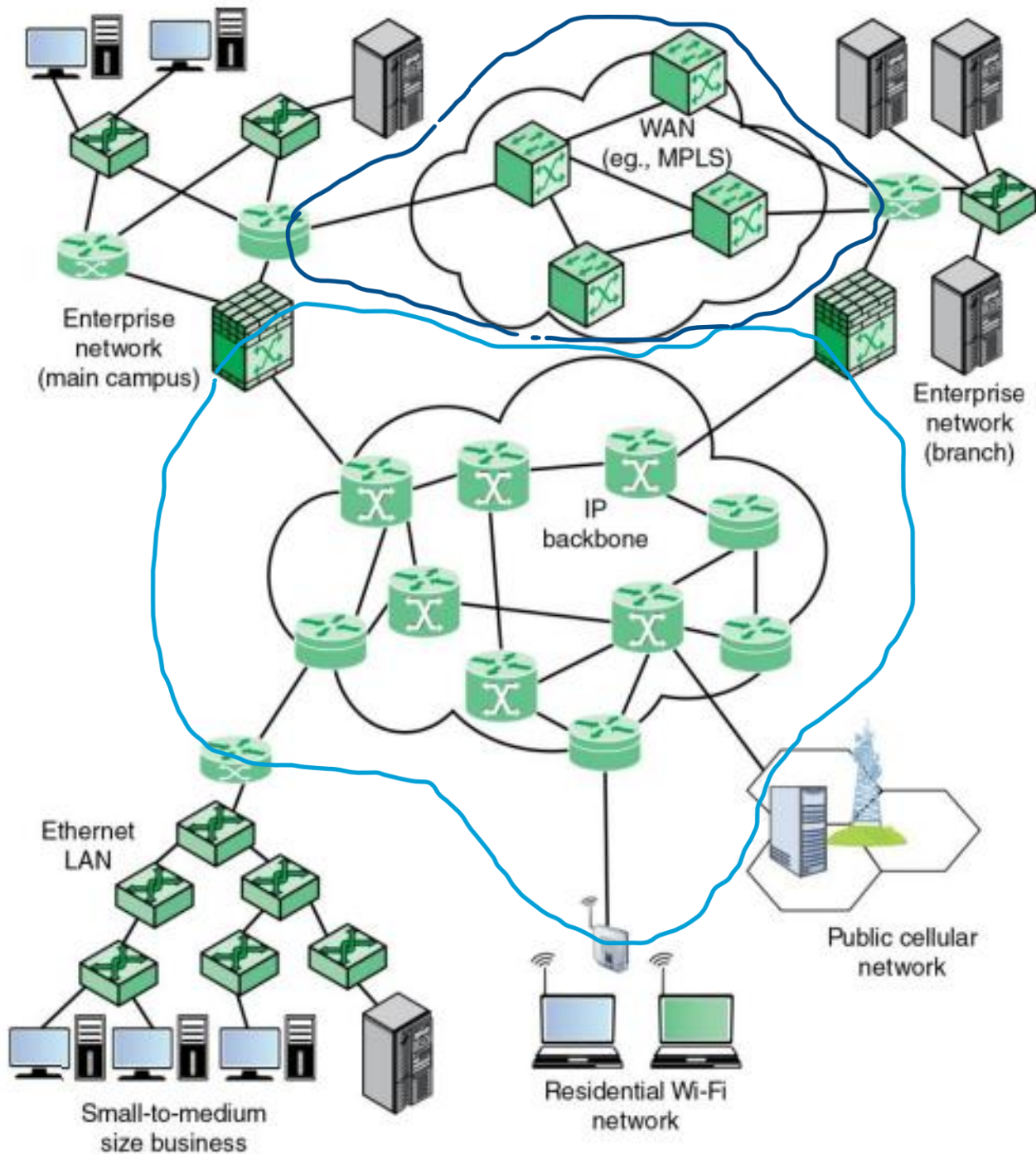


# WAN

## Introducción

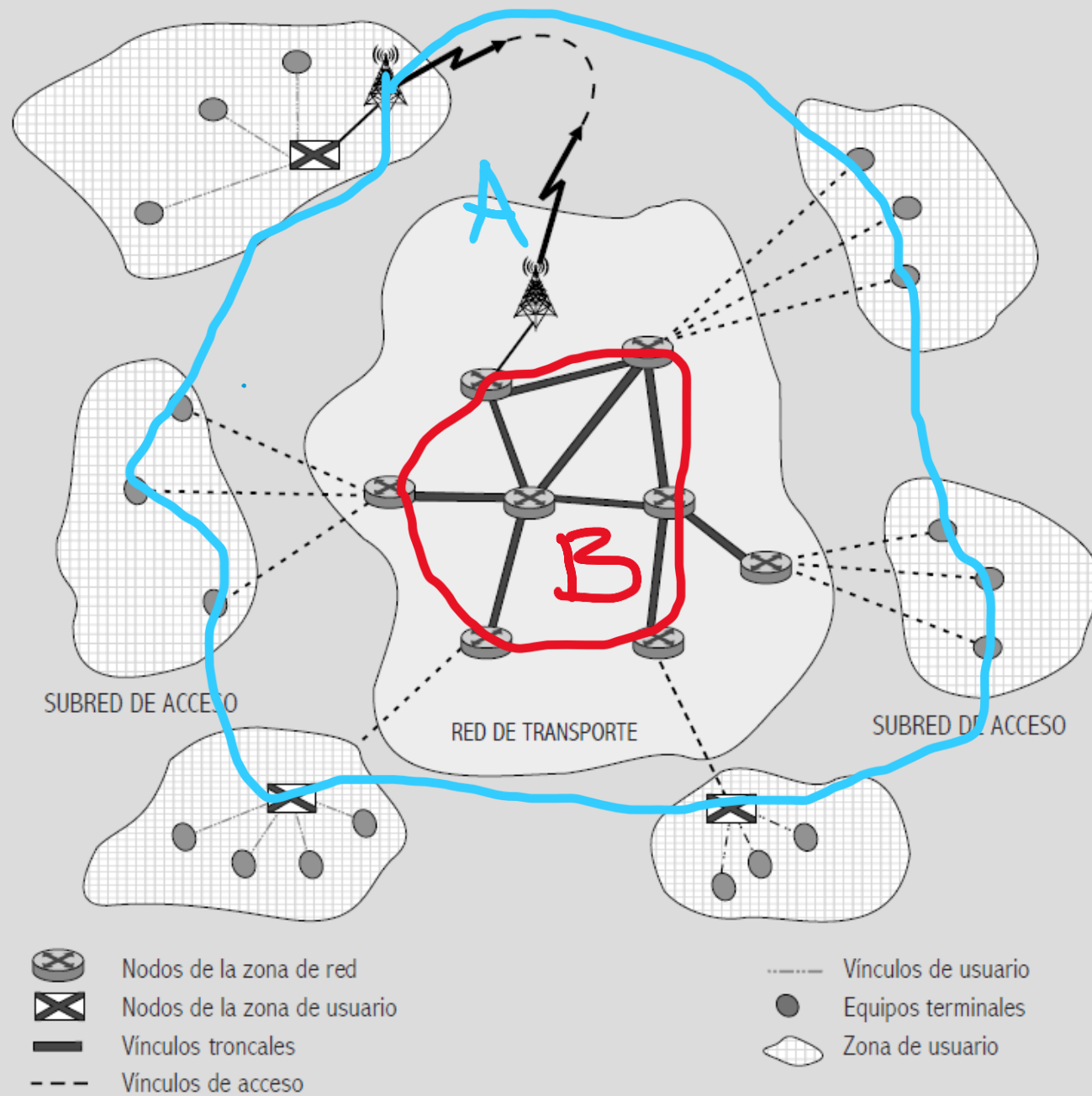


## ■ Características de las WAN:

- Compuestas por dispositivos especiales (nodos conmutadores, dispositivos de encaminamiento o routers).
- Finalidad principal: transporte de los datos.
  - ✓ >> su funcionalidad primordial: enrutamiento, que se ofrece como servicio de conmutación.
  - ✓ También ofrecen servicios de conexión o acceso.
- Se trata de redes manejadas por los Proveedores de Servicio de Internet (ISP).
  - ✓ Generalmente, la conexión del usuario con el ISP tiene lugar a través de un acceso telefónico, una conexión de banda ancha por ADSL, cable o algún servicio inalámbrico.
  - ✓ Muchos ISP ofrecen servicios adicionales al propio acceso, tales como cuentas de correo electrónico o espacio para crear un sitio web propio.
- El servicio de un ISP puede ser:
  - ✓ **Orientado a la conexión (3 fases):**
    - 3 fases: Establecimiento, Intercambio de datos y Cierre.
    - Garantiza la reserva de recursos y la llegada de la información en orden. Se trata de un servicio confiable.
  - ✓ **Sin conexión:**
    - Sin fase inicial de conexión (una vez contratado el servicio, se puede comenzar a transmitir y recibir datos).
    - Servicio más rápido y simple, pero sin garantías ni confiabilidad.
- El servicio de conmutación o encaminamiento consiste en el proceso de seleccionar caminos o rutas en una red, a través de los cuales se transporta el tráfico para llegar al destino final.
  - ✓ Varias clases de redes son capaces de llevar adelante este transporte.
