

TEMA 4

REDES CONMUTADAS E

INTERNET

Fundamentos de Redes
2018/2019



ugr

Universidad
de Granada

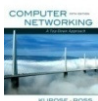
➤ Bibliografía Básica:



CapítuloS 6 Y 9, Pedro García Teodoro, Jesús Díaz Verdejo y Juan Manuel López Soler.
TRANSMISIÓN DE DATOS Y REDES DE COMPUTADORES, Ed. Pearson, 2014, ISBN:
978-0-273-76896-8

Apuntes de direccionamiento IP en web de la asignatura.

➤ Para saber más...



Capítulo 4 James F. Kurose y Keith W. Ross. ***COMPUTER NETWORKING. A TOP-DOWN APPROACH***, 5ª Edición, Addison-Wesley, 2010, ISBN: 9780136079675.

Tema 4. REDES CONMUTADAS E INTERNET

- 1. Funcionalidades**
2. Conmutación
3. El protocolo IP
4. Asociación con Capa de Enlace: El protocolo ARP
5. El protocolo ICMP

FUNCIONALIDADES EN CAPA DE RED

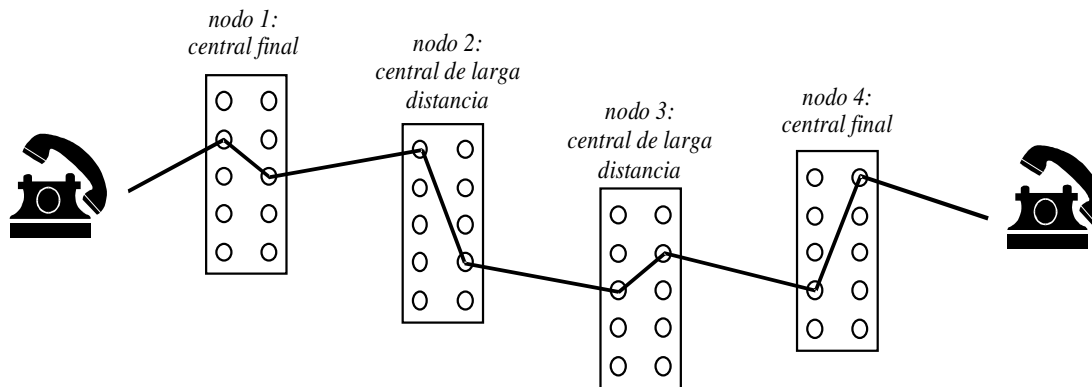
- Funciones y servicios en TCP/IP
 - Encaminamiento
 - Conmutación
 - Interconexión de redes
 - En OSI: control de congestión
- Ejemplos de protocolos de red:
 - X.25 https://es.wikipedia.org/wiki/Norma_X.25
 - IP

Tema 4. REDES CONMUTADAS E INTERNET

1. Funcionalidades
- 2. Conmutación**
3. El protocolo IP
4. Asociación con Capa de Enlace: El protocolo ARP
5. El protocolo ICMP

CONMUTACIÓN

- Conmutación = acción de establecer un camino o comunicación extremo a extremo
- Esquemas de conmutación
 - Circuitos
 - Paquetes: datagramas o circuitos virtuales
- Conmutación de circuitos
 - Ej. Teléfono
 - Es un servicio orientado a conexión: Establecimiento de conexión previo a la transmisión



- Pasos: (i) Conexión, (ii) Transmisión, (iii) Desconexión
- Recursos dedicados. Facilita comunicaciones tiempo-real. No hay contención (contienda por acceder al medio).
- Retraso para establecimiento de la llamada. Poca flexibilidad para adaptarse a cambios. Poco tolerante a fallos.

CONMUTACIÓN

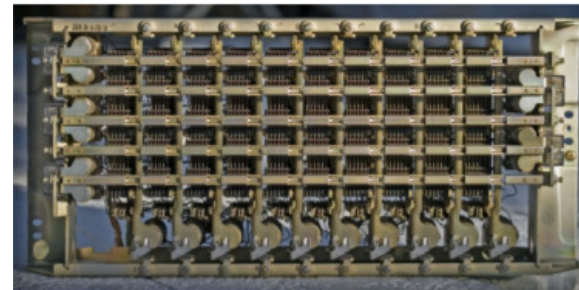
➤ Conmutación de circuitos

Ventajas

- **La transmisión se realiza en tiempo real**, adecuado para voz
- **Uso permanente de recursos**, el circuito se mantiene durante toda la sesión
- **No hay contención**, no hay contienda para acceder al medio
- **El circuito es fijo**, no hay decisiones de encaminamiento una vez establecido
- **Simplicidad en la gestión de los nodos intermedios.**

Desventajas

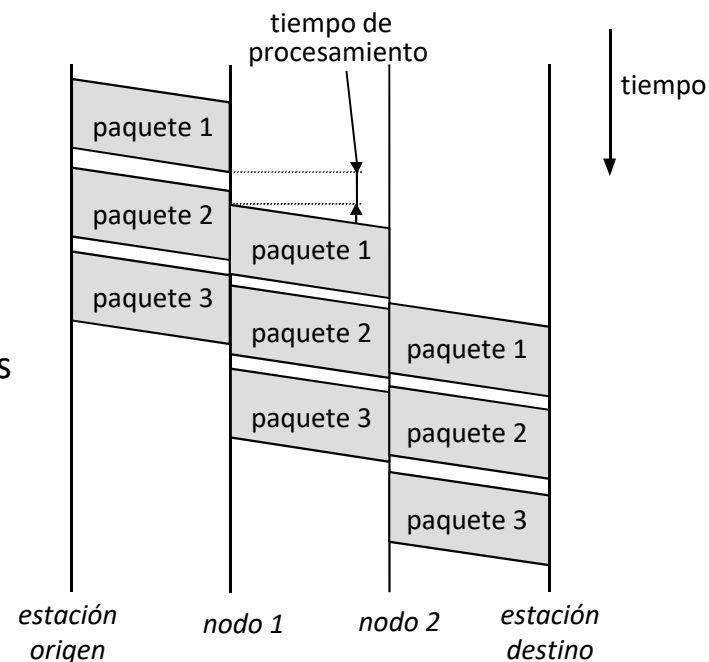
- **Retraso en el inicio de la comunicación.**
- **En ocasiones uso no eficiente de recursos.**
- **El circuito es fijo.** No se reajusta la ruta de comunicación,



CONMUTACIÓN

➤ Conmutación de paquetes:

- Envío en bloques (paquetes)
- Conmutación mediante **datagramas**:
 - ej. IP
 - No hay conexión
 - Envío independiente, pueden seguir rutas diferentes
 - En cada salto: Almacenamiento y envío
 - Cada paquete debe contener las direcciones origen y destino



- Conmutación de paquetes con **circuitos virtuales**:
 - ej. ATM (troncales)
 - Pasos: (i) Conexión, (ii) Transmisión, (iii) Desconexión
 - Recursos no dedicados

4. Estime el tiempo involucrado en la transmisión de un mensaje de datos para la técnica de conmutación de paquetes mediante datagramas (CDP) considerando los siguientes parámetros:

M: longitud en bits del mensaje a enviar.

V: velocidad de transmisión de las líneas en bps.

P: longitud en bits de los paquetes.

H: bits de cabecera de los paquetes.

N: número de nodos intermedios entre las estaciones finales.

D: tiempo de procesamiento en segundos en cada nodo.

R: retardo de propagación, en segundos, asociado a cada enlace.

Tema 4. REDES CONMUTADAS E INTERNET

1. Funcionalidades
2. Conmutación
- 3. El protocolo IP**
4. Asociación con Capa de Enlace: El protocolo ARP
5. El protocolo ICMP

EL PROTOCOLO IP

- IP v4 está especificado en el RFC 791:
 - Es un protocolo para la **interconexión** de redes.
 - Resuelve el **direccionamiento** en Internet.
 - Realiza la **retransmisión salto a salto** entre *hosts* y *routers*. Ofrece un servicio **no orientado a conexión y no fiable**:
 - No hay negociación o “handshake”, no hay una conexión lógica entre las entidades.
 - No existe control de errores ni control de flujo.
 - La unidad de datos (paquete) de IP se denomina **datagrama**.
 - IP es un protocolo de **máximo esfuerzo** (“best-effort”), es decir los datagramas se pueden: Perder, duplicar, retrasar, llegar desordenados.
 - IP gestiona la “**fragmentación**”.

EL PROTOCOLO IP

➤ Direcciones IP:



Servidor Webmail
130.206.192.39



www.youtube.com
172.194.34.206



www.google.com = 172.194.34.209



Servidor Spotify
78.31.8.101



ugr

Universidad
de Granada

www.ugr.es = 150.214.204.25
dns3.ugr.es = 150.214.191.10
pop.ugr.es = 150.214.20.3

EL PROTOCOLO IP

- Es un direccionamiento **jerárquico**. Dos partes: subred y dispositivo

a) Dirección IP → 200.27.4.112 = 11001000.00011011.00000100.01110000

Máscara → 255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000

b) 200.27.4.112/24

- Para obtener la dirección de la subred:

