

# Nivel de Red



Protocolos de comunicación  
IP

# Sumario

---

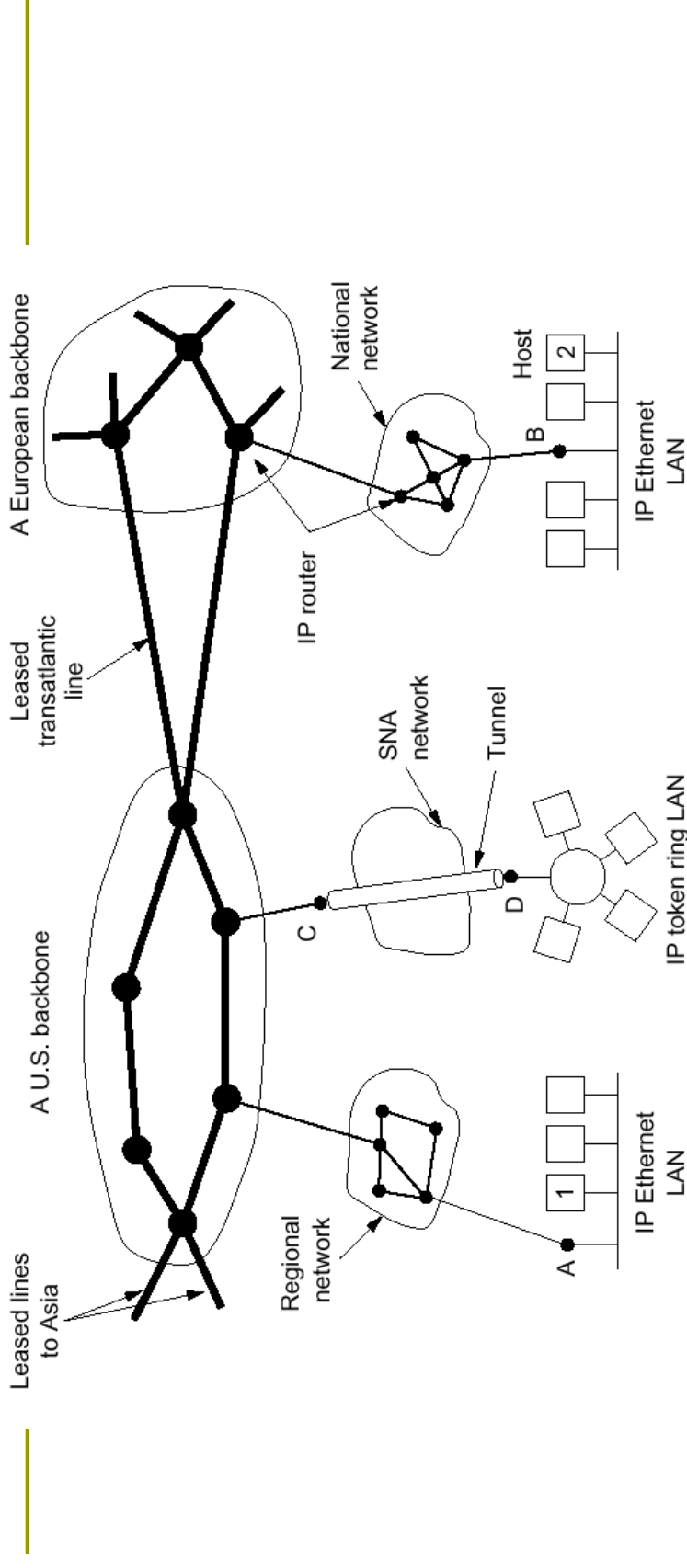
- ❑ **Generalidades**
- ❑ El Datagrama IP. Estructura de la cabecera
- ❑ Direcciones de red. Enrutamiento básico
- ❑ Subredes y máscaras. CIDR
- ❑ Protocolos de control y resolución de direcciones
- ❑ Fragmentación
- ❑ Protocolos de routing
- ❑ Protocolo IPv6

# Nivel de red en Internet

---

- El Nivel de Red en Internet está formado por el protocolo IP y por una serie de protocolos auxiliares:
  - Protocolos de control, envían mensajes cuando se producen situaciones inusuales: ICMP e IGMP
  - Protocolos de resolución de direcciones, traducen direcciones de red en direcciones de enlace: ARP, RARP, BOOTP y DHCP
  - Protocolos de routing, intercambian la información necesaria para calcular las rutas óptimas: RIP, OSPF, IS-IS, IGRP/EIGRP, BGP, etc.
- Todos los protocolos auxiliares, excepto ARP y RARP, hacen uso de datagramas IP para transmitir la información.

# Internet es un conjunto de redes interconectadas



- A nivel físico y de enlace son redes muy diversas
- La organización administrativa también cambia mucho de unas a otras
- Pero el protocolo IP, común a todas ellas, es el ‘pegamento’ que las mantiene unidas

# Principios de diseño de Internet (según Tanenbaum)

---

1. Asegúrate de que funciona.
2. Manténlo tan simple como sea posible.
3. Cuando tomes decisiones haz elecciones claras.
4. Aprovecha la modularidad.
5. Ten en cuenta la heterogeneidad.
6. Evita opciones y parámetros estáticos.
7. Busca un buen diseño (no necesita ser perfecto).
8. Piensa en la escalabilidad.
9. **Sé estricto al enviar y tolerante al recibir**

# Sumario

---

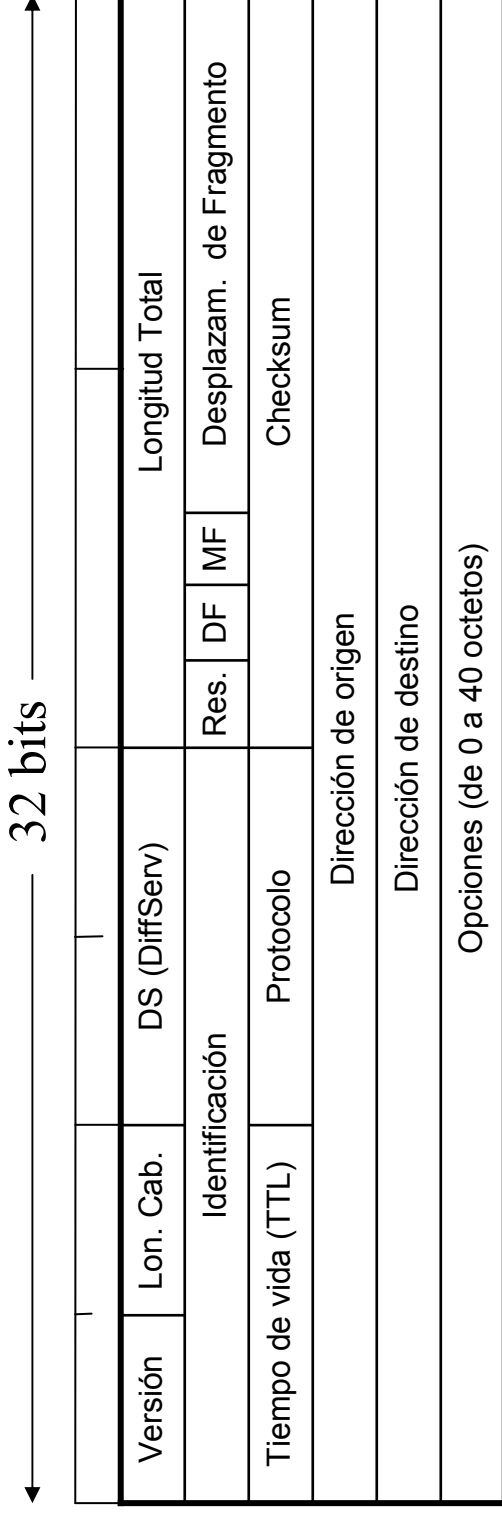
- Generalidades
- **El Datagrama IP. Estructura de la cabecera**
- Direcciones de red. Enrutamiento básico
- Subredes y máscaras. CIDR
- Protocolos de control y resolución de direcciones
- Fragmentación
- Protocolos de routing
- Protocolo IPv6

# Versiones de IP

---

- ▣ Actualmente el 99,9% de la Internet utiliza la versión 4 del protocolo IP (IPv4)
- ▣ El 0,1% restante utiliza la versión 6 (IPv6)
- ▣ No se está utilizando ninguna otra versión del protocolo IP
- ▣ Algún día toda la Internet utilizará IPv6.

# Cabecera de un datagrama IPv4



**Versión:** siempre vale 4

**Longitud Cabecera:** en palabras de 32 bits (rango 5-15)

**DS (Differentiated Services):** Para Calidad de Servicio

**Longitud total:** expresada en octetos, incluye la cabecera (rango 20-65535)

**Campos de Fragmentación:** Identificación, DF, MF, Desplaz. Fragmento

**Tiempo de vida (TTL):** cuenta saltos hacia atrás, se descarta cuando es cero (rango 0-255)

**Protocolo:** indica a que protocolo pertenecen los datos (el contenido del paquete)

**Checksum:** sirve para comprobar la integridad de la cabecera (pero no de los datos)

**Direcciones de origen y destino:** De 32 bits, se mantienen inalteradas durante la vida del paquete

**Opciones:** si las hay su longitud debe ser múltiplo de 4 octetos



# Algunos valores del campo Protocolo

---

Valor	Protocolo	Descripción
1	ICMP	Internet Control Message Protocol
2	IGMP	Internet Group Management Protocol
3	GGP	Gateway-to-Gateway Protocol
4	IP	IP en IP (encapsulado)
5	ST	Stream
6	TCP	Transmission Control Protocol
8	EGP	Exterior Gateway Protocol
17	UDP	User Datagram Protocol
29	ISO-TP4	ISO Transport Protocol Clase 4
80	CLNP	Connectionless Network Protocol
88	IGRP/EIGRP	Interior Gateway Routing Protocol
89	OSPF	Open Shortest Path First

# Opciones de la cabecera IP

---

Opción	Función	Máx.	Ej. Windows	Ej. Linux
Record route	Va anotando en la cabecera IP las direcciones IP de los routers por donde pasa el datagrama	9	Ping -r	Ping -R
Timestamp	Va anotando la ruta y además pone una marca de tiempo en cada router	4	Ping -s	
Strict source routing	La cabecera contiene las direcciones IP de los routers por los que debe pasar el datagrama. Ha de pasar por esos y solo esos	9	Ping -k	
Loose source routing	La cabecera lleva una lista de routers por los que debe pasar el datagrama, pero puede pasar además por otros	9	Ping -j	

El límite de 9 direcciones lo fija el tamaño máximo del campo opciones. En la opción Timestamp este valor se reduce a 4 porque cada salto anotado ocupa 8 octetos (4 de la dirección y 4 del timestamp)

# Sumario

---

- Generalidades
- El Datagrama IP. Estructura de la cabecera
- **Direcciones de red. Enrutamiento básico**
- Subredes y máscaras. CIDR
- Protocolos de control y resolución de direcciones
- Fragmentación
- Protocolos de routing
- Protocolo IPv6

# Formato y uso de las direcciones IPv4

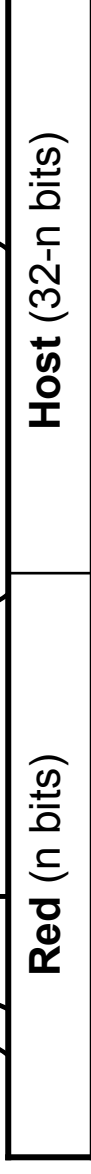
---

- Las direcciones IPv4 están formadas por 4 bytes, que se representan por cuatro números decimales. Ej.: 147.156.135.22

Rango	Uso
0.0.0.0 – 223.255.255.255	Direcciones Unicast
224.0.0.0 – 239.255.255.255	Direcciones multicast (clase D)
240.0.0.0 – 255.255.255.254	Reservado, no se usa (clase E)
255.255.255.255	Dirección broadcast

# Estructura de las direcciones IPv4

- Las direcciones IP tienen dos partes, la parte red (a la izquierda) y la parte host (a la derecha):

