

The diagram illustrates the Close Sequence in a TCP connection between a Client (C) and a Server (S). The sequence of events is as follows:

- The Client sends a **FIN** segment to the Server: **FIN=1 Seq=701 Conn=701**.
- The Server responds with an **ACK** segment: **ACK=702 Seq=702**.
- The Client sends another **FIN** segment to the Server: **FIN=1 Seq=702 Conn=702**.
- The Server responds with an **ACK** segment: **ACK=703 Seq=703**.
- The Client sends a final **ACK** segment to the Server: **ACK=704 Seq=704**.
- The Server responds with a final **ACK** segment: **ACK=705 Seq=705**.

After the final ACK exchange, the connection is closed. The diagram also shows the client sending a **close** command to the server, which then sends a **close** command to the client.

Como máximo se podrían emplear $11112 / 10600 \text{ MHz} = 94,33$ lambdas
 $94 \text{ lambdas} / 2 = 47$ conexiones bidireccionales

Si ahora se emplea una codificación **multinivel** y la misma potencia de transmisión y de ruido que sobre el cable UTP pero con una atenuación de $0,35 \text{ dB}$ por kilómetro.

1.5 ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible para uno de los lambdas anteriores a 50 km de distancia? ¿Qué codificación emplearía?

Como ya se ha calculado $S/R = 30 \text{ dB}$ a 0 Km :

por tanto a 50 Km (teniendo una atenuación $0,35 \text{ dB/Km}$) $30 \text{ dB} - 50 \text{ dB} \times 0,35 \text{ dB} = 12,5 \text{ dB}$

(en escala lineal) será $10^{12,5/10} = 17,78$

que permite que la señal tome un número máximo de niveles de

$$N = (1 + S/R)^{1/2} = (17,78 + 1)^{1/2} = 4,33 \text{ niveles}$$

es decir que la señal podrá codificar un máximo de $n = \log_2 4,33 = 2,11 \text{ bits/baudio}$

¿qué codificación emplearía? **2,11 bits/baudio**

Por tanto la velocidad máxima de transmisión será de $V = V_{\text{señalización}} \times n \text{ bits/baudio} = 605 \text{ baud} \times 2,11 \text{ bits/baudio} = \underline{\underline{1276,55 \text{ Mbps}}}$

1.6 ¿A qué distancia se puede mantener la velocidad calculada en el apartado 1.2?

La velocidad del apartado 1.2 es de 960 Mbps

Como la velocidad de señalización es de 1200 M baudios , el número de bits por cambio de señal para poder transmitir esta velocidad sería de: $960 \text{ M} = 1200 \text{ Mbaud} \times n^\circ \text{ de bits/baudio}$ $n^\circ = 0,8 \text{ bits/baudio}$

el número de niveles que tiene que tomar la señal será de $2^{0,8} = 1,74$

y por tanto la relación señal ruido necesaria $N = (1 + S/R)^{1/2}$ $1,74^2 = 1 + S/R$
 $1,74^2 - 1 = S/R$ $S/R = 2,03$ lo que pasado a decibelios $\text{dB} = 10 \log(2,03) = \underline{\underline{3,07 \text{ dB}}}$

Como en el km 0 la relación S/R es 30 dB $30 \text{ dB} - 3,07 \text{ dB} = 26,92 \text{ dB}$ sobran

la señal se atenua en $0,35 \text{ dB por Km}$: $26,92 \text{ dB} / 0,35 \text{ dB} = \underline{\underline{76,94 \text{ Km}}}$

Con la misma fibra óptica indicada anteriormente. Si se emplean lambdas de 5 GHz de ancho de banda, 10 GHz de banda de guarda y la codificación original (8B10B).

1.7 ¿Cuántos canales de 960 Kbps se pueden multiplexar por división en el tiempo sobre un único lambda? Diseña la trama de multiplexación orientada a byte apropiada, indicando el número de canales por trama y el número de bytes por canal.

Nota: Si queda una capacidad sobrante (después de multiplexar los canales de entrada) asigne dicho sobrante a un canal de reserva.

Aplicando Nyquist, la velocidad máxima de señalización es siempre dos veces el ancho de banda.

$$V = 2 \times W = 2 \times 5 \text{ GHz} = 10 \text{ Gbaud}$$

y la velocidad de transmisión con la codificación indicada (8B10B) será

$$C = V_{\text{señalización}} \times n^\circ \text{ de bits/cambio de señal} = 10 \text{ Gbaud} \times 8/10 = \underline{\underline{8 \text{ Gbps}}}$$

El n° de canales que se pueden multiplexar será de $8000000 \text{ kbps} / 960 \text{ kbps} = 8333 \text{ canales}$

8.333 canales de 960 Mbps y sobre una capacidad de $8000000 \text{ Kbps} = 18.333 \text{ canales} \times 960 \text{ Kbps/canal} = 8000000 \text{ kbps} - 7996800 \text{ kbps} = \underline{\underline{3200 \text{ Kbps}}}$

Multiplexamos los **8.333 canales de 1200 bytes** y un canal de reserva de **40K bytes**

$$\text{total } (1200 \times 8333) = 10 \text{ K tramas por segundo}$$

Un canal de reserva de 40K bytes

Con la misma fibra óptica indicada anteriormente. Si se emplean longitudes de 50Hz de ancho de banda, 10GHz de banda de guarda y la codificación original (RBI10B).

4.7 ¿Cuántos canales de 960 Kbps se pueden multiplexar por división en el tiempo sobre un único canal? Diseña la trama de multiplexación orientada a byte apropiada, indicando el número de canales por trama y el número de bytes por canal.

Nota: Si queda una capacidad sobrante después de multiplexar los canales de entrada asigna dicha capacidad a un canal de relleno.

Aplicando Nyquist, la velocidad máxima de señalización es siempre dos veces el ancho de banda.

$$V = 2 \times W = 2 \times 50\text{Hz} = 100\text{Hz}$$

y la velocidad de transmisión con la codificación indicada (RBI10B) será:

$$C = V_{\text{transmisión}} \times n^{\circ} \text{ de bits/cambio de señal} = 100\text{Hz} \times 8/10 = 80\text{bps}$$

El nº de canales que se pueden multiplexar será de $8000000 \text{ kbps} / 960\text{kbps} = 8.333 \text{ canales}$

8.333 canales de 960Mbps y sobre una capacidad de 8000000 Kbps = $(8.333 \text{ canales} \times 960 \text{ Kbps}) = 8000000 \text{ kbps} - 7999500 \text{ kbps} = 500 \text{ Kbps}$

Multiplexamos los 8.333 canales de 1200bytes y un canal de relleno de 400bytes

$$\text{trama } (1200, 400) = 400 \text{ K tramas por segundo}$$

$$(1200\text{bytes} + 400\text{bytes}) = 1600\text{bytes por canal} \quad (120 \text{ K} + 40 \text{ K}) = 160\text{bytes por canal}$$

1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

4.8 Empleando todos los métodos posibles, ¿Cuántos canales de 960 Kbps bidireccionales se pueden multiplexar?

$$\text{El número de canales} = W_{\text{total}} / (W_{\text{canal}} + W_{\text{guarda}}) \quad \text{de } 1\text{Trama} / (50\text{Hz} + 100\text{Hz}) = 66.66 \text{ canales}$$

Como las comunicaciones son bidireccionales se necesitan $2 \times 33 = 66$ comunicaciones

$$66 \text{ comunicaciones} \times 8.333 \text{ canales/canal} = 549.998 \text{ canales de 960Kbps bidireccionales}$$

REDES DE COMPUTADORES

13 de junio de 2018 Final

Problemas I. Responda, RAZONADAMENTE a las siguientes preguntas:

1.1 ¿Qué velocidad de modulación se tendría que emplear? ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión de datos para cada robot?

