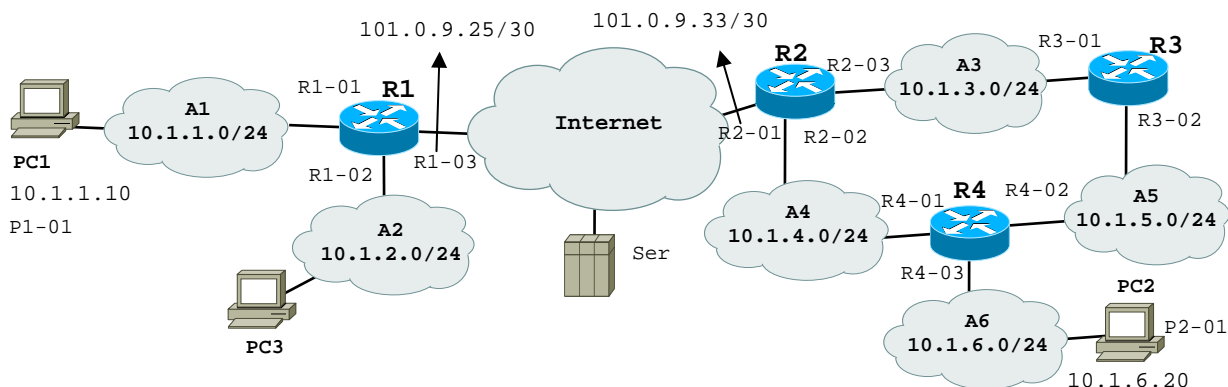


**Problema 1. 6 puntos.**

La pregunta 1) vale 2 puntos, la 2) vale 4 puntos.

Una empresa dispone de la red privada de la figura. Una VPN conecta las dos partes a través de un túnel en Internet entre los routers R1 y R2. Las direcciones de los extremos del túnel son 101.0.9.25/30 y 101.0.9.33/30, respectivamente. Los routers R1 y R2 tienen activado un PAT para poder traducir las direcciones privadas a públicas.



1) Tiempo de resolución estimado: **10 minutos.**

PC1 hace un ping a PC2. Completar la tabla a continuación indicando todos los mensajes que se intercambian los routers y los hosts para que el ping complete un recorrido de ida y vuelta. Tener en cuenta lo siguiente:

- Todas las tablas ARP están vacías.
- Hay un túnel entre R1 y R2. Entre estos no se necesita descubrir las direcciones físicas de las interfaces.
- Los routers usan RIPv2 así que las rutas son las de números de saltos mínimos.
- Inventarse las direcciones IP que faltan.
- Las direcciones físicas están indicadas en la figura como P1-01, R1-01, R4-03, etc. Usar FF-FF para la dirección física de broadcast.

Interfaz física		ARP					IP		ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo RQ/RP
P1-01	FF-FF	Q	P1-01	10.1.1.10	-	10.1.1.1			
R1-01	P1-01	R	P1-01	10.1.1.10	R1-01	10.1.1.1			
P1-01	R1-01						10.1.1.10	10.1.6.20	RQ
R1-03	R2-01						101.0.9.25	101.0.9.33	RQ
R2-02	FF-FF	Q	R2-02	10.1.4.1	-	10.1.4.2			
R4-01	R2-02	R	R2-02	10.1.4.1	R4-01	10.1.4.2			
R2-02	R4-01						10.1.1.10	10.1.6.20	RQ
R4-03	FF-FF	Q	R4-03	10.1.6.1	-	10.1.6.20			
P2-01	R4-03	R	R4-03	10.1.6.1	P2-01	10.1.6.20			
R4-03	P2-01						10.1.1.10	10.1.6.20	RQ
P2-01	R4-03						10.1.6.20	10.1.1.10	RP
R4-01	R2-02						10.1.6.20	10.1.1.10	RP
R2-01	R1-03						101.0.9.33	101.0.9.25	RP
R1-01	P1-01						10.1.6.20	10.1.1.10	RP

2) Tiempo de resolución estimado: **25 minutos**.

PC3 de la figura anterior ha abierto una conexión con el servidor Ser disponible en Internet. Se ha capturado la siguiente traza:

```

17:01:15.9887 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 S 736252:736252(0) win 8192 <mss 1024>
17:01:16.1901 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 S 2514272:2514272(0) ack 736253 win 4096 <mss 1024>
17:01:16.1906 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 ack 1 win 8192
17:01:22:0918 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 P 1:1025(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:2901 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 1025 win 4096
17:01:22:2905 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 1025:2049(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:2951 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 2049:3073(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:5001 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 2049 win 4096
17:01:22:5060 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 3073 win 4096
17:01:22:5070 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 3073:4097(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:5081 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 4097:5121(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:5088 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 5121:6145(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:5096 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 6145:7169(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:6991 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 4097 win 4096
17:01:22:7012 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 5121 win 4096
17:01:22:7033 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 6145 win 4096
17:01:22:7063 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 7169:8193(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:7065 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 7169 win 4096
17:01:22:7088 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 8193:9217(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:7095 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 9217:10241(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:7106 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 10241:11265(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:9245 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 8193 win 4096
17:01:22:9251 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 9217 win 4096
17:01:22:9267 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 10241 win 4096
17:01:22:9279 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 11265 win 4096
17:01:22:9280 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 11265:12289(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:9288 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 12289:13313(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:9295 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 13313:14337(1024) ack 1 win 8192
17:01:22:9301 10.1.2.20.3413 > 147.3.4.7.22 . 14337:15361(1024) ack 1 win 8192
17:01:23:1199 147.3.4.7.22 > 10.1.2.20.3413 ack 12289 win 4096
...