200.27.4.112 = 11001000.00011011.00000100.01110000

&

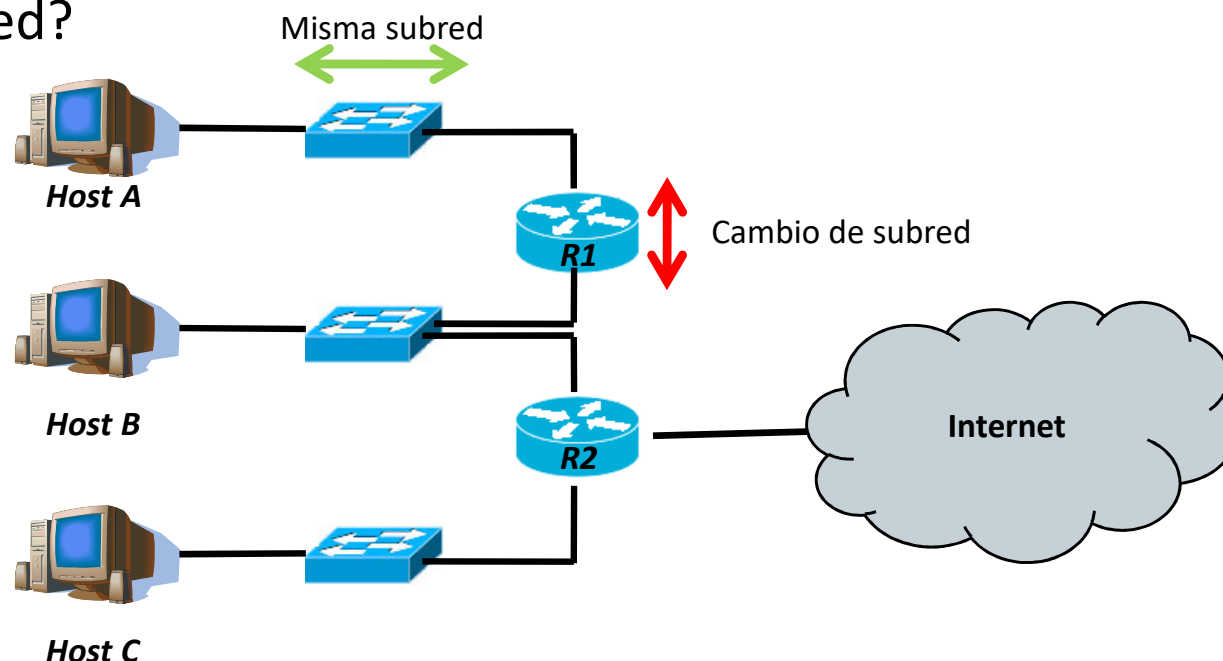
&

255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000

Subred → 200.27.4.0 = 11001000.00011011.00000100.00000000

EL PROTOCOLO IP

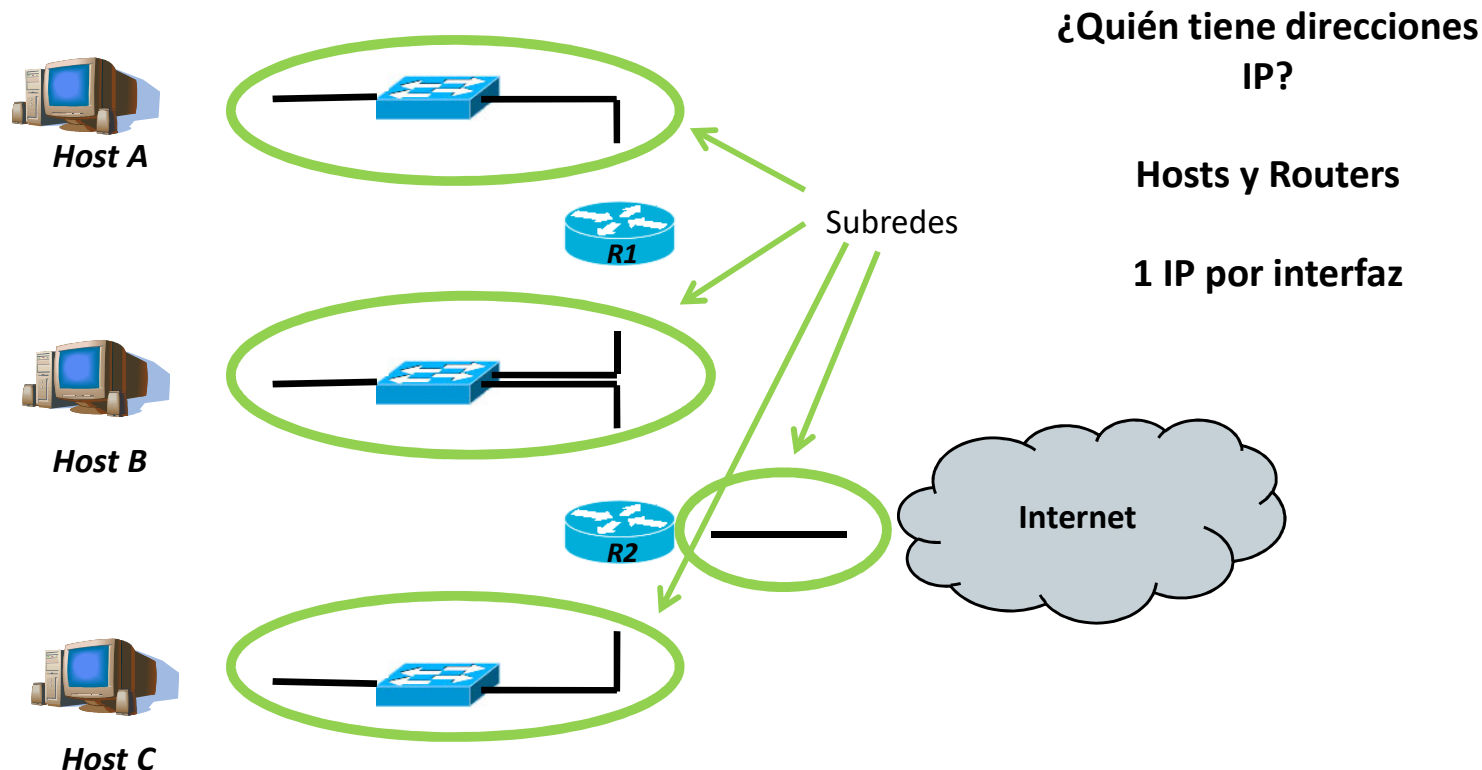
- Internet = conjunto de subredes interconectadas
- ¿Qué es una subred?



Computer Networking. A Top-down Approach. de James F. Kurose y Keith W. Ross:
“Para determinar las subredes, separe cada interfaz de los hosts y routers, creando redes aisladas. Dichas redes aisladas se corresponden con las subredes.”

EL PROTOCOLO IP

➤ ¿Qué es una subred?



Computer Networking. A Top-down Approach. de James F. Kurose y Keith W. Ross:
“Para determinar las subredes, separe cada interfaz de los hosts y routers, creando redes aisladas. Dichas redes aisladas se corresponden con las subredes.”

EL PROTOCOLO IP

- ¿Cómo se elige la máscara? ➔ Según el número de dispositivos en la subred
 - Dirección IP ➔ 200.27.4.112 = 11001000.00011011.00000100.01110000
 - Máscara ➔ 255.255.255.0 = 11111111.11111111.11111111.00000000
- # dispositivos = $2^{\text{\#ceros}} - 2$ ➔ ej. 8 ceros (/24) permite 254 dispositivos
- El -2 viene de que la primera y última son reservadas. Ej. 200.27.4.112/24
 - 200.27.4.0 = 11001000.00011011.00000100.00000000 ➔ Reservada (subred)
 - 200.27.4.1 = 11001000.00011011.00000100.00000001 ➔ Dispositivo #1
 - ...
 - 200.27.4.254 = 11001000.00011011.00000100.11111110 ➔ Dispositivo #254
 - 200.27.4.255 = 11001000.00011011.00000100.11111111 ➔ Reservada (difusión)

EL PROTOCOLO IP

➤ Direcciones **públicas**

- Cada dirección se asigna a sólo 1 dispositivo en Internet.
Se asignan centralizadamente

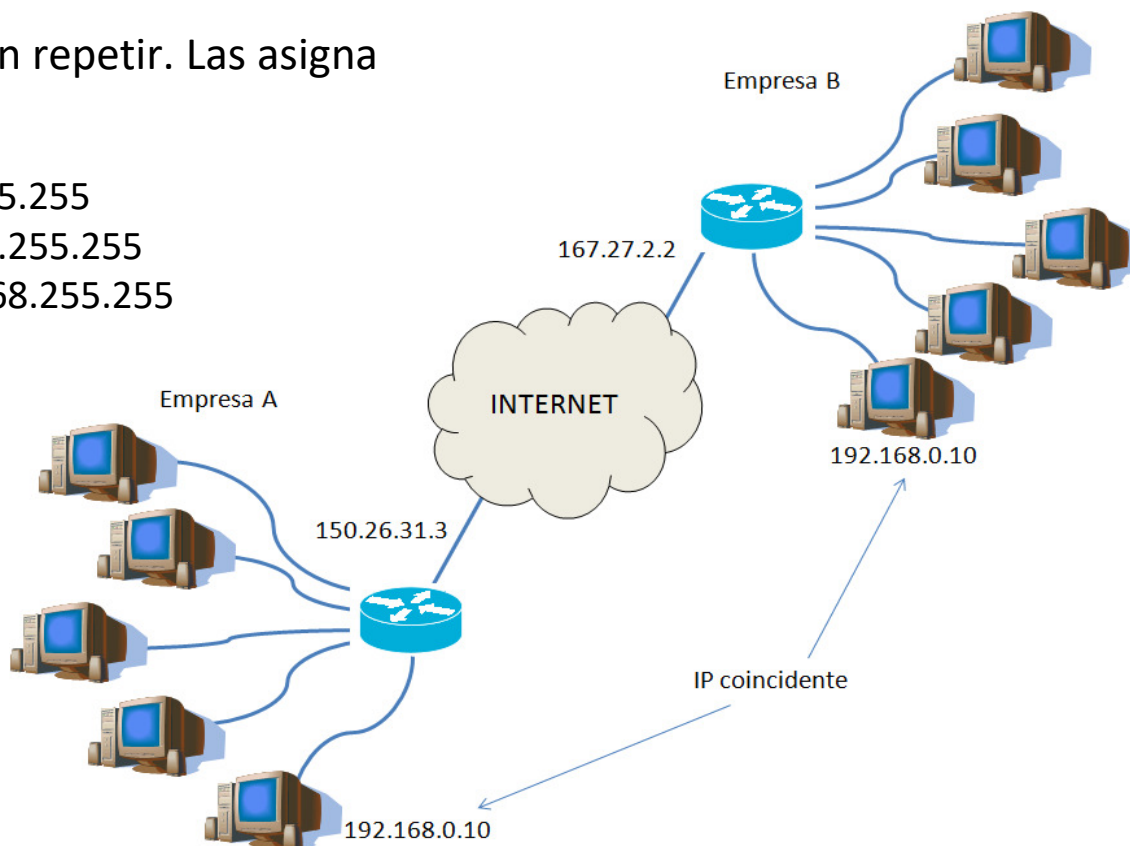
➤ Direcciones **privadas**

- Sólo en intranets. Se pueden repetir. Las asigna el usuario según su criterio.