Como el ancho de banda dado es de 250MHz, la velocidad máxima de modulación será $V_{\text{modulacion}} = 2 \times W = 2 \times 250\text{MHz} = 500\text{Mbaud}$.

Con lo que usando la codificación de Manchester (se transmite 1 bit cada dos cambios en la señal) la velocidad máxima de transmisión de datos será $V_{\text{transmision}} = 500\text{Mbaud} \times \frac{1}{2} = 250\text{Mbps}$ (bidireccionales ya que se emplea un par de hilos distinto en cada sentido)

1.2 ¿Qué relación señal ruido sería necesaria para que los equipos funcionasen adecuadamente? ¿Cuál sería la distancia máxima entre los robots y el ordenador que los controla?

La relación señal ruido necesaria es la que permita distinguir 2 niveles (Manchester)

$$2 = \sqrt{1 + S/R}, \text{ portanto, } S/R = 2^2 - 1 = 3 \text{ que equivale a}$$

$$dB = 10 \cdot \log(3) = 4,77dB \approx 5dB$$

Como inicialmente $S/R = 100\text{mW}/0,1\text{mW} = 1000$ o lo que es lo mismo

$$dB = 10 \cdot \log(1000) = 30dB$$

La máxima distancia entre los robots y el ordenados es:

$$(30dB - 4,77dB)/12,5dB/Km = 2,018Km$$

1.3 Para una distancia máxima de 1Km y empleando una codificación distinta a la de Manchester ¿Sería posible mejorar la velocidad de transmisión calculada en el apartado 1? ¿Con qué codificación? ¿Cuál sería la nueva velocidad máxima?

Si, ya que a 1 Km la relación $S/R = 30\text{dB} - 12,5\text{dB/km} = 17,5\text{dB}$ lo que equivale a $S/R = 10^{17,5/10} = 56,23 \approx 56$ por tanto, el número máximo de niveles que puede tomar la señal será de $N = \sqrt{1 + 56} = 7,5$ lo que permite transmitir $\log(7,5)/\log(2) = 2,9\text{bits/ baud}$

La codificación sería multinivel con 7,5 niveles

La velocidad máxima sería $500\text{Mbaud} \times 2,9\text{bits/ baud} = 1450\text{Mbps}$ (empleando una codificación multinivel con 7,5 niveles)

Una vez diseñado el sistema y puesto en marcha en una fábrica piloto se ha visto que la ubicación del ordenador de control en la fábrica no es ideal (problemas de temperatura, polvo, ruido...). Como consecuencia se ha decidido trasladar el ordenador a unas oficinas exteriores. Para mantener el esquema inicial con los mínimos cambios posibles se ha

instalado un multiplexor en el lugar donde antes estaba el ordenador de control. El multiplexor se conectará con los robots de la misma forma que lo hacía el ordenador de

Problema 1: Responde razonadamente a las siguientes preguntas:

1.1 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de señalización?

Aplicando Nyquist, la velocidad máxima de señalización es siempre dos veces el ancho de banda, obteniendo que $V_{\text{señalización}} = 2W = 2 \times 600\text{MHz} = \underline{1200\text{Mbaud}}$

**1.2 ¿Cuál será la máxima velocidad posible de transmisión con la codificación indicada (8B10B)?
¿Hasta qué distancia máxima es posible la transmisión? (5p).**

Dado que se utiliza codificación 8B10B, la máxima velocidad posible de bits de información en línea será: $C_{\text{max}} = V_{\text{señalización}} \times n^{\circ} \text{ de bits/señal} = 1200\text{Mbaud} \times 8/10 = \underline{960\text{Mbps}}$

Como hay que distinguir 2 niveles (señal binaria) se necesita una relación señal ruido mínima de: $N = (1 + S/R)^{1/2}$ $2 = (1 + S/R)^{1/2}$ $4 - 1 = S/R$ $S/R = 3$ en dB equivale a $10 \log_{10}(3) = 4,77 \text{ dB}$

La relación S/R en el km 0: $S/R = 10 \text{ mW} / 10 \mu\text{W} = 1000$ $\text{dB} = 10 \log_{10}(1000) = 30 \text{ dB}$ a 0 Km

Por lo que $30 \text{ dB} - 4,77 \text{ dB} = 25,23 \text{ dB}$ sobran

La señal se atenúa en 10dB por Km: $25,23 \text{ dB} / 10 \text{ dB por Km} = \underline{2,53 \text{ Km de distancia máxima}}$

1.3 En caso de emplear una codificación multinivel ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible a una distancia de 1Km? ¿Cuántos niveles se emplean?

Como ya se ha visto (apart. 1.2) la relación entre la potencia de emisión y el ruido (en el Km 0) es de $S/R = 10 \text{ mW} / 10 \mu\text{W} = 1000$ que en dB equivale a 30dB.

A 1 km la S/R se reduce en 10dB (la atenuación indicada en el enunciado)

$30 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$ que en escala lineal equivale a $20 \text{ dB} = 10 \log_{10} S/R$ $S/R = 10^{(20/10)} = 100 \text{ (E.L.)}$

Empleando Shannon el número máximo de niveles que puede tomar la señal será de:

$$N = (1 + S/R)^{1/2} = (100 + 1)^{1/2} = \underline{10,04 \text{ niveles}}$$

Con lo que la señal podrá codificar un máximo de $n = \log_2(10,04) = 3,32 \text{ bits/baudio}$

Finalmente la velocidad máxima de transmisión será de

$$C_{\text{max}} = V_{\text{señalización}} \times n^{\circ} \text{ de bits/señal} = 1200\text{Mbaud} \times 3,32 \text{ bits/baudio} = \underline{3984 \text{ Mbps}}$$

Suponiendo que, en lugar del cable UTP se emplea una fibra óptica con un ancho de banda de 1THz y manteniendo la codificación original (8B10B).

1.4 Considerando una banda de guarda de 10GHz ¿Cuántos canales del mismo ancho de banda empleado sobre el cable UTP se pueden multiplexar mediante DWDM? ¿Cuántas conexiones bidireccionales se pueden usar?

Como cada canal ocupa un ancho de banda de 600MHz más 10GHz (de banda de guarda) en total $600\text{MHz} + 10 \times 10^3 \text{ MHz} = 10600 \text{ MHz}$

Como máximo se podrían emplear $1\text{THz} / 10600 \text{ Mhz} = 94,33 \text{ lambdas}$

$$94 \text{ lambdas} / 2 = \underline{47 \text{ conexiones bidireccionales}}$$

Si ahora se emplea una codificación multinivel y la misma potencia de transmisión y de ruido que sobre el cable UTP pero con una atenuación de 0,35dB por kilómetro.

1.5 ¿Cuál será la velocidad máxima de transmisión posible para uno de los lambdas anteriores a 50 Km de distancia? ¿Cuál será la potencia de emisión necesaria?

Sugerido 2. Contestar RAZONADAMENTE a las siguientes cuestiones:

2.1 En el escenario propuesto, complete el direccionamiento de red que falta con sus correspondientes máscaras óptimas para los enlaces punto a punto R1-R0, R0-R2 y R0-R3.

R1-R0: 90.1.1.0/30

R0-R2: 92.1.1.0/30

R0-R3: 95.1.1.0/30 (29 de acuerdo a la cuestión 2.5)

2.2 ¿Sería posible añadir temporalmente un nuevo equipo en Organización-2 y Organización-3 que pudiera obtener su información TCP/IP automáticamente?

