



# REDES DE COMPUTADORAS 1

---

## Clase 3: Capa de Red – Parte 2

### Bibliografía:

Kurose y Ross. Redes de computadoras. Un enfoque descendente. 7<sup>a</sup> Edición. Editorial Pearson. Capítulo 4.

# La Capa de Red

- Funciones claves.
- Modelos de servicio.
- Interior de un Router
  - Puerto de entrada
  - Enrutamiento de conmutación
  - Puerto de salida



# La Capa de Red

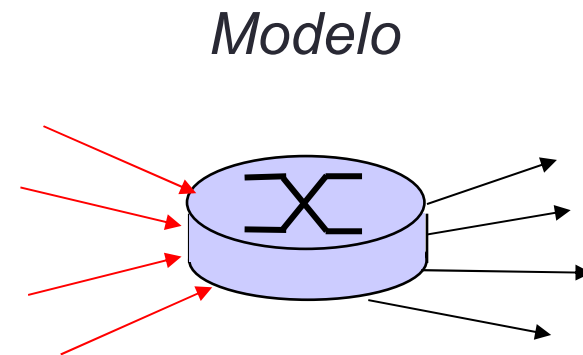
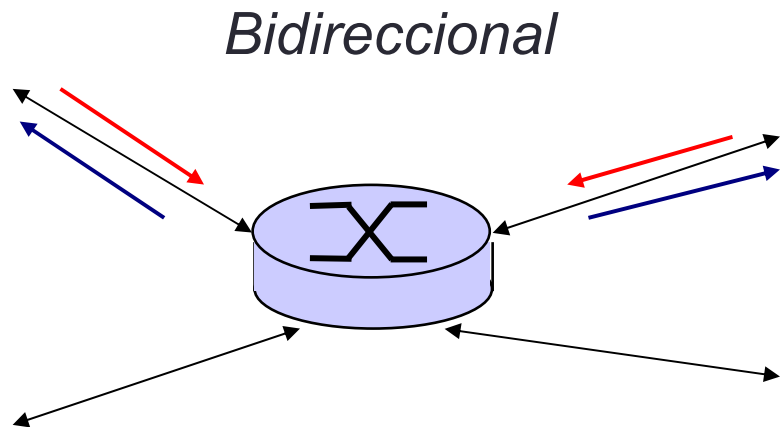
- Funciones claves.
- Modelos de servicio.
- **Interior de un Router**
  - Puerto de entrada
  - Entramado de conmutación
  - Puerto de salida



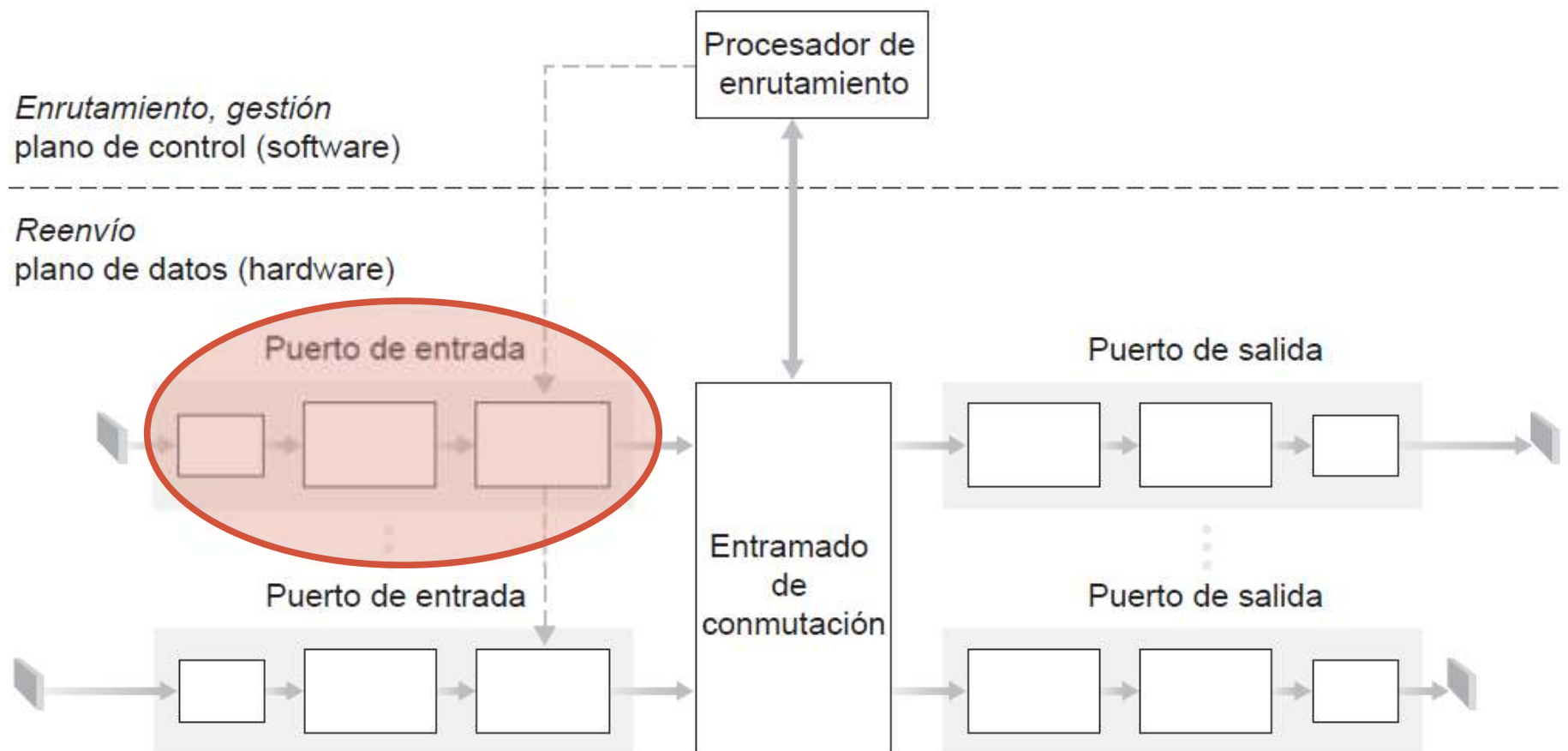
# Arquitectura de los Routers

## ❑ *Cumplen dos funciones claves:*

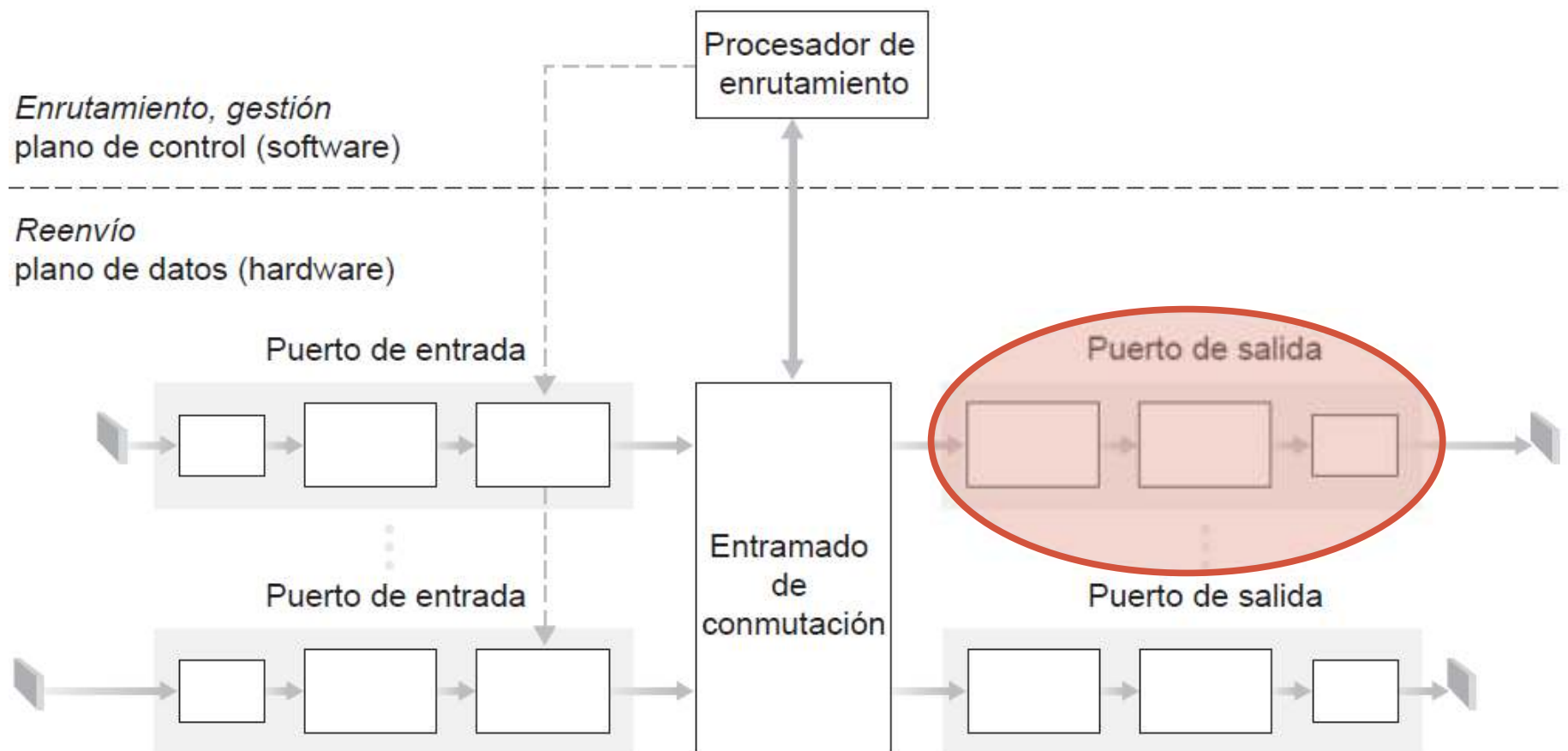
- *Correr algoritmos/protocolos de ruteo (RIP, OSPF, BGP)*
- *Reenvío de datagramas desde enlaces de entrada a salida*



