



Universidad  
de Huelva



Departamento de Ing. Electrónica,  
Sistemas Informáticos y Automática

TERCER CURSO. TECNOLOGÍA DE REDES

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Huelva

# Problemas de Tecnología de Redes

Manuel Sánchez Raya  
Versión 0.1  
13 de Abril de 2004

## ÍNDICE

Problemas del Tema 1. Redes IP. Protocolo IP.....	2
Problemas del Tema 2. Protocolo TCP. Nivel de Transporte. ....	22
Problemas del Tema 3. Protocolos del nivel de Aplicación.....	25

### Fuente:

Elaboración propia.

Exámenes Universidad de Málaga, año 1990-1994.

Exámenes Universidad Carlos III, años 2000-2001.

Problemas Universidad de Navarra.

Exámenes Universidad de Huelva, año 2002.

# Problemas del Tema 1. Redes IP.

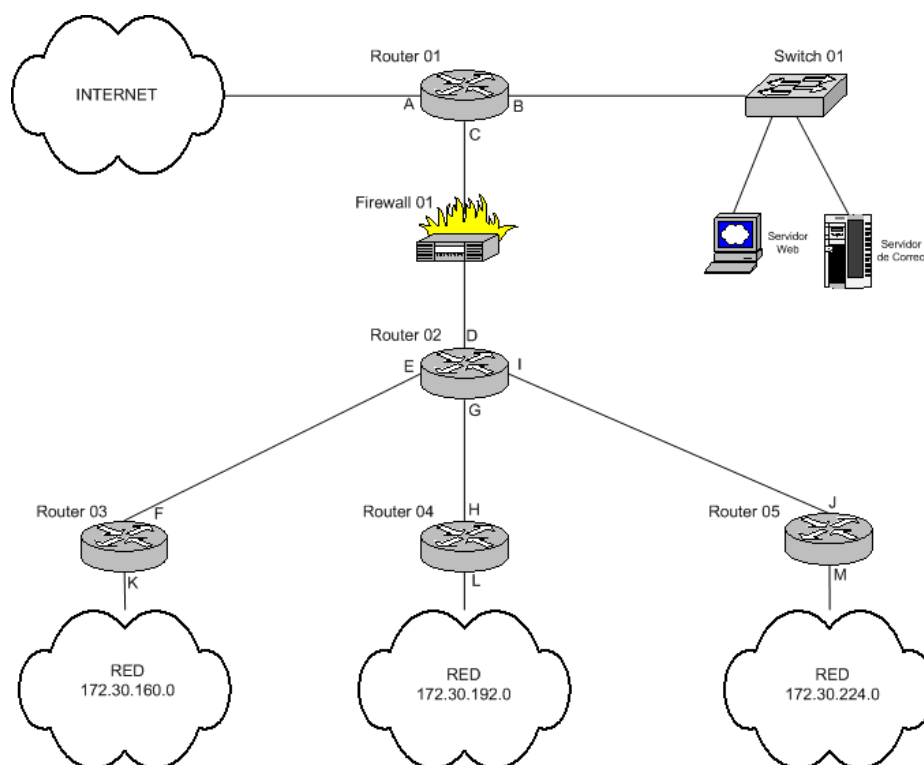
## Protocolo IP.

P1. Completar la siguiente tabla colocando las máscaras de Red correspondientes.

Ip	Máscara	Subred	Cantidad de Ip's
192.168.0.1	255.255.255.0	192.168.0.0	256
173.30.216.158	255.255.255.192	173.30.216.128	64
172.16.16.210	255.255.255.128	172.16.16.128	128
192.168.100.225	255.255.255.224	192.168.100.224	32
192.168.3.161	255.255.255.224	192.168.3.160	32
192.168.100.129	255.255.255.224	192.168.100.128	32
192.168.42.70	255.255.255.192	192.168.42.64	64
192.168.42.56	255.255.255.240	192.168.42.48	16

P2. La siguiente red esta compuesta de 4 Router's configurados de la siguiente manera:

Equipo	Interfaz	Ip	Máscara
Router 01	A	172.30.30.1	255.255.158.0
Router 01	B	172.30.40.1	255.255.128.0
Router 01	C	172.30.50.1	255.255.128.0
Router 02	D	172.30.50.2	255.255.128.0
Router 02	E	172.30.160.1	255.255.224.0
Router 02	G	172.30.192.1	255.255.224.0
Router 02	I	172.30.224.1	255.255.224.0
Router 03	F	172.30.160.2	255.255.224.0
Router 03	K	172.30.160.3	255.255.224.0
Router 04	H	172.30.192.2	255.255.224.0
Router 04	L	172.30.192.3	255.255.224.0
Router 05	J	172.30.224.2	255.255.224.0
Router 05	M	172.30.224.3	255.255.224.0



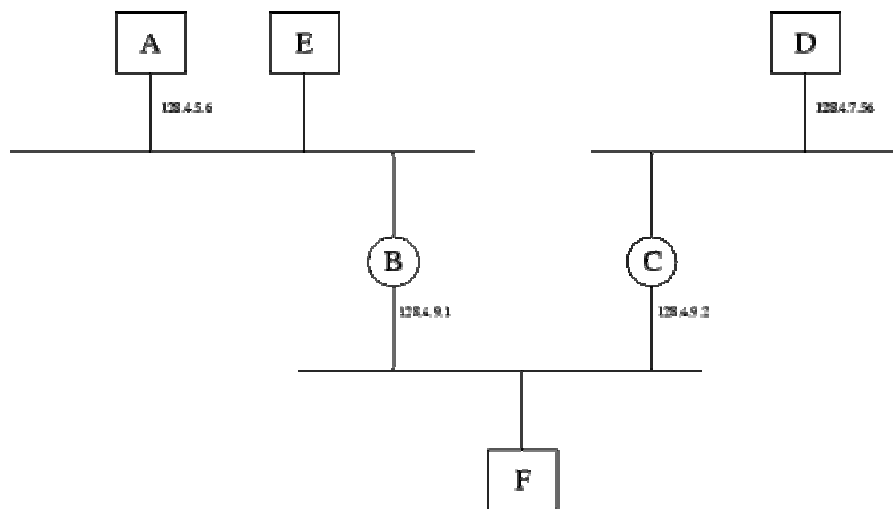
Complete la siguiente tabla de los Routers 02, 03, 04, 05. Utilice la tabla de ruteo del Router 01 como base de su ejercicio:

Equipo	Destino	Máscara	Interfaz de Salida
Router 01	172.30.40.0	255.255.128.0	B
Router 01	172.30.50.0	255.255.128.0	C
Router 01	0.0.0.0	Ruta por defecto	A
Router 02	172.30.160.0	255.255.224.0	E
Router 02	172.30.192.0	255.255.224.0	G
Router 02	172.30.224.0	255.255.224.0	I
Router 02	0.0.0.0	Ruta por defecto	D
Router 03	172.30.160.0	255.255.224.0	K
Router 03	0.0.0.0	Ruta por defecto	F
Router 04	172.30.192.0	255.255.224.0	L
Router 04	0.0.0.0	Ruta por defecto	H
Router 05	172.30.224.0	255.255.224.0	M
Router 05	0.0.0.0	Ruta por defecto	J

P3.Dada la situación representada en la figura:

- Asignar razonadamente unas direcciones IP válidas a las interfaces de red a las que les falte.
- Establecer unas tablas de encaminamiento para que (simultáneamente):
  - A hable con D y viceversa
  - E hable con C pero no con D
  - A no pueda hablar con F
- Mostrar las tramas Ethernet (indicando sólo los campos relevantes) necesarias para que un datagrama IP con origen A y destino D viaje desde A hasta D, incluyendo las tramas necesarias para la resolución de direcciones. Asignar las direcciones Ethernet que se consideren necesarias.

NOTA: La máscara de subred es 255.255.255.0 en todos los casos.