  - ✓ Las más conocidas:
    - Redes de conmutación de circuitos.
    - Redes de conmutación de paquetes.

# SUBREDES WAN

Subred de Acceso y Subred de  
Comunicaciones



## ■ Estructura general de una red de telecomunicaciones:

- Zona del usuario (tecnologías LANs, medios propios, etc).
- Zona de acceso.
  - ✓ Permite que los usuarios se conecten a los nodos del núcleo.
  - ✓ Se usan vínculos alámbricos (ópticos o de cobre) e inalámbricos.
- Zona de la red o núcleo:
  - ✓ Se encarga de cumplir las funciones de conmutación y transporte de la información.
  - ✓ Dispone de nodos, por lo general de conmutación, unidos entre sí por vínculos troncales, que suelen ser de capacidad alta o media.
  - ✓ La disposición en la que están ubicados los distintos nodos y los enlaces troncales definen lo que se denomina topología de la red.

Estas dos zonas, en conjunto, constituyen la Red de transporte, en la que se pueden delimitar dos subredes:

- ✓ Subred de acceso, periférica (A).
- ✓ Backbone, troncal o core, de muy alta velocidad (B).

Fig. 3.1. Esquema de la estructura de red de telecomunicaciones.

# SUBREDES WAN

Tecnologías, mecanismos y  
arquitecturas

# ACCESOS DEDICADOS O CONMUTADOS

- **Enlace dedicado o arrendado:** el dispositivo que origina la llamada no tiene la opción de elegir el equipo terminal con el que se desea comunicar.

- >> Siempre se vinculará con el mismo equipo en el otro extremo de la red.

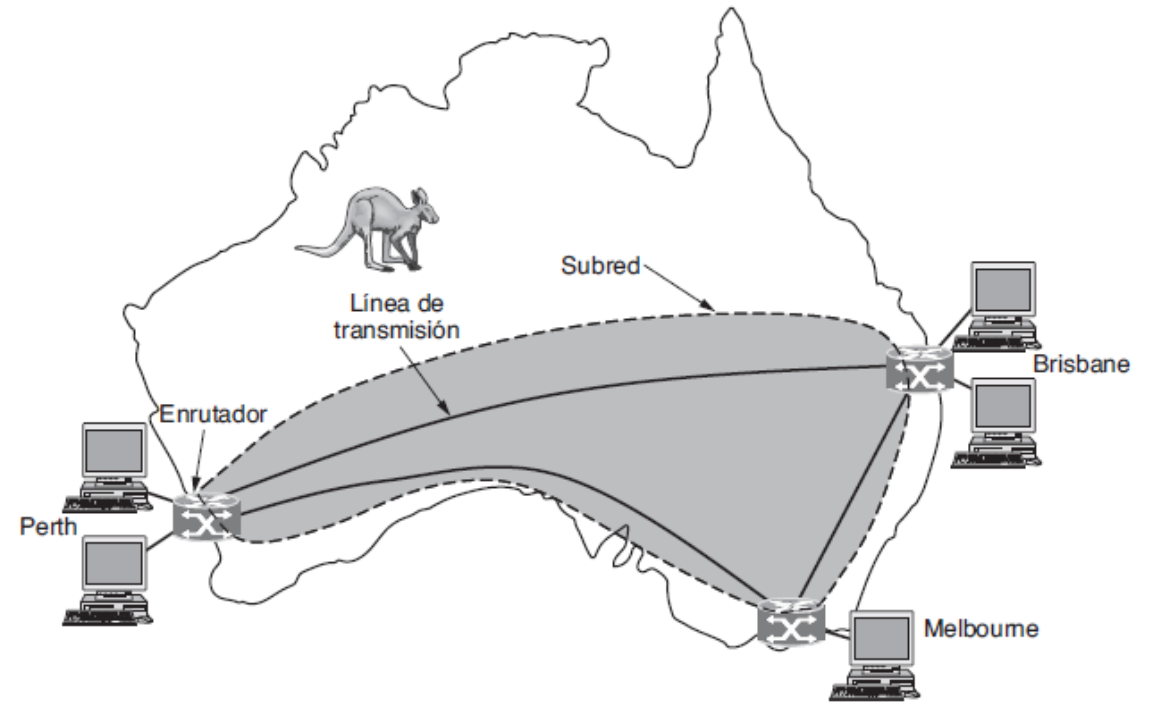


Figura 1-10. Una WAN que conecta tres sucursales en Australia.