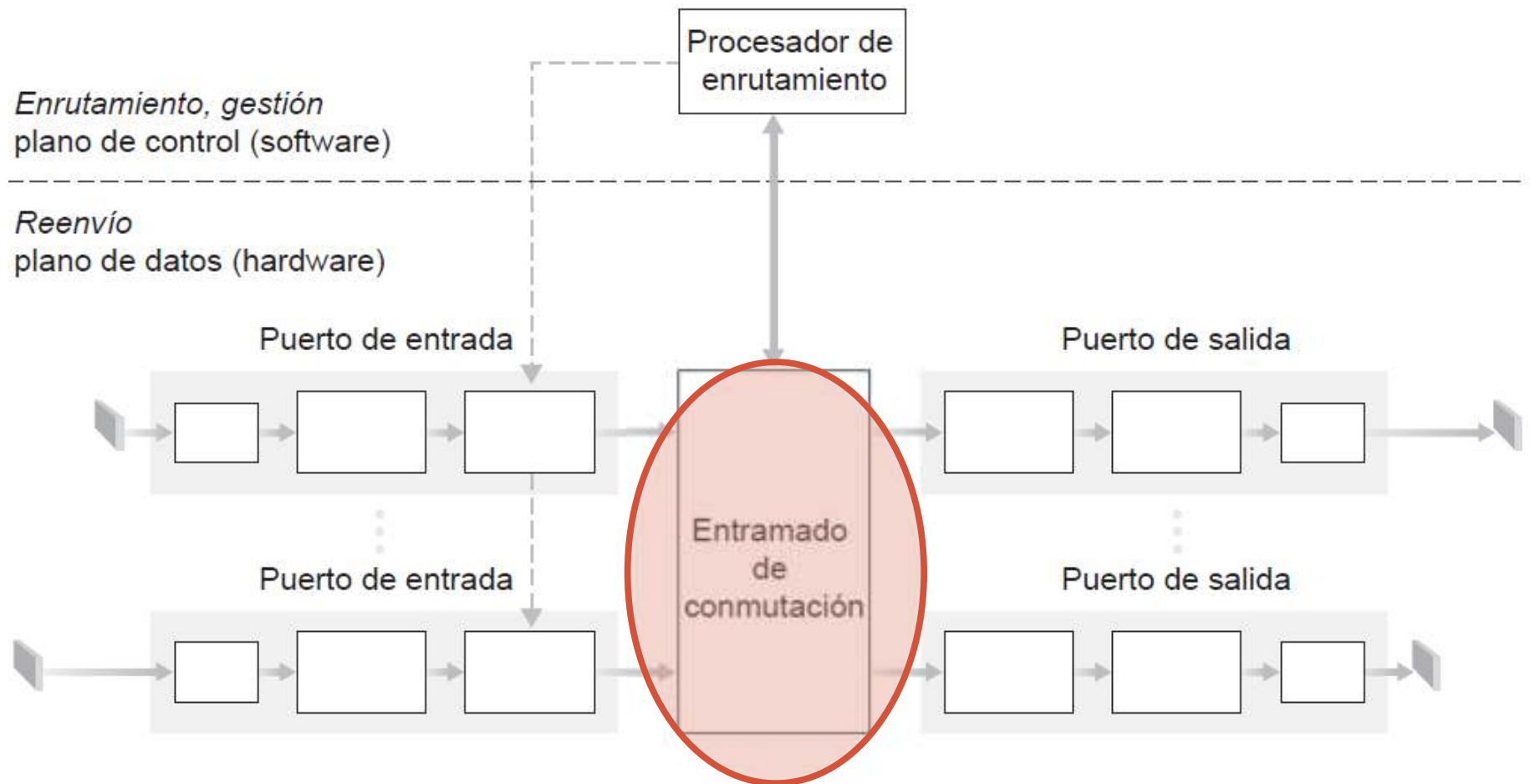
# Arquitectura de routers: Generalidades



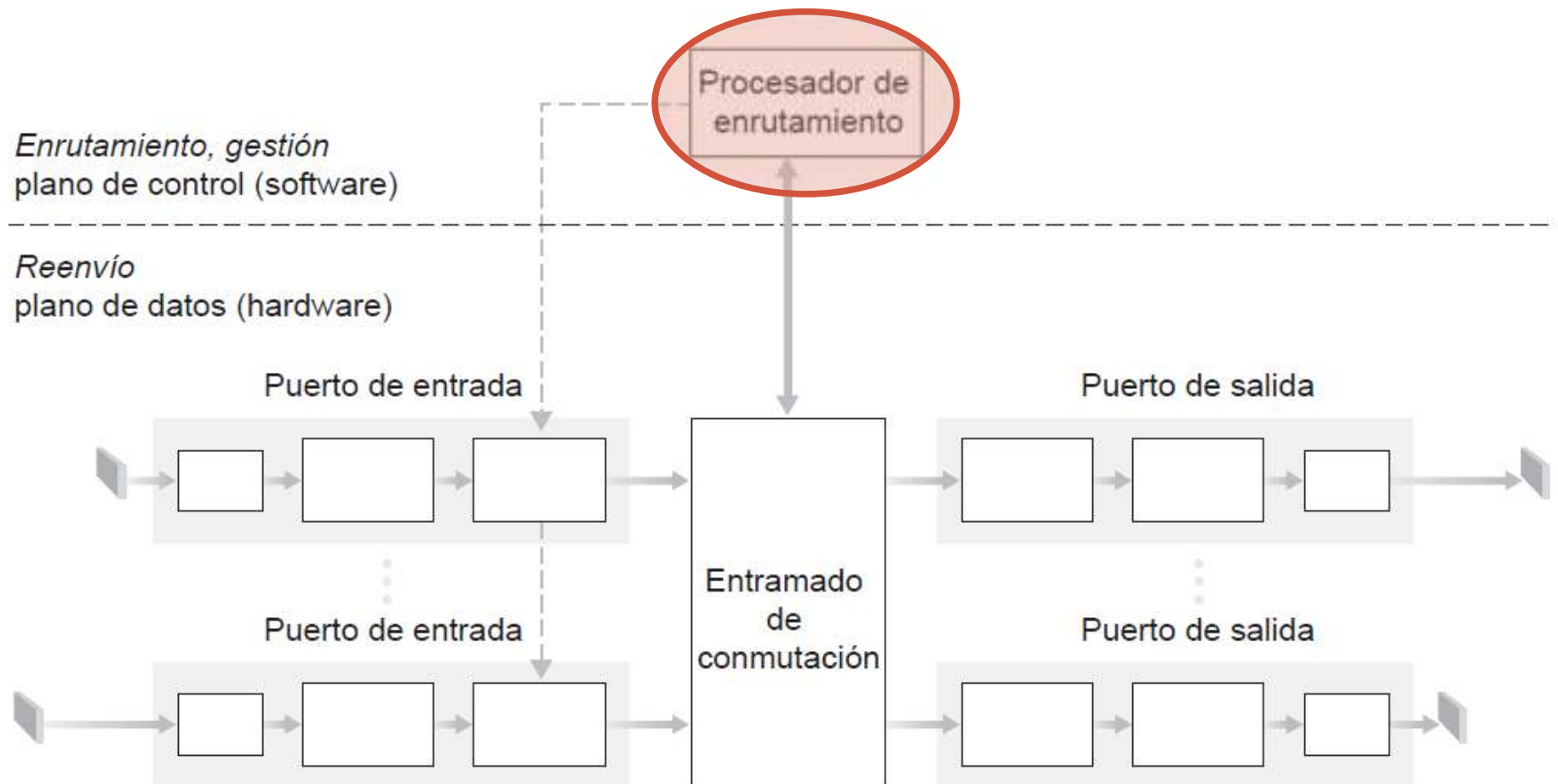
# Arquitectura de routers: Generalidades