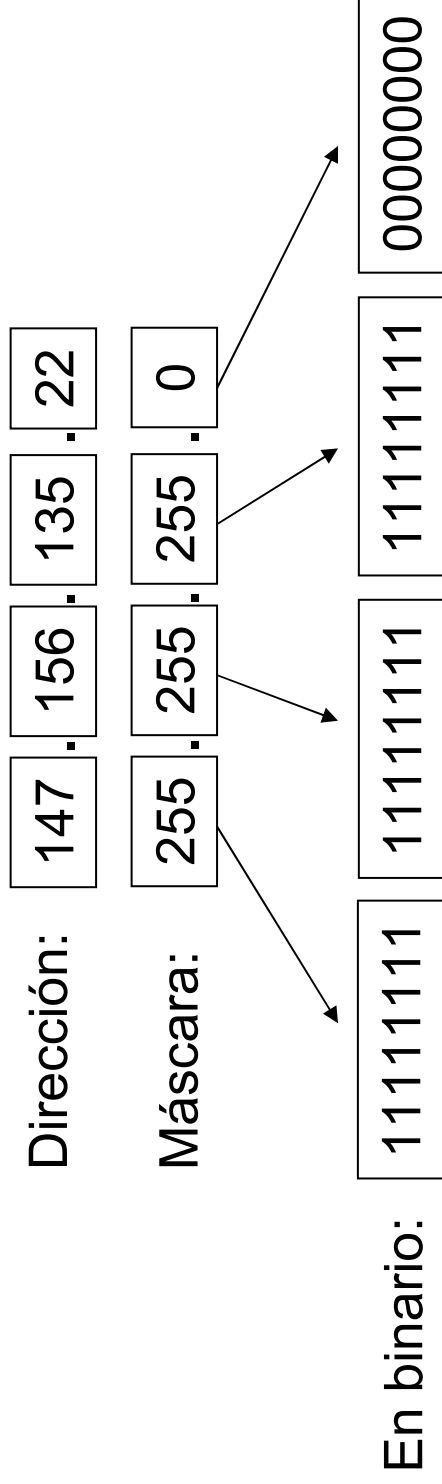


- La longitud de cada parte se indica mediante un parámetro denominado máscara.
- La máscara tiene también una longitud de 32 bits y está formada por un conjunto de unos seguido de un conjunto de ceros. Los unos indican la parte red.
- Como la dirección IP, la máscara también se representa por cuatro números decimales
- La máscara no aparece en los paquetes IP, solo se especifica en las interfaces y las rutas

# Dirección IP y máscara

---

- Cuando asignamos dirección IP a una tarjeta de red le tenemos que indicar la máscara que estamos utilizando. Ejemplo:



Parte red: **147.156.135**    Parte host: **22**

Red con 256 direcciones, desde 147.156.135.0 hasta 147.156.135.255

Parte host a ceros                      Parte host a unos

# Enrutamiento en un host

---

- Por configuración inicial el host sabe:
  - Su dirección IP (ej.: 147.156.135.22). Obligatoria
  - Su máscara (ej.: 255.255.255.0). Obligatoria
  - Su router por defecto (ej.: 147.156.135.1) Puede no estar.
- Cuando el host tiene que enviar un paquete:
  1. Extrae del paquete la dirección de destino
  2. Extrae de la dirección de destino la parte red (aplicándole la máscara)
  3. Compara la parte red de la dirección de destino con la suya propia (la de su interfaz).
  4. a) Si ambas coinciden entonces el destino está en su misma red (normalmente una LAN) y le envía el paquete directamente.  
b) Si no coinciden entonces envía el paquete al router por defecto (**puerta de enlace** en windows, **default gateway** en Linux). El router por defecto se encarga de enviar el paquete a su destino
- El router por defecto siempre debe estar en la misma LAN que el host

# Configuración de red de un ordenador en Windows

```
C:\>ipconfig/all
```

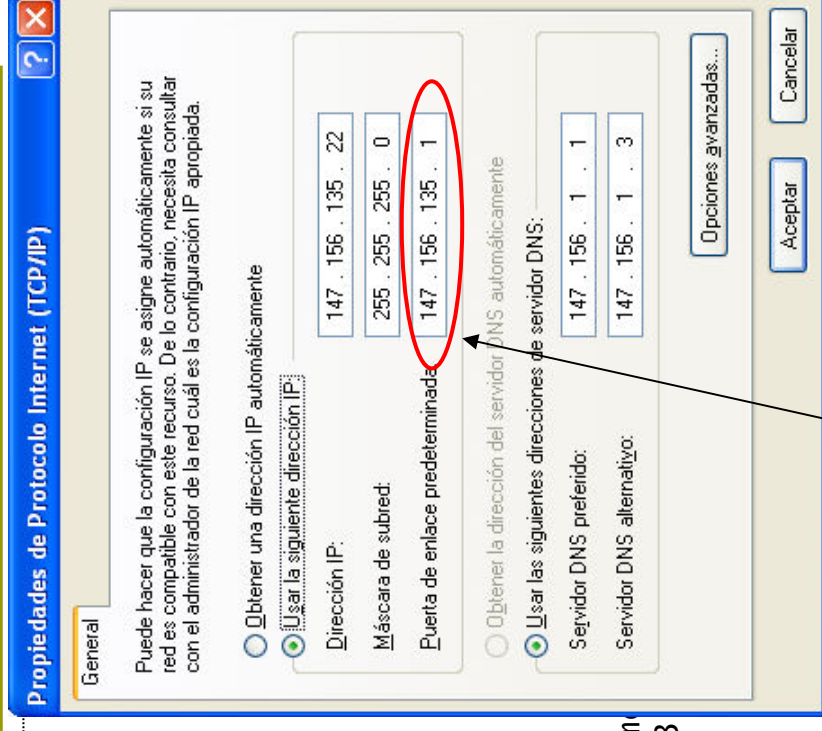
```
Configuración IP de windows
```

```
Nombre del host . . . . . : uveg-97871125e1
Sufijo DNS principal . . . . . :
Tipo de nodo . . . . . : híbrido
Enrutamiento habilitado . . . . . : NO
Proxy WINS habilitado . . . . . : NO
Lista de búsqueda de sufijo DNS: uv.es
```

```
Adaptador Ethernet Conexión de área local 3 :
```

```
Sufijo de conexión específica DNS :
Descripción . . . . . : Broadcom NetXtrem
Dirección física . . . . . : 00-0F-B0-FA-00-63
DHCP habilitado . . . . . : NO
Dirección IP . . . . . : 147.156.135.22
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada : 147.156.135.1
Servidores DNS . . . . . : 147.156.1.1
                          147.156.1.3
```

```
C:\>
```

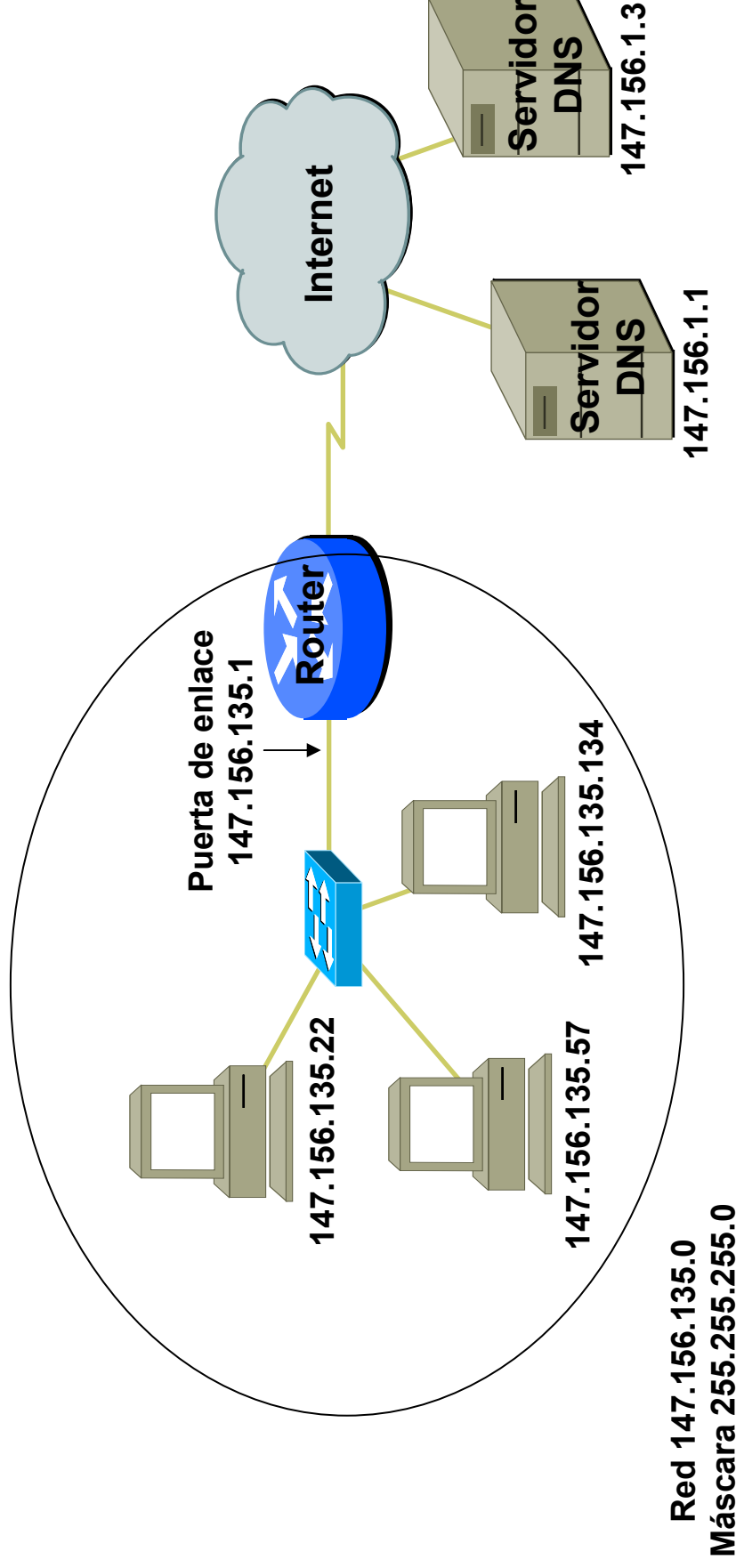


Router por defecto



# La LAN y el resto de la Internet

Desde el punto de vista de un host las direcciones IP se dividen en dos grupos: las que están en su misma red (sus vecinos) y el resto del mundo. Con sulos de su red habla directamente, con los demás lo hace a través de su router ('puerta de enlace' en windows)