# ACCESOS DEDICADOS O CONMUTADOS

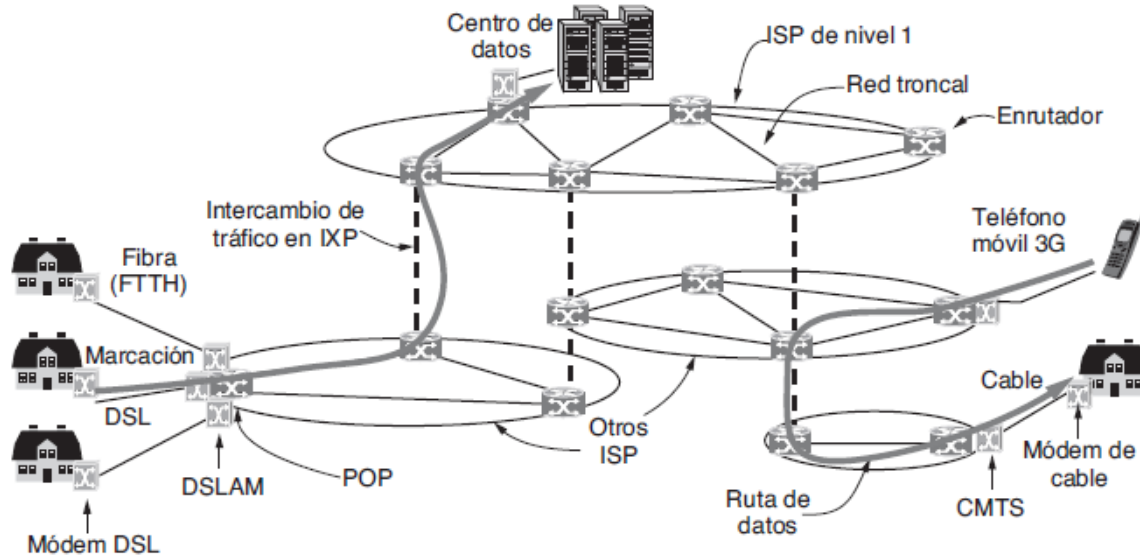


Figura 1-29. Generalidades sobre la arquitectura de Internet.

**Enlace con conmutación:** el equipo terminal que origina la llamada **tiene la opción de elegir, entre varios**, el equipo terminal con el que desea comunicarse a través de un conmutador.



# REDES DE CONMUTACIÓN

Capítulo III: Técnicas de Conmutación en Redes WAN

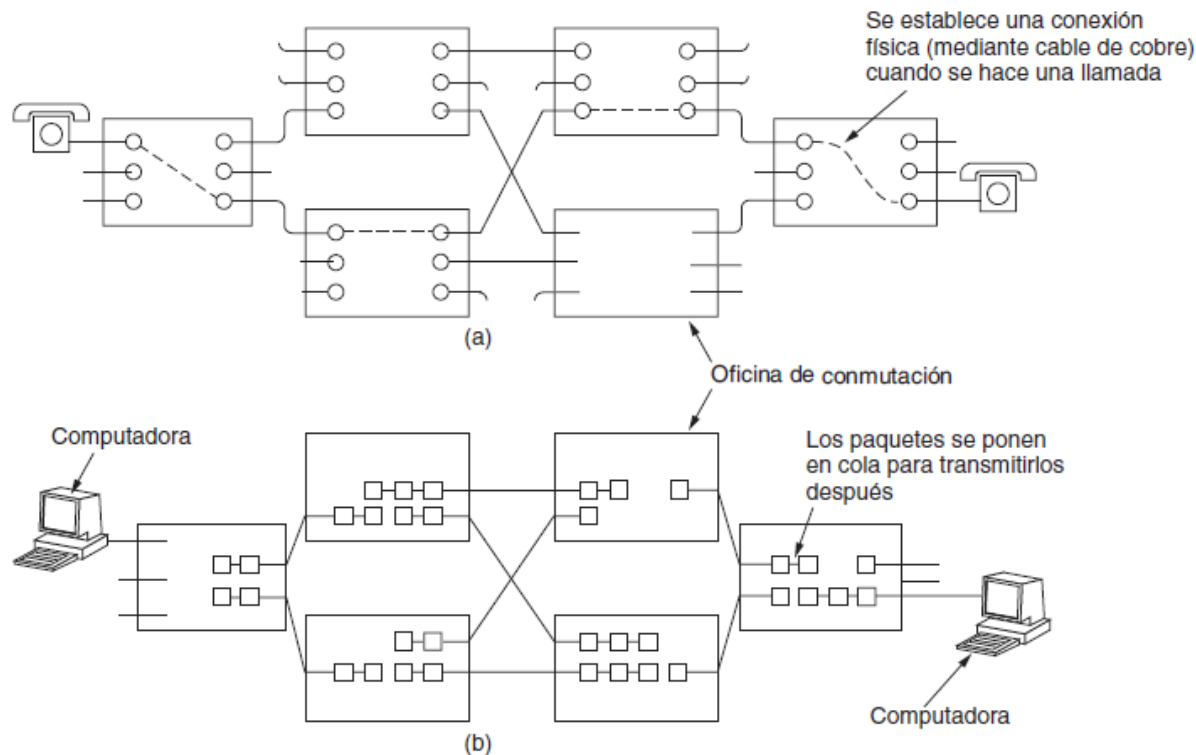


Figura 2-42. (a) Conmutación de circuitos. (b) Conmutación de paquetes.

Aspecto	Conmutación Circuitos	Conmutación de Paquetes	
		Red de Datagramas	Circuitos Virtuales
<b>Ruta</b>	Fija, establecida en el comienzo.	Independiente, decisión por paquete.	Fija, establecida en el comienzo.
<b>Tipo de Tráfico</b>	Inicialmente ideada para transporte de muestras de voz	Paquetes de datos	Paquetes de datos
<b>Buffering</b>	Conmutación rápida	Sí. Store&forward	Sí. Store&forward
<b>Retardo Establecimiento</b>	Sí	No	Sí
<b>Retardo Conmutación</b>	Nulo	Sí	Sí
<b>Bloqueo</b>	Red bloqueante si no se aseguran los recursos al inicio	Red no bloqueante. Congestión es degradación experimentada por todos los usuarios.	Red bloqueante si no se aseguran los recursos al inicio
<b>Nodos</b>	Conmutadores TDM	Routers, tecnología basada en TDM estadístico.	Routers, tecnología basada en TDM estadístico.
<b>Velocidad</b>	Constante, sin conversión de velocidades.	Conversión de velocidades. Ancho de banda a demanda.	Conversión de velocidades. Ancho de banda a demanda.
<b>Confiabilidad</b>	Depende de la red física	No confiable a nivel de red.	Confiable a nivel de red.