# Arquitectura de routers: Generalidades

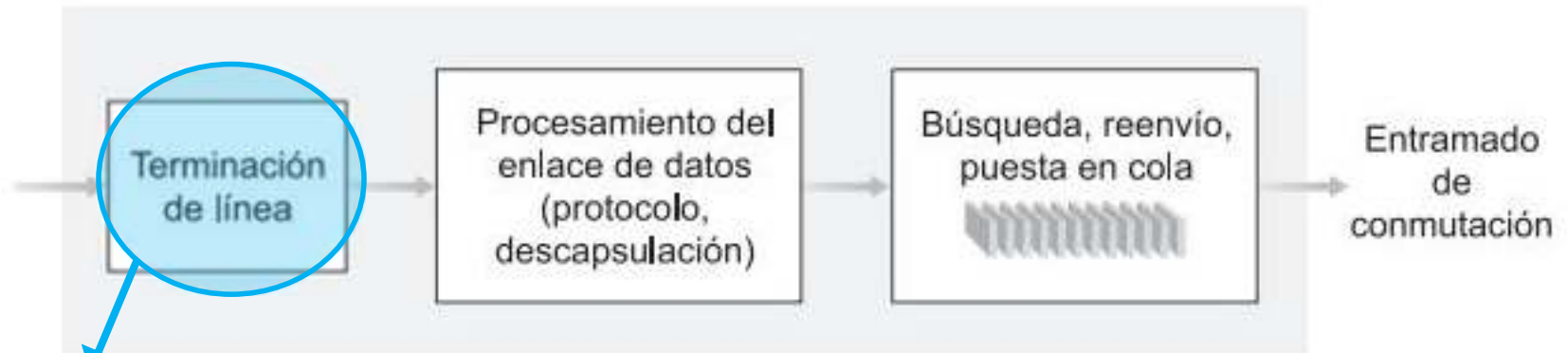


# Arquitectura de routers: Generalidades



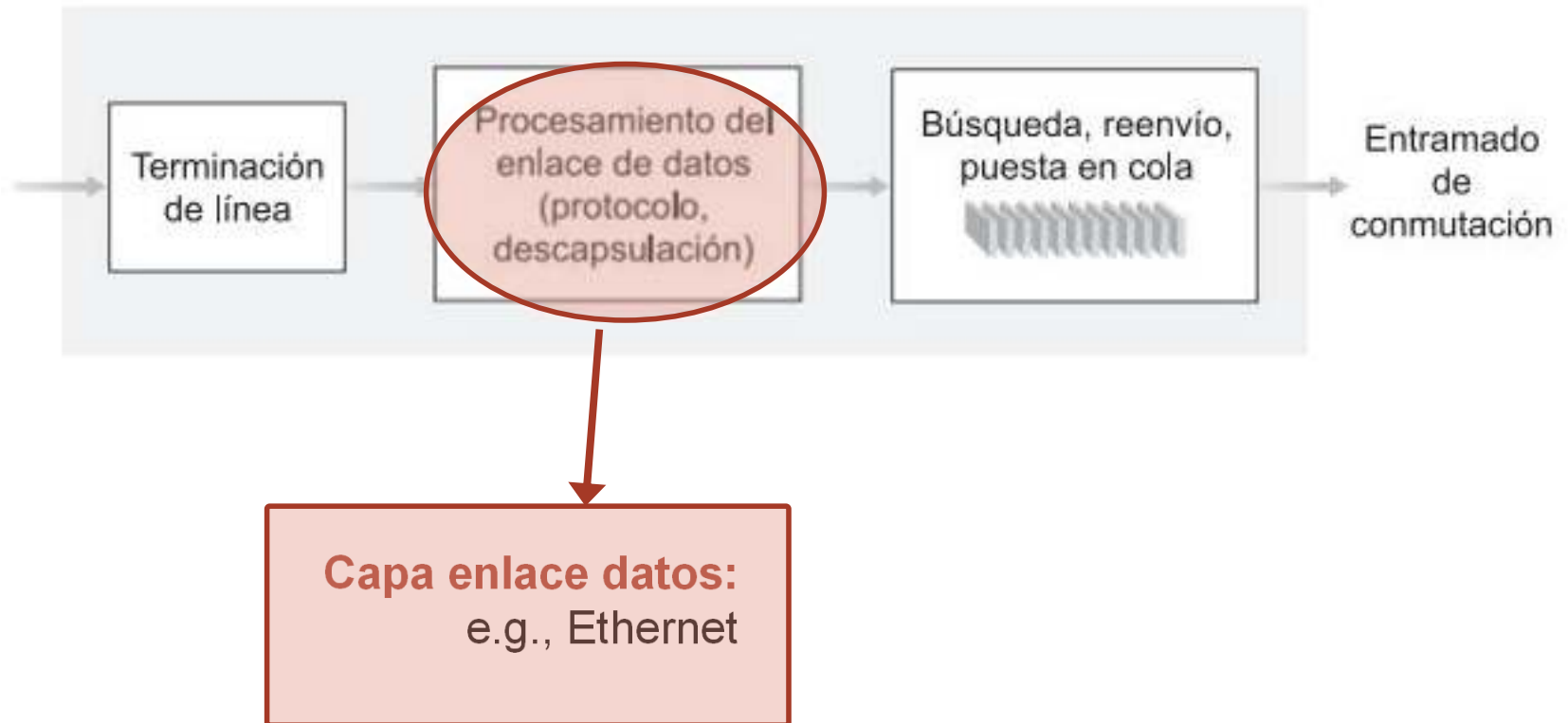


# Routers: Puerto de entrada

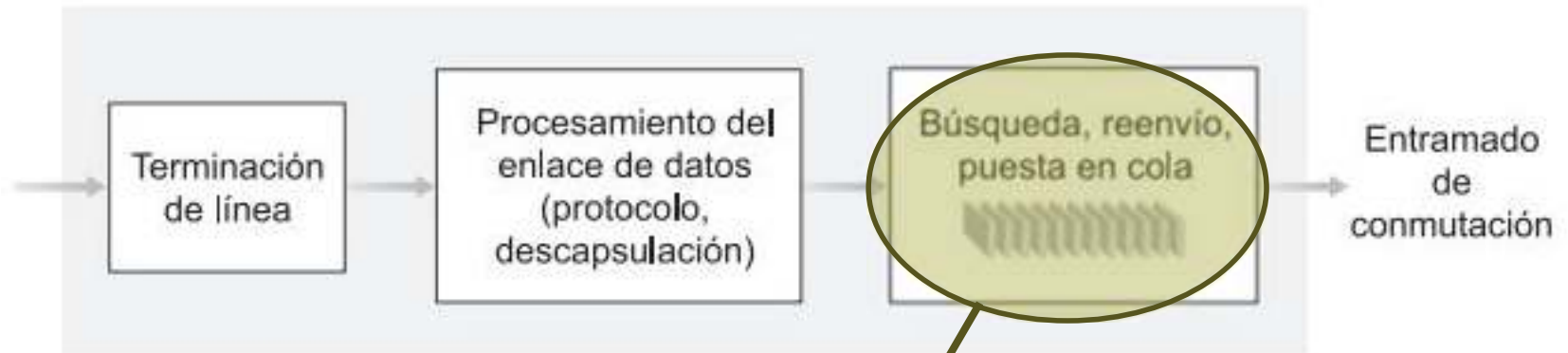


**Capa física:**  
Recepción  
nivel de bits

# Routers: Puerto de entrada



# Routers: Puerto de entrada



## Conmutación Descentralizada:

- Dada la dirección destino del datagrama, se obtiene el puerto de salida usando la tabla de re-envío de la memoria del puerto de entrada.
- Objetivo: que el procesamiento se realice en el puerto de entrada a la “velocidad de la línea”.
- Se formará cola si los datagramas llegan más rápido que la tasa de re-envío de la estructura de switches.

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

- El enlace de salida se elige basado en el host de destino

## ❑ Reenvío generalizado

- El enlace de salida se elige en base a varios factores
  - ❖ Origen
  - ❖ Cuestiones económicas
  - ❖ Cuestiones políticas
  - ❖ ...

