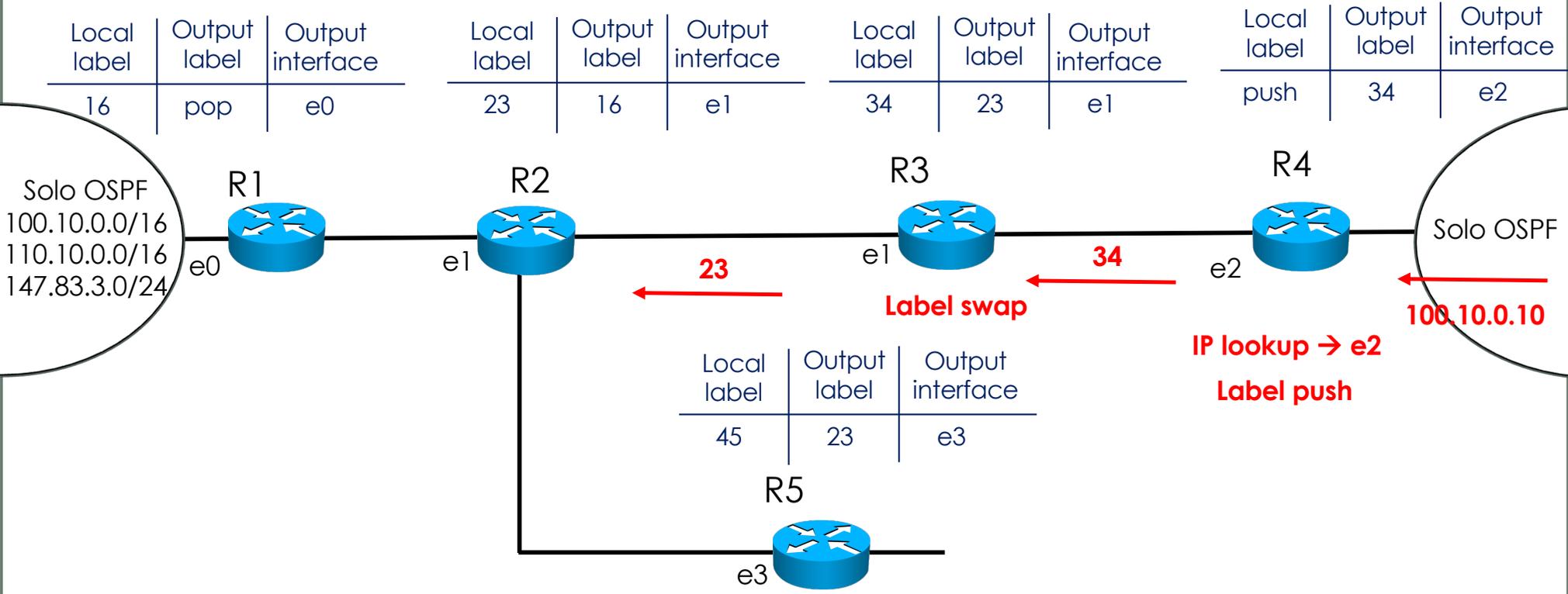
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



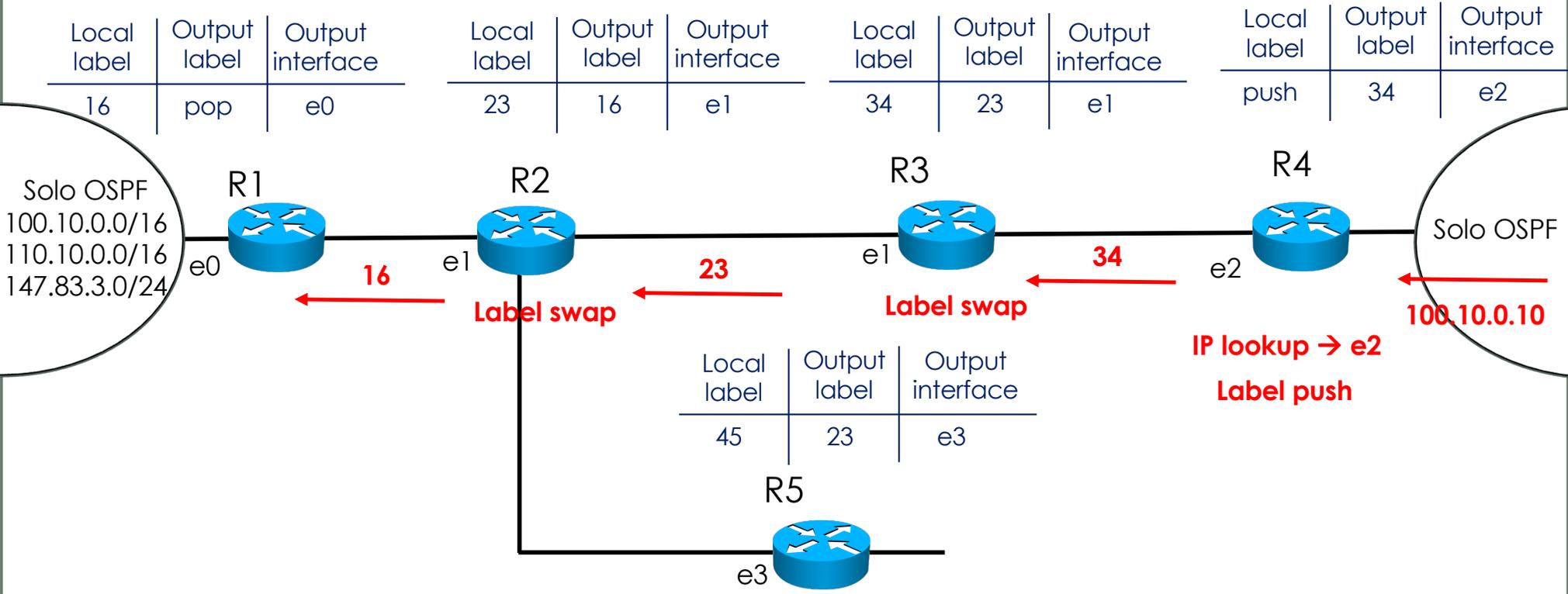
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo

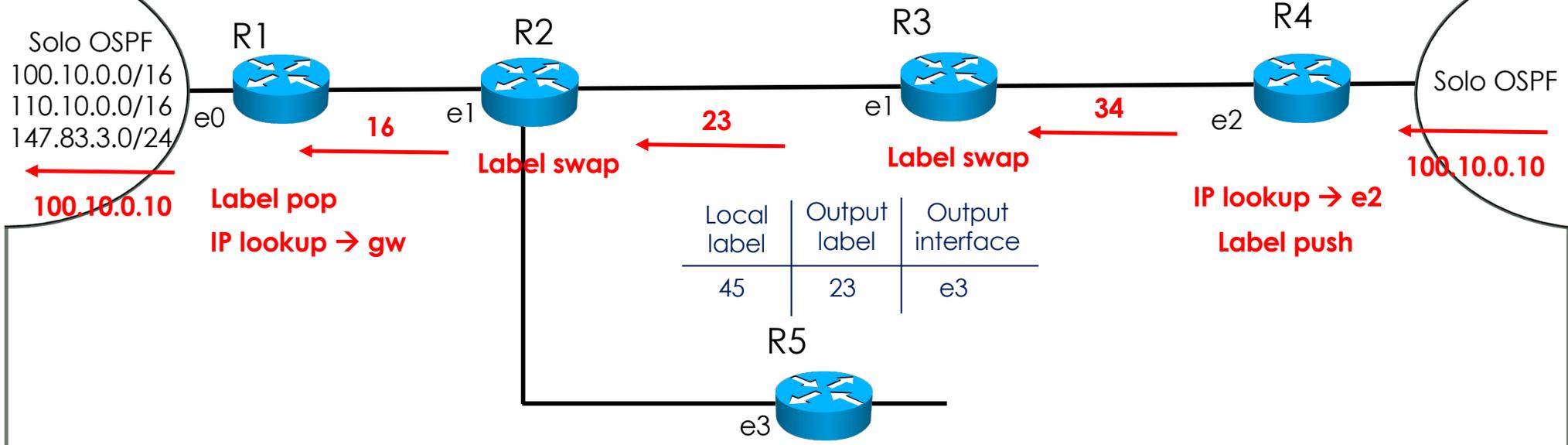
Local label	Output label	Output interface
16	pop	e0

Local label	Output label	Output interface
23	16	e1

Local label	Output label	Output interface
34	23	e1

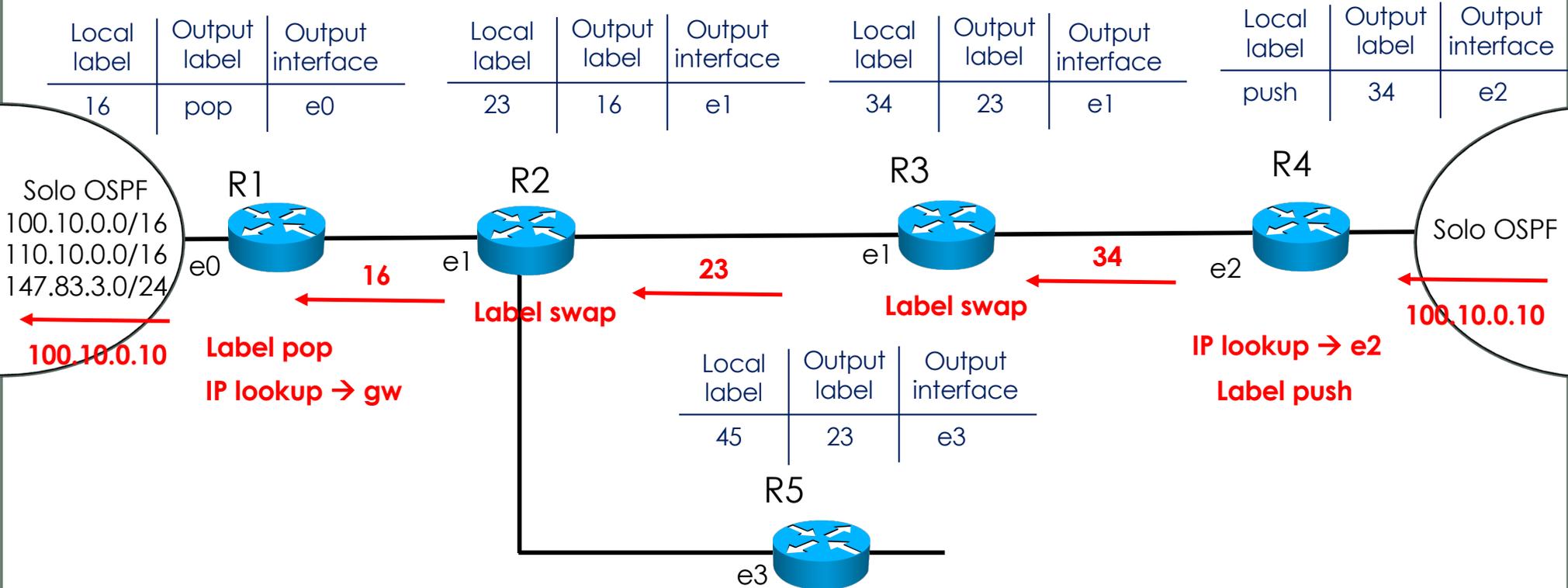
Local label	Output label	Output interface
push	34	e2

Local label	Output label	Output interface
45	23	e3



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento completo



- Operaciones totales:
 - 2 IP lookup
 - 1 label pop
 - 1 label push
 - 2 label swap

3.2 – Multiprotocol Label Switching

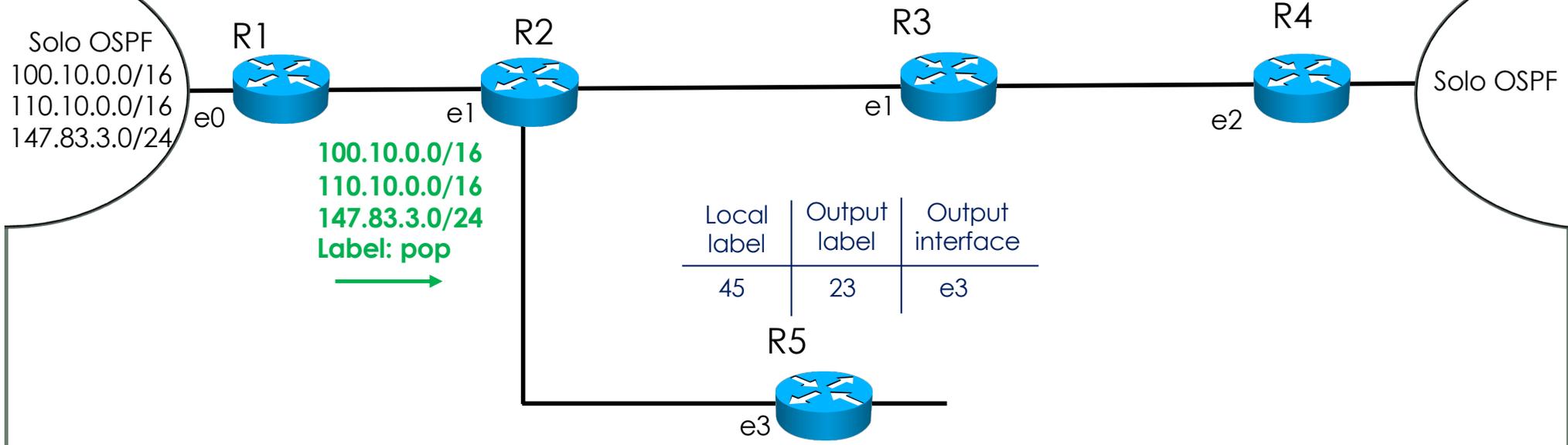
Mejora: Penultimate Hop Popping (PHP)

Local label	Output label	Output interface
pop	-	e0

Local label	Output label	Output interface
23	pop	e1

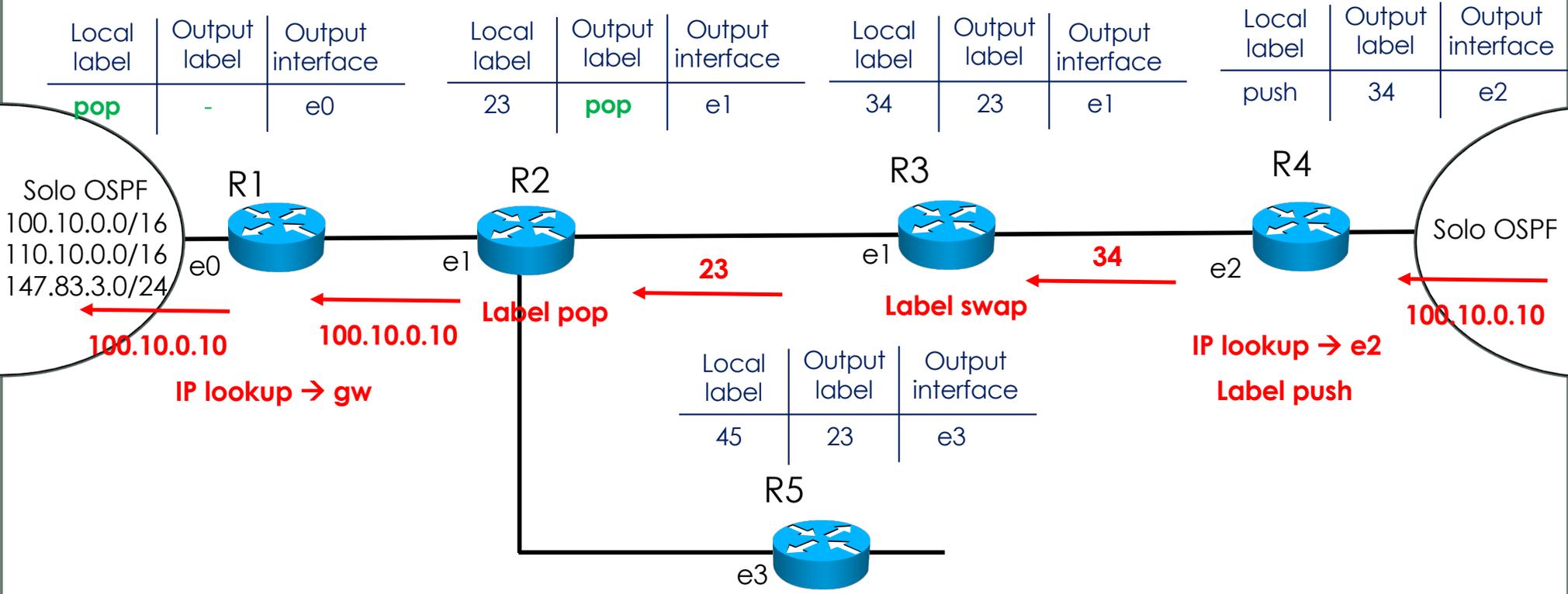
Local label	Output label	Output interface
34	23	e1

Local label	Output label	Output interface
push	34	e2



3.2 – Multiprotocol Label Switching

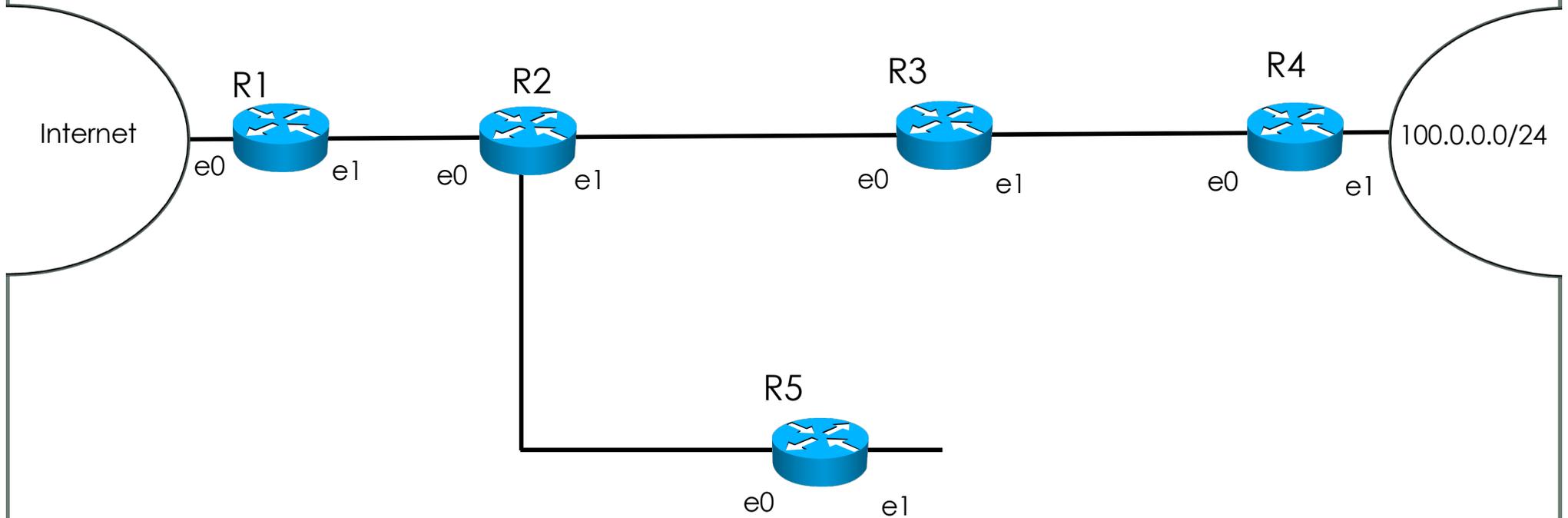
Mejora: Penultimate Hop Popping (PHP)



- Para ahorrarse un label swap, se puede adelantar el pop al penúltimo LSR en lugar de esperar llegar al último
- MPLS funciona por defecto con PHP

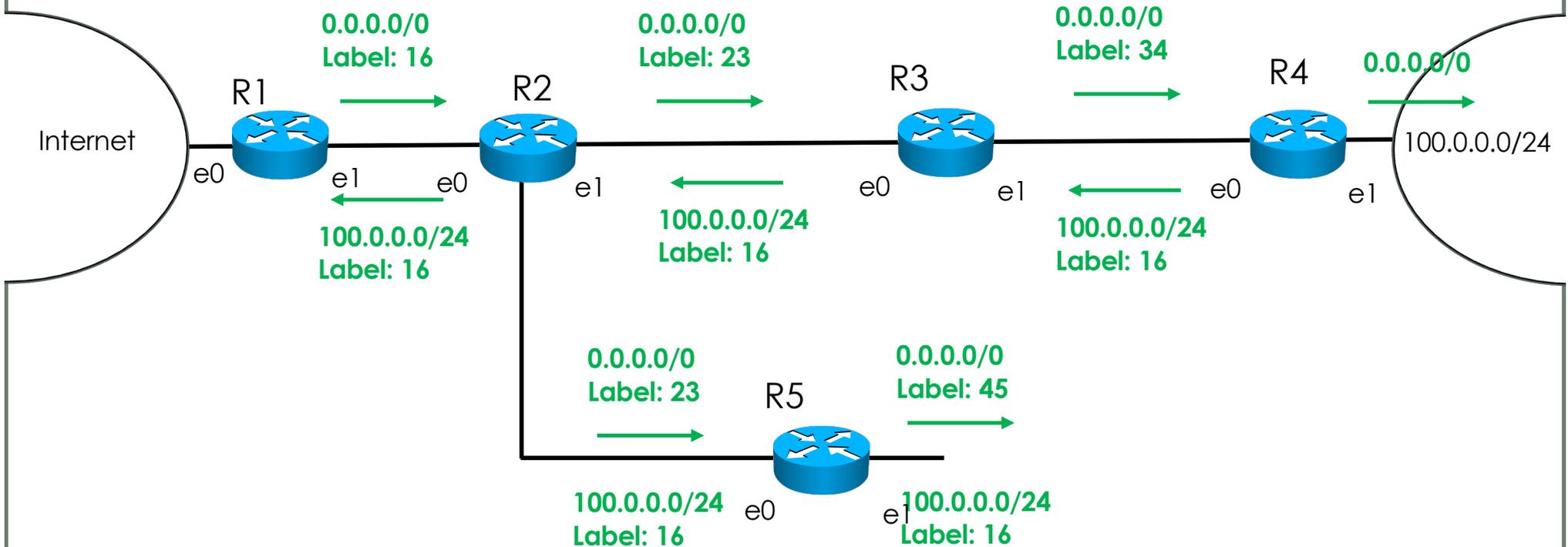
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Otro ejemplo



3.2 – Multiprotocol Label Switching

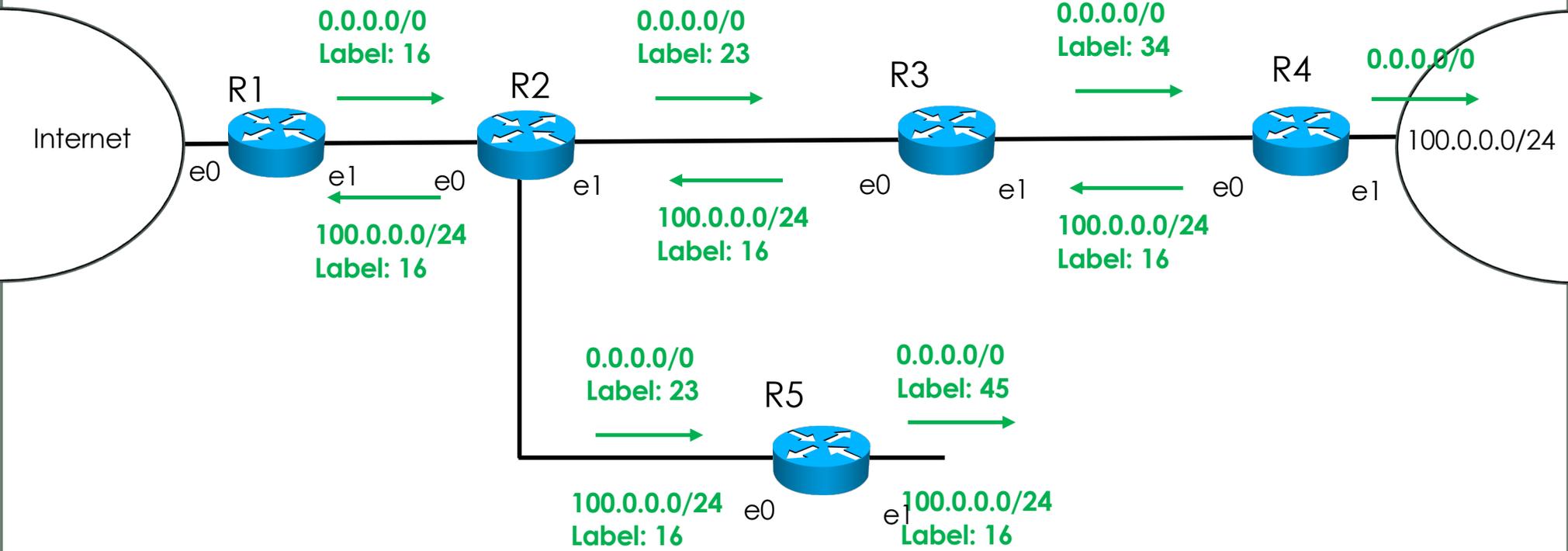
Otro ejemplo



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Otro ejemplo

Local label	Output label	Output interface	Local label	Output label	Output interface	Local label	Output label	Output interface	Local label	Output label	Output interface
16	pop 16	e0	23	16	e0	34	23	e0	push 16	34	e0
push 16		e1	16	16	e1	16	16	e1	pop 16	pop 16	e1



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Pregunta

- MPLS proporciona transmisión de paquetes
- ¿Sabrías decir si es?
 - Conmutación de circuitos
 - Conmutación de paquetes
 - Conmutación de circuitos virtuales

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Pregunta

- ¿IP en cambio es?
 - Conmutación de circuitos
 - Conmutación de paquetes
 - Conmutación de circuitos virtuales

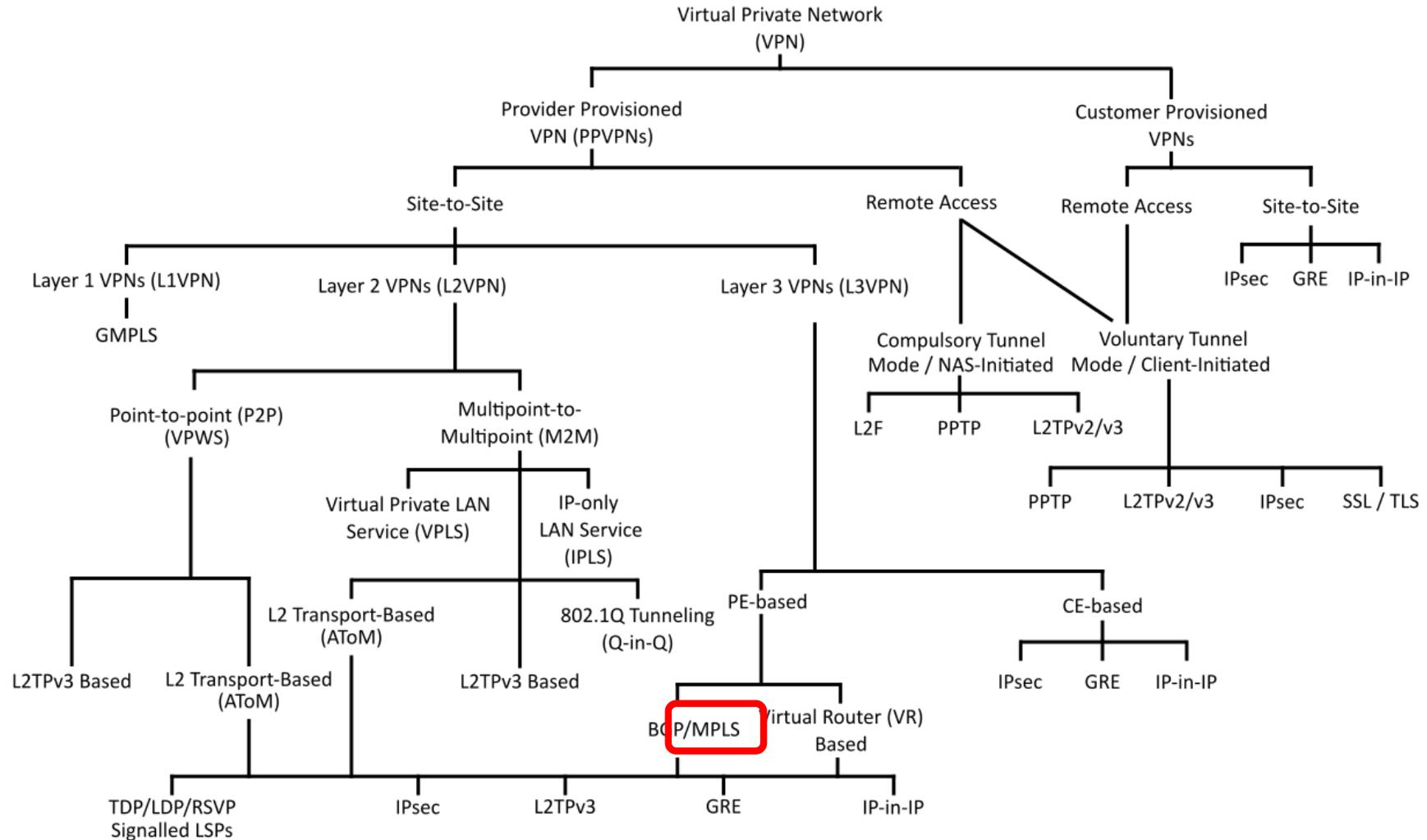
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Objetivos

- Es un protocolo que nació para **agilizar y acelerar** el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - Servicio VPN
 - Servicio de agregación de rutas
 - Mecanismos de búsqueda rápida de caminos alternativos en caso de fallo
 - Ingeniería de Trafico (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

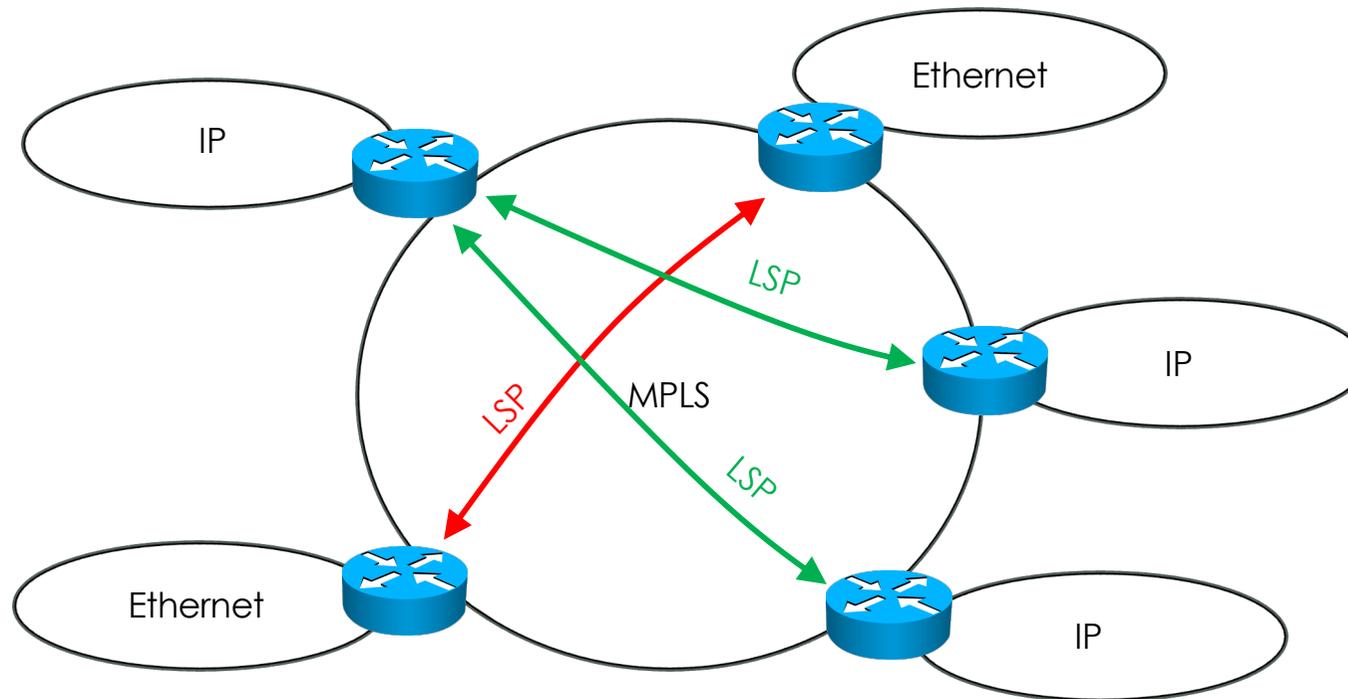
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Objetivos



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Servicio VPN



- Los LSP se pueden ver como túneles, donde los paquetes están “escondidos” dentro de MPLS
- Da soporte a la construcción de VPN
- Es multiprotocolo: permite otras tecnologías que no sean IP

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Servicio VPN

- Se puede añadir un servicio de autenticación antes de establecer un LSP
- Los paquetes encapsulados con MPLS se pueden cifrar, los routers intermedios necesitan tomar decisiones solo sobre las etiquetas
- Se puede añadir integridad de los paquetes encapsulados con MPLS

3.2 – Multiprotocol Label Switching

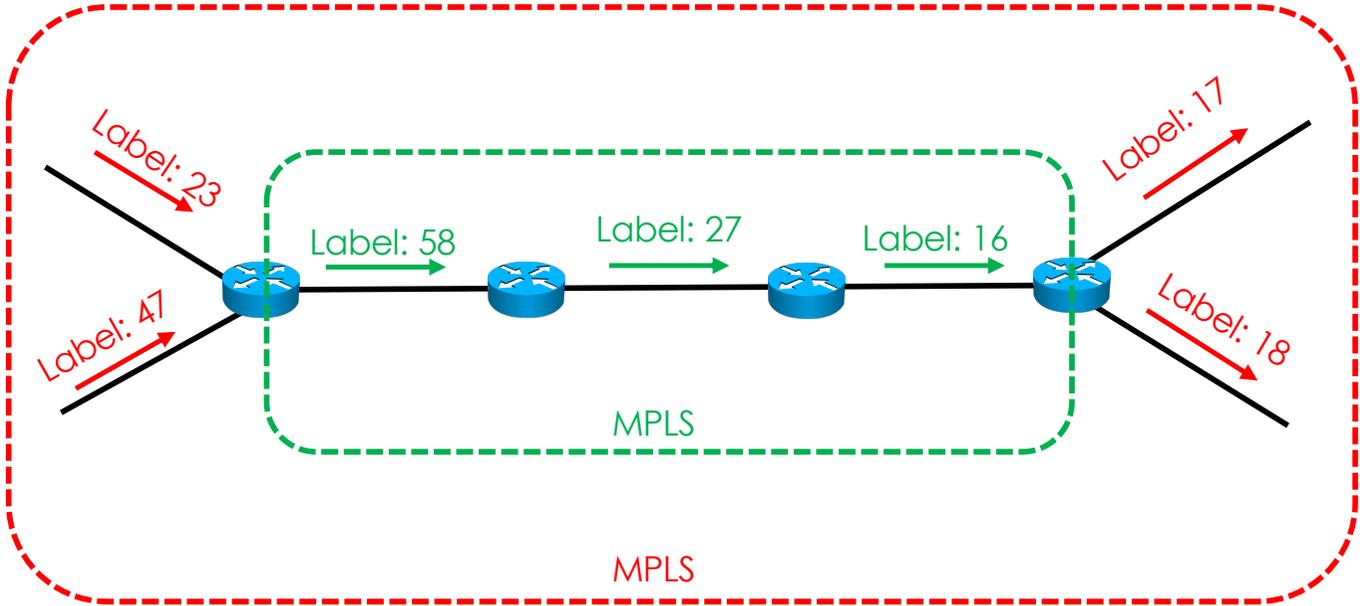
Objetivos

- Es un protocolo que nació para **agilizar y acelerar** el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - **Servicio VPN**
 - Servicio de agregación de rutas
 - Mecanismos de búsqueda rápida de caminos alternativos en caso de fallo
 - Ingeniería de Trafico (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP



Local label	Output label
58	pop
17	23
18	47

Local label	Output label
27	58

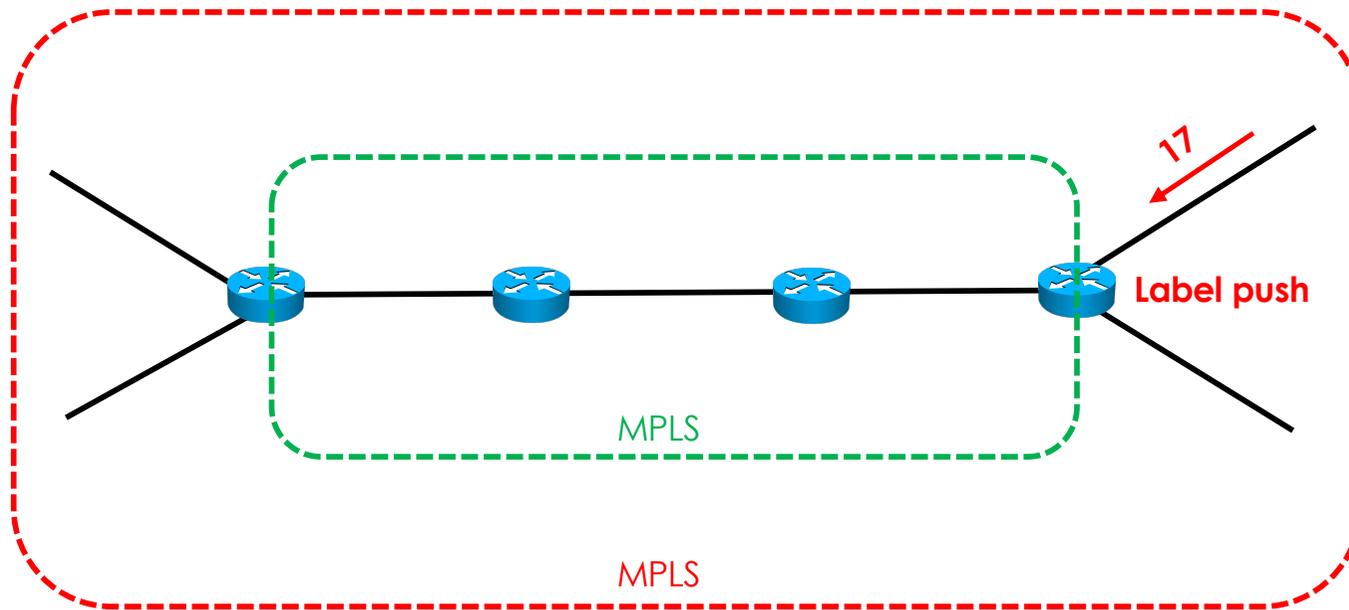
Local label	Output label
16	27

Local label	Output label
17	push
18	push
push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP



Local label	Output label
58	pop
17	23
18	47

Local label	Output label
27	58

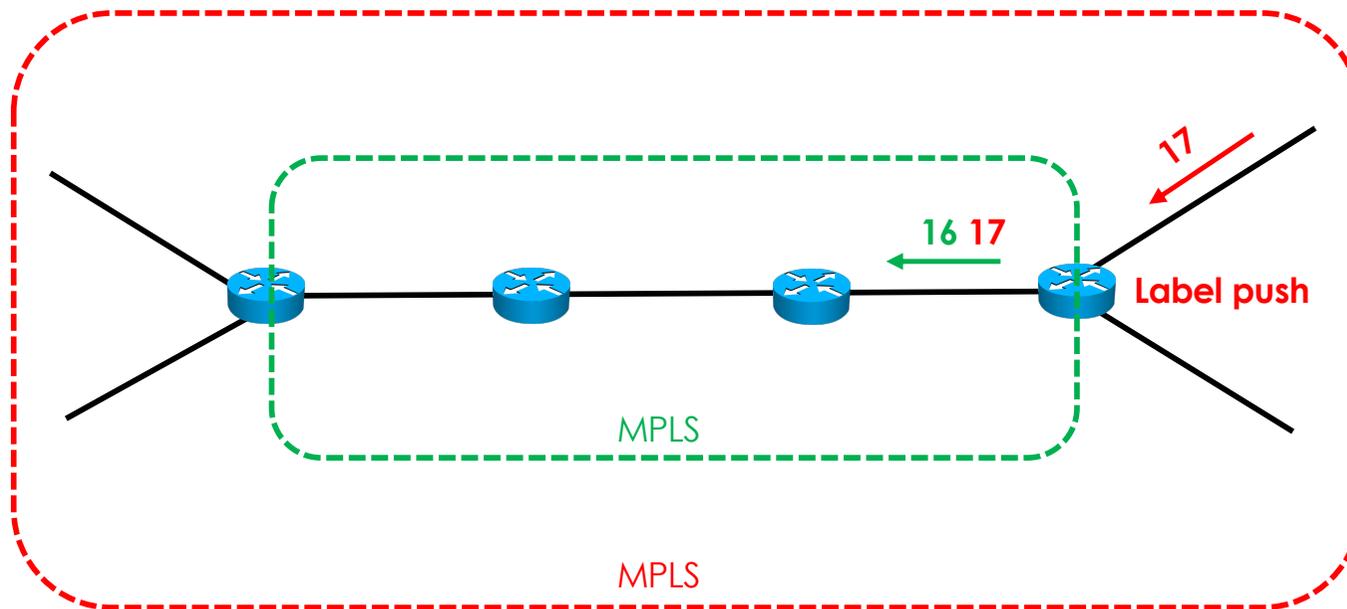
Local label	Output label
16	27

Local label	Output label
17	push ←
18	push
push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP

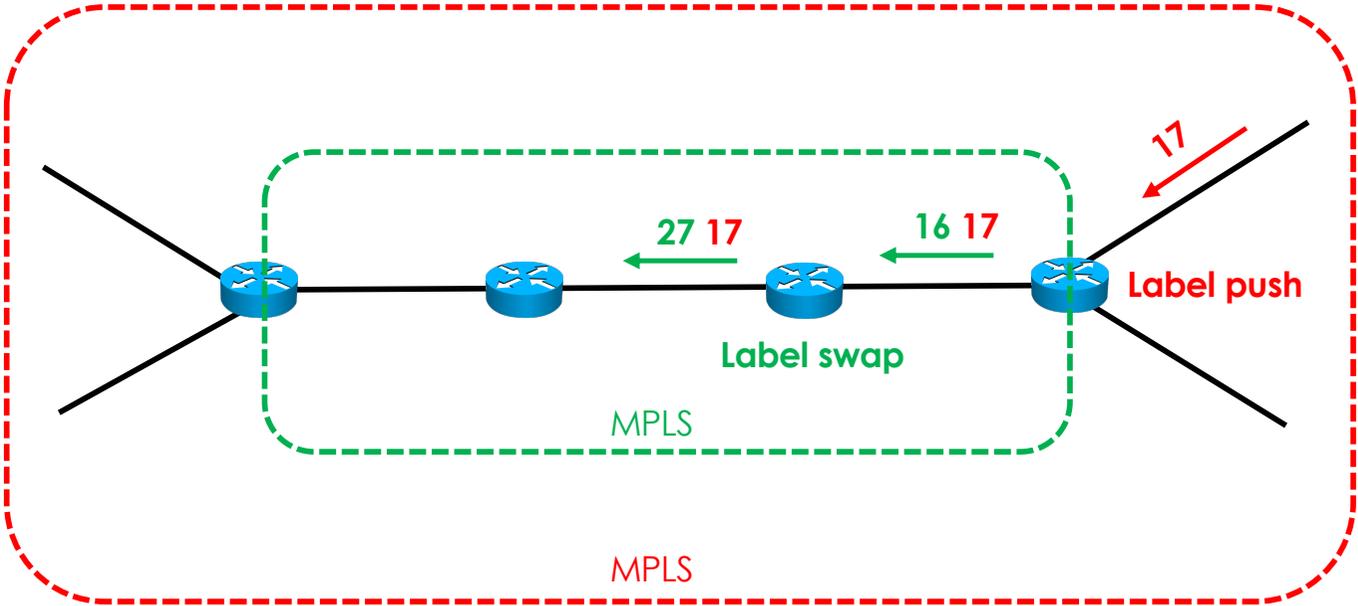


Local label	Output label						
58	pop	27	58	16	27	17	push
17	23					18	push
18	47					→ push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP



Local label	Output label
58	pop
17	23
18	47

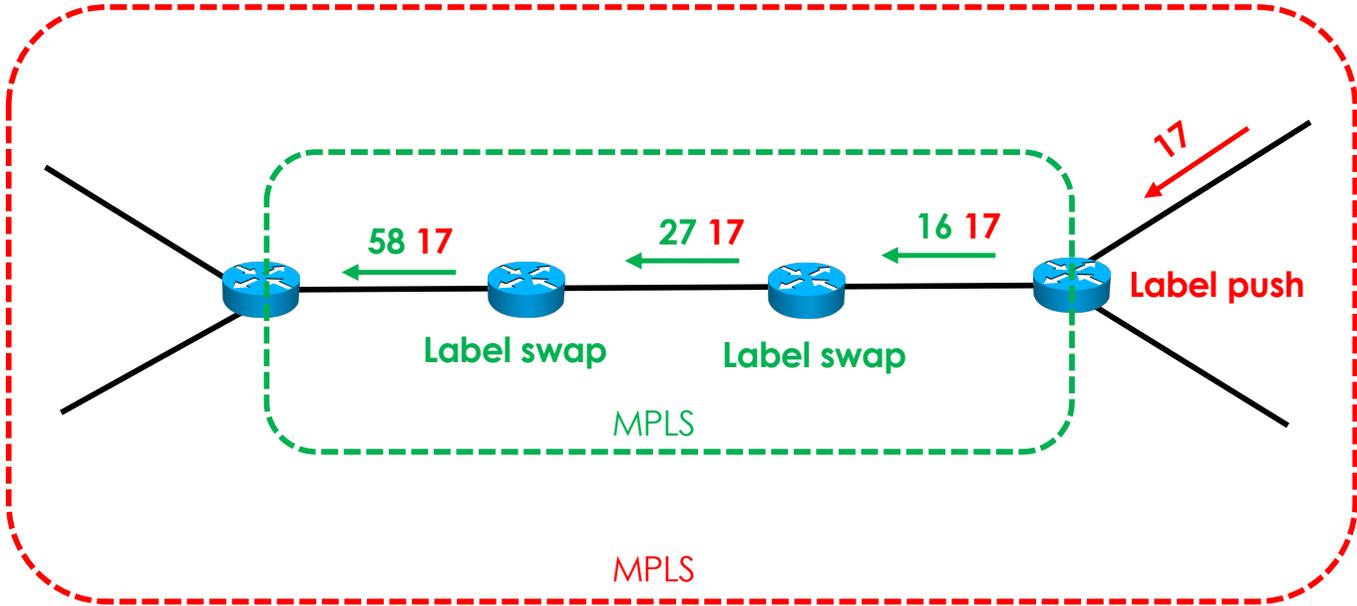
Local label	Output label	Local label	Output label
27	58	16	27