# REDES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

**Con conexión (Circuitos virtuales)**

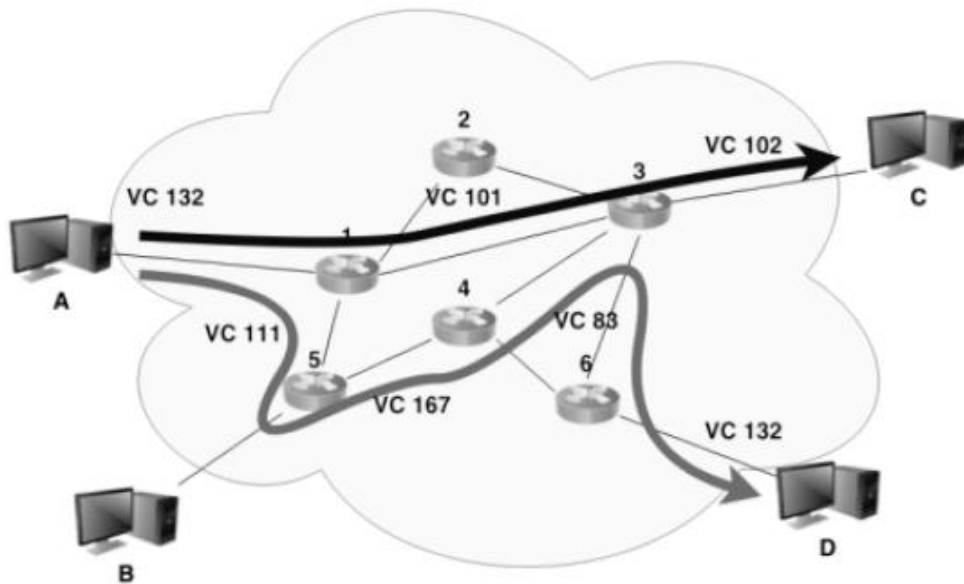


Figura 3.19 - Red de circuitos virtuales.

**Sin Conexión (Datagramas)**

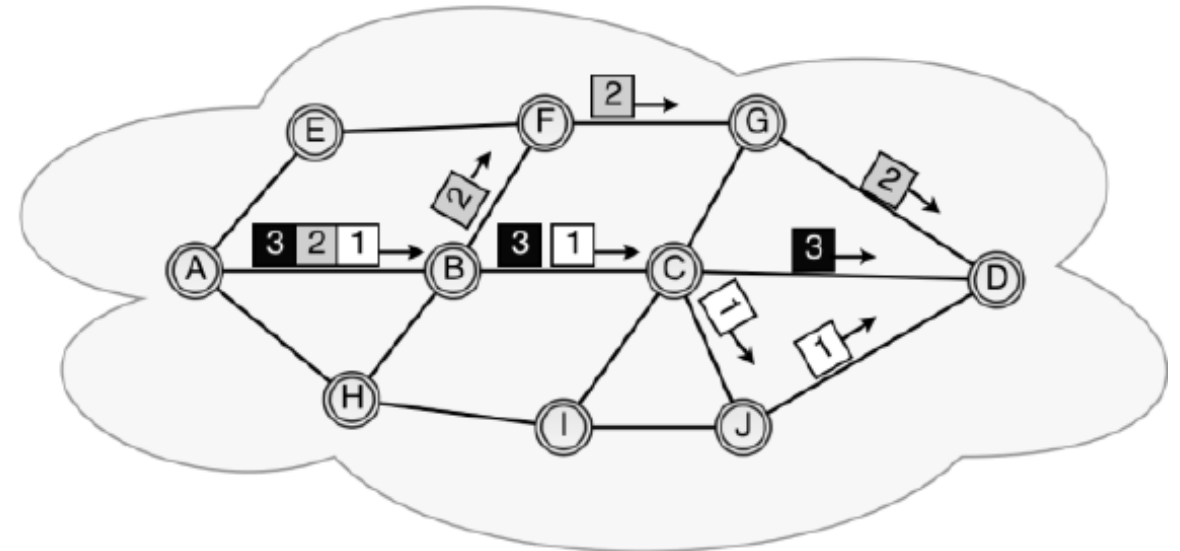


Figura 3.18 - Red de datagramas

# REDES DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

## Con conexión (Circuitos virtuales)

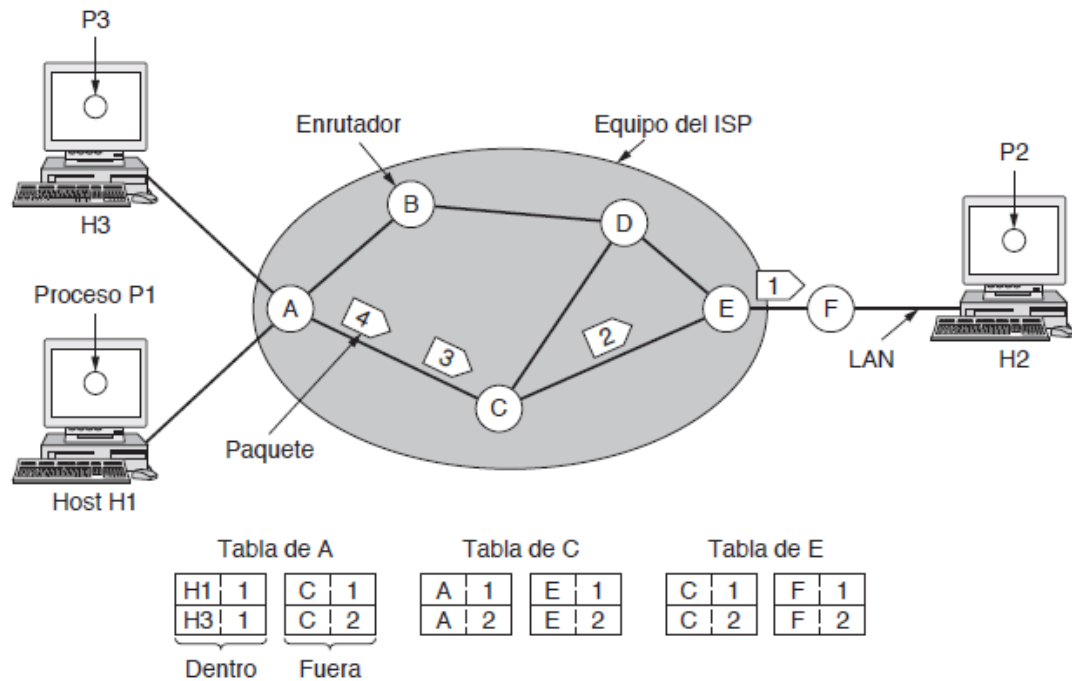


Figura 5-3. Enrutamiento dentro de una red de circuitos virtuales.