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta	0
11001000 00010111 00010111 11111111	
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta	1
11001000 00010111 00011000 11111111	
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta	2
11001000 00010111 00011111 11111111	
En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

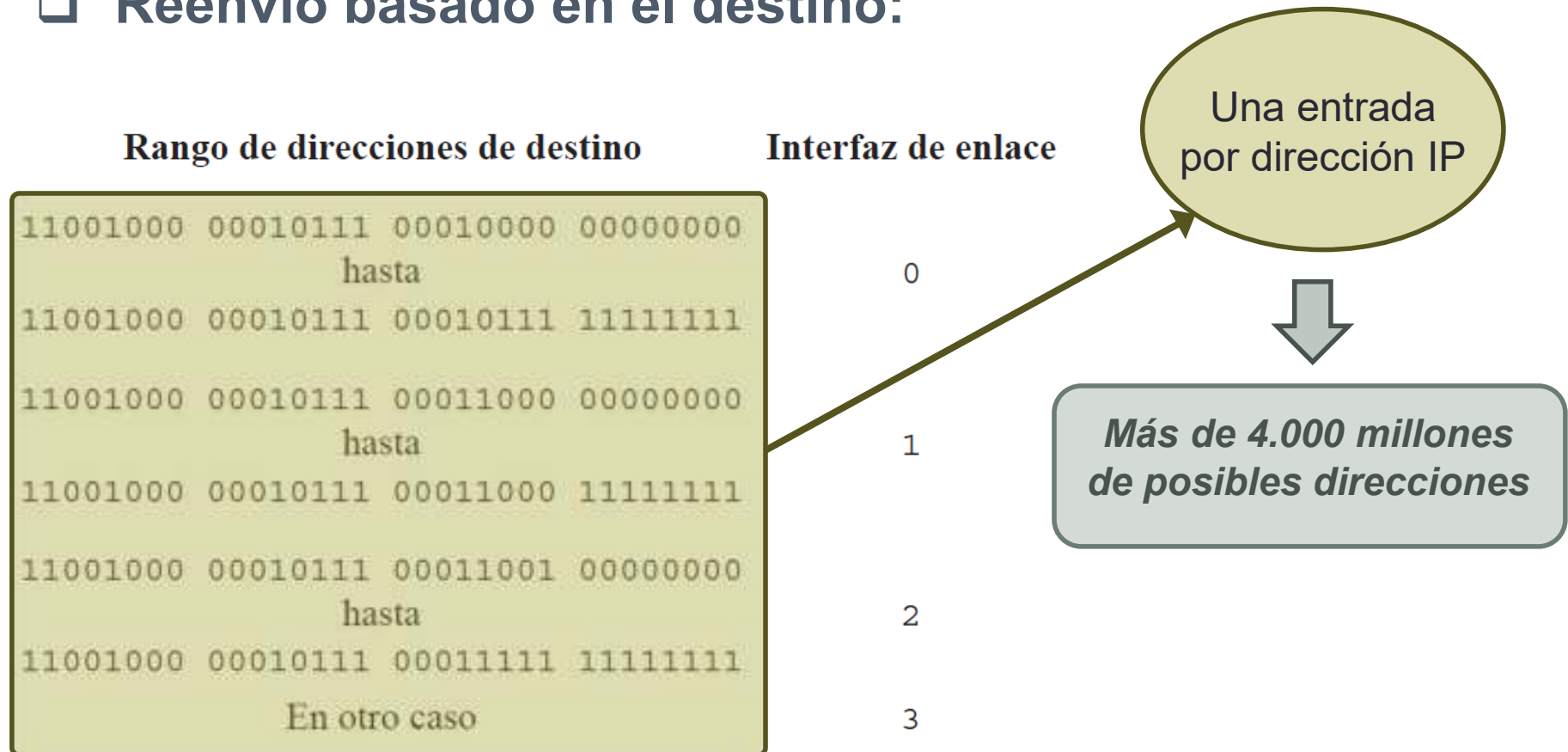
## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
<div>11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111</div>	0
<div>11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111</div>	1
<div>11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111</div>	2
En otro caso	3



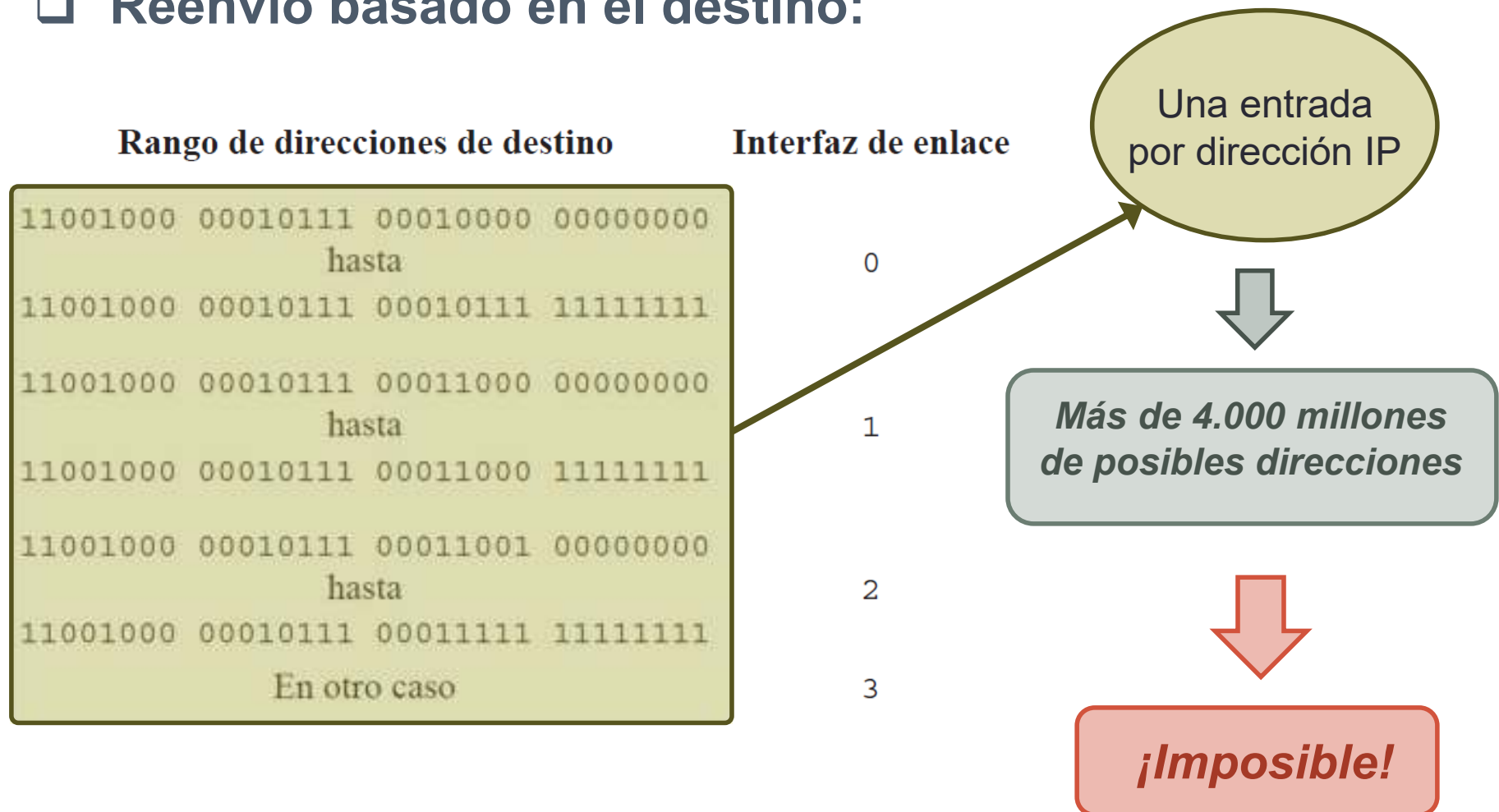
# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:



# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

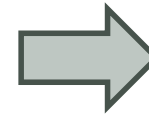
## ❑ Reenvío basado en el destino:



# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta	0
11001000 00010111 00010111 11111111	1
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta	2
11001000 00010111 00011000 11111111	3
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta	
11001000 00010111 00011111 11111111	
En otro caso	

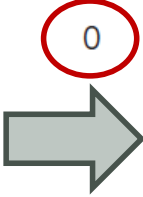


***Regla de coincidencia  
del prefijo más largo***

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

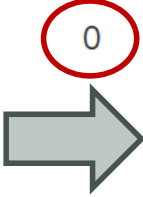
Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
<u>11001000 00010111 00010000 00000000</u> hasta <u>11001000 00010111 00010111 11111111</u>	0
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3



**Regla de coincidencia del prefijo más largo**

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
<u>11001000 00010111 00010000 00000000</u> hasta <u>11001000 00010111 00010111 11111111</u>	 0
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3