No porque al servicio DHCP se accede por broadcast y, por tanto, el nuevo equipo tendría que estar conectado a la red 201.1.1.0

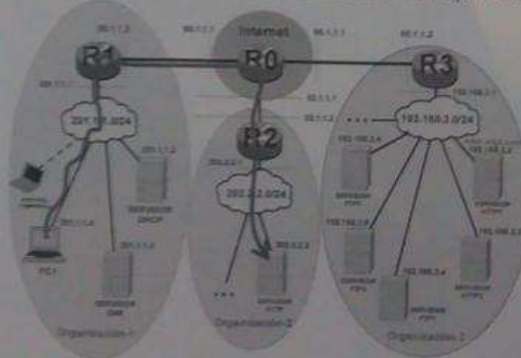
2.3 Configure las Tablas IP de encaminamiento de los Routers R0 y R2. (12p)

R0			
DESTINO	MÁSCARA	GATEWAY	INTERFAZ
201.1.1.0	/24	90.1.1.2 (R1)	1
202.2.2.0	/24	92.1.1.2 (R2)	2
95.1.1.0	/29	DIRECTO	3
0.0.0.0	/0	Dirección IP siguiente Router en Internet	4

95.1.1.0/29 POR EL RAZONAMIENTO INDICADO EN LA CUESTIÓN 2.5

R2			
DESTINO	MÁSCARA	GATEWAY	INTERFAZ
202.2.2.0	/24	DIRECTO	2
0.0.0.0	/0	92.1.1.1 (R0)	1

2.4 Suponga que desde PC1 en Organización-1 se accede al servicio HTTP de Organización-2. Indique, ¿qué direcciones IP de origen y destino contendrá el paquete IP que encapsula la solicitud HTTP al entrar y salir de R1, R0 y R2? El acceso al servicio se realiza directamente por la dirección IP 202.2.2.2



Como 201.1.1.4 (PC1) y 202.2.2.2 (SERVIDOR HTTP) son direcciones IP PÚBLICAS, NO HAY NAT ni en R1 ni en R2. Por tanto, las direcciones IP de Origen y Destino no cambian en ninguno de los dos routers, INCLUYENDO R0 que en cualquier otro caso nunca haría NAT

DIRECCIÓN ORIGEN: 201.1.1.4, DIRECCIÓN DESTINO: 202.2.2.2

R1 EN

Examen parcial, Junio de 2018

Problema 1. Solución

1.1 Asigne direcciones IP a los dispositivos de la Red de la Oficina.

Los equipos de cada VLAN deben pertenecer a VLANs diferentes. Dado que hay tres VLANs se necesitan tres Subredes, 2 bits para distinguir cada subred

Cada VLAN necesita 4 direcciones para dispositivos: 3 bits

VLAN 2: dirección de subred 192.168.1.0000 0000; 192.168.1.0/29

V1: 192.168.0.0000 0001; 192.168.0.1/29

PC5: 192.168.0.0000 0010; 192.168.0.2/29

PT1: 192.168.0.0000 0011; 192.168.0.3/29

192.168.0.0000 0100; 192.168.0.4, sin asignar

192.168.0.0000 0101; 192.168.0.5, sin asignar

R1: 192.168.0.0000 0110; 192.168.0.6/29

192.168.0.0000 0111; 192.168.0.7/29 difusión

VLAN 3: dirección de subred 192.168.1.0000 1000; 192.168.0.8/29

PC3: 192.168.0.0000 1001; 192.168.0.9/29

PC4: 192.168.0.0000 1010; 192.168.0.10/29

192.168.0.0000 1011; 192.168.0.11, sin asignar

192.168.0.0000 1100; 192.168.0.12, sin asignar

192.168.0.0000 1101; 192.168.0.13 sin asignar

R1: 192.168.0.0000 1110; 192.168.0.14/29

192.168.0.0000 1111; 192.168.0.15, difusión

VLAN 4: dirección de subred 192.168.1.0001 0000; 192.168.0.16/29

PC1: 192.168.0.0001 0001; 192.168.0.17/29

PC2: 192.168.0.0001 0010; 192.168.0.18/29

192.168.0.0001 0011; 192.168.0.19, sin asignar

192.168.0.0001 0100; 192.168.0.20, sin asignar

192.168.0.0001 0101; 192.168.0.21 sin asignar

R1: 192.168.0.0001 0110; 192.168.0.22/29

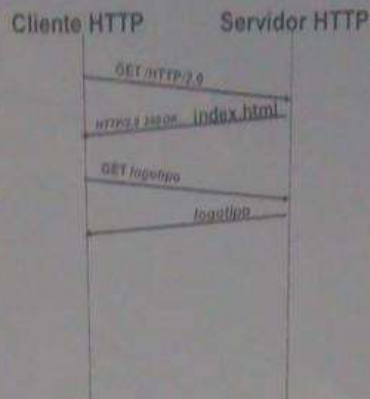
192.168.0.0001 0111; 192.168.0.23, difusión

1.2 Se dispone de una aplicación cliente-servidor implementada sobre UDP. Cada cierto tiempo se envía a la vez información ambiental (100 octetos del nivel de aplicación) desde los terminales PC1, PC2, PC3, PC4 y PC5 al servidor V1. En el servidor V1 mediante otra aplicación se juntan en un fichero la información de los 5 terminales y se envía al terminal PT1.

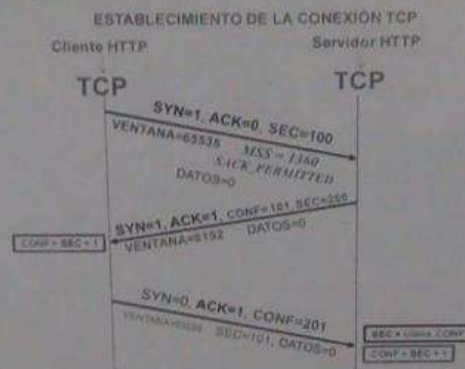
1.2.1. Indique, mediante un diagrama temporal, la transferencia de las cinco tramas desde los 5 terminales al servidor V1

Problemas 2. Responda **RAZONADAMENTE** a las siguientes cuestiones:

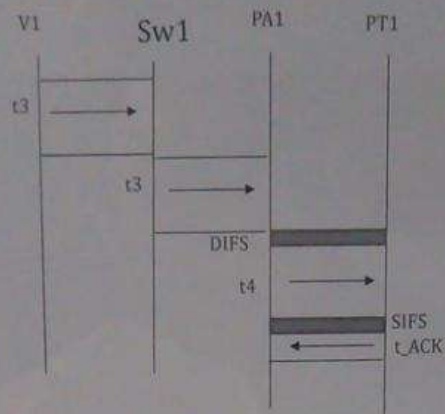
1.1 Indique en un **DIAGRAMA**, el intercambio de mensajes del nivel de aplicación con los métodos HTTP empleados.



1.2 Indique en un **DIAGRAMA**, la fase de establecimiento de la conexión TCP con los campos más relevantes de cada segmento TCP.



1.3 En fase de transferencia de datos, especifique **ÚNICAMENTE** los campos `CONF` (CONFirmación o ACK de 32 bits) y `VENTANA` del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido el cuarto segmento TCP de datos conteniendo el final del logotipo.



1.2.4. Calcule el tiempo que tarda en realizarse dicha transferencia

Longitud de la trama en Ethernet: $500 + 8 \text{ (cab UDP)} + 20 \text{ (cab IP)} + 26 \text{ (control Ethernet)} = 554 \text{ octetos}$

$t_3 = (554 \times 8) \text{ bits} / 10^8 \text{ bps} = 44,32 \text{ microsegundos}$

Longitud de la trama en Wifi: $500 + 8 \text{ (cab UDP)} + 20 \text{ (cab IP)} + 42 \text{ (control Ethernet)} = 570 \text{ octetos}$

$t_4 = (570 \times 8) \text{ bits} / 54 \times 10^6 \text{ bps} = 84,44 \text{ microsegundos}$

$T_{ACK} = (14 \times 8) \text{ bits} / 54 \times 10^6 \text{ bps} = 2,07 \text{ microsegundos}$

Total = $2t_3 + DIFS + t_4 + SIFS + t_{ACK} = 84,64 + 18 + 84,44 + 8 + 2,07 = 201,15 \text{ microsegundos}$

1.3 El teléfono IP del domicilio del empleado utiliza el codificador G.729 que es un algoritmo de compresión de datos de audio para voz que proporciona una tasa de bits de 8 kbit/s y transmite las muestras de voz agrupadas en una única unidad de datos de nivel de aplicación cada 20 milisegundos. Las unidades de datos de nivel de aplicación se encapsulan en el protocolo RTP que añade 12 octetos de cabecera. A su vez el protocolo RTP se encapsula sobre UDP. Calcule el régimen binario de la información procedente del teléfono IP en la interfaz Ethernet del teléfono IP.