## Sin Conexión (Datagramas)

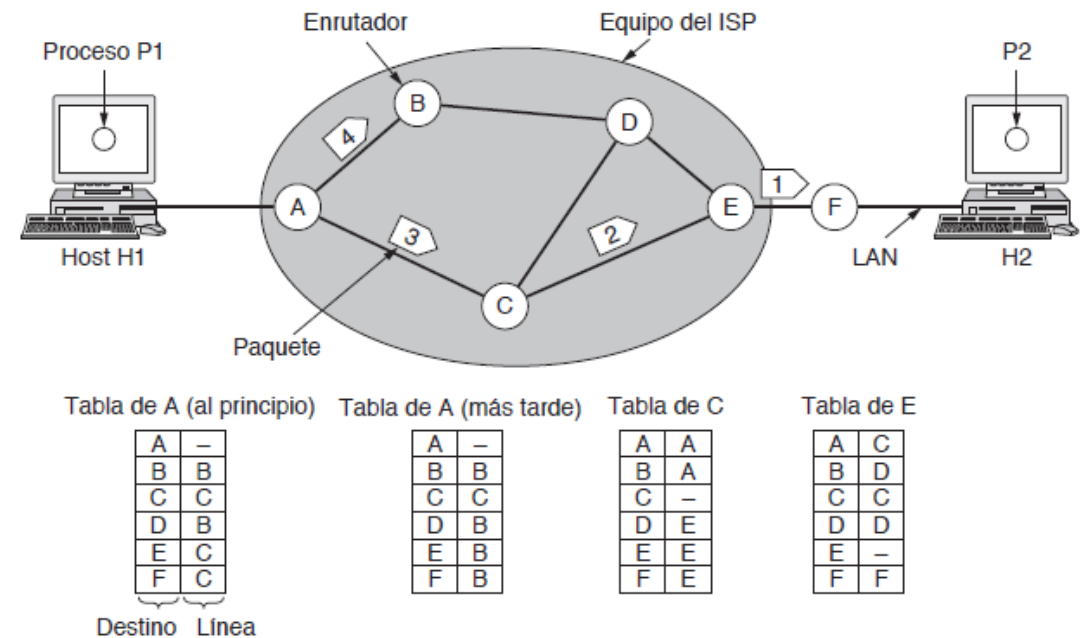
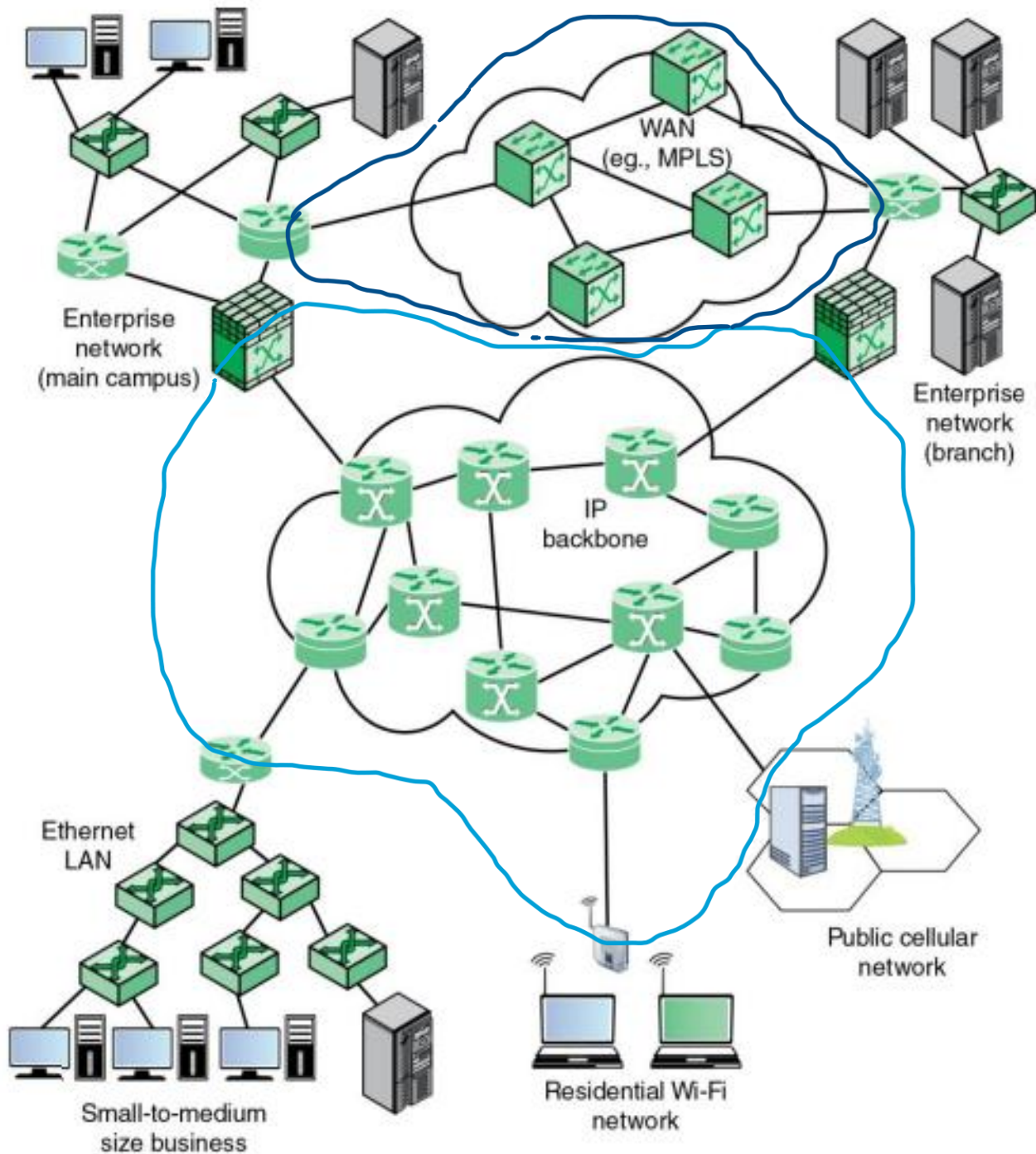


Figura 5-2. Enrutamiento dentro de una red de datagramas.



## ■ Subred de Acceso:

- Enlaces dedicados
  - ✓ **Medios compartidos:** HDLC, PPP (LCP, NCP, CHAP)
  - ✓ **Líneas punto a punto**
- Enlaces conmutados
  - ✓ **Conmutación de circuitos:**
    - Circuitos conmutados (SVC): LAP-F, LAP-B
    - Circuitos permanentes (PVC): LAP-D, LAP-F, LAP-B
  - ✓ **Conmutación de paquetes:**
    - Paquetes de tamaño variable (datagrama): IP
    - Paquetes de tamaño fijo (celda): ATM

## ■ Subred de Comunicaciones

- Arquitectura de 3 capas
  - ✓ **X.25**
  - ✓ **ATM**
  - ✓ **IP**
  - ✓ **MPLS**
- Arquitectura de 2 capas
  - **FR**

## ■ Redes privadas virtuales (VPN)

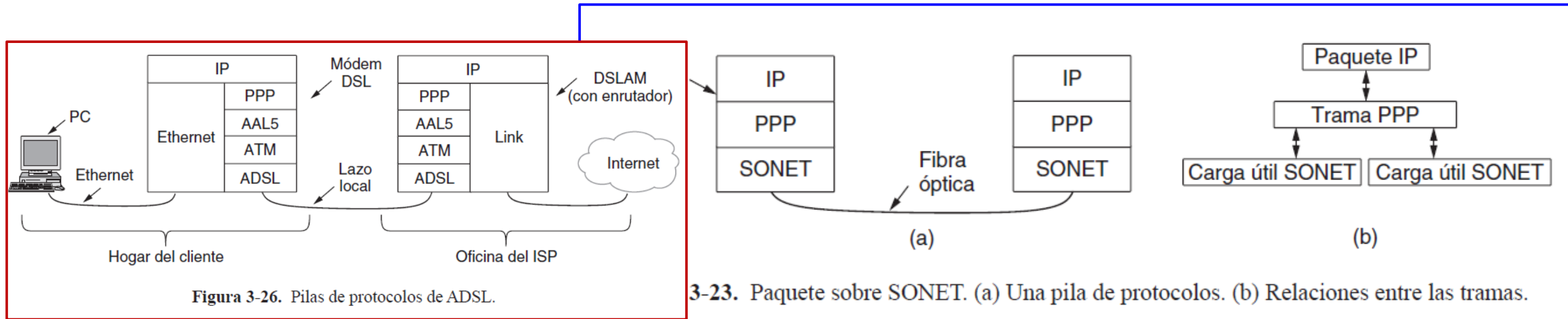
- Site-to-site / De acceso remoto (Client-to-site) con tecnologías:
- VPN sobre IP: **PPTP** - **L2TP** - **IPSec** - **MPLS (CoS)** - **SSL/TLS**
- VPN sobre **ATM (CoS)**