*Regla de coincidencia del prefijo más largo*

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

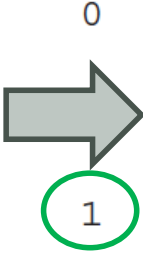
- Regla de coincidencia del prefijo más largo

Prefijo	Interfaz de enlace
<u>11001000 00010111 00010</u>	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 <u>hasta</u> <u>11001000 00010111 00011000 11111111</u>	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3

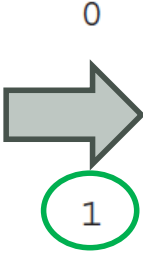


**Regla de coincidencia del prefijo más largo**

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 hasta 11001000 00010111 00011111 11111111	2
En otro caso	3



**Regla de coincidencia del prefijo más largo**



# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

- Regla de coincidencia del prefijo más largo

Prefijo	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010	0
<u>11001000 00010111 00011000</u>	<u>1</u>
11001000 00010111 00011	2
En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0 ➔ 1
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	
<u>11001000 00010111 00011001 00000000</u> hasta <u>11001000 00010111 00011111 11111111</u>	2
En otro caso	3

*Regla de coincidencia del prefijo más largo*

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 hasta 11001000 00010111 00010111 11111111	0 ➔ 1
11001000 00010111 00011000 00000000 hasta 11001000 00010111 00011000 11111111	
<u>11001000 00010111 00011001 00000000</u> hasta <u>11001000 00010111 00011111 11111111</u>	2
En otro caso	3

*Regla de coincidencia del prefijo más largo*

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

- Regla de coincidencia del prefijo más largo

Prefijo	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
<hr/> En otro caso	3

# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

- Regla de coincidencia del prefijo más largo

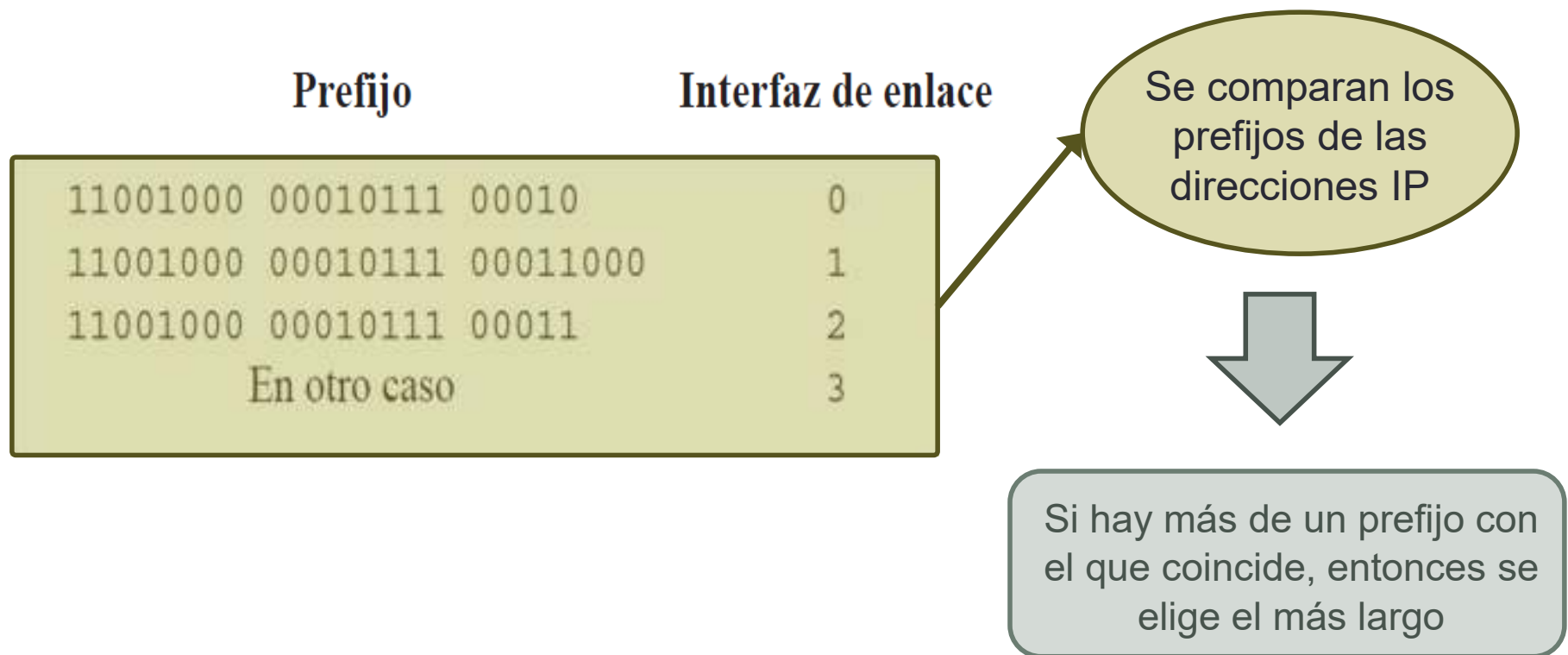
Prefijo	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
En otro caso	3