La arquitectura de protocolos es: Cab Ethernet-Cab IP-Cab UDP-Cab RTP-datos-trailer Ethernet

Datos: Cada unidad de datos se forma cada 20 mseg.

Salida del codificador: 8 Kbps

Datos que se encapsulan en una unidad de datos = $8.000 \text{ bits/seg} \times 0,020 \text{ seg} = 160 \text{ bits} = 20 \text{ octetos}$

La longitud de una unidad de datos será:

Datos: 20 octetos

Cab RTP: 12 octetos

Cab UDP: 8 octetos

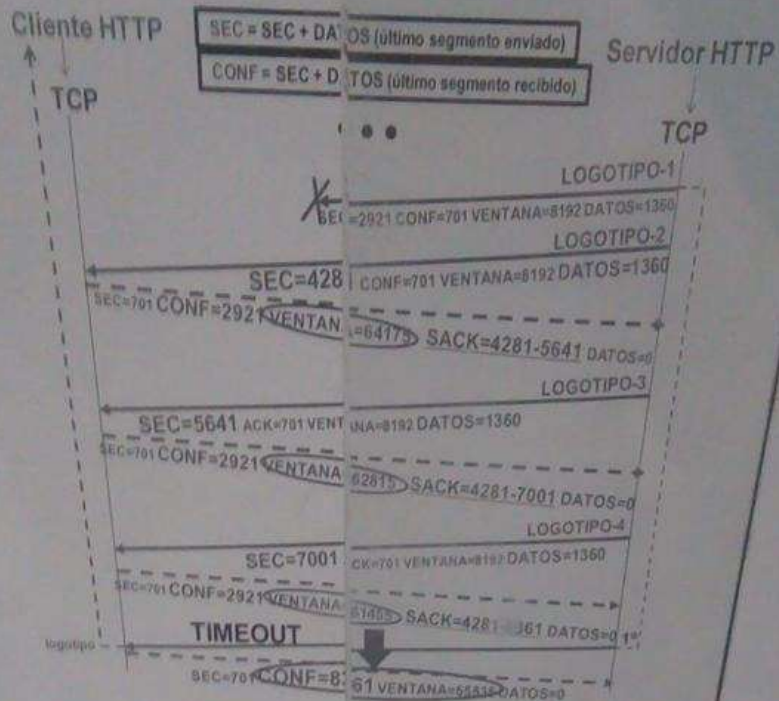
Cab IP: 20 octetos

Cab Ethernet: 14 octetos

Trailer Ethernet: 4 octetos

Long Total = $20 + 12 + 8 + 20 + 22 + 4 = 86 \text{ octetos}$

Luego el Régimen Binario será: $50 \text{ Unidades de datos/seg} \times 86 \times 8 \text{ bits/octeto} = 34,4 \text{ Kbps}$



Suponga ahora que se producen nuevos errores en fase de transferencia de datos cuando los cuatro segmentos TCP de tamaño máximo no con el logotipo de alta resolución y q

- El primer segmento de datos y recibido perdiéndose los segmentos segundo y cuarto.
- El cuarto segmento, se retransmite por de orden el segundo y a continuación el

2.5 En fase de transferencia de datos, especifica ACK de 32 bits, VENTANA y opción S. la entidad TCP del lado cliente, una vez ha

2.6 En fase de transferencia de datos, especifica ACK de 32 bits, VENTANA y opción S. la entidad TCP del lado cliente, una vez ha

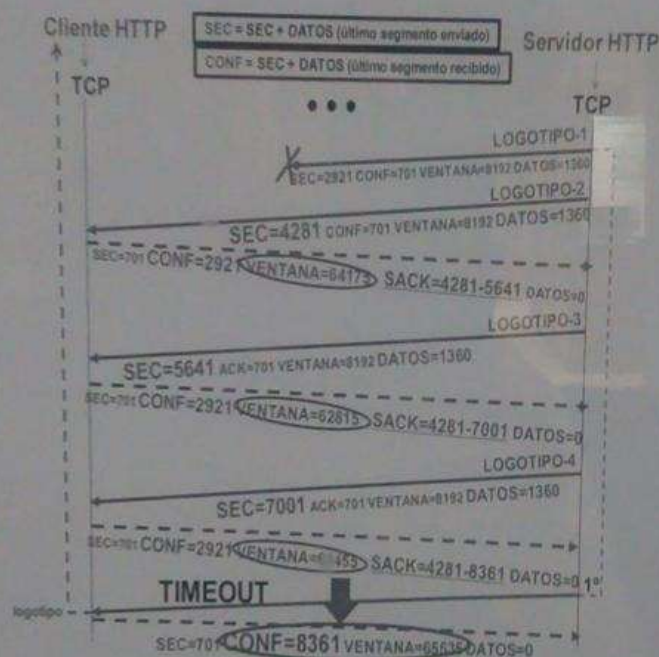
en fase de transferencia de datos cuando están enviando una vez se ha su confirmación, se envían los tres segmentos restantes, se reciben fuera de orden los tres segmentos de información

que **ÚNICAMENTE** los campos **CONF** y **CONF** se procede del siguiente segmento TCP recibido el tercer segmento TCP de datos que **ÚNICAMENTE** los campos **CONF** y **CONF** se procede del siguiente segmento TCP recibido el tercer segmento TCP de datos

En la fase de transferencia de datos anterior, suponga que se producen errores cuando se están enviando los cuatro segmentos TCP de tamaño máximo con el logotipo de alta resolución y que:

- El primer segmento de datos se pierde pero los 3 restantes se reciben.
- Las confirmaciones siempre llegan inmediatamente, es decir, antes del vencimiento del correspondiente temporizador y de la transmisión del siguiente segmento de datos.
- Después de transmitirse el último segmento de datos y de recibirse su confirmación, se retransmite por vencimiento de temporizador y, por tanto, se recibe fuera de orden el primer segmento de datos.

1.4 Especifique **ÚNICAMENTE** los campos los CONF (CONFirmación o ACK de 32 bits) y VENTANA del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido la retransmisión del primer segmento de datos.



Suponga ahora que se producen nuevos errores en fase de transferencia de datos cuando se están enviando los cuatro segmentos TCP de tamaño máximo con el logotipo de alta resolución y que una vez se ha transmitido:

- El primer segmento de datos y recibida su confirmación; se envían los tres segmentos restantes, perdiéndose los segmentos segundo y cuarto.
- El cuarto segmento, se retransmiten por vencimiento de temporizadores y, por tanto, se reciben fuera de orden el segundo y, a continuación, el cuarto segmento de información.

1.5 En fase de transferencia de datos, especifique **ÚNICAMENTE** los campos los CONF (CONFirmación o ACK de 32 bits), VENTANA y opción SACK si procede del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido el tercer segmento TCP de datos.

1.6 En fase de transferencia de datos, especifique **ÚNICAMENTE** los campos CONF (CONFirmación o ACK de 32 bits), VENTANA y opción SACK si procede del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido la retransmisión del cuarto segmento TCP de datos.