10.0.0.0/8 → de 10.0.0.0 a 10.255.255.255

172.16.0.0/16 → de 172.16.0.0 a 172.31.255.255

192.168.0.0/24 → de 192.168.0.0 a 192.168.255.255



EL PROTOCOLO IP

➤ Direcciones IP: CLASES (ver RFC 1166)

- Identificar universalmente entidades a nivel IP: *hosts* y nodos de encaminamiento.
- 32 bits, notación decimal con puntos. Ejemplo: 192.168.212.60
- 5 clases de direcciones IP
- Clases A,B,C → Jerárquicas a dos niveles:

identificador de *red* + identificador *host* (o *router*)

Clase A	0	red (7 bits)	host (24 bits)
Clase B	1 0	red (14 bits)	host (16 bits)
Clase C	1 1 0	red (21 bits)	host (8 bits)
Clase D	1 1 1 0	dirección grupo <i>multicast</i> (28 bits)	
Clase E	1 1 1 1 0	uso futuro	

EL PROTOCOLO IP

5 clases de direcciones (cont.):

Rangos:

A→	0.0.0.0-127.255.255.255	⇒	128 redes x 16.777.216 hosts
B→	128.0.0.0-191.255.255.255	⇒	16.384 redes x 65.536 hosts
C→	192.0.0.0-223.255.255.255	⇒	2.097.152 redes x 256 hosts
D→	224.0.0.0-239.255.255.255	⇒	para multicast
E→	240.0.0.0-255.255.255.255	⇒	usos futuros

Reglas especiales:

host = 0 ⇒ *identifica una red, nunca es una dirección origen, no se usa para hosts*

host = 11...1 ⇒ *difusión en la red especificada es una dirección destino, no se usa para hosts*

127.0.0.0 ⇒ *autobucle*

Para evitar ambigüedades el id de host no debe ser ni 255 ni 0

Reserva de direcciones privadas (RFC1918):

Clase A → 10.0.0.0 → 1 Red privada clase A

Clase B → 172.16.0.0 - 172.31.0.0 → 16 redes privadas clase B

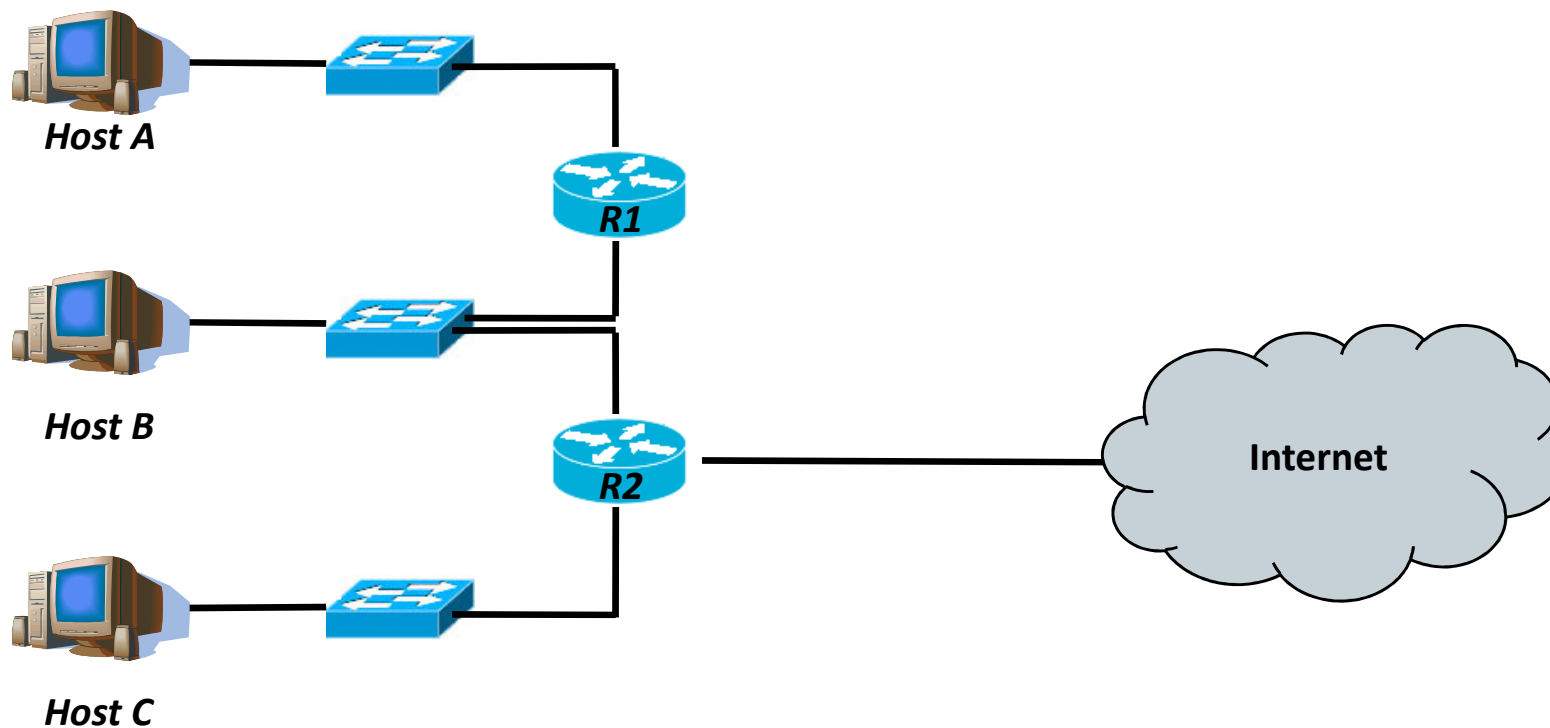
Clase C → 192.168.0.0 - 192.168.255.0 → 256 redes privadas clase C

Gestión/asignación: IANA (www.iana.org) ahora gestionada por ICANN (www.icann.org)

EL PROTOCOLO IP

➤ Ejercicio: Asignar direcciones

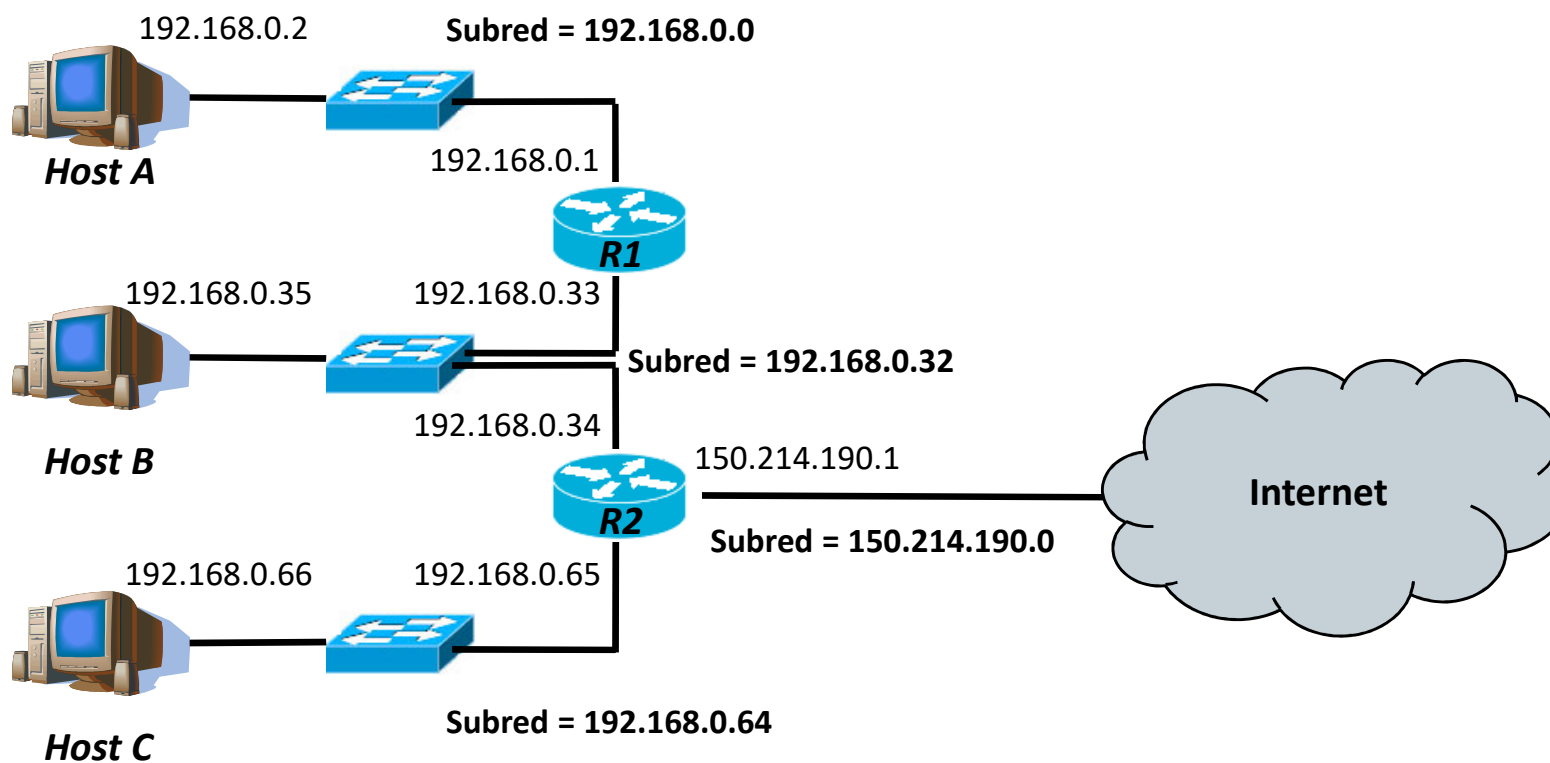
- Subredes corporativas: 30 dispositivos, direcciones privadas 192.168.0.0
- Subred de acceso: dirección pública (ISP)