Solución:

- E-128.4.5.7; B1-128.4.5.8; C1-128.4.7.57; F-128.4.9.3

b) Tablas de A:

128.4.5.0	0.0.0.0
128.4.7.0	128.4.5.8

Tablas de B:

128.4.5.0	0.0.0.0
128.4.9.0	0.0.0.0
128.4.7.0	128.4.9.2

Tablas de C:

128.4.5.0	128.4.9.1
128.4.9.0	0.0.0.0
128.4.7.0	0.0.0.0

Tablas de D:

128.4.7.0	0.0.0.0
0.0.0.0	128.4.7.57

Tablas de E:

128.4.5.0	0.0.0.0
128.4.9.0	128.4.5.8

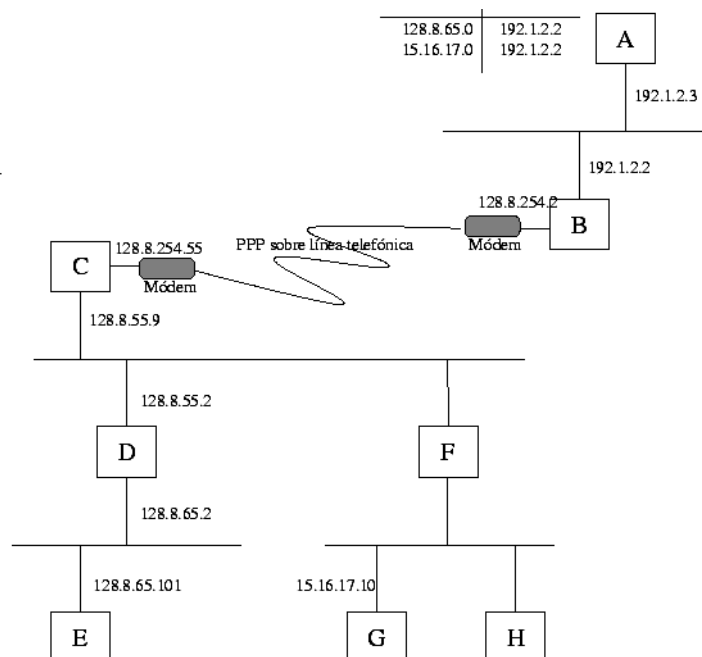
c) Tramas:

- A hace solicitud de ARP, preguntando por 128.4.5.8
- B hace respuesta de ARP, con 1:2:3:7:8:9 (dirección de B1)
- A manda trama ethernet a 1:2:3:7:8:9 con datagrama IP de origen 128.4.5.6 y destino 128.4.7.56
- B hace solicitud de ARP, preguntando por 128.4.9.2
- C hace respuesta de ARP, con 3:4:5:4:5:6 (dirección de C2)
- B manda trama ethernet a 3:4:5:4:5:6 con datagrama IP de origen 128.4.5.6 y destino 128.4.7.56
- C hace solicitud de ARP, preguntando por 128.4.7.56
- D hace respuesta de ARP, con 6:7:8:4:5:6 (dirección de D)
- C manda trama ethernet a 6:7:8:4:5:6 con datagrama IP de origen 128.4.5.6 y destino 128.4.7.56

No es la única forma de escribir las tablas. Se valora especialmente la corrección de las de B y C.

P4. En la figura se muestra una red basada en protocolos TCP/IP. La máscara de cada subred es 255.255.255.0. No se permiten rutas por defecto. La tabla de encaminamiento de A se muestra en la figura. El resto de tablas se supone que no impiden ningún camino de comunicación. Se pide:

- ¿Qué dirección IP podría tener H? ¿Y F? Justifíquese.
- ¿Puede hablar A con C? Justifíquese.
- ¿Puede hablar A con E? Justifíquese.
- ¿Cómo habría que actualizar alguna tabla de encaminamiento para que A hable con C pero no con D? Justifíquese.
- Explicar la secuencia de tramas que precede a la recepción del primer datagrama enviado de E a C, explicando el significado y contenido de los campos más significativos, suponiendo que todas las tablas ARP están vacías. Asignar las direcciones Ethernet que se consideren convenientes.



Solución:

- a) H: 15.16.17.11 (pese a ser una red clase A, la máscara de subred obliga a mantener en H los 3 primeros bytes de G).
- F1: 128.8.55.3 (pese a ser una red clase B, la máscara de subred obliga a mantener en F1 los 3 primeros bytes de D1).
  - F2: 15.16.17.2 (pese a ser una red clase A, la máscara de subred obliga a mantener en F1 los 3 primeros bytes de G).
- b) No, pues al consultar A su tabla de encaminamiento no encontrará:
- ninguna de las 2 direcciones IP de C.
  - ninguna de las 2 direcciones de red a que está conectado C.
  - ninguna entrada por defecto ("default")
- c) Sí pues al consultar A su tabla de encaminamiento encontrará una entrada para la red 128.8.65.0, a la que está conectado E.
- d) La tabla de A quedaría:

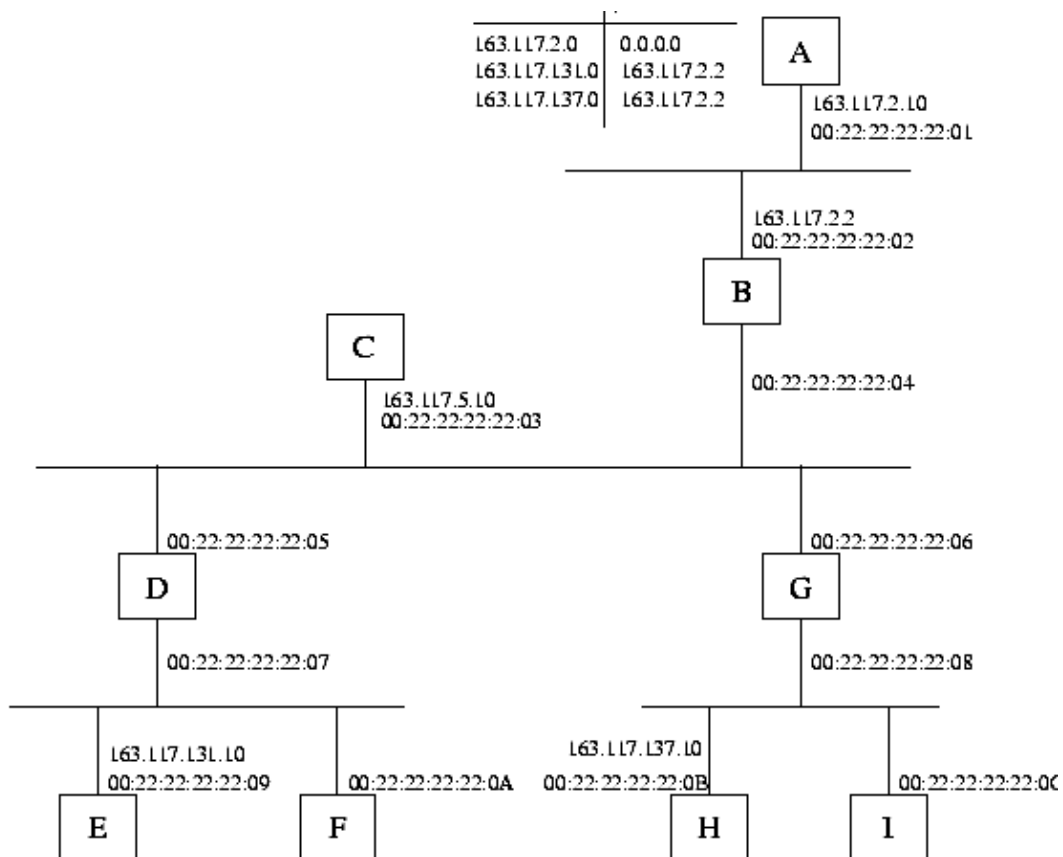
128.8.65.101	192.1.2.2
128.8.254.0	192.1.2.2
15.16.17.0	192.1.2.2

- Hay que quitar la entrada para la red 128.8.65.0 para dejar de hablar con D.
  - Hay que poner una entrada para 128.8.65.191 para seguir hablando con E.
  - Hay que poner una entrada para la red 128.8.254.0 para hablar con C. También serviría poner las direcciones de máquina 128.8.55.9 ó 128.8.254.55.
- f) Tramas:
- a. E hace solicitud de ARP, preguntando por 128.8.65.2
  - b. D hace respuesta de ARP, con 1:2:3:7:8:9 (dirección de D2)
  - c. E manda trama ethernet a 1:2:3:7:8:9 con datagrama IP de origen 128.8.65.101 y destino 128.8.55.9
  - d. D hace solicitud de ARP, preguntando por 128.8.55.9
  - e. C hace respuesta de ARP, con 3:4:5:4:5:6 (dirección de C2)
  - f. D manda trama ethernet a 3:4:5:4:5:6 con datagrama IP de origen 128.8.65.101 y destino 128.8.55.9

P5. En la figura se muestra una red basada en protocolos TCP/IP. La máscara de todas las subredes es 255.255.255.0. La tabla de encaminamiento de A se muestra en la figura. Se supone que el resto de tablas no impiden ningún camino de comunicación.