Como 201.1.1.4 (PC1) y 202.2.2.2 (SERVIDOR HTTP) son direcciones IP PÚBLICAS, NO HAY NAT ni en R1 ni en R2. Por tanto, las direcciones IP de Origen y Destino no cambian en ninguno de los dos routers. INCLUYENDO R0 que en cualquier otro caso nunca haría NAT.

DIRECCIÓN ORIGEN: 201.1.1.4, DIRECCIÓN DESTINO: 202.2.2.2

2.5 Se desea ofrecer el máximo número de servicios de Organización-3 al resto de las Organizaciones. Para ello, realice la configuración estática o manual que considere conveniente donde se necesite. Si se necesitan nuevas direcciones IP, haga uso secuencialmente de las direcciones que estimo convenientes a partir de la última que se haya asignado en el escenario propuesto.

La dirección IP de red de Organización-3 es privada: 192.168.3.0/24 y se desea ofrecer el máximo número de servicios al resto de Organizaciones. Por tanto es necesario un NAT ESTÁTICO en R3.

Teniendo en cuenta que hay que ofrecer 5 servicios en Organización-3 hacia el exterior y es necesario TRES DIRECCIONES PÚBLICAS; la dirección IP pública/máscara QUE DEBE ASIGNAR el ISP a R3 es 95.1.1.0/29:

• 95.1.1.0000 0010 = 2 (R3)

255.255.255.1111 1000

• Por tanto, se pueden usar en R3 para un NAT estático, las siguientes direcciones de red:

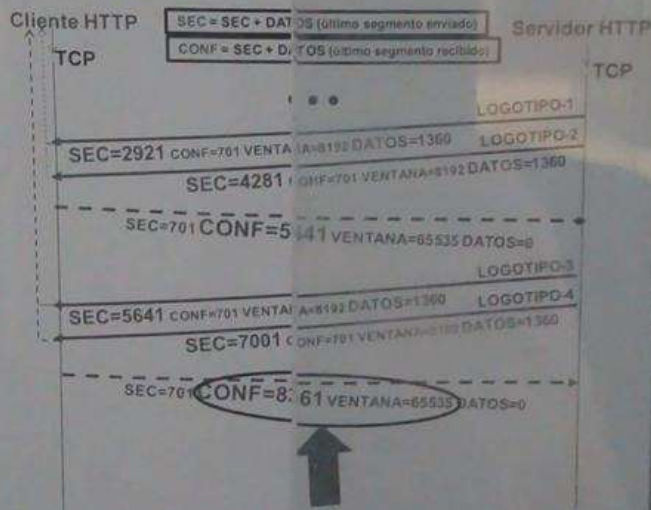
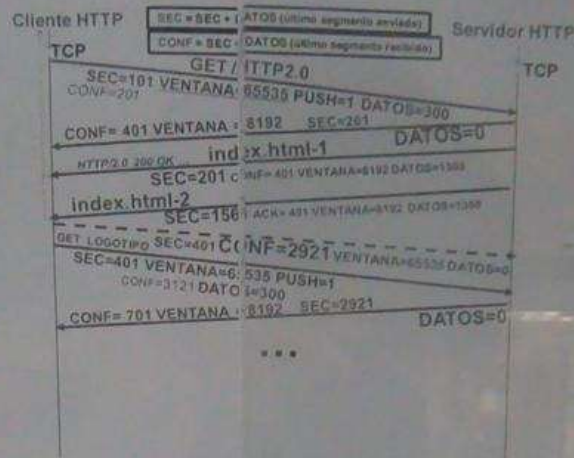
✓ 010 = 2 (95.1.1.2) (dirección asignada a R3), 011 = 3 (95.1.1.3), 100 = 4 (95.1.1.4), 101 = 5 (95.1.1.5), 110 = 6 (95.1.1.6). Como las direcciones públicas de R1: 95.1.1.1 (001), 95.1.1.0 (RED) y 95.1.1.7 (BROADCAST DIRIGIDO) no pueden usarse; se pueden elegir como direcciones públicas en R3, vía NAT, las siguientes:

➢ 95.1.1.2 (R3), 95.1.1.3 (011), 95.1.1.4 (100), 95.1.1.5 (101) y 95.1.1.6 (110)

• Como sólo son necesarias tres direcciones públicas para hacer NAT a los cinco servicios de Organización-3, se eligen las tres primeras: 95.1.2.2, 95.1.1.3 y 95.1.1.4

TABLA DE TRADUCCIÓN NAT de R3	
DIRECCIONES PÚBLICAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN-3	DIRECCIONES PRIVADAS Y PUERTOS DE LA ORGANIZACIÓN-3
95.1.1.2, TCP, 80	192.168.3.2, TCP, 80 (HTTP1)
95.1.1.3, TCP, 80	192.168.3.3, TCP, 80 (HTTP2)
95.1.1.2, TCP, 21	192.168.3.4, TCP, 21 (FTP1)
95.1.1.3, TCP, 21	192.168.3.5, TCP, 21 (FTP2)
95.1.1.4, TCP, 21	192.168.3.6, TCP, 21 (FTP3)

2.6 Suponga que el portátil que se conecta temporalmente a la red de la Organización-1, no dispone de configuración TCP/IP. Muestre GRÁFICAMENTE y de manera ordenada, los protocolos y niveles de comunicaciones que intervienen en el envío desde dicho equipo de una solicitud al servicio HTTP-1 en la Organización-3 y la respuesta correspondiente. El acceso al servicio se realiza por la dirección simbólica www.org1.com. Asimismo, indique, ¿qué direcciones IP de origen y destino contendrá el paquete IP que encapsula la solicitud HTTP al entrar y salir de R1, R0 y R3?

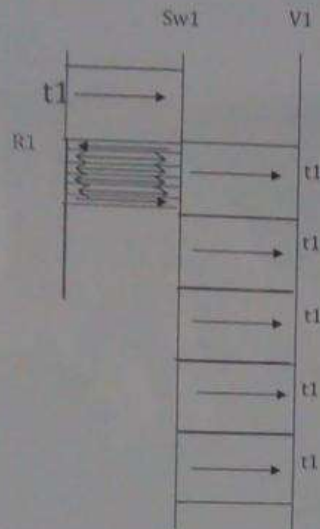


En la fase de transferencia de datos anterior, suponga que se producen errores cuando se están enviando los cuatro segmentos TCP de tamaño máximo con el logotipo de alta resolución y que:

- El primer segmento de datos se pierde pero los 3 restantes se reciben.
- Las confirmaciones siempre llegan inmediatamente, es decir, antes del vencimiento del temporizador y de la transmisión del siguiente segmento de datos.
- Después de transmitirse el último segmento de datos y de recibirse su confirmación, se retransmite por vencimiento de temporizador y, por tanto, se recibe fuera de orden el primer segmento de datos.

2.4 Especifique **ÚNICAMENTE** los campos los CONF (CONFirmación o ACK de 32 bits) y VENTANA (VENTANA de 32 bits) del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, en la retransmisión del primer segmento de datos.

...mediante un diagrama temporal, la transferencia de las cinco tramas desde los 5 terminales al servidor V1



Tal como se muestra en la figura, las tramas procedentes de los 5 terminales se transmiten al mismo tiempo al switch Sw1. La trama procedente de PC5 se envía directamente al servidor V1, dado que pertenecen a la misma VLAN. Los paquetes encapsulados en las tramas procedentes de PC1, PC2, PC3 y PC4, se han de encaminar en router R1 por pertenecer dichos terminales a VLAN diferentes a la VLAN del servidor V.