EL PROTOCOLO IP

➤ Ejercicio: Asignar direcciones

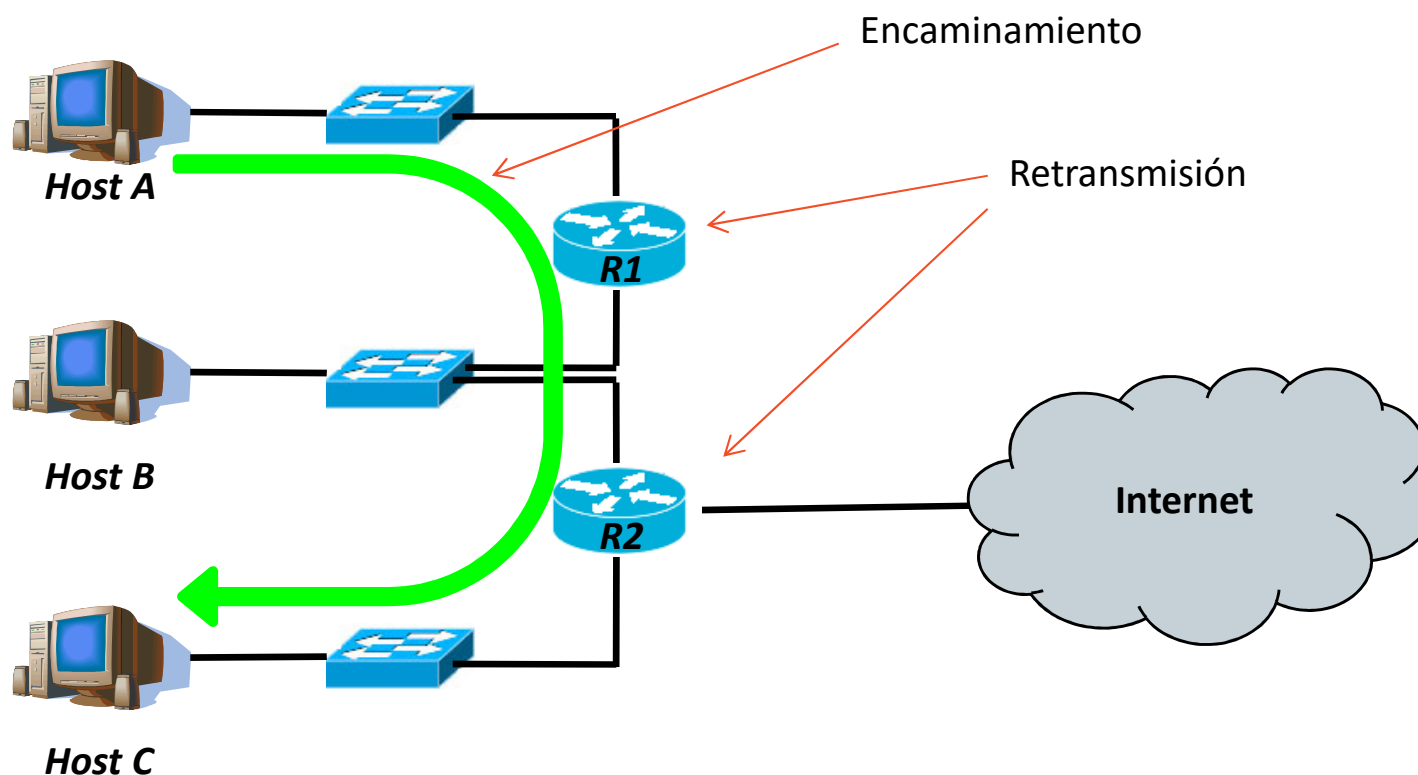
- Subredes corporativas: 30 dispositivos, direcciones privadas 192.168.0.0 → 5 ceros, /27
- Subred de acceso: dirección pública (ISP) → 2 ceros, /30, 150.214.190.0 (UGR)



EL PROTOCOLO IP

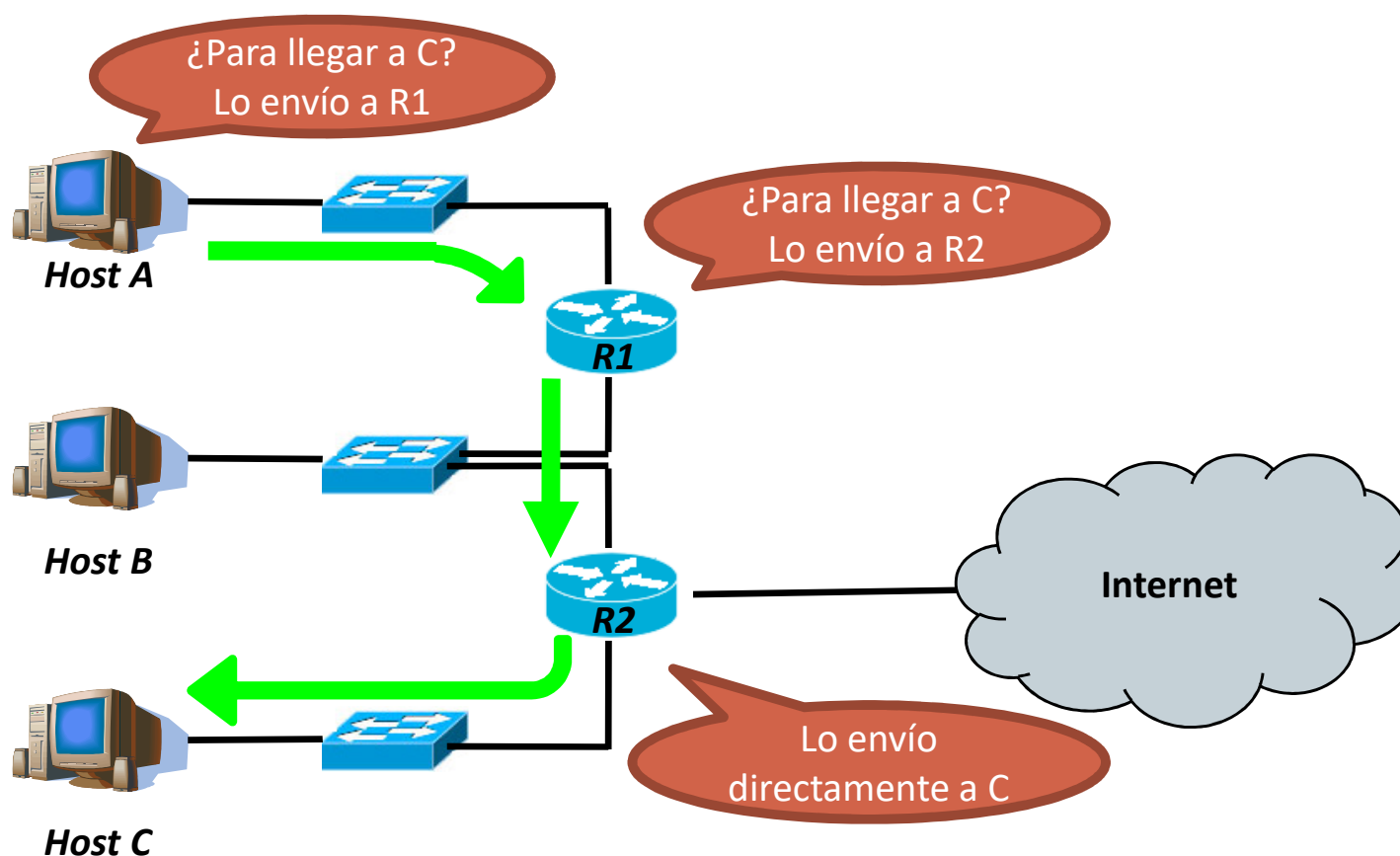
➤ El encaminamiento

- Llevar la información (paquetes) de un origen a un destino en una red conmutada.
- Se decide paquete a paquete y salto a salto en función de la IP destino del paquete y de la tabla de encaminamiento residente en el router



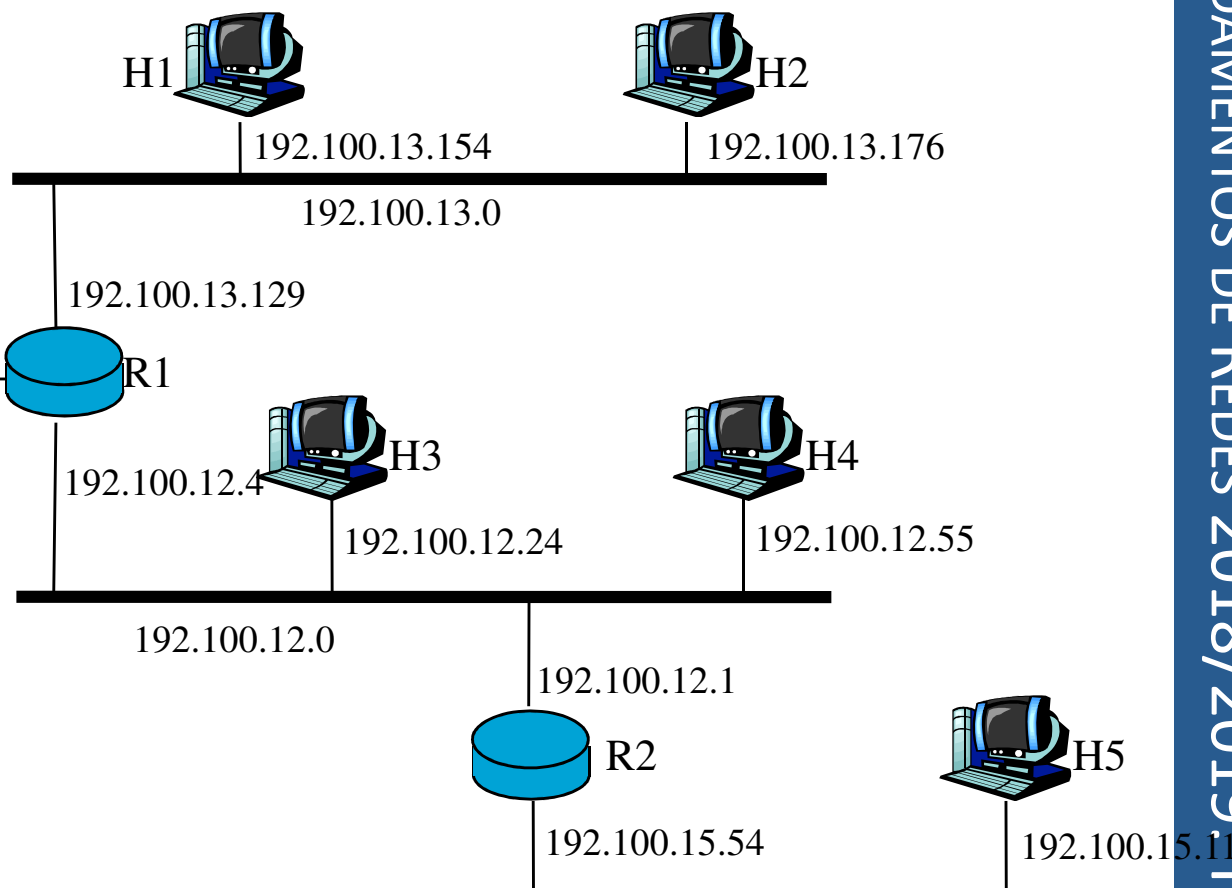
EL PROTOCOLO IP

- Retransmisión salto-a-salto:
 - Resolución local del camino
 - En el dispositivo origen y todos los intermedios



EL PROTOCOLO IP

- ☐ El encaminamiento se realiza **salto a salto** y **datagrama a datagrama** (IP es no orientado a conexión).
- ☐ Modos de encaminamiento: **directo y no directo**.
 150.100.0.1
 ↙
 Hacia Internet
- ☐ Cada nodo (*host* o *router*) tiene una tabla de encaminamiento.
- ☐ Un *router* suele estar en varias redes distintas, un *host* suele estar en solo una. Tabla de R1, * = routing directo