Local label	Output label
17	push
18	push
push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP

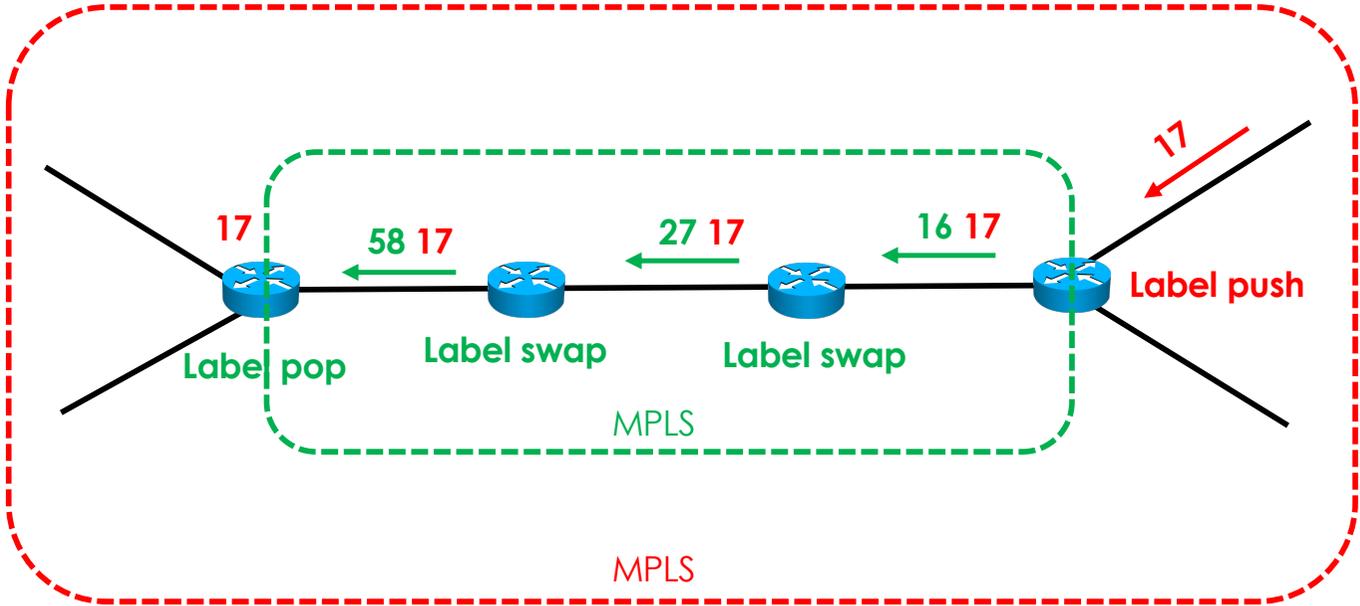


Local label	Output label		Local label	Output label	Local label	Output label	Local label	Output label
58	pop	→	27	58	16	27	17	push
17	23						18	push
18	47						push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP

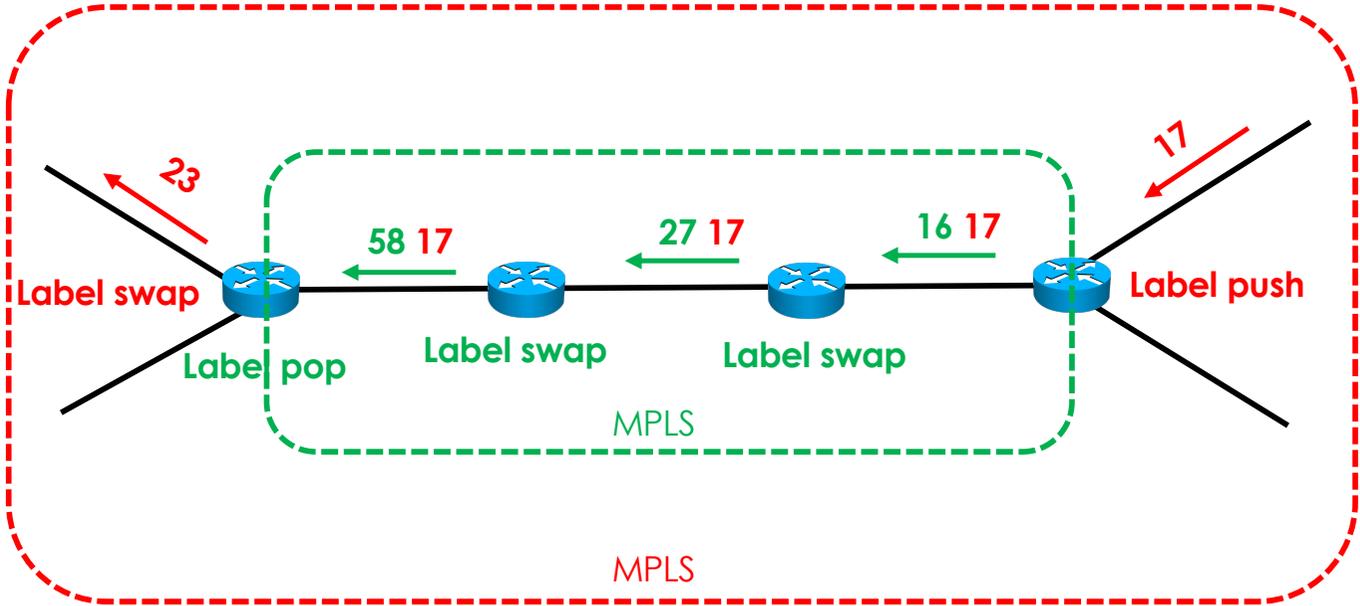


	Local label	Output label						
→	58	pop	27	58	16	27	17	push
	17	23					18	push
	18	47					push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Label stack

- Una zona MPLS puede encapsular otra zona MPLS
- Agregación de caminos LSP



Local label	Output label						
58	pop	27	58	16	27	17	push
→ 17	23					18	push
18	47					push	16

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Objetivos

- Es un protocolo que nació para **agilizar y acelerar** el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - **Servicio VPN**
 - **Servicio de agregación** de rutas
 - Mecanismos de búsqueda rápida de caminos alternativos en caso de fallo
 - Ingeniería de Trafico (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

3.2 – Multiprotocol Label Switching

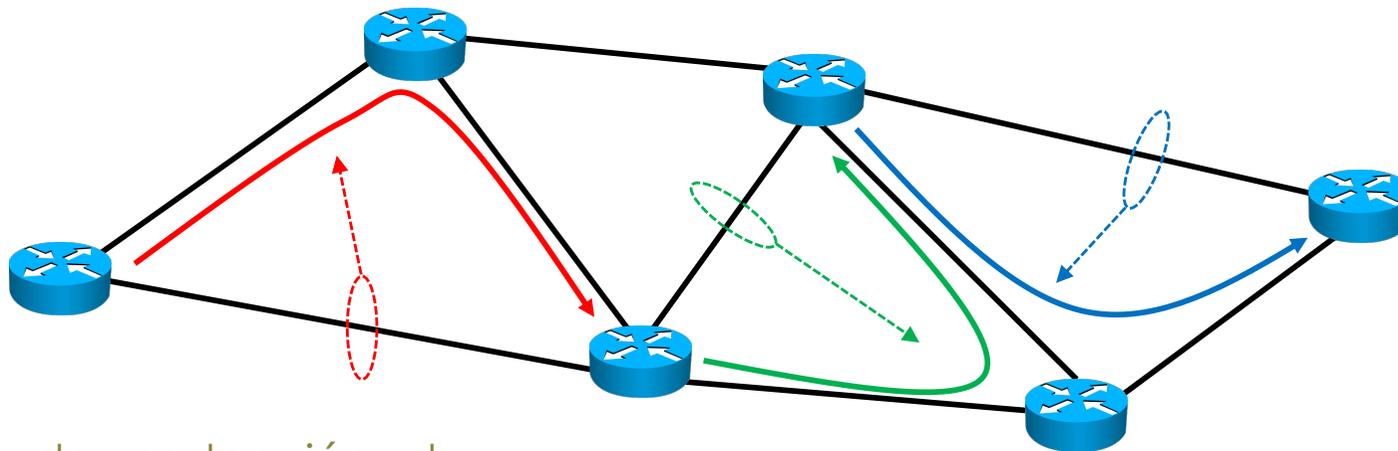
Recuperación de fallos

- En caso de algún fallo
- Redes IP
 - Cuando hay un fallo, se distribuye el nuevo estado, se calculan nuevos caminos y se crean nuevas entradas en las tablas
 - Método de tipo reactivo
 - La convergencia puede ser lenta
- Redes MPLS
 - Se calculan caminos alternativos desde el principio que se activan solo cuando se detecta un fallo
 - Método de tipo proactivo
 - La convergencia es más rápida
 - MPLS fast reroute

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del enlace

- Cada enlace se protege con un LSP de backup
- Este LSP de backup tiene la misma pareja de routers que conecta este enlace, pero usa un camino alternativo a la conexión directa
- Todos los LSP que pasan por un enlace que cae, se re-direccionan en el LSP de backup, para luego volver al LSP original

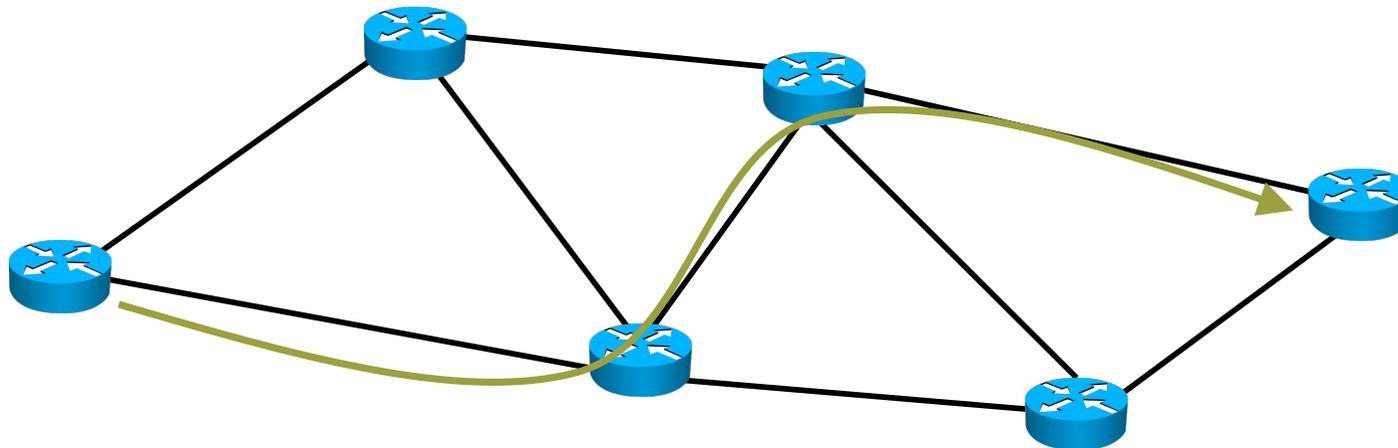


Ejemplo de protección de estos tres enlaces

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del enlace

- Cada enlace se protege con un LSP de backup
- Este LSP de backup tiene la misma pareja de routers que conecta este enlace, pero usa un camino alternativo a la conexión directa
- Todos los LSP que pasan por un enlace que cae, se re-direccionan en el LSP de backup, para luego volver al LSP original

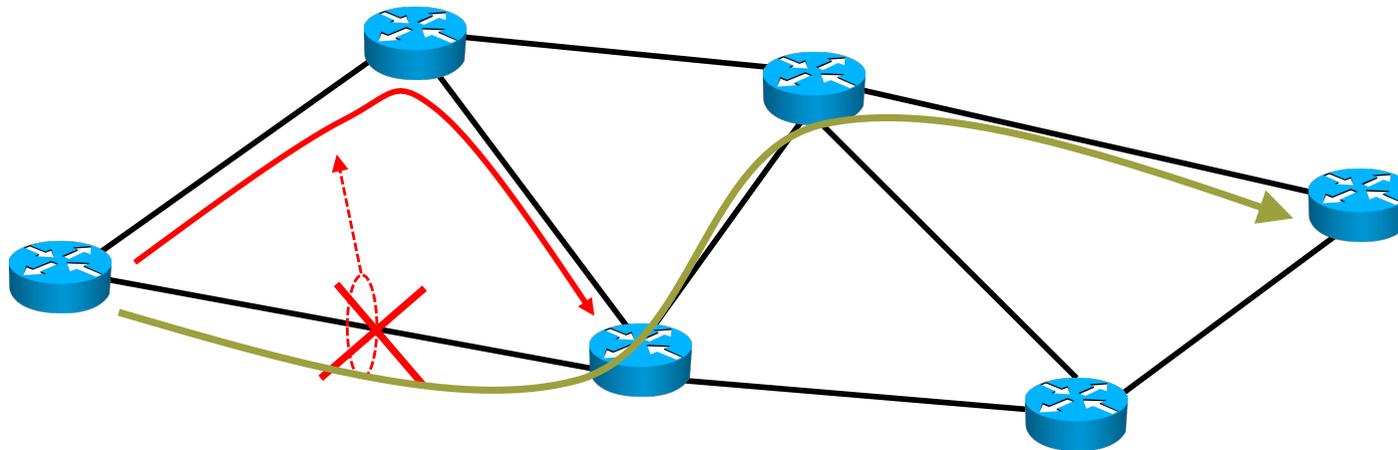


Se supone se establece este LSP

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del enlace

- Cada enlace se protege con un LSP de backup
- Este LSP de backup tiene la misma pareja de routers que conecta este enlace, pero usa un camino alternativo a la conexión directa
- Todos los LSP que pasan por un enlace que cae, se re-direccionan en el LSP de backup, para luego volver al LSP original

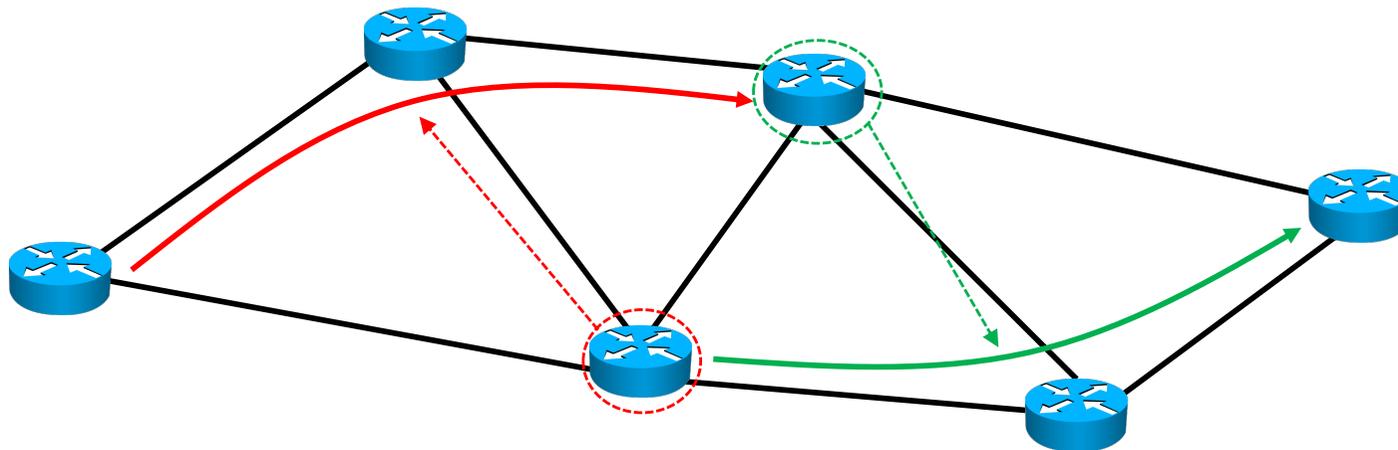


Si cae este enlace, ya hay configurado un LSP de backup
Los paquetes se redireccionan por este LSP
Luego se vuelve al LSP original

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del nodo

- Cada nodo (router) se protege con un LSP de backup
- Este LSP de backup tiene que proteger todos los LSP que pasan por el nodo
- Todos los LSP que pasan por un nodo que cae, se re-direccionan en el LSP de backup, para luego volver al LSP original

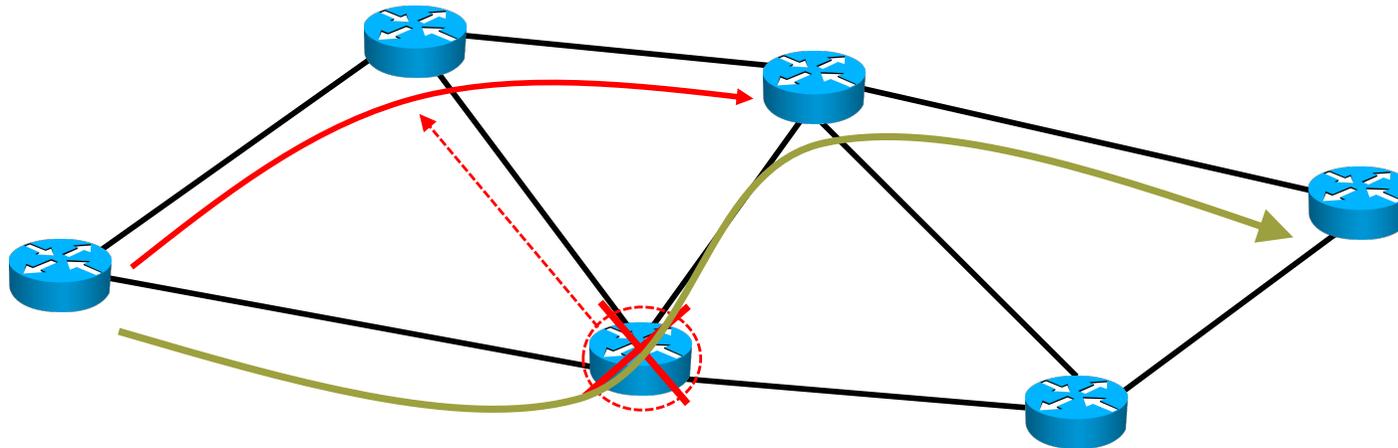


Ejemplo de protección de estos dos nodos

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del nodo

- Cada nodo (router) se protege con un LSP de backup
- Este LSP de backup tiene que proteger todos los LSP que pasan por el nodo
- Todos los LSP que pasan por un nodo que cae, se re-direccionan en el LSP de backup, para luego volver al LSP original

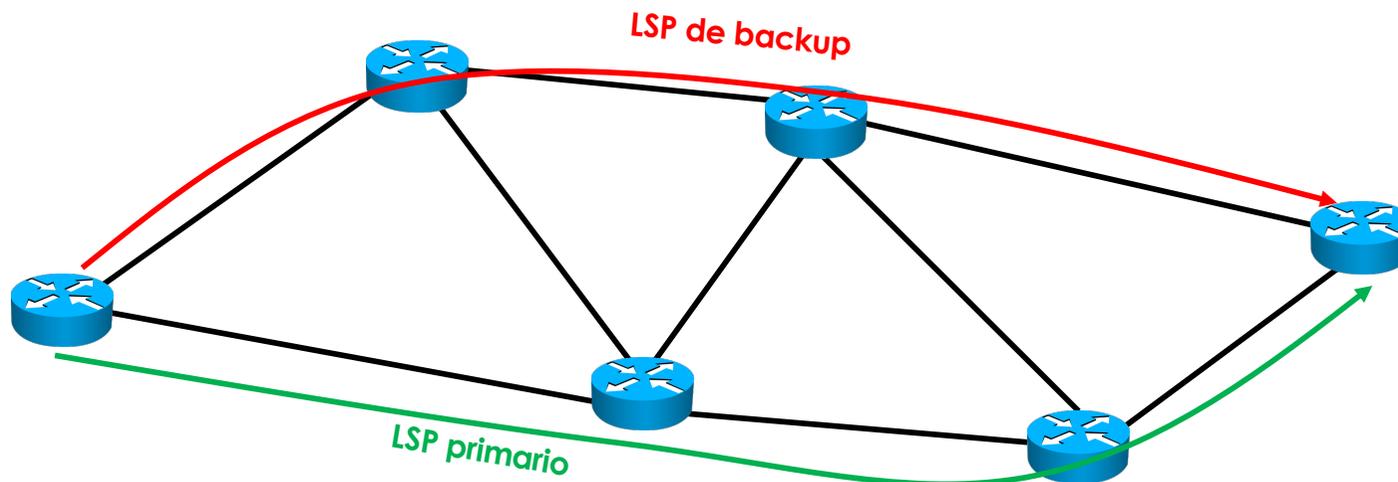


Si cae este nodo, se usa el LSP de backup del nodo anterior al fallo
Se vuelve al LSP original en el nodo posterior al fallo

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Protección del LSP

- En este caso, a la hora de establecer un LSP (llamado primario), se crea otro LSP de backup que sea disjunto del primario
 - Disjunto: no debe compartir ningún enlace o nodo con el primario (excepto origen y destino)
- Si cae un nodo o un enlace, se usa enteramente el LSP de backup
- Un LSP de backup puede ser único de un LSP primario o puede estar compartido entre varios LSP



3.2 – Multiprotocol Label Switching

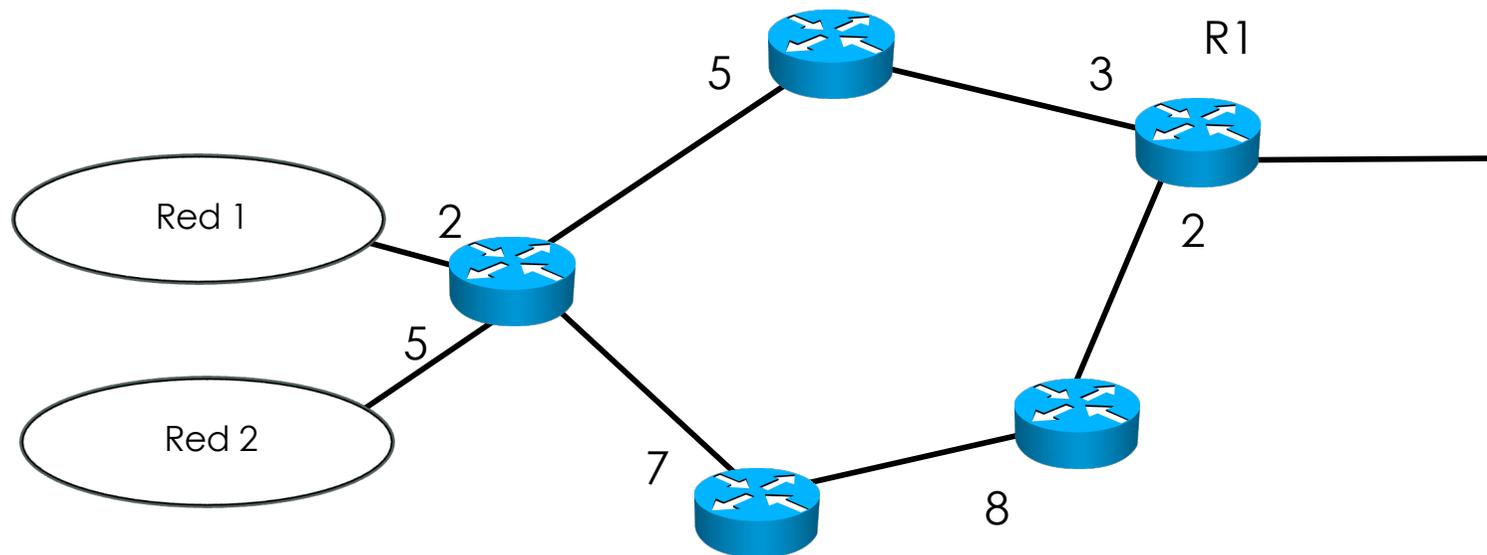
Objetivos

- Es un protocolo que nació para **agilizar y acelerar** el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - **Servicio VPN**
 - **Servicio de agregación** de rutas
 - Mecanismos de **búsqueda rápida** de caminos alternativos en caso de fallo
 - Ingeniería de Trafico (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

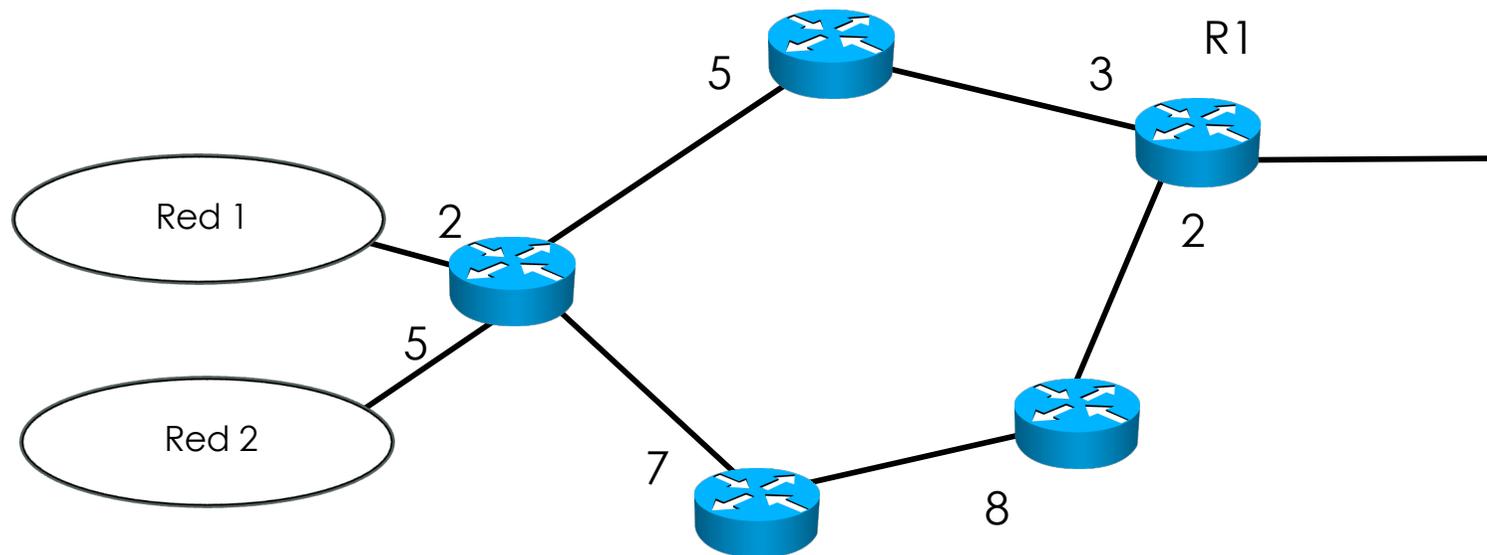
- Generalmente IP establece un camino usando una métrica
- Se selecciona el camino con métrica más baja



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

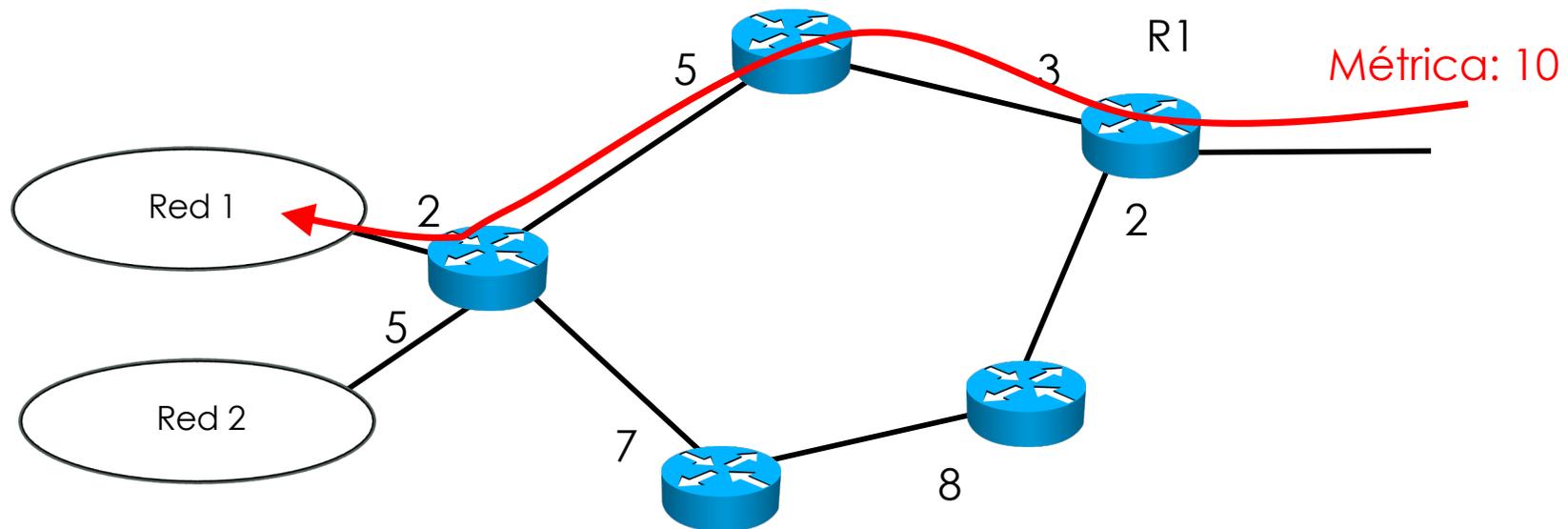
- Se supone que se quiere crear un camino para llegar de R1 a la red 1
- R1 sabe que la mejor ruta con estas métricas es



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

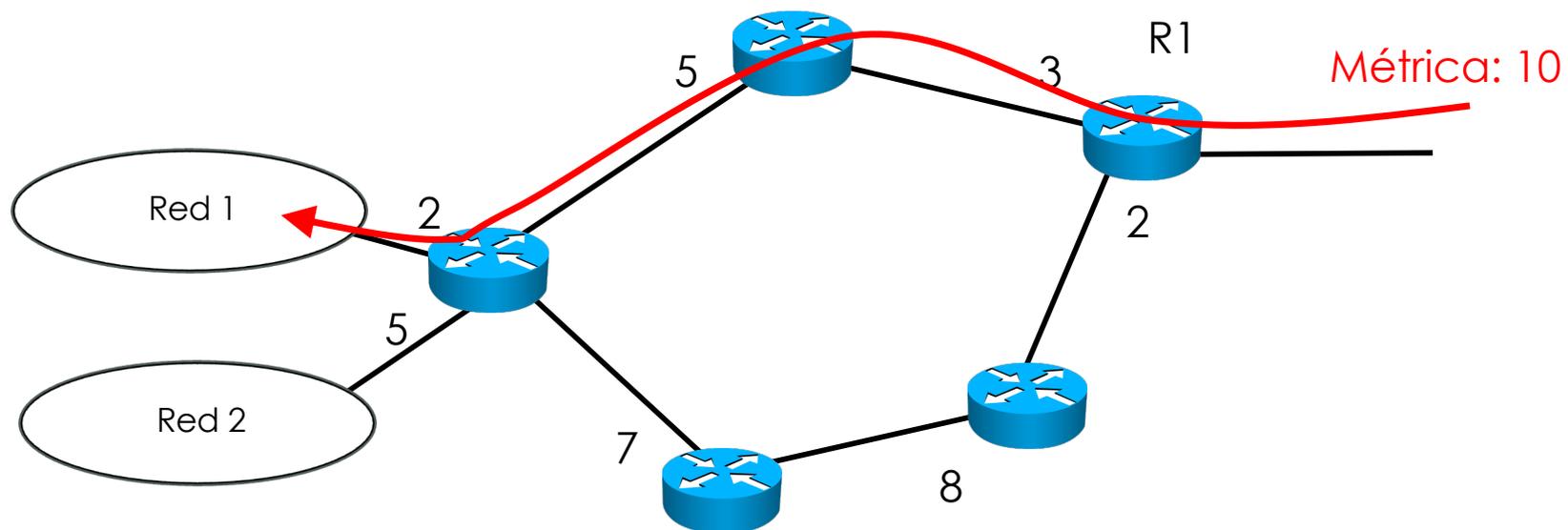
- Se supone que se quiere crear un camino para llegar de R1 a la red 1
- R1 sabe que la mejor ruta con estas métricas es



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

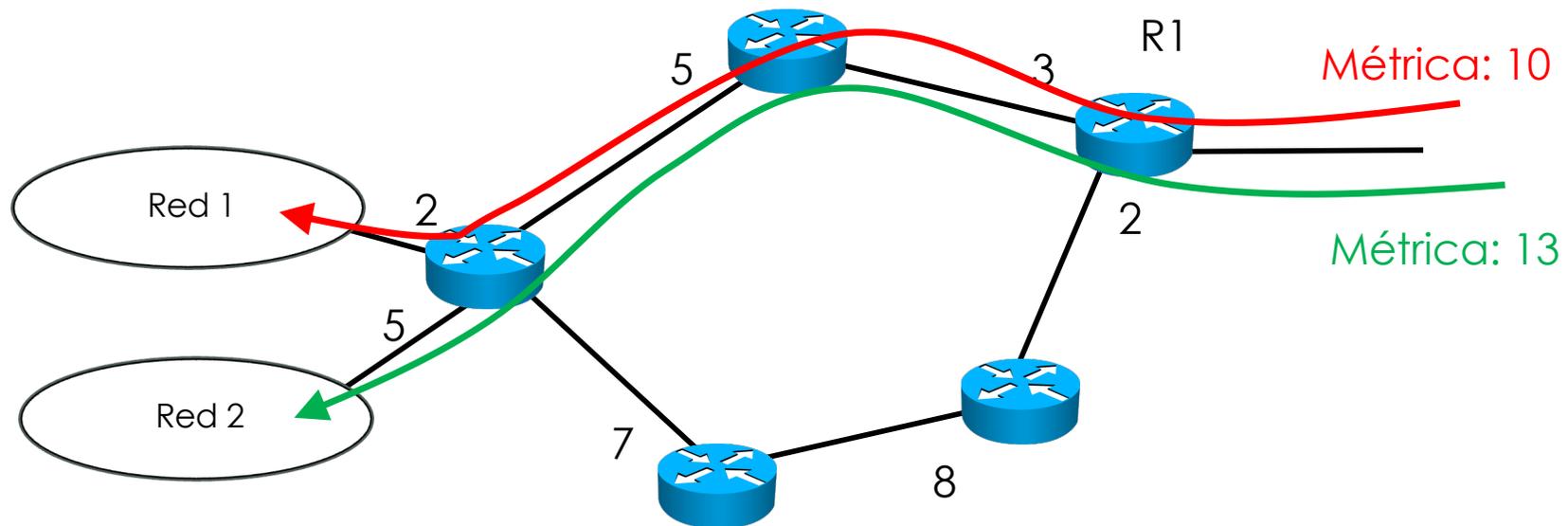
- Se supone que se quiere crear un camino para llegar de R1 a la red 1
- R1 sabe que la mejor ruta con estas métricas es
- Suponer que ahora llega otra petición para un camino de R1 a la red 2



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

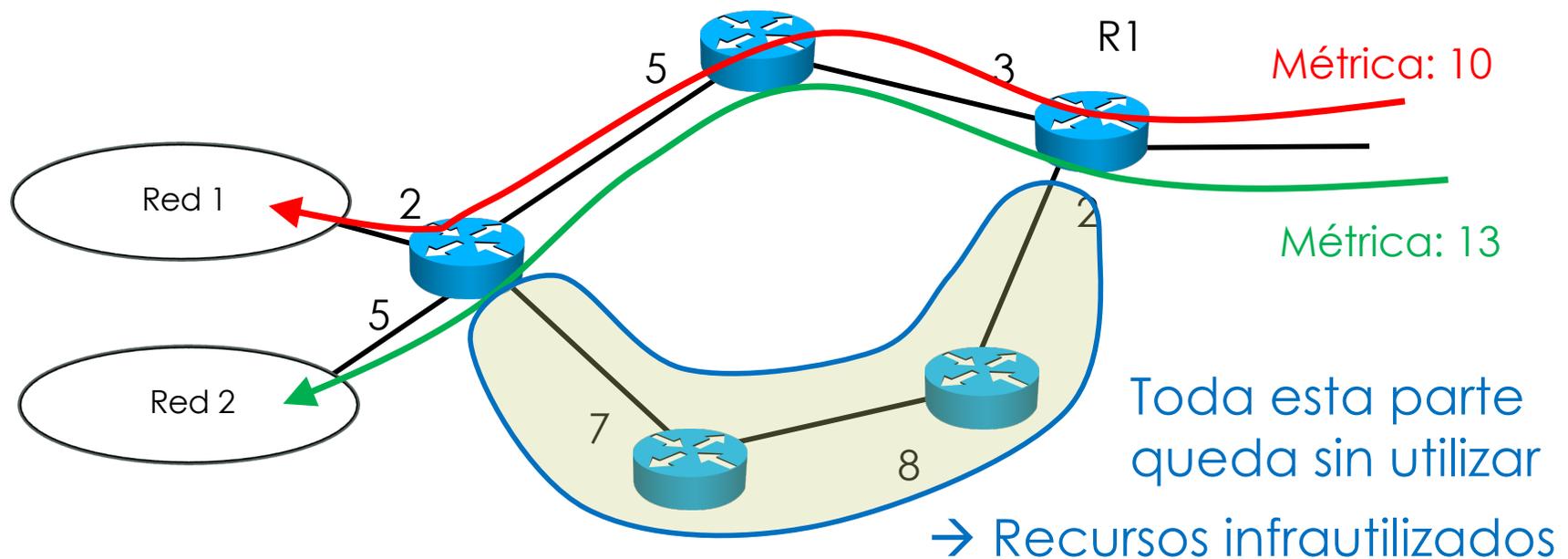
- Se supone que se quiere crear un camino para llegar de R1 a la red 1
- R1 sabe que la mejor ruta con estas métricas es
- Suponer que ahora llega otra petición para un camino de R1 a la red 2
- La mejor ruta sigue siendo la que pasa por los mismos routers



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

- Se supone que se quiere crear un camino para llegar de R1 a la red 1
- R1 sabe que la mejor ruta con estas métricas es
- Suponer que ahora llega otra petición para un camino de R1 a la red 2
- La mejor ruta sigue siendo la que pasa por los mismos routers



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

- Extensiones de Ingeniería de Tráfico
- Idea general
 - Optimizar el uso de los recursos de la infraestructura
- Objetivo
 - Moviendo el tráfico donde hay recursos
 - Creando espacio para más tráfico (más clientes, más beneficios)
- ¿Como conseguir eso?

3.2 – Multiprotocol Label Switching

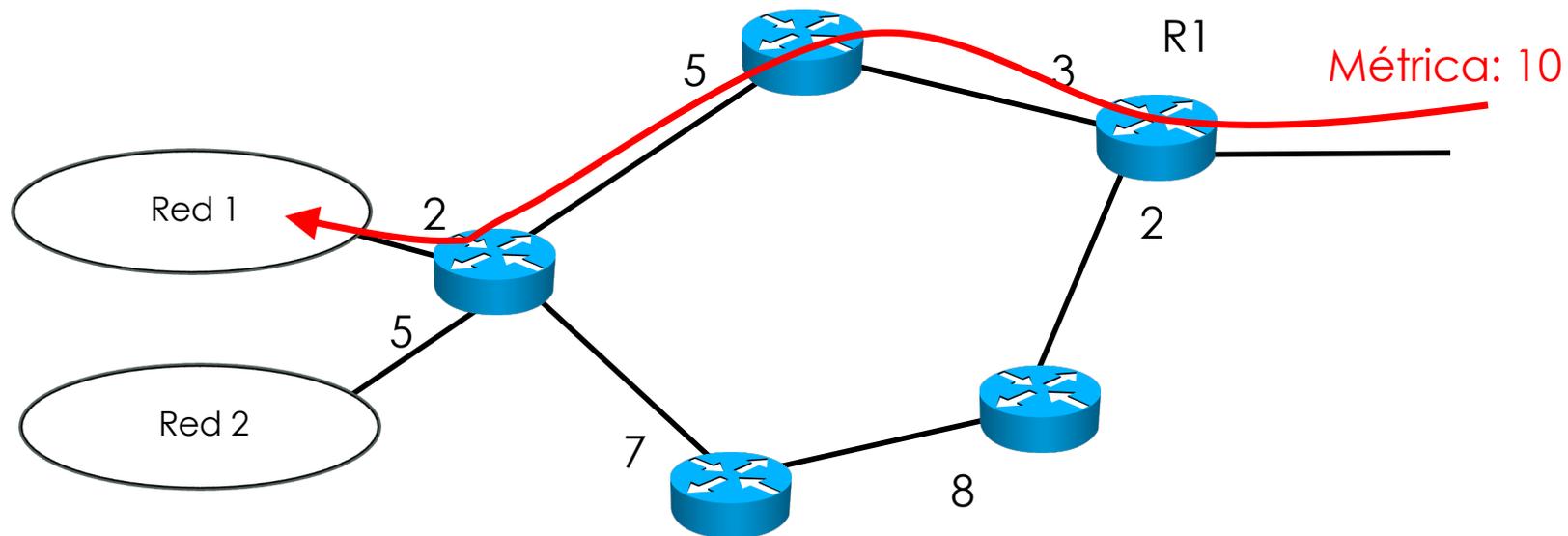
Traffic Engineering

- Extensiones de Ingeniería de Tráfico
- Idea general
 - Optimizar el uso de los recursos de la infraestructura
- Objetivo
 - Moviendo el tráfico donde hay recursos
 - Creando espacio para más tráfico (más clientes, más beneficios)
- ¿Como conseguir eso?
- **Métricas dinámicas**

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

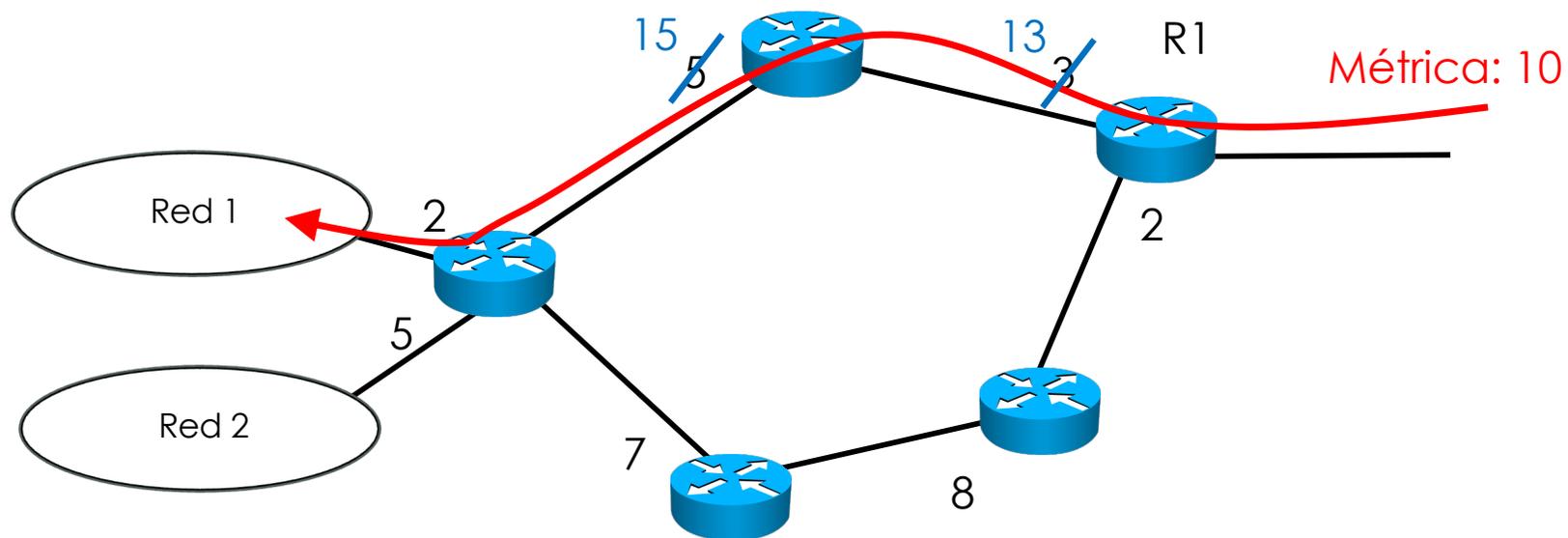
- Mismo caso que antes
- Cuando se establece el tráfico de R1 a la red 1, cambian las métricas



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

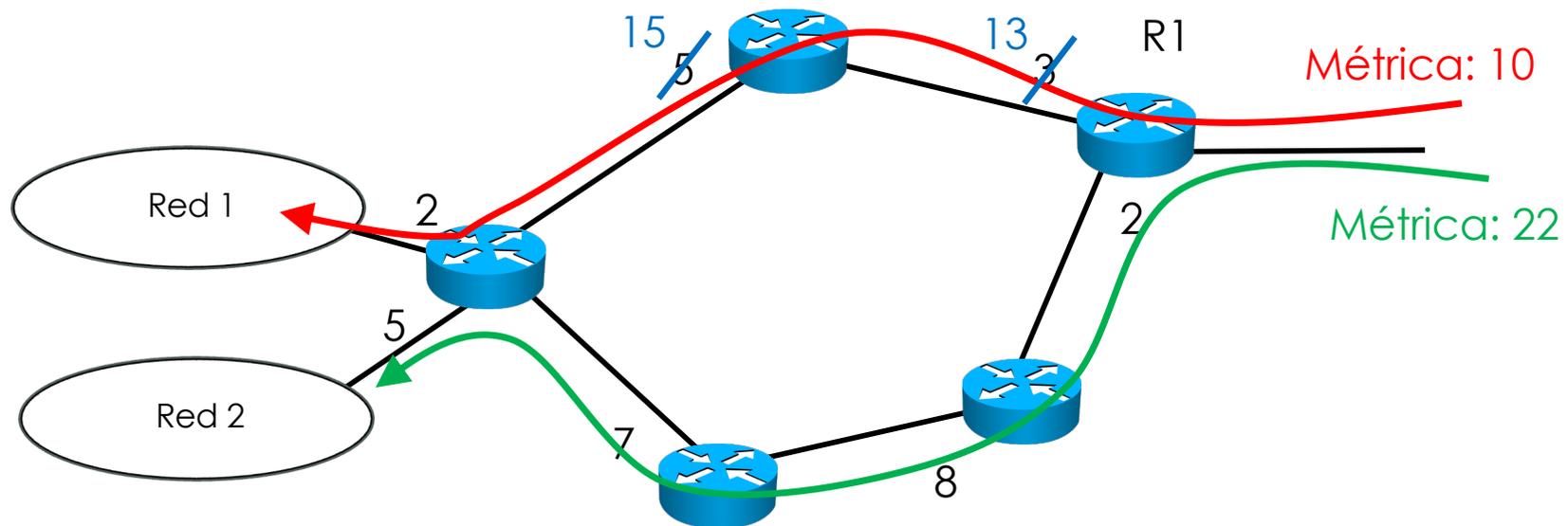
- Mismo caso que antes
- Cuando pero se establece el tráfico de R1 a la red 1, cambian las métricas → Por ejemplo se añada 10