1.2.2. Calcule el tiempo que tarda en realizarse dicha transferencia

Longitud de la trama en los enlaces de acceso = $100 + 8 \text{ (cab UDP)} + 20 \text{ (cab IP)} + 26 \text{ (control Ethernet)} = 154 \text{ octetos}$

$t1 = (154 \times 8) \text{ bits} / 10^8 \text{ bps} = 12,32 \text{ microsegundos}$

Longitud de la trama en los enlace trunk: $154 + 4 = 158 \text{ octetos}$

$t2 = (158 \times 8) \text{ bits} / 10^9 \text{ bps} = 1,264 \text{ microsegundos}$

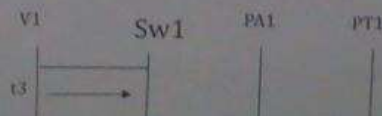
El tiempo que se tarda en transmitir las tramas de PC1, PC2, PC3 y PC4 desde Sw1 a R1 desde R1 a Sw1 es $6t2 = 7,584$ que es menor que t1.

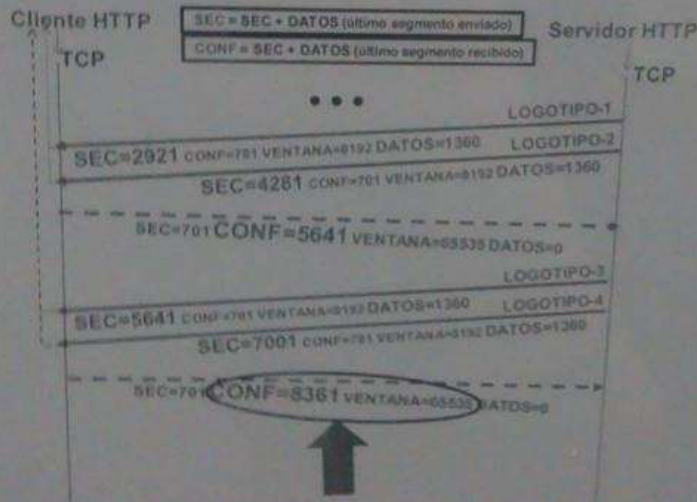
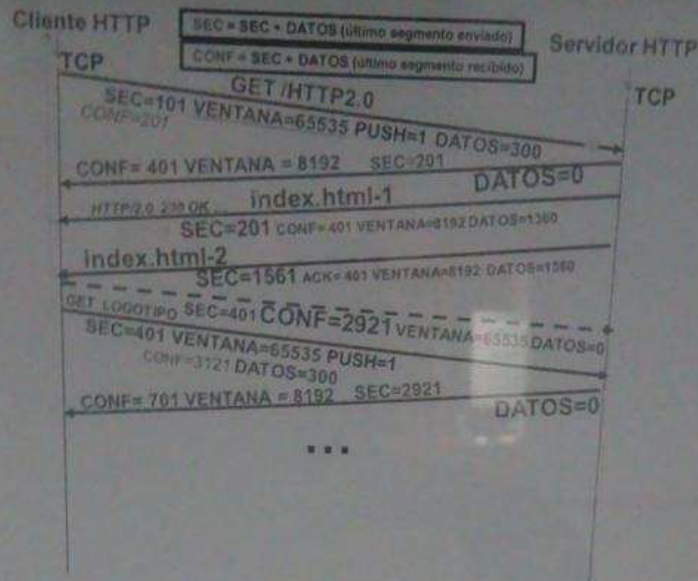
Luego cuando acaba de transmitirse la trama de PC5 a V1 desde Sw1 ya están en Sw1 las tramas de PC1, PC2, PC3 y PC4 procedentes de R1, por lo que se transmiten desde Sw1 a V1 a continuación

$T_{total} = 6t1 = 73,92 \text{ microsegundos}$

1.2.3. Indique, mediante un diagrama temporal, la transferencia del fichero desde V1 al terminal PT1

Longitud del fichero = $5 \times 100 = 500 \text{ octetos}$; se transmite en una trama





En la fase de transferencia de datos anterior, suponga que se producen errores cuando se están enviando los cuatro segmentos TCP de tamaño máximo con el logotipo de alta resolución y que:

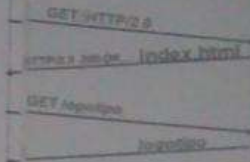
- El primer segmento de datos se pierde pero los 3 restantes se reciben.
- Las confirmaciones siempre llegan inmediatamente, es decir, antes del vencimiento del correspondiente temporizador y de la transmisión del siguiente segmento de datos.
- Después de transmitirse el último segmento de datos y de recibirse su confirmación, se retransmite por vencimiento de temporizador y, por tanto, se recibe fuera de orden el primer segmento de datos.

1.4 Especifique **ÚNICAMENTE** los campos los CONF (CONFirmación o ACK de 32 bits) y VENTANA del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido la retransmisión del primer segmento de datos.

Problema 2. Responda RAZONADAMENTE a las siguientes cuestiones.

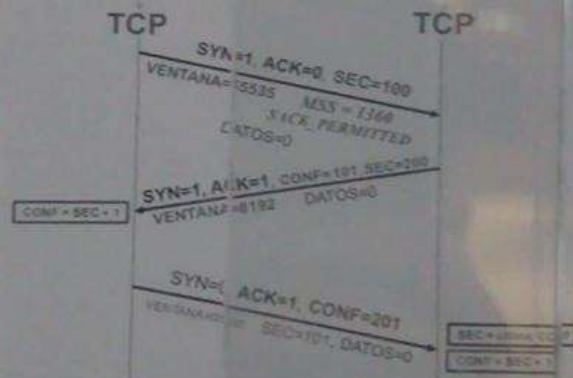
2.1 Indique en un DIAGRAMA, el intercambio de mensajes del nivel de aplicación con los métodos HTTP empleados.

Cliente HTTP Servidor HTTP

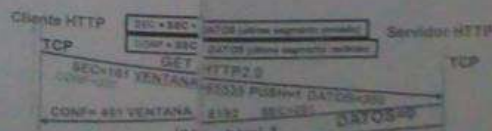


2.2 Indique en un DIAGRAMA, la fase de establecimiento de la conexión TCP con los campos más relevantes de cada segmento TCP.

ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN TCP
 Cliente HTTP Servidor HTTP



2.3 En fase de transferencia de datos, especifique ÚNICAMENTE los campos CONF (CONFirmación) o ACK de 32 bits y VENTANA del siguiente segmento TCP transmitido por la entidad TCP del lado cliente, una vez ha recibido el cuarto segmento TCP de datos conteniendo el final del logotipo.



instalado un multiplexor en el lugar donde antes estaba el ordenador de control. El multiplexor se conectará con los robots de la misma forma que lo hacía el ordenador de control y continua empleando la codificación de Manchester para ello. Por otro lado el multiplexor se comunica con el ordenador de control, ahora situado en la oficina externa, mediante una fibra óptica sobre la que se transmiten dos lambdas (uno por sentido).

- Sobre la fibra se emplea la codificación 8B10B
- El ancho de banda de la fibra es de 1,1THz
- Cada lambda requiere de una banda de guarda de 1GHz
- En cada lambda se multiplexara por división en el tiempo un sentido de la transmisión de "n" robots
- La trama de multiplexación se ha diseñado orientada a byte e incluye un canal adicional de 4 bytes para detección de errores

1.4 Si se pretenden controlar 10 robots, ¿Cuál es la velocidad de transmisión y el ancho de banda necesario para cada lambda?

Los 4 bytes de redundancia equivalen a 4 robots extra, con lo que la trama será equivalente a una trama de 14 canales de un byte y como cada robot transmite a una velocidad de 250Mbps.

Como la codificación es 8B10B: $\frac{3500Mbps}{8} \cdot 10 = 4375Mbaud$ por cada sentido

1.5 Suponiendo que los láseres empleados pueden modular a una velocidad máxima de 20 Gbaudios. ¿Cuántos robots se podrían multiplexar empleando dos lambdas (uno por sentido)? Diseña dicha trama de multiplexación indicando además los tamaños de cada campo y la longitud total de la trama.