Se pide:

- Asignar razonadamente todas las direcciones IP que faltan en la figura.
- ¿Puede hablar A con C? Justifíquese.
- ¿Puede hablar A con E? Justifíquese.
- ¿Cómo habría que modificar la tabla de A para que pueda hablar con E pero no con F? Justifíquese.
- Explicar la secuencia de tramas Ethernet necesarias para que un datagrama IP con origen E y destino H viaje desde E hasta H, indicando los campos más relevantes. Supóngase que las caches de ARP están vacías.



Solución:

a) Para cada interfaz, hay que tener en cuenta que los tres primeros bytes de la dirección IP sean iguales que los de los otros interfaces conectados a la misma subred, y que el cuarto byte sea distinto. Indicaremos como B1 el interfaz de B conectado a la subred superior y como B2 el conectado a la subred inferior según la figura.

- B2: 163.117.5.2
- D1: 163.117.5.3
- D2: 163.117.131.2



- G1: 163.117.5.4
- G2: 163.117.137.2
- F: 163.117.131.11
- I: 163.117.137.11

b) No, pues al consultar A su tabla de encaminamiento no encontrará ninguna de las siguientes entradas:

- la dirección IP de C
- la dirección de red a que está conectado C
- ninguna entrada por defecto ("default")

c) Sí, pues al consultar A su tabla de encaminamiento encontrará una entrada para la red 163.117.131, a la que está conectado E.

d) Quedaría:

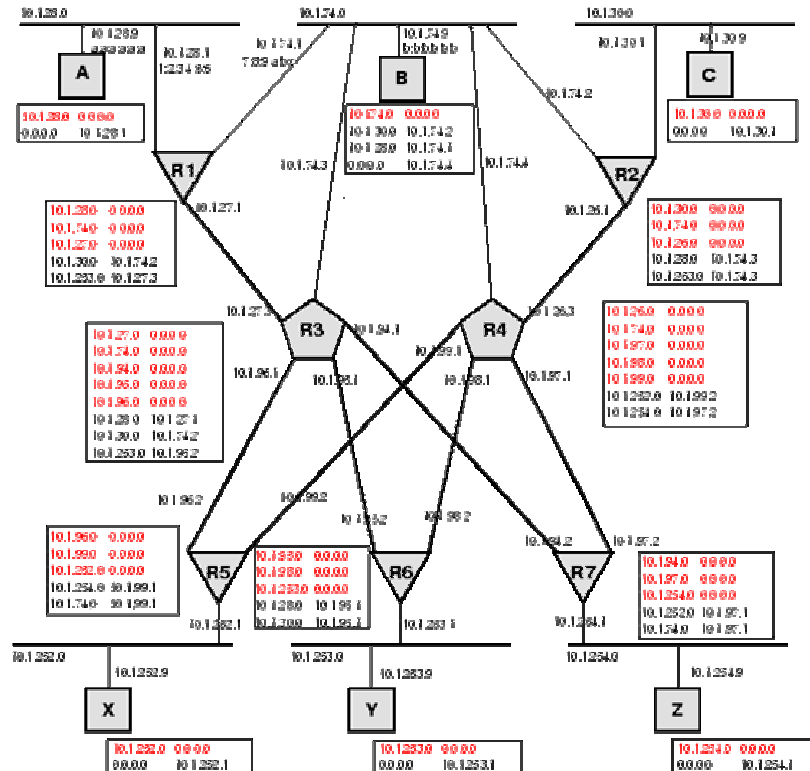
163.117.2.0	0.0.0.0
163.117.131.10	163.117.2.2
163.117.137.0	163.117.2.2

- Hay que quitar la entrada para la red 163.117.131.0 para dejar de hablar con todas las máquinas de esa red (D, E, F).
- Hay que poner una entrada para 163.117.131.10 para poder hablar con E.

e) Tramas:

13. E hace solicitud de ARP, preguntando por 163.117.131.2
14. D hace respuesta de ARP, con 00:22:22:22:22:07 (dirección de D2)
15. E manda trama ethernet a 00:22:22:22:22:07 con datagrama IP de origen 163.117.131.10 y destino 163.117.137.10
16. D hace solicitud de ARP, preguntando por 163.117.5.4
17. G hace respuesta de ARP, con 00:22:22:22:22:06 (dirección de G2)
18. D manda trama ethernet a 00:22:22:22:22:06 con datagrama IP de origen 163.117.131.10 y destino 163.117.137.10
19. G hace solicitud de ARP, preguntando por 163.117.137.10
20. H hace respuesta de ARP, con 00:22:22:22:22:0B (dirección de H)
21. G manda trama ethernet a 00:22:22:22:22:0B con datagrama IP de origen 163.117.131.10 y destino 163.117.137.10

P6.



a) Dadas la red de la figura, y considerando las tablas de encaminamiento que aparecen en la figura, completa la tabla indicando en la casillas (M,N) en blanco:

- **NO** cuando no hay camino desde M hasta N
- **La secuencia de encaminadores intermedios** cuando sí hay camino desde M hasta N.

Téngase en cuenta:

- La máscara de subred es siempre 255.255.255.0.
- Las entradas ``desvaídas" en las tablas de encaminamiento permiten la conectividad de una máquina con la(s) de su(s) propia(s) subred(es), y están presentes TODAS LAS POSIBLES.
- Los trazos gruesos corresponden a redes Ethernet o a líneas punto-a-punto
- Los trazos finos corresponden a conexiones desde una tarjeta Ethernet hasta la propia Ethernet.

	A	B	C	X	Y	Z
A	-	R1		NO	R1, R3, R6	
B	R1	-	R2		NO	
C		R2	-			NO
X	NO			-	NO	
Y	R6, R3, R1	NO		NO	-	

<b>Z</b>			NO			-
----------	--	--	----	--	--	---

b) Supongamos que se cae el encaminador R3, quedando fuera de servicio. Reconstruir las tablas de R1, R2, R4, R5, R6 y R7 para que sigan pudiendo comunicarse entre sí las mismas máquinas que lo hacían antes (obviamente, a través de nuevos caminos). NOTA: No importa que máquinas que no se pudieran comunicar antes ahora sí lo hagan, el requisito es que las que antes se podían comunicar ahora también siguen pudiendo.

Nótese que las tablas de A, B, C, X, Y y Z no deben cambiarse, que no deben tocarse las entradas ``desvaídas'', y que no es necesario poner en las tablas de la solución dichas entradas ``desvaídas''.

c) Indica si la siguiente trama Ethernet puede ser una trama correcta generada en la red de la figura (explicando cuándo y dónde se genera) o no (justificando por qué):

Eth. Destino	Eth. Origen	Protocolo	IP Origen	IP Destino	...
b:b:b:b:b	a:a:a:a:a	IP	10.1.28.9	10.1.74.9	...

d) Indica qué tipo de trama es la siguiente, para qué se generaría en la red de la figura y cuáles serían los campos relevantes que le faltan:

Eth. Destino	Eth. Origen	Protocolo	...
1:2:3:4:5:6	a:a:a:a:a	ARP	...

e) Indica la salida en pantalla que genera el comando `traceroute` que hay que invocar para que aparezca en la red de la figura la siguiente trama:

Eth. Destino	Eth. Origen	Protocolo	IP Origen	IP Destino	Protocolo	...
b:b:b:b:b	7:8:9:a:b:c	IP	10.1.28.9	10.1.74.9	UDP	...