```

Sabiendo que el tiempo de propagación entre cliente y servidor es de 10 ms, se pide

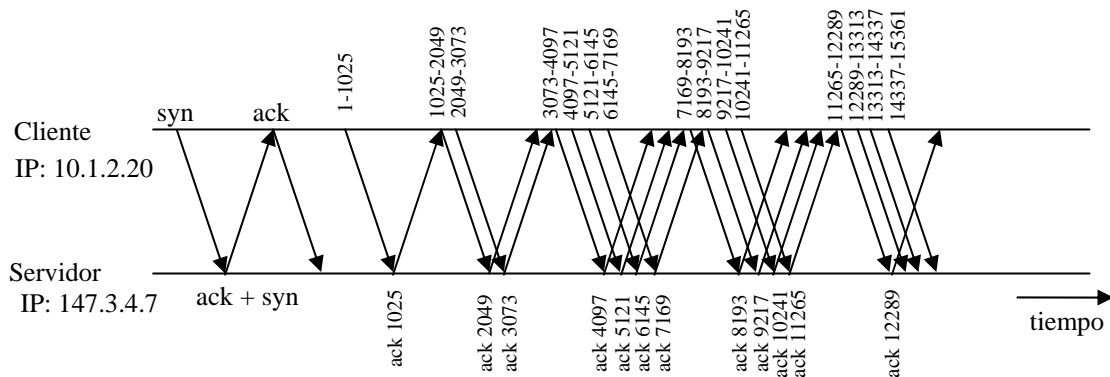
a. Deducir

- La dirección IP y el puerto del cliente y del servidor  
*Cliente IP: 10.1.2.20, puerto: 3413*  
*Servidor IP: 147.3.4.7, puerto: 22*
- El tamaño de los buffers de recepción de cliente y servidor  
*Cliente, buffer de recepción: 8192 bytes*  
*Servidor, buffer de recepción: 4096 bytes*
- El MSS de los datos  
*1024 bytes*

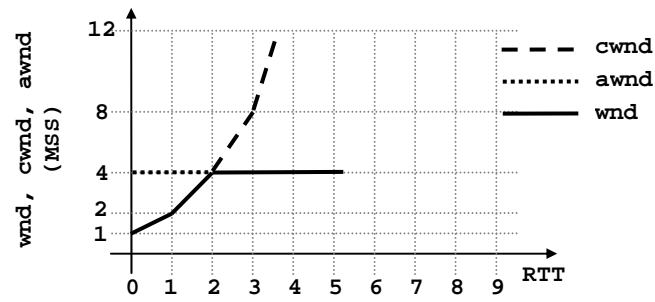
b. Deducir si la traza se ha capturado en el servidor o en el cliente. Motivar la respuesta. Conociendo la configuración de la red de la figura, deducir si hubiera cambiado algo en las direcciones IP del cliente o del servidor si la captura se hubiera hecho en el otro extremo.

*La traza se ha capturado en el cliente. Si fuera en el servidor, la dirección IP del cliente sería la 101.0.9.25 (el router R1 hace PAT). Además se puede intuir porque la diferencia de tiempos entre los acks del servidor y los datos del cliente son muy pequeños (pocos ms), mientras es de alrededor de 200 ms entre los datos del cliente y los acks del servidor.*

c. Transcribir el intercambio de mensajes entre cliente y servidor en un diagrama de tiempo como el ilustrado en la figura a continuación. Intentar ser lo más claro posible e indicar claramente los números de secuencia de los datos y de las confirmaciones.



- d. Dibujar la evolución de la ventana de transmisión, de congestión y anunciada en un gráfico en función de los round-trip time (RTT) como el ilustrado a continuación.



- e. Determinar la velocidad efectiva de la transmisión una vez alcanzado un régimen estacionario. Suponer la velocidad de los enlace infinitamente grande.

$$v_{ef} = \min\left(\text{enlace mas lento}, \frac{wnd}{RTT}\right) = \frac{4096 \text{ bytes}}{20 \text{ ms}} = \frac{4096 \times 8}{20 \times 10^{-3}} = 1.638 \text{ Mbit/s}$$