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

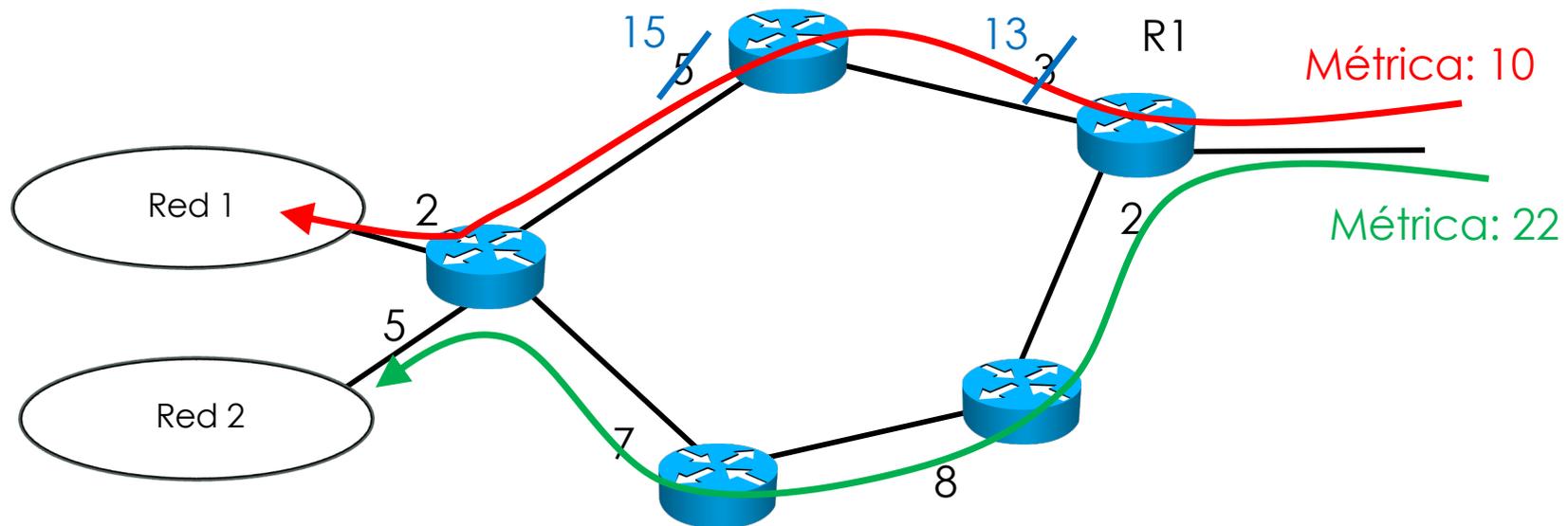
- Mismo caso que antes
- Cuando pero se establece el tráfico de R1 a la red 1, cambian las métricas → **Por ejemplo se añada 10**
- Cuando llega la otra petición, ahora la mejor ruta es otra



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

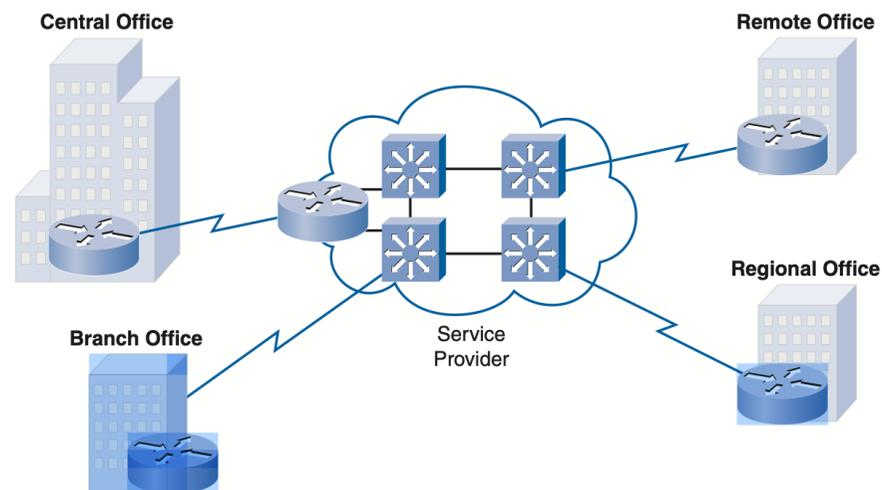
- Mismo caso que antes
- Cuando pero se establece el tráfico de R1 a la red 1, cambian las métricas → **Por ejemplo se añada 10**
- Cuando llega la otra petición, ahora la mejor ruta es otra
- El cambio de métrica NO debe afectar caminos ya establecidos



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

- Esta idea permite optimizar los recursos de la infraestructura de los proveedores
- Se pueden ofrecer entonces servicios mejorados a los clientes
- Los clientes pueden pedir determinados requisitos
 - Ancho de banda, latencia, perdidas, disponibilidad, etc.
- Las métricas se determinan de acuerdo a estos requisitos



Fuente imagen: Bob Vachon, Rick Graziani, "Accessing the WAN, CCNA Exploration Companion Guide", Cisco Press, Dic. 2011

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Traffic Engineering

- Para que esta idea funcione pero, se necesita añadir nuevas funciones a los varios protocolos y tecnologías
- Protocolo de encaminamiento dinámico que permita el envío de cambios de métricas (y que no modifique los caminos ya creados)
 - Por ejemplo, OSPF-TE, IS-IS TE, BGP-TE
- MPLS para la asociación de las etiquetas y su distribución y mantener las tablas de etiquetas
- Una clase nueva de algoritmos de encaminamiento llamados Constraint-Based Routing (CBR)

3.2 – Multiprotocol Label Switching

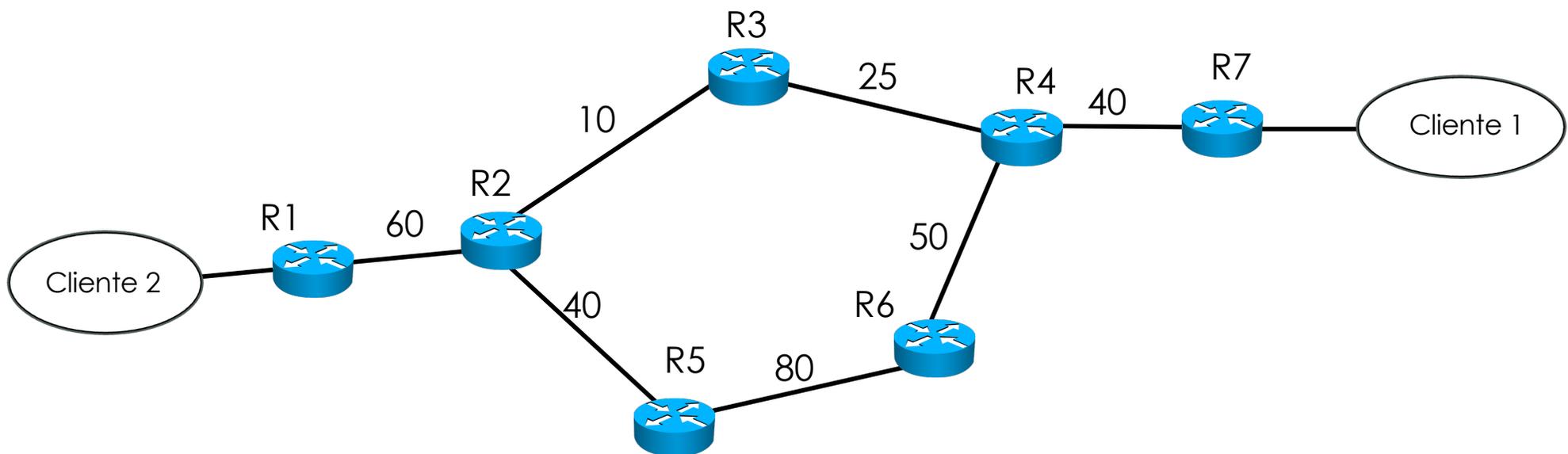
CBR

- Un cliente puede pedir determinados requisitos para su LSP (o sus LSPs)
- Se usa entonces un algoritmo CBR para determinar los caminos óptimos
 - CBR es una clase de algoritmos de encaminamiento basados en restricciones (constraints)
 - Dada los requisitos de los clientes (las restricciones), un CBR es capaz de encontrar el mejor camino que proporciona, como mínimo, estos requisitos
 - Estos CBR pueden ser especificados, diseñados, desarrollados, implementados y desplegados por los fabricantes o por los mismos proveedores

3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

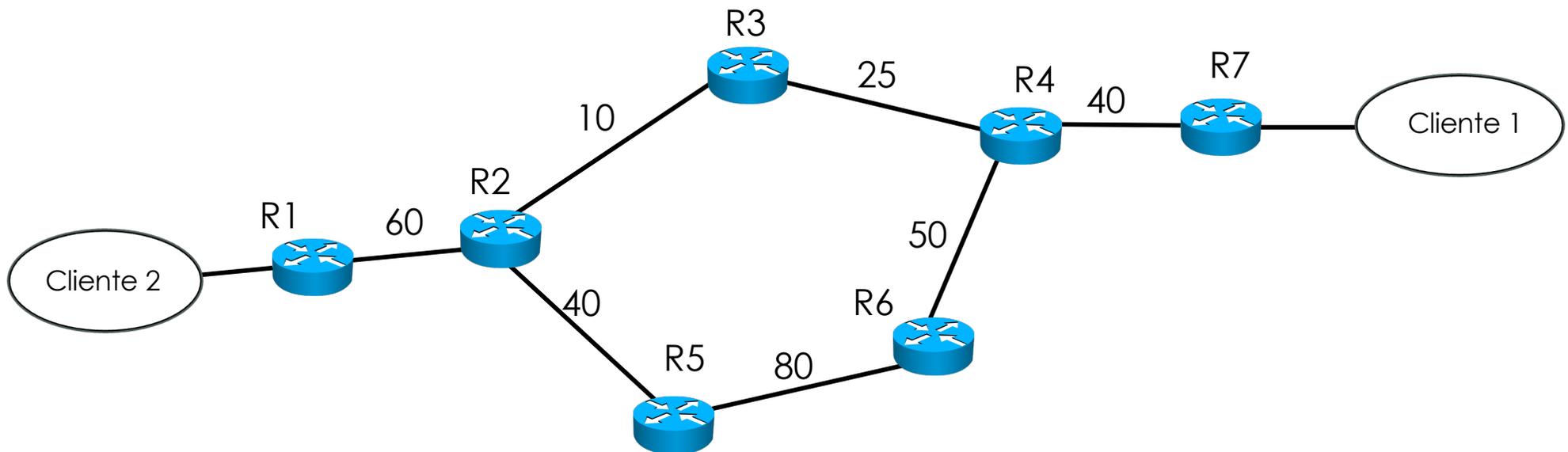
- Se usa ancho de banda restante como única métrica
 - Suponiendo una métrica inicial de 100 Mbps, un valor X significa que quedan disponible X Mbps (se están usando $100 - X$ Mbps en otros LSPs)
 - Cada petición de LSP tendrá como restricción el ancho de banda necesario
- El protocolo de encaminamiento se ocupa de distribuir estas métricas a todos los routers



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

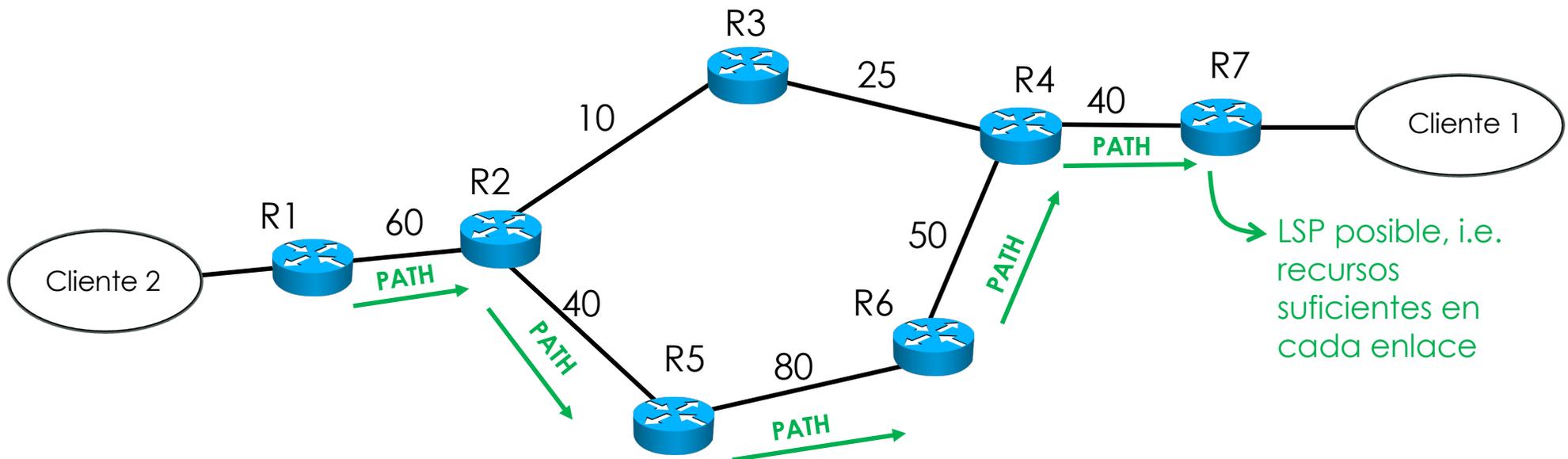
- R1 tendrá la visión completa del sistema actual
- R1 ejecuta el CBR y determina que solo hay disponible un camino R1-R5-R6-R4-R7
- R1 usa el protocolo de distribución de etiquetas para crear el camino y definir las etiquetas en cada router



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

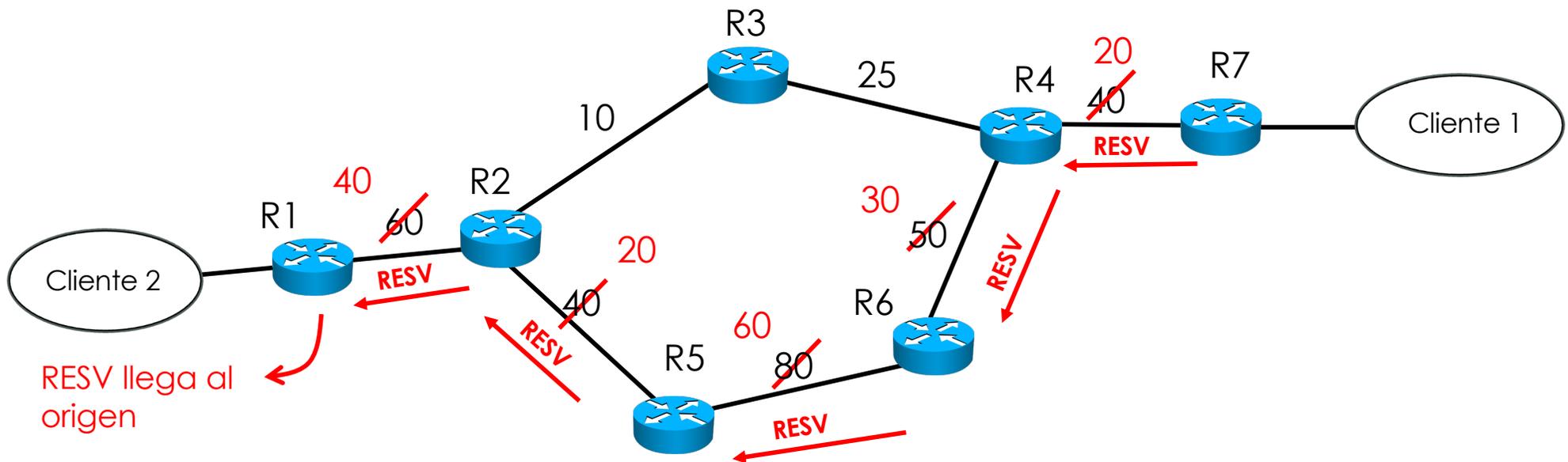
- MPLS-TE usa
 - El mensaje PATH de R1 a R7 para hacer pre-reserva de los recursos y verificar que el camino es posible



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

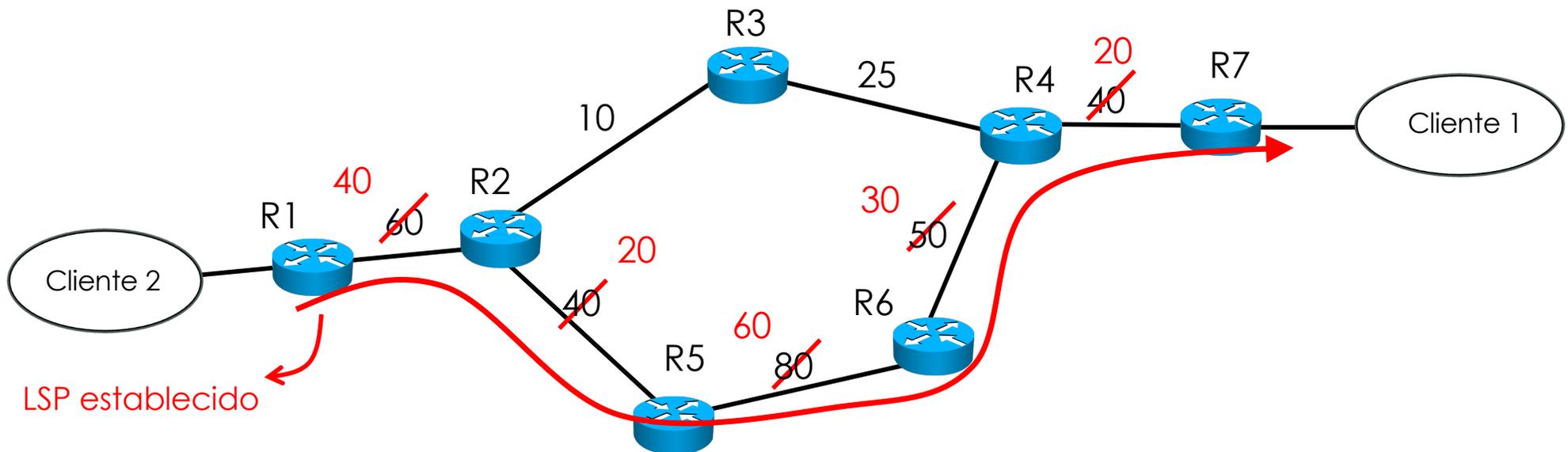
- MPLS-TE usa
 - El mensaje RESV de vuelta de R7 a R1 para hacer efectiva las reservas, definir las etiquetas locales y las entradas en las tablas MPLS



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

- MPLS-TE usa
 - El mensaje RESV de vuelta de R7 a R1 para hacer efectiva las reservas, definir las etiquetas locales y las entradas en las tablas MPLS
 - Se ha creado el LSP

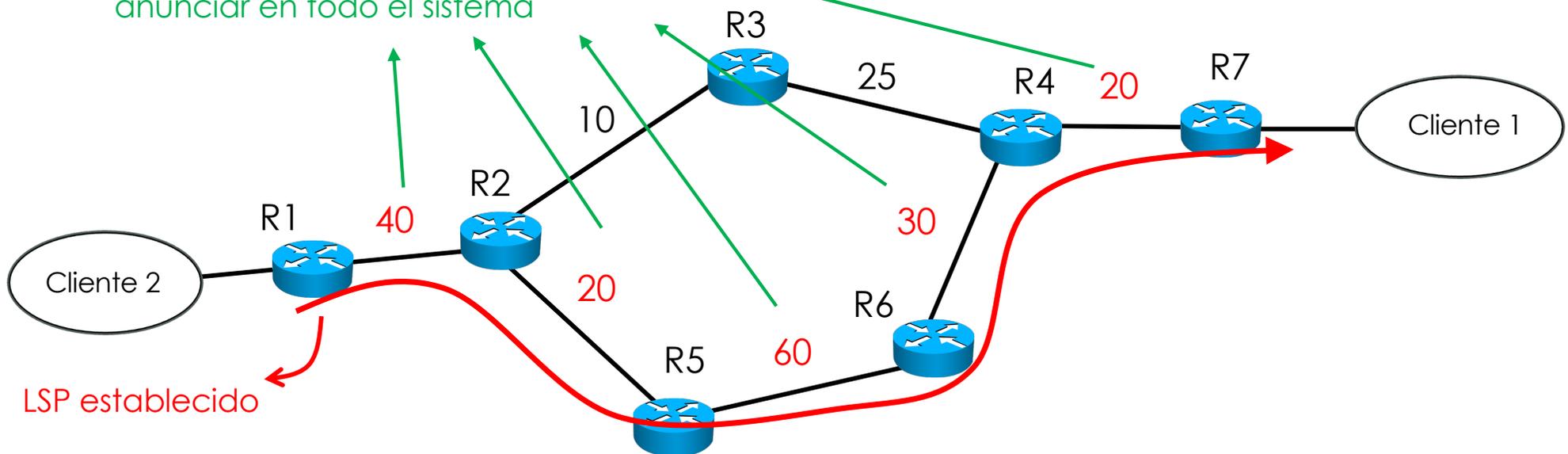


3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

- MPLS-TE usa
 - El mensaje RESV de vuelta de R7 a R1 para hacer efectiva las reservas, definir las etiquetas locales y las entradas en las tablas MPLS
 - Se ha creado el LSP

Son todos cambios de métrica, que ahora el protocolo de encaminamiento tendrá que anunciar en todo el sistema



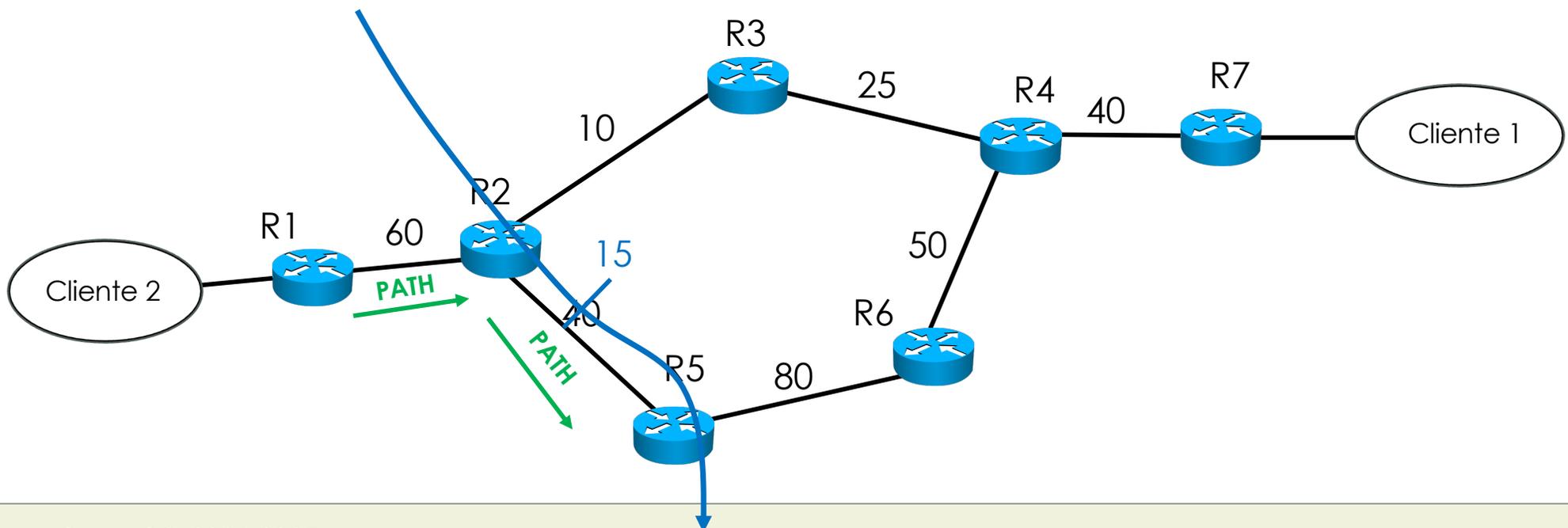
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

- Este doble proceso es necesario para cuando hay dos o más procesos concurrentes

LSP concurrente que se acaba de establecer

Pero el cambio de métrica aún no se ha distribuido a todos los routers



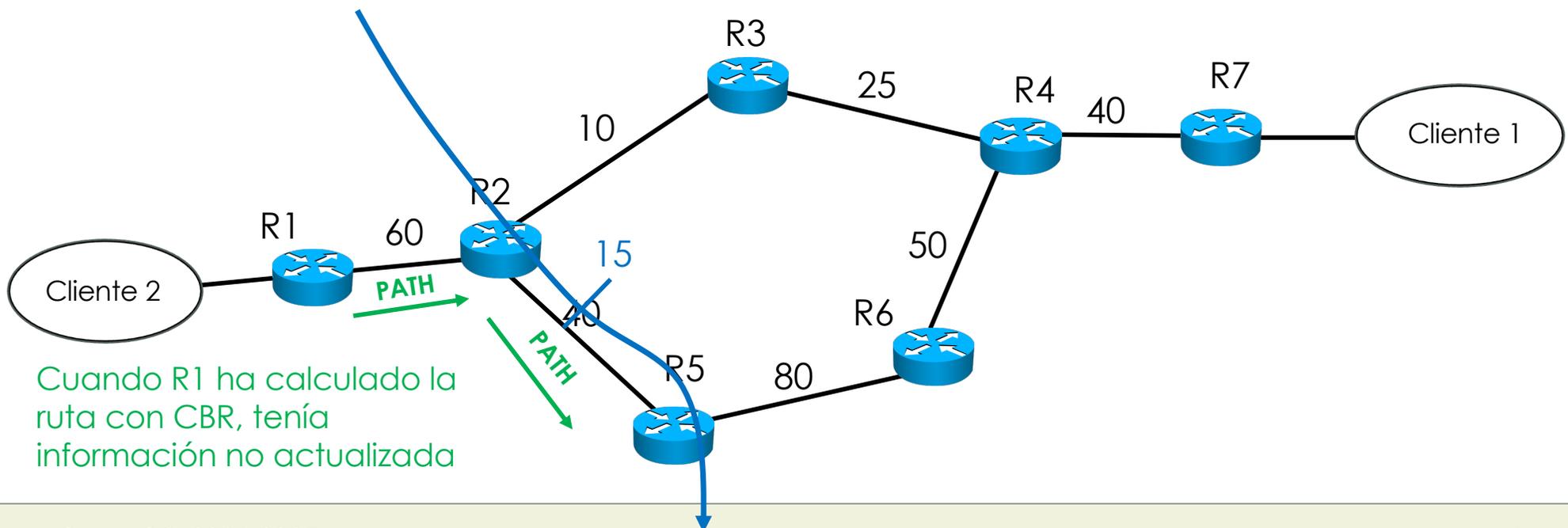
3.2 – Multiprotocol Label Switching

Ejemplo de funcionamiento

- Este doble proceso es necesario para cuando hay dos o más procesos concurrentes

LSP concurrente que se acaba de establecer

Pero el cambio de métrica aún no se ha distribuido a todos los routers



3.2 – Multiprotocol Label Switching

Objetivos

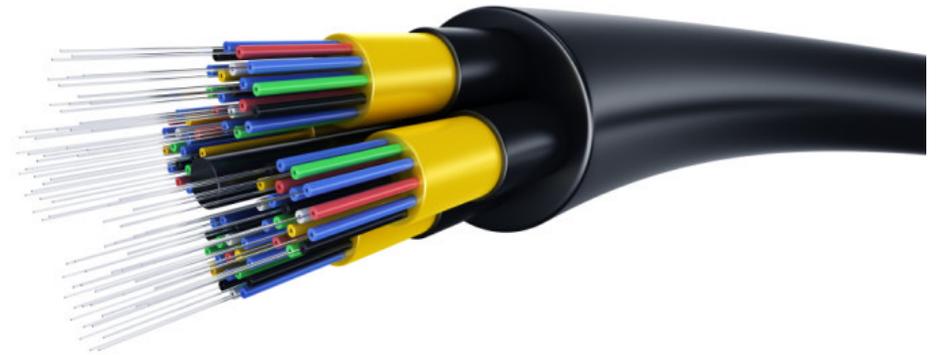
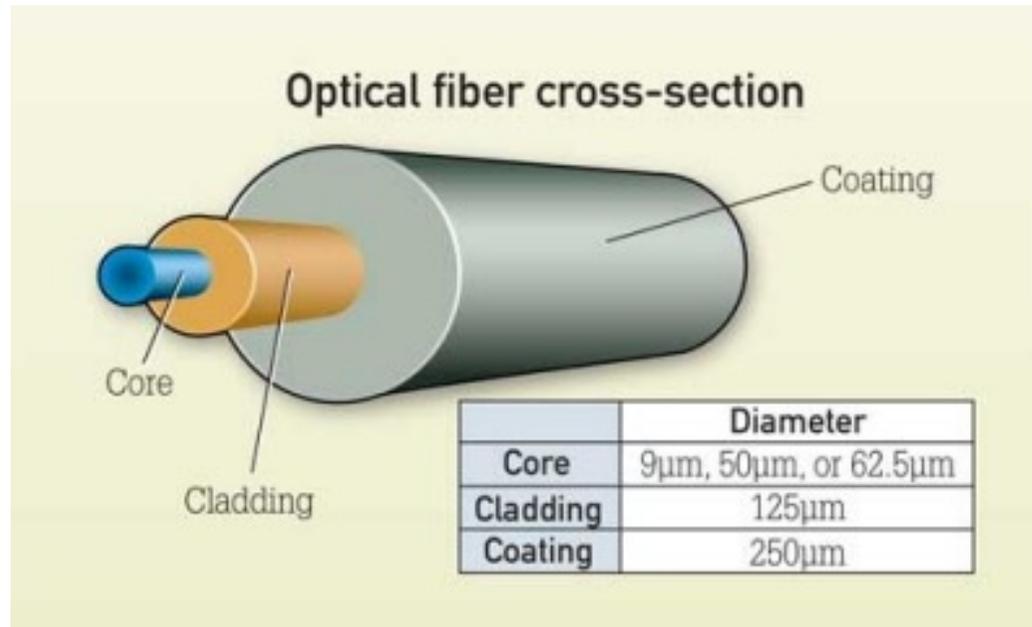
- Es un protocolo que nació para **agilizar y acelerar** el proceso de consulta y toma de decisión de tablas de forwarding en los routers
- Actualmente proporciona además
 - **Servicio VPN**
 - **Servicio de agregación** de rutas
 - Mecanismos de **búsqueda rápida** de caminos alternativos en caso de fallo
 - **Ingeniería de Trafico** (TE) optimizando los recursos de red a las demandas de los clientes

Índice

- Introducción
- MPLS
 - Objetivos
 - Funcionamiento
 - Extensiones de Traffic Engineering
- **Redes ópticas**
 - Fibra óptica y dispositivos ópticos
 - Encaminamiento
 - Redes multi-capa
- Plan de control
 - GMPLS
 - SDN/NFV

3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica



- El núcleo (core) es donde pasa la señal óptica
- El cladding mantiene la señal óptica en el núcleo
 - El core y el cladding son de silicio (material no conductor de electricidad)
- El revestimiento externo (coating) sirve para proteger la fibra

3.3 – Redes ópticas

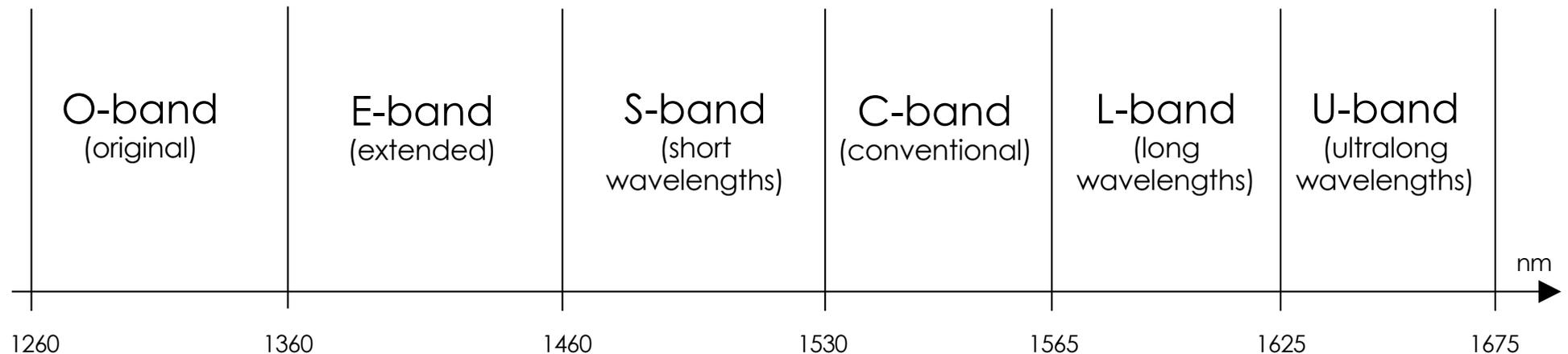
Fibra óptica vs cable de cobre

- Fibra óptica
 - Baja atenuación (un amplificador cada 60/100 km)
 - Ancho de banda muy grande (> 1 Pbit/s)
 - Coste bajo
 - Resistencia a las interferencias
 - Mejor durabilidad
- Cable de cobre
 - Alta atenuación (un amplificador cada pocos km)
 - Ancho de banda limitado (10 Gbit/s)
 - Coste del cobre muy elevado
 - Sujeto a interferencias electromagnéticas
 - Baja durabilidad

3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica

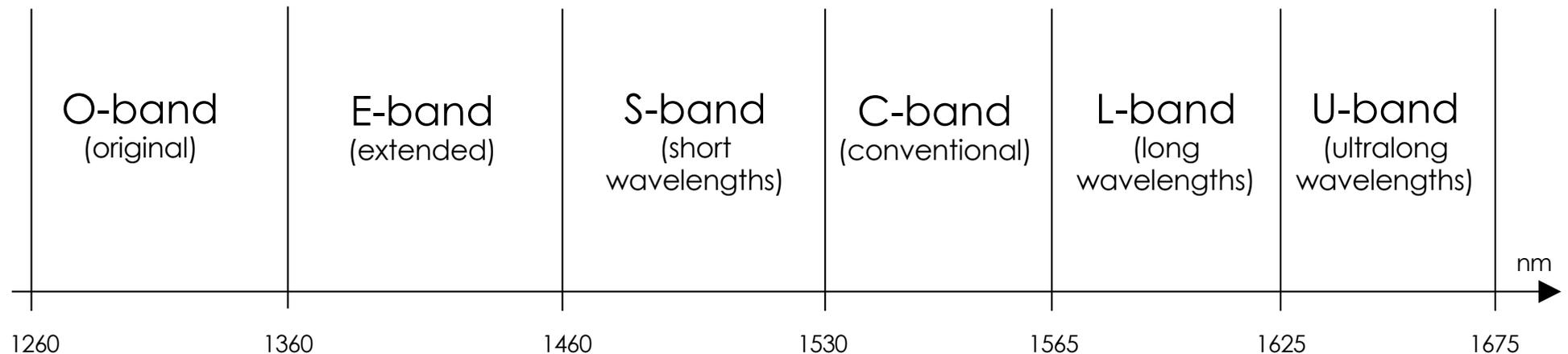
- Tiene características físicas (calidad) que cambian de acuerdo a la longitud de onda (wavelength) de transmisión usada
- Una longitud de onda se mide en nanómetros
- Es el inverso de la frecuencia ($W = C / F$)
 - W longitud de onda, C velocidad de la luz, F frecuencia
- Se definen entonces bandas diferentes



3.3 – Redes opticas

Fibra óptica

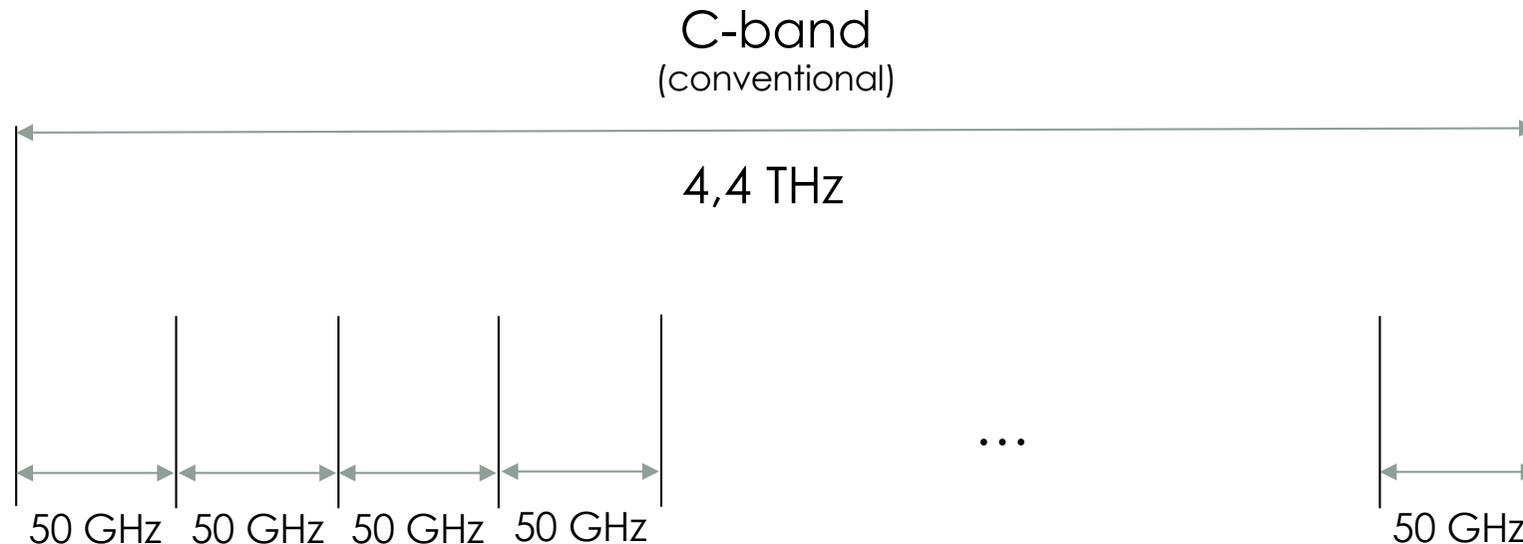
- Actualmente se usan las bandas C y S
- La banda O fue la primera usada
- Hoy en día se intenta extender el uso a todas las bandas



3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica

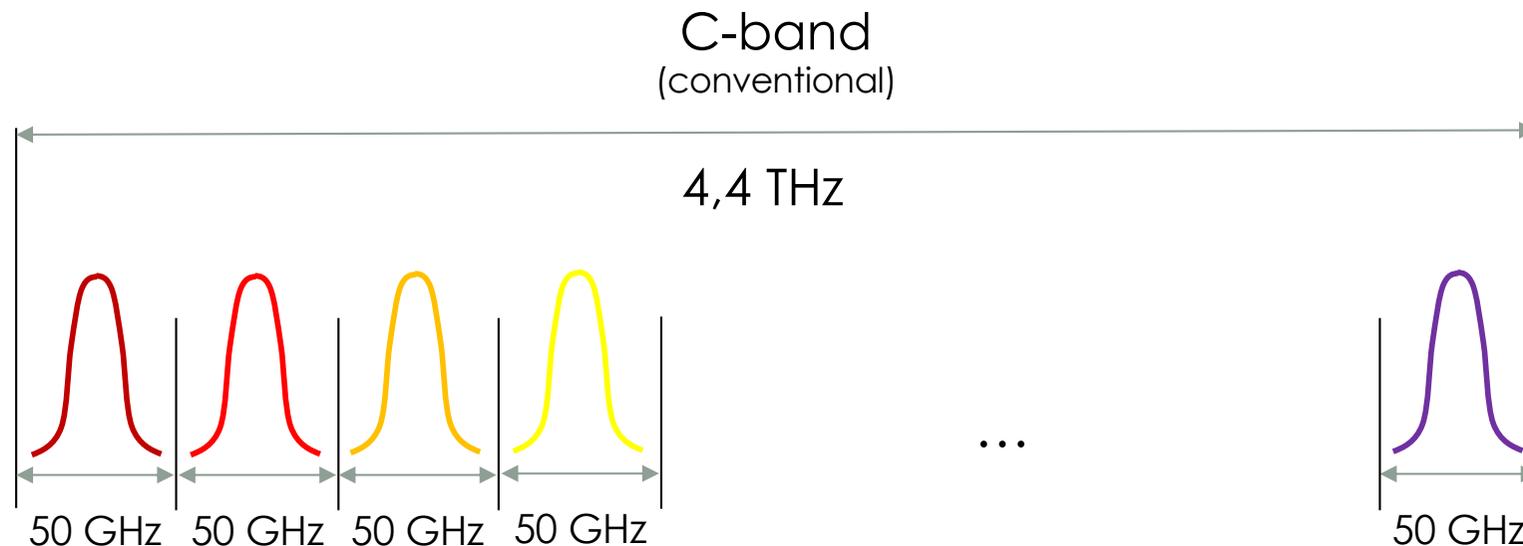
- La capacidad de estas bandas sigue siendo muy elevada
- Por ejemplo, la banda C es de 4,4 THz (35 nm)
- Para aprovechar al máximo esta capacidad, las bandas se dividen en “canales” de 50 GHz



3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica

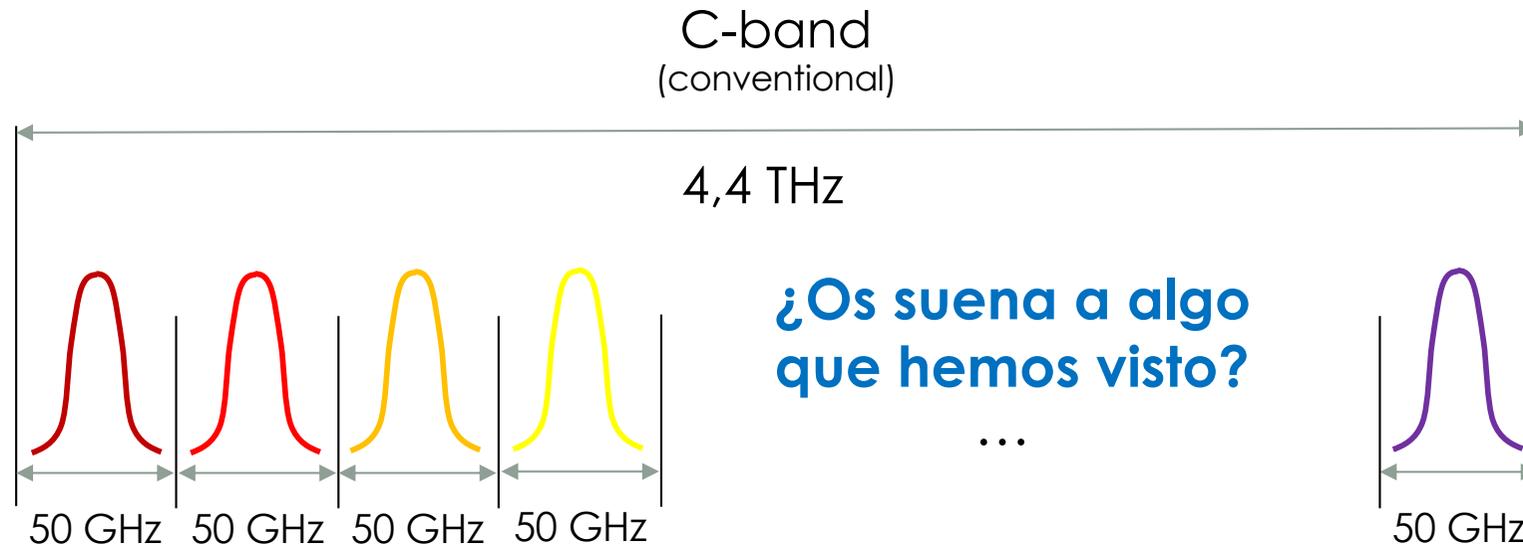
- La capacidad de estas bandas sigue siendo muy elevada
- Por ejemplo, la banda C es de 4,4 THz (35 nm)
- Para aprovechar al máximo esta capacidad, las bandas se dividen en “canales” de 50 GHz
- Cada canal se puede usar luego para cada transmisión



3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica

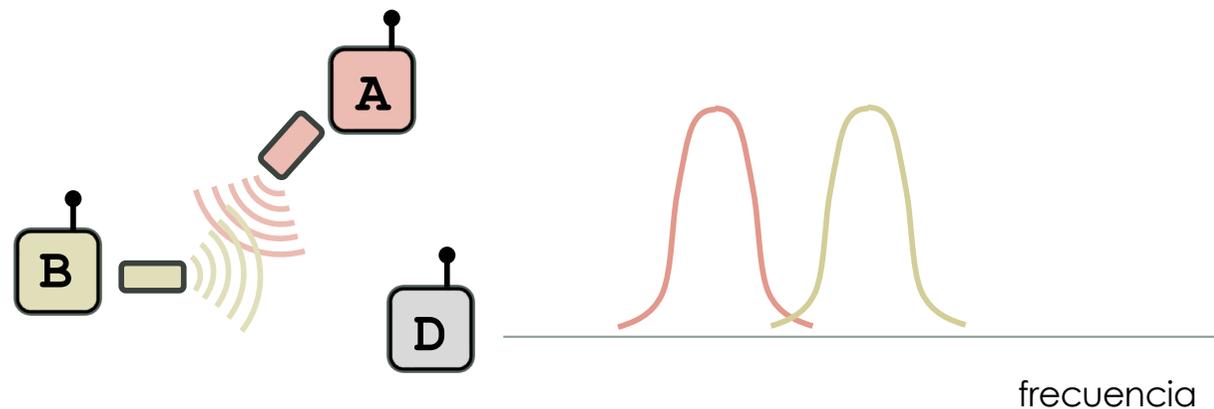
- La capacidad de estas bandas sigue siendo muy elevada
- Por ejemplo, la banda C es de 4,4 THz (35 nm)
- Para aprovechar al máximo esta capacidad, las bandas se dividen en “canales” de 50 GHz
- Cada canal se puede usar luego para cada transmisión



Tema 1. Introducción

Frequency Division Multiplexing (FDM)

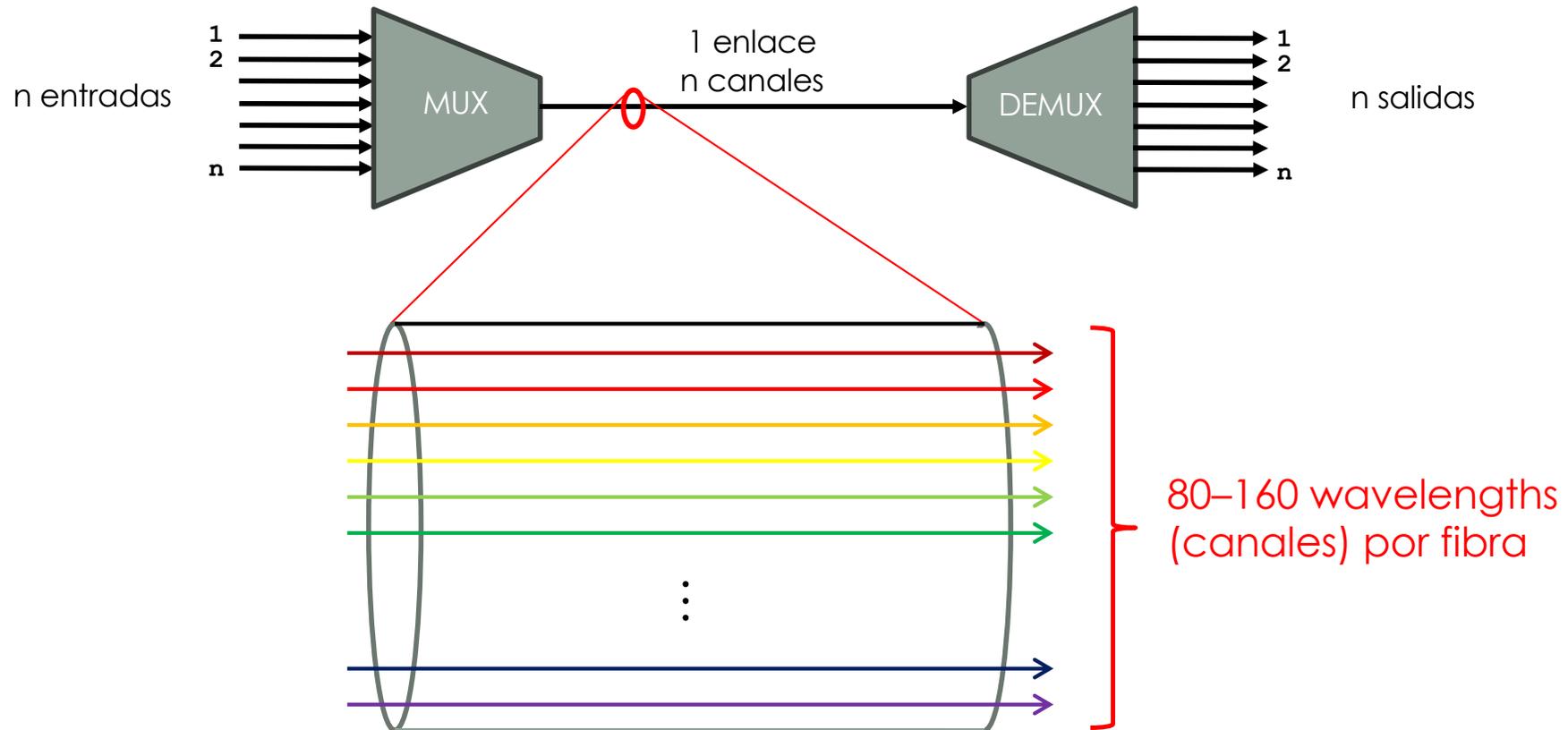
- Multiplexación por división de frecuencia
- Dos señales se pueden transmitir al mismo tiempo si ocupan frecuencias diferentes



3.3 – Redes ópticas

Fibra óptica

- Multiplexación por división de longitud de ondas (WDM)
- Cada canal puede ir a 2,5, 10, 40, 100, 400 Gbit/s



3.3 – Redes ópticas

Routers/switches ópticos

- La señal transmitida es óptica
- De manera que no se pueden usar los routers y los switches convencionales (que tratan señales eléctricas)
- La solución sería crear routers y switches ópticos pero...