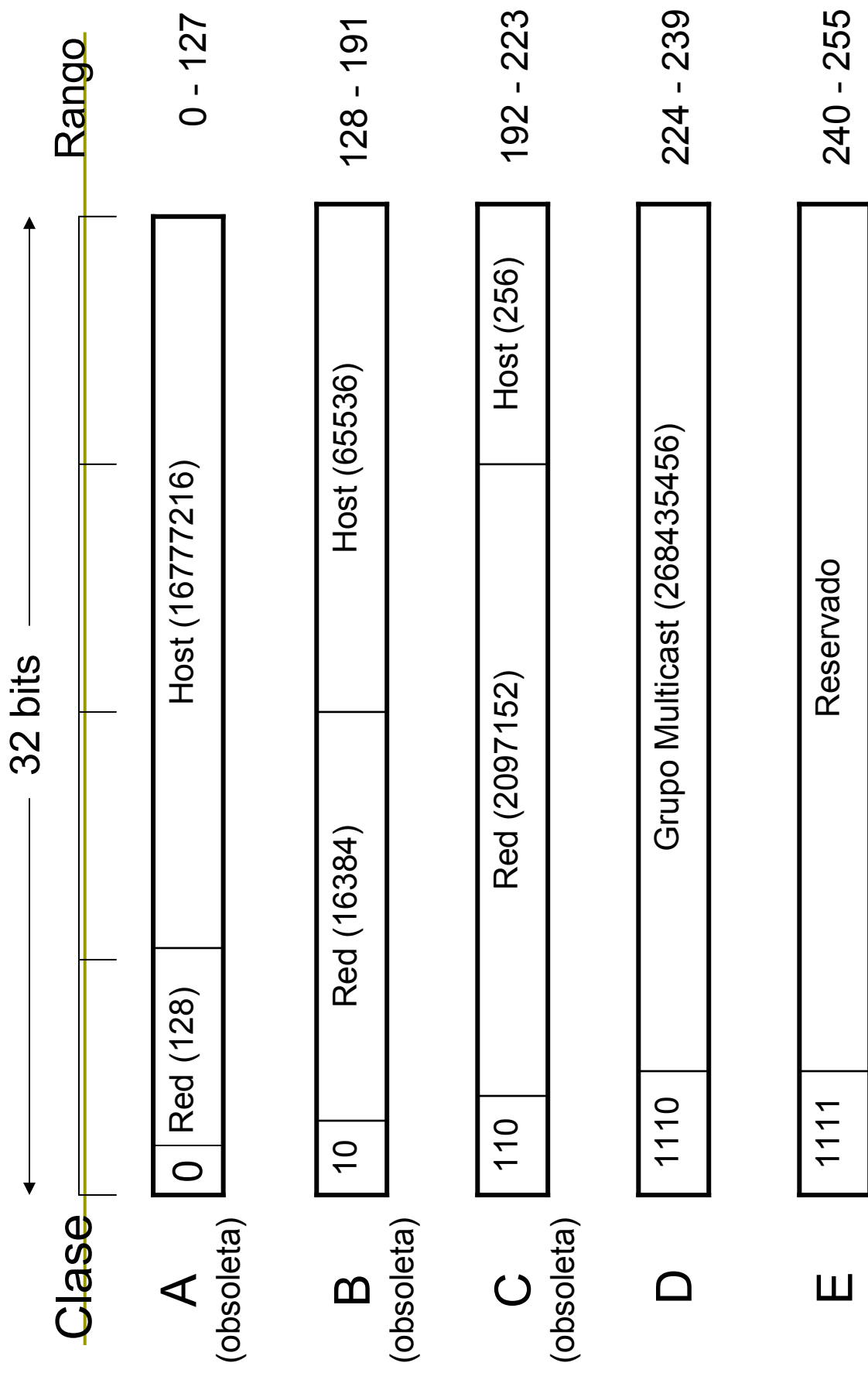
# Direcciones IPv4: Clases A, B y C

---

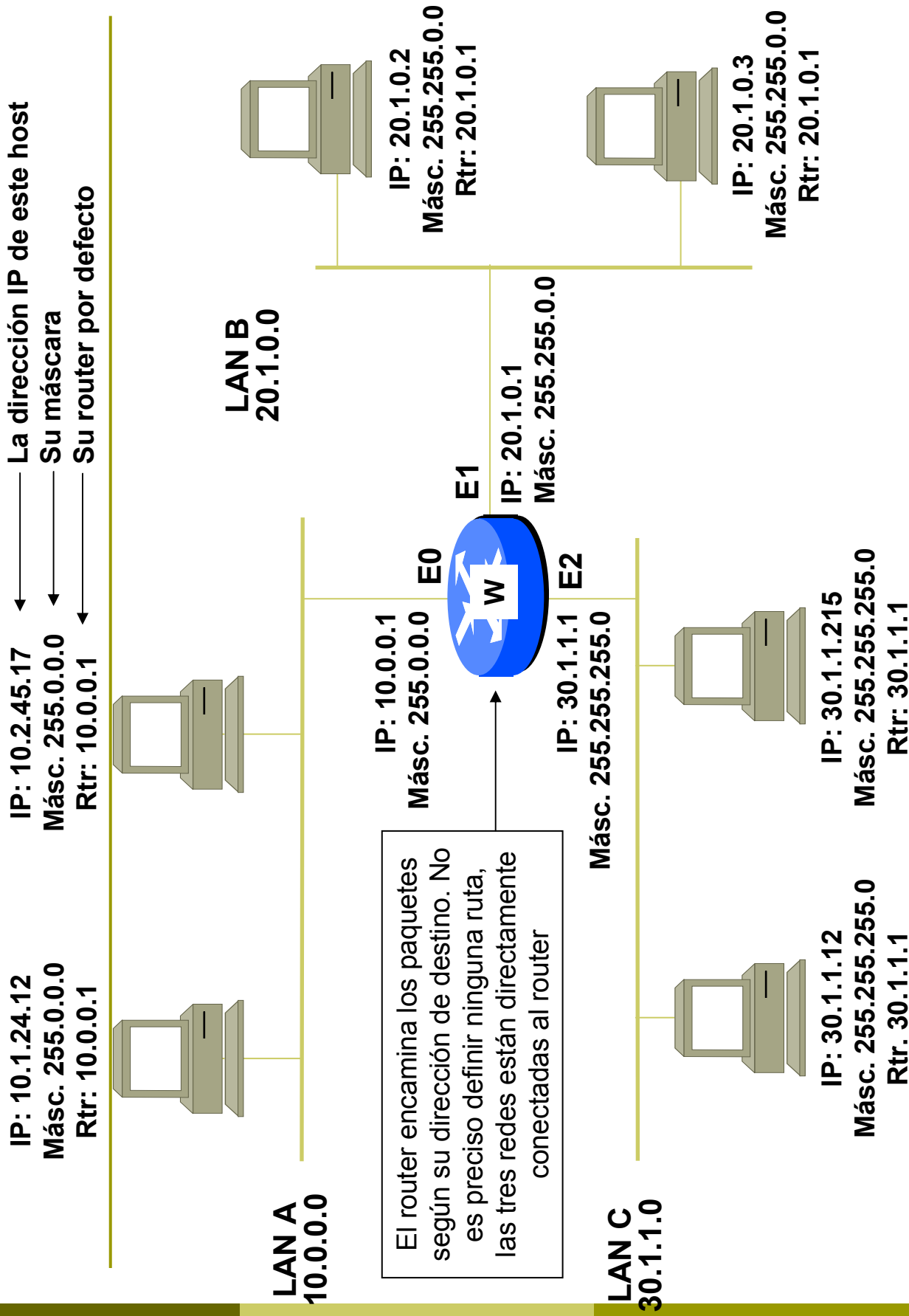
- Una clasificación, hoy en día obsoleta pero aún utilizada, divide las direcciones unicast en tres clases, A, B y C. La clase establece donde se sitúa la separación red/host.

Clase	Máscara	Formato	Rango $r_1$
A	255.0.0.0 (8 bits)	$r_1.h.h.h$	0 - 127
B	255.255.0.0 (16 bits)	$r_1.r.h.h$	128 - 191
C	255.255.255.0 (24 bits)	$r_1.r.r.h$	192 - 223

# Clases de direcciones IPv4



# Un router conectando tres LANs



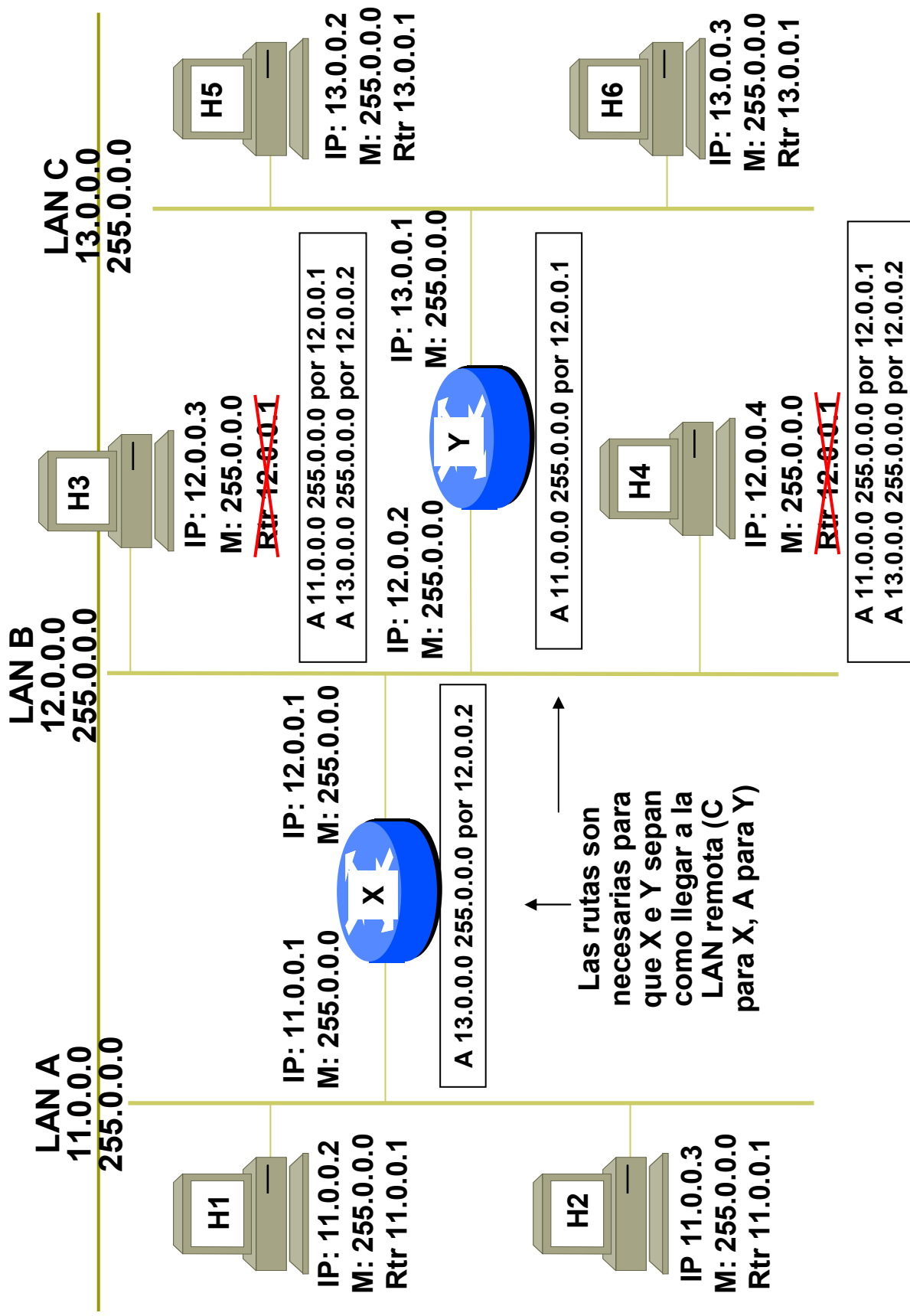
# Configuración en comandos de IOS (de Cisco) del router W de la red anterior

---

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#interface ethernet 0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#interface ethernet 1
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 20.0.0.1 255.255.0.0
Router(config-if)#interface ethernet 2
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 30.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#CTRL/Z
Router#
```

IOS: Internetwork Operating System

# Dos routers conectando tres LANs



# Configuración IOS del router X de la red anterior

---

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#interface ethernet 0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 11.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#interface ethernet 1
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 12.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#ip route 13.0.0.0 255.0.0.0 12.0.0.2
Router(config-if)#CTRL/Z
Router#
```

# Definición de rutas en hosts

---

## H1 (ruta por defecto):

```
windows: route add 0.0.0.0 mask 0.0.0.0 11.0.0.1
linux:    route add -net 0.0.0.0 netmask 0.0.0.0 default gw 11.0.0.1
```

## H3 (rutas explícitas):

```
windows: route add 11.0.0.0 mask 255.0.0.0 12.0.0.1
          route add 13.0.0.0 mask 255.0.0.0 12.0.0.2
linux:    route add -net 11.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 12.0.0.1
          route add -net 13.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 12.0.0.2
```

## Ver las rutas existentes:

```
windows: route print
linux:    route
```

## Borrar una ruta:

```
windows: route delete 11.0.0.0
linux:    route del -net 11.0.0.0 gw 12.0.0.1 netmask 255.0.0.0
```



# Resultado del comando route en H1 y H2

## Rutas en H1 (11.0.0.2):

```
> route -n
Routing tables
Destination      Gateway         Flags    Refcnt    Use    Interface
127.0.0.1        127.0.0.1      UH       4          34928  lo0
Default          11.0.0.1       UG       76         2375425 1e0
11.0.0.0         11.0.0.2       U        45         2319834 1e0
```

Interfaz loopback virtual → lo0  
Interfaz Ethernet → 1e0

## Rutas en H3 (12.0.0.3):

```
> route -n
Routing tables
Destination      Gateway         Flags    Refcnt    Use    Interface
127.0.0.1        127.0.0.1      UH       3          27394  lo0
11.0.0.0         12.0.0.1       U        27         1945827 1e0
12.0.0.0         12.0.0.3       U        43         2837192 1e0
13.0.0.0         12.0.0.2       U        37         1392847 1e0
```