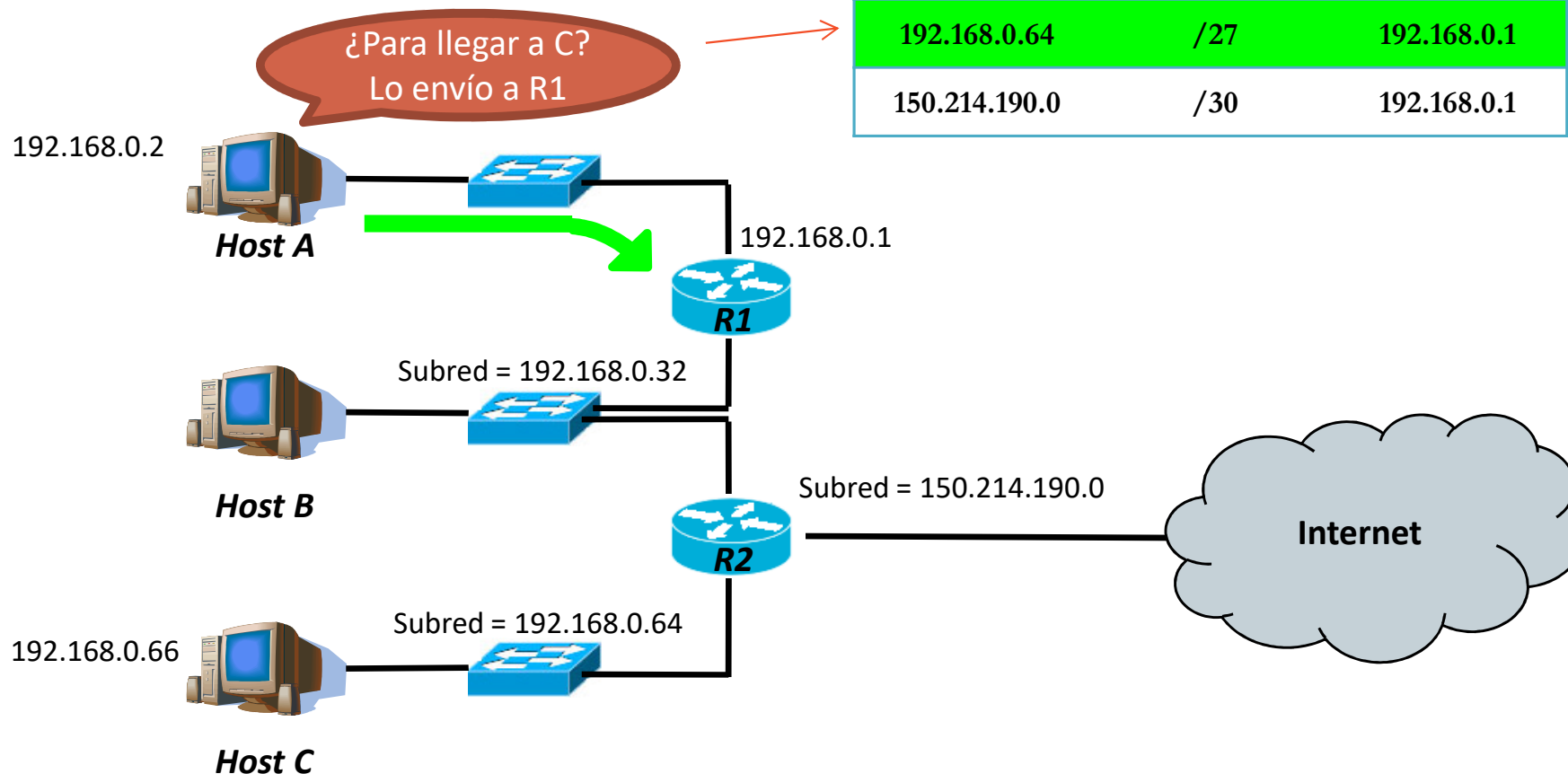
i	Destino (D_i)	Salto siguiente (S_i)	Máscara (M_i)	Flags	Interfaz(I_i)
1	127.0.0.1	*	255.255.255.255	H	lo
2	192.100.12.0	*	255.255.255.0	-	eth0
.	192.100.13.0	*	255.255.255.0	-	eth1
.	192.100.15.0	192.100.12.1	255.255.255.0	G	eth0
N	Default	150.100.0.222	0.0.0.0	G	eth2

- ☐ En caso de conflicto se elige la ruta con máscara más larga

EL PROTOCOLO IP

➤ Tabla de encaminamiento:

Dirección IP destino	Máscara	Siguiente nodo
192.168.0.0	/27	-
192.168.0.32	/27	192.168.0.1
192.168.0.64	/27	192.168.0.1
150.214.190.0	/30	192.168.0.1



EL PROTOCOLO IP

➤ Tabla de encaminamiento:

- Dirección de destino (DD): 192.168.0.66

- Para cada entrada

- DD & Máscara = A

- ¿A = Dirección de destino?

Elegir el Siguiete Nodo

Dirección IP destino	Máscara	Siguiente nodo
192.168.0.0	/27	-
192.168.0.32	/27	192.168.0.1
192.168.0.64	/27	192.168.0.1
150.214.190.0	/30	192.168.0.1

- $192.168.0.66 \& /27 = 11000000.10101000.00000000.01000010 \& /27 = 192.168.0.64$

- ¿192.168.0.64 = 192.168.0.0? NO

- $192.168.0.66 \& /27 = 11000000.10101000.00000000.01000010 \& /27 = 192.168.0.64$

- ¿192.168.0.64 = 192.168.0.32? NO

- $192.168.0.66 \& /27 = 11000000.10101000.00000000.01000010 \& /27 = 192.168.0.64$

- ¿192.168.0.64 = 192.168.0.64? SÍ ➔ Siguiente Nodo = 192.168.0.1

- $192.168.0.66 \& /30 = 11000000.10101000.00000000.01000010 \& /30 = 192.168.0.64$

- ¿192.168.0.64 = 150.214.190.0? NO

- ¿Colisión? La de máscara más restrictiva (+ 1s)

EL PROTOCOLO IP

➤ Tabla de encaminamiento:

➤ Problemas:

- No direcciona Internet (ej. www.google.com = 172.194.34.209)
- Sólo un camino de salida ➔ ¿necesitamos 4 entradas?

Dirección IP destino	Máscara	Siguiente nodo
192.168.0.0	/27	-
192.168.0.32	/27	192.168.0.1
192.168.0.64	/27	192.168.0.1
150.214.190.0	/30	192.168.0.1

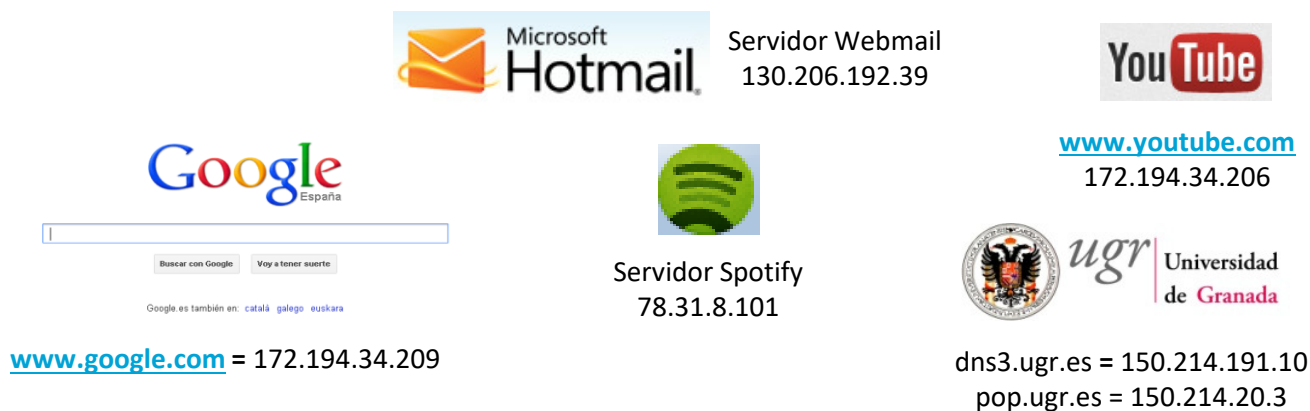
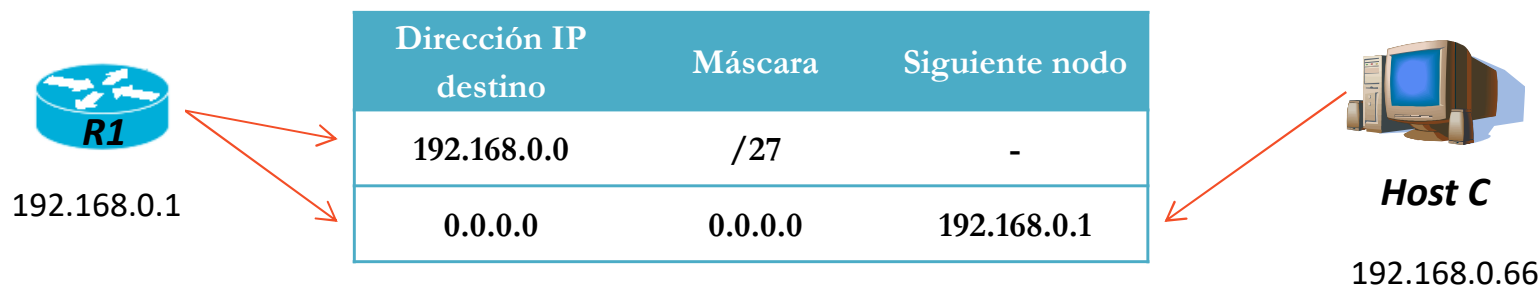
¡¡Usar la entrada por defecto!! ➔ /0

EL PROTOCOLO IP

➤ Tabla de encaminamiento:

➤ Problemas:

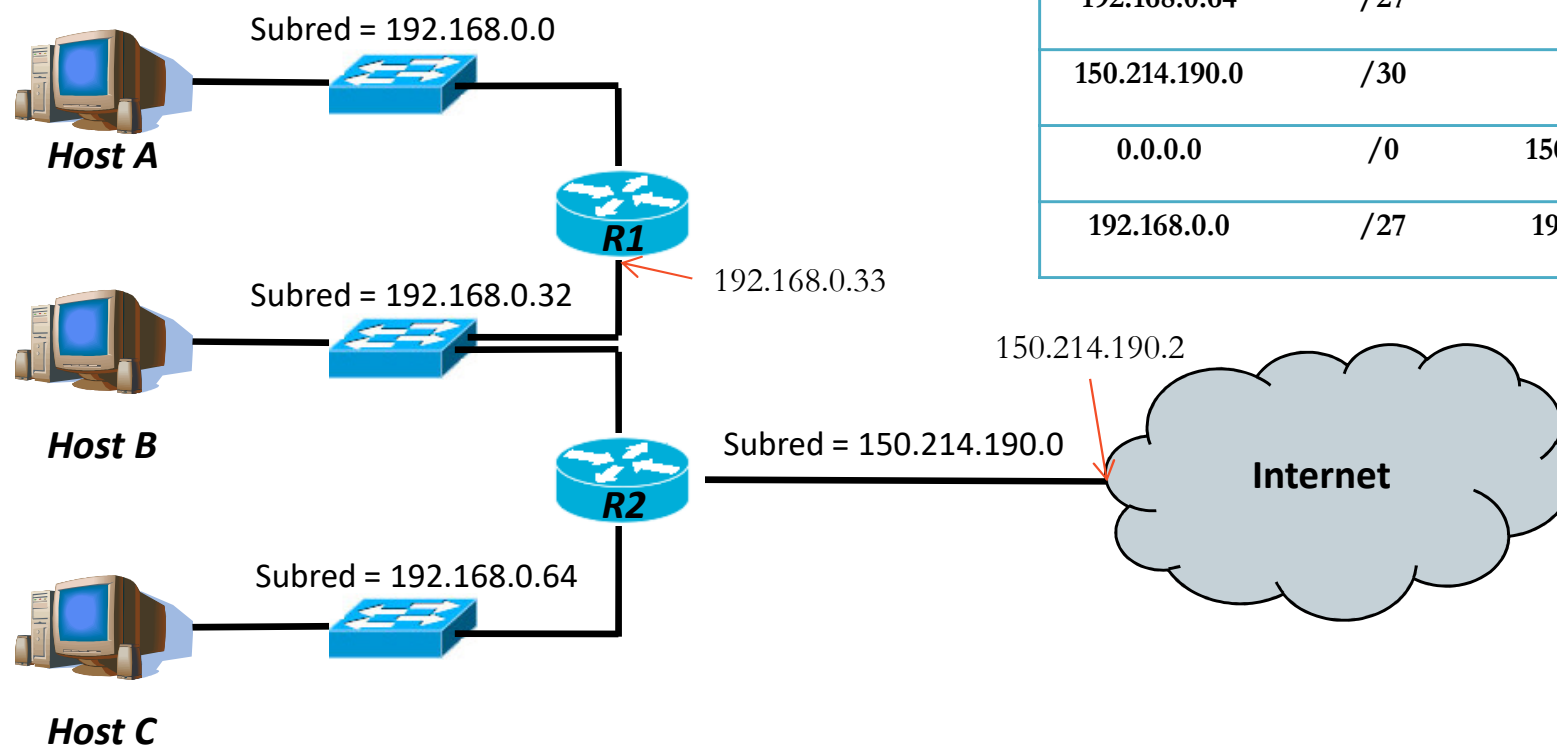
- No direcciona Internet (ej. www.google.com = 172.194.34.209)
- Sólo un camino de salida ➔ ¿necesitamos 4 entradas?



EL PROTOCOLO IP

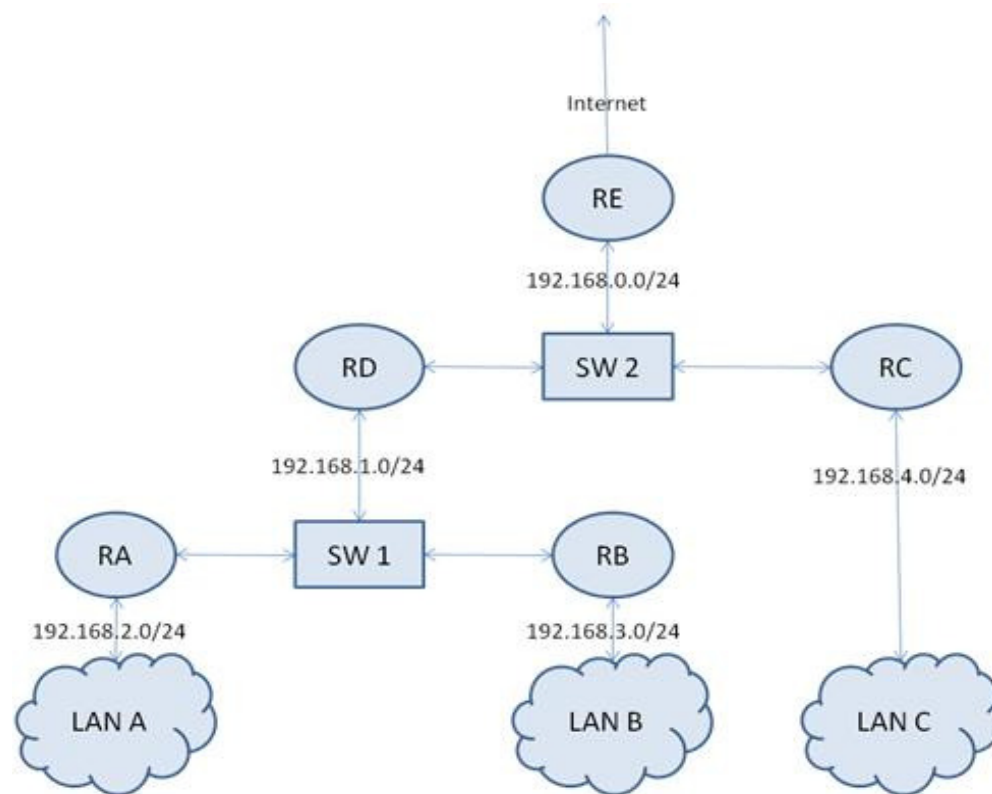
➤ Ejercicio: Diseñar la Tabla de encaminamiento en R2

- i) Incorporar todas las redes directamente conectadas.
- ii) Incorporar la entrada por defecto
- iii) Añadir todas las entradas adicionales necesarias.



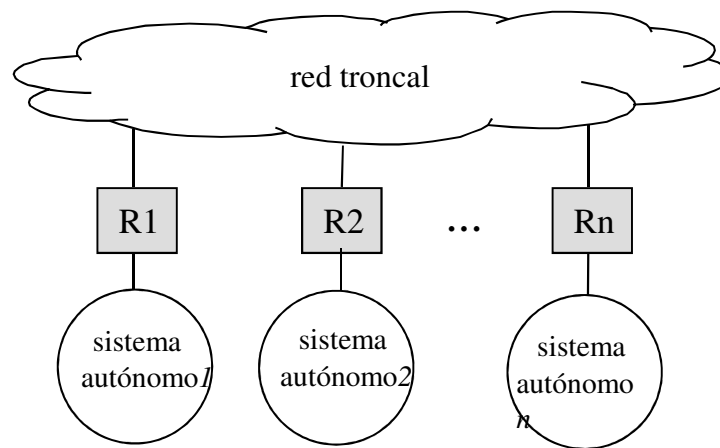
Dirección IP destino	Máscara	Siguiente nodo
192.168.0.32	/27	-
192.168.0.64	/27	-
150.214.190.0	/30	-
0.0.0.0	/0	150.214.190.2
192.168.0.0	/27	192.168.0.33

7. Imagine una situación donde hay cinco routers RA-RE. RA, RB y RC se conectan cada uno a una red local A, B y C, siendo cada router única puerta de enlace de cada red. RA, RB y RD están conectados entre sí a través de un switch. RC, RD y RE están conectados entre sí a través de un switch. RE conecta a Internet a través de la puerta de acceso especificada por el ISP. Especifique tablas de encaminamiento en los routers. Asigne a voluntad las direcciones IP e interfaces necesarias.



EL PROTOCOLO IP

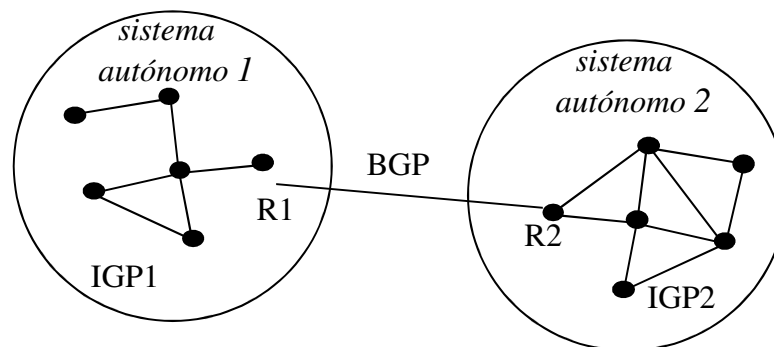
- ❑ Para facilitar la administración y aumentar la escalabilidad Internet se jerarquiza en **Sistemas Autónomos** (SA).
- ❑ Un **SA** es un conjunto de redes y *routers* administrados por **una autoridad**.
- ❑ Cada SA informa a los otros SA de las redes accesibles.
Existe un *router* responsable, denominado **router exterior** (R1, R2, Rn).
- ❑ Cada SA se identifica por un entero de 16 bits (DESDE 2007 ES 32-BITS).
Rediris = AS766