3.3 – Redes ópticas

Routers/switches ópticos

- La señal transmitida es óptica
- De manera que no se pueden usar los routers y los switches convencionales (que tratan señales eléctricas)
- La solución sería crear routers y switches ópticos pero ...
- No existe el procesado óptico (aún)
- No existen las memorias ópticas (aún)
- De manera que hay que crear soluciones diferentes para encaminar la información

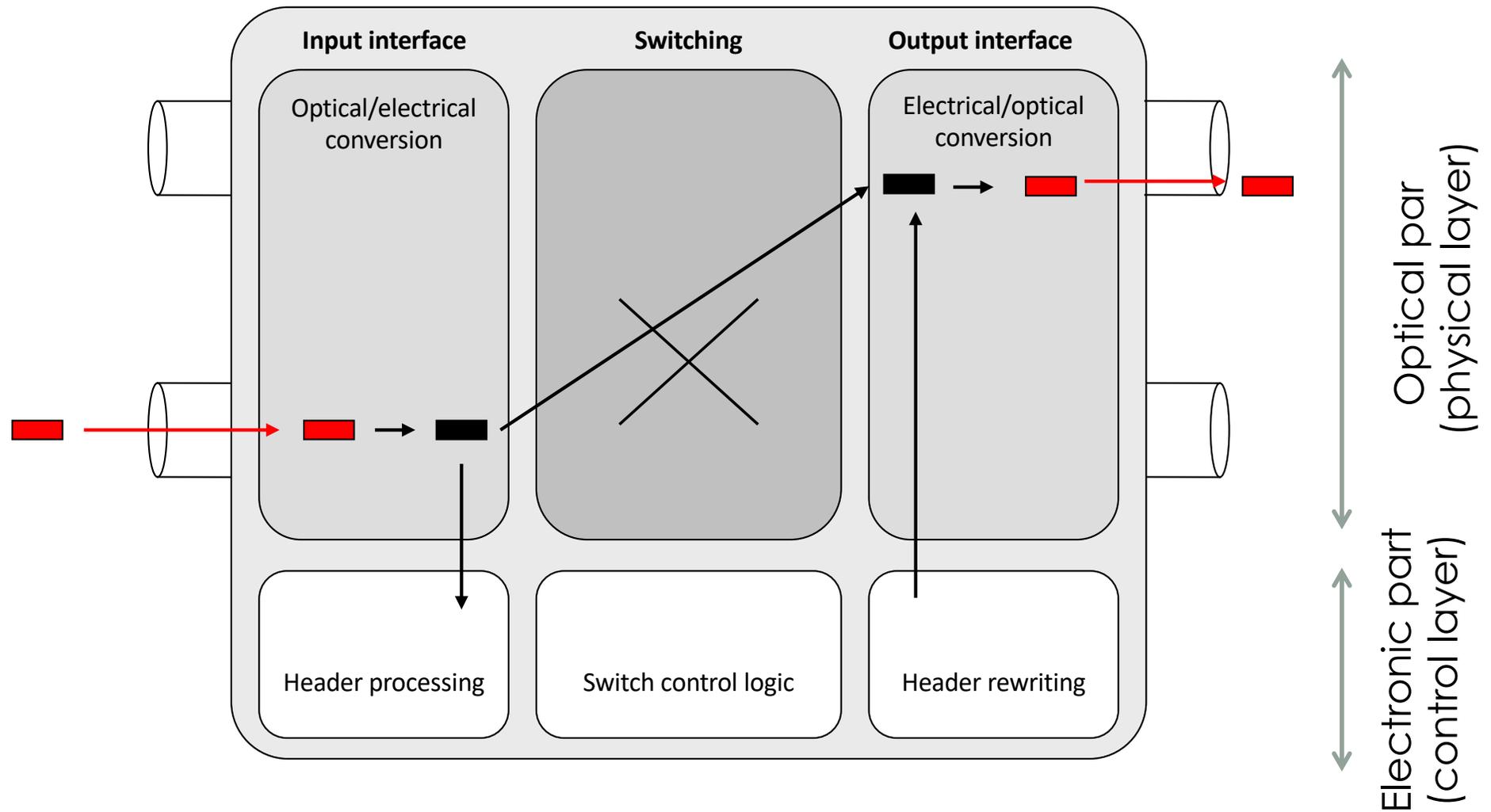
3.3 – Redes ópticas

Redes ópticas

- La primera idea fue crear las que se llaman redes ópticas donde la capacidad óptica solo se usa para transmitir
- Cada router/switch (nodo)
 - Traduce la señal en eléctrica
 - Almacena el paquete en memorias eléctricas
 - Procesa el paquete para tomar una decisión
 - Mueve el paquete a la interfaz de salida
 - Convierte el paquete en una señal óptica
 - Transmite la señal óptica al siguiente nodo

3.3 – Redes ópticas

Redes ópticas



3.3 – Redes opticas

Inconvenientes

- Las redes opacas necesitan muchas conversiones opto-eléctricas y viceversa
- Muy lentas ya que cada nodos debe proceder a la doble conversión
- Muy poco eficientes ya que la parte óptica solo se usa para transmitir

3.3 – Redes ópticas

Redes transparentes

- Mantener la señal en óptico desde el nodo origen hasta el nodo destino
- Cada router/switch (nodo)
 - No puede traducir la señal a eléctrica
 - Debe decidir que hacer con una señal sin pararla ni procesarla

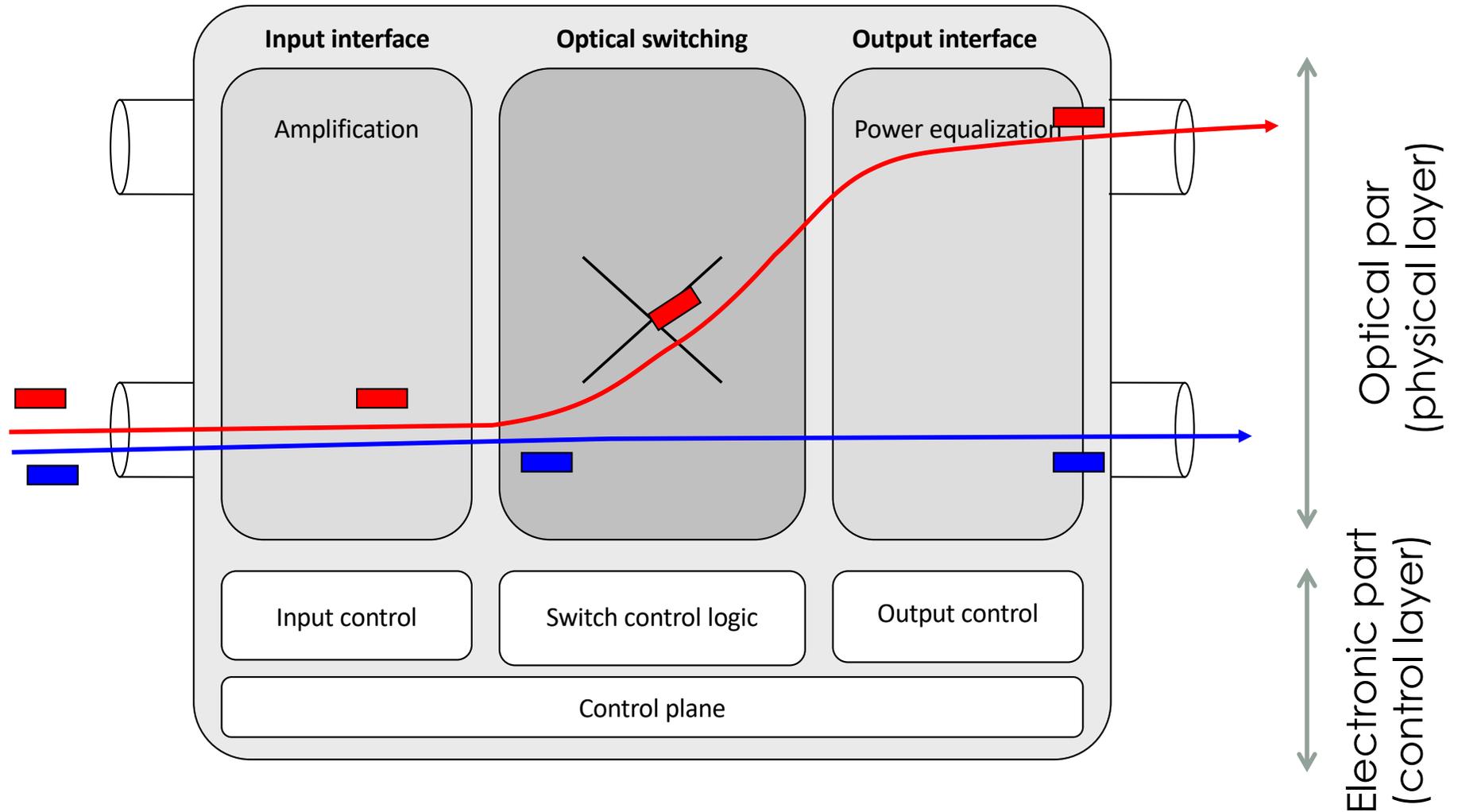
3.3 – Redes ópticas

Redes transparentes

- Mantener la señal en óptico desde el nodo origen hasta el nodo destino
- Cada router/switch (nodo)
 - No puede traducir la señal a eléctrica
 - Debe decidir que hacer con una señal sin pararla ni procesarla
- Solución
 - Decide que hacer según la longitud de onda de la señal

3.3 – Redes ópticas

Redes transparentes



3.3 – Redes opticas

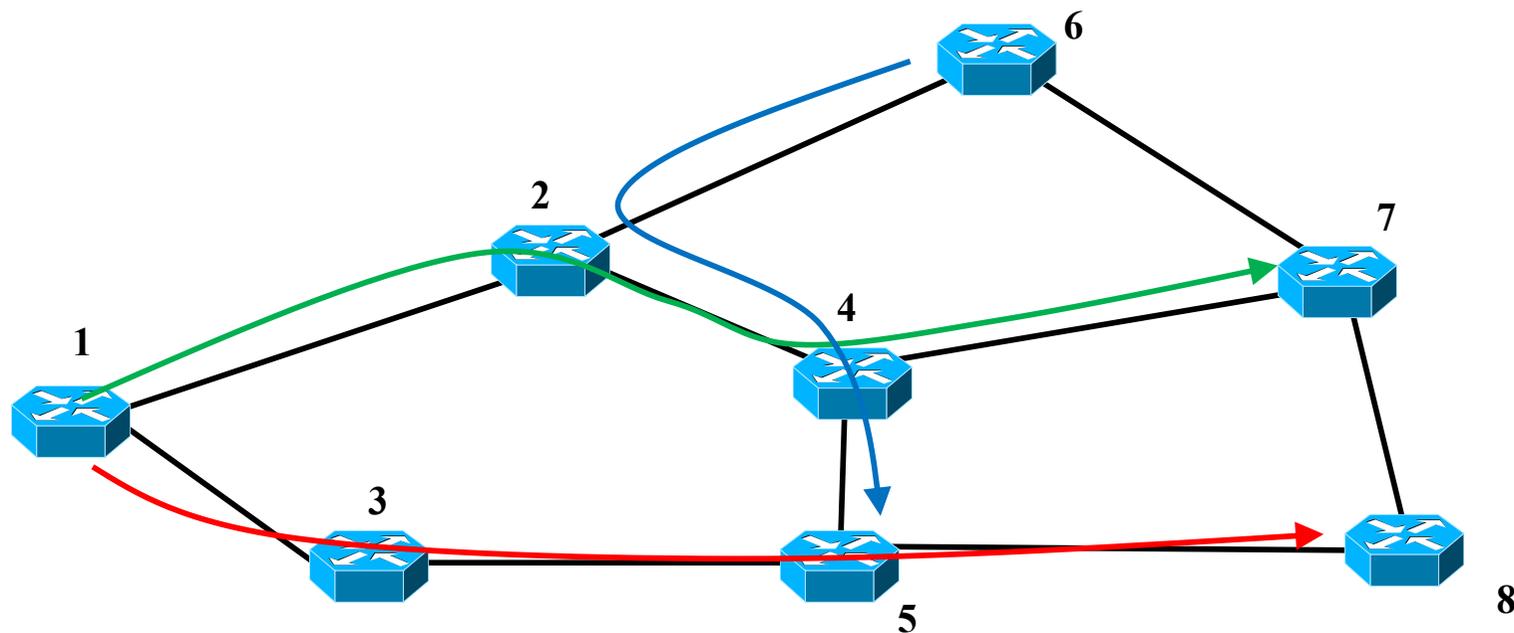
Redes transparentes

- La señal no se para ni se transforma
- Los nodos usan una matriz de conmutación programable desde la unidad de control
- Esta matriz de conmutación permite conectar una interfaz de entrada a una de salida según la longitud de onda de la señal
- Esta matriz de conmutación pero hay que configurarla antes que llegue la transmisión
 - No es una operación rápida (orden de centenares de ms o s)
 - Rápida respecto a la velocidad a la cual llegan los paquetes (en ns)
- Se crean de esta forma caminos totalmente ópticos llamados lightpaths

3.3 – Redes opticas

Redes transparentes

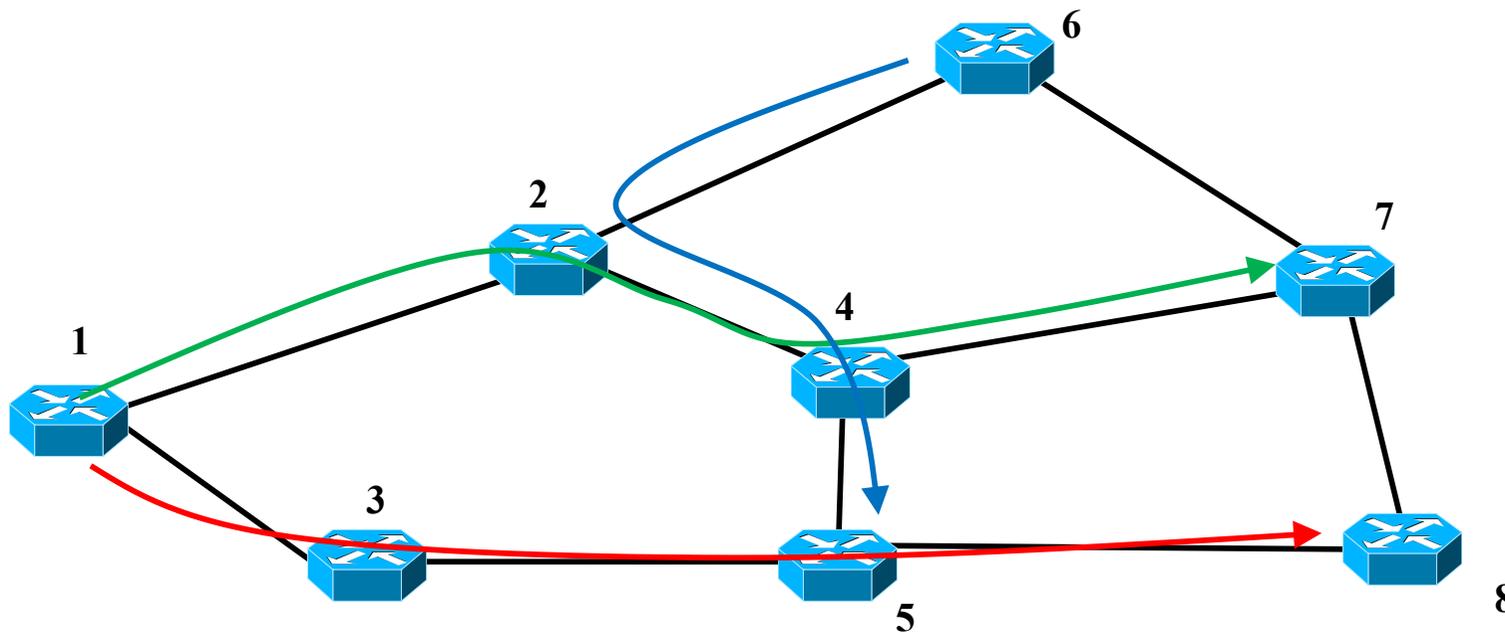
- Se crean de esta forma los lightpaths
 - Para ir del router 1 al 7, se crea el camino verde
 - Para ir del router 1 al 8, se crea el camino rojo
 - Para ir del router 6 al 5, se crea el camino azul



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes

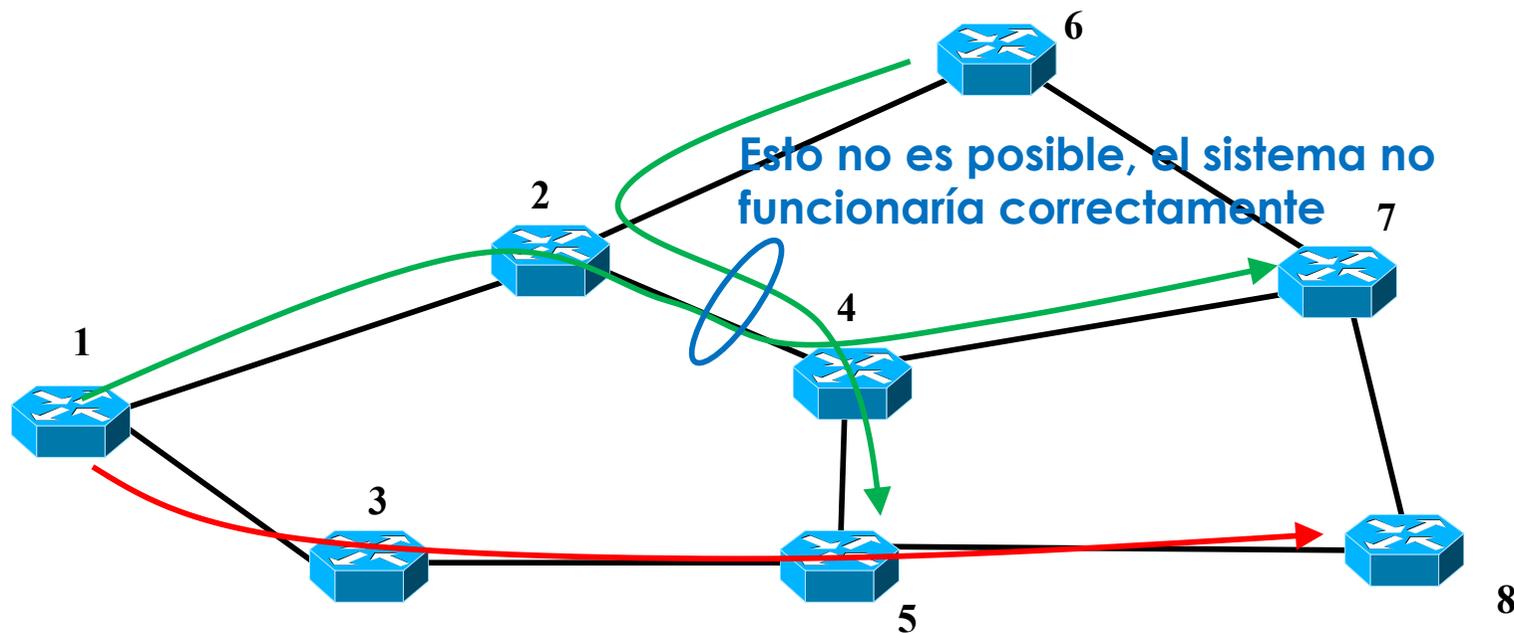
- Router 4
 - Si llega una señal con una longitud de onda verde, este ya debe estar configurado previamente para reenviar automáticamente toda la señal hacia el router 7
 - Si llega una señal con una longitud de onda azul, esta señal debe ir hacia el router 5



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes: implicaciones

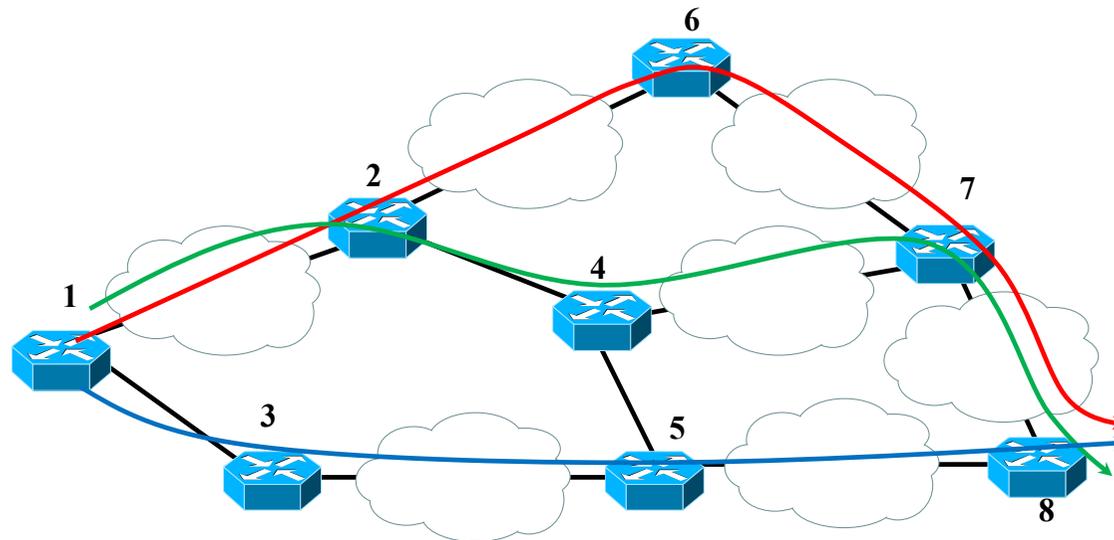
- Una transmisión desde un origen hasta el destino debe mantener la misma longitud de onda durante todo el camino
- No puede haber dos transmisiones diferentes en el mismo enlace con la misma longitud de onda
- Hay que establecer estos lightpaths previamente



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes

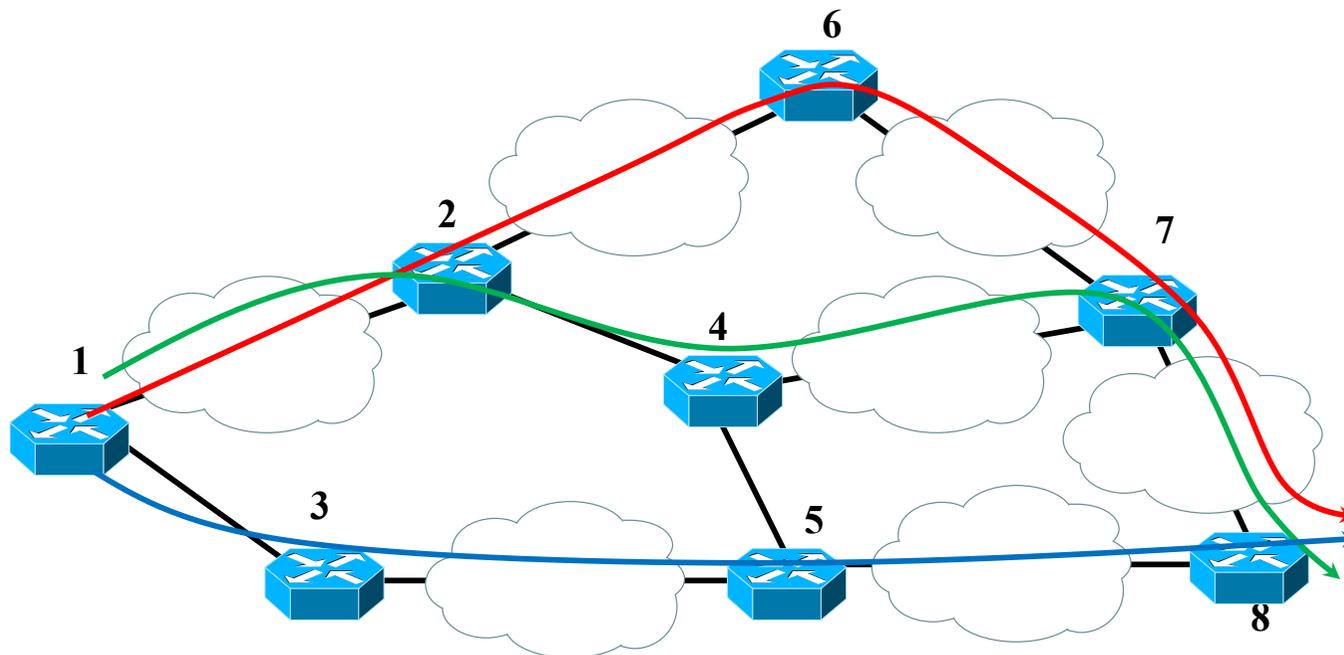
- Los nodos necesitan entonces establecer estos caminos ópticos
- Se usan algoritmos llamados **Routing and Wavelength Assignment (RWA)**
 - **Routing** porque se necesita encontrar un camino disponible entre origen y destino
 - **Wavelength** porque hay que encontrar una longitud de onda disponible enteramente entre origen y destino



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes

- ¿Os suena de algo este problema RWA?
 - ¿Caminos entre origen y destino disponible?
 - ¿Restricciones sobre longitud de onda?



3.3 – Redes opticas

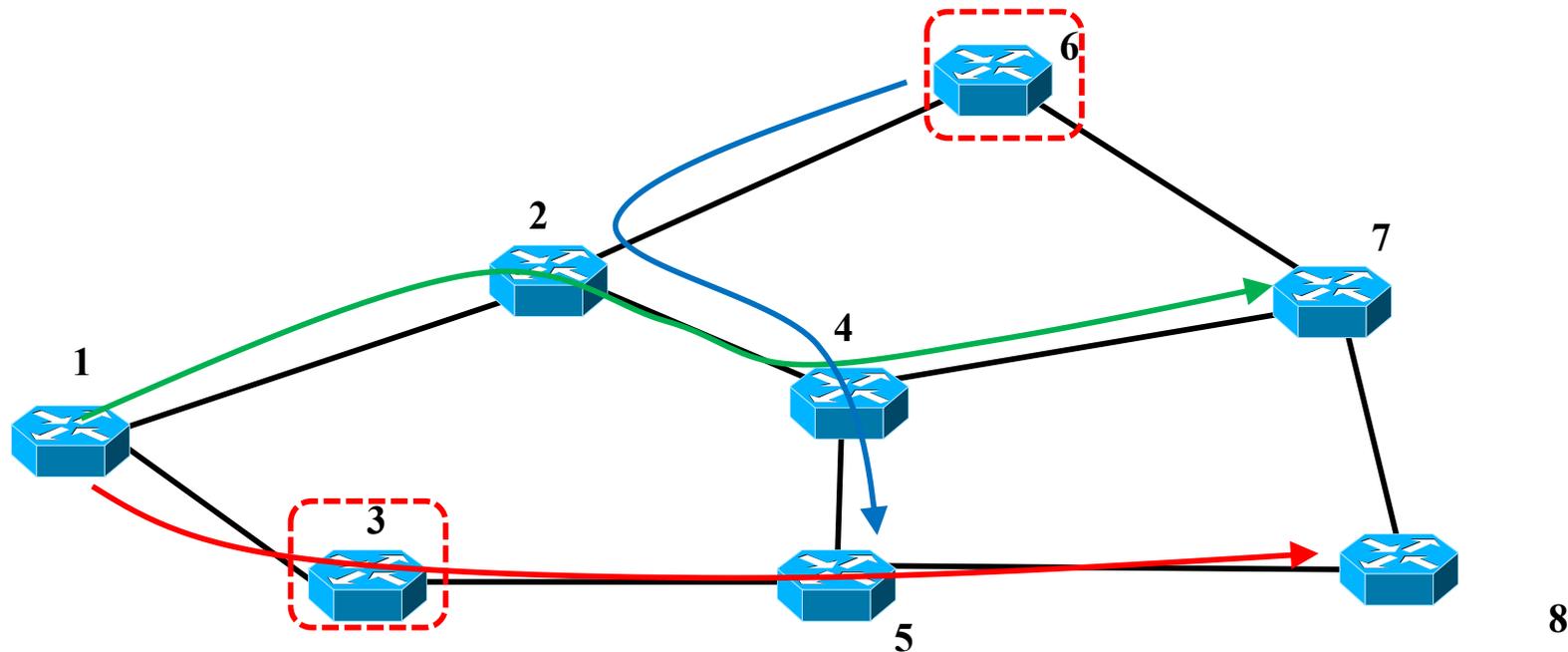
Generalised Multiprotocol Label Switching

- GMPLS nació como solución para crear y gestionar los lightpaths en redes ópticas
- Usa un protocolo de encaminamiento que mantiene la información actualizada en cada router sobre las longitudes de onda disponibles en cada enlace
- Usa una familia de algoritmos RWA que funciona basados en restricciones
- Usa el intercambio de etiquetas para crear y verificar los caminos ópticos

3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

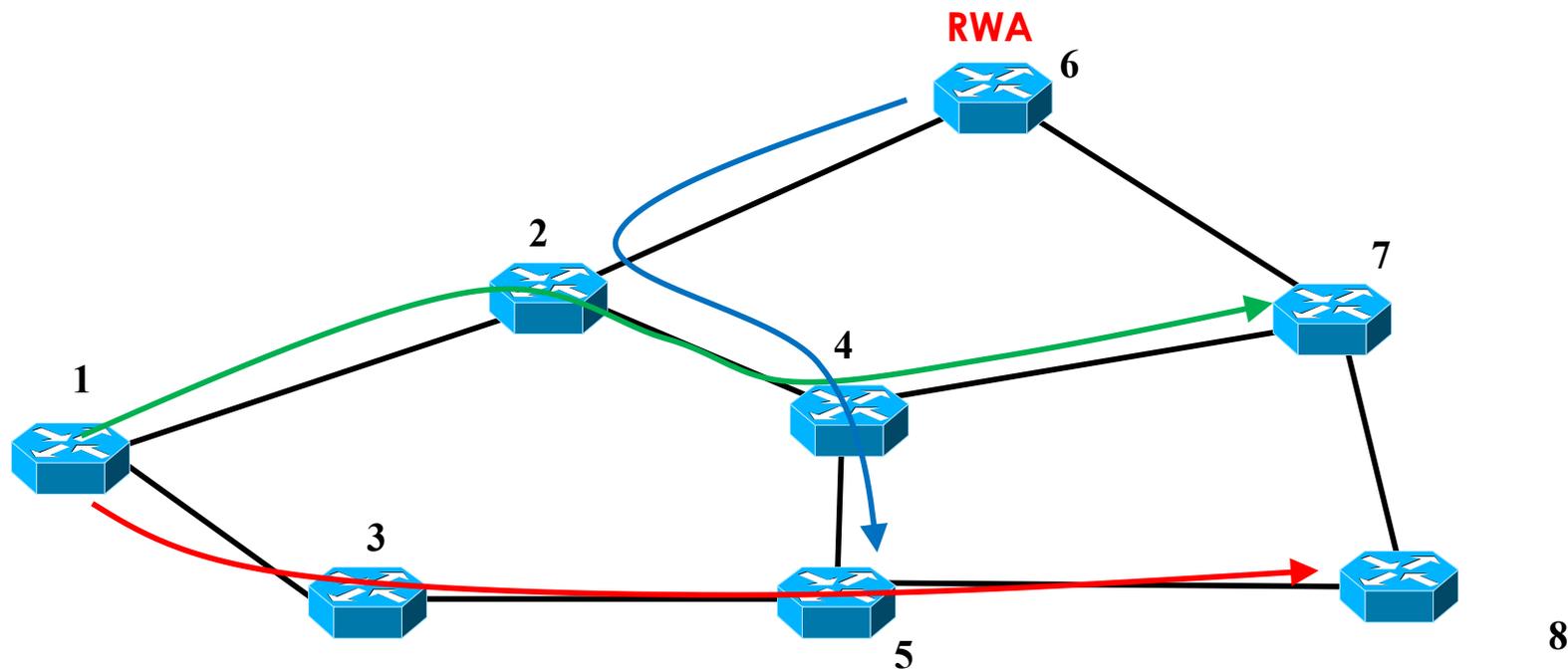
- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

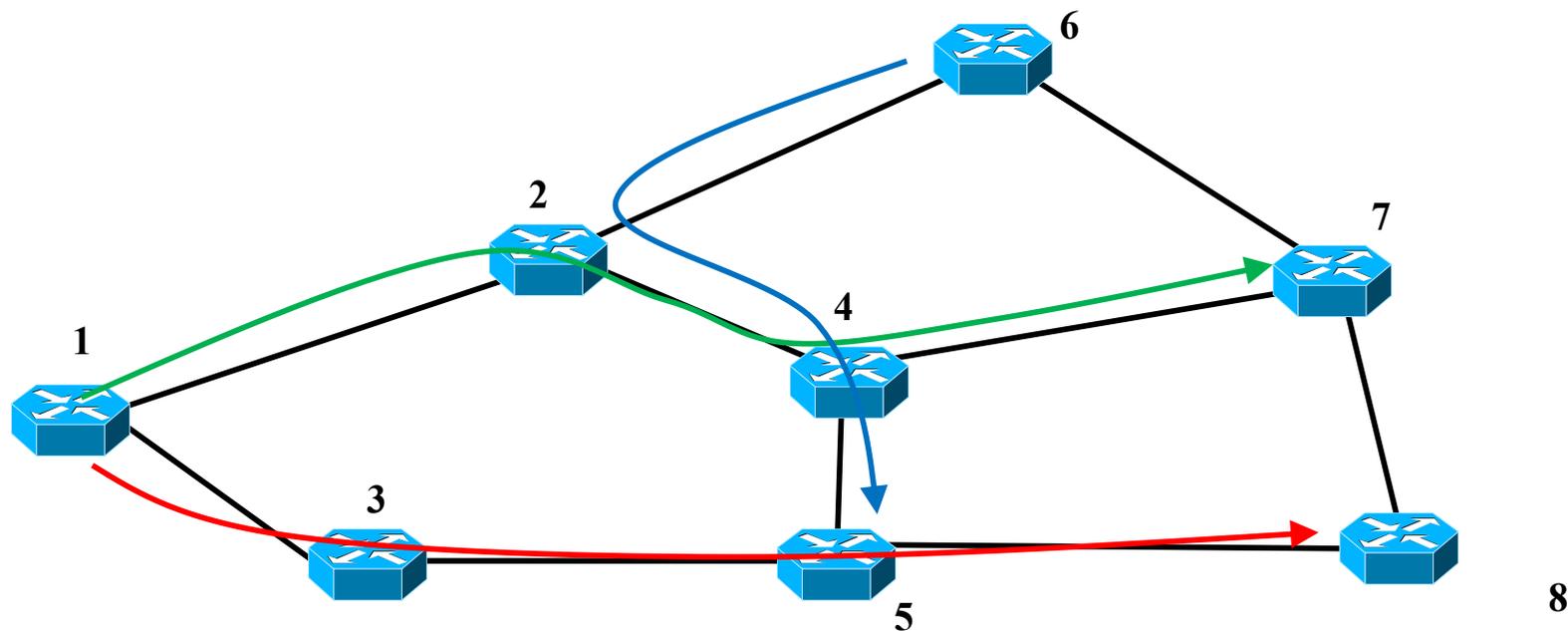
- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3
- El router 6 consulta su base de datos y ejecuta el RWA



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

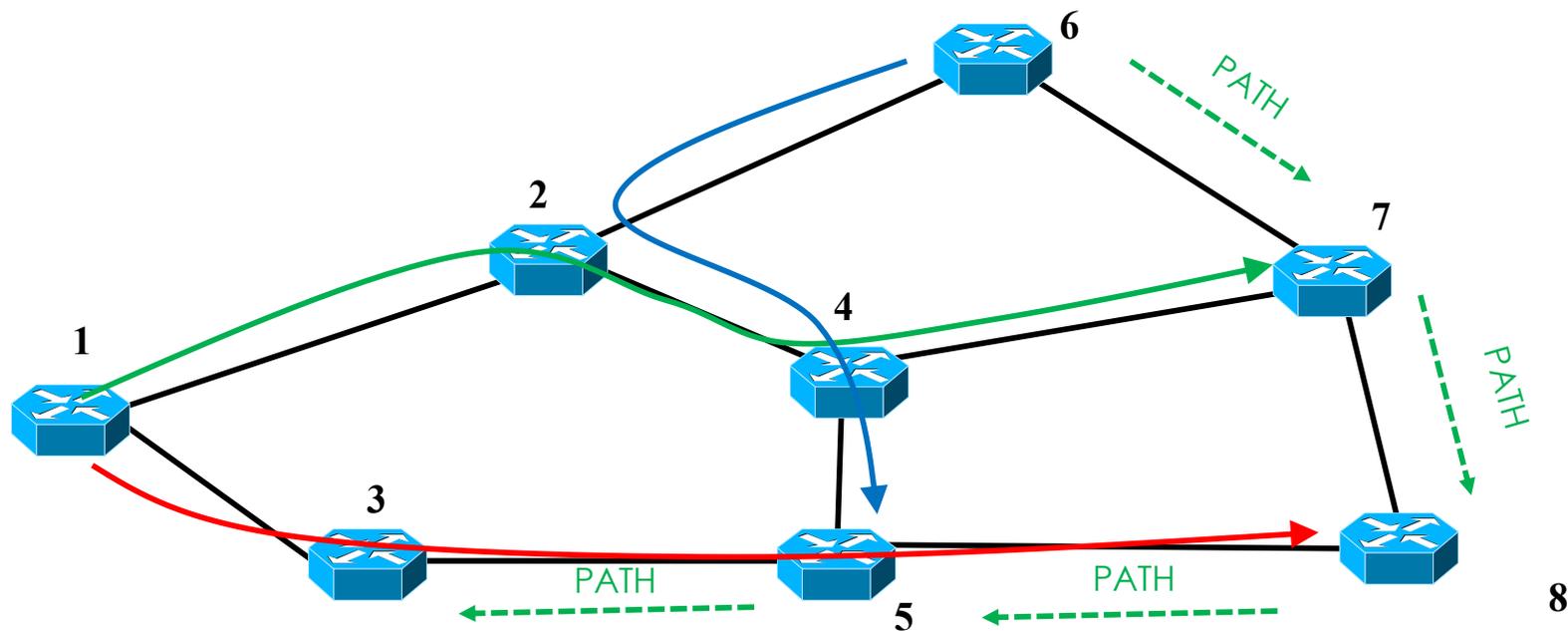
- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3
- El router 6 consulta su base de datos y ejecuta el RWA
- RWA le dice que el mejor camino es 6-7-8-5-3 usando el verde



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

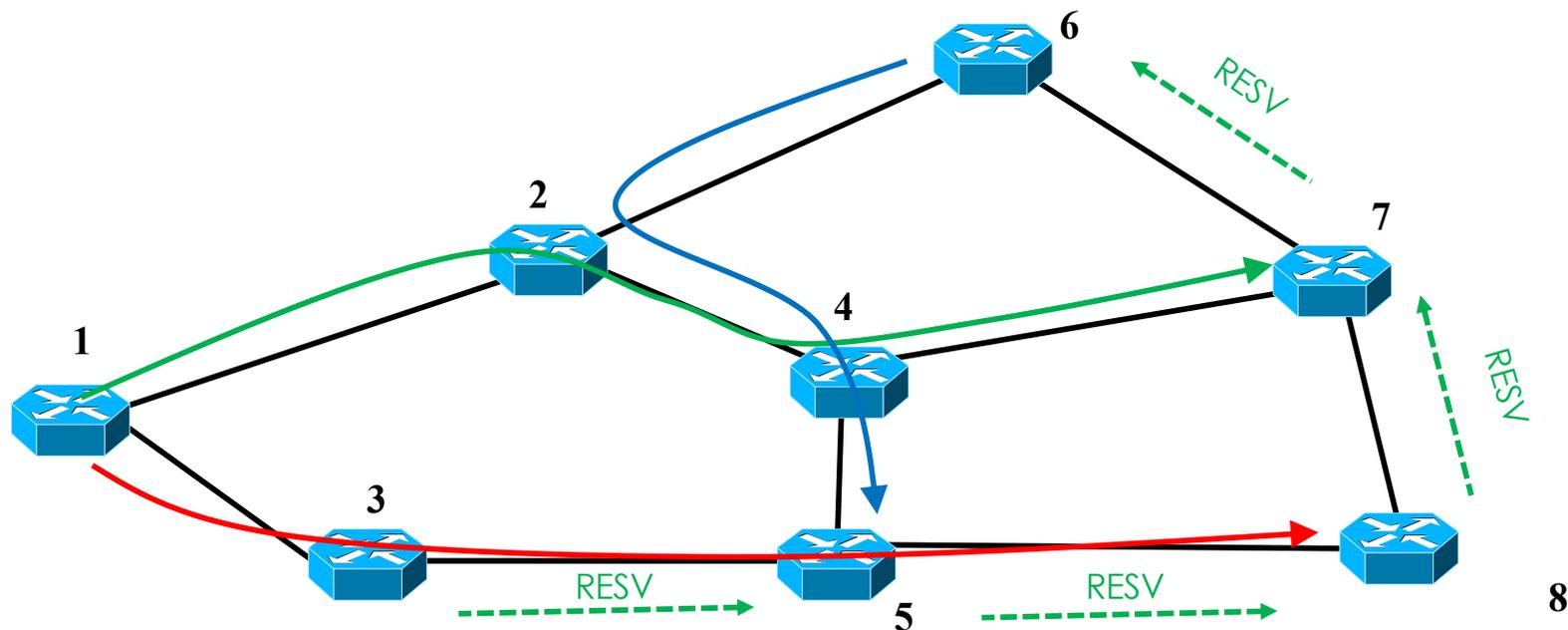
- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3
- El router 6 consulta su base de datos y ejecuta el RWA
- RWA le dice que el mejor camino es 6-7-8-5-3 usando el verde
- El router 6 lanza el intercambio de labels para crear el lightpath



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

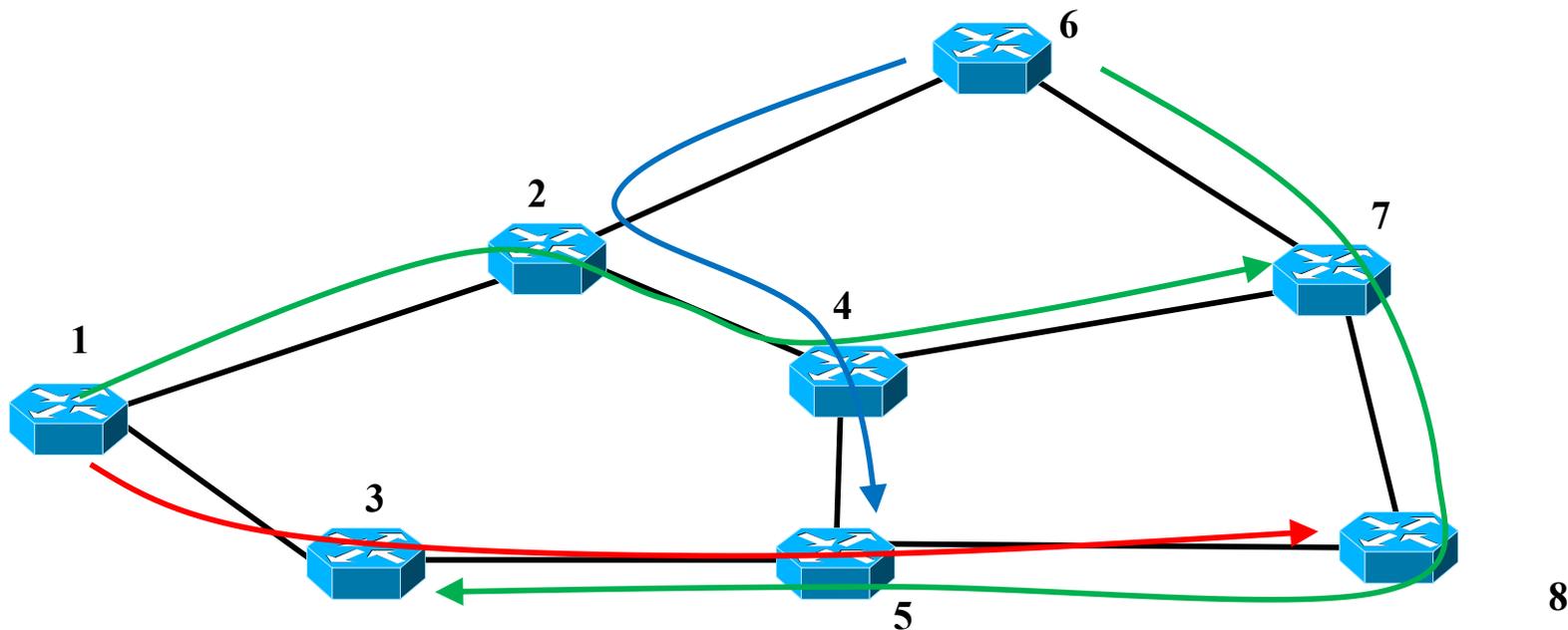
- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3
- El router 6 consulta su base de datos y ejecuta el RWA
- RWA le dice que el mejor camino es 6-7-8-5-3 usando el verde
- El router 6 lanza el intercambio de labels para crear el lightpath



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

- El router 6 quiere establecer un lightpath hacia el router 3
- El router 6 consulta su base de datos y ejecuta el RWA
- RWA le dice que el mejor camino es 6-7-8-5-3 usando el verde
- El router 6 lanza el intercambio de labels para crear el lightpath



3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

- Conmutación de circuitos?
- Conmutación de paquetes?
- Conmutación de circuitos virtuales?