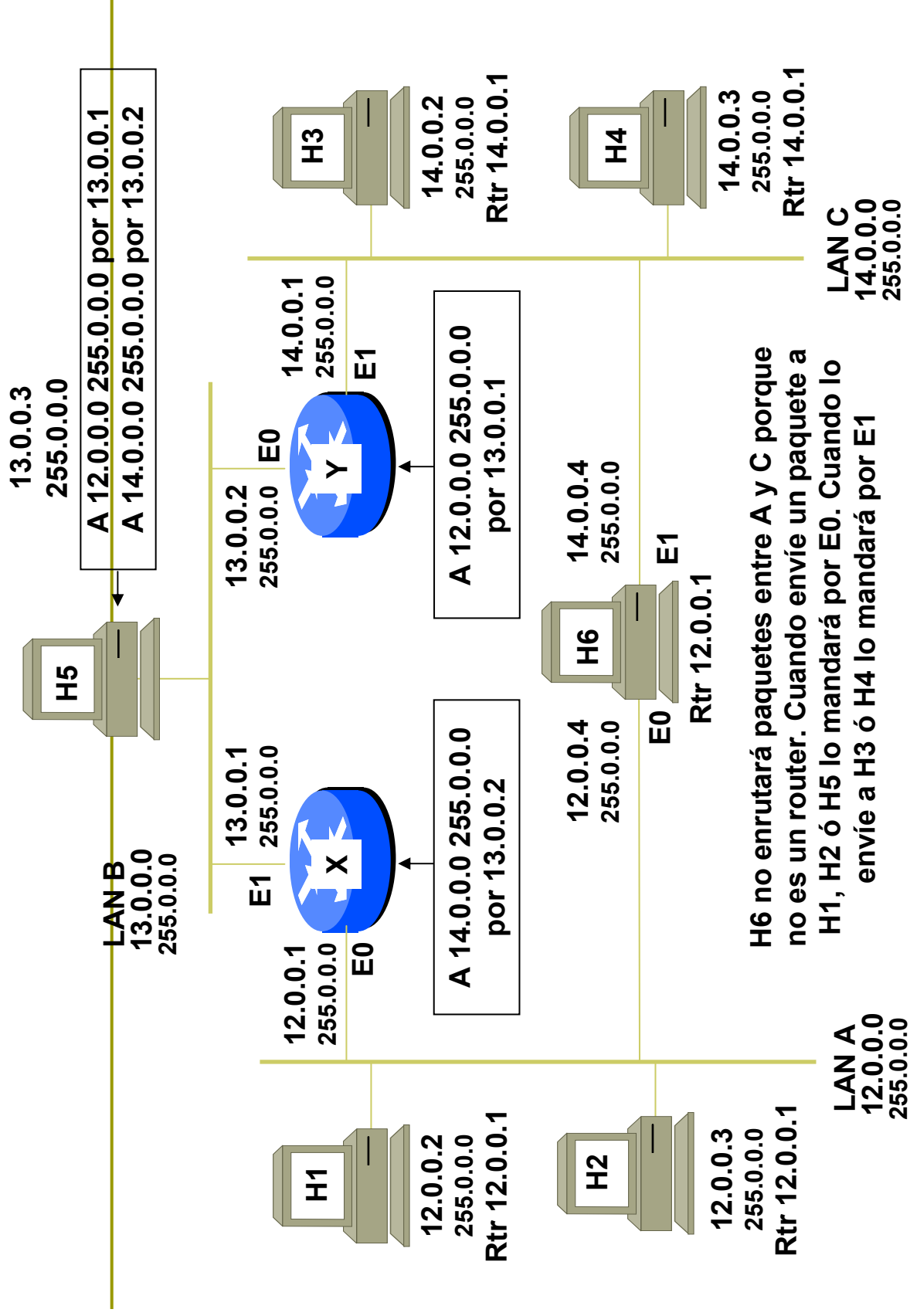
Esta ruta se pone automáticamente al dar la dir. IP de la interfaz Ethernet (comando ifconfig) → 12.0.0.3

Flags: U: ruta operativa (Up)

G: Ruta gateway (router)

H: Ruta host (solo lleva a una dirección)

# Host 'multihomed'



H6 no enrutará paquetes entre A y C porque no es un router. Cuando envíe un paquete a H1, H2 ó H5 lo mandará por E0. Cuando lo envíe a H3 ó H4 lo mandará por E1

# Comando 'ipconfig' en un ordenador multihomed

---

```
C:\>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador Ethernet Conexiones de red inalámbricas :

    Sufijo de conexión específica DNS : 192.168.1.4
    Dirección IP. . . . . : 192.168.1.4
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada : 192.168.1.1

Adaptador Ethernet Conexión de área local 3 :

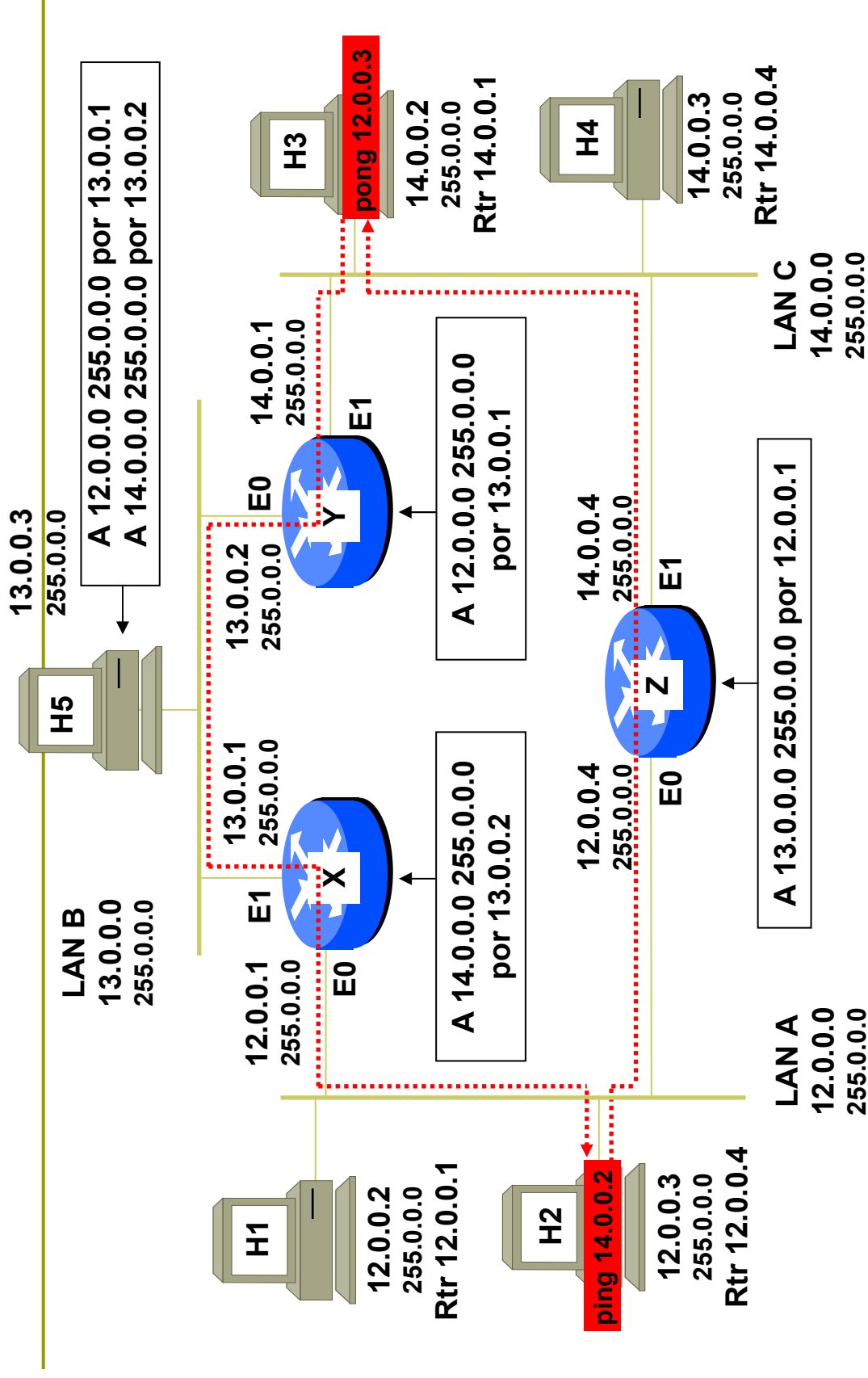
    Sufijo de conexión específica DNS : 192.168.1.3
    Dirección IP. . . . . : 192.168.1.3
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada : 192.168.1.1

C:\>
```

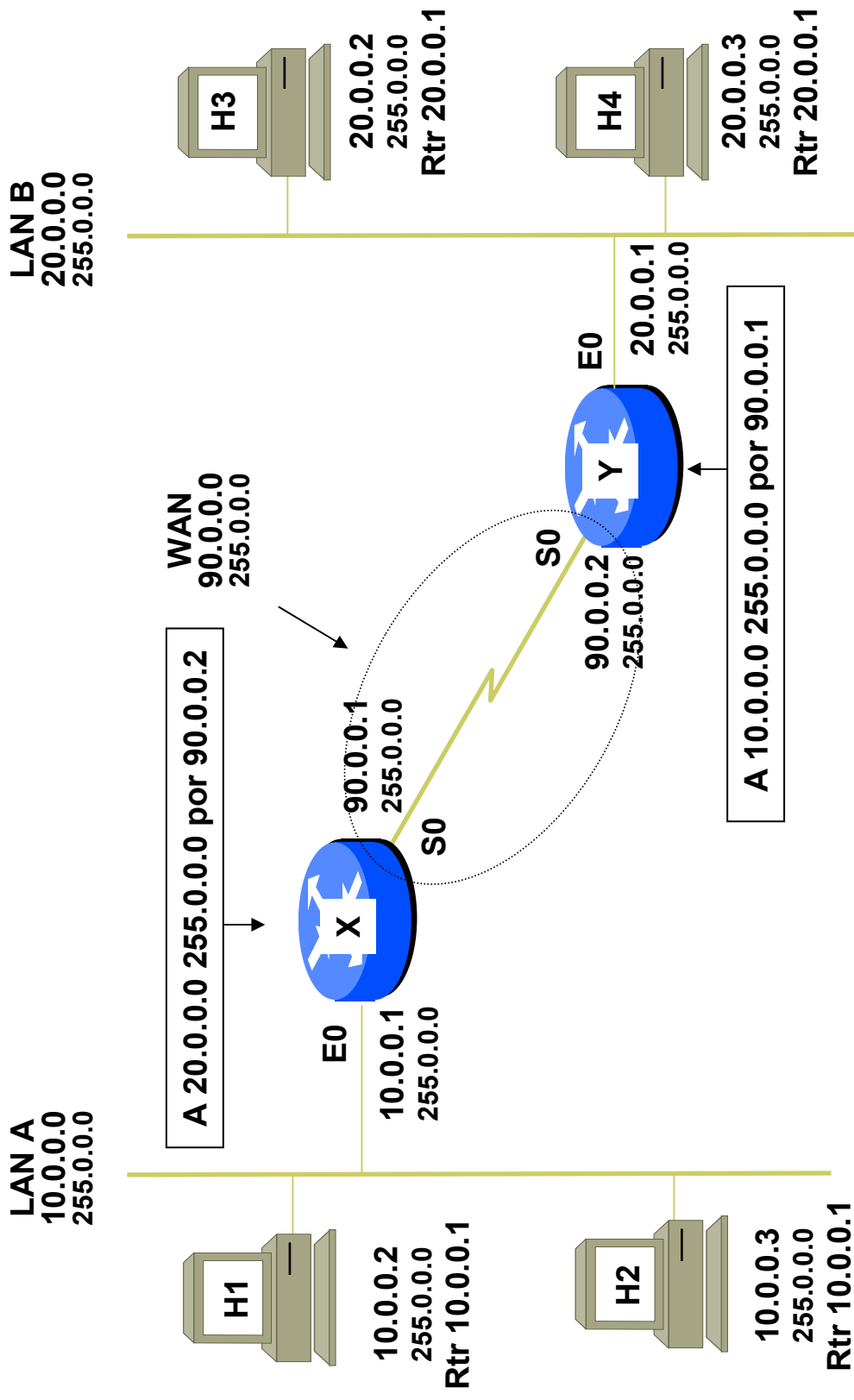
Interfaz WiFi  
(ADSL)

Interfaz Ethernet  
(ADSL)

# Red mallada (con caminos alternativos)



# Enlace WAN: conexión mediante una línea serie o punto a punto



# Direcciones IP especiales

---

Dirección	Significado	Aparece como dirección de	Ejemplo
255.255.255.255	Broadcast en la LAN (la propia red)	Destino	
0.0.0.0	Identifica al host que envía el datagrama	Origen	Usado en BOOTP
Parte Host a ceros	Identifica una red	No aparece	147.156.0.0
Parte Host a unos	Broadcast en una red	Destino	147.156.255.255
Parte Red a ceros	Identifica un host en la red en que estamos (la que sea)	Origen o destino	0.0.1.25
127.0.0.1	Dirección Loopback (para pruebas)	Origen o destino	