# TECNOLOGÍAS WAN

- **Primeras redes de datos:** **ORIENTADAS A CONEXIÓN**
  - **X.25** (década de 1970).
  - **Frame Relay** (década de 1980).
- **Siguiente evolución:** **OTRA TECNOLOGÍA ORIENTADA A CONEXIÓN + SIN CONEXIÓN**
  - **ATM** (para competir en la década de 1980 con IP).
  - **IP**  
Actualmente ATM se usa en nichos, pero IP domina las redes telefónicas.
- **Última evolución clásica:** Internet desarrolla características **orientadas a conexión a medida que la calidad del servicio adquiere más importancia.**
  - **MPLS** (Conmutación Multiprotocolo mediante Etiquetas).
- **Innovación reciente:** redes en sistemas de Cloud Computing
  - **SDN:** redes definidas por software.

# TECNOLOGÍAS DE ACCESO DEDICADO WAN

## PPP



### 3 características principales:

- 1 Método de entramado: delinea sin ambigüedades el **final de una trama y el inicio de la siguiente**. El formato de trama **también maneja la detección de errores**.
- 1 Protocolo de control de enlace (LPC): para **activar** líneas, **probarlas**, **negociar** opciones y **desactivarlas** en forma ordenada cuando ya no son necesarias.
- 1 Protocolo de Control de Red (NCI) soportada, como mecanismo **para con independencia del protocolo**

### PPP vs HDLC

- La diferencia principal entre PPP y HDLC es que el primero está orientado a bytes, no a bits. En particular, PPP usa el relleno de bytes en las líneas y todas las tramas tienen un número entero de bytes. HDLC utiliza relleno de bytes y permite tramas de, por ejemplo, 30.25 bytes.
- HDLC provee una **transmisión confiable con una ventana deslizable, iración de temporizadores**. PPP igual en entornos ruidosos (ej: redes las veces en la práctica. En vez de [let](#) un "modo no numerado" para **confirmación de recepción**.

Bytes	1	1	1	1 a 2	Variable	2 a 4	1
	Bandera	Dirección	Control	Protocolo	Carga útil	Suma de verificación	Bandera
	01111110	11111111	00000011				01111110

Figura 3-24. El formato de trama completa de PPP para la operación en modo no numerado.

# TECNOLOGÍAS DE ACCESO DEDICADO WAN

## PPP vs HDLC

- HDLC

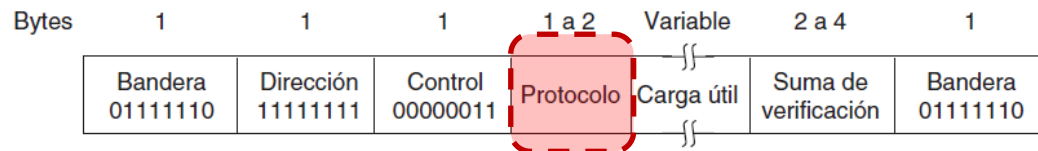
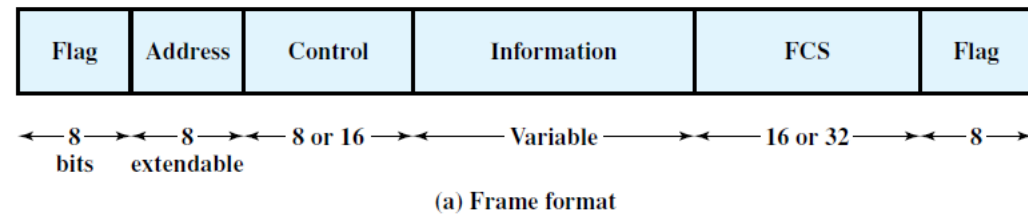


Figura 3-24. El formato de trama completa de PPP para la operación en modo no numerado.

- Todas las tramas PPP comienzan con el byte **Bandera** del estándar de HDLC 0x7E (01111110).
- El campo **Dirección** siempre se establece al valor binario **11111111** para indicar que todas las estaciones deben aceptar la trama. Al usar este valor evitamos tener que asignar direcciones de la capa de enlace de datos.
- El campo **Control**, cuyo valor predeterminado es **00000011**, indica una trama no numerada.

*Dirección y Control son siempre constantes: LCP negocia para omitirlos por completo y ahorrar 2 bytes por trama.*

- El campo de PPP es **Protocolo**. Clase de paquete que está en el campo Carga útil (Si empiezan con un bit 0: IPv4, IPv6 y otros protocolos de capa de red; si comienzan con un bit 1: LCP y los NCP diferentes. El tamaño predeterminado del campo Protocolo es de 2 bytes, pero se puede negociar a 1 byte mediante el uso de LCP).
- El campo **Carga útil** es de longitud variable, hasta cierto máximo negociado. Si la longitud no se negocia mediante LCP, se usa una longitud predeterminada de 1500 bytes.
- El campo **Suma de verificación**, que por lo general es de 2 bytes, aunque se puede negociar una suma de verificación de 4 bytes. Siempre es un CRC de 32 bits.



# CONTRATACIÓN TECNOLOGÍAS WAN

	TDM	X.25	FRAME RELAY	ATM
Facilidades	Muy pocas	Muchas	Pocas	Pocas
Velocidad	Alta	Media	Alta	Muy Alta
Retardo	Muy bajo	Alto	Bajo	Muy bajo
Throughput	Alto	Bajo	Alto	Muy alto
Coste CPE	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Overhead	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Puerto Comp.	No	Sí	Sí	Sí
Tipo tráfico	Cualquiera	Datos	Datos/voz	Multimedia

Para la contratación de servicios WAN, según la tecnología, en cada aplicación que requiere datos externos se debe determinar:

- **Velocidad de transmisión** (kbps).
- **Retardo máximo admisible** (ms).
- **Jitter o variación del retardo** (ms).
- **Porcentaje de paquetes que admite perder** (%).

Se deben agrupar las aplicaciones con necesidades similares y se les asigna una clase de servicio (CoS) que se implementan con redes privadas virtuales (VPN).