Se comparan los prefijos de las direcciones IP

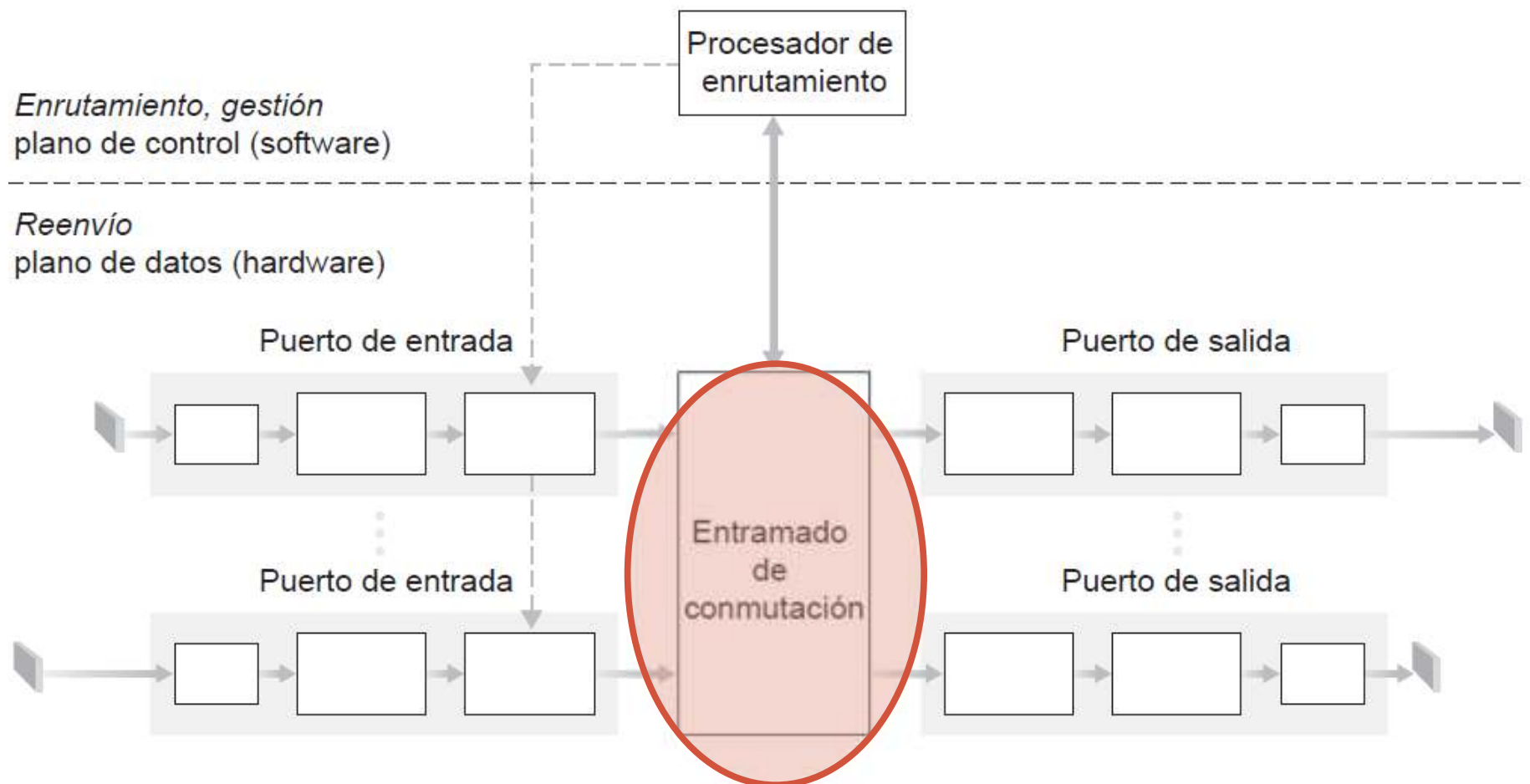
# Puerto de entrada – Tabla de Reenvío

## ❑ Reenvío basado en el destino:

- Regla de coincidencia del prefijo más largo



# Routers: Entramado de Conmutación



# Routers: Enrutamiento de Conmutación

## □ La conmutación puede llevarse a cabo:

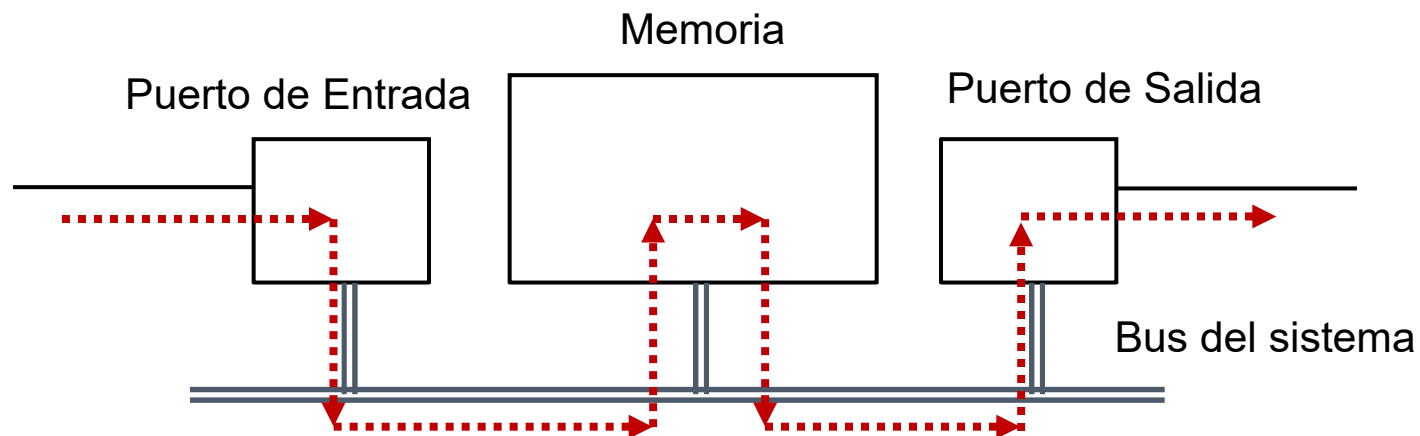
- Conmutación vía memoria
- Conmutación vía bus
- Conmutación vía una red de interconexión



# Routers: Entramado de Conmutación


## ❑ Conmutación vía memoria

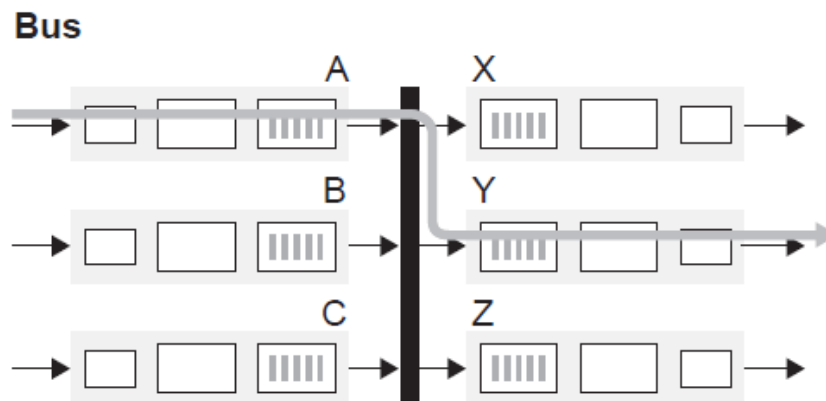
- Computador tradicional ➡ control directo de la CPU (procesador de enrutamiento).
- Paquetes son copiados a la memoria del sistema
- Rapidez limitada por la mitad ancho de banda de la memoria



# Routers: Enrutamiento de Conmutación

## ❑ Conmutación vía bus

- El puerto de entrada transfiere directamente los datagramas a la memoria del puerto de salida.
- Todos los puertos de salida reciben  sólo uno lo conserva
- Solo se transmite un paquete por vez.
- El ancho de banda de conmutación del router está limitado por ancho de banda del bus.
- Bus de 32 Gbps: velocidad suficiente para LAN y empresariales pequeñas.

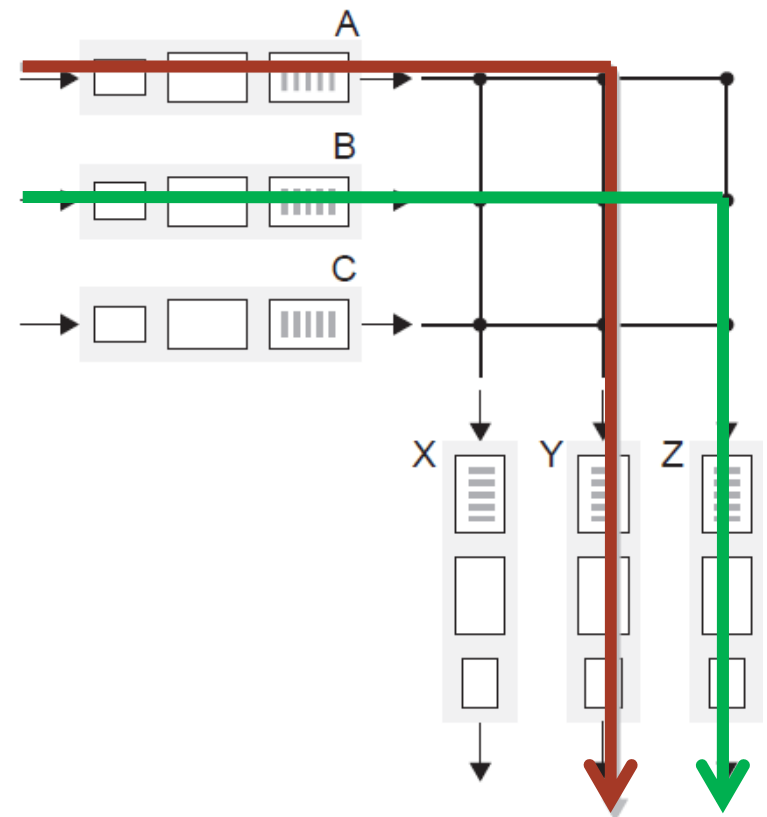


# Routers: Enrutamiento de Conmutación

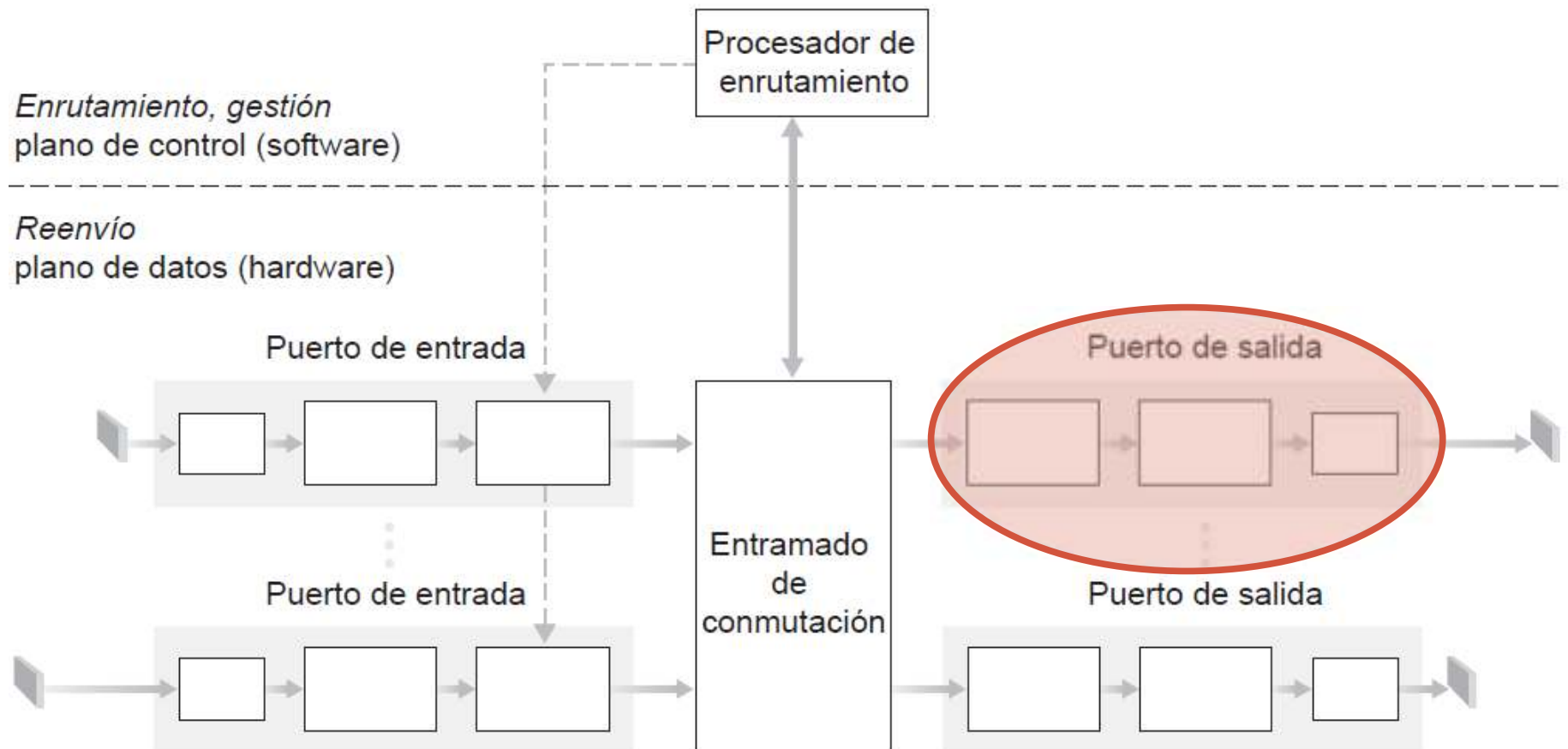
## ❑ Conmutación vía red de interconexión