La primera y la última direcciones de una red están **siempre** reservadas y no deben asignarse nunca a un host

# Uso reservado de la primera y la última direcciones de cada red

---

- Cuando tenemos una red, por ejemplo la 40.40.0.0 con máscara 255.255.0.0:
  - La primera dirección posible (40.40.0.0) identifica la red
  - La última dirección posible (40.40.255.255) es la de broadcast en esa red.
  - El rango asignable en este caso sería desde 40.40.0.1 hasta 40.40.255.254
- No se puede asignar a ninguna interfaz ni la primera ni la última direcciones de cada red. Así pues siempre disponemos de dos direcciones menos (en este caso 65534 en vez de 65536).
- La dirección de la red (40.40.0.0) puede aparece en rutas, pero no puede aparecer como origen o destino en la cabecera de los paquetes IP
- La dirección broadcast (40.40.255.255) puede aparecer como destino pero nunca como origen en la cabecera de los paquetes IP

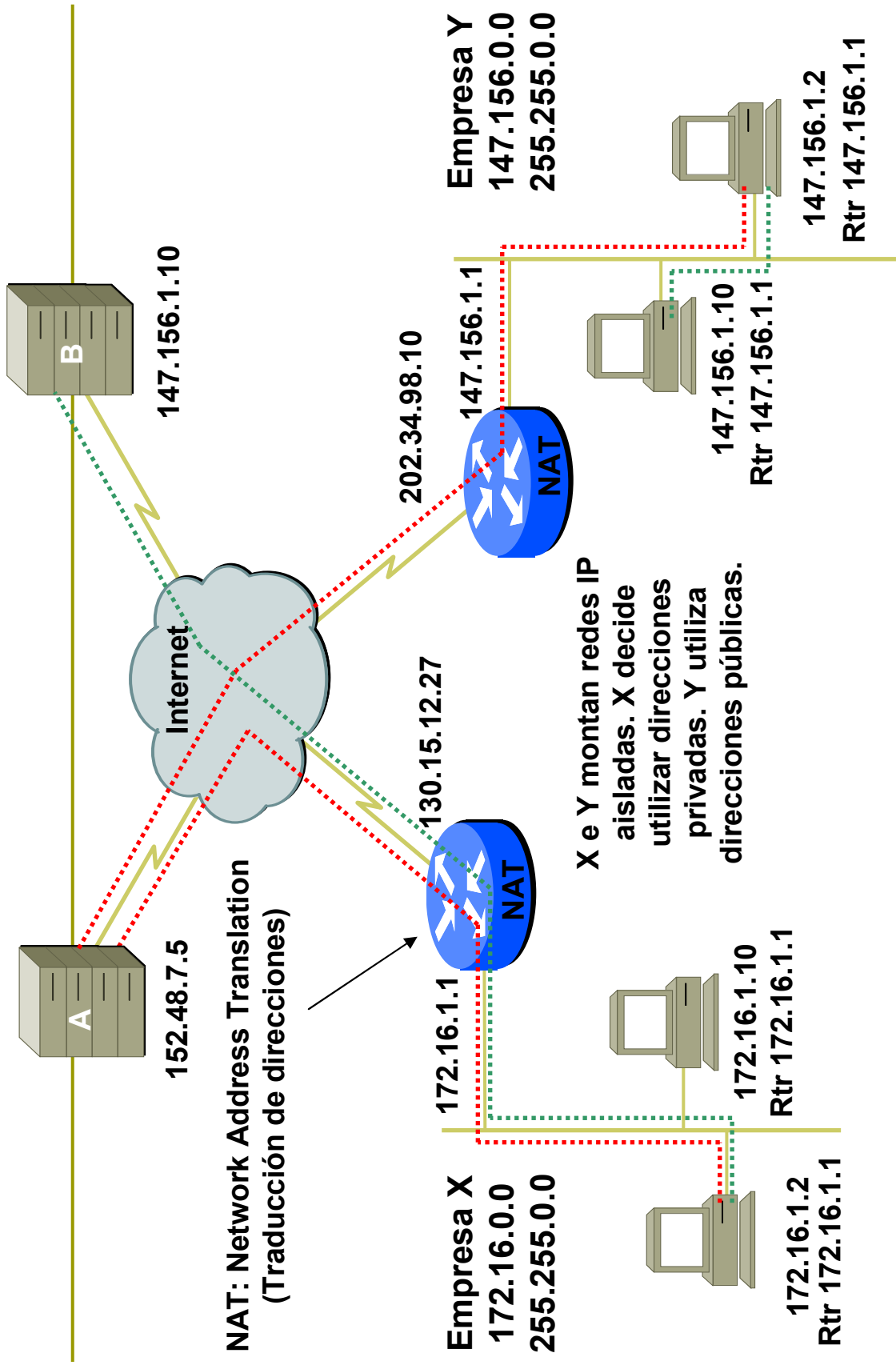
# Direcciones IP reservadas y privadas (RFC 1918)

---

Red o rango	Uso
127.0.0.0 – 127.255.255.255	Reservado (fin clase A)
128.0.0.0 – 128.0.255.255	Reservado (ppio. Clase B)
191.255.0.0 -191.255.255.255	Reservado (fin clase B)
192.0.0.0 – 192.0.0.255	Reservado (ppio. Clase C)
224.0.0.0	Reservado (ppio. Clase D)
240.0.0.0 – 255.255.255.254	Reservado (clase E)
10.0.0.0 – 10.255.255.255	Privado
172.16.0.0 – 172.31.255.255	Privado
192.168.0.0 – 192.168.255.255	Privado



# Utilidad de las direcciones privadas



# Sumario

---

- ❑ Generalidades
- ❑ El Datagrama IP. Estructura de la cabecera
- ❑ Direcciones de red. Enrutamiento básico
- ❑ **Subredes y máscaras. CIDR**
- ❑ Protocolos de control y resolución de direcciones
- ❑ Fragmentación
- ❑ Protocolos de routing
- ❑ Protocolo IPv6

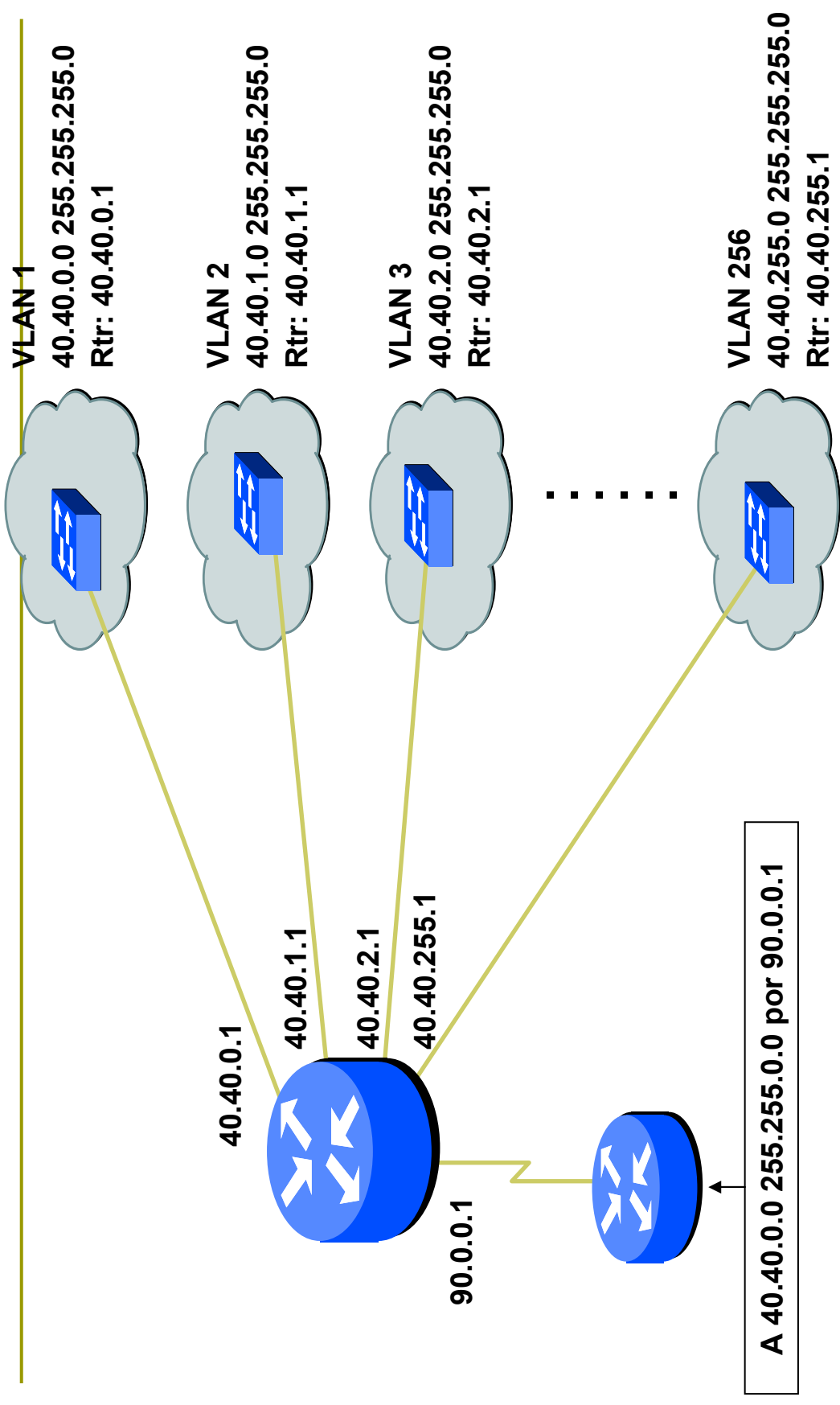
# Subredes

---

- A menudo la red de una organización está a su vez formada por varias redes. En estos casos suele ser conveniente partir de una red grande que dividimos en trozos más pequeños llamados subredes.
- Ejemplo: la empresa X utiliza la red 40.40.0.0 255.255.0.0 (es decir desde 40.40.0.0 hasta 40.40.255.255) en una LAN enorme. Para reducir el tráfico broadcast decide dividirla formando VLANs, ninguna de las cuales tendrá más de 256 ordenadores. Las subredes podrían ser:

VLAN	Subred	Máscara	Rango
1	40.40.0.0	255.255.255.0	40.40.0.0 - 40.40.0.255
2	40.40.1.0	255.255.255.0	40.40.1.0 - 40.40.1.255
3	40.40.2.0	255.255.255.0	40.40.2.0 - 40.40.2.255
256	40.40.255.0	255.255.255.0	40.40.255.0 - 40.40.255.255

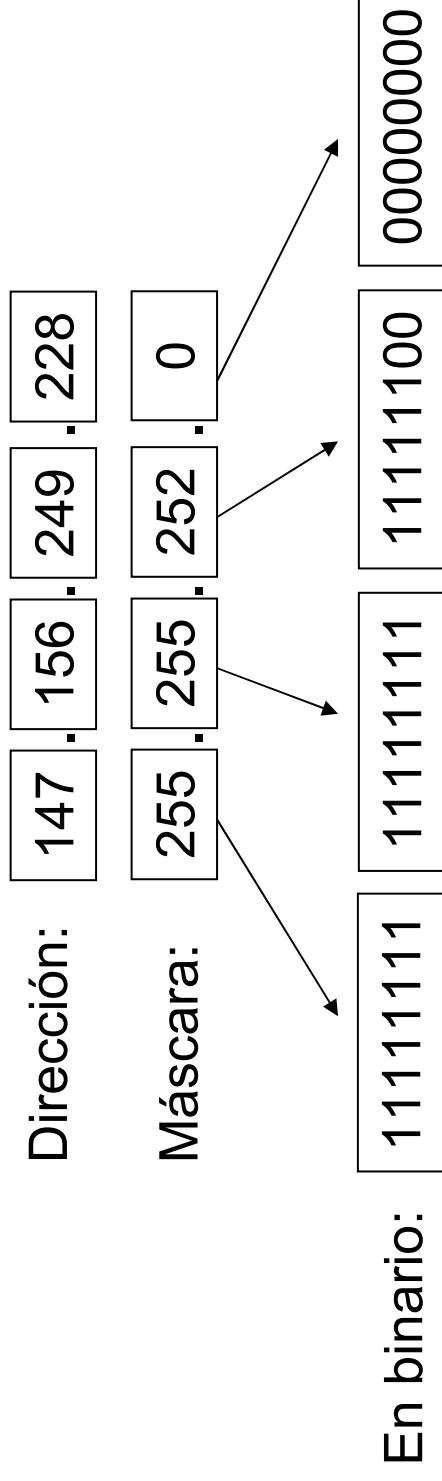
# Ejemplo de uso de subredes



# Máscaras que no son múltiplo de 8

---

- Las máscaras no siempre son de 8, 16 o 24 bits. En estos casos la separación de la parte red y la parte host no es tan evidente, aunque el mecanismo es el mismo:



Parte red: **22 bits**      Parte host: **10 bits**

Esta red tiene 1024 direcciones. Rango: 147.156.248.0 – 147.156.251.255  
La primera y la última no son utilizables

# Posibles valores de las máscaras

- ❑ En las máscaras los bits a 1 siempre han de estar contiguos empezando por la izquierda. No está permitida por ejemplo la máscara 255.255.0.255.
- ❑ Por tanto los únicos valores que pueden aparecer en cualquier máscara son:

Bits de máscara (n)	Binario	Decimal
0	00000000	0
1	10000000	0 + 128 = 128
2	11000000	128 + 64 = 192
3	11100000	192 + 32 = 224
4	11110000	224 + 16 = 240
5	11111000	240 + 8 = 248
6	11111100	248 + 4 = 252
7	11111110	252 + 2 = 254
8	11111111	254 + 1 = 255

Máscara (n) = máscara (n-1) + 128/2<sup>n-1</sup>

# Máscaras. Notación concisa

---

- Puesto que la máscara siempre ha de ser contigua en vez de expresarla con números decimales se puede indicar su longitud en bits (entre 0 y 32). Esto permite una notación mucho más concisa al indicar direcciones de interfaces y rutas. Así:

La interfaz “40.40.0.1 255.255.255.0” se convierte en “40.40.0.1/24”

La ruta “A 20.0.0.0 255.0.0.0 por 90.0.0.2” se convierte en “A 20.0.0.0/8 por 90.0.0.2”

Máscara	Bits	Máscara	Bits	Máscara	Bits	Máscara	Bits
0.0.0.0	0						
128.0.0.0	1	255.128.0.0	9	255.255.128.0	17	255.255.255.128	25
192.0.0.0	2	255.192.0.0	10	255.255.192.0	18	255.255.255.192	26
224.0.0.0	3	255.224.0.0	11	255.255.224.0	19	255.255.255.224	27
240.0.0.0	4	255.240.0.0	12	255.255.240.0	20	255.255.255.240	28
248.0.0.0	5	255.248.0.0	13	255.255.248.0	21	255.255.255.248	29
252.0.0.0	6	255.252.0.0	14	255.255.252.0	22	255.255.255.252	30
254.0.0.0	7	255.254.0.0	15	255.255.254.0	23	255.255.255.254	31
255.0.0.0	8	255.255.0.0	16	255.255.255.0	24	255.255.255.255	32



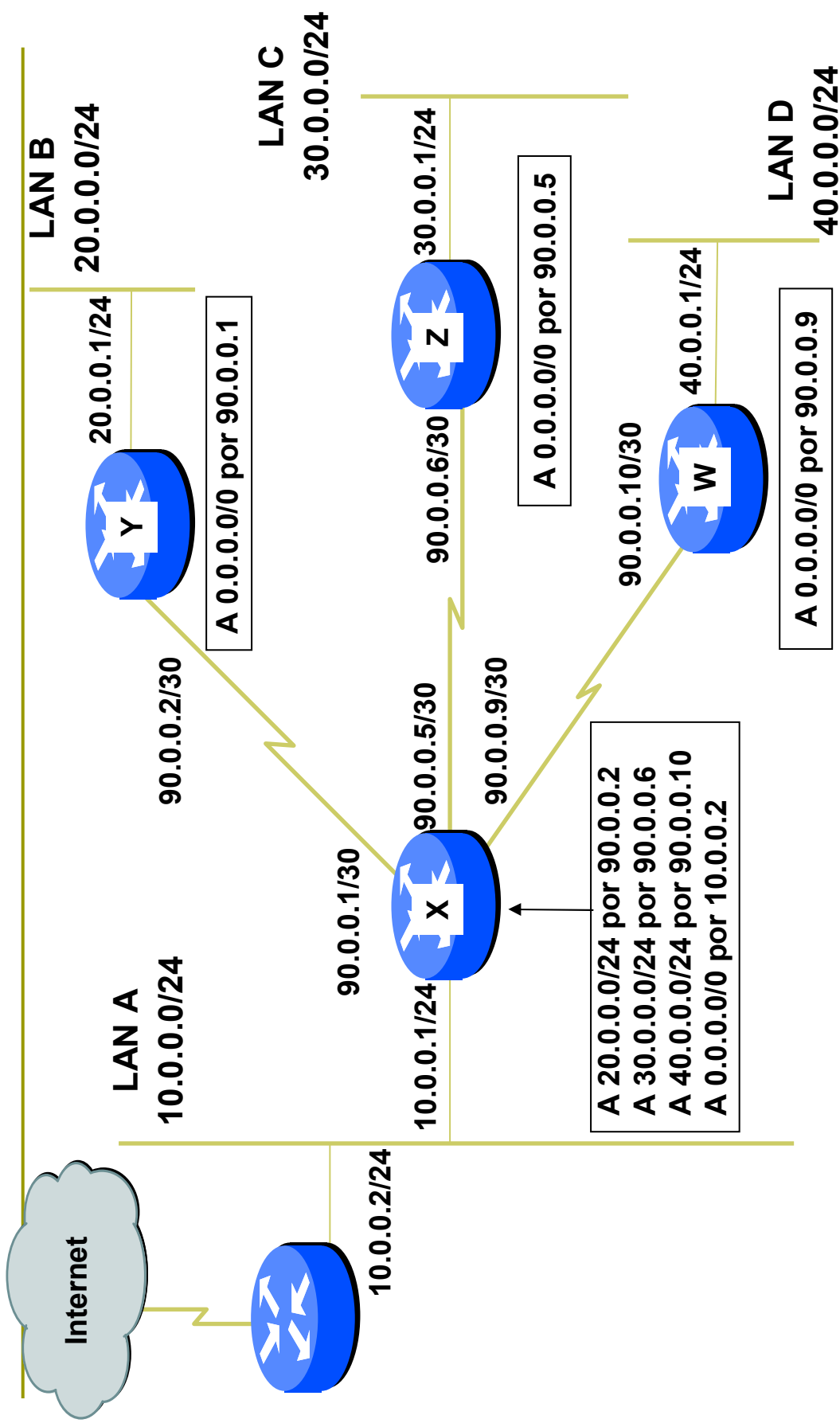


# Ruta por defecto

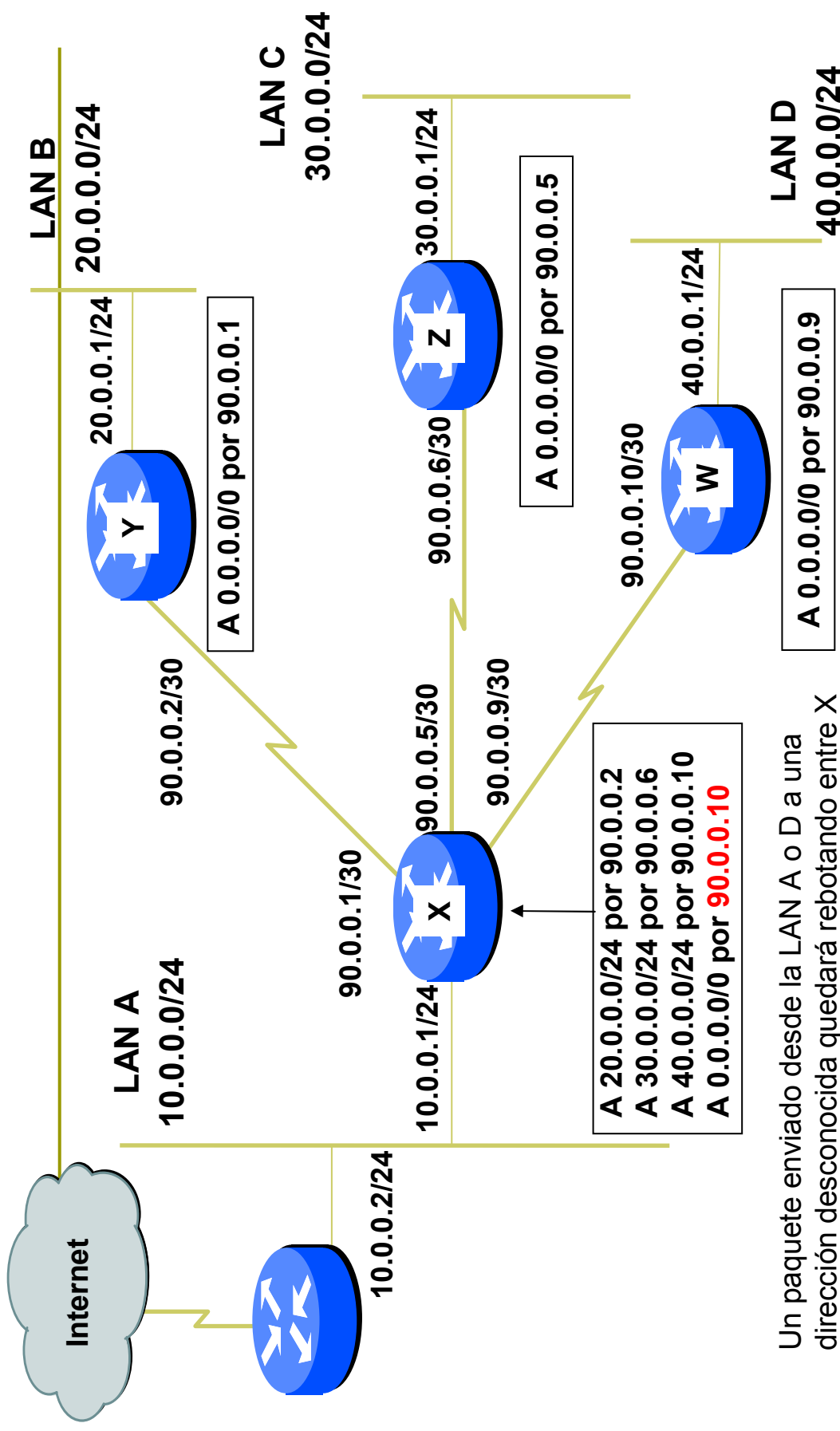
---

- ❑ En muchos casos al indicar las rutas en un router hay muchas que son accesibles por la misma dirección, y no es cómodo especificarlas una a una.
  - ❑ Para esto se puede utilizar la llamada 'ruta por defecto' que se le aplica al paquete cuando no se le aplica ninguna de las otras rutas definidas
  - ❑ Un caso típico es cuando un router conecta una o varias redes entre sí y hay una única salida a Internet
  - ❑ La ruta por defecto tiene la sintaxis:
    - A 0.0.0.0 0.0.0.0 por <dirección del router por defecto >
- Por ejemplo si el router por defecto es 20.0.0.1:
- A 0.0.0.0 0.0.0.0 por 20.0.0.1
- O en notación concisa:
- A 0.0.0.0/0 por 20.0.0.1