Además, dado  **$D + I = 1$**  (valores decimales) se debe definir:

**Disponibilidad:** qué porcentaje del tiempo total está disponible el enlace.

$$D (\%) = \text{Tiempo en servicio} / \text{Tiempo total}$$

**Indisponibilidad:** qué porcentaje del tiempo total está cortado el enlace.

$$I (\%) = \text{Tiempo de corte} / \text{Tiempo total}$$



# REDES MPLS (Conmutación Multiprotocolo Mediante Etiquetas)

- Opera entre el protocolo IP de la capa de red y el protocolo de enlace (PPP, HDLC, etc).
- Se la suele denominar protocolo de “capa 2.5”:
  - No es una tecnología (protocolo) de capa 3, pues depende de direcciones IP o de otra capa de red para establecer las rutas de las etiquetas.
  - Tampoco es una tecnología (protocolo) de capa 2, pues reenvía los paquetes a través de varios saltos, no de un solo enlace.
- MPLS es en gran parte independiente de ambas capas: el término “multiprotocolo” se debe a que los encabezados MPLS no son parte del paquete (L3) ni de la trama (L2)..
- También puede transportar paquetes IP sobre redes que no sean IP.

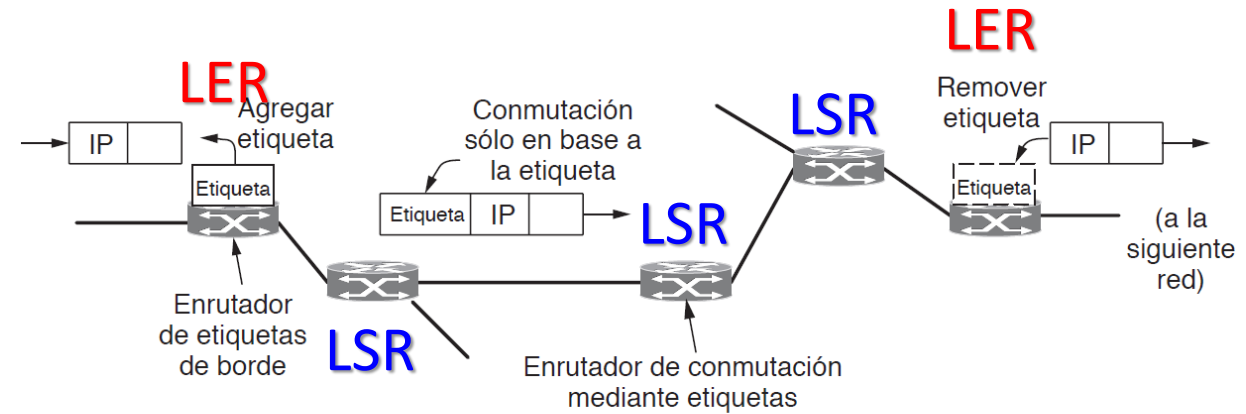
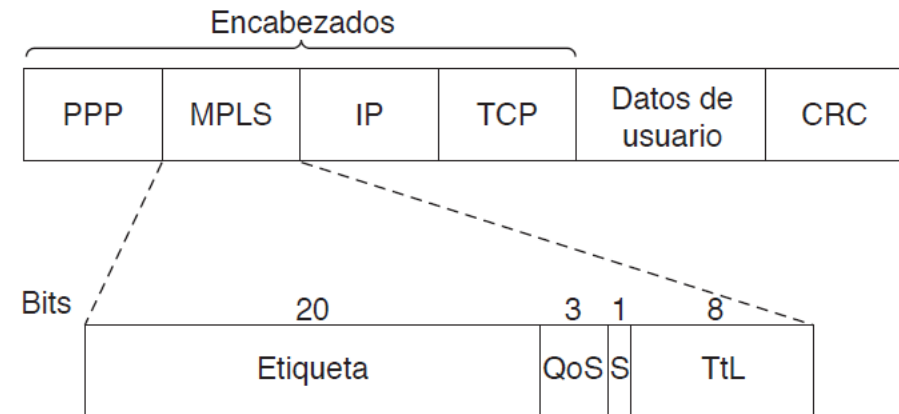


Figura 5-63. Reenvío de un paquete IP por medio de una red MPLS.

# REDES MPLS (Conmutación Multiprotocolo Mediante Etiquetas)

- MPLS agrega una etiqueta en frente de cada paquete.
- El reenvío **se basa en la etiqueta en vez de la dirección de destino**.
- Al convertir la etiqueta en un índice de una tabla interna, sólo es cuestión de buscar en la tabla la línea de salida correcta.
- Mediante el uso de esta técnica, el reenvío se puede llevar a cabo con mucha rapidez.
- Con el tiempo, los principales beneficios han sido un enrutamiento flexible y un reenvío adecuado para la calidad del servicio, así como rápido.



**Figura 5-62.** Transmisión de un segmento TCP mediante IP, MPLS y PPP.

# EVOLUCIÓN A REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE – SDN (Software Defined Networking)

## NECESIDADES EXPONENCIALES

- Big data.
- Computación en la nube.
- Internet de las cosas (IoT).
- Dispositivos móviles.
- Complejidad.
- Seguridad.

## CAPACIDAD = OPORTUNIDAD

Diseño y la gestión de redes inteligentes y eficientes:

- Redes de velocidad de datos Gigabit:
  - Ethernet de 100 Gbps y más.
  - WiFi de casi 7 (+) Gbps.
  - Redes 4G y 5G con velocidades de Gbps a redes móviles.
- Servidores de alta velocidad y alta capacidad.
- Virtualización.