3.3 – Redes opticas

Generalised Multiprotocol Label Switching

- **Conmutación de circuitos?**
 - Se reserva una longitud de onda exclusivamente para la transmisión entre un nodo origen y un nodo destino
- Conmutación de paquetes?
- Conmutación de circuitos virtuales?

3.3 – Redes opticas

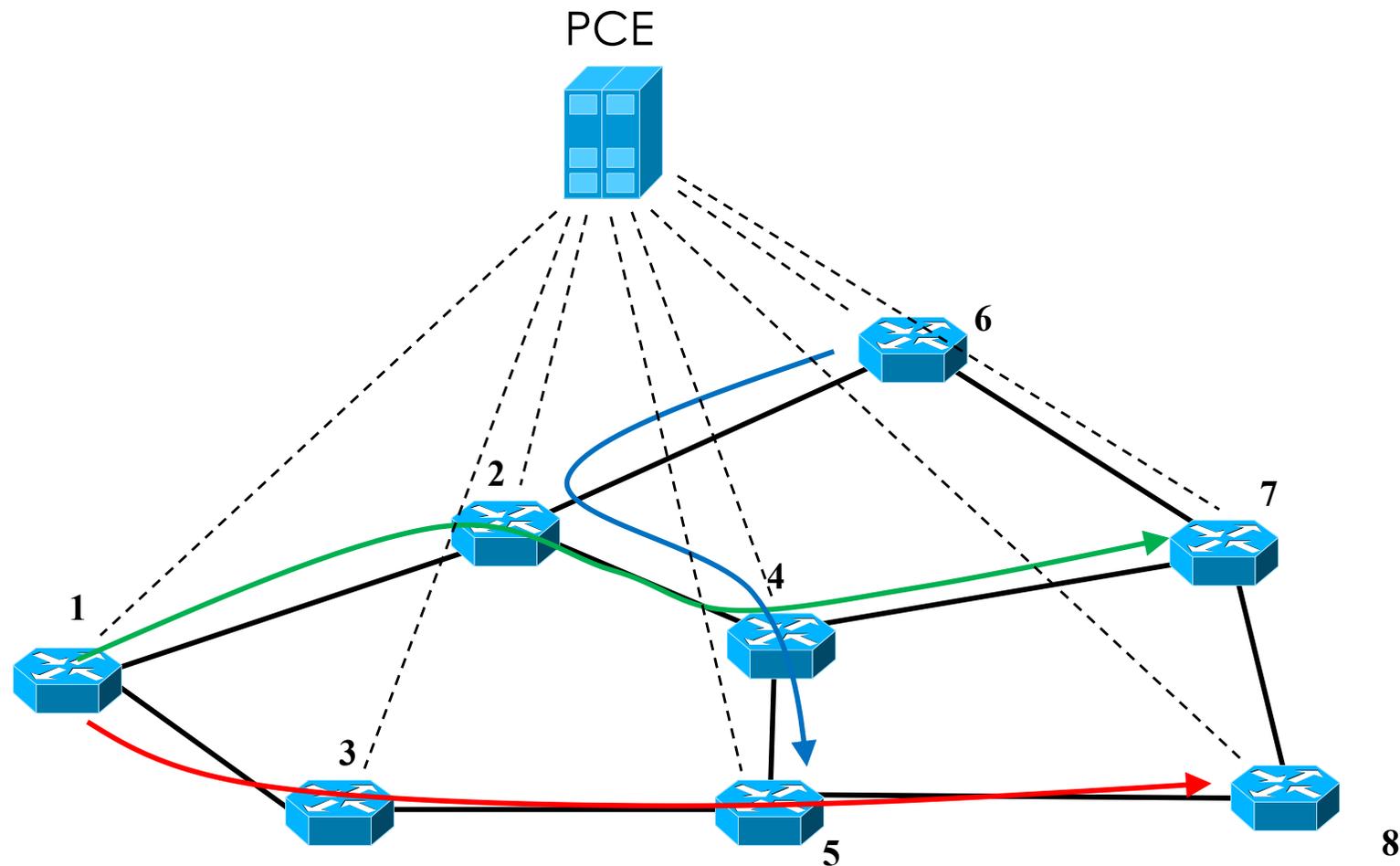
RWA

- El RWA es un problema de tipo NP-complete
 - Se suelen usar algoritmos aproximativos para hacer la solución viable
 - Se suele dividir el problema en dos sub-problemas
 - Encontrar los caminos disponibles primero
 - Encontrar si uno de estos tiene una longitud de onda disponible en todo el camino
- El problema sigue siendo complejo
- Se creó una alternativa
 - Eliminar el computo del RWA de los nodos
 - Asignar esta tarea a un elemento externo dedicado exclusivamente en calcular el RWA
 - Este elemento se llama Path Computation Element (PCE)

3.3 – Redes opticas

Path Computation Element

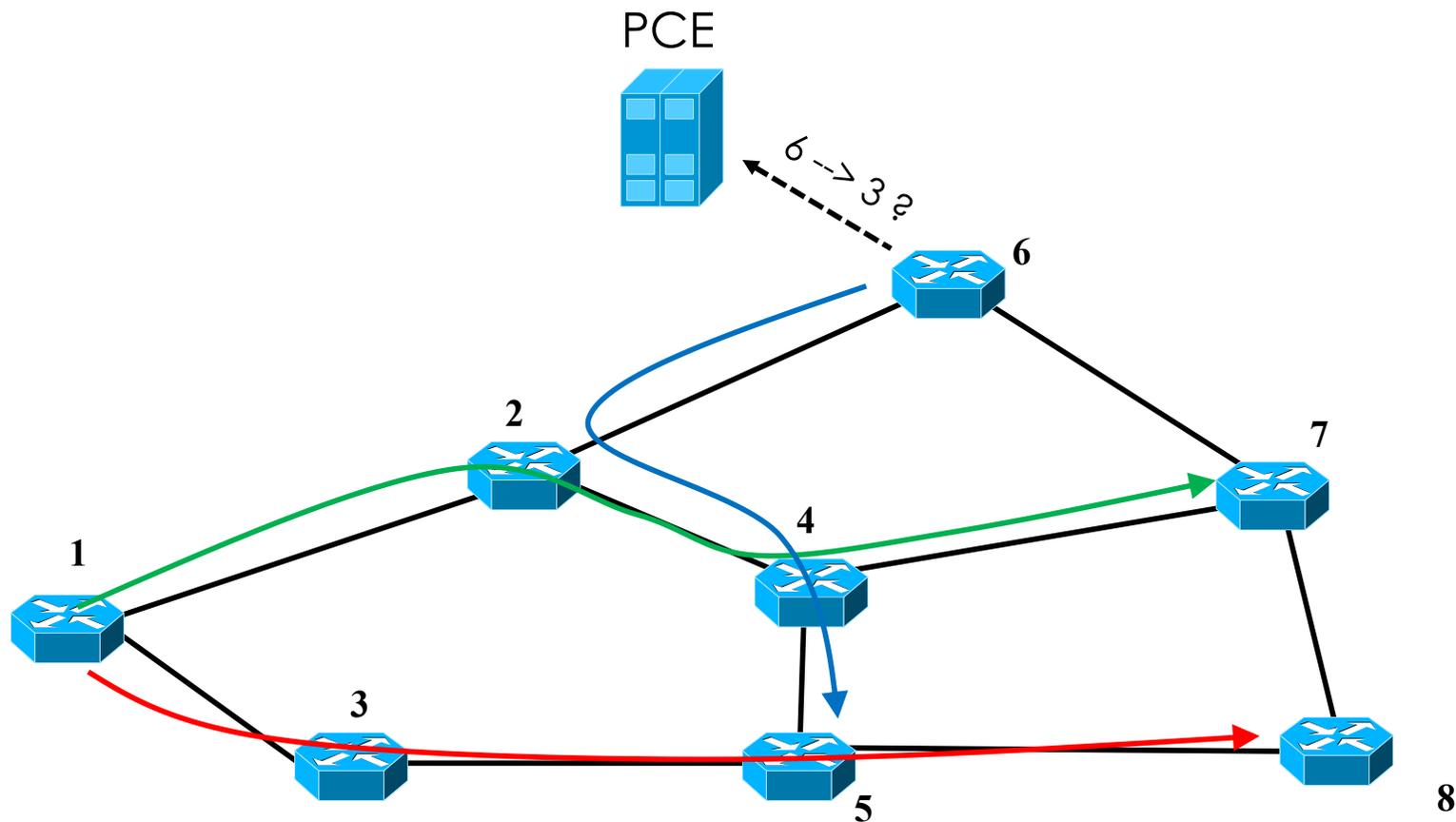
- El PCE está conectado con todos los nodos



3.3 – Redes opticas

Path Computation Element

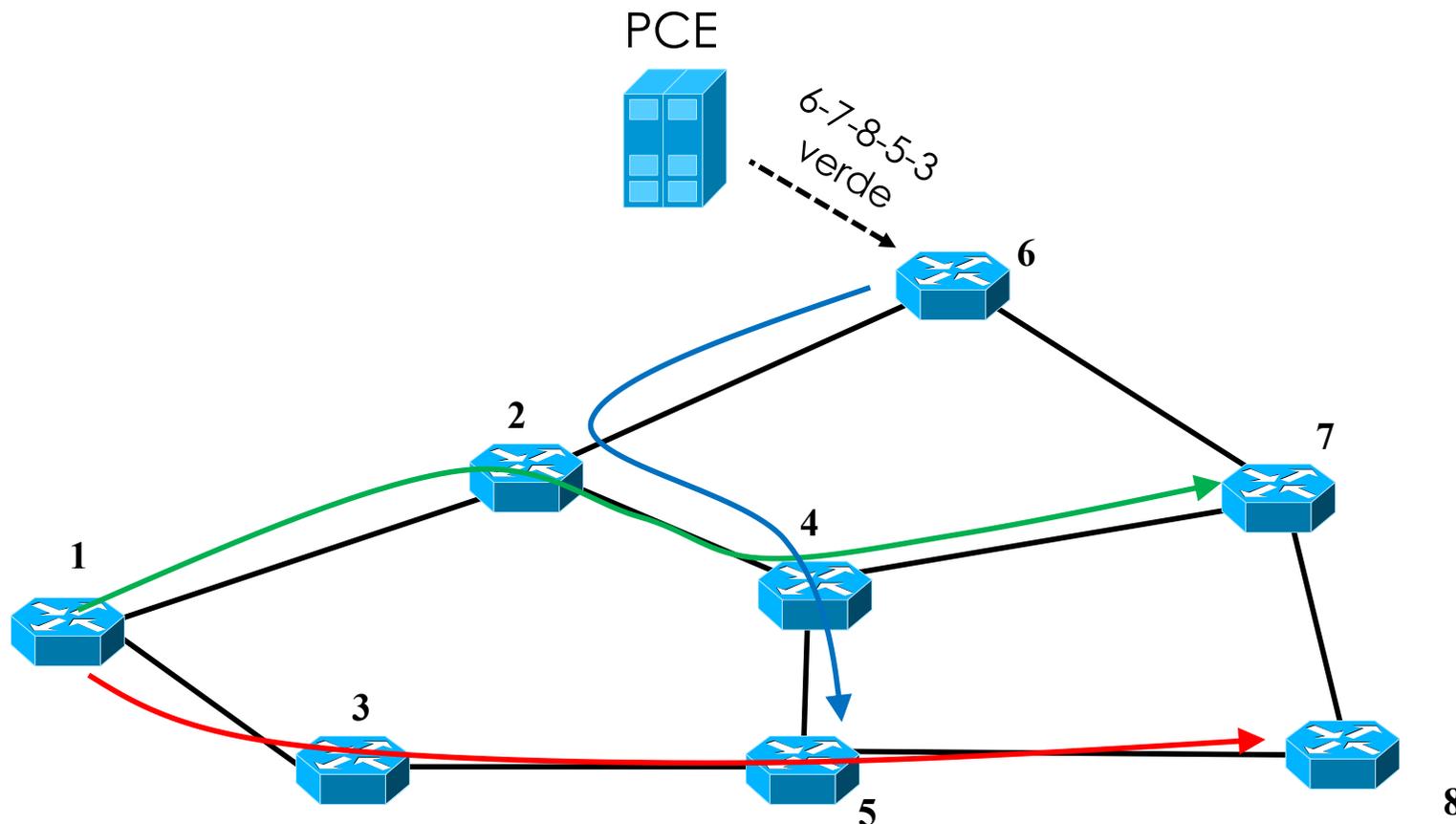
- Si el router 6 necesita crear un camino hasta el router 3, pregunta al PCE cual es el mejor lightpath



3.3 – Redes opticas

Path Computation Element

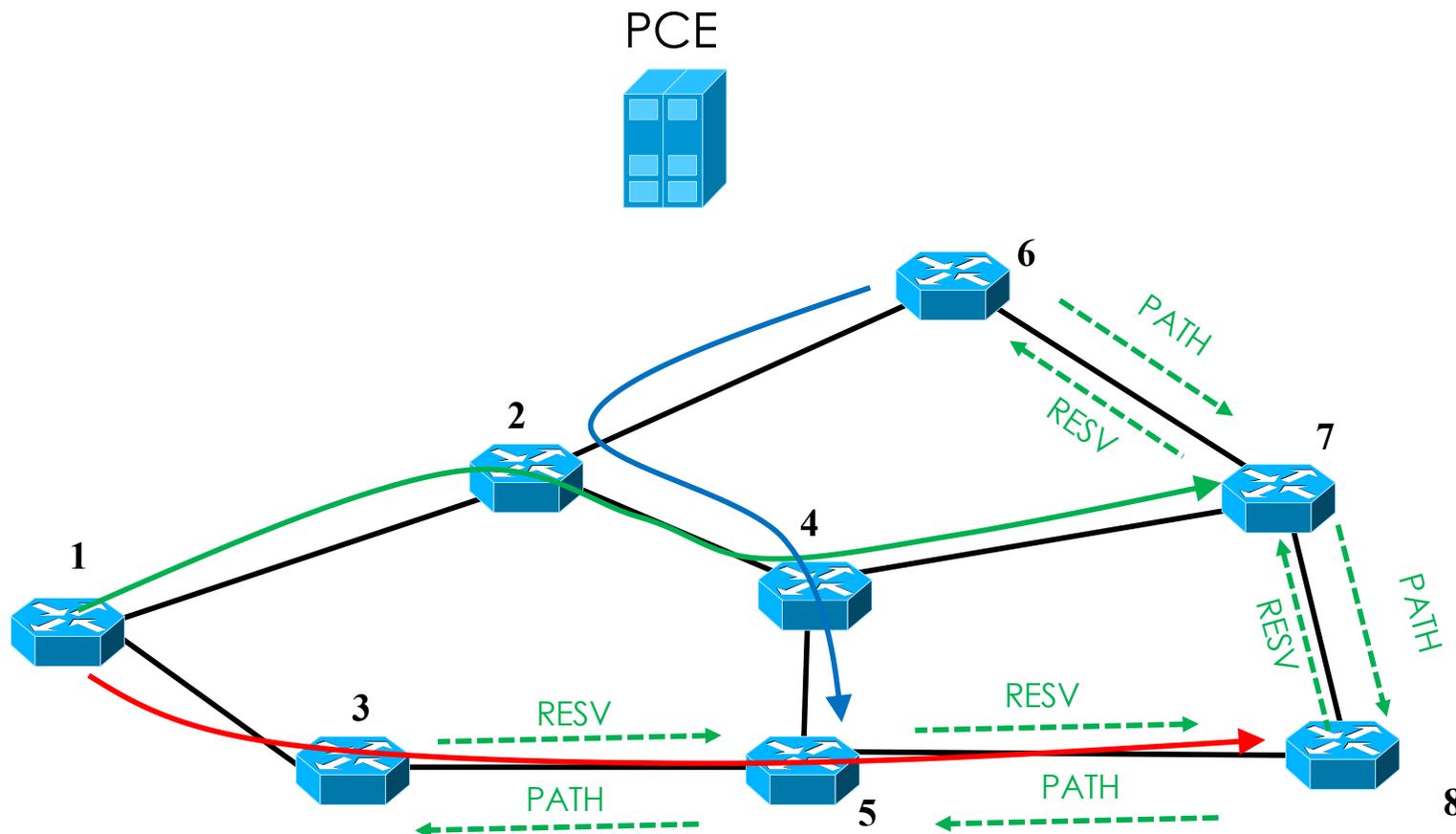
- El PCE conoce el estado de todo el sistema y ejecuta el RWA
- El PCE proporciona la respuesta al router 6



3.3 – Redes opticas

Path Computation Element

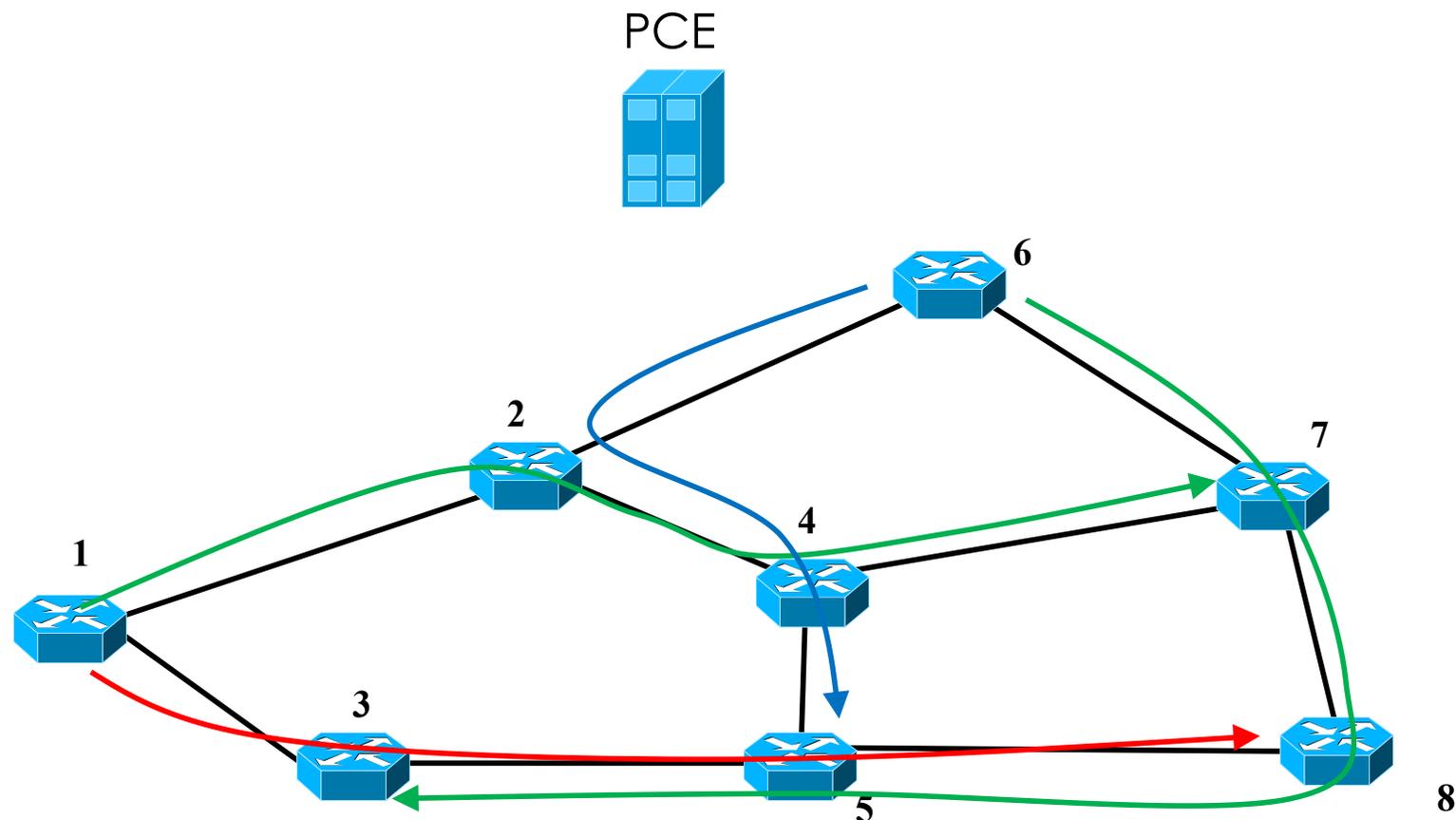
- El router 6 hace como antes, envía el PATH y espera el RESV para crear las labels y reservar el lightpath



3.3 – Redes opticas

Path Computation Element

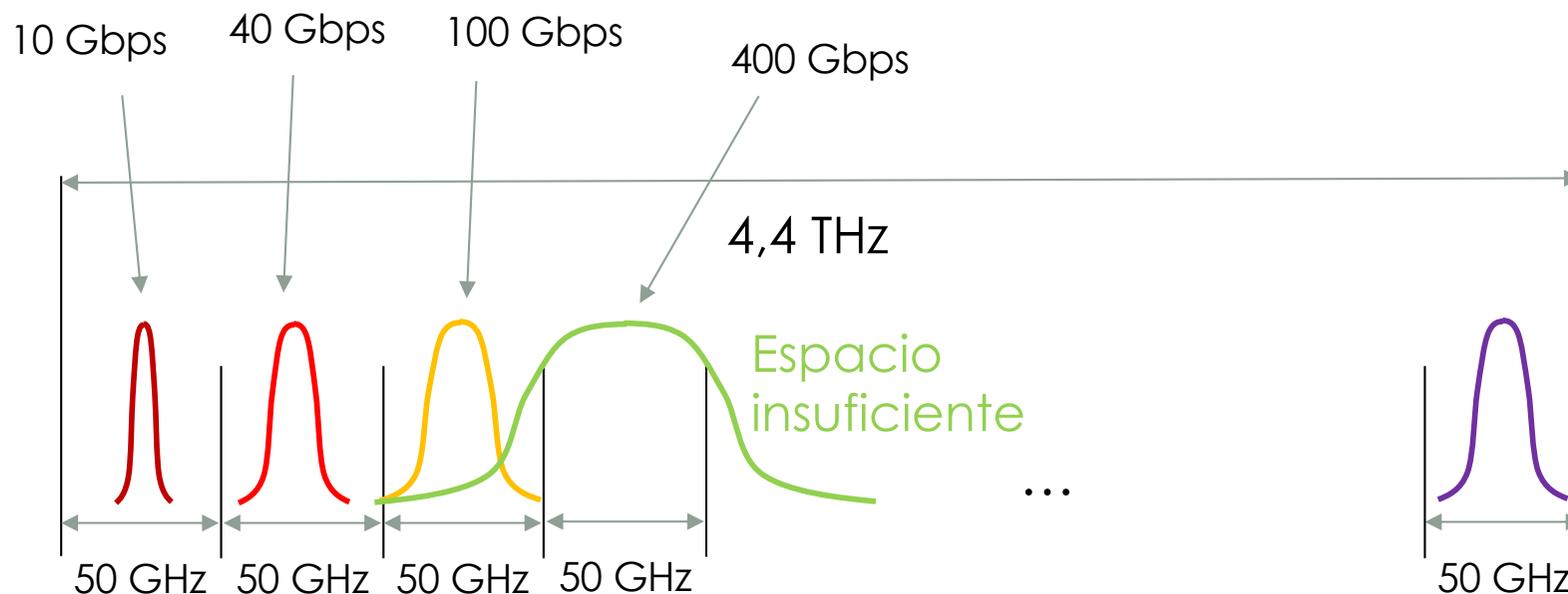
- El router 6 hace como antes, envía el PATH y espera el RESV para crear las labels y reservar el lightpath



3.3 – Redes ópticas

Redes transparentes flexibles

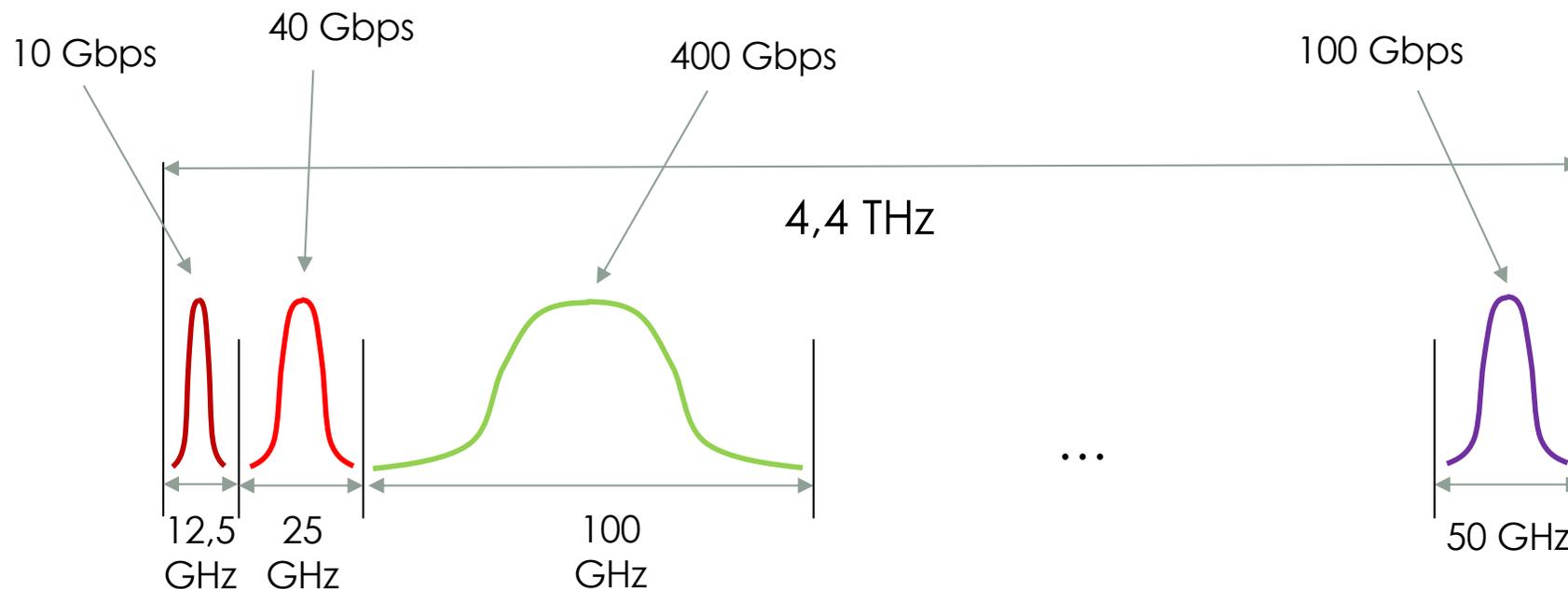
- Con el aumento de la velocidad de los transmisores y receptores de señales ópticas hacia los 400 Gbps y 1 Tbps, surgió un problema
- Cuanto más rápido se quiere ir, más ancho de banda ocupan las señales



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes flexibles

- El espacio de los canales se hace flexible y se adapta a la señal transmitida
- Ya no espacio fijo a 50 GHz
- Por un lado se pueden transmitir señales de mayor velocidad
- Por otro lado, la fibra se utiliza lo mas eficientemente posible



3.3 – Redes opticas

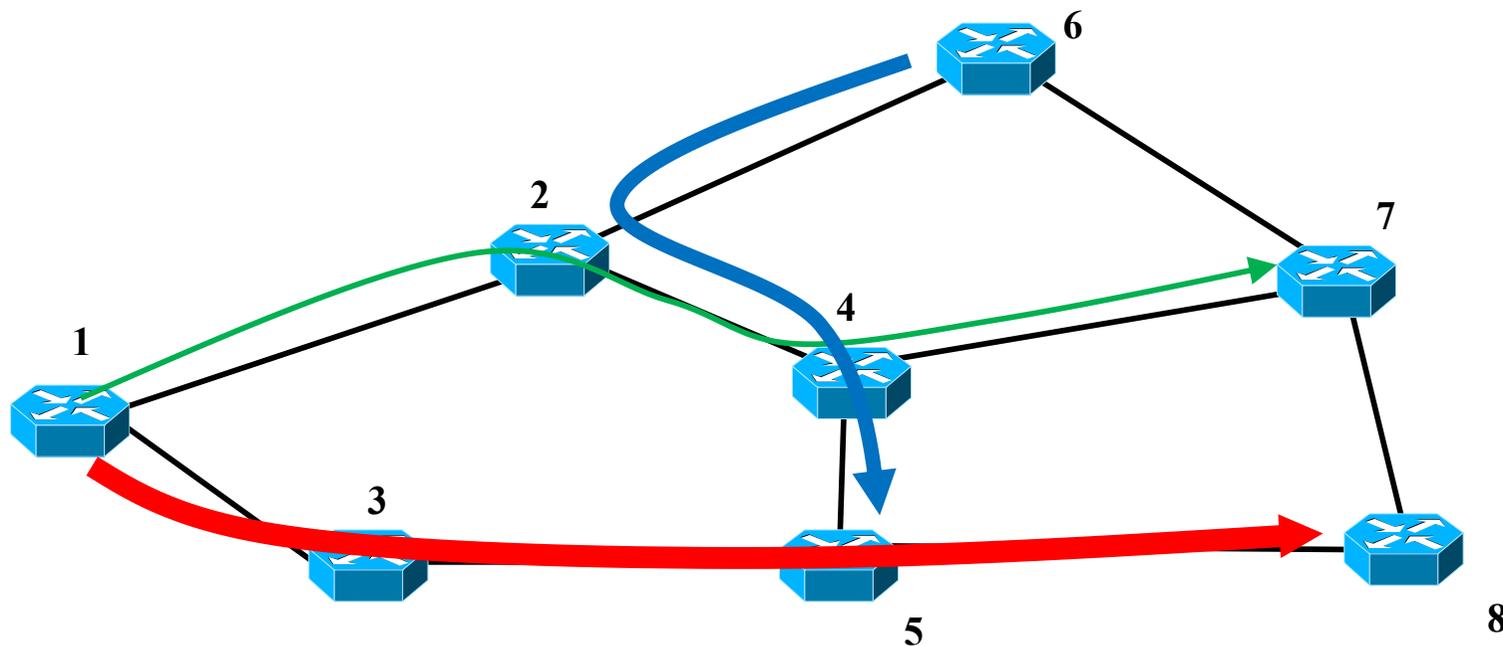
Redes transparentes flexibles

- Ahora pero el problema anterior RWA se convierte en un problema diferente
- Se usan algoritmos llamados **Routing and Spectrum Assignment (RSA)**
 - **Routing** porque se necesita encontrar un camino disponible entre origen y destino
 - **Spectrum** porque ahora hay que encontrar una espacio de espectro de banda disponible enteramente entre origen y destino
- También los RSA son de la clase NP-complete
- La solución con el PCE es también valida para este caso

3.3 – Redes opticas

Redes transparentes flexibles

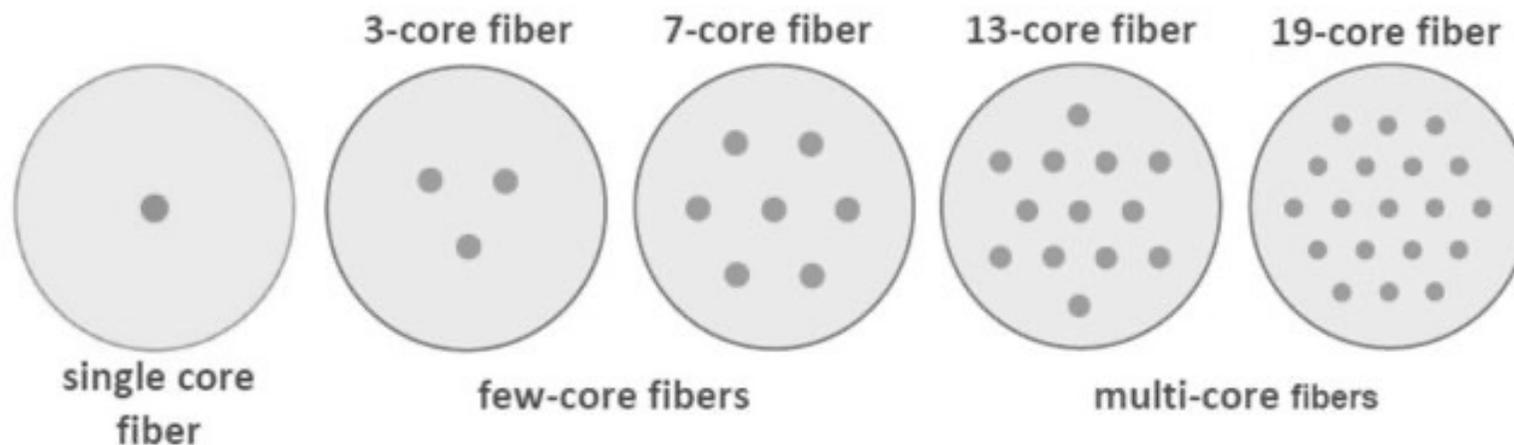
- Cada lightpath ahora puede tener un espacio ocupado en las fibras diferente



3.3 – Redes ópticas

Fibras multi-core

- El último avance en redes ópticas son las fibras multi-core
- De manera que hay múltiples núcleos pero un solo cladding en cada fibra
- Cada núcleo es “independiente” de los otros y se puede usar para transmitir como si fuera una fibra separada
 - Realmente hay limitaciones como el crosstalk que limita sus prestaciones



Fuente imagen: B. Batagelj, et al., “Research challenges in optical communications towards 2020 and beyond”, Informacije MIDEM, 2014

3.3 – Redes opticas

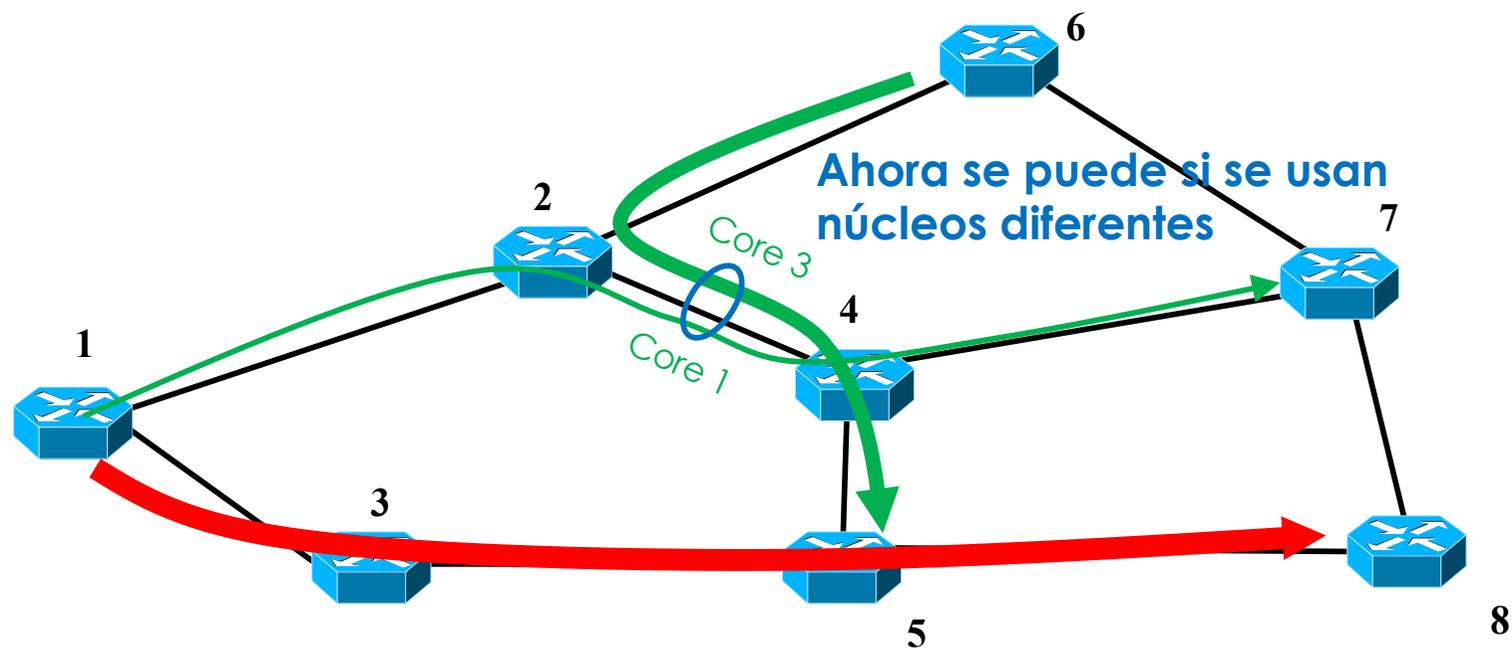
Redes transparentes flexibles con fibras multi-core

- Ahora se añade una tercera dimensión: que núcleo usar
- Generalmente a esta dimensión se refiere como espacio
- Se usan algoritmos llamados entonces **Routing, Spectrum and Core Assignment** (RSCA)
 - **Routing** porque se necesita encontrar un camino disponible entre origen y destino
 - **Spectrum** porque hay que encontrar un espacio de espectro de banda disponible enteramente entre origen y destino
 - **Core** porque ahora hay que encontrar cuál de los núcleos de la fibra usar. En este caso pero, el core seleccionado puede modificarse al pasar por un nodo
- También los RSCA son de la clase NP-completa
- La solución con el PCE es también válida para este caso

3.3 – Redes opticas

Redes transparentes flexibles con fibras multi-core

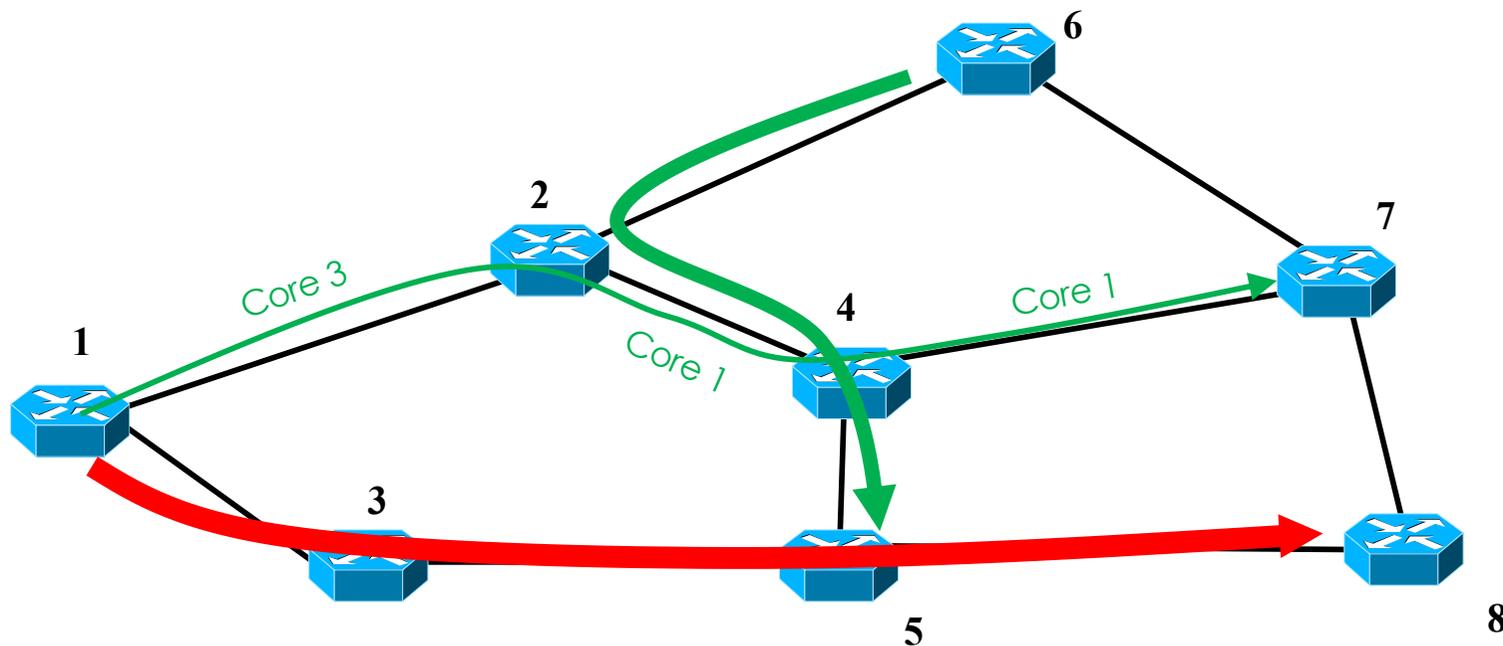
- En cada enlace, se puede usar el mismo canal usando núcleos diferentes



3.3 – Redes opticas

Redes transparentes flexibles con fibras multi-core

- En cada enlace, se puede usar el mismo canal usando núcleos diferentes
- Además un nodo puede conmutar de un núcleo a otro para un mismo lightpath



3.3 – Redes ópticas

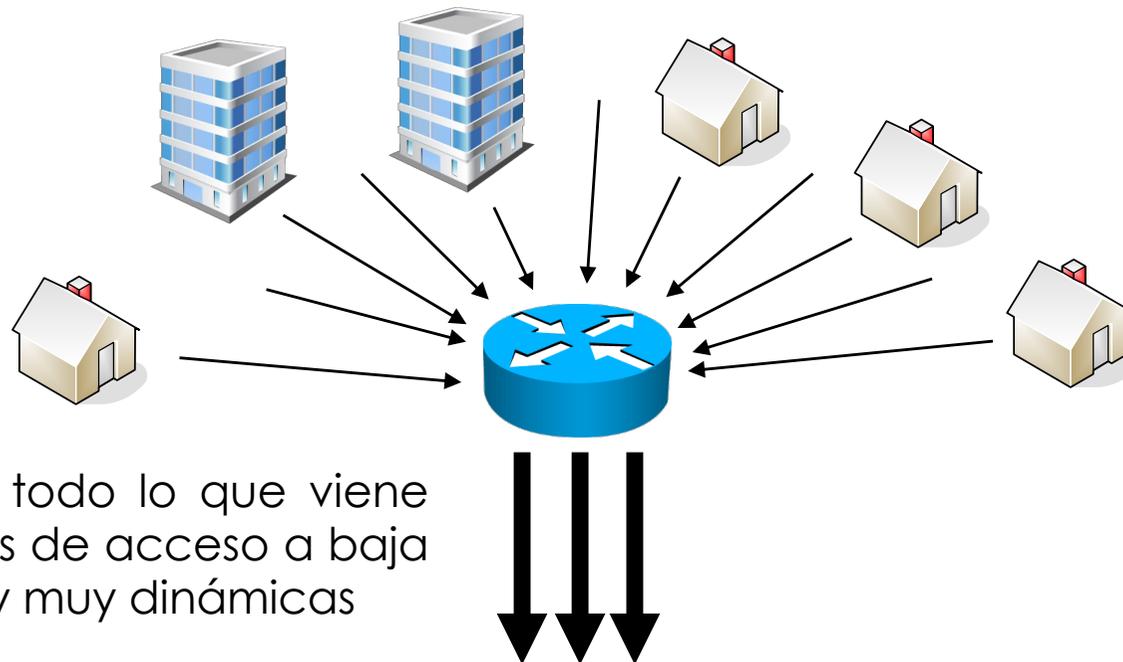
Redes multi-capas

- La parte óptica entonces crea caminos de determinadas velocidades entre un nodo origen y un nodo destino
- Tienen unas velocidades que no están pensada para los usuarios finales
- Estos caminos son lentos de establecer
- Todo eso implica que esta parte óptica sirve para crear grandes autopistas para transmitir grandes cantidades de información durante mucho tiempo
- Encima de estas autopistas (lightpaths) se crean las entradas