# Ejemplo de uso de la ruta por defecto



# Posible problema de la ruta por defecto



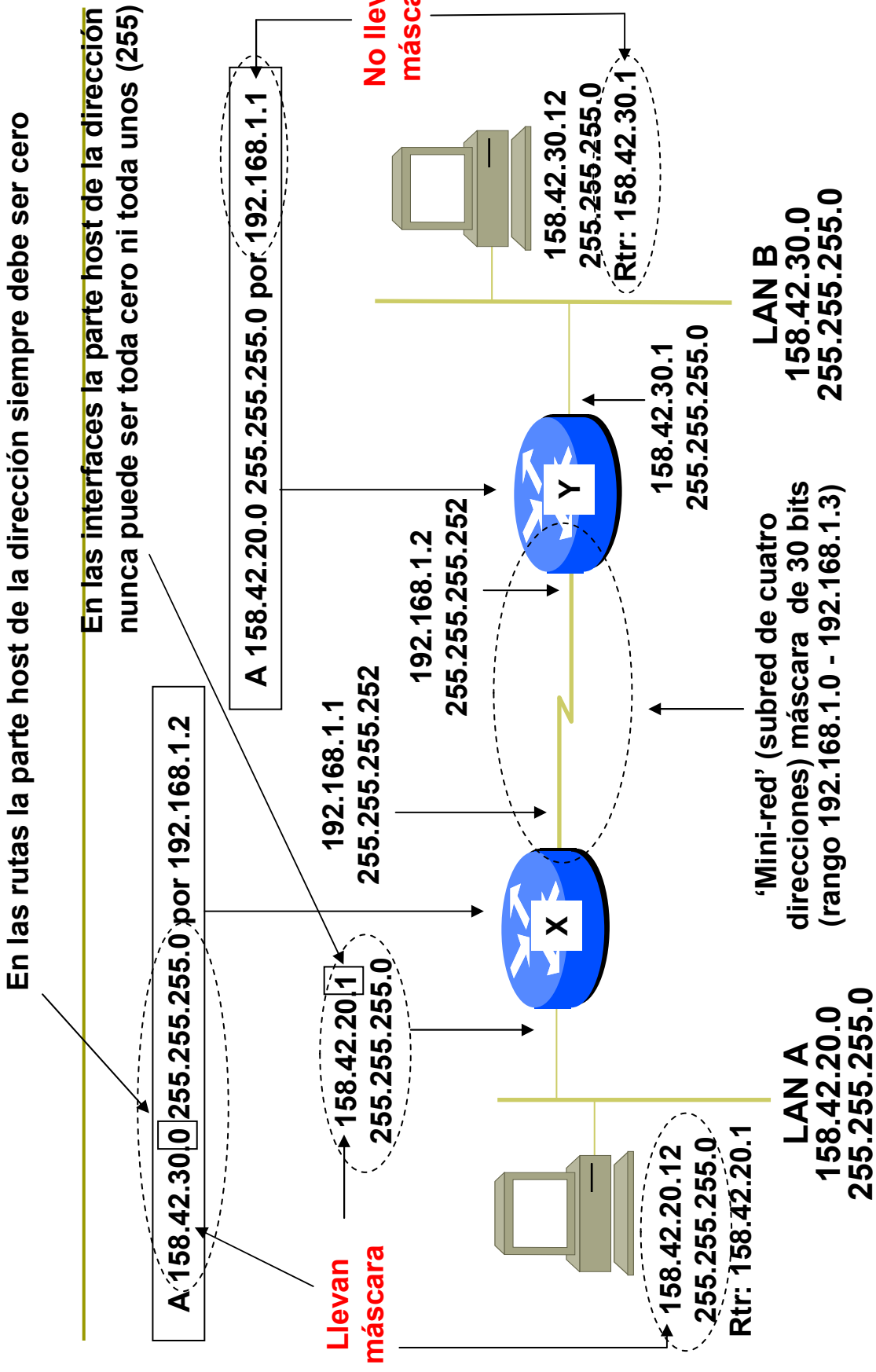
Un paquete enviado desde la LAN A o D a una dirección desconocida quedará rebotando entre X y W hasta que su TTL valga 0

# Especificación de la máscara

---

- Se especifica la máscara:
  - En las direcciones de interfaz (host o router). Si el equipo tiene varias interfaces, cada una debe tener una dirección diferente, la máscara pues ser la misma o no
  - Al configurar una ruta, para indicar a que ámbito o rango de direcciones se aplica
- No se especifica máscara:
  - Cuando se indica el router por defecto en un equipo (host o router)
  - Cuando se indica la dirección de destino en una ruta
- Los paquetes IP nunca llevan escrita en la cabecera la máscara, solo llevan las direcciones de origen y destino
- El enrutamiento de los paquetes se hace según la dirección de destino exclusivamente

# Enlace punto a punto usando subredes

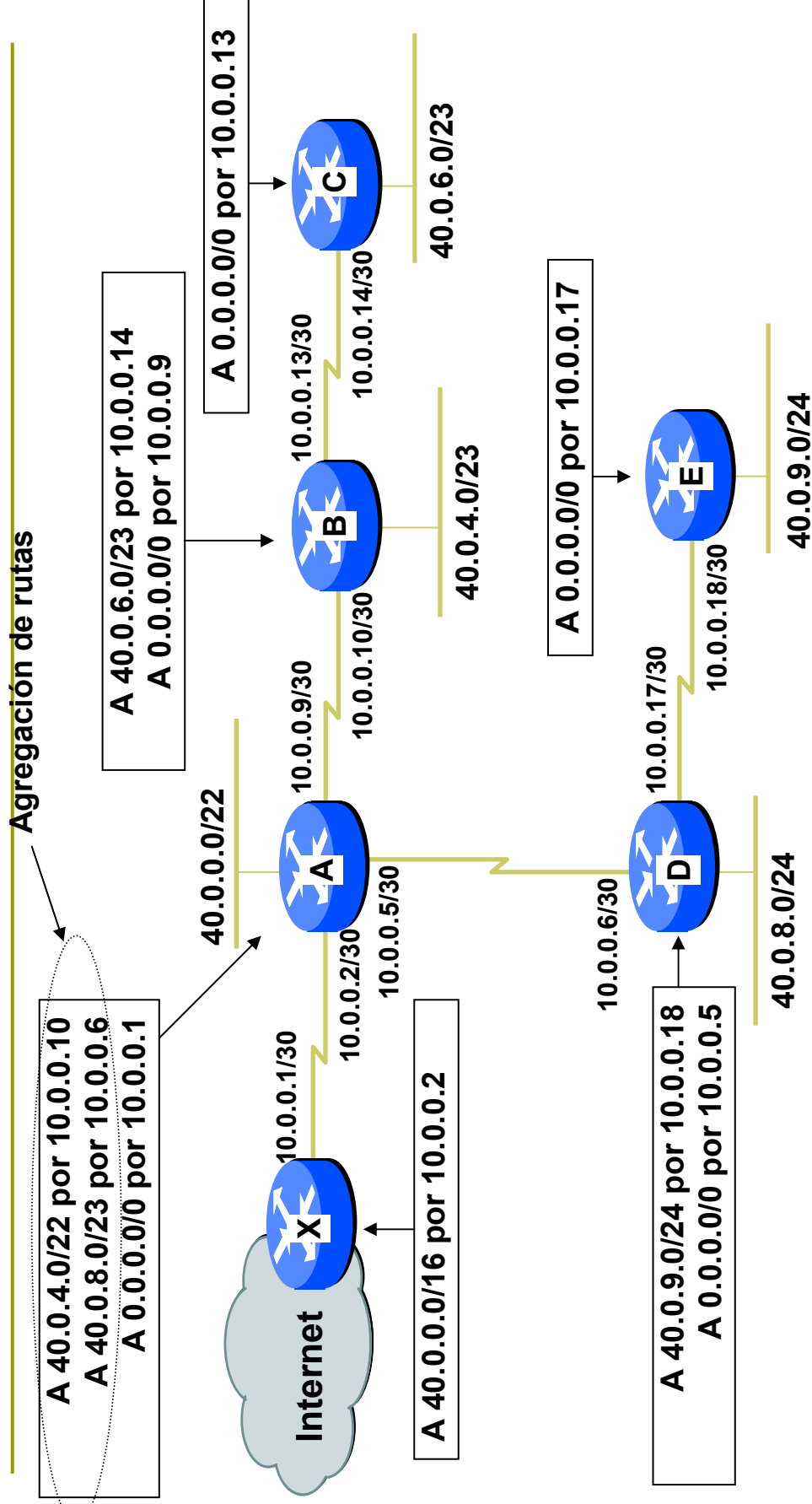


# Máscaras de tamaño variable

---

- ❑ A menudo interesa dividir una red en subredes de diferentes tamaños.
- ❑ Para esto se utilizan máscaras de tamaño variable, es decir la división red/host no es igual en todas las subredes
- ❑ Aunque las subredes pueden tener diferente tamaño no pueden solaparse (habría direcciones duplicadas)
- ❑ La visión que tenemos de las subredes puede variar. Por ejemplo lo que en un sitio de la red se ve como una subred /22 (1024 direcciones) puede dividirse en varias /24 (256 direcciones) cuando nos acercamos

# Configuración de subredes con máscara de long. variable y estructura jerárquica



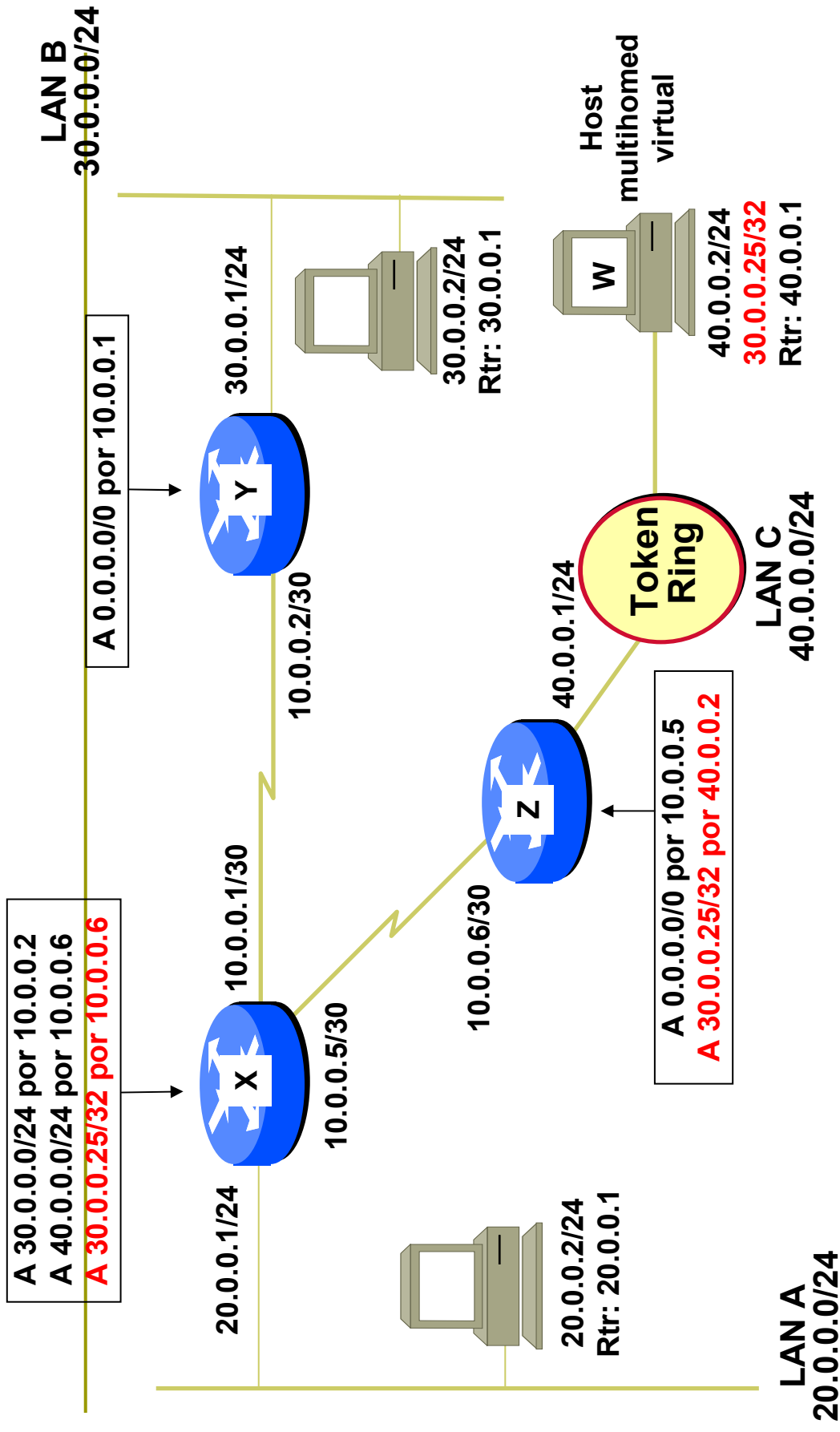
# Rutas host

---

- La ruta por defecto (“A 0.0.0.0/0 por dir-IP”) es la ruta más general posible, pues la máscara de 0 bits abarca todas las direcciones. Esta ruta solo se aplica como último recurso, cuando la dirección de destino no encaja en ninguna de las rutas definidas
- El extremo opuesto son las rutas con máscara de 32 bits. Estas solo sirven para una dirección de destino concreta, por eso se les llama **rutas host**.
- Se suelen utilizar para marcar ‘excepciones’, por ejemplo cuando un host esta temporalmente fuera de su LAN habitual