# EVOLUCIÓN A REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE – SDN (Software Defined Networking)

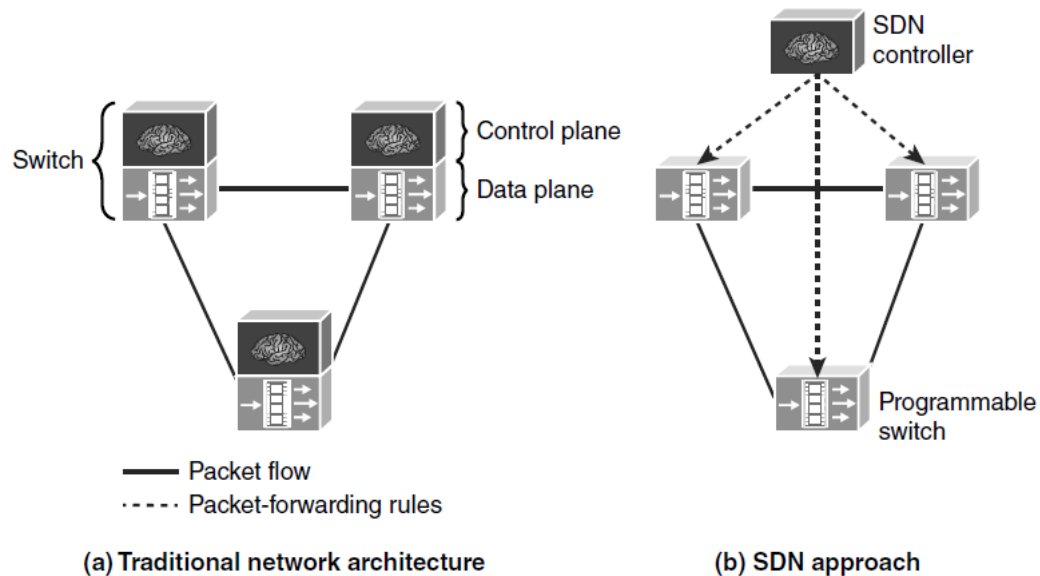


FIGURE 3.2 Control and Data Planes

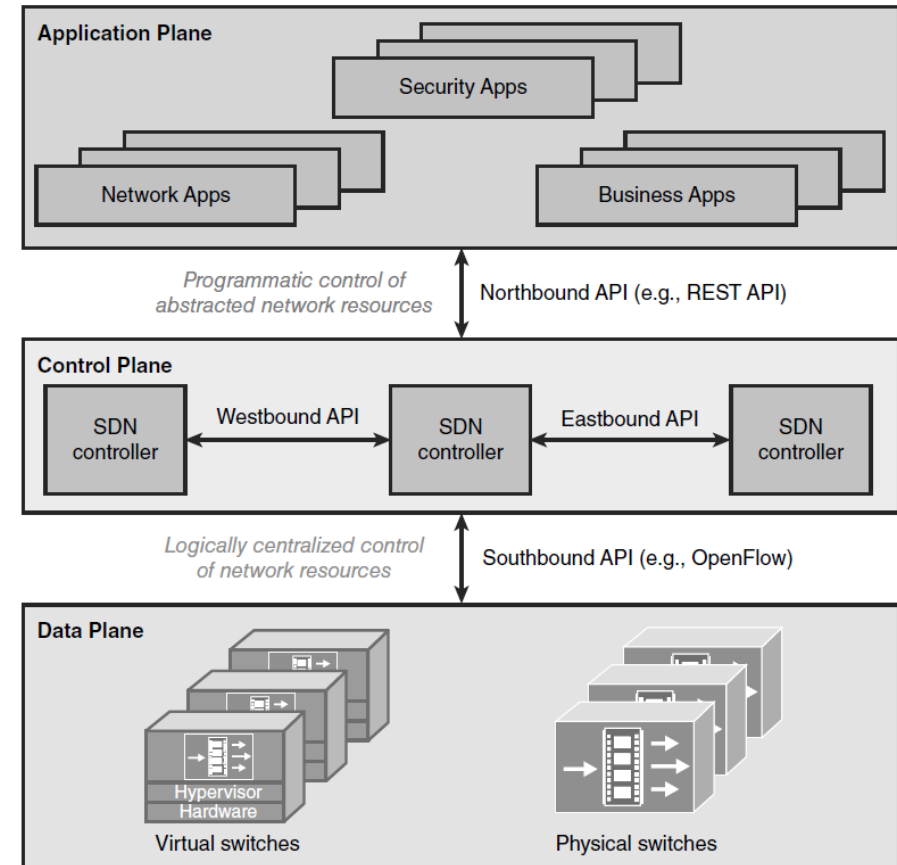


FIGURE 3.3 Software-Defined Architecture

# EVOLUCIÓN A REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE – SDN (Características)

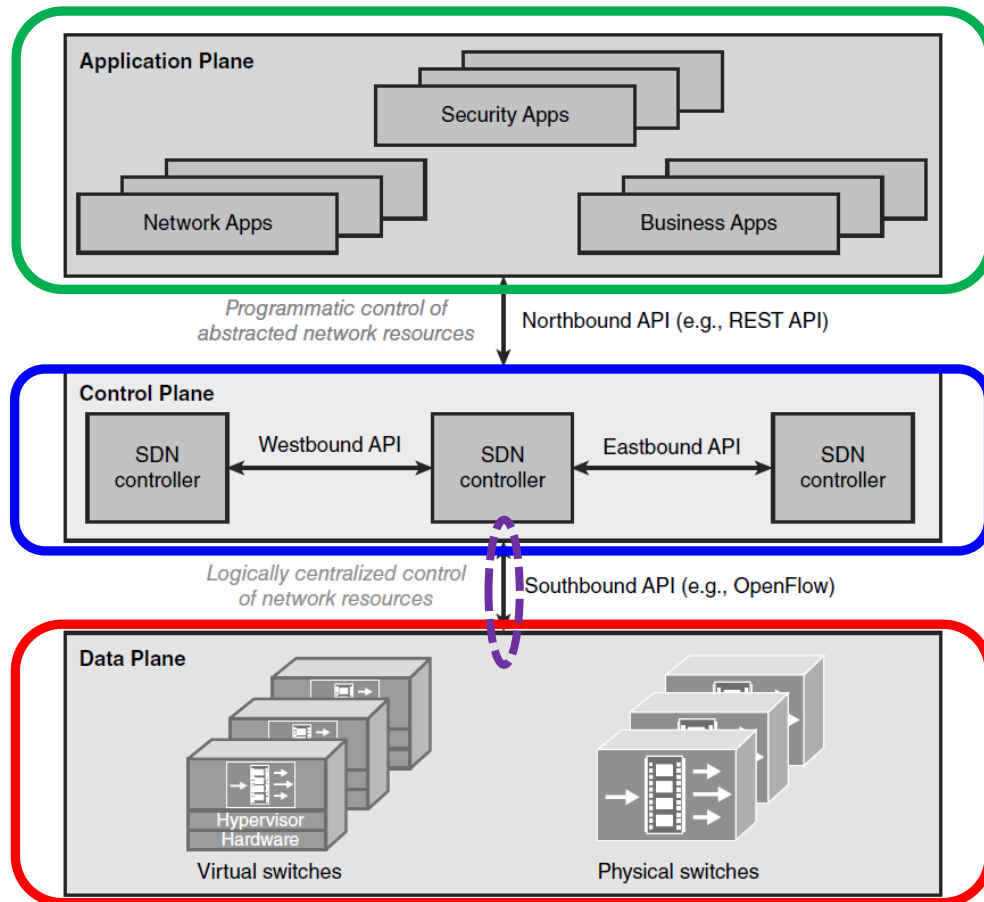


FIGURE 3.3 Software-Defined Architecture

- El **plano de control** está separado del **plano de datos**. Los dispositivos del plano de datos se convierten en simples dispositivos de reenvío de paquetes.
- El plano de control se implementa en un **controlador centralizado** o un **conjunto de controladores centralizados coordinados**.
- **Controlador SDN:**
  - Tiene una **vista centralizada de la red** o redes bajo su control.
  - Es un software portable que puede ejecutarse en servidores básicos.
  - Es capaz de programar los dispositivos de reenvío basándose en una **vista centralizada de la red**.
  - Presentan una vista abstracta de los recursos de la red a las aplicaciones.
- Se definen **interfaces abiertas** entre los dispositivos en el **plano de control (controladores)** y los del **plano de datos**.
- La red es programable mediante **aplicaciones** (Negocios, Red, Seguridad) que se ejecutan sobre los controladores SDN.