- Consiste en  $2N$  buses que conectan  $N$  puertos de entrada con  $N$  puertos de salida.
- Diseño avanzado ➡ fragmentación

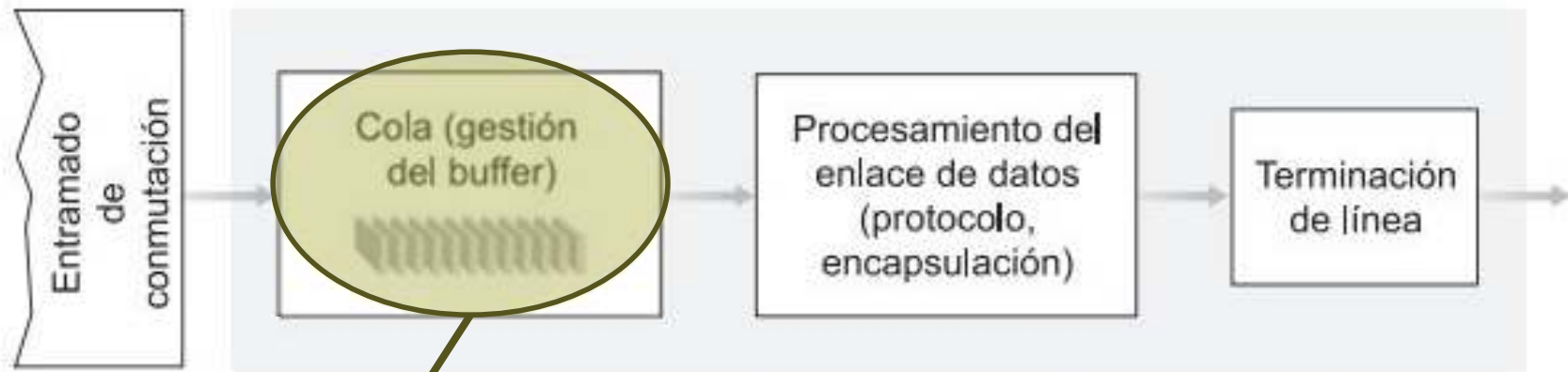
Conmutación de malla



# Routers: Puerto de salida

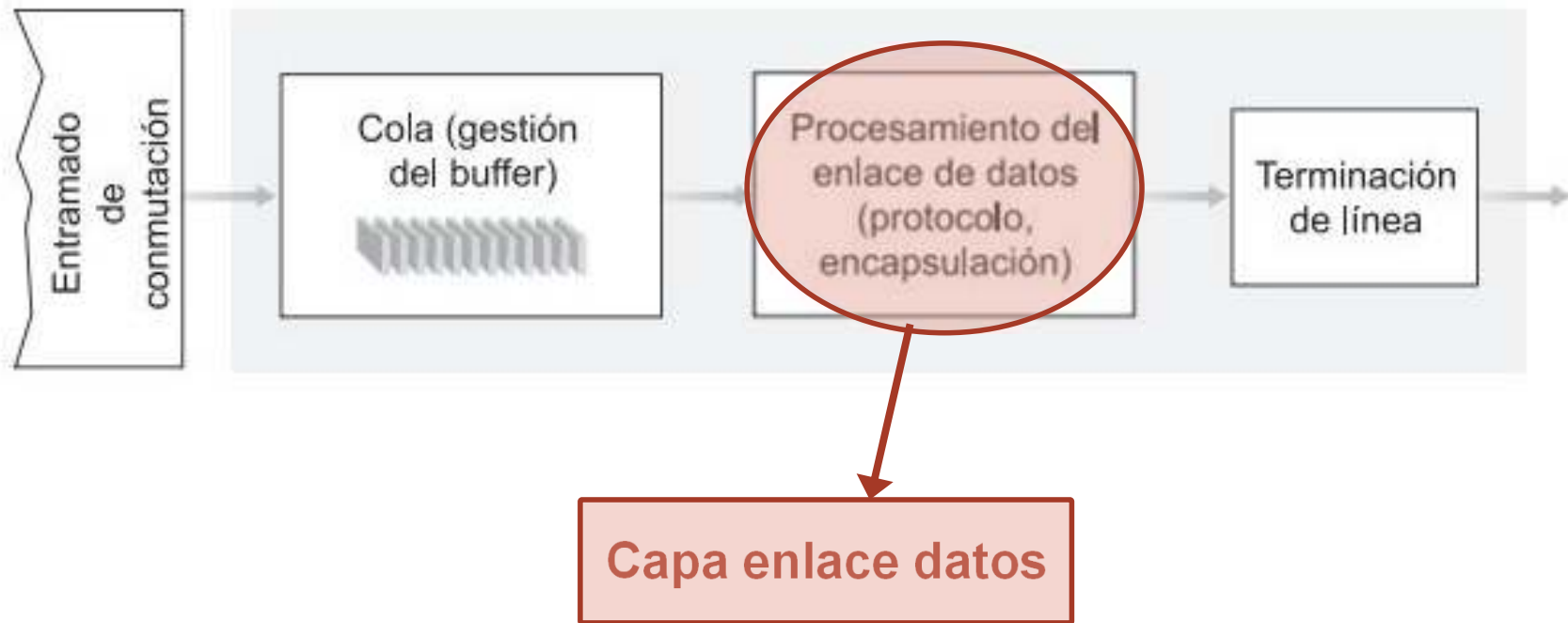


# Routers: Puerto de salida

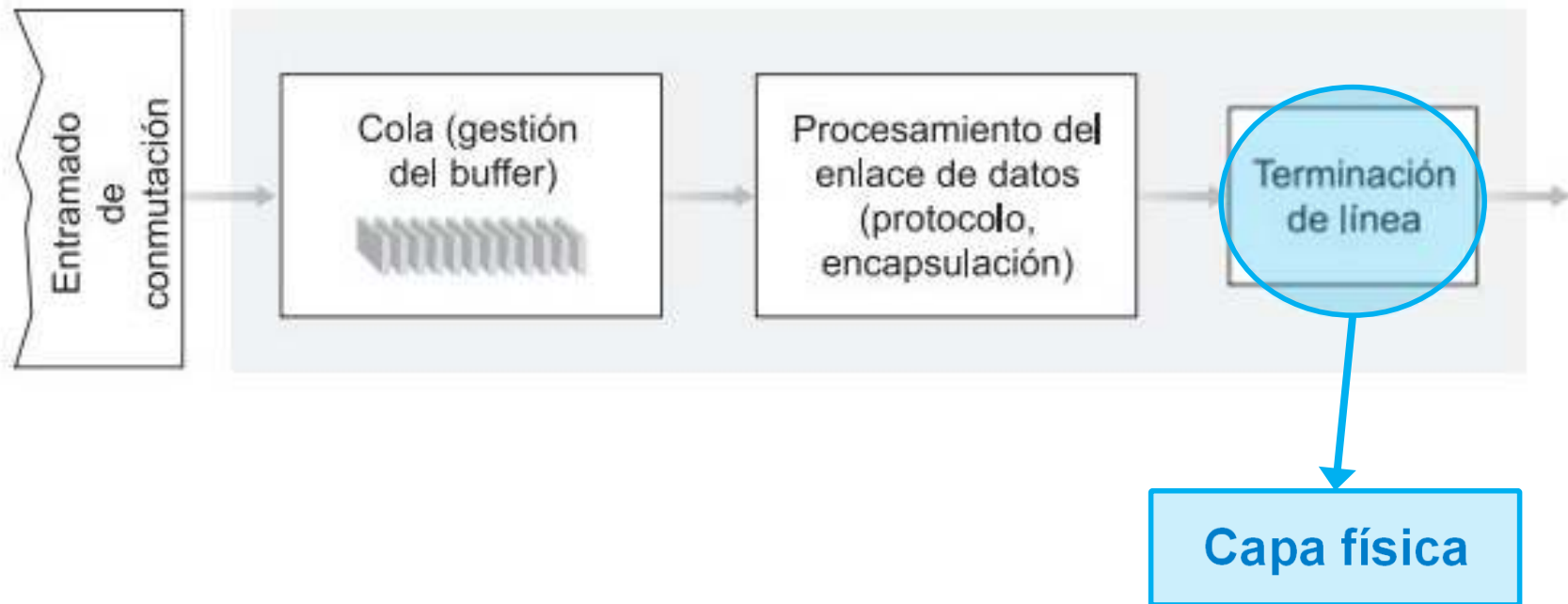


Memoria del puerto de salida

# Routers: Puerto de salida



# Routers: Puerto de salida



¿Dónde se crean las colas?

En los puertos de entrada

En los puertos de salida

¿De qué dependen?

Velocidad del Enramado  
de Conmutación

Naturaleza del Tráfico

Velocidad de los enlaces

*A medida que las  
colas crecen*

Se agota el espacio  
en los buffers

Se pierden paquetes



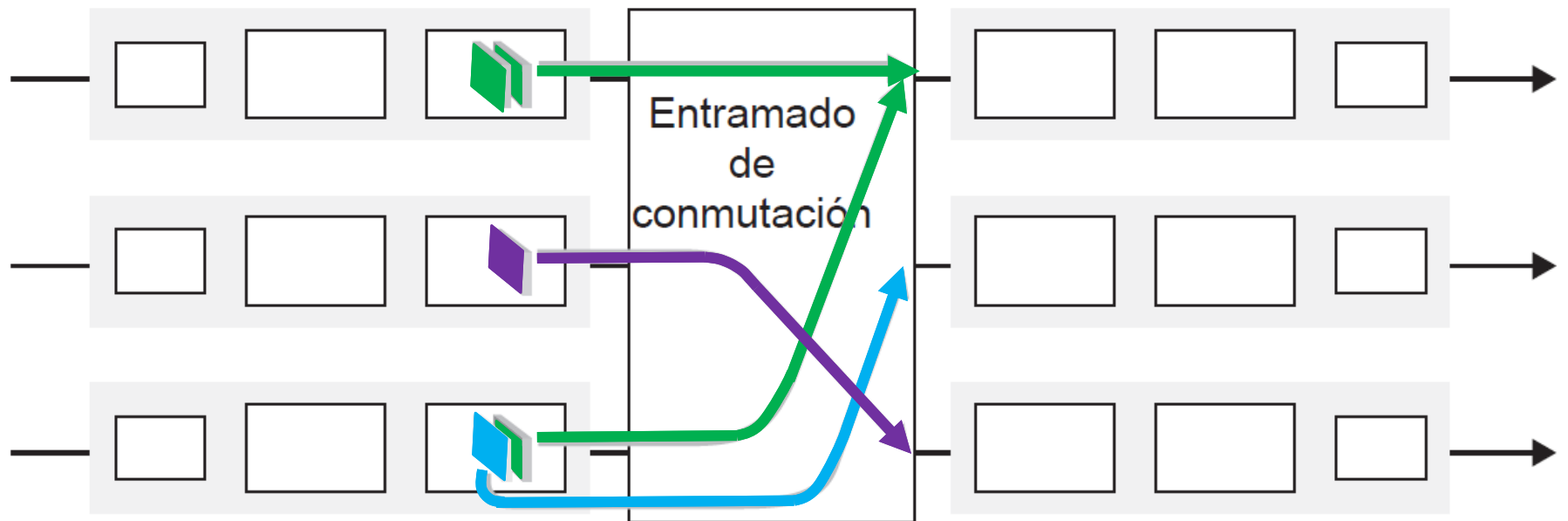
