

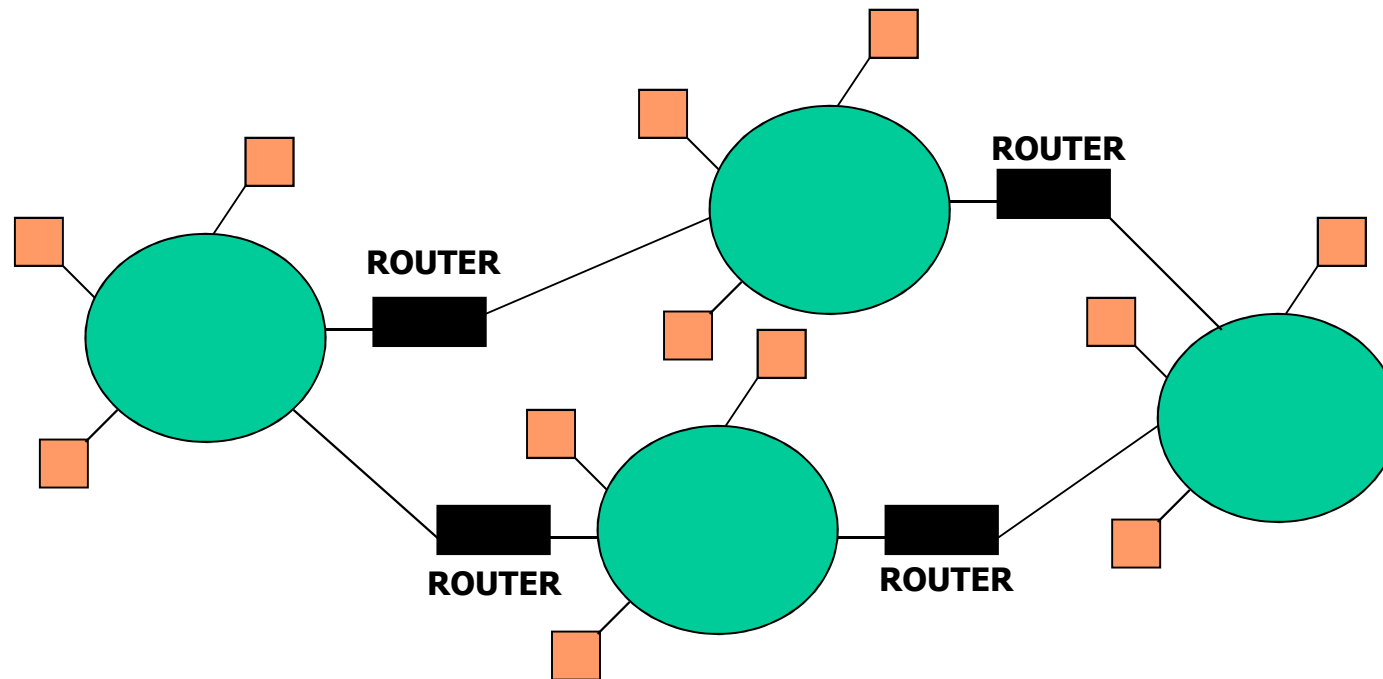
# **TEMA 5**

## **NIVEL DE RED**

## 5.1 Funcionalidades

### Objetivos de la capa de red

**Encaminamiento:** Procedimiento por el que un paquete de información puede ser intercambiado entre cualquier par de equipos en una red de comunicaciones.



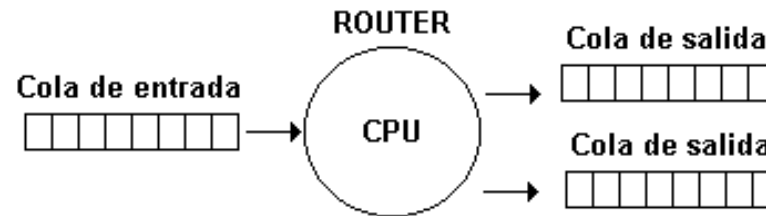
La arquitectura TCP/IP define un funcionamiento de red de datagramas en su capa de red:

Cada paquete de información incorpora dirección origen y dirección destino

En cada router se decide cuál es el siguiente salto que ha de realizar cada paquete.

## 5.1 Funcionalidades

### Arquitectura de un router en una red TCP/IP



#### Funcionalidades básicas:

- Encaminamiento

- Gestión del flujo de información:

Vt=64 Kbps

{ Web 32 Kbps  
Correo 16 Kbps  
Otros 16 Kbps

- Seguridad:

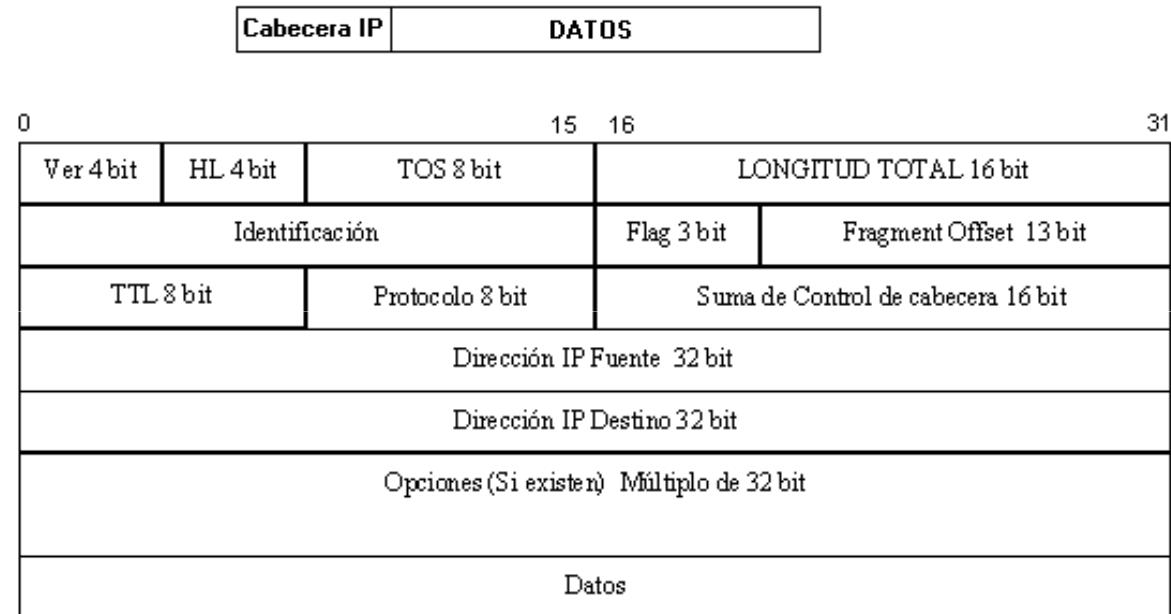
{ Firewall (cortafuegos): acceso limitado

{ Encriptación de datos: Protocolo IPSEC

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

- Define un sistema de numeración para identificar máquinas en una red formada por la interconexión de diferentes segmentos físicos.
- Define un formato de paquete de nivel de red (interred) para el control del encaminamiento (cabecera IP)



- Define el mecanismo de encaminamiento de los paquetes en los routers.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

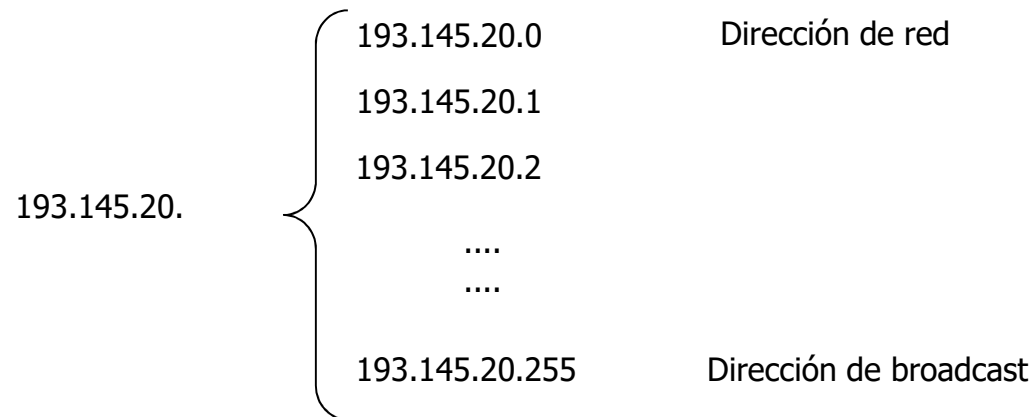
#### Direccionamiento IP

Dirección IP 193.145.20.23

¿ Identificador de red ?  Máscara de red de una red IP

Valor de 32 bits (X.X.X.X)  11111111..1000000000000000

Máscara de red = 255.255.255.0  193.145.20.23 pertenece a la red 193.145.20.



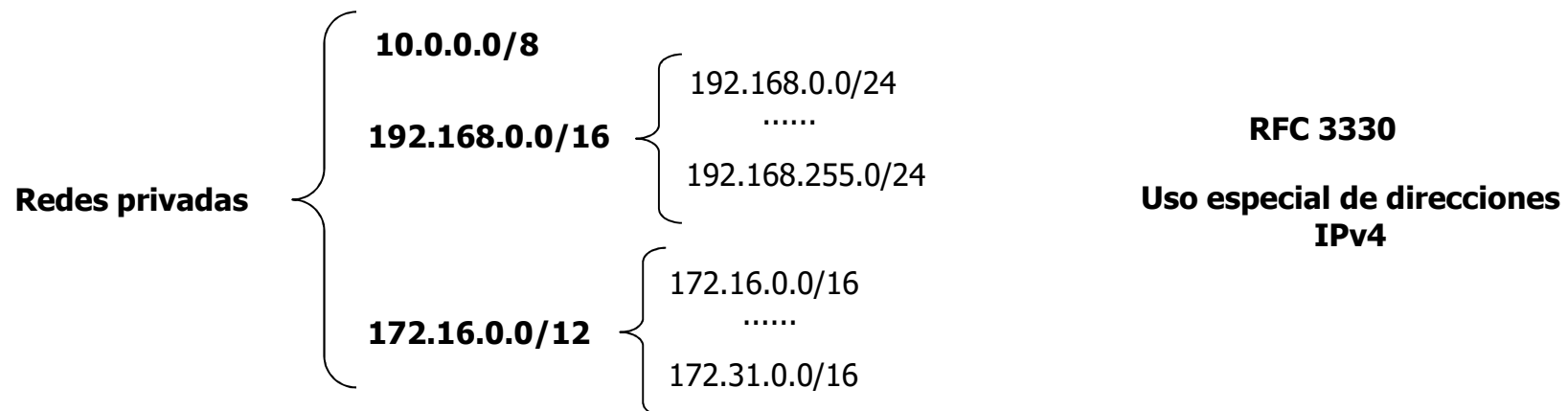
## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.1 Protocolo IP. RFC 791