Solución: a)

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>A</b>	-	R1	<b>R1, R2</b>	NO	R1, R3, R6	<b>NO</b>
<b>B</b>	R1	-	R2	<b>R4, R5</b>	NO	<b>R4, R7</b>
<b>C</b>	<b>R2, R3, R1</b>	R2	-	NO	<b>R2, R3, R6</b>	NO
<b>X</b>	NO	<b>R5, R4</b>	<b>NO</b>	-	NO	<b>R5, R4, R7</b>
<b>Y</b>	R6, R3, R1	NO	<b>R6, R3, R2</b>	NO	-	<b>NO</b>

<b>Z</b>	<b>NO</b>	<b>R7, R4</b>	<b>NO</b>	<b>R7, R4, R5</b>	<b>NO</b>	-
----------	-----------	---------------	-----------	-------------------	-----------	---

b)

<b>Tabla de R1</b>		<b>Tabla de R2</b>	
10.1.30.0	10.1.74.2	10.1.28.0	10.1.74.1
10.1.253.0	10.1.74.2	10.1.253.0	10.1.26.3
<b>Tabla de R4</b>		<b>Tabla de R5</b>	
10.1.28.0	10.1.74.1		
10.1.30.0	10.1.26.1	10.1.74.0	10.1.99.1
10.1.252.0	10.1.99.2	10.1.254.0	10.1.99.1
10.1.253.0	10.1.98.2		
10.1.254.0	10.1.97.2		
<b>Tabla de R6</b>		<b>Tabla de R7</b>	
10.1.28.0	10.1.98.1	10.1.74.0	10.1.97.1
10.1.30.0	10.1.98.1	10.1.252.0	10.1.97.1

- c) No es una trama correcta. Las direcciones Ethernet de origen y de destino corresponden a A y B, que pertenecen a distintas subredes conectadas por un encaminador (nivel de red). Y un protocolo de nivel de enlace (como Ethernet) sólo comunica máquinas adyacentes, es decir, conectadas al mismo medio de transmisión.
- d) Es una respuesta de ARP de A a R1. R1 habrá preguntado por la dirección de A, y en esta trama A le informa a R1 de su dirección Ethernet. Los campos que van en el paquete de ARP son:
- campo indicando si se trata de solicitud o respuesta (en este caso indicaría ``respuesta" )
  - dirección IP de la máquina por cuya dirección Ethernet se preguntaba (en este caso, la de A)
  - dirección Ethernet preguntada (al ser una respuesta este campo va relleno con la dirección Ethernet de A)
  - dirección IP de la máquina que hizo la pregunta (en este caso, la de R1)
  - dirección Ethernet de la máquina que hizo la pregunta (en este caso, la de R1)

- e) Con las direcciones IP de origen y destino se ve que es A quien hace un traceroute a B, es decir se ejecuta en A:

```
traceroute 10.1.74.9
```

Se mostrará en la salida (y por triplicado) el tiempo que tarda en llegar la respuesta de:

- cada encaminador intermedio (en este caso sólo R1), que envía un ICMP indicando que llegó a 0 el TTL del datagrama enviado por A.
- el destino (en este caso B), que envía un ICMP indicando que el datagrama iba dirigido a un puerto inexistente.

Es decir (teniendo en cuenta que las cifras en ms pueden variar):

```
1  R1 (10.1.28.1)  1 ms 2 ms 2 ms
2  B  (10.1.74.9)  5 ms 6 ms 4 ms
```

P7. Este problema utiliza la misma figura del problema anterior. Responde a las siguientes preguntas basándote en las tablas de encaminamiento que aparecen en ella. Para responder, ten en cuenta lo siguiente:

- La máscara de subred es siempre 255.255.255.0.
- Las entradas ``desvaídas" en las tablas de encaminamiento permiten la conectividad de una máquina con la(s) de su(s) propia(s) subred(es), y están presentes TODAS LAS POSIBLES.
- Los trazos gruesos corresponden a redes Ethernet o a líneas punto-a-punto
- Los trazos finos corresponden a conexiones desde una tarjeta Ethernet hasta la propia Ethernet.

a) Adapta las tablas de los encaminadores (*routers*) para que pueda circular todo el tráfico con origen en X y destino en Z, pero sólo de forma que pase por la subred de B. Indica sólo las rutas que habría que quitar, añadir o modificar. Se valorará realizar el menor número de cambios en las tablas.

b) Sea un paquete IP con origen en A y destino en B. Si miramos los contenidos de la trama Ethernet en que va encapsulado cuando pasa por la red 10.1.28.0, y los comparamos con los de la trama Ethernet de cuando pasa por la 10.1.74.0, indica qué campos serán diferentes, tanto de la trama Ethernet como del paquete IP. Señala, cuando puedas, el valor que tendrá cada uno de esos campos en ambas tramas.

c) Con los datos de la figura, indica en qué subredes Ethernet puede encontrarse un paquete IP con dirección destino 10.1.28.9.

d) Con los datos de la figura, indica en qué subredes Ethernet puede encontrarse un paquete IP con dirección origen 10.1.252.9.

e) Con los datos de la figura, indica en qué subredes Ethernet puede encontrarse un paquete IP con dirección origen 10.1.254.9 y dirección destino 10.1.253.9.

### Solución:

a) Modificamos las tablas de los siguientes encaminadores (puede haber otras soluciones válidas):

- R4: se sustituye la entrada 10.1.254.0, 10.1.97.2 por 10.1.254.0, 10.1.74.3, con los que los paquetes hacia Z serán enviados a R3.
- R3: se añade en R3 la entrada 10.1.254.0, 10.1.94.2, para que los paquetes hacia Z se envíen a R7 (que los dejará ya en la red adecuada para que lo reciba Z).

Los paquetes de X se dirigirán a R5, que ya tiene una entrada en su tabla de encaminamiento que dirigirá lo que vaya a Z hacia R4

Otra solución es cambiar en R5 para enviarlo a R3 y que este lo envíe por la LAN 10.1.74 hacia R4, y R4 no cambia. Para ello en R5 se cambia la ruta de 10.1.254.0 para que vaya por 10.1.96.1 y en R3 se añade la 10.1.254.0 por 10.1.74.4, lo que no tiene efectos laterales (sobre A, por ejemplo, ya que R1 filtra).

b) Serán diferentes los siguientes campos:

Campo	Valor en 10.1.28.0	Valor en 10.1.74.0
Destino (Ethernet)	1:2:3:4:5:6	b:b:b:b:b:b
Origen (Ethernet)	a:a:a:a:a:a	7:8:9:a:b:c
CRC (Ethernet)		
TTL (IP)	X	X - 1
Checksum (IP)	Y	Y + 1

Es importante darse cuenta que campos como las direcciones IP de origen o de destino no cambian.

c) En cualquier subred, pues en todas hay al menos una máquina con entrada por defecto en su tabla de encaminamiento, por lo que si se envía un paquete a 10.1.28.9, al menos llegará hasta un encaminador. Otra cosa es que llegue a algún sitio, eso dependerá de las tablas de encaminamiento en todos los encaminadores. Así solo "tienen futuro" las que estén en las subredes de A, B, C e Y (10.1.28, 74, 30 y 253).

d) Las subredes Ethernet alcanzables y no alcanzables son las siguientes (para que un paquete con la dirección de origen dada aparezca en una subred, ha de ser alcanzable desde la máquina origen, con las tablas de encaminamiento dadas):

- 10.1.252.0 (X) es alcanzable, obviamente, pues es su subred. Por lo tanto, un paquete puede llegar a R5.
- 10.1.28.0 podría alcanzarse por R3 y R1, pero no hay entrada para ella en R5, luego un paquete con esa dirección origen NO puede llegar a esa red.