EL PROTOCOLO IP

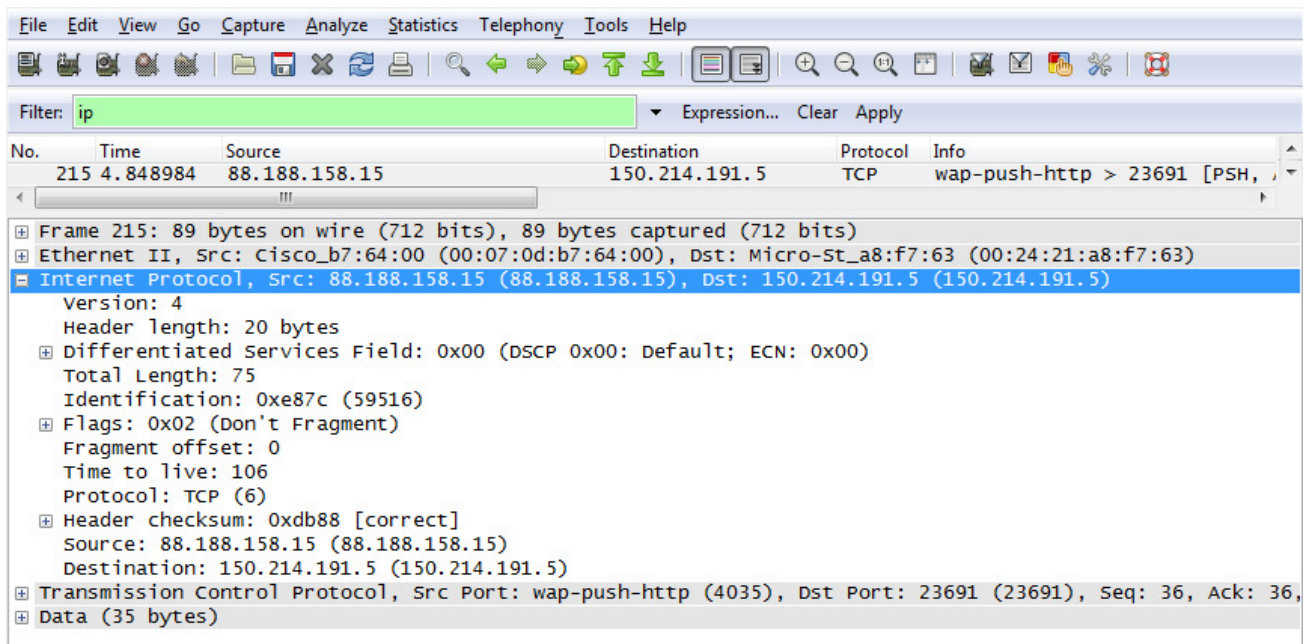
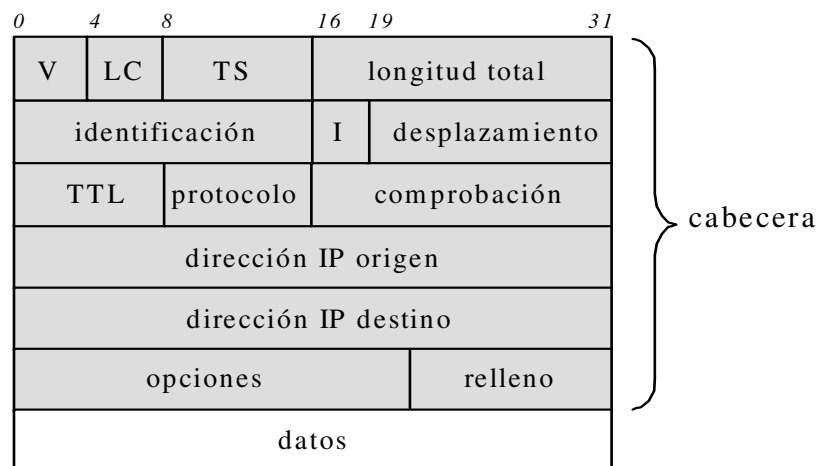
➤ Intercambio de tablas

- Internet se jerarquiza en Sistemas Autónomos
- Dos niveles de encaminamiento (intercambio de tablas):
 - Algoritmos IGP (el administrador tiene libertad de elección):
RIP, OSPF, HELLO, IS-IS, IGRP, EIGRP
 - Algoritmos EGP (norma única en Internet): **BGP**



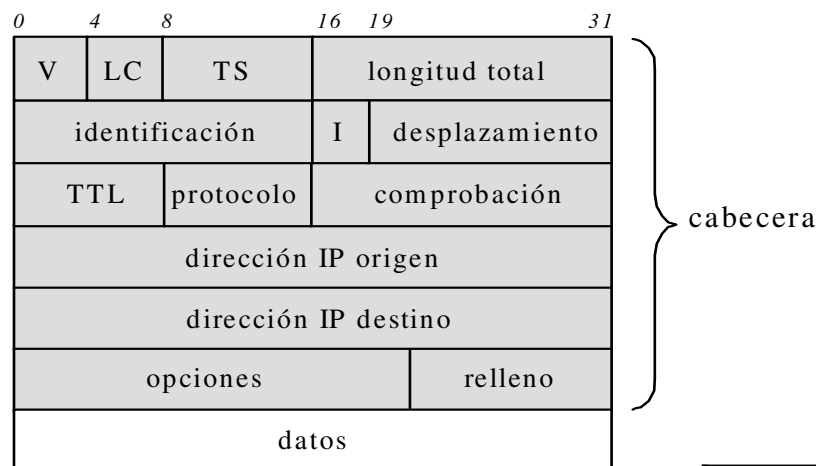
EL PROTOCOLO IP

➤ Formato de datagrama



EL PROTOCOLO IP

➤ Formato de datagrama



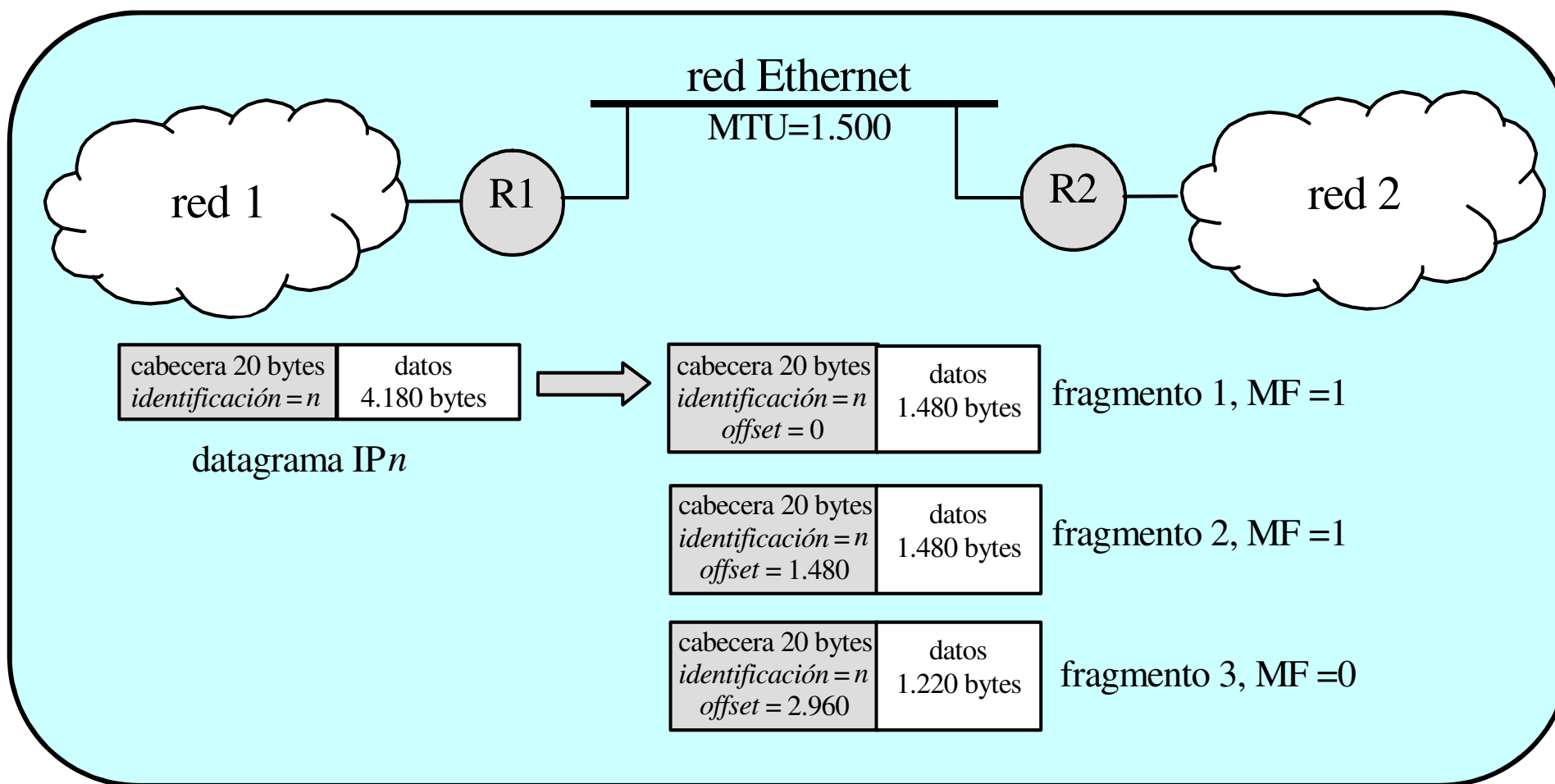
➤ Fragmentación IPv4:

- Tamaño máximo: $2^{16}-1 = 65.535$ bytes.
- Adaptarse a la **MTU** (Maximum Transfer Unit)
- Ensamblado en destino final
- **desplazamiento**: offset respecto del comienzo del paquete.
- **indicadores (I)**: “Don’t Fragment”, “More Fragments”.

Nivel de enlace	MTU (bytes)
PPP normal	1500
PPP bajo retardo	296
X.25	1600 (RFC 1356)
Frame Relay	1600 (normalmente)
Ethernet DIX	1500
Ethernet LLC-SNAP	1492
Token Ring 4 Mb/s	4440 (THT 8ms)
Classical IP over ATM	9180

EL PROTOCOLO IP

➤ Fragmentación IPv4:



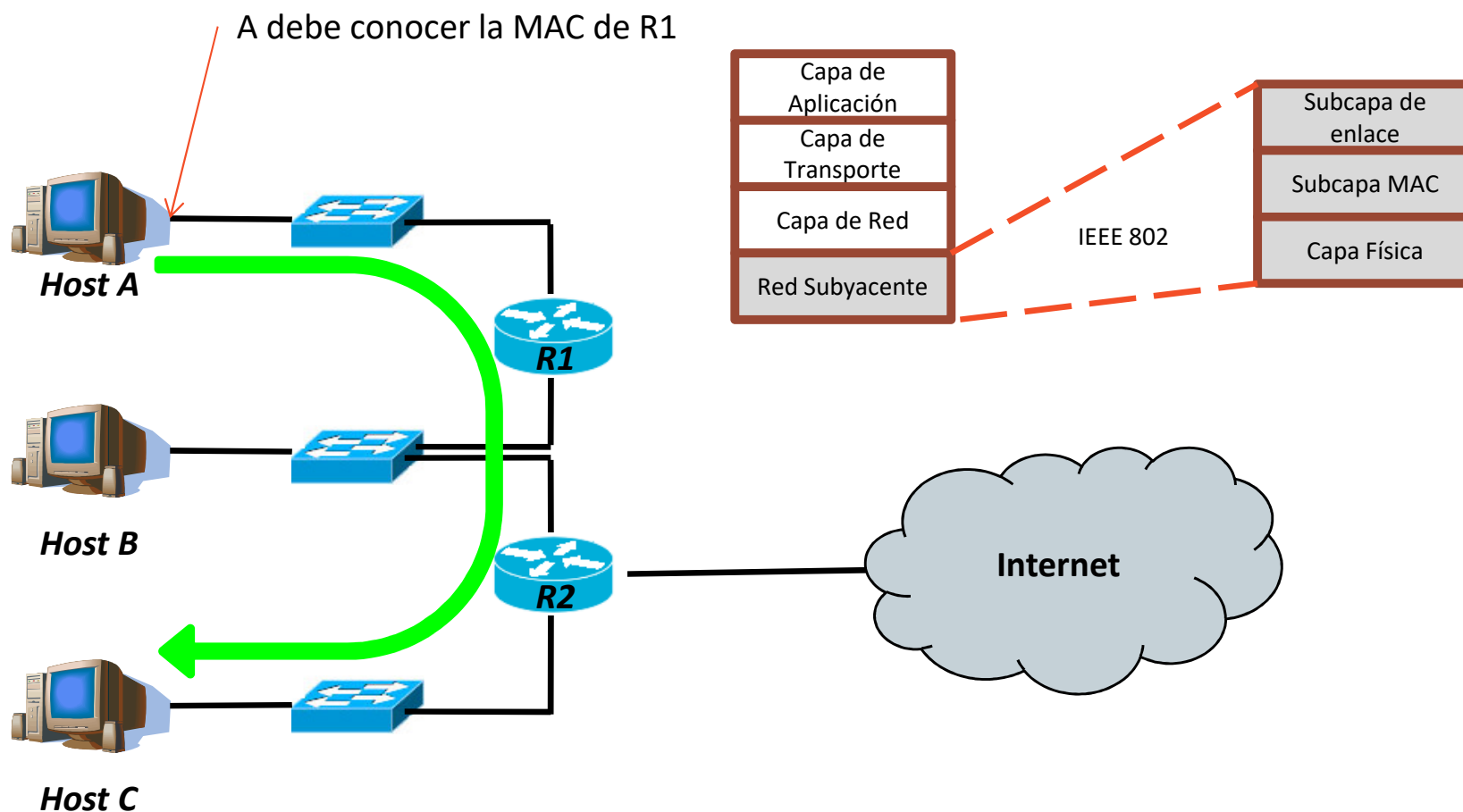
Tema 4. REDES CONMUTADAS E INTERNET

1. Funcionalidades
2. Conmutación
3. El protocolo IP
- 4. Asociación con Capa de Enlace: El protocolo ARP**
5. El protocolo ICMP

EL PROTOCOLO ARP

➤ Direcciones MAC

- Tras la redirección IP ➔ Enviar a la MAC del siguiente nodo



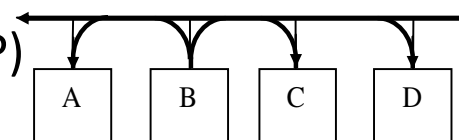
EL PROTOCOLO ARP

➤ Direcciones MAC

- Tras la redirección IP ➔ Enviar a la MAC del siguiente nodo
- Usadas en redes Ethernet y Wifi
- Formato (6 bytes): HH-HH-HH-HH-HH-HH ➔ ej. 00-24-21-A8-F7-6A
- Únicas, asignadas por IEEE en lotes de 2^{24} para cada fabricante
- Dirección de difusión (broadcast) FF-FF-FF-FF-FF-FF

- Protocolo: Address Resolution Protocol (ARP)

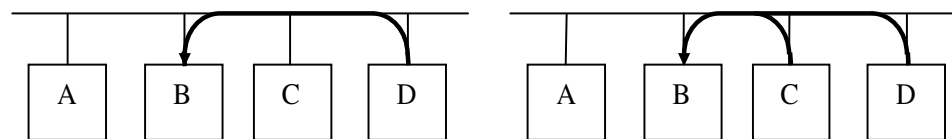
Obtener MAC a partir de IP: (a) y (b)



(a)

- Protocolo: Reverse ARP (RARP)

Obtener IP a partir de MAC: (a) y (c)



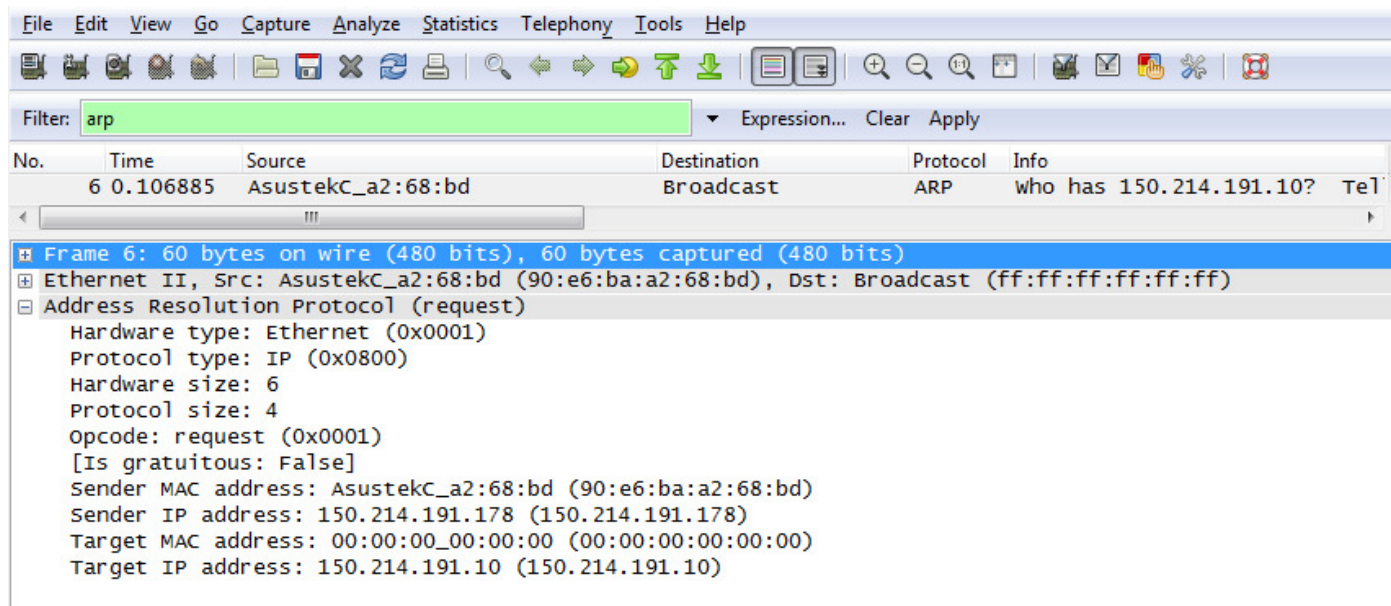
(b)

(c)

EL PROTOCOLO ARP

➤ Formato ARP:

0	8	16	31
Htipo		Ptipo	
Hlen	Plen	Operación	
Hemisor (bytes 0-3)			
Hemisor (bytes 4-5)		Pemisor (bytes 0-1)	
Pemisor (bytes 2-3)		Hsol (bytes 0-1)	
Hsol (bytes 2-5)			
Psol (bytes 0-3)			



Tema 4. REDES CONMUTADAS E INTERNET

1. Funcionalidades
2. Conmutación
3. El protocolo IP
4. Asociación con Capa de Enlace: El protocolo ARP
- 5. El protocolo ICMP**

EL PROTOCOLO ICMP

➤ ICMP (Internet Control Message Protocol)

- Informa sobre situaciones de error → es un protocolo de señalización
- Suelen ir (excepto eco y solicitudes) hacia el origen del datagrama IP original
- ICMP se encapsula en IP
- Cabecera de 32 bits
 - Tipo (8 bits): tipo de mensaje
 - Código (8 bits): subtipo de mensaje
 - Comprobación (16 bits)

0	8	16
tipo	código	comprobación



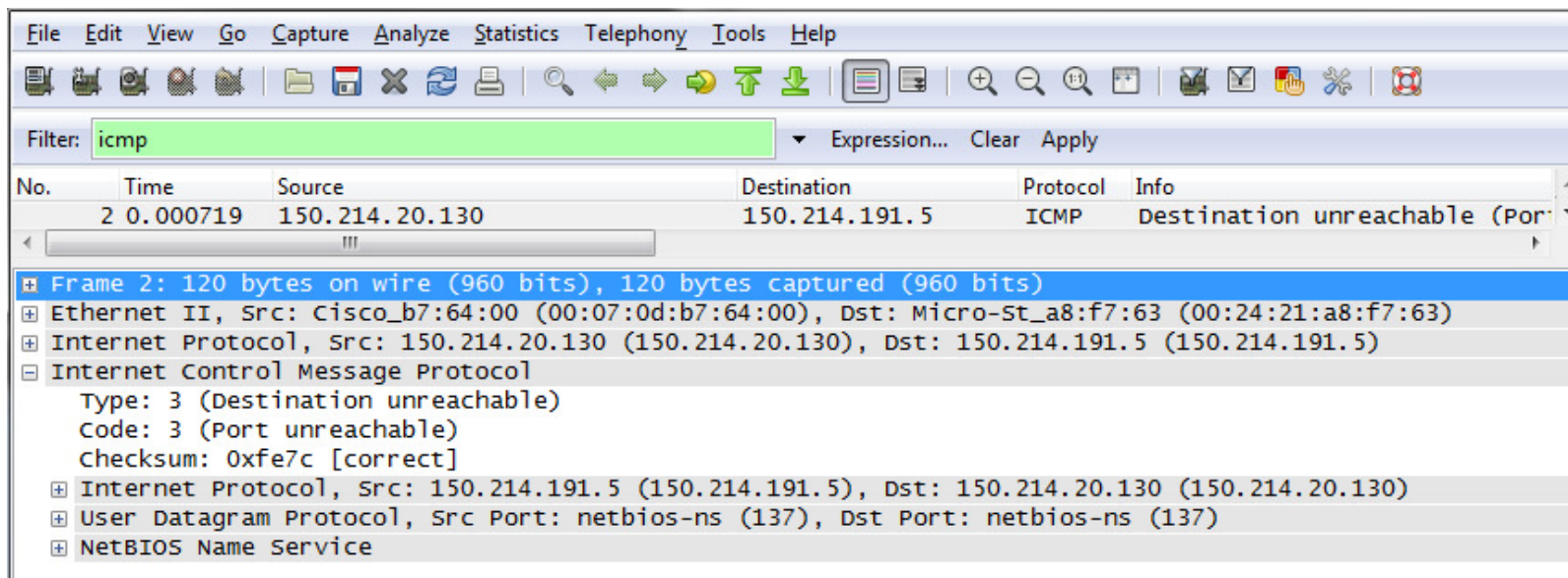
Mensajes ICMP:

Campo o tipo	Mensaje ICMP
8/0	Solicitud/respuesta de eco
3	Destino inalcanzable
4	Ralentización del origen
5	Redireccionamiento
11	Tiempo de vida excedido
12	Problema de parámetros
13/14	Solicitud/respuesta de sello de tiempo
17/18	Solicitud/respuesta de máscara de red

EL PROTOCOLO ICMP

➤ ICMP (Internet Control Message Protocol)

- informa sobre situaciones de error → señalización
- Hacia el origen del datagrama IP.
- Se encapsula en IP
- Cabecera de 32 bits



TEMA 4

REDES CONMUTADAS E

INTERNET

Fundamentos de Redes
2018/2019



ugr

Universidad
de Granada