#### Direccionamiento IP

Clase	7bit	24bit	
A	0	Red	Máquina
			0.0.0.0 127.255.255.255
B	1 0	14bit Red	16bit Máquina
			128.0.0.0 191.255.255.255
C	1 1 0	21bit Red	8bit Máquina
			192.0.0.0 223.255.255.255
D	1 1 1 0	28bit Multicast	
			224.0.0.0 239.255.255.255
E	1 1 1 1 0	27bit Futuras Ampliaciones	
			240.0.0.0 247.255.255.255

Clases de direcciones IP



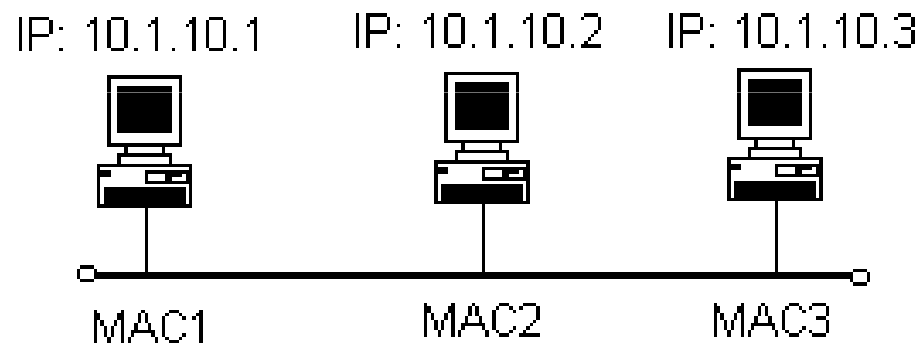
## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

#### Redes de difusión

Todas las estaciones que comparten un mismo medio físico en una red de difusión tienen que tener asignada la misma dirección de red IP.

La elección de la clase se determina dependiendo del número de máquinas en el segmento, siendo en general suficiente con redes de la clase C (hasta 254 máquinas).



**Red 10.1.10.0/24**

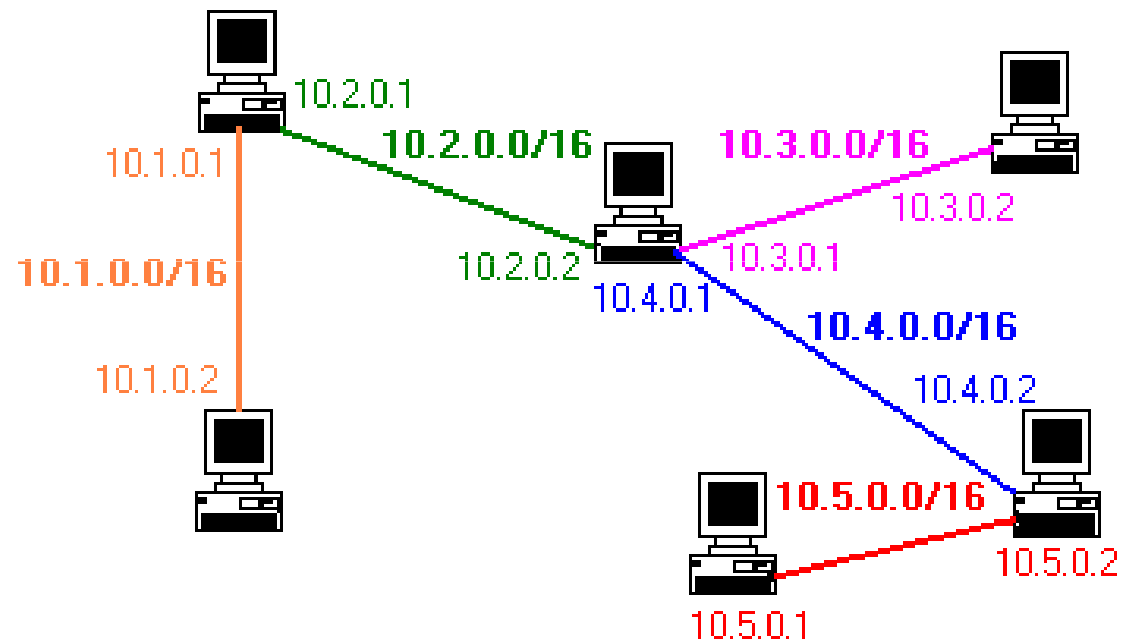
## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

#### Redes punto a punto

Las estaciones en los extremos de una red punto a punto tienen que tener asignada la misma dirección de red IP.

Por cada enlace punto a punto se especifica una dirección de red IP.