Lo que deja la siguiente trama: 60 canales x 1Byte (un canal por cada robot) + 4 canales de 1 byte (para la detección de errores)

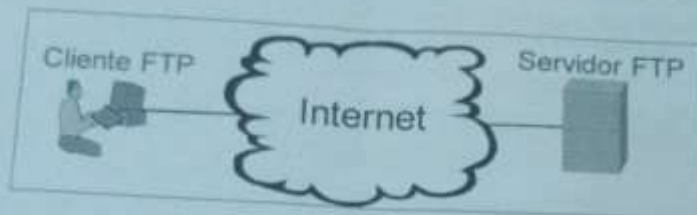
Los tamaños de cada campo son de 1 byte.

Problemas 2. Responde RAZONADAMENTE a las siguientes cuestiones:

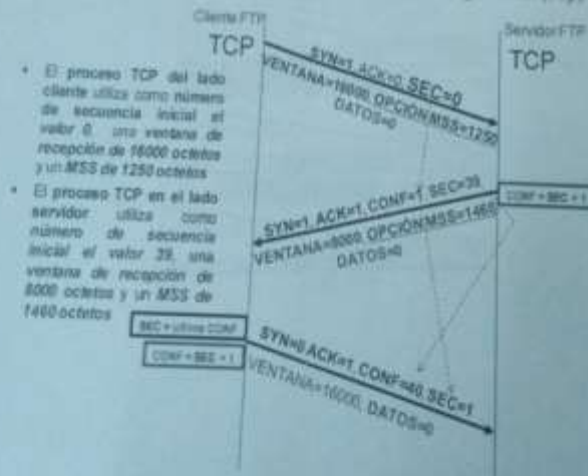
EXAMEN PARCIAL
TEMA 4
20-enero-2017

problema 2 (50p)

Un usuario ejecuta un cliente FTP para la descarga sin errores de un fichero de 3000 bytes mantenido por un servidor externo FTP en Internet. Para ello, el cliente FTP hace una llamada a su entidad TCP, pasándole el socket remoto, con el objetivo de que establezca una conexión TCP con su entidad par en el otro extremo. El proceso TCP del lado cliente utiliza como número de secuencia inicial el valor 0, una ventana de recepción de 16.000 octetos y un MSS de 1250 octetos. A su vez, el proceso TCP, en el lado servidor, utiliza como número de secuencia inicial el valor 39, una ventana de recepción de 8000 octetos y un MSS de 1460 octetos. En todo momento se hace uso de la opción SACK.



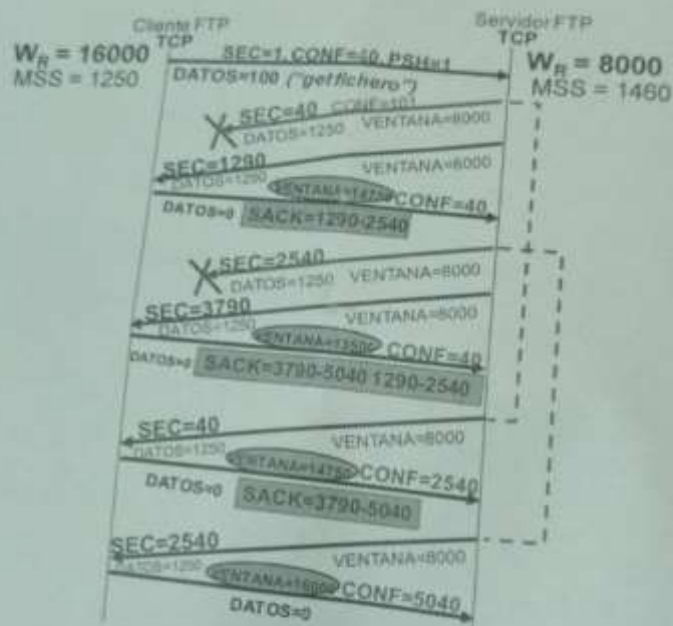
2.1 Indique, GRÁFICAMENTE, mediante un diagrama de envío y recepción de segmentos, la fase de establecimiento de la conexión con los campos más relevantes de dichos segmentos. (16p)



Una vez terminada la fase de establecimiento de la conexión, la entidad TCP, en el lado cliente, hace una llamada al cliente FTP para que le pase datos. A su vez, el cliente FTP hace una llamada a su entidad TCP, pasando los parámetros: Un byte-stream con el mensaje de solicitud de fichero ("get fichero") de 100 bytes y una solicitud de activación del bit PSH. Este mensaje "get fichero" no requiere confirmación en el nivel de aplicación.

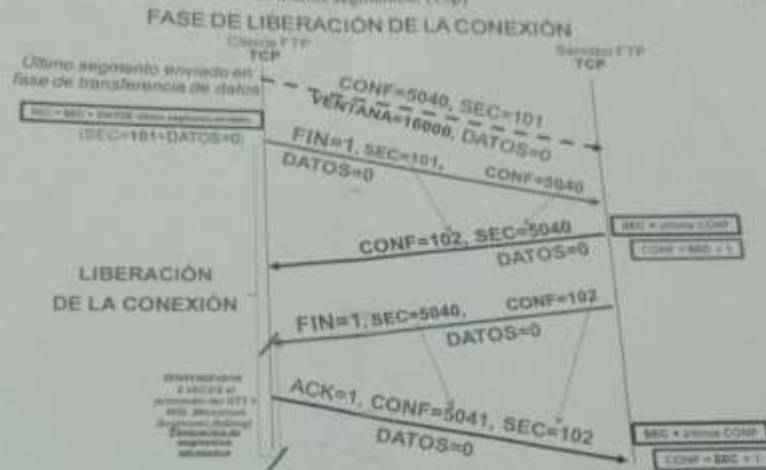
La entidad TCP del lado cliente encapsula dicha solicitud en un segmento de datos con el bit PSH = 1 para que la entidad TCP del lado servidor proceda, inmediatamente, a la descarga del fichero en 4 segmentos TCP de datos de la máxima longitud. Durante la fase de transferencia de datos, se pierden el primer y tercer segmento de datos. Por tanto, se asume que se reciben correctamente el segundo y cuarto segmento. Asimismo, considera que una vez recibida la confirmación de los octetos correspondientes al cuarto segmento, la entidad TCP del lado servidor realiza la retransmisión del primer y tercer segmento de datos, confirmando los octetos de estos individualmente. En función de lo indicado anteriormente.

2.2 Indique, GRÁFICAMENTE, mediante un diagrama de envío y recepción de segmentos, la fase de transferencia de datos con los campos más relevantes de dichos segmentos. (25p)



Una vez terminada la transferencia indicada en la conexión anterior, el cliente FTP hace una llamada a su proceso TCP para solicitarle la liberación de su lado de la conexión. Cuando la entidad TCP en el lado servidor recibe el primer segmento de liberación, hace una llamada al servidor FTP indicando la liberación por parte del cliente. A su vez, el servidor FTP hace una llamada a su proceso TCP para solicitarle la liberación de su lado de la conexión.