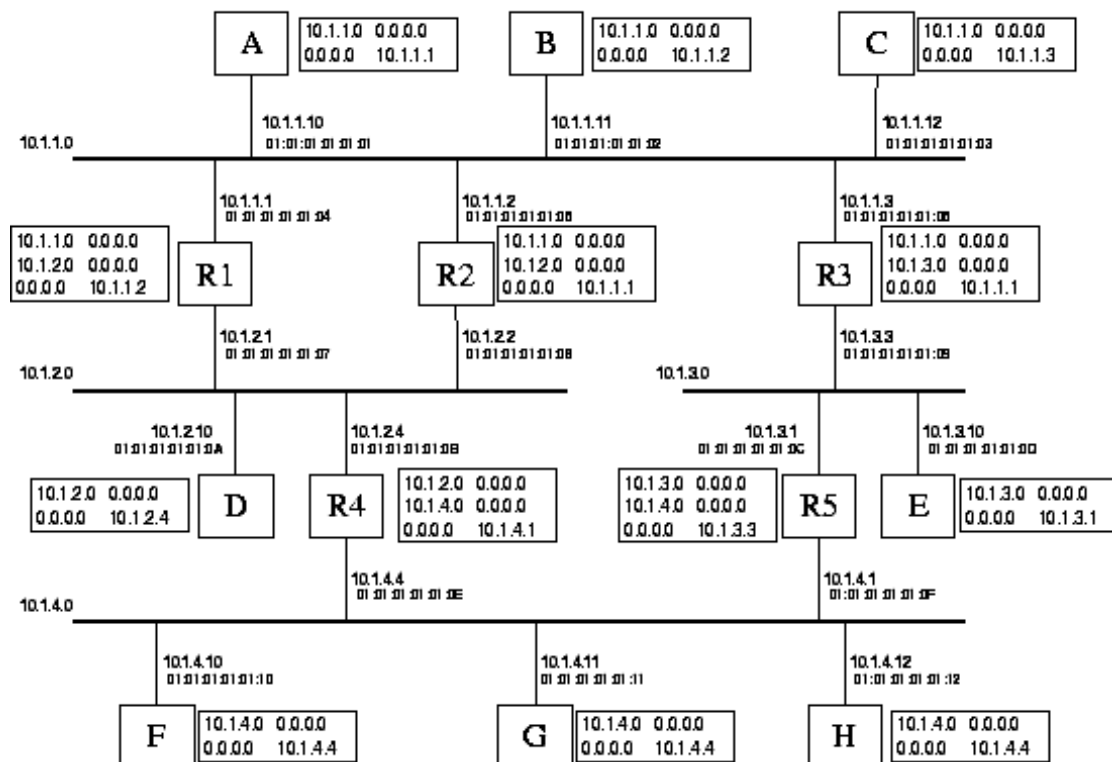
- 10.1.74.0 (B) SI puede alcanzarse, pues R5 y R3 tienen rutas en este sentido.
- 10.1.30.0 podría alcanzarse por R3 y R2, pero NO puede, pues no hay entrada para ella en R5.
- 10.1.254.0 (Z) puede alcanzarse por R4 y R7.
- 10.1.253.0 NO puede alcanzarse (no hay entrada en R5).

f) Puede encontrarse en 10.1.254.0 (pero por poco tiempo), pues está conectada con ella, y llegar a R7, que es el encaminador por defecto para Z, y que como no tiene entrada para 10.1.253.0, generará un error ICMP y la descartará.

P8. Dada la red de la figura, y considerando que la máscara de todas las subredes es 255.255.255.0, responde a las siguientes cuestiones:

a) Escribe la salida aproximada en pantalla de la ejecución en la máquina C del comando `tracert` H.

b) Realiza el mínimo número de modificaciones posibles en las tablas de encaminamiento para que todas las máquinas A, B, C, D, E, F, G y H puedan comunicarse entre sí.



Solución:

a) La salida aproximada sería:

1. 1 R3 xxx ms xxx ms xxx ms
2. 2 R1 xxx ms xxx ms xxx ms
3. 3 R2 xxx ms xxx ms xxx ms
4. 4 R1 xxx ms xxx ms xxx ms

5.	5	R2	xxx ms	xxx ms	xxx ms
6.	6	R1	xxx ms	xxx ms	xxx ms
7.	7	R2	xxx ms	xxx ms	xxx ms

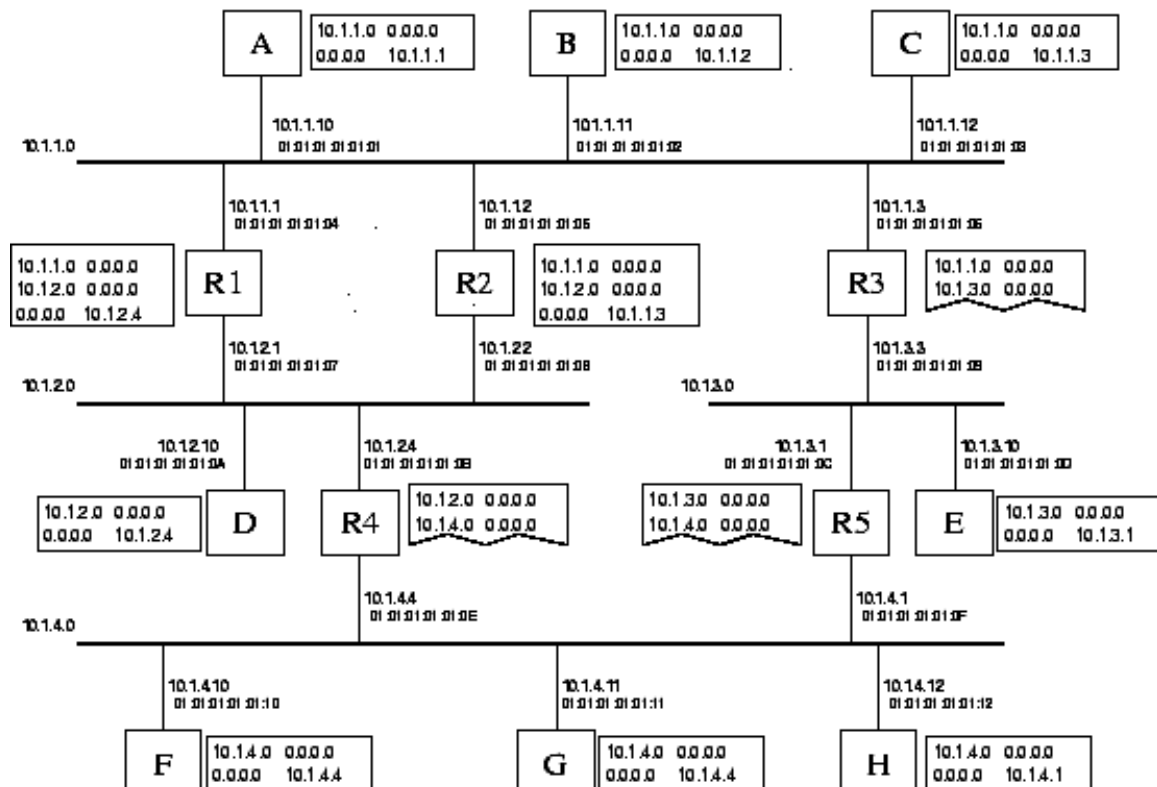
Y así sucesivamente, alternándose las líneas R1 y R2. La razón es que las tablas de encaminamiento de R1 y R2 tienen cada una como entrada por defecto al otro encaminador, con lo que el tráfico dirigido a las redes 10.1.3.0 y 10.1.4.0 no prospera.

b) Basta con cambiar la entrada por defecto de R1 para que envíe los datagramas hacia R4. Es decir la tabla de R1 quedaría:

10.1.1.0	0.0.0.0
10.1.2.0	0.0.0.0
0.0.0.0	10.1.2.4

Análogamente, podría haberse cambiado la entrada por defecto de R2 para obtener el mismo resultado. Otras soluciones pueden ser igualmente correctas, pero requieren realizar más de 1 modificación a las tablas del enunciado.