**ii DESAPROVECHAMIENTO DE LAS DIRECCIONES IP !!**

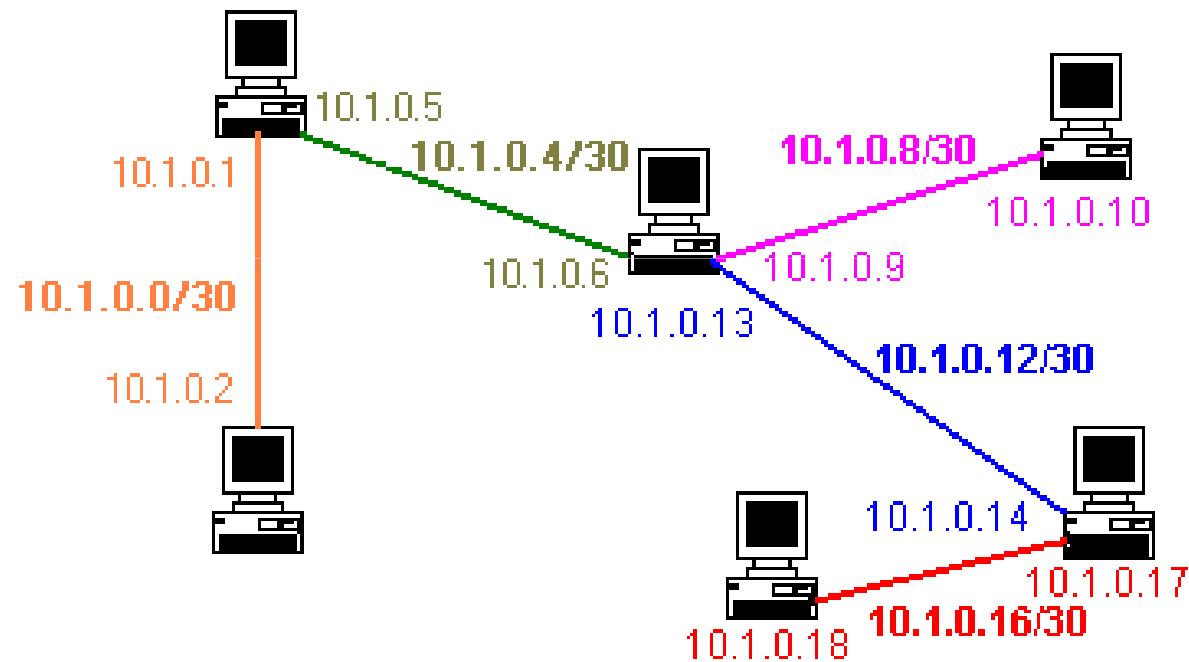


## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

#### Redes punto a punto

Para evitar la reserva innecesaria de direcciones IP, la máscara de red en una línea punto a punto se escoge para reservar el número de direcciones IP necesarias: 2 direcciones para máquinas, 1 para red y 1 para difusión.



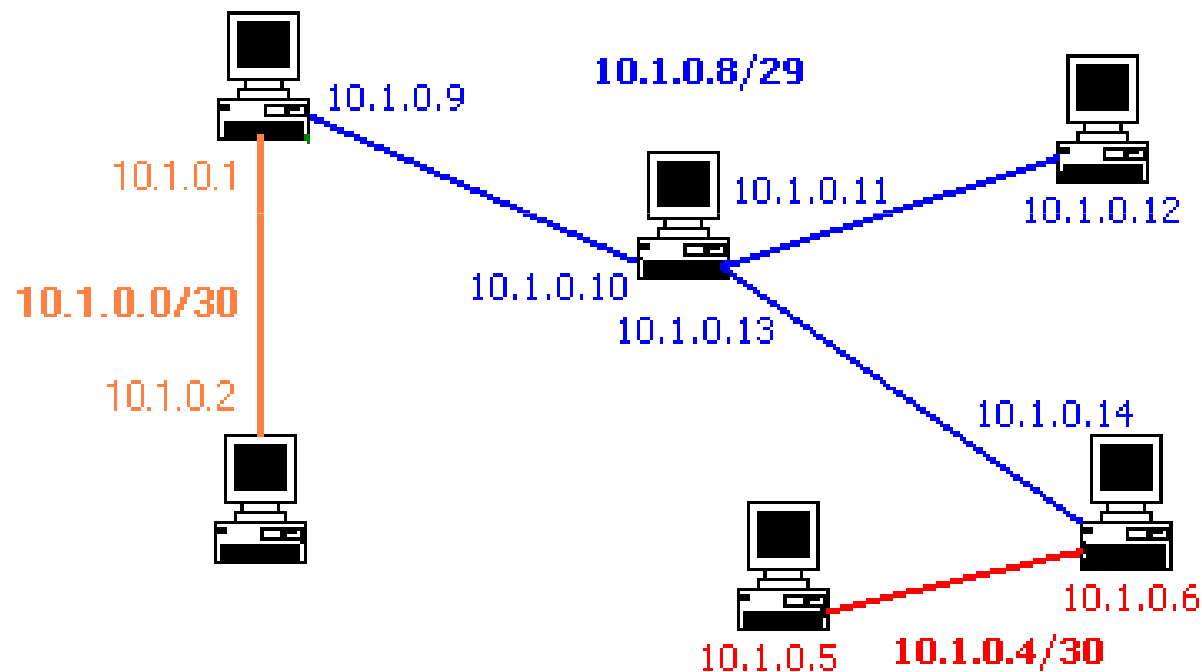
## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.2 Direccionamiento de redes con el protocolo IP

#### Redes punto a punto

En el caso de enlaces multipunto a punto, es posible reducir la reserva de direcciones IP debido a las direcciones de red y difusión de cada enlace punto a punto.

Para ello se agruparán en una sola red IP todos los enlaces punto a punto que parten de un mismo router, consiguiendo un ahorro adicional en el número de direcciones IP reservadas.