# Ejemplo de ruta host



Este host tiene dos direcciones sobre la misma interfaz

# Orden de enrutamiento

---

- ❑ Cuando un router tiene que enviar un paquete consulta su tabla de rutas
- ❑ Es posible que haya varias rutas válidas para un mismo paquete. Por ejemplo la ruta por defecto en principio es aplicable en principio a cualquier paquete
- ❑ Al construir la tabla de rutas los routers las ordenan según la longitud de su máscara, poniendo primero las rutas de máscara más larga. El orden como se hayan introducido las rutas en la configuración no tiene ninguna importancia
- ❑ Este criterio garantiza que se aplicarán primero las rutas más específicas y luego las más generales. Así por ejemplo las rutas host (/32) van siempre en primer lugar y la ruta por defecto (/0) va la última

# Asignación de direcciones IP

---

- ❑ Inicialmente la asignación de direcciones IP la realizaba el DDN NIC (Department of Defense Network Network Information Center) de forma centralizada
- ❑ A principios de los 90 se decidió descentralizar esta función creando los llamados RIR (Regional Internet Registry). El primero se constituyó en Europa y se llamó RIPE. Actualmente hay 5 en todo el mundo
- ❑ Los RIR dependen del IANA (Internet Assignment Number Authority)
- ❑ Los RIR dan direcciones a los proveedores grandes (los de primer nivel, llamados 'tier-1')
- ❑ Los proveedores pequeños (tier-2 a tier-n) obtienen sus direcciones e los proveedores tier-1
- ❑ Las organizaciones obtienen direcciones del proveedor que les da conectividad
- ❑ Cada RIR dispone de una base de datos (whois) para búsqueda de direcciones IP

# Organización de los Registros Regionales

---

Registro Regional	Área geográfica
<b>ARIN</b> (American Registry for Internet Numbers) <a href="http://www.arin.net">www.arin.net</a>	<input type="checkbox"/> EEUU y Canadá <input type="checkbox"/> África Subsahariana <input type="checkbox"/> Resto del mundo
<b>APNIC</b> (Asia Pacific Network Information Centre) <a href="http://www.apnic.net">www.apnic.net</a>	<input type="checkbox"/> Asia oriental <input type="checkbox"/> Pacífico
<b>RIPE</b> (Réseaux IP Européenes) <a href="http://www.ripe.net">www.ripe.net</a>	<input type="checkbox"/> Europa <input type="checkbox"/> Medio Oriente <input type="checkbox"/> Asia Central <input type="checkbox"/> África Sahariana
<b>LACNIC</b> ( Latin American and Caribbean Network Information Center) <a href="http://www.lacnic.net">www.lacnic.net</a>	<input type="checkbox"/> América y el Caribe (excepto EEUU y Canadá)
<b>AFRINIC</b> (African Network Information Center) <a href="http://www.afrinic.net">www.afrinic.net</a> (en proceso de creación)	<input type="checkbox"/> África

# IP sin clases o 'classless'

---

- Hasta 1993 la asignación de direcciones se hacía en bloques de tamaño fijo de acuerdo con las clases A, B y C (redes /8, /16 y /24 respectivamente). Pero:
  - De la clase A solo hay 127 redes, hace mucho tiempo que no se asigna ninguna
  - La clase B es demasiado grande para la mayoría de organizaciones (65000 hosts)
  - La clase C es demasiado pequeña para la mayoría (256 hosts)
- Casi todas las organizaciones optaban por pedir redes clase B, aunque les sobraba mucho espacio.
- Consecuencia: rápido agotamiento del espacio de direcciones.
- Solución: ofrecer tallas intermedias asignando grupos de redes clase C
- Problema 2: las tablas de rutas crecían mucho más deprisa que antes (había que enrutar por separado cada red asignada)
- Solución 2: asignar los grupos de forma que sean agregables, es decir que puedan referenciarse por una máscara común, así solo se necesita declarar una ruta
- El tamaño de las redes puede ser ahora cualquier potencia entera de 2 (256, 512, 1024, etc.)
- Este mecanismo se aplica no solo al rango de clase C sino también al rango libre de clase A y B. En la práctica significa **abolir el sistema de clases (IP classless, sin clases)**

# IP sin clases o 'classless' (II)

---

- El sistema 'classless' no afecta a las clases D y E, que mantienen el mismo significado
- Se definió en el RFC 1466 (1993)
- El RFC 1466 establecía además un sistema de asignación de direcciones con criterio geográfico (hasta entonces se aplicaba un criterio puramente cronológico)
- Cada RIR tiene un rango de direcciones que reparte entre los ISPs que lo solicitan. A su vez los ISPs dan direcciones a sus clientes siguiendo también criterios geográficos, etc.
- De esta forma se reduce el tamaño de las tablas de rutas. Este problema era al menos tan importante como el del agotamiento de direcciones
- El RFC 1466 se denomina CIDR (Classless InterDomain Routing)

# CIDR (RFC 1466)

---

- La asignación inicial de direcciones a los RIR según CIDR era la siguiente:
  - Multi regional: 192.0.0.0/7 (192.x.x.x - 193.x.x.x)
  - Europa: 194.0.0.0/7 (194.x.x.x - 195.x.x.x)
  - Otros: 196.0.0.0/7 (196.x.x.x - 197.x.x.x)
  - Norteamérica: 198.0.0.0/7 (198.x.x.x - 199.x.x.x)
  - Centro y Sudamérica: 200.0.0.0/7 (200.x.x.x - 201.x.x.x)
  - Anillo Pacífico: 202.0.0.0/7 (202.x.x.x - 203.x.x.x)
  - Otros: 204.0.0.0/7 (204.x.x.x - 207.x.x.x)
  
- La agrupación geográfica de direcciones reduce el número de entradas en las tablas de rutas (esto es lo mismo que desde hace mucho tiempo se viene haciendo en la red telefónica)

# Asignación de direcciones y tarifas de APNIC

## Membership fees

Membership is open to all organisations and individuals. Members are classified by size, with each member's minimum tier determined by their total address holdings. Membership fees for APNIC members are as follows:

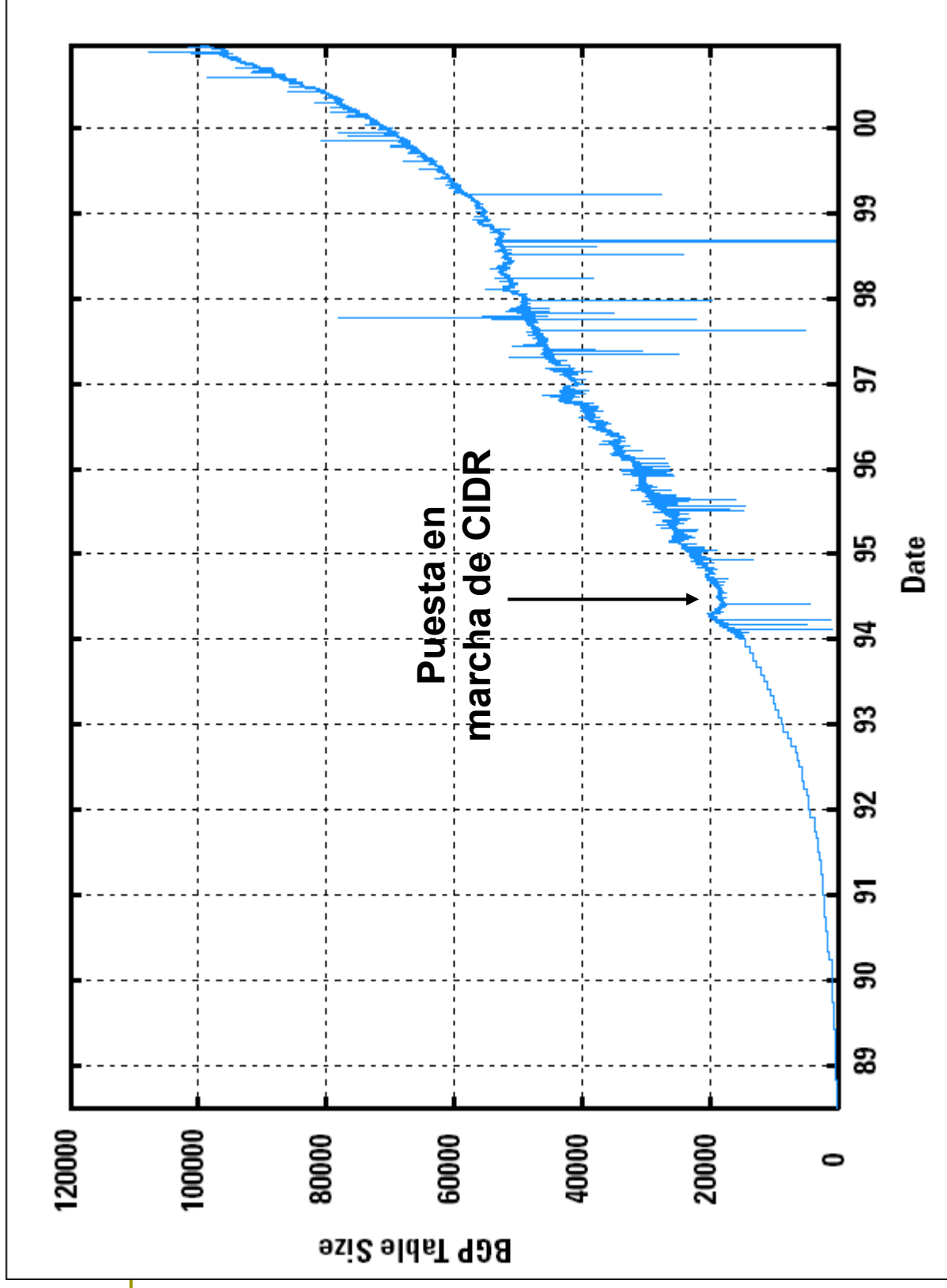
Tier*	IPv4 addresses	IPv6 addresses	Annual Fee (US\$)
Associate	none	none	625
Very Small	up to /22 (incl)	up to /35 (incl)	1,250
Small	>/22 up to /19	>/35 up to /32	2,500
Medium	>/19 up to /16	>/32 up to /29	5,000
Large	>/16 up to /13	>/29 up to /26	10,000
Very Large	>/13 up to /10	>/26 up to /23	20,000
Extra Large	>/10	>/23	40,000

An IP Resource Application Fee of US\$2,500 applies to members making their first request for IP address resources. This fee does not apply to AS numbers or subsequent IP requests.

En RIPE lo mínimo que se asigna son redes /20 (4096 direcciones)



# Evolución de la tabla de rutas de Internet



# Actual reparto de direcciones IPv4 (primer octeto)

0-2	Reservado IANA	21	DDN-RVN	43	Japan Inet	80-81	RIPE NCC
3	General Electric	22	Def. Inf. Syst. Agen.	44	Am.Radio Dig.Com.	82-127	IANA Reservado
4	BBN	23	IANA Reservado	45	Interop Show Net.	128-192	Varios Registros
5	IANA Reservado	24	ARIN	46	BBN	193-195	RIPE NCC
6	Army Info.Sys.Ctr.	25	Royal Sign.&Radar	47	Bell-Northern Res.	196	Varios Registros
7	IANA Reservado	26	Def. Inf. Syst. Agen.	48	Prudential Sec. Inc.	197	IANA Reservado
8	BBN	27	IANA Reservado	49-50	IANA	198	Varios Registros
9	IBM	28	DSI-North	51	Dept. Soc. Sec. UK	199-200	ARIN
10	IANA Privado	29-30	Def. Inf. Syst. Agen.	52	DuPont de Nemours	201	Res. Cent-Sud Amer.
11	DoD Intel Inf. Syst.	31	IANA Reservado	53	Cap Debis CCS	202-203	APNIC
12	AT&T	32	Norsk Informasjons.	54	Merck & Co.	204-209	ARIN
13	Xerox	33	DLA Syst. Aut. Ctr	55	Boeing Comp. Serv.	210-211	APNIC
14	IANA Publico	34	Halliburton Comp.	56	US Postal Serv.	212-213	RIPE NCC
15	HP	35	MERIT Comp. Net.	57	SITA	214-215	US DOD
16	DEC	36-37	IANA Reservado	58-60	IANA Reservado	216	ARIN
17	Apple	38	Perf. Syst. Int.	61	APNIC	217	RIPE NCC
18	MIT	39	IANA Reservado	62	RIPE NCC	218-221	APNIC
19	Ford	40	Eli Lili & Company	63-69	ARIN	222-223	IANA Reservado
20	Comp. Sci. Corp.	41-42	IANA Reservado	70-79	IANA Reservado	224-239	IANA Multicast
						240-255	IANA Reservado

# Evolución de direcciones en IP