P9. Sea la red de la figura, con la máscara de todas las subredes a 255.255.255.0. Llamaremos ``**máquinas**'' a los nodos A, B, C, D, E, F, G y H. **Nótese que de las tablas de R3, R4 y R5 sólo se conocen sus dos primeras entradas, sin saberse ni si tienen o no más entradas, ni su valor.**





- a) Indica razonadamente en qué subredes puede aparecer una trama Ethernet conteniendo un datagrama IP con dirección de destino IP 10.1.4.12 (H). Si depende de la información desconocida de R3, R4 y/o R5, indica cómo.
- b) Indica razonadamente en qué subredes puede aparecer una trama Ethernet conteniendo una respuesta de ARP con dirección de origen Ethernet 01:01:01:01:01:0A (D). Si depende de la información desconocida de R3, R4 y/o R5, indica cómo.
- c) Indica razonadamente en qué subredes puede aparecer una trama Ethernet con dirección de destino Ethernet 01:01:01:01:01:12 (H). Si depende de la información desconocida de R3, R4 y/o R5, indica cómo.
- d) Con la información que se ve, indica con qué máquinas es **seguro** que A puede comunicarse. Haz lo mismo para B. Modifica las tablas de R1 y/o R2 **sin tocar las entradas que ya hay** para que pueda asegurarse que tanto A como B pueden comunicarse con todas las máquinas.

Solución:

- a) Todas las máquinas de la figura (A - H) tienen en su tabla de encaminamiento una entrada por defecto hacia un encaminador de su subred. Lo que significa que cualquier máquina (A - H) puede poner en su subred una trama Ethernet conteniendo un datagrama IP con destino IP 10.1.4.12 (H). Es decir, **en todas las subredes de la figura** puede aparecer una trama Ethernet con esa característica. Otra cosa es que, dadas las tablas de los encaminadores, esa datagrama no vaya a llegar hasta H, pero no es eso lo que se pregunta.
- b) Una trama Ethernet con una cierta dirección de origen Ethernet sólo puede aparecer en la subred en la que está la máquina con esa dirección Ethernet. Igualmente, las respuestas de ARP (como todos los mensajes de ese protocolo) sólo aparecen en la subred de las máquinas involucradas, salvo que se use Proxy ARP. Luego en este caso, y por doble motivo, si es D quien manda la respuesta de ARP, dicha trama **sólo puede aparecer en la subred en la que está D**, esto es, la 10.1.2.0.
- c) Análogamente, una trama Ethernet con una cierta dirección de destino Ethernet sólo puede aparecer en la subred en la que está la máquina con esa dirección Ethernet. Por ello, si es a H a quien va dirigida la trama, dicha trama **sólo puede aparecer en la subred en la que está H**, esto es, la 10.1.4.0.
- d) A es **seguro** que puede comunicarse con:
- B y C por estar en su misma subred.
  - D, a través de R1, pues A enviaría su datagrama a R1 y R1 se lo pasaría a D por estar ambos en una misma subred.
  - F, G y H, a través de R1 y R4, pues A enviaría su datagrama a R1, R1 a R4 por su ruta por defecto, y R4 a F, G o H al estar en su misma subred.

A **no es seguro** que pueda comunicarse con E, pues A enviaría su datagrama a R1, R1 a R4 por su ruta por defecto, y no se ve si R4 tiene ruta para la máquina 10.1.3.10 (E) o para la red 10.1.3.0 o por defecto a través de R5.

B **es seguro** que puede comunicarse con:

- A y C por estar en su misma subred.
- D, a través de R2, pues B enviaría su datagrama a R2 y R2 se lo pasaría a D por estar ambos en una misma subred.
- E, a través de R2 y R3, pues B enviaría su datagrama a R2, R2 a R3 por su ruta por defecto, y R3 a E al estar en su misma subred.

B **no es seguro** que pueda comunicarse con F, G y H, pues B enviaría su datagrama a R2, R2 a R3 por su ruta por defecto, y no se ve si R3 tiene ruta para las máquinas F,G,H o para la red 10.1.4.0 o por defecto a través de R5 o R1.

Para asegurar que tanto A como B pueden comunicarse con el resto de máquinas, las tablas de R1 y R2 quedarían (modificando sólo dichas tablas añadiendo entradas):

Tabla de R1	
10.1.1.0	0.0.0.0
10.1.2.0	0.0.0.0
0.0.0.0	10.1.2.4
10.1.3.0	10.1.1.3

Tabla de R2	
10.1.1.0	0.0.0.0
10.1.2.0	0.0.0.0
0.0.0.0	10.1.1.3
10.1.4.0	10.1.2.4

Es decir, A ahora puede comunicarse con E a través de de R1 y R3, y B puede comunicarse con F, G y H a través de R2 y R4.

P10. Indique cuál de las siguientes sentencias es correcta:

- a. Los puentes son más adecuados para interconectar grandes redes que los encaminadores.
- b. Los puentes operan con cualquier protocolo de red.
- c. Las dos anteriores.

Solución: a

P11. Indique cuál de las siguientes sentencias es correcta:

- a. En el método de encaminamiento basado en el estado del enlace, los encaminadores intercambian información de ruta sólo con sus vecinos
- b. Con encaminamiento OSPF, los encaminadores contienen toda la topología de un sistema autónomo.
- c. Con el procedimiento de horizonte dividido, se optimiza el tiempo necesario para identificar la pérdida de una ruta.

Solución: c

P12. ¿Qué cuatro elementos necesita un router para poder realizar las tareas de enrutamiento?

Solución:

Identificar las fuentes de la información de enrutamiento, descubrir las rutas, seleccionar las rutas o mantener las rutas.

P13. ¿Cuál es la ruta predeterminada que utiliza un router?

Solución:

Una ruta predeterminada es utilizada por cualquier paquete destinado a una red que no se encuentra en la tabla de enrutamiento del router.

P14. Una empresa tiene 150 LANs con unos 100 hosts por cada LAN. Y tiene la red de clase B 160.23.0.0. Como debe repartir las subredes IP? Cual será la máscara de red que utilice? Cuales serán las 2 primeras y 2 últimas subredes. Que rangos de IPs estarán en cada red?

Solución:

Si asignamos una máscara de 8 bits para la subred podemos utilizar suficientes subredes y ordenadores en cada una. Máscara 255.255.255.0

Las 20 primeras subredes posibles las utilizaríamos y las restantes quedan para futuras expansiones. Como no es recomendable coger subredes ni ordenadores con todo 0s o 1s las subredes primeras serían:

160.23.1.0 rango de IPs desde 160.23.1.1 hasta 160.23.1.254

160.23.2.0 rango de IPs desde 160.23.2.1 hasta 160.23.2.254

...

160.23.149.0 rango de IPs desde 160.23.149.1 hasta 160.23.149.254

160.23.150.0 rango de IPs desde 160.23.150.1 hasta 160.23.150.254

Y nos quedan las subredes de la 151 a la 254. Fácil? pues probemos sin ajustarnos a los bytes :-)

P15. Una universidad quiere utilizar 20 redes de área local con el máximo número de ordenadores posibles. Tiene asignada la red de clase B 150.90.0.0. Como debe repartir las subredes IP. ¿Cual será la máscara de red en los equipos conectados?

¿Cuales serán las 20 subredes? ¿Que rango de IPs tendrán las 2 primeras y las 2 últimas subredes?

Solución:

Para direccionar 20 subredes necesitaremos al menos 5 bits. Así que la solución que mas hosts permite en cada subred es utilizar una máscara de 5 bits por encima de la red B.