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Dispositivos que precisan tablas de encaminamiento



##### **Estación, PC, host de la red**

Precisa de una tabla de encaminamiento sencilla: una entrada para la red a la que pertenece y otra para la puerta de enlace por defecto.



##### **Router, encaminador de la red**

Precisa de una tabla de encaminamiento compleja: necesita entradas en la tabla de encaminamiento para cada red que conoce y una para la puerta de enlace por defecto

#### Formato de una tabla de rutas o tabla de encaminamiento

Una tabla de encaminamiento consta de una fila (entrada) por cada red IP que conoce el router.

Se distinguen 3 tipos de entrada:

Entradas asociadas a redes conectadas directamente (la puerta de enlace es una dirección IP del router).

Entradas asociadas a redes alcanzables (la puerta de enlace es la dirección IP de un router).

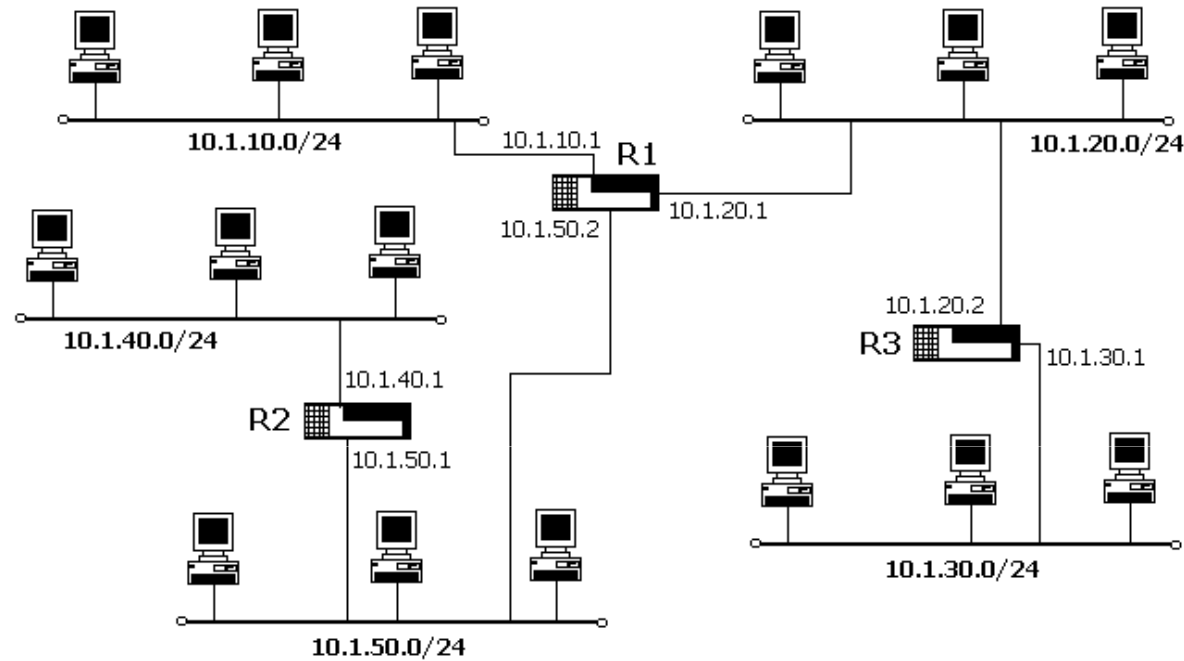
Entrada de la puerta de enlace por defecto (la puerta de enlace es la dirección IP de un router).

Destino	Máscara de red	Puerta de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.2.10.0	255.255.255.0	10.1.10.3
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.10.4

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Tablas de encaminamiento en redes de difusión



**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.20.1

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Tablas de encaminamiento en redes de difusión

##### Reducción del tamaño de las tablas de rutas

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.20.1

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.0	10.1.50.1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.50.2

**R3**

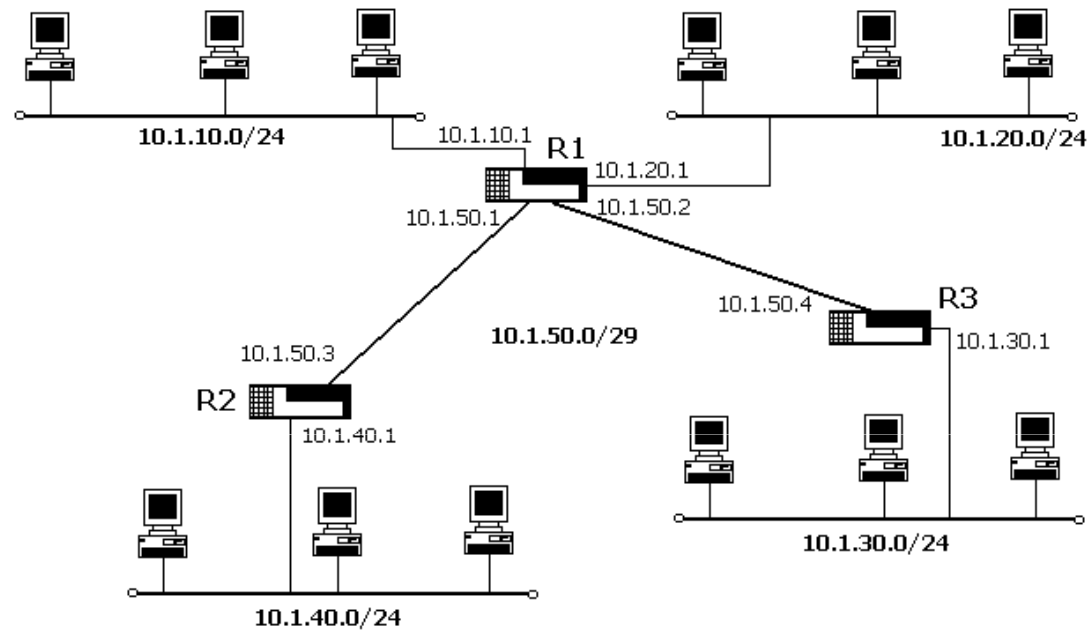
Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.2
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.20.1