3.3 – Redes opticas

Redes multi-capas

- Las redes de acceso llegan con transmisiones que son muy dinámicas, es decir cambian los hosts que transmiten, cambian las velocidades de transmisión, cambian los destinos, etc.
- Estos flujos se agregan en flujos más rápidos y más estables

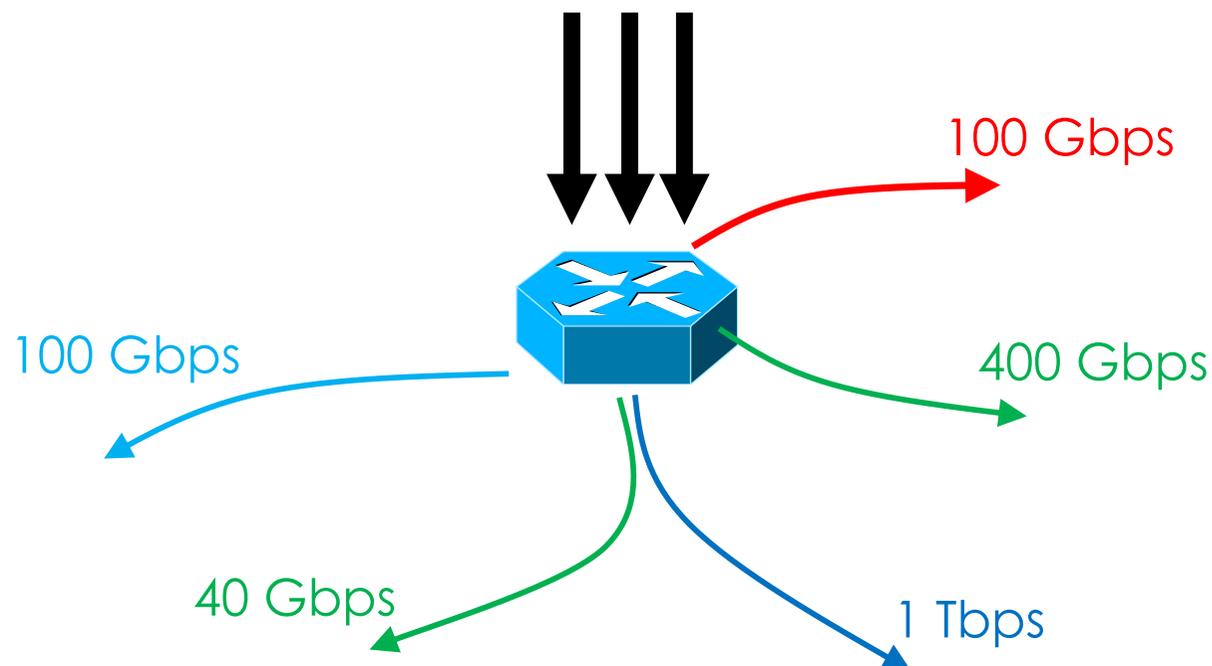


Se agrega todo lo que viene de las redes de acceso a baja velocidad y muy dinámicas

3.3 – Redes ópticas

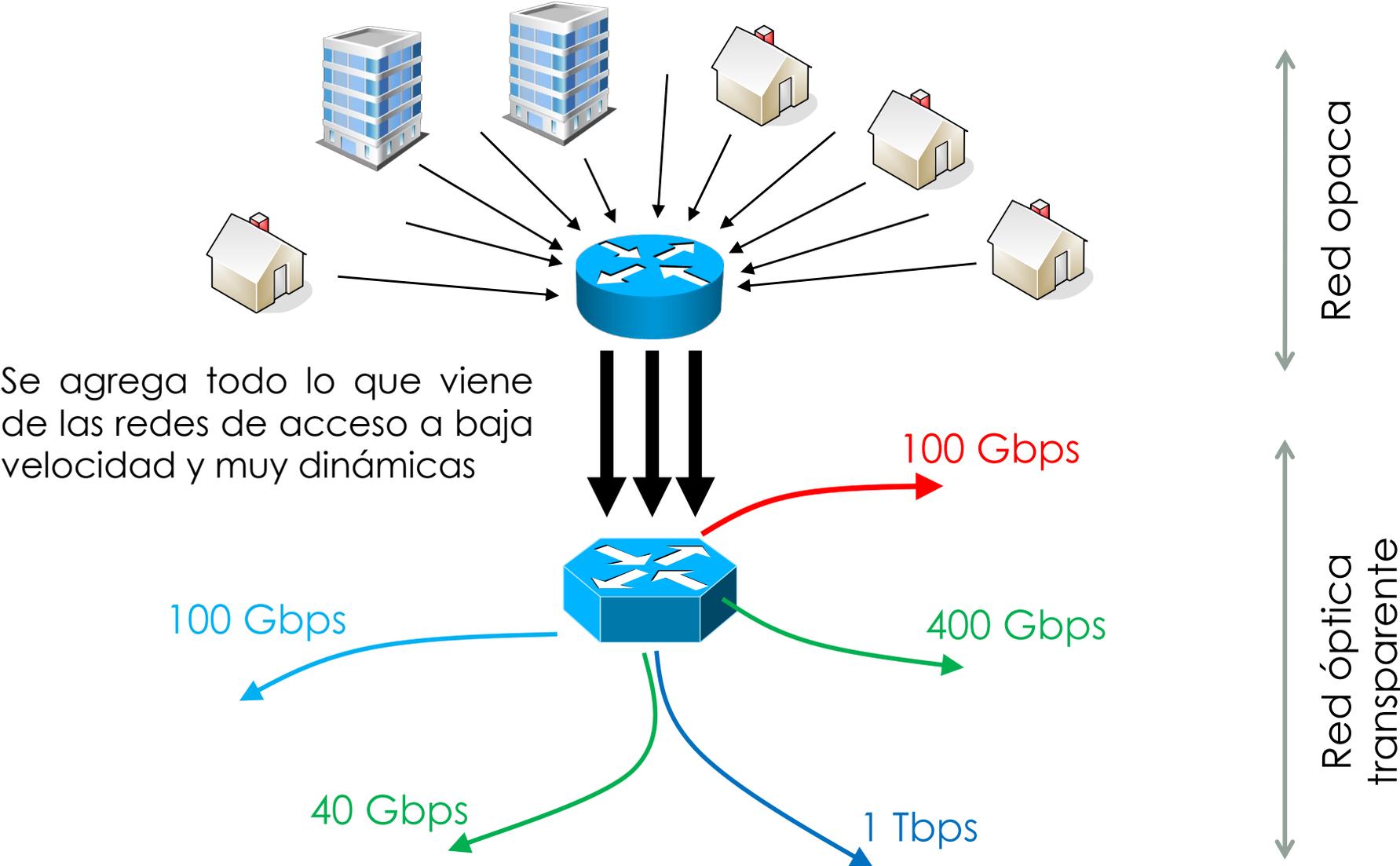
Redes multi-capas

- Estos flujos son los que entran en la red óptica transparente
- Esta red óptica transparente tendrá lightpaths ya establecidos hacia (generalmente) todos los otros nodos ópticos posibles



3.3 – Redes opticas

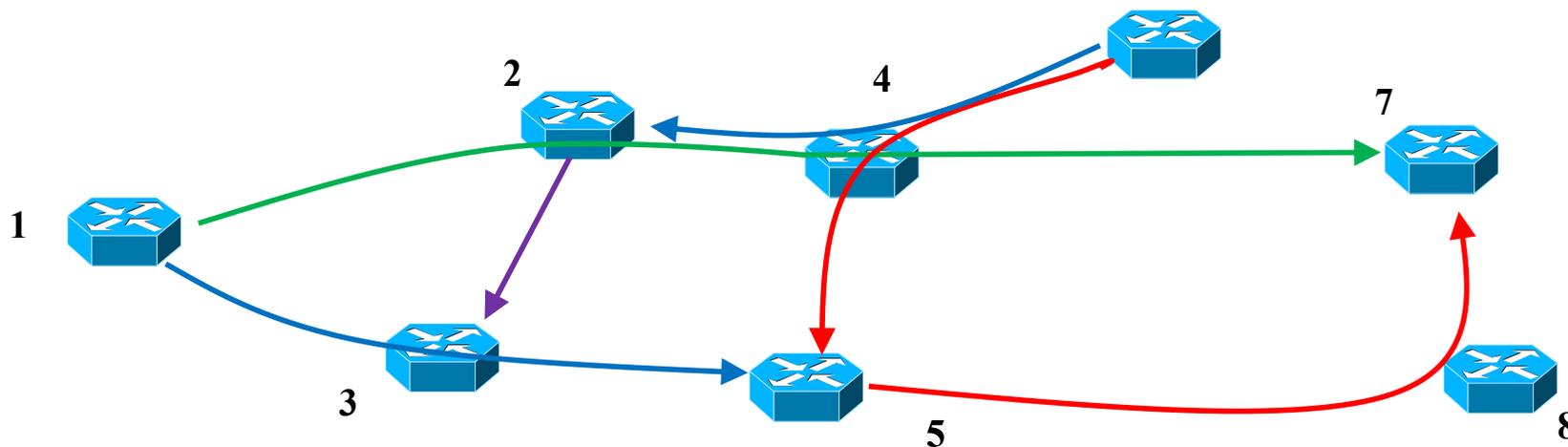
Redes multi-capas



3.3 – Redes ópticas

Redes multi-capa

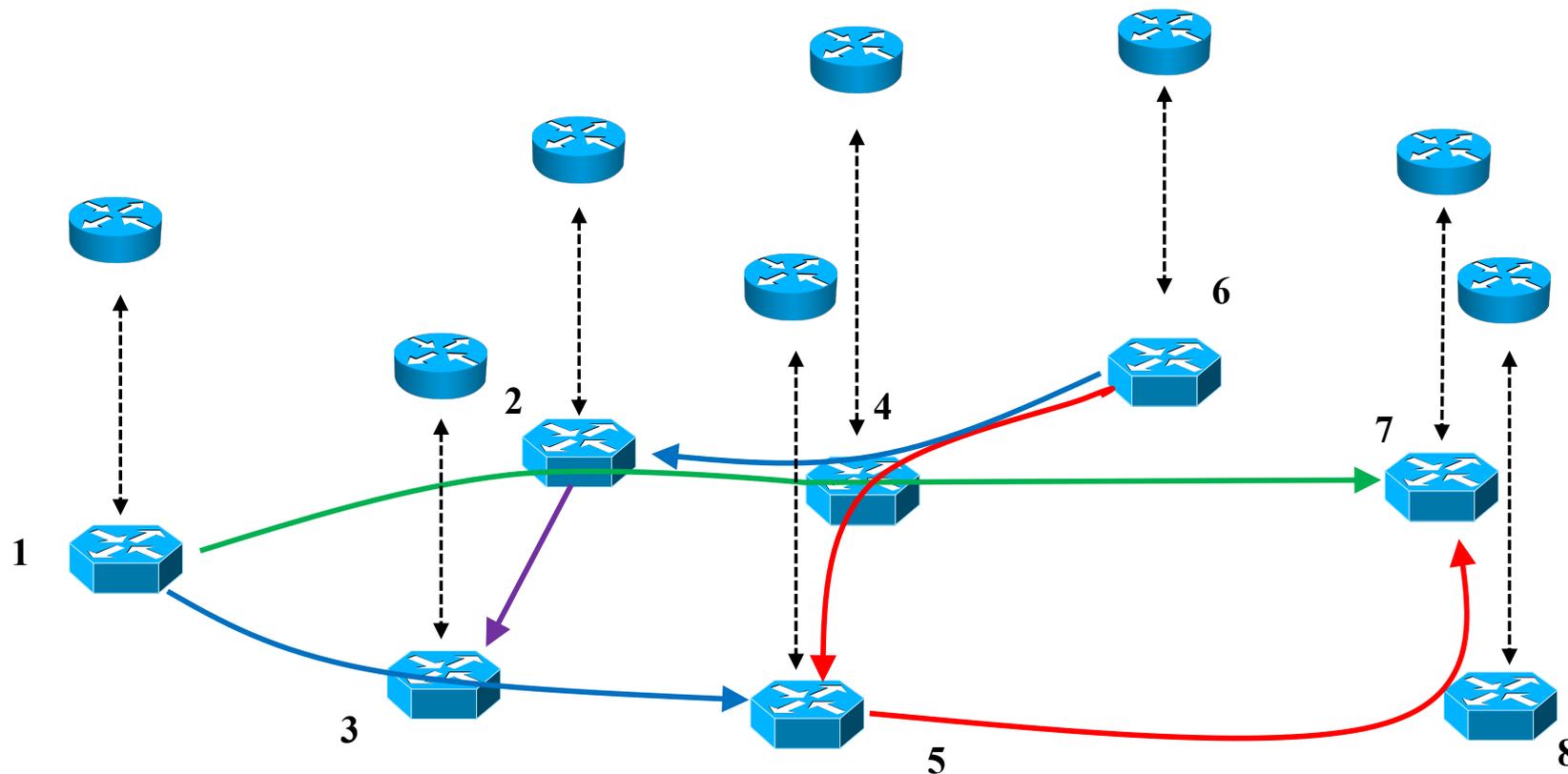
- La red óptica transparente se ve simplemente como una red de conexiones a alta velocidad entre determinados nodos
- Todos estos nodos son completamente ópticos



3.3 – Redes ópticas

Redes multi-capa

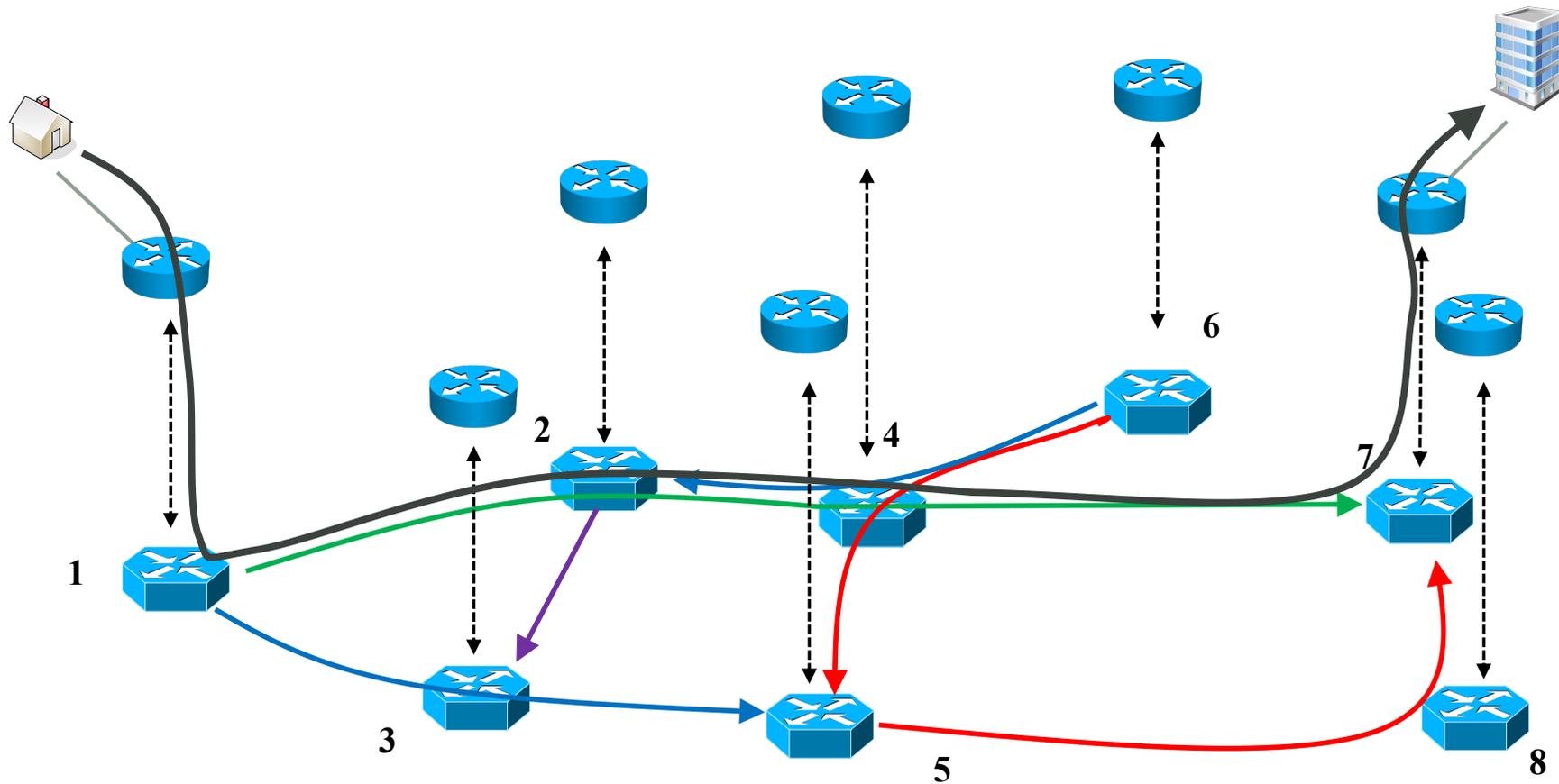
- La red superior es la red de agregación que junta los flujos
- Estos nodos suelen ser opto-eléctricos



3.3 – Redes opticas

Redes multi-capa

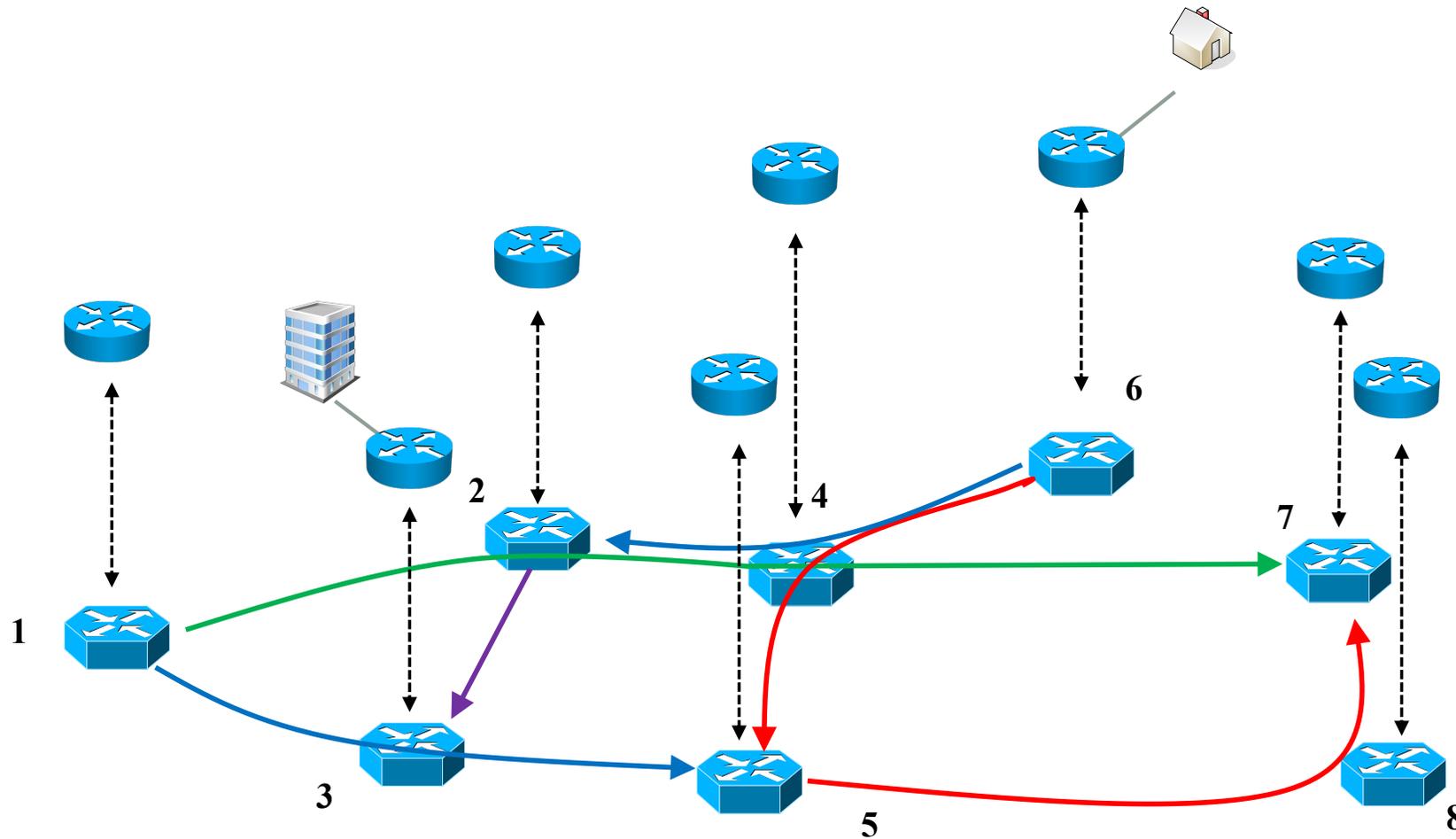
- Si un host quiere llegar a otro host, su transmisión seguirá este camino



3.3 – Redes opticas

Redes multi-capa

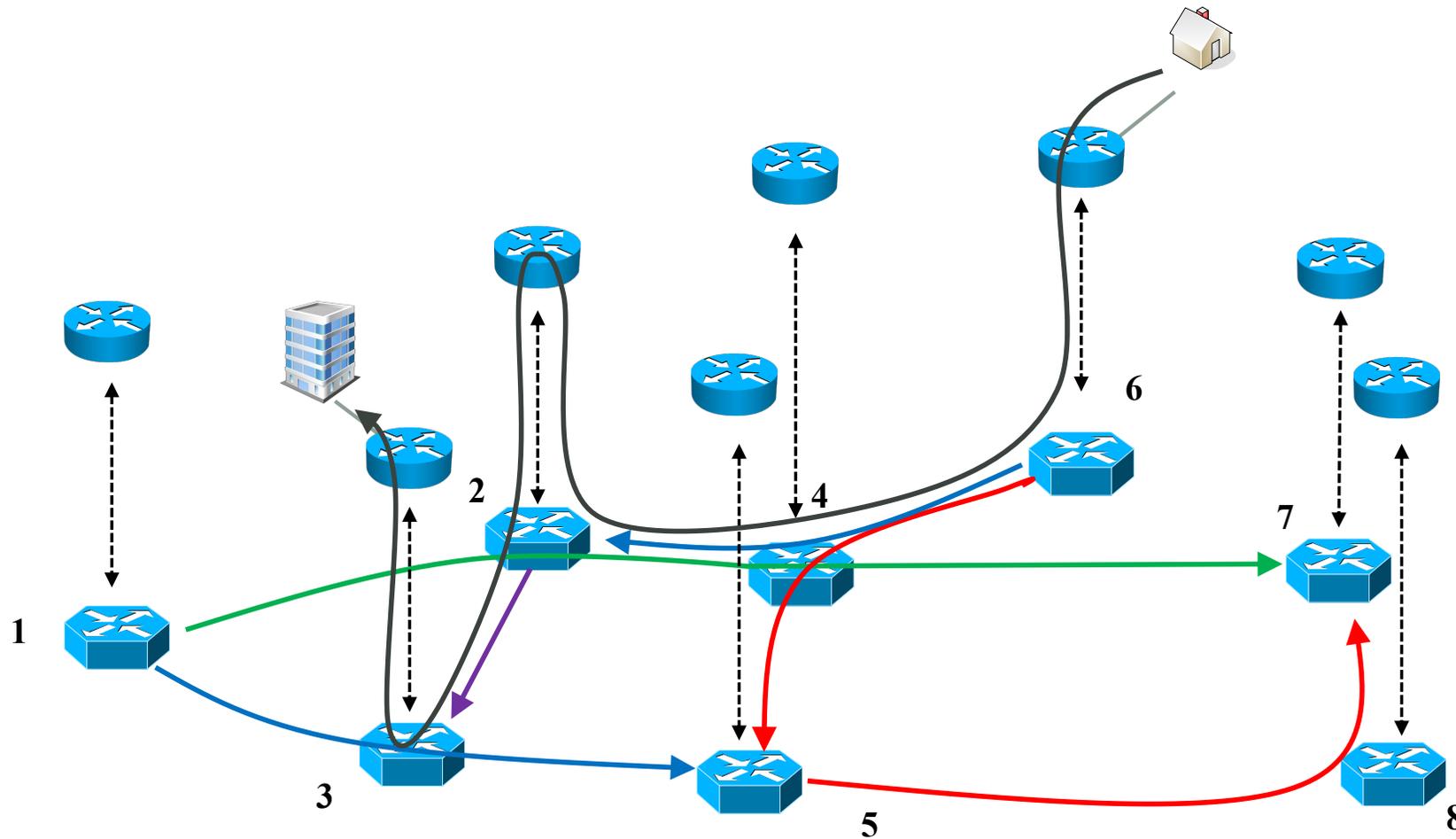
- Múltiples posibilidades



3.3 – Redes ópticas

Redes multi-capa

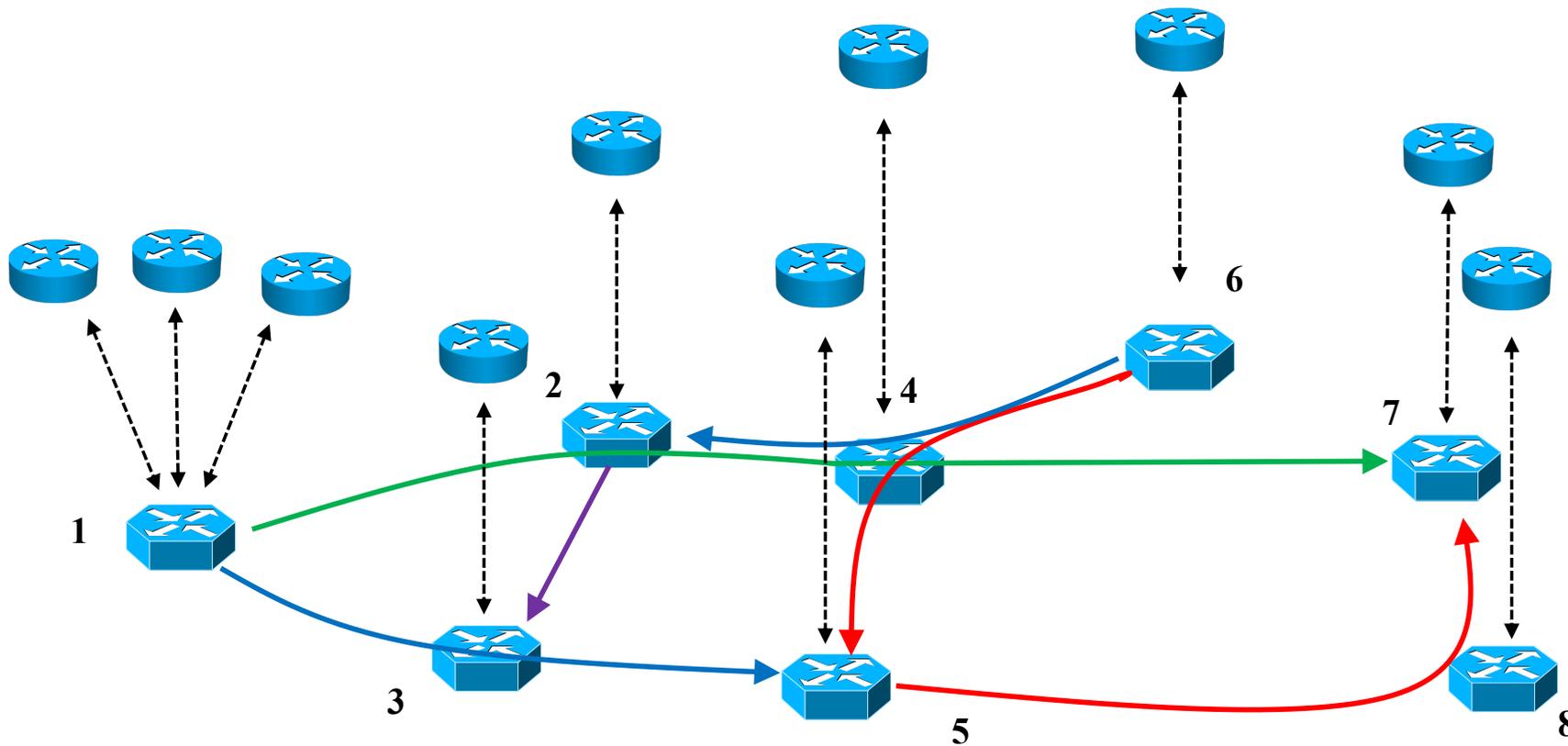
- Múltiples posibilidades



3.3 – Redes ópticas

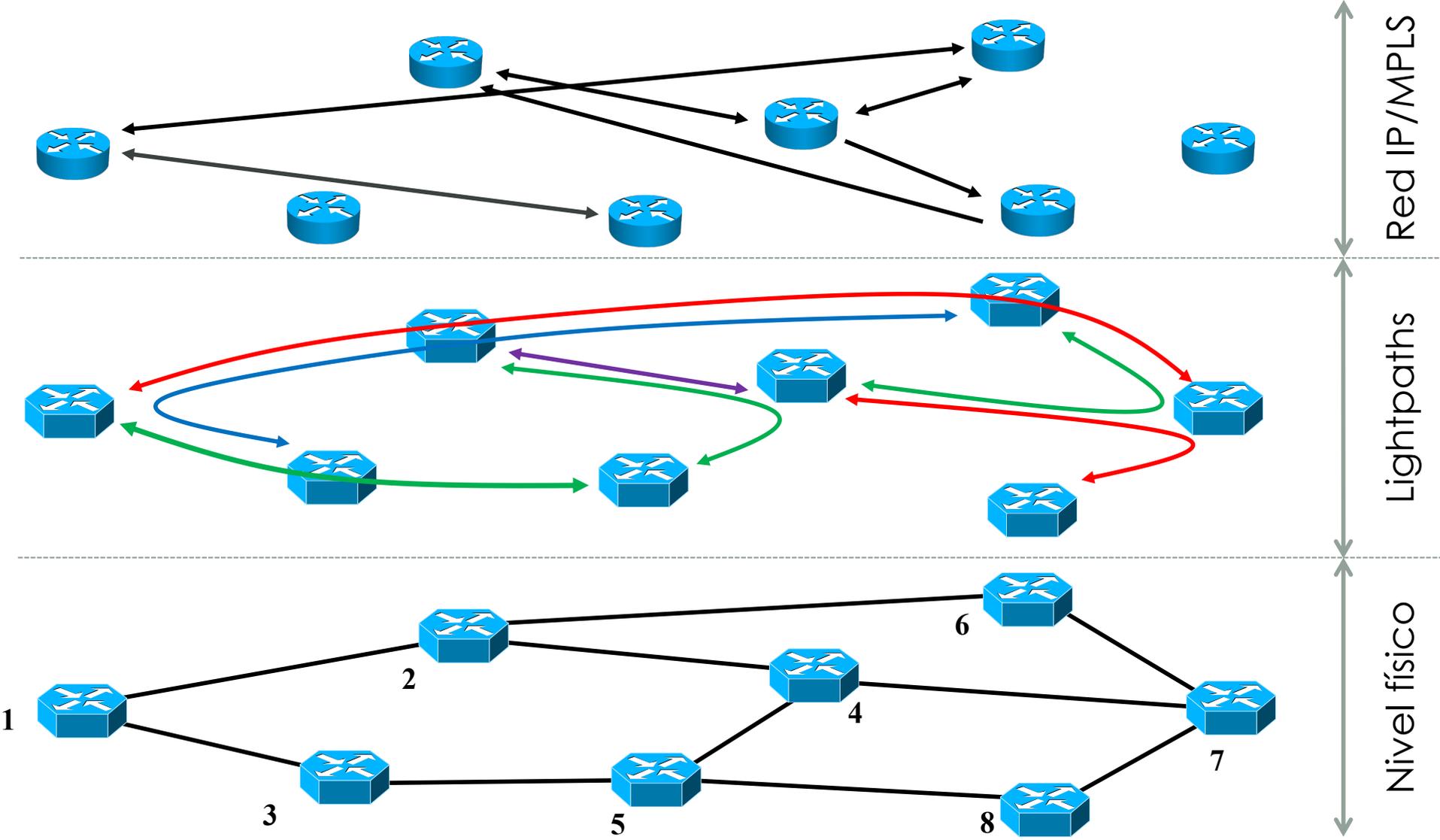
Redes multi-capa

- Múltiples posibilidades



3.3 - Redes opticas

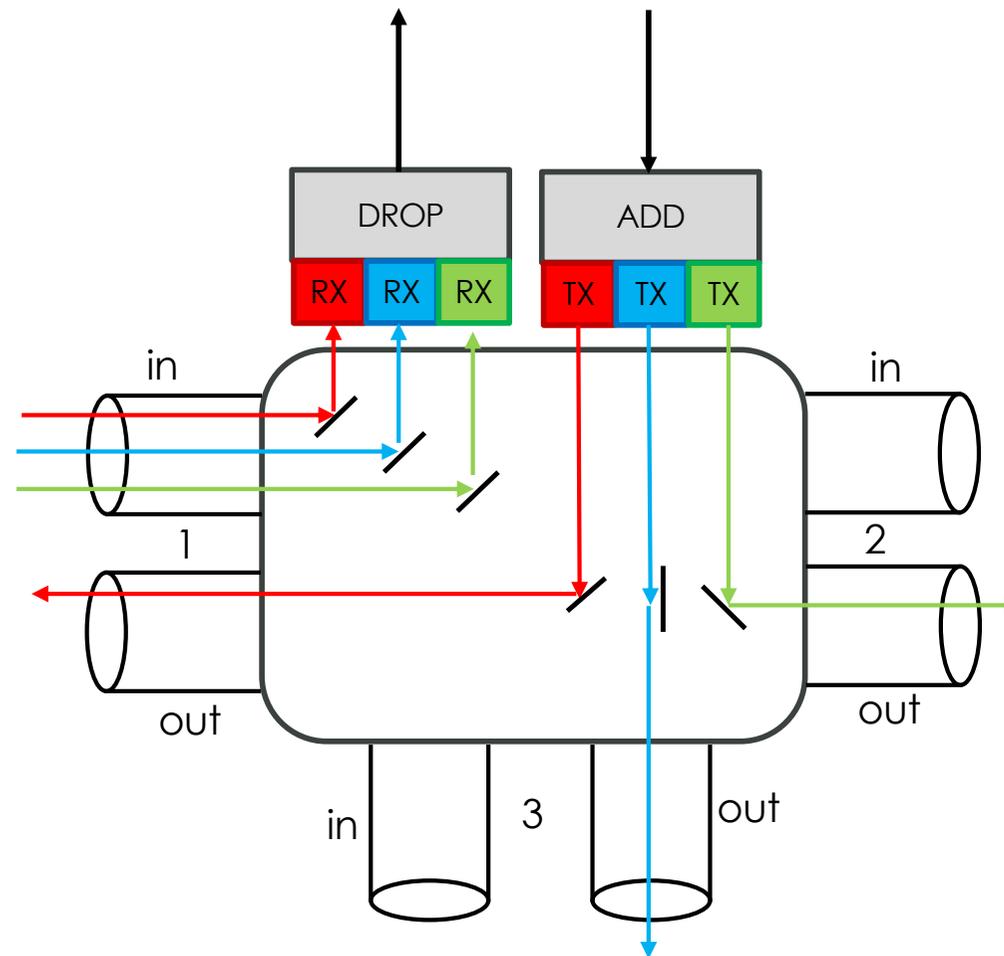
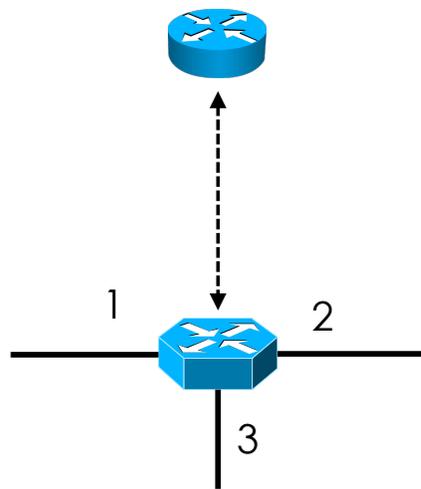
Redes multi-capa



3.3 – Redes opticas

Arquitectura de un nodo óptico

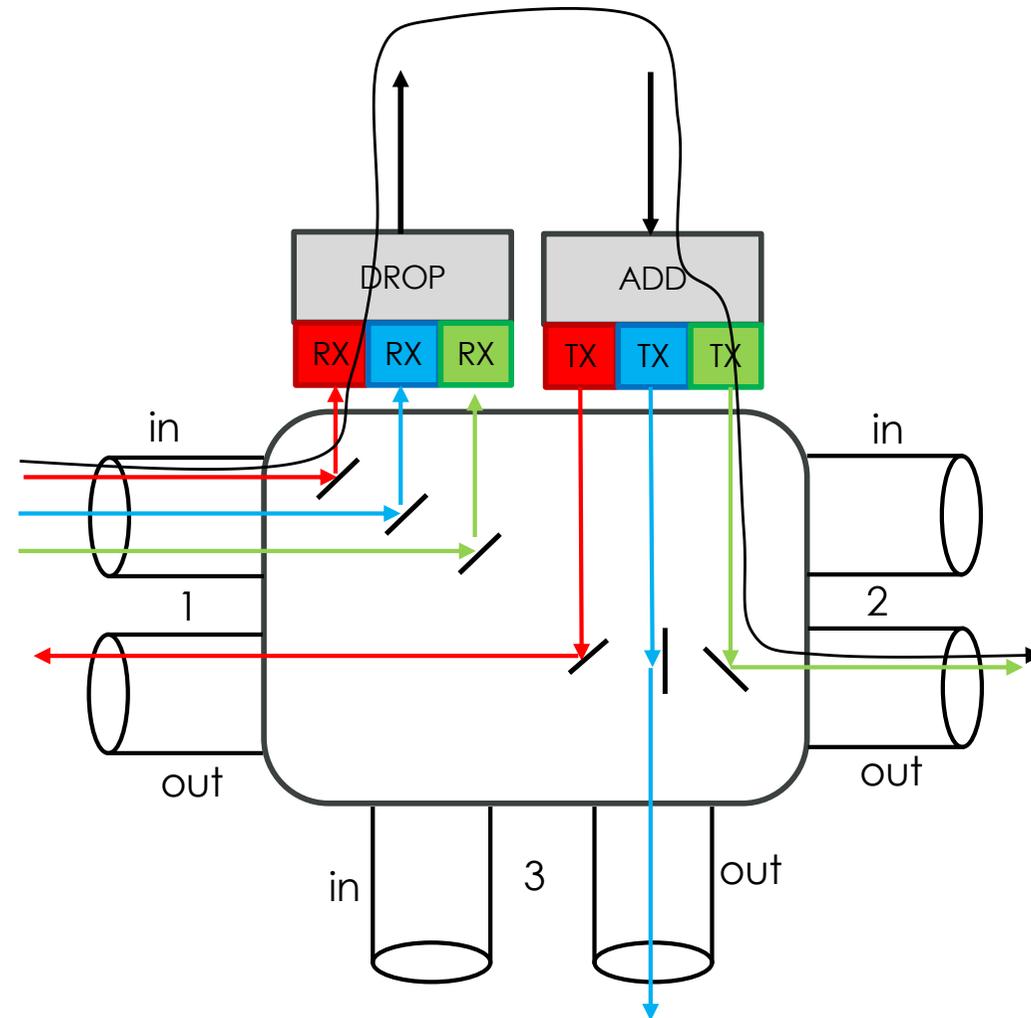
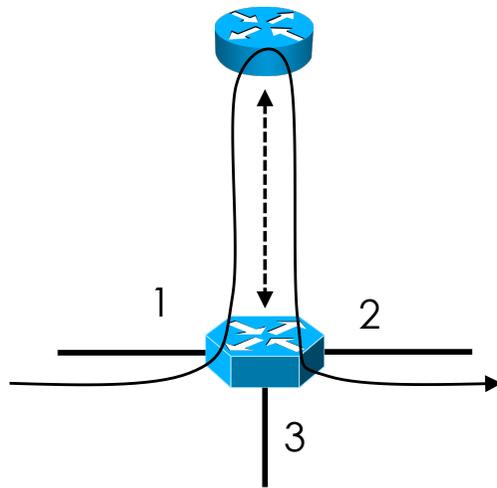
- Nodo opaco



3.3 – Redes ópticas

Arquitectura de un nodo óptico

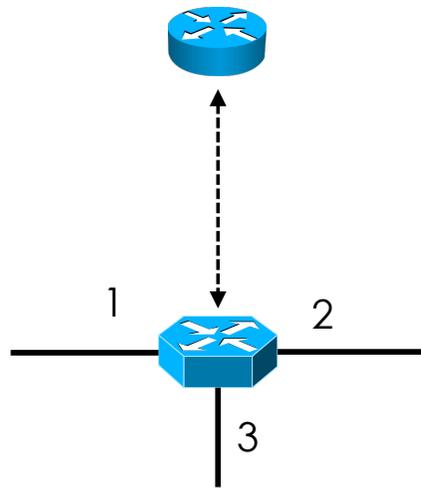
- Nodo opaco



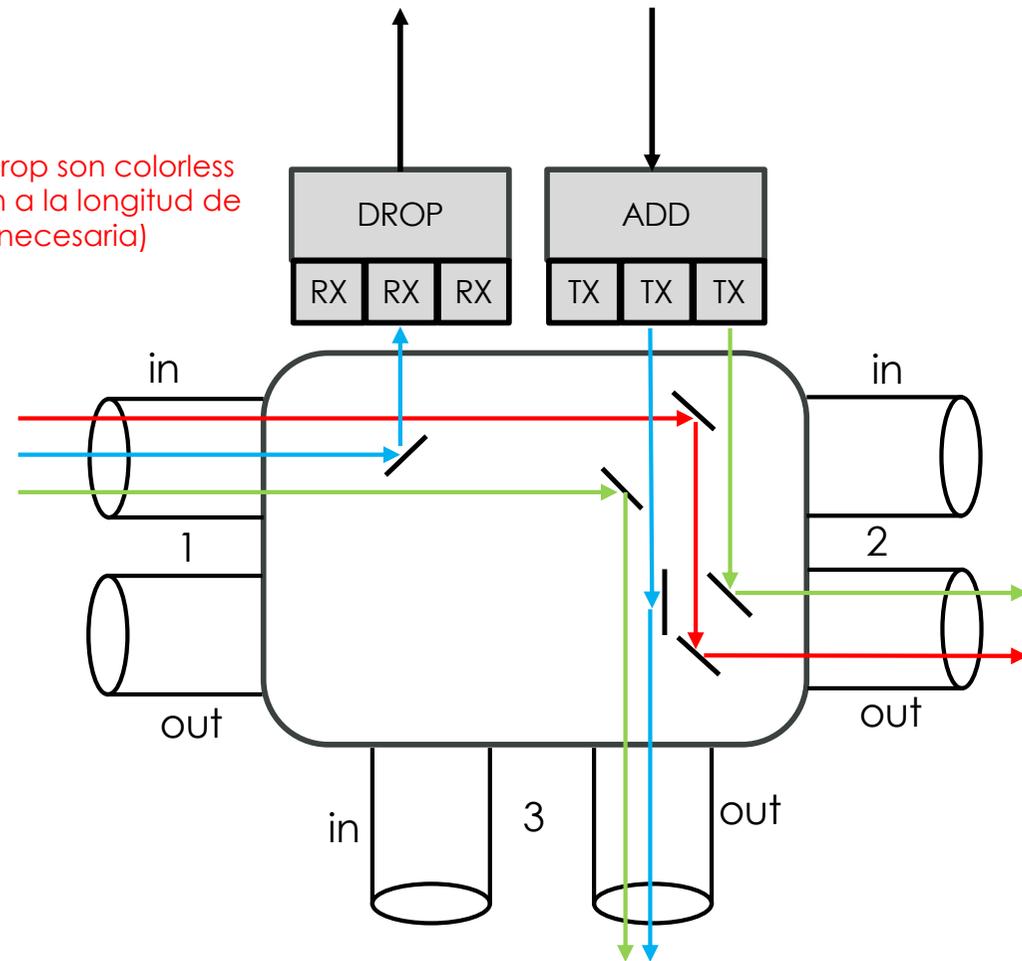
3.3 – Redes opticas

Arquitectura de un nodo óptico

- Nodo transparente



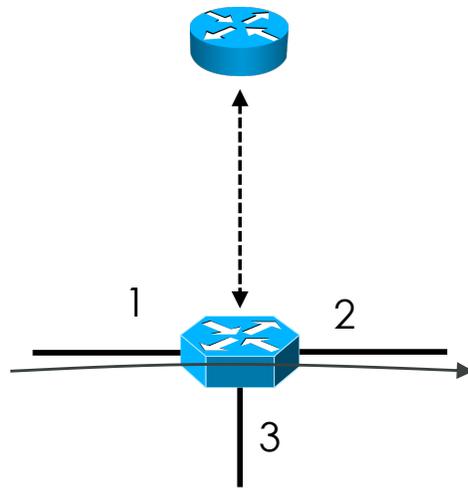
Los Add & Drop son colorless
(se sintonizan a la longitud de
onda necesaria)