La mascara seria:

1111 1111 1111 1111 1111 1000 0000 0000  
FF FF F8 00  
255 . 255 . 248 . 0 255.255.168.0 es la mascara

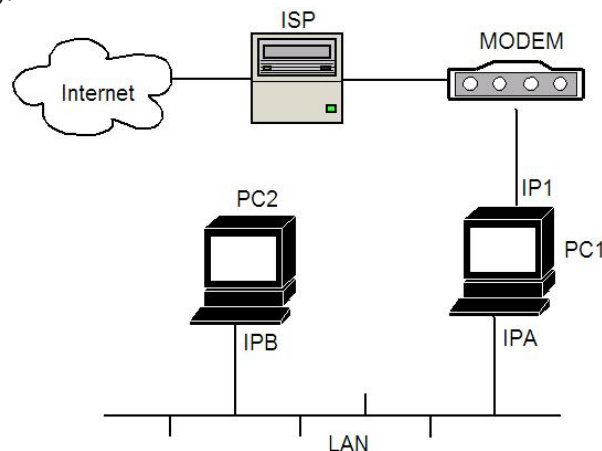
16 bits red | 5bits subred | 11 bits host

En cada subred caben  $2^{11} - 2 = 2046$  ordenadores (no consideramos direcciones válidas ni todo 0s ni todo 1s) La primera red será la que tenga los cinco bits de la subred a 00001 (dejamos la 00000)

La red es 150.90.0.0 = 96.5A.0.0 ; por tanto las subredes serán:

1 96.5A.08.00 150.90.8.0 desde la 150.90.8.1 hasta la 150.90.15.254  
2 96.5A.10.00 150.90.16.0 desde la 150.90.16.1 hasta la 150.90.23.254  
3 96.5A.18.00 150.90.24.0  
4 96.5A.20.00 150.90.32.0  
5 96.5A.28.00 150.90.40.0  
...  
18 96.5A.90.00 150.90.144.0  
19 96.5A.98.00 150.90.152.0 desde la 150.90.152.1 hasta la 150.90.159.254  
20 96.5A.A0.00 150.90.160.0 desde la 150.90.160.1 hasta la 150.90.167.254  
Y nos quedan subredes hasta la 96.5A.F0.00

P16. Supongamos que en tenemos acceso a Internet mediante un PC que puede conectarse a un proveedor de servicio que le adjudica una dirección IP1. Este ordenador lo conectamos a otros (PC2) mediante una red local y queremos utilizar los servicios de Internet en ambos. Para ello utilizamos un software que permite a PC1 reenviar paquetes de PC2 hacia Internet pero al mandarlos les cambia la IP origen por la suya. El software en PC1 recuerda las conexiones que han sido iniciadas por PC2 para reenviarle de vuelta los paquetes de esas conexiones. Este tipo de técnicas se denomina IPmaskerading y sus versiones más actuales y evolucionadas Network Address Translation (o NAT).



¿Como habrá que configurar PC2?

¿Como elegimos las direcciones IP de nuestra red interna? ¿Que limitaciones tenemos dependiendo de las IPs que elijamos?

¿Pueden dos usuarios con diferentes cuentas leer el correo en PC1 y PC2 a la vez?  
 ¿y mirar paginas web? ¿Y poner un servidor web? ¿Y jugar al Quake en un servidor de internet?

### Solución:

PC2 debe tener de router por defecto la IP del PC1 en la red local IPA. Debemos elegir direcciones a las que no vayamos a conectarnos afuera porque los ordenadores con esas direcciones en Internet serán inaccesibles para PC1 y PC2.

Afortunadamente hay rangos de direcciones privadas que nunca se usan. Pueden leer a la vez el correo si. Mirar paginas web si. Poner servidor web no. Solo se ve desde fuera el de PC1. Jugar a juegos en red normalmente no sin software especial. PC1 solo deja pasar las conexiones hechas por PC2 y normalmente los juegos en red van por UDP.

P17. Se presentan a continuación las tramas de nivel de enlace de varios paquetes capturados en la red de la universidad. Identifique que protocolos transportan y cuales son las direcciones de los ordenadores origen y destino. Identifique también los datos de las aplicaciones.

```

-----
08 00 20 96 00 71 00 50 E4 66 3B 0B 08 00 45 00 .. ..q.P.f;...E.
00 45 46 6C 40 00 40 06 A7 DC 82 CE A0 61 82 CE .EFl@.@.....a..
A6 6C C5 77 00 6E 09 71 CC 3C 5D 1F F5 8D 80 18 .l.w.n.q.<].....
82 18 34 B3 00 00 01 01 08 0A 6E C6 0F E5 0C 96 ..4.....n.....
51 29 55 53 45 52 20 6D 69 6B 65 6C 2E 69 7A 61 Q)USER mikel.iza
6C 0D 0A 1..
-----
  
```

### Solución:

macd[ 08 00 20 96 00 71 ] maco[ 00 50 E4 66 3B 0B ] proto[08 00] aquí empieza IP  
 v[4]hl[5] 00 00 45 46 6C 40 00 40 proto[ 06 ] A7 DC ipo[ 82 CE A0 61] ipd[ 82 CE A6  
 6C ] Aquí empieza TCP  
 puerto o[ C5 77 ] puerto d[ 00 6E ] 09 71 CC 3C 5D 1F F5 8D  
 longitud TCP[8]0 18 82 18 34 B3 00 00 opciones TCP[ 01 01 08 0A 6E C6 0F E5 0C 96  
 51 29 ] datos[ 55 53 45 52 20 6D 69 6B 65 6C 2E 69 7A 61 6C 0D 0A ]

Mac destino: 08 00 20 96 00 71  
 Mac origen: 00 50 E4 66 3B 0B  
 Protocolo sobre Ethernet: 0800 -> IP  
 IP destino: 82 CE A6 6C = 130.206.166.108  
 IP origen: 82 CE A0 61 = 130.206.160.97  
 Protocolo sobre IP: 06 -> TCP  
 Puerto destino: 6E = 110  
 Puerto origen: C5 77 = 50551  
 Los datos de la aplicación empiezan después de la cabecera TCP de 8 palabras.  
 Y son estos:  
 55 53 45 52 20 6D 69 6B 65 6C 2E 69 7A 61 USER mikel.iza  
 6C 0D 0A 1..

Es un paquete de datos de una conexión POP(110) para traer el correo. Concretamente es un paquete del cliente al servidor que le dice que usuario es el que quiere bajar el correo.

```
-----
00 A0 24 4F 26 80 00 03 93 45 2D 74 08 00 45 00 ..$O&....E-t..E.
00 54 0A A7 00 00 40 01 1E 9C 82 CE AA D9 82 CE .T....@.....
A0 F0 08 00 1F DC 01 A3 00 03 3E 15 E5 93 00 05 .....>.....
C7 CC 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10 11 12 13 14 15 .....
16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F 20 21 22 23 24 25 ..... !"#$$%
26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 &'()*+,-./012345
36 37 96 A3 68 34 67..h4
-----
```

#### Solución:

Mac destino: 00 A0 24 4F 26 80  
 Mac origen: 00 03 93 45 2D 74  
 Protocolo sobre Ethernet: 0800 -> IP  
 IP destino: 82 CE A0 F0 = 130.206.160.240  
 IP origen: 82 CE AA D9 = 130.206.170.217  
 Protocolo sobre IP: 01 -> ICMP  
 Tipo: 8 Code: 0 ECHO REQUEST  
 Es un paquete de un ping.

```
-----
00 03 93 45 2D 74 00 A0 24 4F 26 80 08 00 45 00 ...E-t..$O&....E.
00 54 81 6C 00 00 FF 01 E8 D5 82 CE A0 F0 82 CE .T.l.....
AA D9 00 00 27 DC 01 A3 00 03 3E 15 E5 93 00 05 ....'.....>.....
C7 CC 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10 11 12 13 14 15 .....
16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F 20 21 22 23 24 25 ..... !"#$$%
26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 &'()*+,-./012345
36 37 58 CB 3C 95 67X.<.
-----
```

#### Solución:

Mac destino: 00 03 93 45 2D 74  
 Mac origen: 00 A0 24 4F 26 80  
 Protocolo sobre Ethernet: 0800 -> IP  
 IP destino: 82 CE AA D9 = 130.206.170.217  
 IP origen: 82 CE A0 F0 = 130.206.160.240  
 Protocolo sobre IP: 01 -> ICMP  
 Tipo: 0 Code: 0 ECHO REPLY  
 Es la respuesta del ping anterior

# Problemas del Tema 2. Protocolo TCP.

## Nivel de Transporte.

P1. Una implementación de TCP/IP tiene las siguientes características:

- El receptor envía un segmento ACK cada vez que recibe un segmento.
- Se envía un ACK duplicado (es decir, con la misma numeración que el anterior) cuando se reciben nuevos datos que no pueden ser reconocidos porque todavía no se han recibido los anteriores.
- Se retransmite un segmento cuando se reciben 2 ACK duplicados (es decir, 2 ACKs en adición al primero), o bien, cuando ha transcurrido un temporizador T.
- Cuando se recibe 1 ACK duplicado, se evalúa, para los segmentos enviados y no confirmados, si la diferencia entre el tiempo de recepción del ACK y el de emisión del segmento correspondiente a dicho ACK es mayor que  $1,5 \cdot RTT_{ES}$  (RTT estimado). En caso afirmativo se retransmite el segmento o segmentos considerados, sin esperar a la recepción de 2 ACKs duplicados.
- Cuando se recibe un ACK no duplicado después de una retransmisión, se retransmiten los segmentos que no han recibido ACK.
- Los valores de  $RTT_{ES}$  y T se calculan dinámicamente mediante los siguientes algoritmos:

$$T(k+1) = 2 \cdot RTT_{ES}(k+1) + 4 \cdot D(k+1)$$

$$D(k+1) = 1/2[D(k) + |RTT_{ES}(k) - M|]$$

$$RTT_{ES}(k+1) = 1/2[RTT_{ES}(k) + M]$$

$$RTT_{ES}(1) = M \quad D(1) = 0$$

Siendo:

- $T(k)$ : Valor del temporizador después de los primeros k segmentos transmitidos correctamente
- $D(k)$ : Estimación de la desviación típica después de los primeros k segmentos transmitidos correctamente
- M: Valor medido de RTT. Se supone que siempre es igual a 1 segundo
- $RTT_{ES}(k)$ : Valor estimado asignado a RTT después de los primeros k segmentos

### SE PIDE:

Evaluar el tiempo necesario para la transferencia de 4 segmentos, suponiendo que el segundo y el cuarto se pierden en la primera retransmisión y se transmiten correctamente en la segunda. El valor de la ventana es de 2 segmentos. Se considera que el tiempo de transmisión de los caracteres de los segmentos no es significativo.

### Solución:

De forma inmediata se ve (como es lógico ya que M es constante) que

$$RTT_{ES}(k) = M$$

$$D(k)=0$$

$$T(k)=2*M=2 \text{ segundos}$$

De conformidad con el enunciado, la transmisión tiene lugar como se representa en el siguiente esquema:

Paquete 1 : Origen -> Destino

Paquete 2 : Se pierde.

Devuelve ACK (1)

Ha pasado RTT.

Paquete 3 : Origen -> Destino

Devuelve ACK (2)

Ha pasado RTT.

Retransmite paquete 2: Origen->Destino

Devuelve ACK (4)

Ha pasado RTT.

Paquete 4: Se pierde.

Espera T.

Retransmite paquete 4: Origen->Destino

Devuelve ACK(5)

Ha pasado RTT.

En total han pasado  $4*RTT+T$

***El tiempo total de transferencia es  $4*RTT + T = 6M = 6 \text{ segundos}$***

P2. ¿Cuál de las siguientes expresiones para la evaluación del temporizador  $T_0$  opina que, en general, será más eficiente en caso de errores, en una red Internet?

a.  $T_0 = \beta \text{ RTT}$  (RTT= Round Trip Time)

b.  $T_0 = \text{Constante}$  (Mucho mayor que RTT)

c.  $T_0 = \text{RTT} + \alpha * D$  (siendo D equivalente a la desviación típica)

Solución: c porque al tener más información aproxima mejor la respuesta del enlace.

P3. ¿Cual es la máxima velocidad que puede alcanzar una transferencia TCP entre mi ordenador y un servidor en USA?

Solución:

Dado que TCP utiliza ventana deslizante la máxima velocidad de transferencia será el tamaño de la ventana entre el retardo de ida y vuelta.  $\text{Thr} = \text{win} / \text{RTT}$

El tamaño de ventana suele tener un máximo de 32 Kbytes en la mayoría de los sistemas operativos. El retardo de ida y vuelta (RTT) (medible con un ping) a un servidor de USA podría estar en torno a los 150ms:

% ping www.yahoo.com

PING www.yahoo.akadns.net (64.58.76.176): 56 data bytes



```
64 bytes from 64.58.76.176: icmp_seq=0 ttl=240 time=134.569 ms
64 bytes from 64.58.76.176: icmp_seq=1 ttl=240 time=126.271 ms
% ping www.apple.com
PING www.apple.com.akadns.net (17.112.152.32): 56 data bytes
64 bytes from 17.112.152.32: icmp_seq=0 ttl=42 time=181.316 ms
64 bytes from 17.112.152.32: icmp_seq=1 ttl=42 time=186.319 ms
```

Así que la velocidad de transferencia con TCP va a estar limitada a unos  $\text{thr} = 32\text{Kbytes} / 150\text{ms} = 213.3\text{Kbytes/s} = 1706.6\text{Kbps} = 1.7\text{Mbps}$

P4. ¿Como se puede aumentar la velocidad de las transferencias de ficheros por encima de este límite?

Solución:

Dado que las limitaciones de una conexión TCP dependen del tamaño de la ventana de transferencia se pueden pensar en varias formas de aumentar la velocidad de transmisión:

- Cambiar TCP para que permita mayores tamaños de ventanas. Se usa en redes de gran ancho de banda y en realidad el TCP moderno ya usa esto (ver siguiente pregunta).
- Modificar los servicios para que utilicen mas de una conexión TCP a la vez. Por ejemplo con un servidor FTP que permita empezar a descargar el fichero desde cualquier posición podemos estar transfiriendo varias partes del fichero al mismo tiempo.
- No usar TCP y usar UDP realizando el control de flujo y de errores desde la aplicación de forma que no estemos limitados por la ventana que usa TCP.

P5. Como se podría modificar TCP para que utilizara ventanas mas grandes sin modificar el formato de la cabecera? Que problemas tiene aumentar el tamaño máximo de la ventana?

Solución:

Se puede hacer que el valor del campo ventana anunciada no represente bytes sino alguna unidad mas grande. Los dos extremos de la conexión deben ponerse de acuerdo en que unidades están midiendo las ventanas. De hecho esta técnica esta definida para TCP en el RFC 1072. En los paquetes de SYN los extremos envían en que unidades quieren que se mida la ventana utilizando opciones dentro de la parte variable de la cabecera TCP. Si se ponen de acuerdo las unidades de la ventana representan bloque de bytes de una potencia de 2, si no se ponen de acuerdo funciona igual que TCP normal. Al aumentar el tamaño máximo de la ventana hay que tener cuidado con el numero de secuencia que es finito. Se suele considerar que como el número de secuencia da la vuelta cada 4Gbytes la ventana máxima que deberíamos poner es de 2Gbytes para distinguir entre paquetes nuevos y paquetes antiguos que llegan tarde.

# Problemas del Tema 3. Protocolos del nivel de Aplicación

P1. El servicio de Telnet en su funcionamiento normal envía cada tecla que pulsamos en un paquete y el servidor hace eco de la letra enviándola de nuevo al cliente. ¿Cual es la sobrecarga u overhead (datos de cabeceras enviados/ datos totales) en esta transmisión? ¿Como mejoraría el rendimiento del protocolo? ¿Por que Telnet funciona de ese modo?

## Solución:

Estamos enviando paquetes con un dato de un solo carácter con TCP. La cabecera IP son 20 bytes y la cabecera TCP otros 20 por lo tanto tenemos una sobrecarga de 40 bytes de cabeceras / 41 bytes útiles =  $0.97 = 97\%$  del ancho de banda no lo usamos para nuestros datos. La eficiencia es de menos del 3% Para mejorar el rendimiento tenemos que agrupar los datos. Para el uso del telnet podríamos hacer que el cliente leyera una línea entera desde teclado y mandara toda la línea de vez mejorando la eficiencia.

El motivo de que lo haga así es que si estas en una línea lenta y poco fiable cada vez que pulsas una tecla y vuelve se dibuja en tu pantalla y así sabes si el servidor te esta haciendo caso en cada momento o hay algún problema de transmisión.