**La reducción del número de entradas en la tabla de rutas permite un encaminamiento más rápido**

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Tablas de encaminamiento en redes punto a punto



**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.3	255.255.255.255	10.1.50.1
10.1.50.4	255.255.255.255	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.3
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.4

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.248	10.1.50.3
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.50.0	255.255.255.248	10.1.50.4
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.2

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Tablas de encaminamiento en redes punto a punto

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.3	255.255.255.255	10.1.50.1
10.1.50.4	255.255.255.255	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.3
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.4

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.0	255.255.255.248	10.1.50.3
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.50.0	255.255.255.248	10.1.50.4
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R1**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.10.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.20.1
10.1.50.3	255.255.255.255	10.1.50.1
10.1.50.4	255.255.255.255	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.3
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.4

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.1	255.255.255.255	10.1.50.3
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.1
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.50.1

**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.50.2	255.255.255.255	10.1.50.4
10.1.10.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.20.0	255.255.255.0	10.1.50.2
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.50.2

**R2**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.40.0	255.255.255.0	10.1.40.1
10.1.50.1	255.255.255.255	10.1.50.3
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.50.1

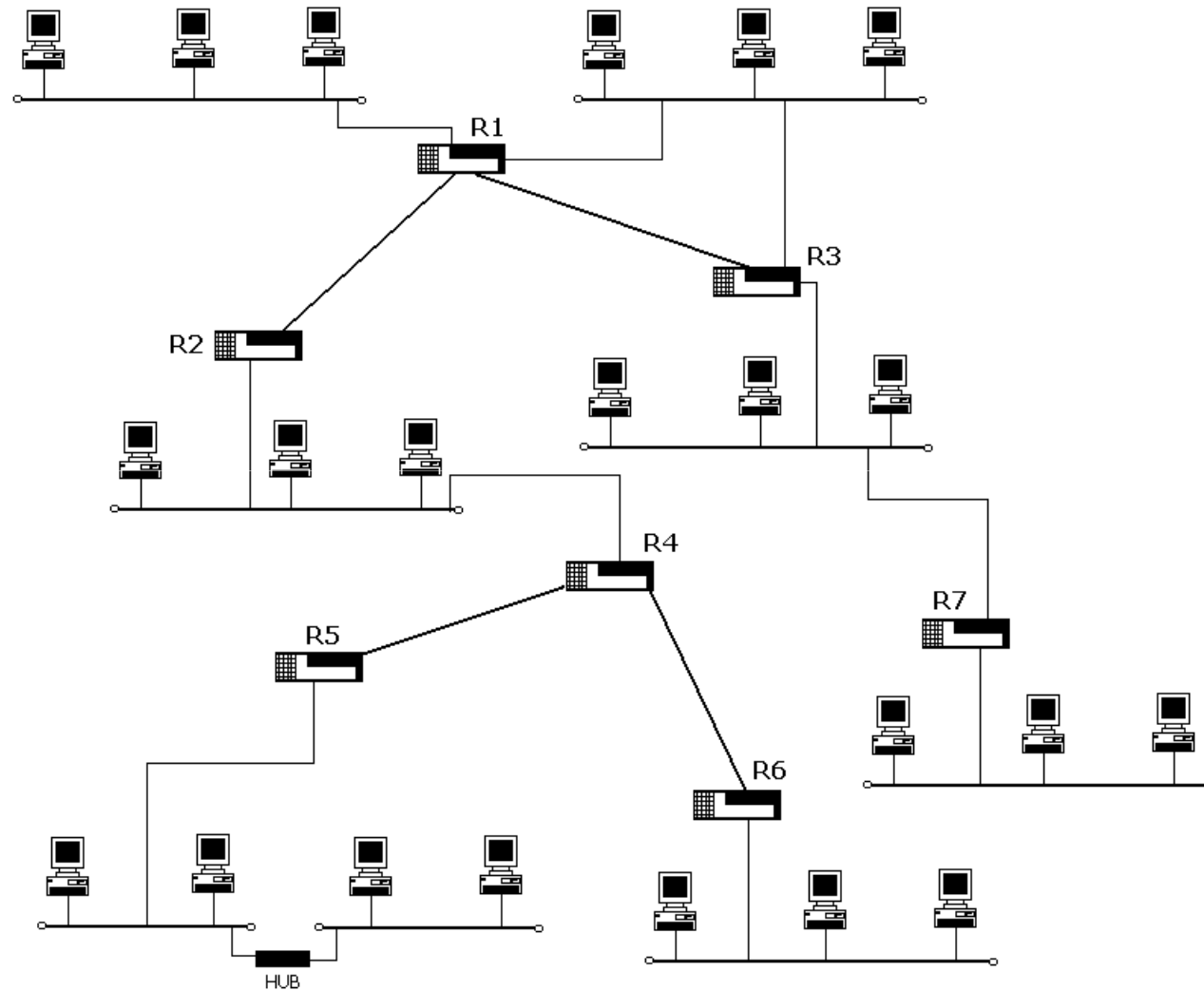
**R3**

Destino	Máscara	p. de enlace
10.1.30.0	255.255.255.0	10.1.30.1
10.1.50.2	255.255.255.255	10.1.50.4
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.50.2