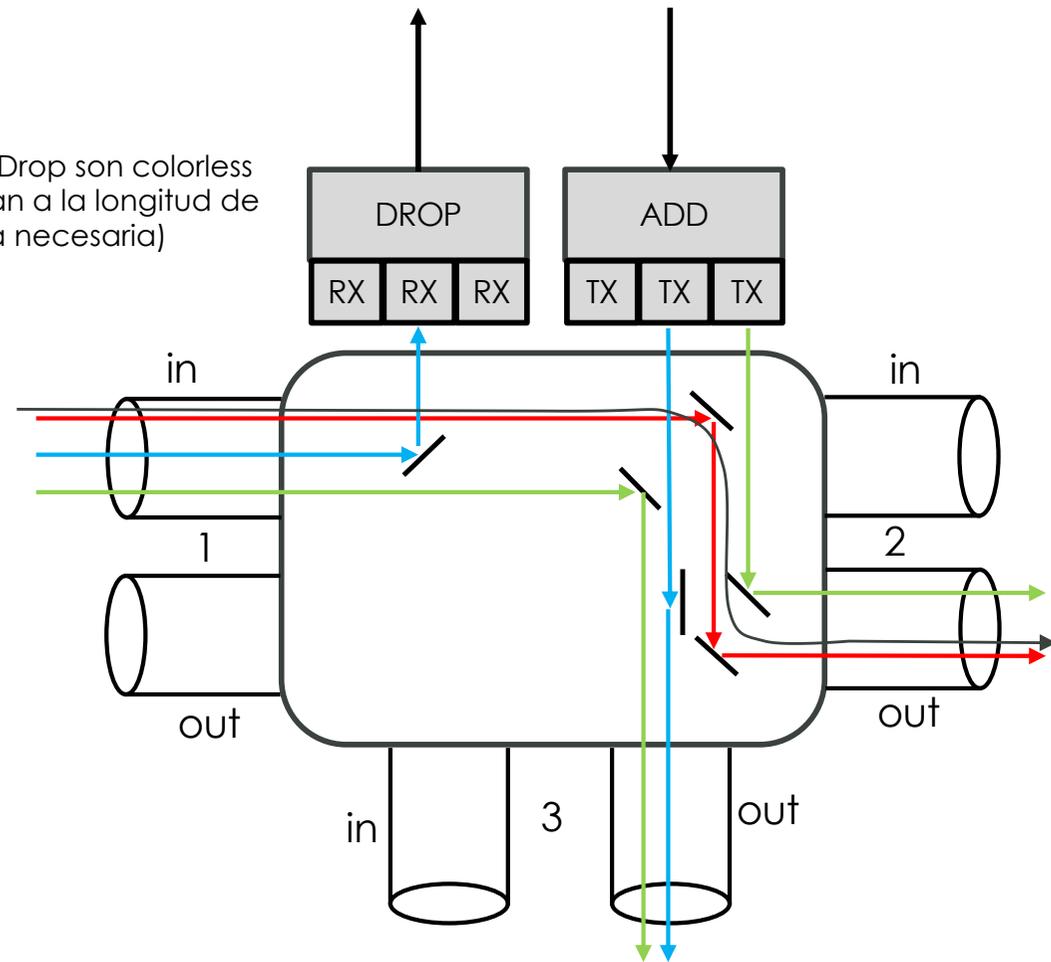
3.3 – Redes opticas

Arquitectura de un nodo óptico

- Nodo transparente



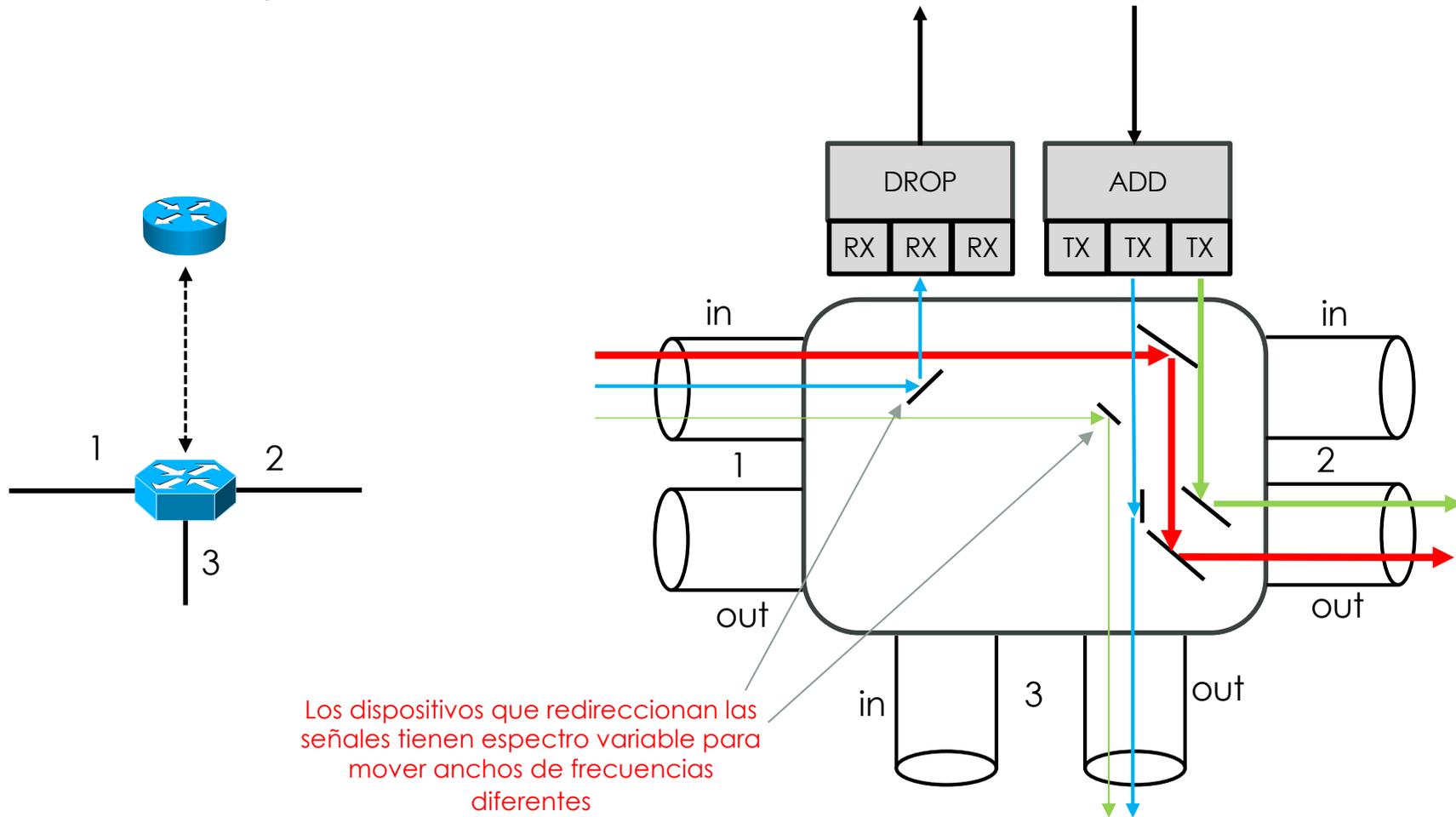
Los Add & Drop son colorless
(se sintonizan a la longitud de
onda necesaria)



3.3 – Redes ópticas

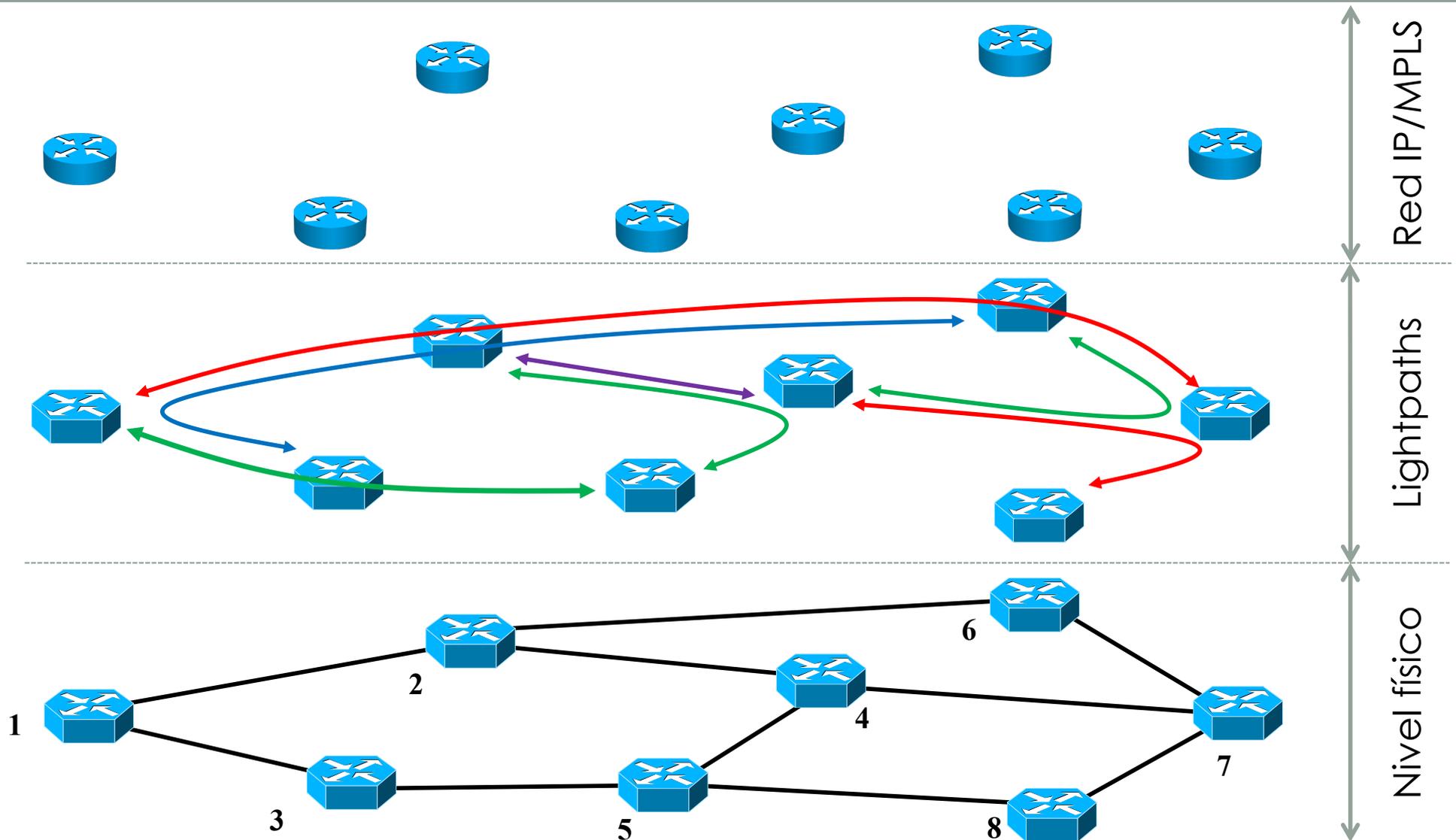
Arquitectura de un nodo óptico

- Nodo transparente flexible



3.3 – Redes ópticas

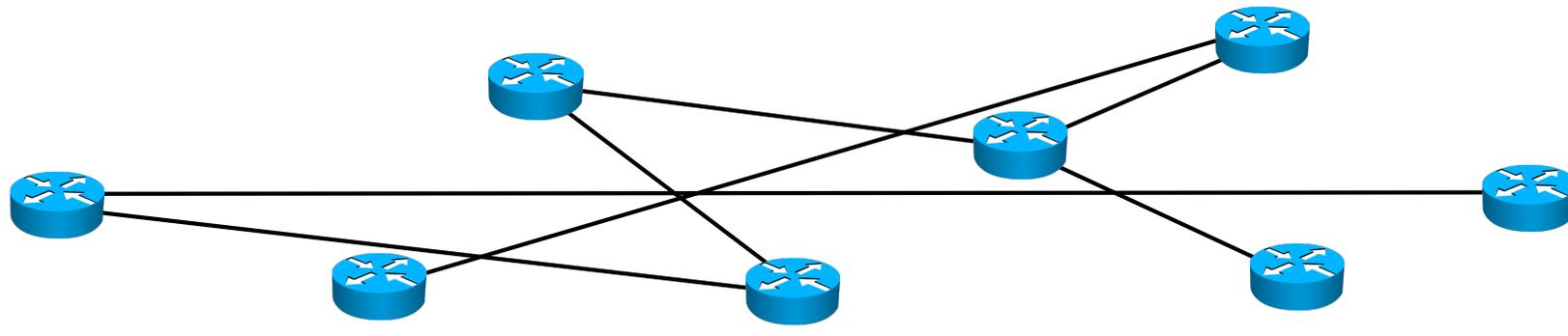
Redes multi-capa



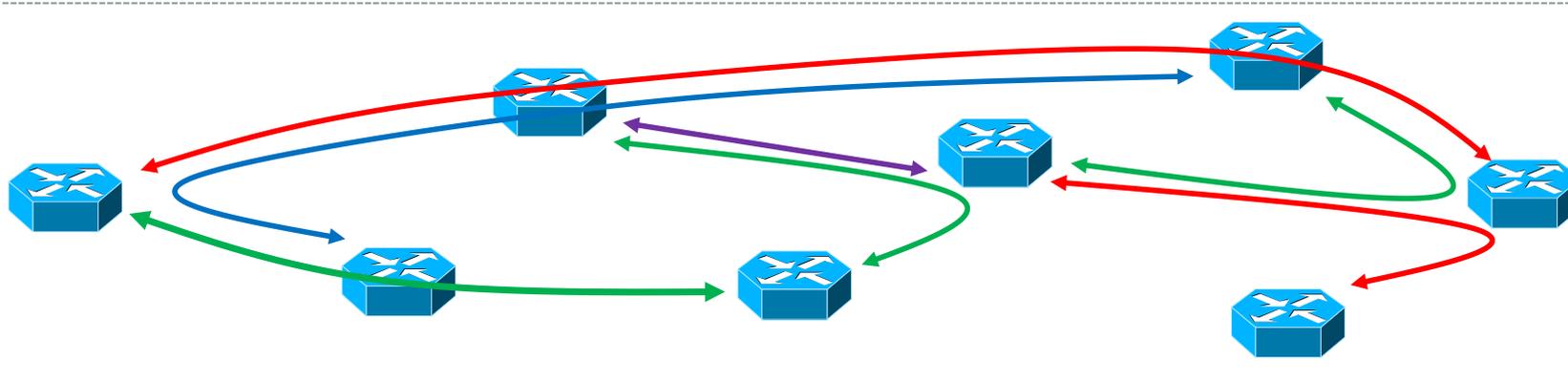
3.3 – Redes opticas

Redes multi-capa

Esto es lo que ve IP/MPLS
Cree que los dispositivos están
conectados solo de esta forma



Red IP/MPLS

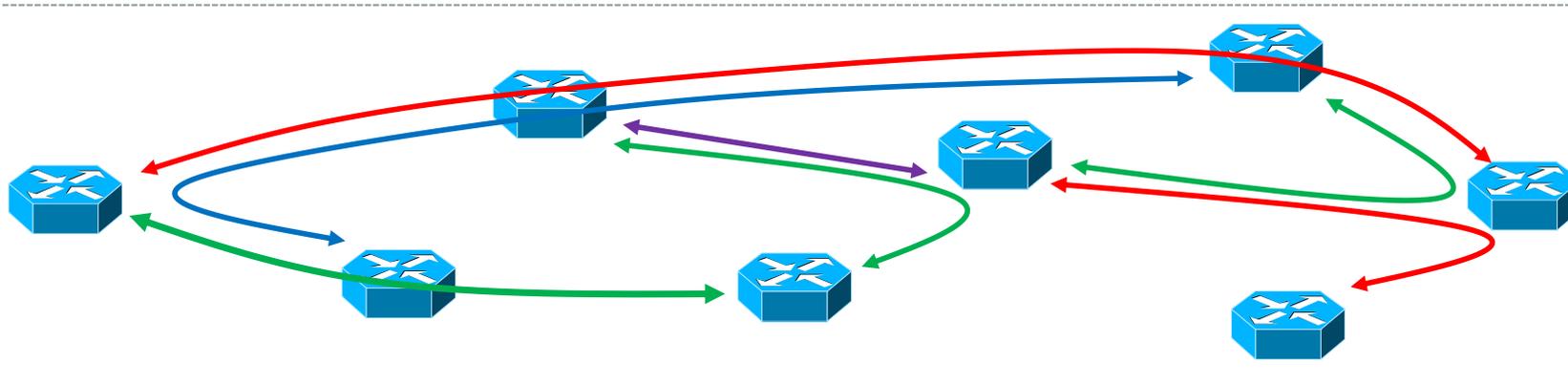
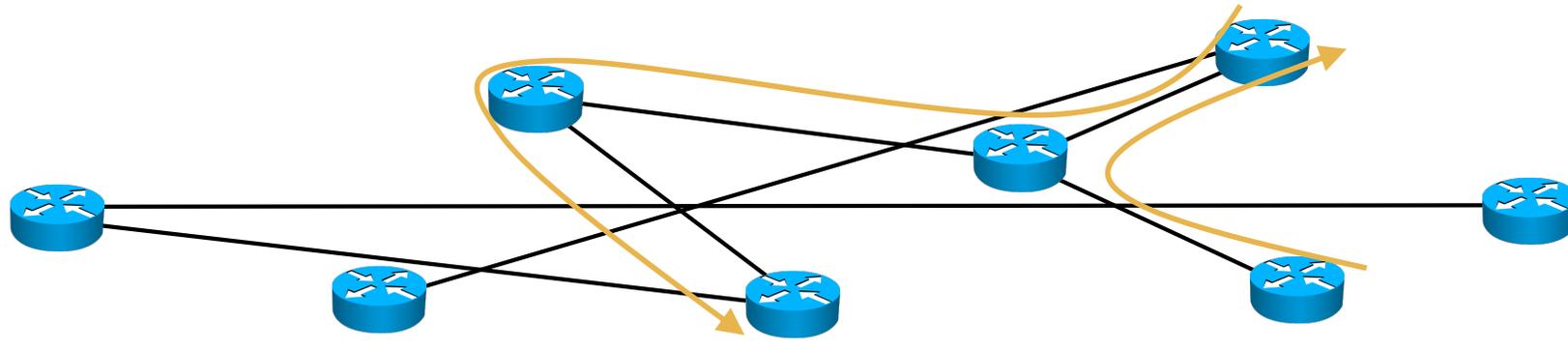


Lightpaths

3.3 – Redes opticas

Redes multi-capa

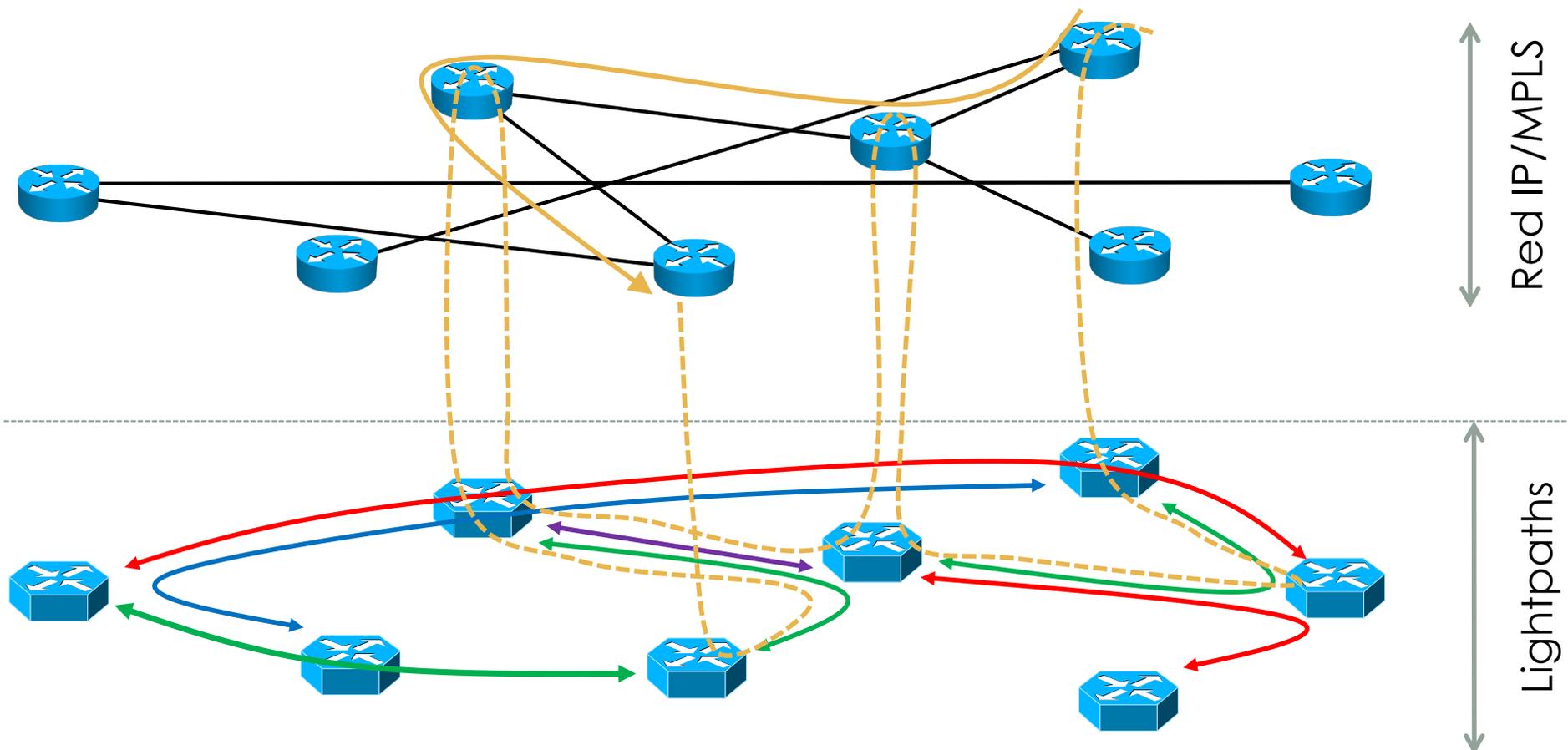
Si ahora hay que establecer caminos de paquetes entre un router y otro, se crea encima de esto



3.3 – Redes opticas

Redes multi-capa

La comunicación real sería



Índice

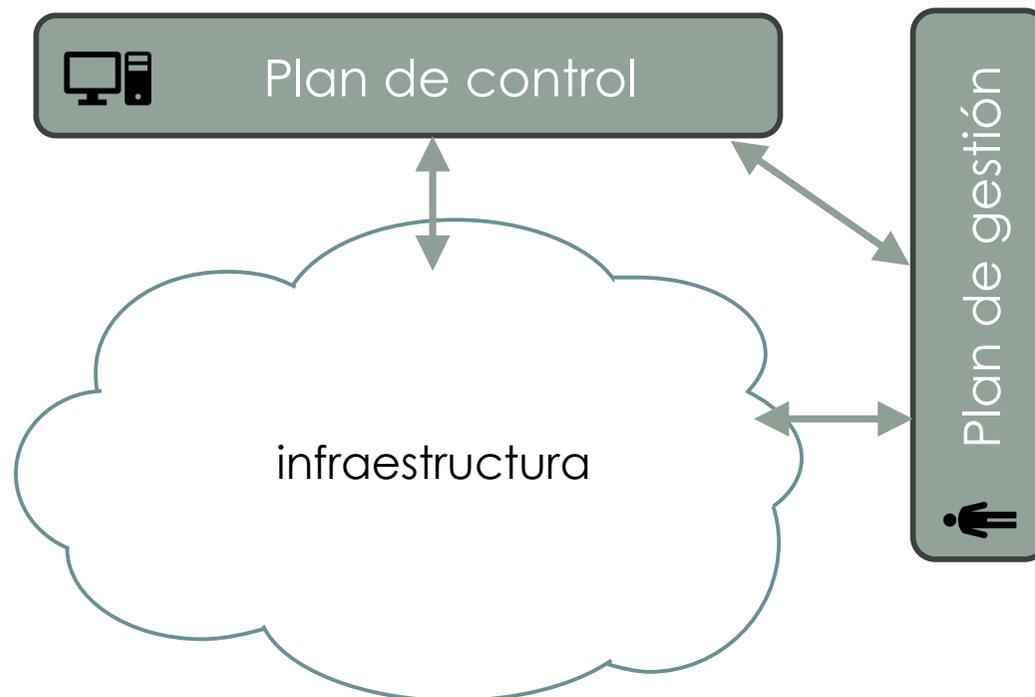
- Introducción
- MPLS
 - Objetivos
 - Funcionamiento
 - Extensiones de Traffic Engineering
- Redes ópticas
 - Fibra óptica y dispositivos ópticos
 - Encaminamiento
 - Redes multi-capa
- **Plan de control**
 - GMPLS
 - SDN/NFV

Plan de control/gestión

- Plan de control
 - Generalmente un sistema semiautomático
 - Se ocupa de hablar con los equipos de red
 - Configura los equipos según las conexiones necesarias
 - Involucra: protocolos de encaminamiento, calculo de la ruta, protocolo de intercambio de etiquetas, protocolos de descubrimiento de fallos
- Plan de gestión
 - Generalmente un sistema manual
 - Se ocupa de comprobar el correcto funcionamiento de la infraestructura según las expectativas
 - Implementa funciones de telemetría (prestaciones), seguridad, contabilidad, mantenimiento, etc.

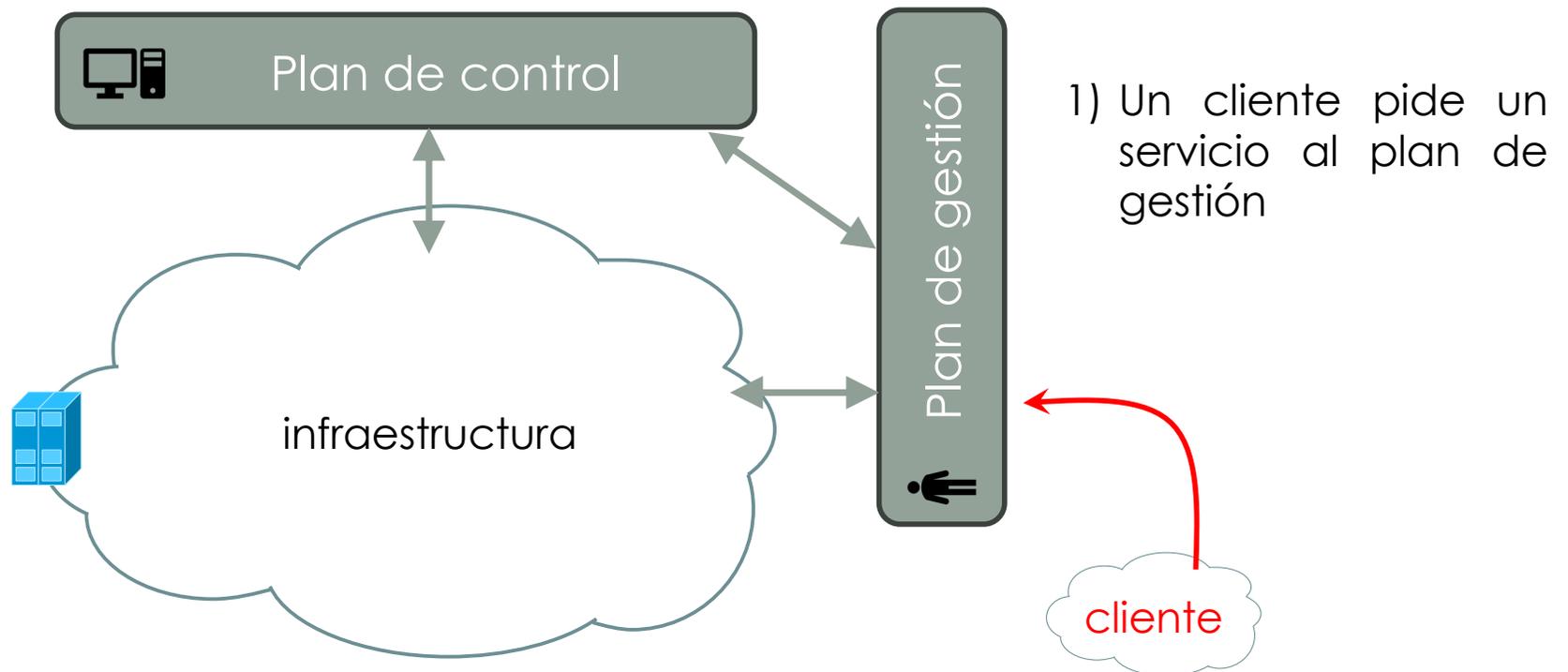
Plan de control/gestión

- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios



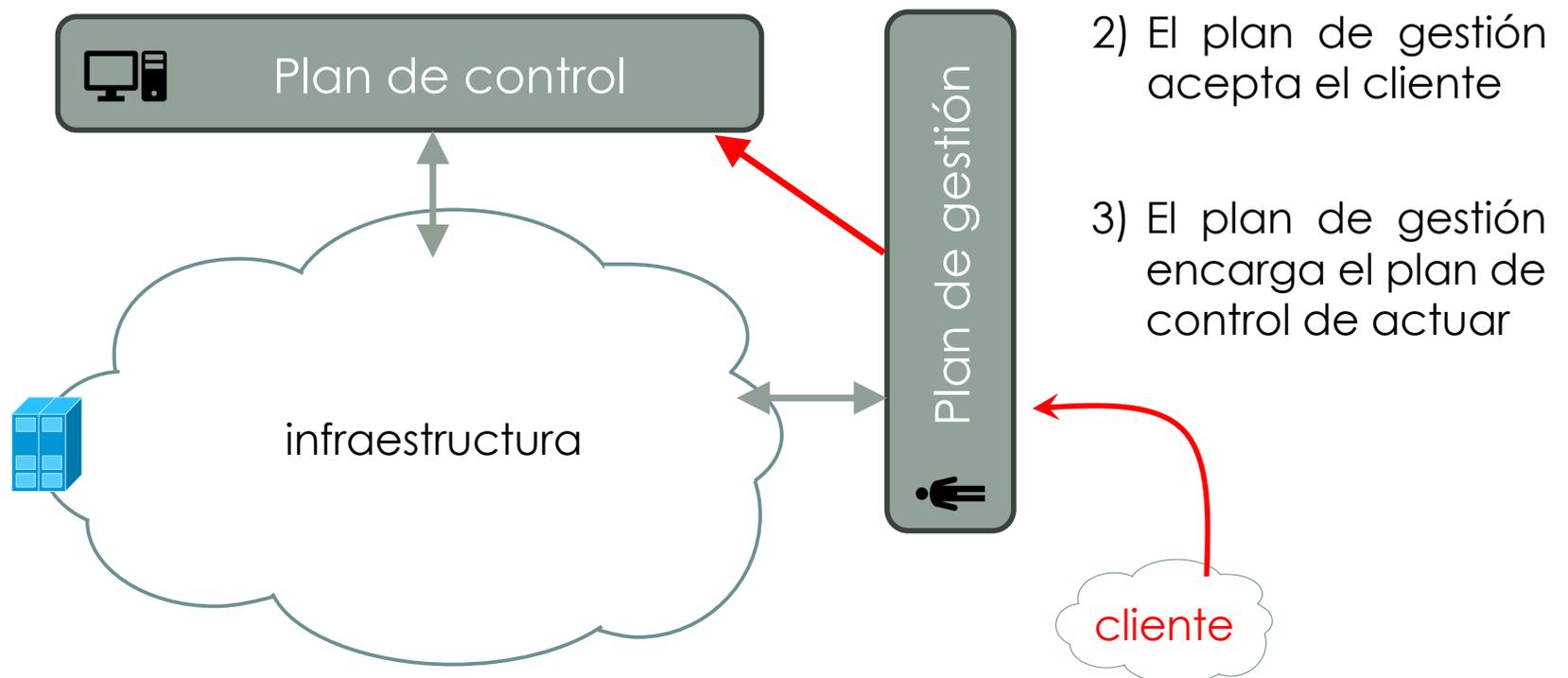
Plan de control/gestión

- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios



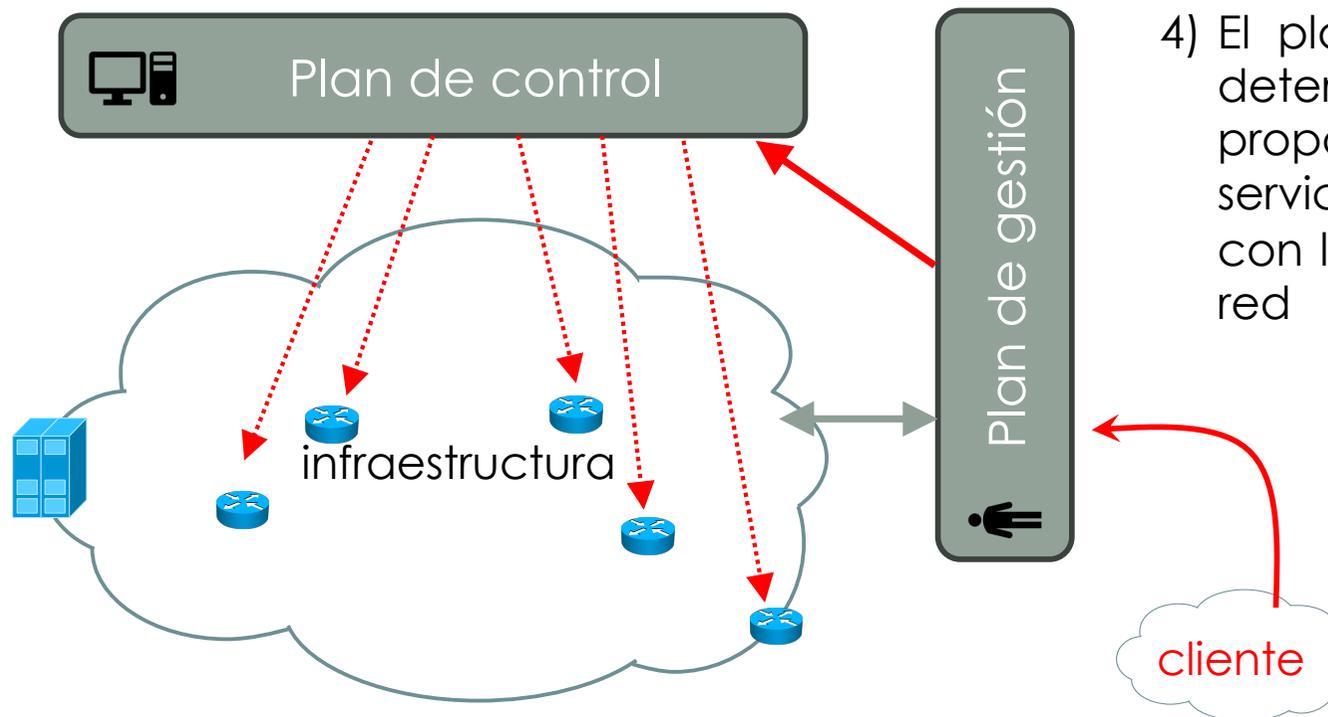
Plan de control/gestión

- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios



Plan de control/gestión

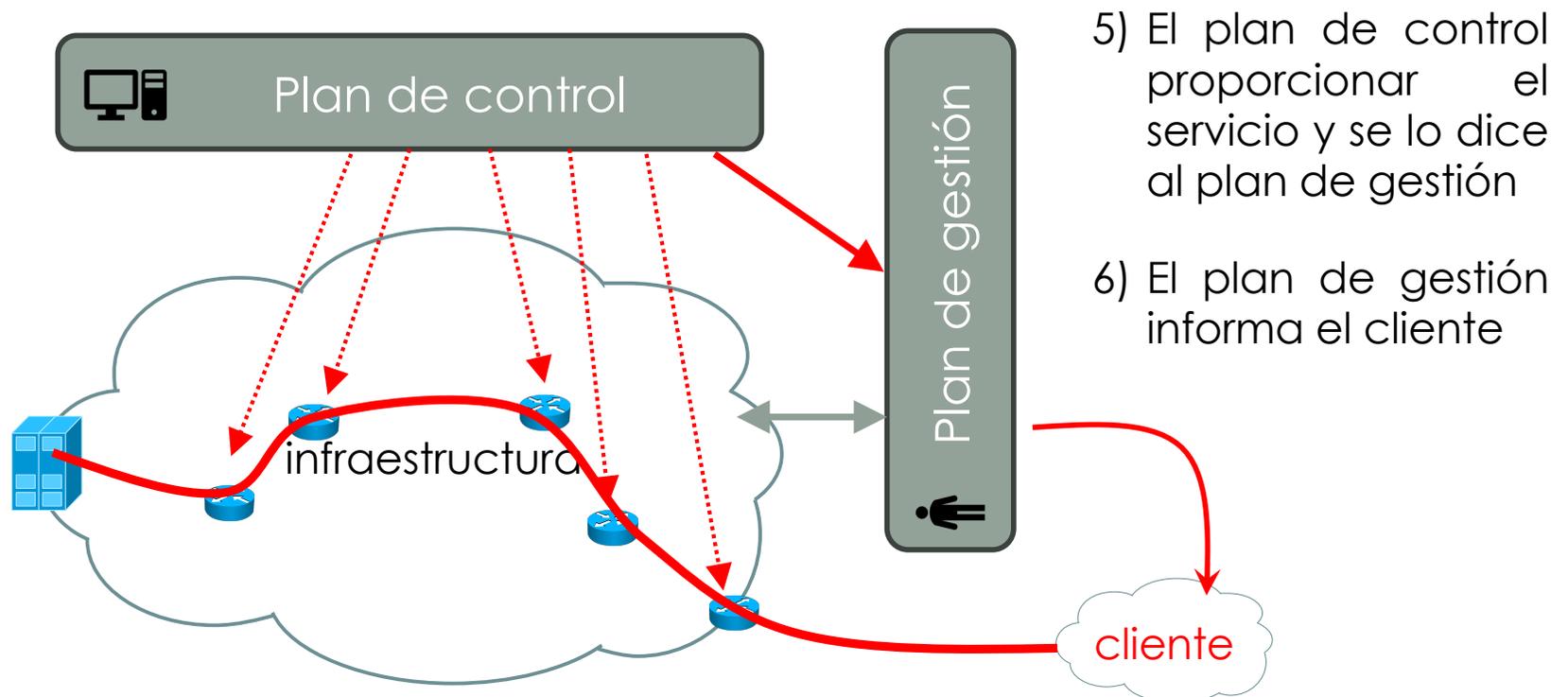
- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios



4) El plan de control determina como proporcionar el servicio hablando con los equipos de red

Plan de control/gestión

- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios

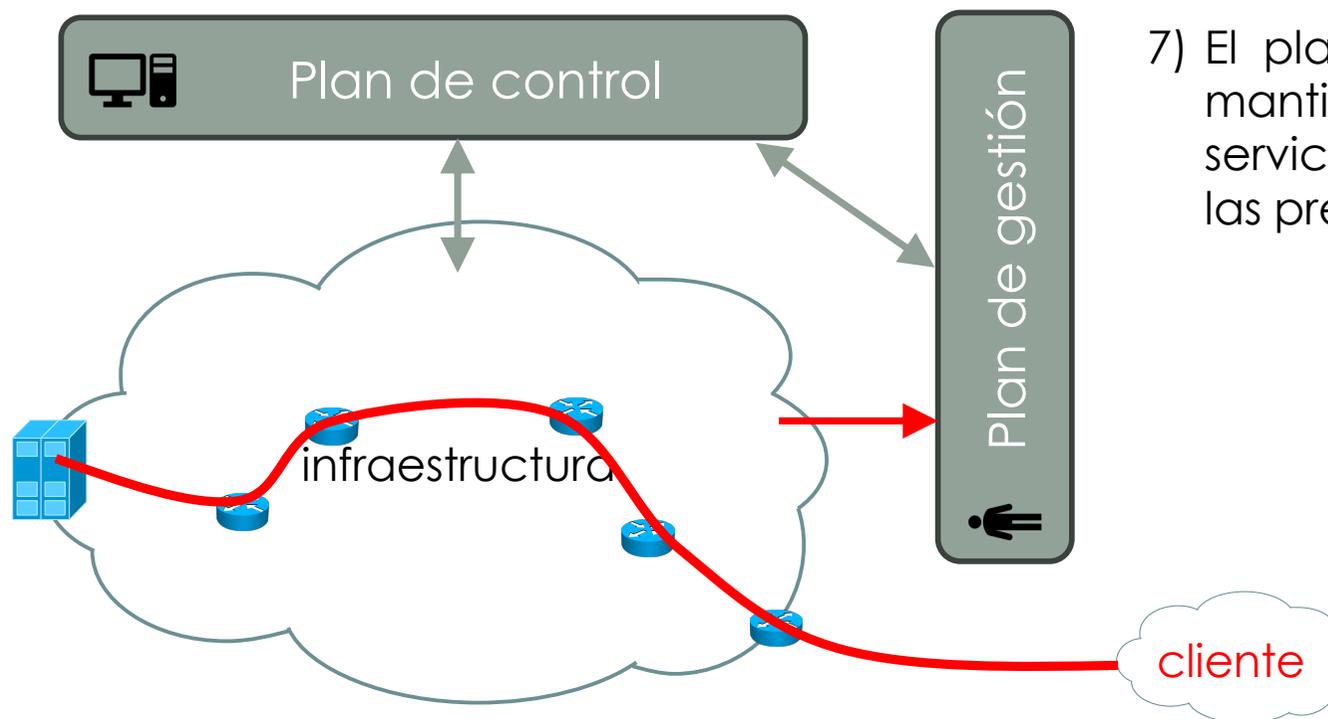


5) El plan de control proporcionar el servicio y se lo dice al plan de gestión

6) El plan de gestión informa el cliente

Plan de control/gestión

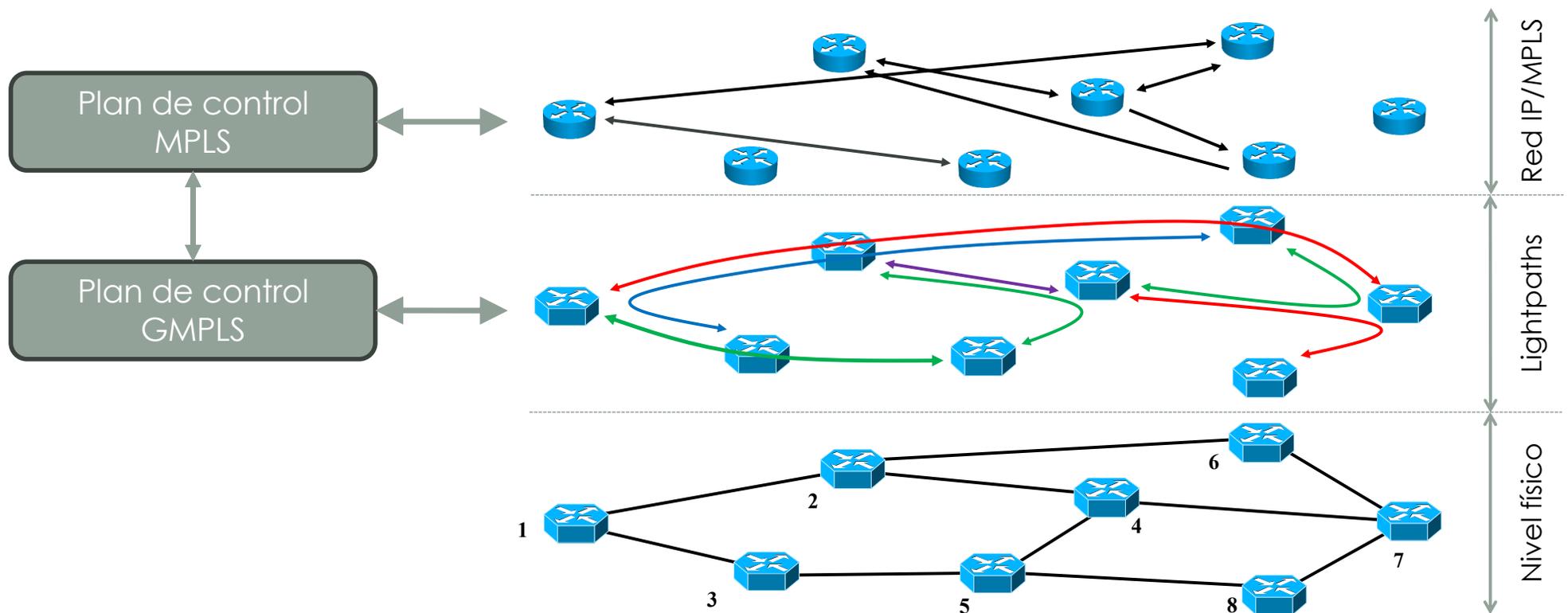
- El plan de control sirve para controlar una infraestructura
- Juntamente al plan de gestión, se ocupa de proporcionar los servicios a los clientes y mantener la infraestructura operativa, maximizando los beneficios



7) El plan de gestión mantiene el servicio y verifica las prestaciones

Plan de control redes multi-capa

- El plan de control incluye para una red multi-capa:
 - Plan de control de la parte IP/MPLS
 - Plan de control de la parte óptica (GMPLS)



Plan de control redes multi-capa

- El plan de control incluye para una red multi-capa:
 - Plan de control de la parte IP/MPLS
 - Plan de control de la parte óptica (GMPLS)
- Los dos necesitan
 - Protocolo de encaminamiento dinámico
 - intercambio de información sobre el estado de la red en tiempo real
 - Calculo de la mejor ruta CBR
 - Puede estar en el PCE (enfoque centralizado) o ejecutarse en cada nodo (enfoque distribuido)
 - Protocolo de intercambio de etiquetas y creación de la ruta
 - Protocolo de recuperación en caso de fallo de la ruta

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con línea de comando de un único router en MPLS

encaminamiento

```
R_A(config)# interface e0
R_A(config-if)# ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
R_A(config-if)# no shutdown
R_A(config-if)# exit
R_A(config)# interface e1
R_A(config-if)# ip address 200.0.1.1 255.255.255.0
R_A(config-if)# no shutdown
R_A(config-if)# exit
R_A(config)# router ospf
R_A(config-router)# network 200.0.1.0 0.0.0.255 area 0
R_A(config-router)# network 10.0.1.0 0.0.0.255 area 10
```



```
Router(config-pce)# segment-routing
Router(config-pce-sr)# traffic-eng
Router(config-pce-sr-te)# peer ipv4 10.1.1.1
Router(config-pce-sr-te)# policy P1
Router(config-pce-sr-te-policy)# color 2 end-point ipv4 172.16.0.1
Router(config-pce-sr-te-policy)# binding-sid mpls 10001
Router(config-pce-sr-te-policy)# candidate-paths
Router(config-pce-sr-te-policy-path)# preference 50
Router(config-pce-sr-te-policy-path-preference)# dynamic mpls
Router(config-pce-sr-te-pp-info)# metric type igp
Router(config-pce-sr-te-pp-info)# commit
```

PCE

MPLS-TE

```
interface Tunnel1001
ip unnumbered Loopback0
mpls ip
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 4.4.4.4
tunnel mpls traffic-eng priority 7 7
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 200
tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name ThruTenG verbatim
tunnel mpls traffic-eng path-option protect 1 explicit name PROT2 verbatim
tunnel mpls traffic-eng bidirectional association id 1001 source-address 1.1.1.1 global-id 1001
```

```
ip explicit-path name ThruTenG enable
next-address loose 10.1.1.2
next-address loose 22.1.1.1
next-address loose 4.4.4.4
!
ip explicit-path name ThruHunG enable
next-address loose 10.1.1.2
next-address loose 23.1.1.1
next-address loose 4.4.4.4
!
ip explicit-path name PROT2 enable
next-address loose 41.1.1.2
next-address loose 31.1.1.1
next-address loose 4.4.4.4
```

Protección

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

Edit Profile routers

Profile Name: routers

Add Credential Protocols

Connectivity Type	Read Community *	Write Community	
SNMPV2	*****	*****	🗑️
Connectivity Type	User Name *	Password *	Confirm Password *
SSH	admin	*****	*****
Enable Password			🗑️
Connectivity Type	User Name *	Password *	Confirm Password *
NETCONF	admin	*****	*****
			🗑️
Connectivity Type	User Name *	Password *	Confirm Password *
GNMI	admin	*****	*****
			🗑️



Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

Edit Profile routers

Profile Name: Edit Provider

Add Credential

Connectivity: SNMPv2

Connectivity: SSH

Enable Pass

Connectivity: NETCONF

Connectivity: GNMI

Provider Name: nso-58

Credential Profile: nso

Family: NSO

Device Key: HOST_NAME

Connection Type(s)

Protocol	IP Address / Subnet Mask	Port	Timeout
HTTPS	172.29.11.58 / 25	8888	60
NETCONF	172.29.11.58 / 25	2022	60

+ Add Another

Provider Properties

Property Key	Property Value
forward	true

+ Add Another

Model Prefix Info

Model	Version
Cisco-IOS-XR	7.3.1

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

Edit Profile routers

Profile Name: Edit Provider

Add Credential: Provider Name * nso-5R

Connectivity: SNMPv2

Connectivity: SSH

Enable Pass:

Connectivity: NETCONF

Connectivity: GNMI

Provider: Property

Model Pr: Model *

Credential: Provider Name * sr-pce-test

Credential Profile * SR-PCE

Family * SR_PCE

Connection Type(s)

Protocol *	IP Address / Subnet Mask *	Port *	Timeout
HTTP	172.29.11.54 / 25	8080	60

+ Add Another

Provider Properties

Property Key ?	Property Value ?
auto-onboard	off

Cisco-IOS-XR 7.3.1

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

Edit Profile routers

Profile Name: Edit Provider

Add Credential: Provider Name * nso-5R

Connectivity: SNMPv2

Connectivity: SSH

Enable Pass:

Connectivity: NETCONF

Connectivity: GNMI

Provider Property: forward

Model Property: auto-onb

Model * Cisco-IOS-XR

Credential: Provider Name * sr-pce-test

General

Administration State * UP

Reachability Check * ENABLE

Credential Profile * routers

Host Name ron-8201-1

Inventory ID

Software Type

Software Version

UUID

Serial Number

Mac Address

Capability * YANG_MDT, SNMP, GNMI

Tags

Product Type

Syslog Format

Connectivity Details

Protocol *	IP Address / Subnet Mask *	Port *	Timeout	Encoding Type
SSH	172.29.11.20 / 25	22	60	
SNMP	172.29.11.20 / 25	161	60	
GNMI	172.29.11.20 / 25	57333	60	PROTO
NETCONF	172.29.11.20 / 25	830	60	

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

Edit Profile routers

Profile Name: Edit Provider

Add Credential: Provider Name * nsn-5R

Connectivity: SNMPV2

Connectivity: SSH

Enable Pass

Connectivity: NETCONF

Connectivity: GNMI

Provider Property: forward

Model Property: auto-onb

Model * Cisco-IOS-XR

Credential: Provider Name * sr-pce-test

General

Administrative: Devices, Events, General

Reachability: Enabled, Logging Level: Info, Affects Reachability

Full Data Fetch Interval [sec]: 76, Max run time for a single discovery cycle [sec]: 60, Enable provisioning support*

SSH CONFIGURATION

Host: 10.195.165.76, Port: 30603, Timeout [sec]: 30

Api_version: V2, Credentials: onc

Protocol	Host	Port	Timeout [sec]	Community	Auth	Auth	Auth
SNMP	172.29.11.20	/	25	161	60		
GNMI	172.29.11.20	/	25	57333	60	PROTO	
NETCONF	172.29.11.20	/	25	830	60		

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

The screenshot shows a web-based configuration interface for a network provider. The main window is titled "Edit Profile routers" and "Edit Provider". The provider name is "sr-pce-test". The interface is divided into several sections:

- General:** Includes fields for "Provider Name" (sr-pce-test), "Credent" (D), "Connecti" (HTTPS), "Protocol" (NETCON), and "Model" (Cisco-IOS-XR).
- SSH CONFIGURATION:** Includes fields for "Host" (10.195.165.76) and "Apl. version" (V2).
- SSH:** Includes fields for "SNMP" (172.29.1), "GNMI" (172.29.1), and "NETCONF" (172.29.1).
- NOTIFICATIONS CONFIGURATION:** A table of notification settings:

Notification	Enabled	Log Level
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBUG
Congestion_control_period_sec	<input type="checkbox"/>	
6		
Termination_point_event	<input checked="" type="checkbox"/>	
L3_link_event	<input checked="" type="checkbox"/>	
Netconf_config_change	<input type="checkbox"/>	
Sr_policy_change_event	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sr_policy_oper_state_change_event	<input checked="" type="checkbox"/>	
Log_notifications	<input checked="" type="checkbox"/>	
Netconf_session_end	<input type="checkbox"/>	
L3_prefix_event	<input checked="" type="checkbox"/>	
Netconf_confirmed_commit	<input type="checkbox"/>	
Yang_library_change	<input type="checkbox"/>	
Replay_complete	<input type="checkbox"/>	
Netconf_capability_change	<input type="checkbox"/>	
Yang_library_update	<input type="checkbox"/>	
Notification_complete	<input type="checkbox"/>	
Data_changed_notification	<input type="checkbox"/>	
Netconf_session_start	<input type="checkbox"/>	
L3_node_event	<input checked="" type="checkbox"/>	

- FILE-BRINGERS CONFIGURATION:** Includes a checkbox for "Enabled" and a field for "Remote address with file pattern".
- COLLECTION PARAMETERS:** Includes checkboxes for "Enable Topology Collection", "Enable L1 IGP IS-IS Collection", "Enable L2 IGP IS-IS Collection", "Enable Sr-Policy Collection", and "Enable Rsvp-Te Collection". The "IGP IS-IS Priority" is set to 1.