## Colas en el Puerto de Entrada



- Redes de interconexión más lentas que ***n veces*** la velocidad de la ***línea de entrada***
- Contención por puerto de salida ocupado
- Bloqueo de inicio de cola (HOL)
- Pérdidas debido a rebalse de buffer de entrada!

## Colas en el Puerto de Entrada

Bloqueo HOL



## Colas en el Puerto de Salida

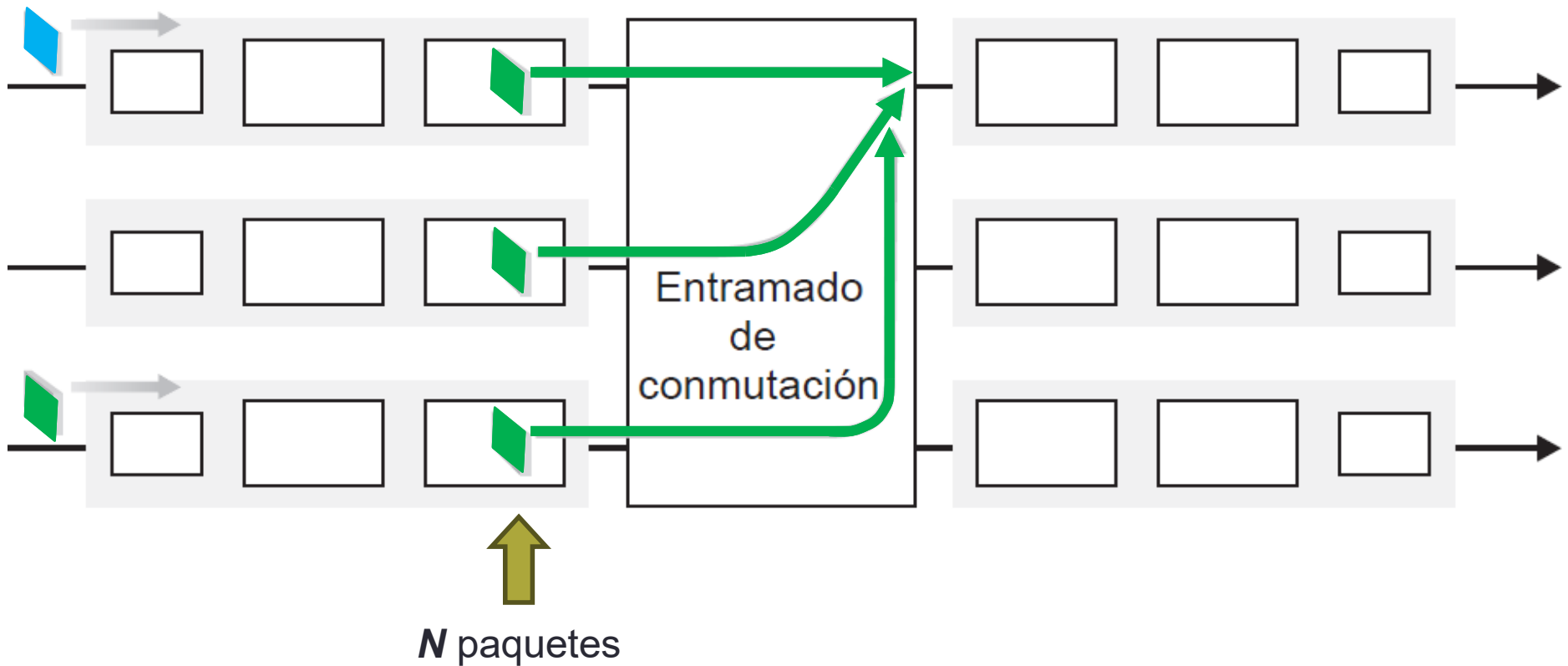


- Cuando la tasa de llegada del entamado de conmutación excede la velocidad del ***puerto de salida***
- Cuando paquetes entrantes por diferentes puertos de entrada están destinados al mismo ***puerto de salida***
- Pérdidas debido a rebalse de buffer de salida!

## Colas en el Puerto de Salida

$$R_{switch} = N \cdot R_{salida}$$

Contención del puerto de salida en el instante  $t$



## Colas en el Puerto de Salida

$$R_{switch} = N \cdot R_{salida}$$

$N-1$  paquetes en cola

Un paquete más tarde