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.3 Tablas de encaminamiento

#### Ejercicio propuesto

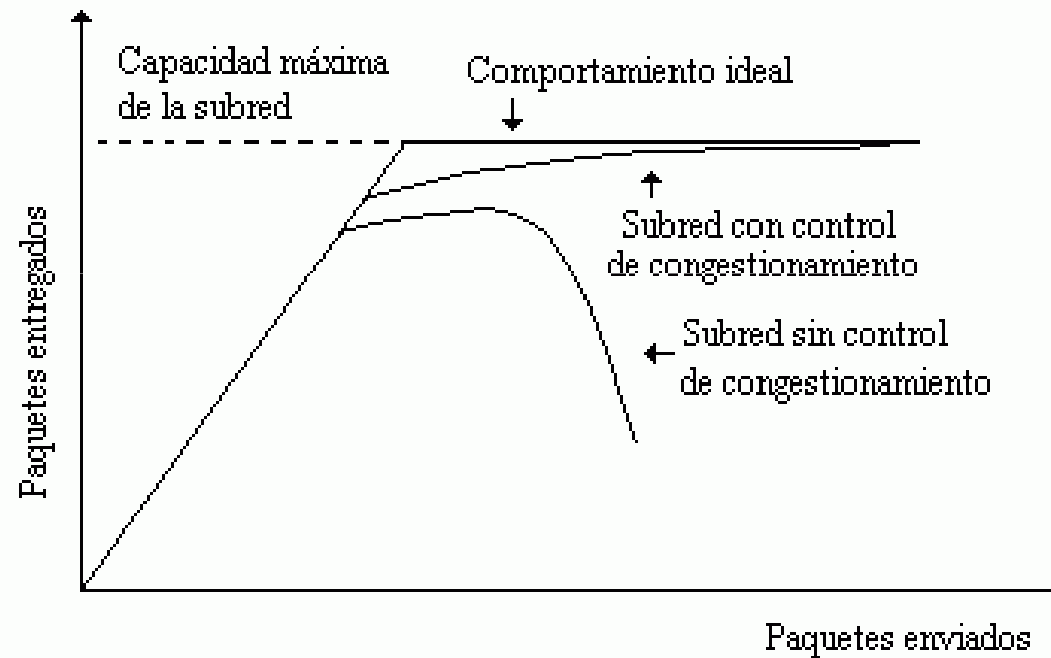




## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

Una red de conmutación de paquetes presenta **congestión** si al aumentar el flujo de paquetes de entrada a la red (número de paquetes por segundo que entran en la red), disminuye el flujo de paquetes de salida (número de paquetes por segundo que salen de la red).



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

La congestión se produce debido a que los routers de la red son incapaces de realizar el encaminamiento de los paquetes que reciben en un tiempo adecuado, debido a que les llegan demasiado rápido. Esto provoca un aumento en las colas de entrada de paquetes en los routers, lo que a su vez implica una mayor ralentización en el proceso de encaminamiento.

Si el congestionamiento no se detecta a tiempo en la red y no se toman medidas de corrección, la red se bloqueará quedando inutilizada para el intercambio de información.

#### Causas del congestionamiento

**Routers con insuficiente capacidad de proceso.** Será necesario aumentar la capacidad de los encaminadores de la red si va a aumentar el flujo de paquetes que circulará en la red.

**Fragmentación de la información con el protocolo IP.** Si la información a intercambiar es fragmentada por el protocolo IP en gran medida (MTU pequeño en la red), los routers precisan más tiempo para encaminar la misma información que con un MTU más grande, ya que tienen que analizar más cabeceras IP.

#### Detección del congestionamiento

**Routers con insuficiente capacidad de proceso.** Es necesario monitorizar cuál es el porcentaje de uso de la CPU de los routers. Si el valor de utilización es superior al 60-70%, se hace necesario emplear un router con mayores prestaciones (procesador de gama más alta).

**Fragmentación de la información con el protocolo IP.** Es necesario verificar que los MTU de la red están elegidos adecuadamente y que la fragmentación se evita con mecanismos como la norma RFC 1191. Detectando la presencia de mensajes ICMP Source Quench o Fragment Reassembly Time Exceeded se conoce si la fragmentación está provocando un efecto nocivo en la red.