Tema 3. Redes troncales

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

The screenshot displays a network management interface for configuring a provider named 'sr-pce-test'. The interface is divided into several sections:

- General:** Includes 'Enabled' checkbox, 'Congestion_control' (set to 6), 'Termination_policy' (checked), 'L3_link_event' (checked), 'Netconf_config' (unchecked), 'Sr_policy_channel' (checked), and 'Sr_policy_operation' (checked).
- SSH CONFIGURATION:** Includes 'Host' (10.195.165.76), 'Apl_version' (V2), and 'SSH' protocol.
- Connectivity:** Includes 'SNMP' (172.29.1), 'GNMI' (172.29.1), and 'NETCONF' (172.29.1).
- FILE-BRINGERS CONFIG:** Includes 'Enabled' checkbox.
- COLLECTION PARAMETER:** Includes 'Enable Topology' (checked), 'IGP IS-IS Priority' (1), 'Enable Sr-Policy Collection' (checked), and 'Enable Rsvp-Te Collection' (checked).

The 'Managed Devices' table shows the following data:

Name	Status	Status Changes (Last 24 hr)	Site	Adapter(s)	Host	Port
172.29.11.26	Ok	0	Monterey	cisco-xr, cnc30	172.29.11.26	22
172.29.11.41	Ok	0	Tucson	cisco-xr, cnc30	172.29.11.41	22
172.29.11.23	Ok	2	Las Vegas	cisco-xr, cnc30	172.29.11.23	22
172.29.11.40	Ok	0	Monterey	cisco-xr, cnc30	172.29.11.40	22
172.29.11.29	Ok	0	ST. George	cisco-xr, cnc30	172.29.11.29	22
172.27.227.11	Ok	0	Cedar City	cisco-xr, cnc30	172.27.227.11	22
172.29.11.120	Ok	0	Tucson	cisco-xr, cnc30	172.29.11.120	22
172.29.11.22	Ok	0	Monterero Palms	cisco-xr, cnc30	172.29.11.22	22
172.29.11.28	Ok	0	Albuquerque	cisco-xr, cnc30	172.29.11.28	22
172.29.11.24	Ok	0	San Diego	cisco-xr, cnc30	172.29.11.24	22
172.27.227.10	Ok	0	Santa Fe	cisco-xr, cnc30	172.27.227.10	22
172.29.11.30	Ok	0	ST. George	cisco-xr, cnc30	172.29.11.30	22
172.29.11.21	Ok	0	Las Vegas	cisco-xr, cnc30	172.29.11.21	22
172.29.11.27	Ok	2	San Luis Obispo	cisco-xr, cnc30	172.29.11.27	22
172.29.11.20	Ok	0	Los Angeles	cisco-xr, cnc30	172.29.11.20	22
172.29.11.25	Ok	0	Flagstaff	cisco-xr, cnc30	172.29.11.25	22

Tema 3. Redes troncales

Plan de control redes multi-capa

- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

The screenshot displays a network management interface for configuring a provider profile. The main configuration area is titled 'Edit Provider' and shows the following settings:

- Provider Name:** sr-pce-test
- General:** Includes sections for 'Administrative', 'Reachability', and 'Credentials'. The 'Reachability' section has a checkbox for 'Enabled' which is checked.
- SSH CONFIGURATION:** Host: 10.195.165.76, Api_version: V2.
- CONNECTIVITY CONFIGURATION:** Includes sections for 'FILE-BRINGERS CONFIG' and 'COLLECTION PARAMETE'. The 'Enable Topolog' checkbox is checked, and 'IGP IS-IS Priority' is set to 1.
- Adapters:** A table lists various adapters with their status and associated IP addresses.

IP Address	Status	Count	Site Name	Device Model	IP Address	Count
172.29.11.24	Ok	0	San Diego	cisco-xr, cnc30	172.29.11.24	22
172.27.227.10	Ok	0	Santa Fe	cisco-xr, cnc30	172.27.227.10	22
172.29.11.30	Ok	0	ST. George	cisco-xr, cnc30	172.29.11.30	22
172.29.11.21	Ok	0	Las Vegas	cisco-xr, cnc30	172.29.11.21	22
172.29.11.27	Ok	2	San Luis Obispo	cisco-xr, cnc30	172.29.11.27	22
172.29.11.20	Ok	0	Los Angeles	cisco-xr, cnc30	172.29.11.20	22
172.29.11.25	Ok	0	Flagstaff	cisco-xr, cnc30	172.29.11.25	22

Tema 3. Redes troncales

Plan de control redes multi-capa

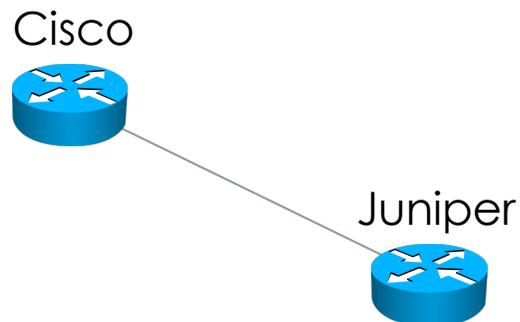
- Configuración con un sistema gráfico de un router óptico con GMPLS

The screenshot displays a multi-paneled configuration interface for a network device. The main window is titled 'Edit Profile routers' and shows the configuration for a provider named 'sr-pce-test'. The configuration is organized into several sections:

- General:** Includes 'Enabled' checkboxes for 'Congestion_control', 'Termination_pc', 'L3_link_event', 'Sr_policy_chan', and 'Sr_policy_oper'. It also features a 'Log_level' dropdown set to 'INFO'.
- SSH CONFIGURATION:** Shows 'Host' as '10.195.165.76' and 'Apl_version' as 'V2'.
- FILE-BRINGERS CONFIG:** Includes an 'Enabled' checkbox.
- COLLECTION PARAMETERS:** Features 'Enable Topolog' and 'IGP IS-IS Priority' (set to 1) checkboxes, and an 'Enable Sr-P' checkbox.
- Adapters:** A table lists various adapters with their names and IP addresses, including 'cisco-edg', 'cisco-wr', 'cnc30', 'onc-76', 'onc-poc90-1', and 'svo'. A 'General' dialog box is open for the '172.29.11.40' adapter.
- Notifications Configuration:** Shows 'Enabled' and 'Log Level' (INFO) settings.
- CNC CONFIGURATION:** Includes fields for 'Host' (10.195.165.76), 'Port' (30603), 'Request Retries' (3), and 'Credentials' (onc).
- GRPC LISTENER CONFIGURATION:** Includes 'IP Address' (172.29.11.60), 'Port' (65001), and 'Destination Name' (netfusion_cdg).
- COLLECTION PARAMETERS:** A grid of checkboxes for various monitoring options: 'Mixed ports status error threshold' (10), 'Enable Interface Counters', 'Enable Optics Counters: Instant', 'Enable Optics Counters: 30 Seconds', 'Enable Optics Counters: 15 Minutes', 'Enable Optics Counters: 24 Hours', 'Enable OTU Counters: Instant', 'Enable OTU Counters: 30 Seconds', 'Enable OTU Counters: 15 Minutes', and 'Enable OTU Counters: 24 Hours'.

Plan de control redes multi-capa

- Ahora que sabemos Cisco, conectar este router con un router Juniper



MPLS-TE

```
set protocols ospf traffic-engineering
set protocols ospf area 0.0.0.0 interface lo0.0
set protocols ospf area 0.0.0.0 interface ge-0/0/5.0
set protocols ospf area 0.0.0.0 interface ge-0/0/6.0
set protocols mpls label-switched-path lsp_to_pe2_ge1 to 127.1.1.3
set protocols mpls interface ge-0/0/5.0
set protocols mpls interface ge-0/0/6.0
set protocols rsvp interface lo0.0
set protocols rsvp interface ge-0/0/5.0
set protocols rsvp interface ge-0/0/6.0
set interfaces lo0 unit 0 family inet address 127.1.1.1/32
set interfaces ge-0/0/5 unit 0 family inet address 10.1.5.1/24
set interfaces ge-0/0/6 unit 0 family inet address 10.1.6.1/24
set interfaces ge-0/0/5 unit 0 family mpls
set interfaces ge-0/0/6 unit 0 family mpls
set interfaces ge-0/0/1 unit 0 family ccc
set protocols connections remote-interface-switch ge-1-to-pe2 interface ge-0/0/1.0
set protocols connections remote-interface-switch ge-1-to-pe2 transmit-lsp lsp_to_pe2_ge1
set protocols connections remote-interface-switch ge-1-to-pe2 receive-lsp lsp_to_pe1_ge1
```

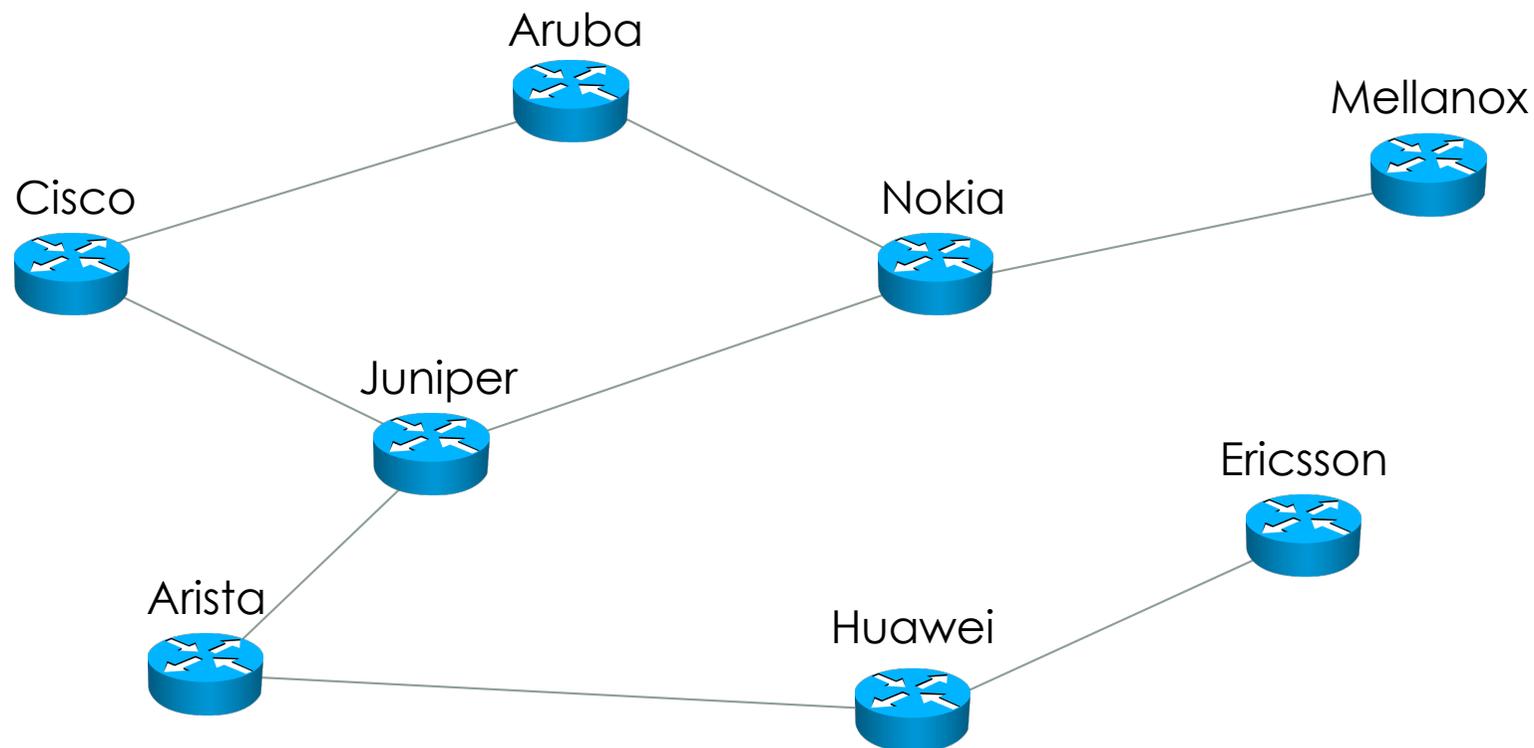
Encaminamiento

```
set interfaces at-0/1/0 unit 0 family inet address 192.0.2.1
set protocols ospf area 0.0.0.1 interface at-0/1/0.0 interface-type nbma
set protocols ospf area 0.0.0.1 interface at-0/1/0.0 neighbor 192.0.2.2 eligible
set protocols ospf area 0.0.0.1 interface at-0/1/0.0 poll-interval 130
```

Tema 3. Redes troncales

Plan de control redes multi-capa

- Ahora configurad toda la infraestructura, pero con equipos de múltiples fabricantes diferentes



Plan de control redes multi-capa

- La interoperabilidad entre fabricantes diferentes, aunque las tecnologías y los protocolos sean estándares, se convierte en una tarea **inviabile**
- El resultado es que cada proveedor de red solía comprar equipos de un único fabricante

Plan de control redes multi-capa

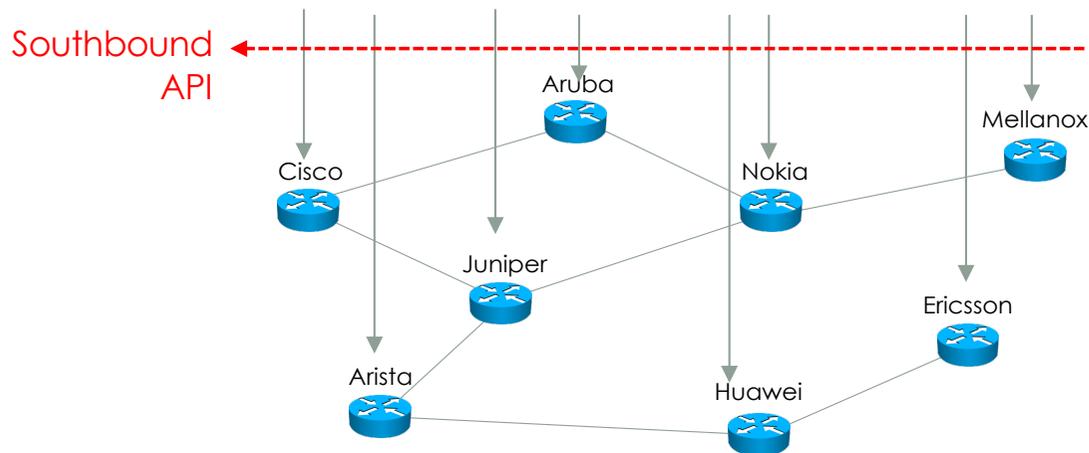
- La interoperabilidad entre fabricantes diferentes, aunque las tecnologías y los protocolos sean estándares, se convierte en una tarea **inviabile**
- El resultado es que cada proveedor de red solía comprar equipos de un único fabricante
- Solución: ?

Plan de control redes multi-capa

- La interoperabilidad entre fabricantes diferentes, aunque las tecnologías y los protocolos sean estándares, se convierte en una tarea **inviabile**
- El resultado es que cada proveedor de red solía comprar equipos de un único fabricante
- Solución
 - Usar una **interfaz abierta** (API) común para la configuración de los equipos
 - Añadir una capa de **abstracción** y un **control centralizado**
 - Hacer la red **programable** (cambie el comportamiento) según determinadas aplicaciones de red

Tema 3. Redes troncales

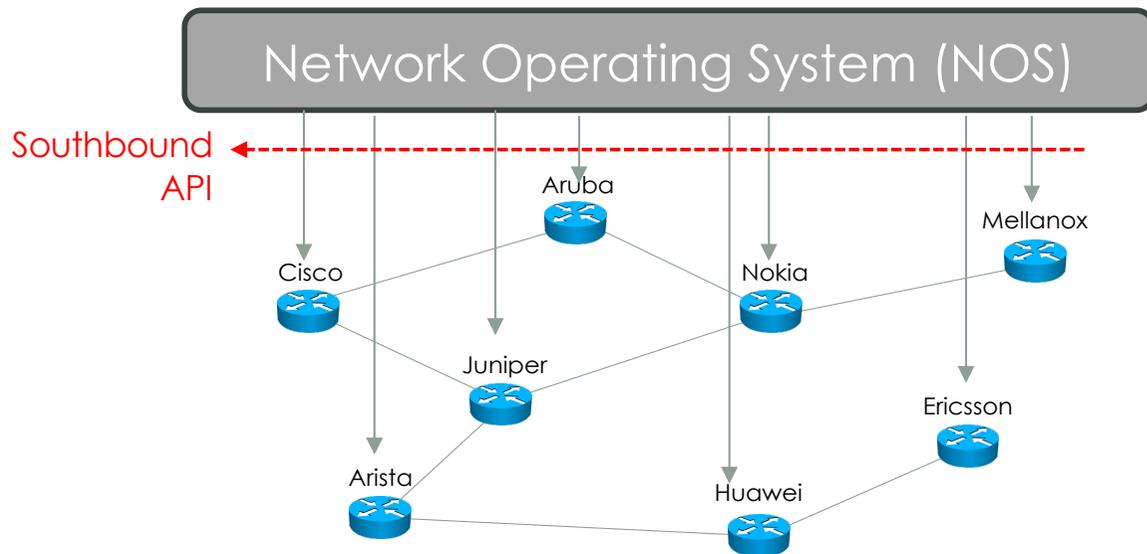
Software Defined Network (SDN)



Todos los nodos se configuran con un mismo modelo de forwarding a través de una interfaz abierta (**southbound API**)

Tema 3. Redes troncales

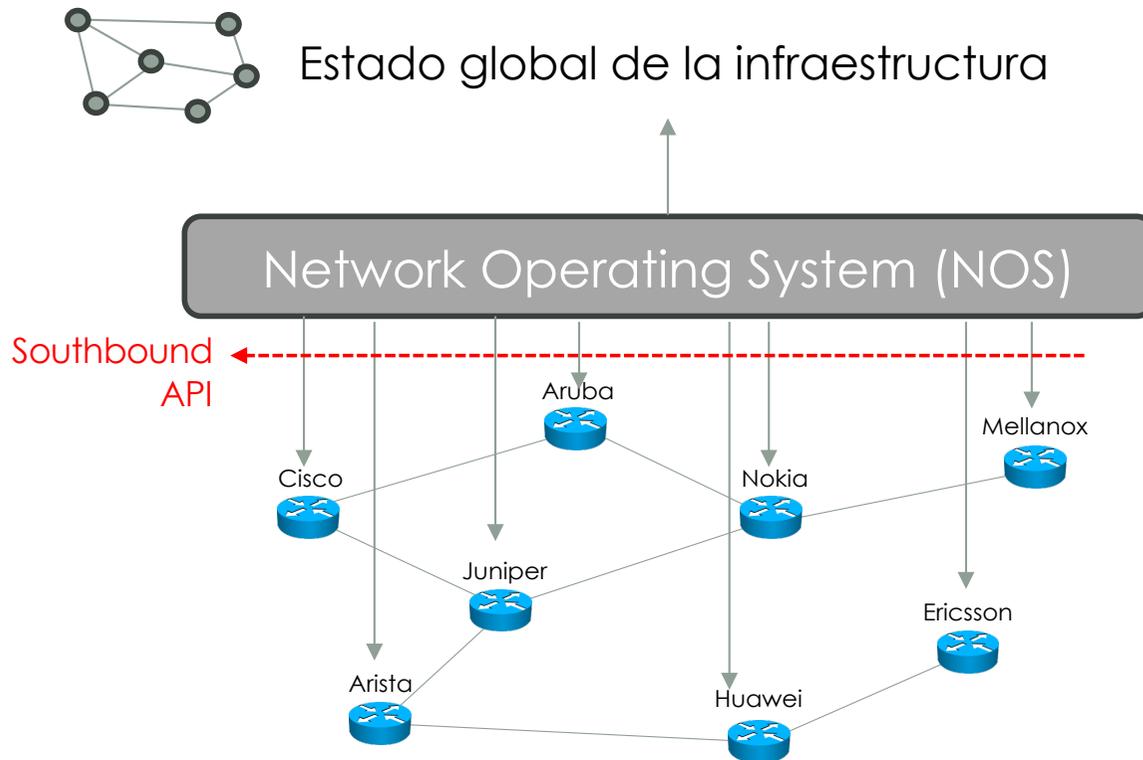
Software Defined Network (SDN)



NOS se ocupa de traducir lo que se quiere hacer en configuración de los nodos

Tema 3. Redes troncales

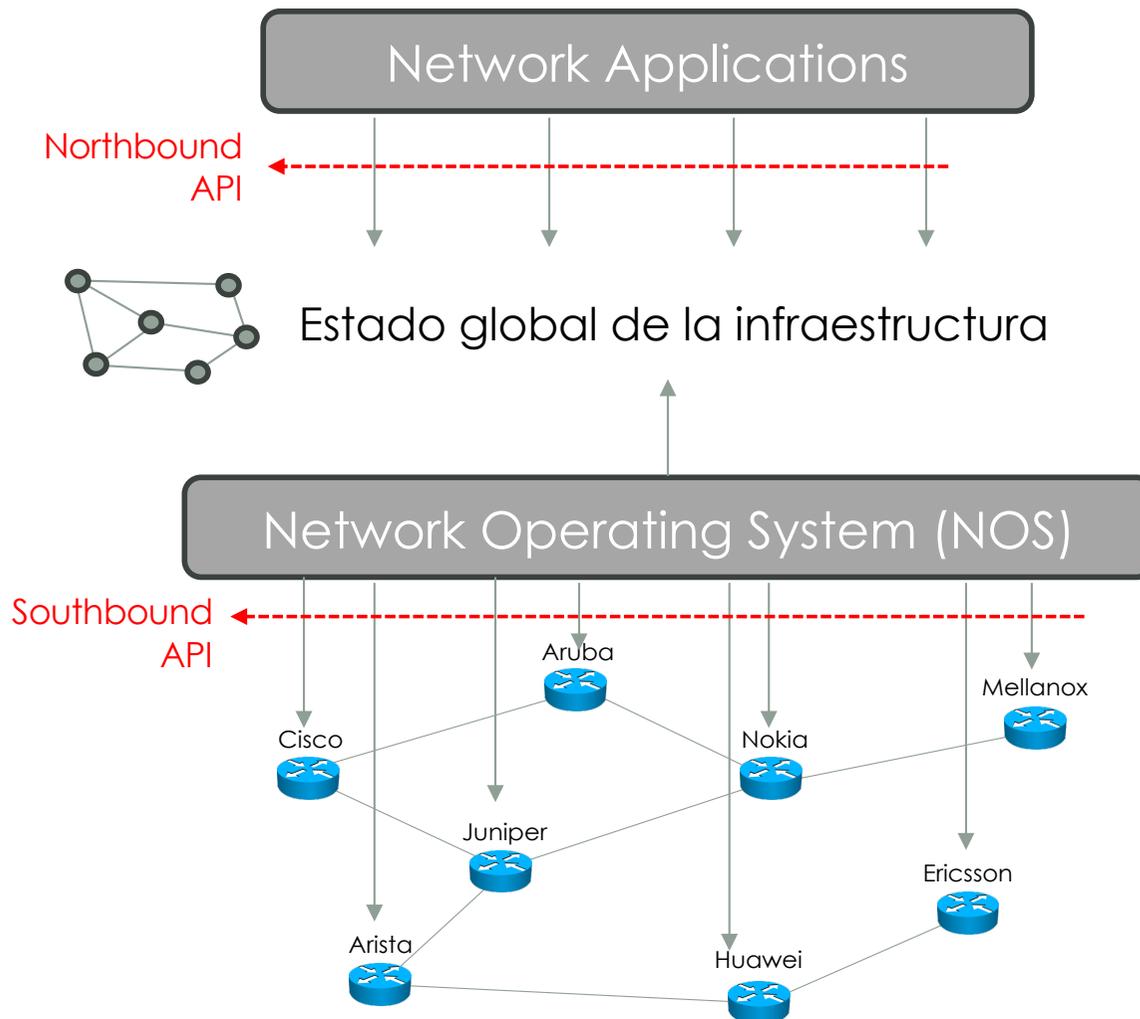
Software Defined Network (SDN)



NOS proporciona una visión **abstracta** de la infraestructura. Se ve simplemente como un grafo de nodos conectados con determinadas métricas.

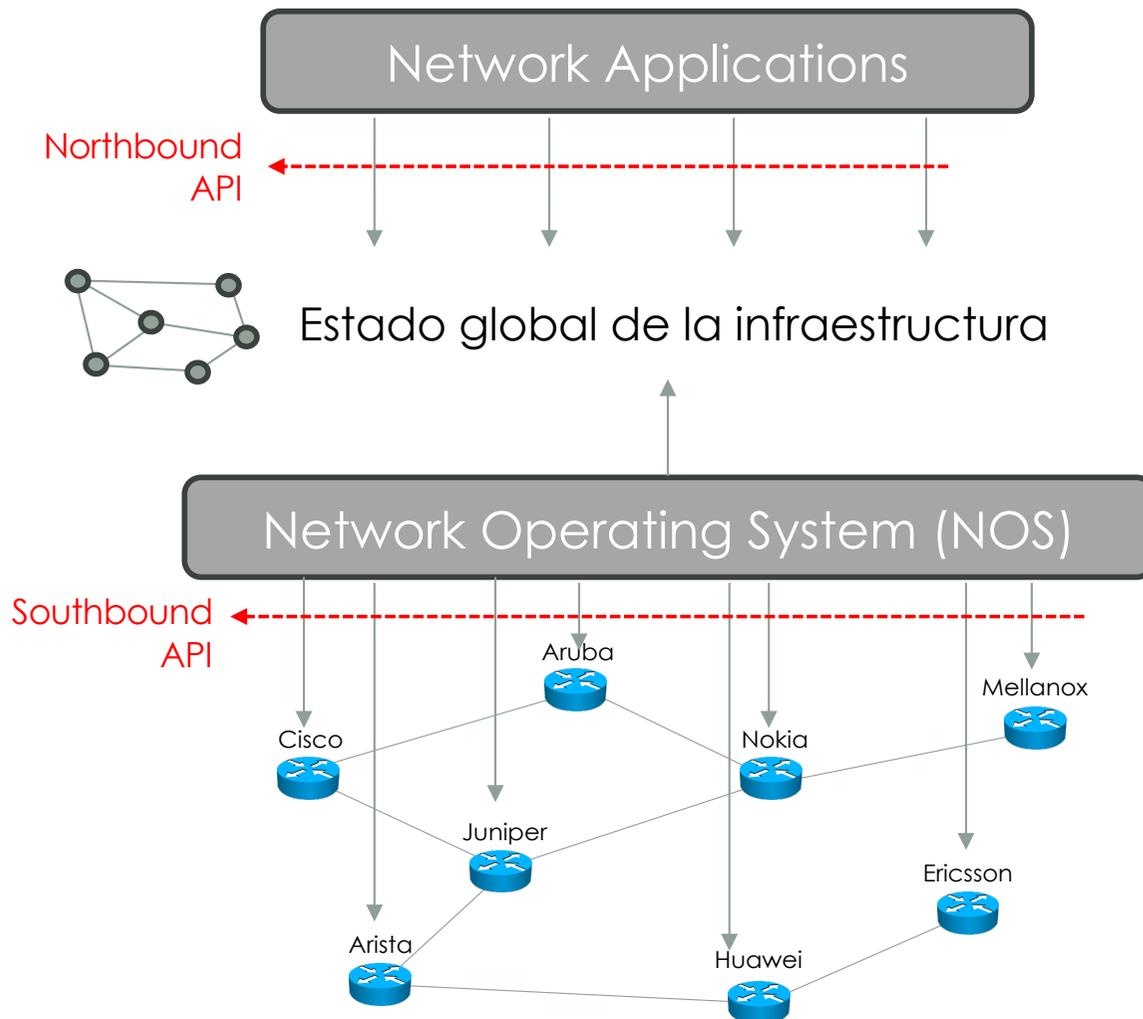
Tema 3. Redes troncales

Software Defined Network (SDN)



Se pueden aplicar luego diferentes aplicaciones de red a través de una interfaz común (**Northbound API**) sobre la infraestructura abstracta (**programabilidad**), sin tener que conocer los detalles de los dispositivos reales

Software Defined Network (SDN)



Se pueden aplicar luego diferentes aplicaciones de red a través de una interfaz común (**Northbound API**) sobre la infraestructura abstracta (**programabilidad**), sin tener que conocer los detalles de los dispositivos reales

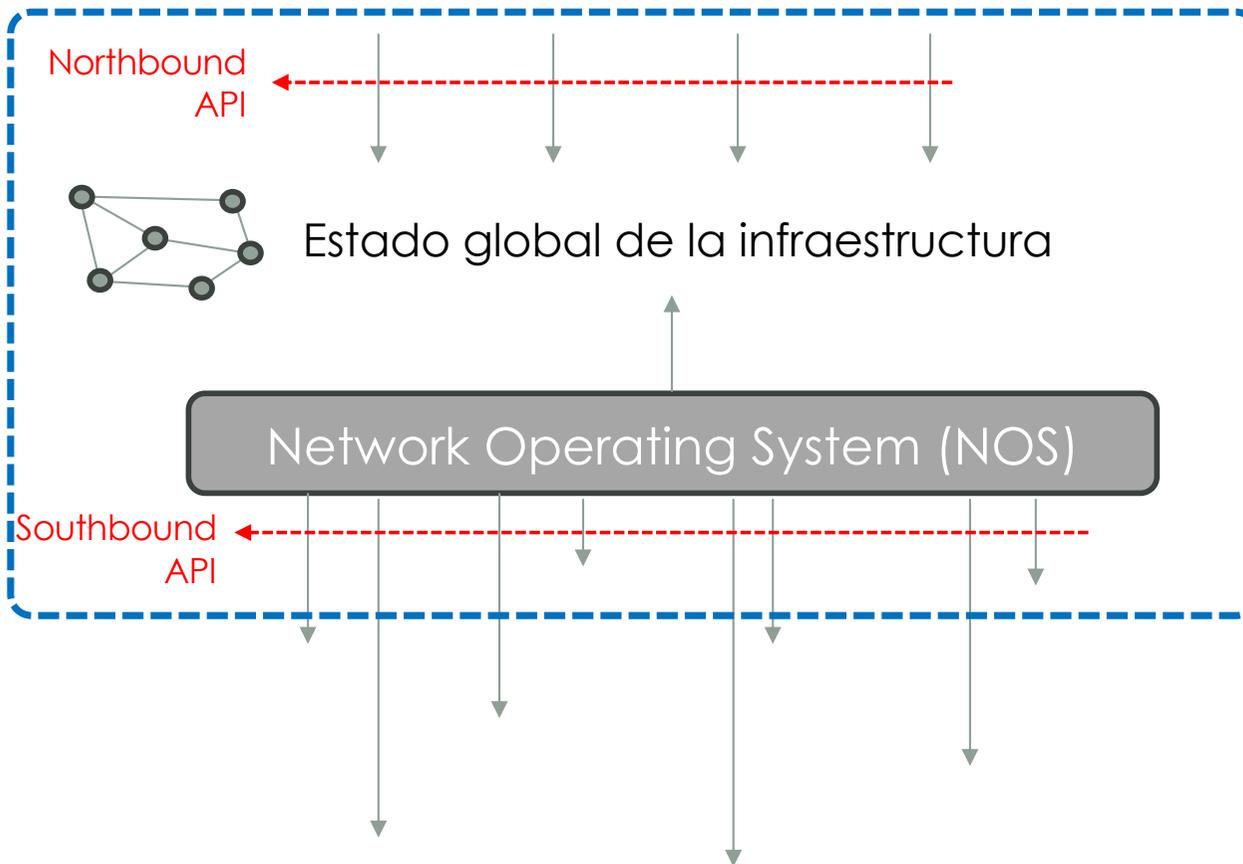
Ejemplos de aplicaciones de red son:

- Protocolo de encaminamiento
- Control de acceso (FW)
- Ingeniería de tráfico
- Monitorización
- Mecanismos para QoS
- Mecanismos de seguridad
- ...

Tema 3. Redes troncales

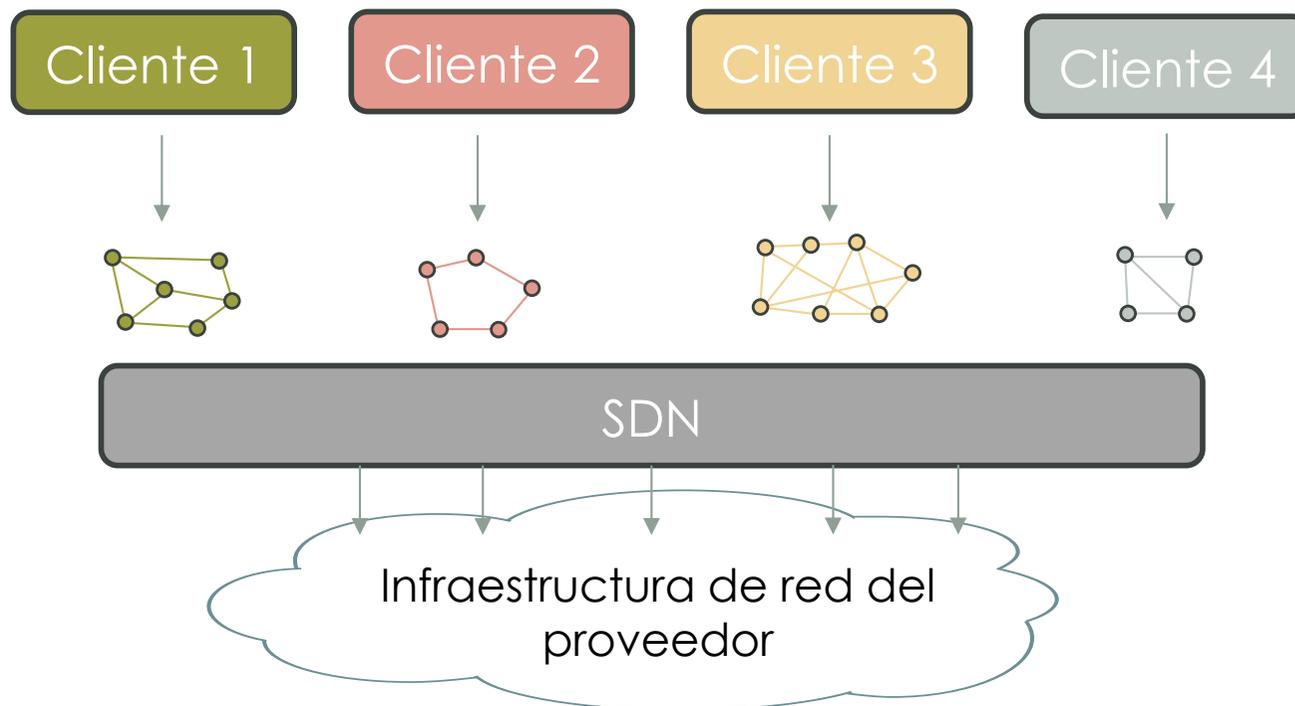
Software Defined Network (SDN)

Estos es SDN



Software Defined Network (SDN)

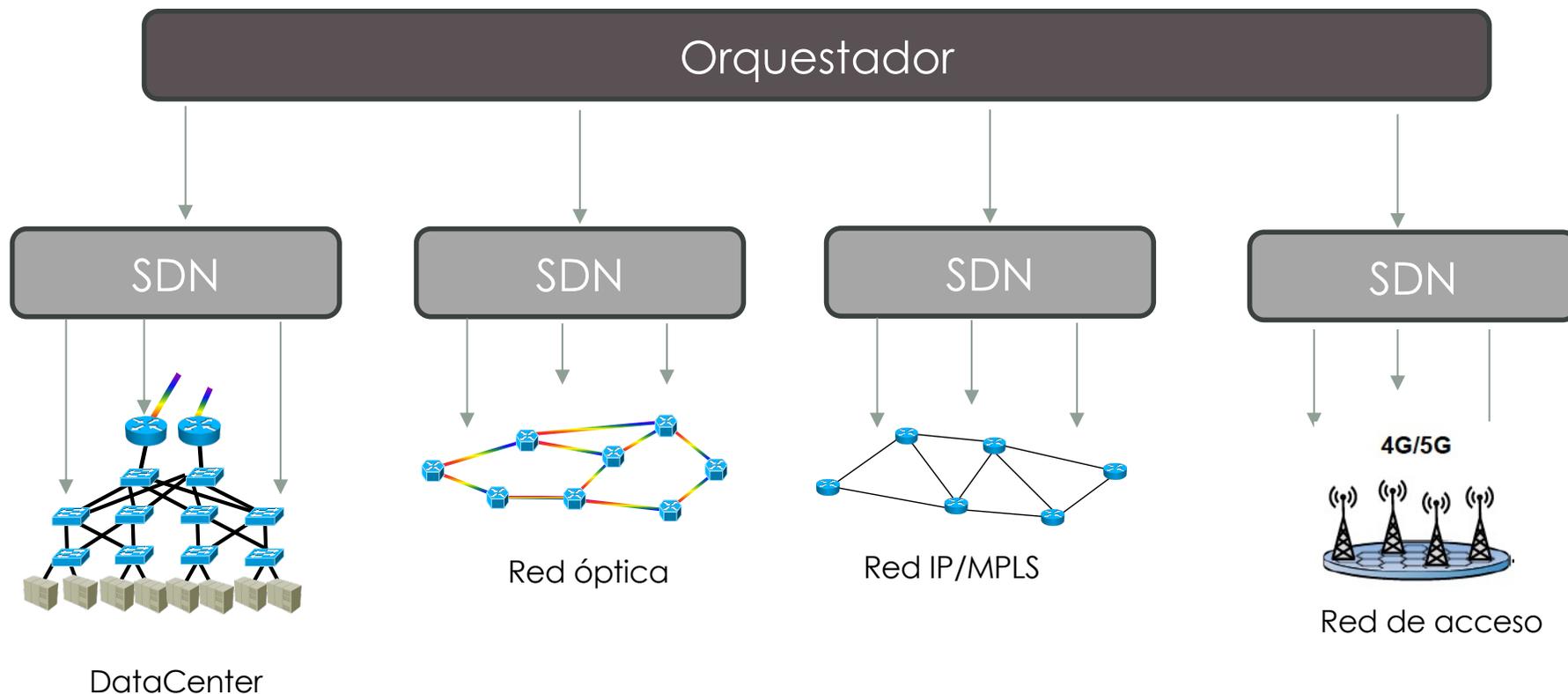
- Permite la virtualización de la infraestructura del proveedor
- Clientes ven “su parte” de la infraestructura, aislada de los demás clientes
- Esta operación se llama Network Slicing



Tema 3. Redes troncales

Software Defined Network (SDN)

- Permite la interoperabilidad entre infraestructuras diferentes a través de un orquestador



Software Defined Network (SDN) - Desventajas

- Seguridad
 - Se añade una capa adicional sujeta a ataques
 - Muy critica ya que controlan toda la infraestructura
- Coste
 - El personal necesita ser formado
 - Hay que cambiar los equipos de red para que permitan esta Southbound API
- Prestaciones
 - Un control centralizado puede tener problemas de escalabilidad
- Tiempo
 - Se necesita desarrollar y desplegar SDN en todo el sistema

Actualidad

- Soluciones SDN en todas las grandes empresas de equipos de red (Cisco, Ericsson, Huawei, Aruba, Juniper, etc.)
- Soluciones SDN en todos los grandes proveedores de servicios de datacenter (Amazon, Microsoft, Google, etc.)
- Resistencia en desplegarlo totalmente en las redes troncales (desventajas)
 - Actualmente usado principalmente como SD-WAN
 - SD-WAN permite la interconexión de diferentes localizaciones geográficas de una empresa de forma automatizada y optimizada
- Futuro?



Tecnologies de Xarxes de Computadors

Tema 3. Redes troncales

Davide Careglio