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.4 Congestionamiento en redes IP

#### Corrección del congestionamiento

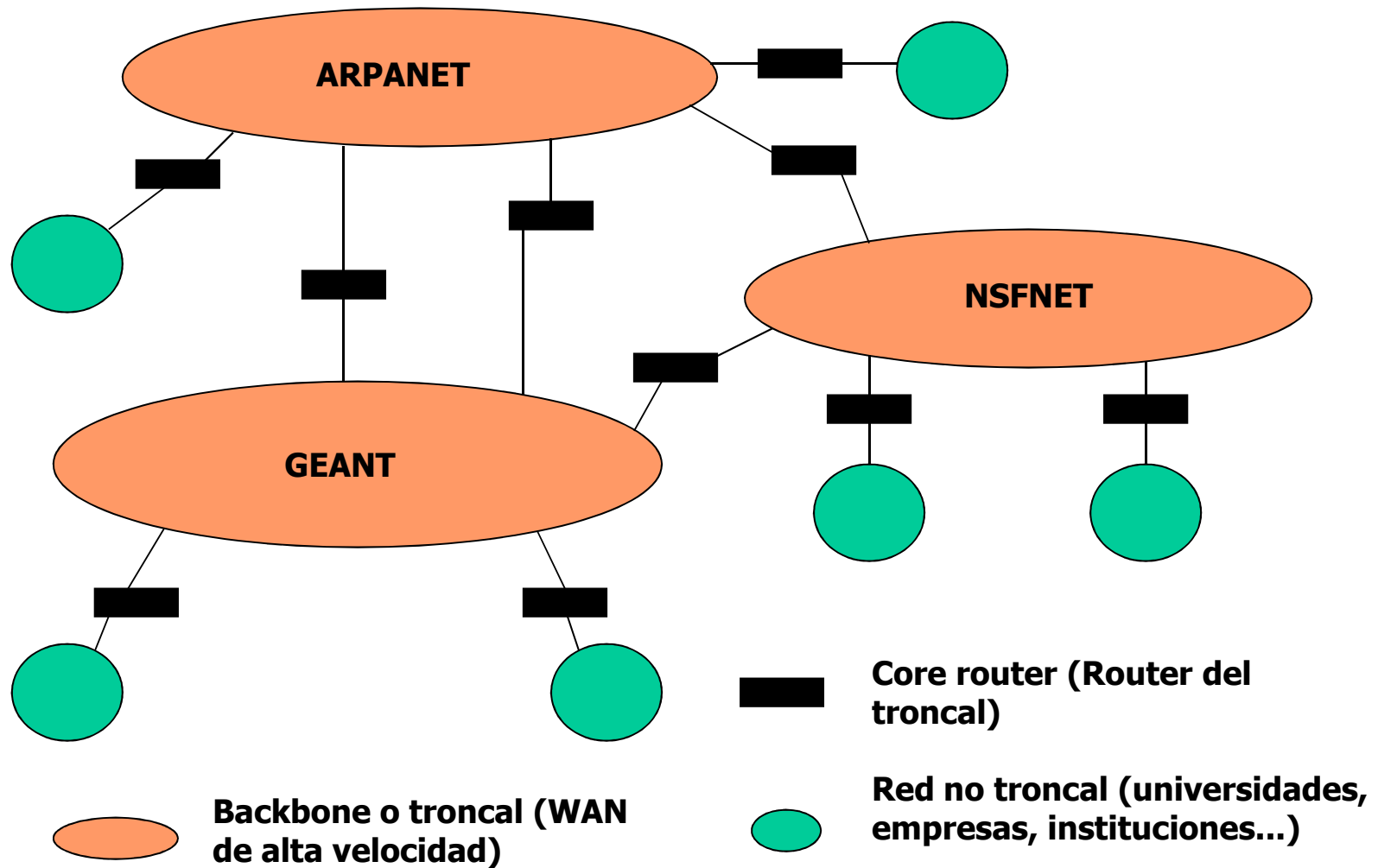
Si en una red se detecta una situación de congestionamiento, hay una única solución para que la red no quede bloqueada: **reducir el flujo de entrada de paquetes a la red.**

Esta estrategia es empleada por el protocolo TCP, que permite el envío de un número máximo de paquetes sin esperar a recibir la confirmación de que han llegado correctamente al destinatario. En el caso de que los ACKs no lleguen (retardo elevado en la red por congestión), el protocolo TCP es capaz de reducir su flujo de transmisión.

En la redes IP existen muchos flujos de datos que no emplean TCP y consumen grandes recursos en la red: comunicaciones VPN (*Virtual Private Network*), flujos UDP tiempo real, etc. Esto supone que el control de la congestión es una tarea que deben realizar los routers de Internet (como así hacen) realizando un encaminamiento lo más adecuado posible (ralentizar flujos no sensibles al retardo, priorizar flujos sensibles al retardo).

## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales



## 5.1 Funcionalidades

### 5.1.5 Estructura de Internet en Backbones o Troncales

#### Características de los core routers (routers del troncal)

##### **Conocimiento de todos los destinos de Internet**

Tablas de encaminamiento grandes y complejas.

Alteraciones en la topología provocan cambios en todas las tablas de los core routers (añadir una nueva red).

##### **Simplificación de las tablas de rutas**

Conocimiento parcial de la red con rutas por defecto. Provocan inconsistencias (destinos inexistentes) y rutas no óptimas.

Conocimiento parcial de la red con un "super core router" con todo el conocimiento de la estructura de Internet. Irrealizable: no existe una máquina que pueda encaminar todos los paquetes de Internet y un fallo en ese nodo provocaría falta de conectividad.

##### **Gestión de las tablas de encaminamiento**

Sistema manual: los operadores actualizan las tablas ante fallos y cambios en la topología. Sólo apto en redes pequeñas y poco dinámicas.

Sistema automático: algoritmos de intercambio de información de encaminamiento entre los routers para actualizar y optimizar las tablas de encaminamiento. Empleado en Internet y redes LAN/WAN grandes.