2.3 Indique, **GRÁFICAMENTE**, mediante un diagrama de envío y recepción de segmentos, la liberación completa de la conexión con los campos más relevantes de dichos segmentos. (1.5p)



(Sesión 3) JUNIO 2019

3.1)

RAL 24.000 - 192.168.1.0 / 24

5 bits para
Local

3 VLANs -> Subnet 2.000
2 VLANs -> Subnet 2.000

VLAN 2) 192.168.1.0 / 24

1) 192.168.1.0 (dir & subred VLAN2)

192.168.1.2 (broadcast)

Router R1 - 192.168.1.6

S1 - 192.168.1.1

T1 - 192.168.1.2

Una dir
para el router
por cada
VLAN

VLAN 3) Router R1 - 192.168.1.6

192.168.1.8 / 24 0 = 001 000
xxx

1) dir subred - 192.168.1.8

2) dir broadcast - 192.168.1.15

R1 - 192.168.1.14

S2 - 192.168.1.7 y 9

T2 - 192.168.1.10

VLAN 4)

192.168.1.16 / 24

1) subred - 192.168.1.16

2) broadcast - 192.168.1.23

R1 - 192.168.1.22

S3 - 192.168.1.17

T3 - 192.168.1.18

VERSUS

402.468.4.24 / 24

1. dir. internet -> 402.468.4.24

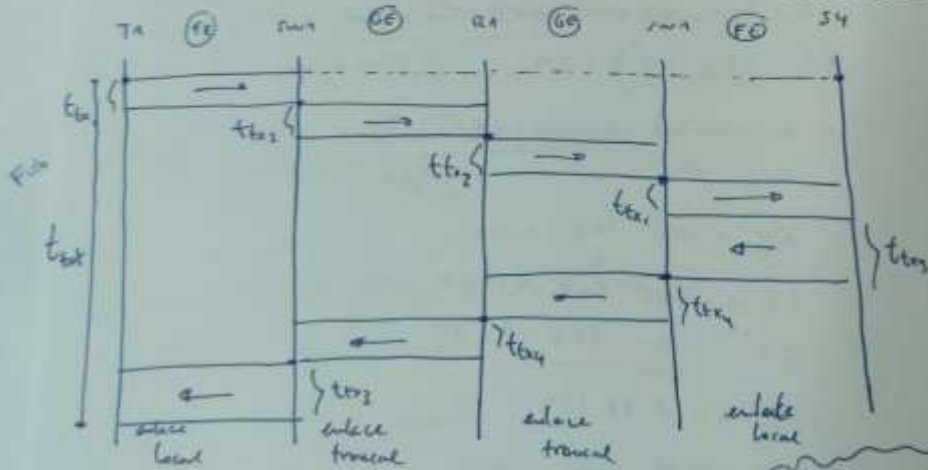
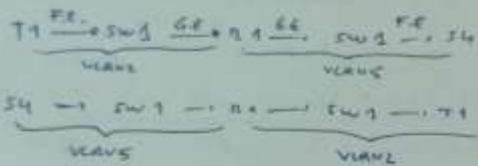
2. broadcast -> 402.468.4.255

192 -> 402.468.4.30

54 -> 402.468.4.25

24 -> 402.468.4.26

2.2)



Co. Quand on entree troncal > quand local ?

* e. troncal -> + 4 Bytes (baby jumbos)



(Figura 3) 20/10/2019

3.2)

$$\text{tan frame minima ethernet} = 64B + 8B = 72B$$

$$\text{tan frame max ethernet} = \underbrace{1500B}_{\text{MTU ET}} + \underbrace{26B}_{\text{Cabo Eth (incluyendo protocolo)}}$$

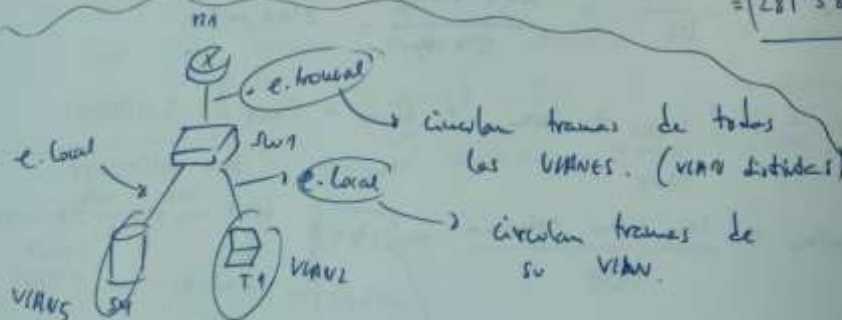
$$t_{\text{min}} = \frac{\text{tan frame min}^{\text{e local}}}{V_{\text{eff}}} = \frac{72B \cdot 8 \text{ bits/B}}{100 \text{ Mbps}} = \boxed{5.76 \mu s}$$

$$t_{\text{tx2}} = \frac{\text{tan frame min (Baby Zorro)}^{\text{e troncal}}}{V_{\text{eff}}} = \frac{72B + 4B \cdot 8 \text{ bits/B}}{10^8 \text{ bps}} = \boxed{0.6 \mu s}$$

$$t_{\text{tx3}} = \frac{\text{tan frame max Eth}}{V_{\text{eff}}} = \frac{1526B \cdot 8 \text{ bits/B}}{100 \text{ Mbps}} = \boxed{122.08 \mu s}$$

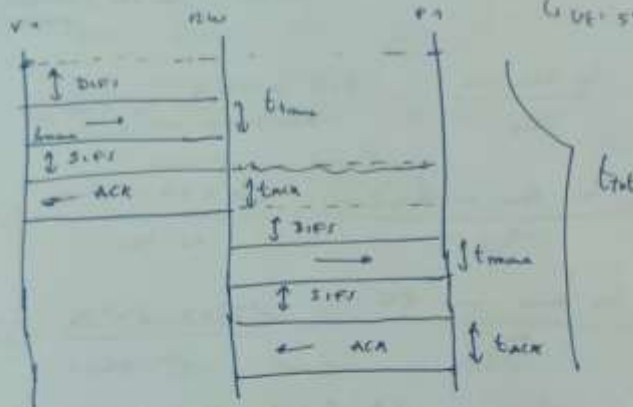
$$t_{\text{tx4}} = \frac{\text{tan frame max (Baby Zorro)}}{V_{\text{eff}}} = \frac{(1526 + 4)B \cdot 8 \text{ bits/B}}{10^9 \text{ bps}} = \boxed{42.24 \mu s}$$

$$t_{\text{tot}} = 2 \cdot (t_{\text{tx1}} + t_{\text{tx2}} + t_{\text{tx3}} + t_{\text{tx4}}) = 140.69 \mu s \cdot 2 = \boxed{281.38 \mu s}$$



2.3) Como se trata de un protocolo de flujo controlado (TCP), los tiempos que se calculan son de transmisión y de retardo. Los protocolos son similares a los que se calculan para una trama de flujo controlado.

802.11g
Cifra: 54 Mbps



$$t_{trans} = \frac{t_{tx} + t_{rx}}{v} = \frac{(1500 + 42) \cdot 8 \text{ bits} / 8}{54 \text{ Mbps}} = 2.28 \mu\text{s}$$

$$t_{ack} = \frac{t_{tx} + t_{rx}}{v} = \frac{148 \cdot 8 \text{ bits} / 8}{54 \text{ Mbps}} = 2.07 \mu\text{s}$$

$$t_{tot} = 2 \cdot (t_{SIFS} + t_{trans} + t_{SIFS} + t_{ack}) = 5.1102 \mu\text{s}$$

$$vel_{efectiva} = \frac{t_{trans} \text{ neto aplicación}}{t_{tot}}$$

$$= \frac{2285}{Mbps}$$

trans neto app:
HTTP → TCP → IP → 802.11g
20B 20B
b 1500B (MTU)
1460B

(Ejercicio 1)

3.4)

- a) SA = Red = conjunto de redes IP que realizan su propia gestión (o administración) del tráfico que fluye entre el y los restantes SA que forman Internet.

Ej: Monitor, Vodafone, Red Elé (redes de universidades Españas).



- b) El direccionamiento de la oficina es privado por lo que Monitor no puede conocer las direcciones.

El router R1 de la oficina dispone de funcionalidad NAT y tendrá traducidos a dir públicas una o varias de las direcciones de la oficina que se quiere que se puedan acceder desde Internet. Esa o esas direcciones públicas si serán conocidas por Monitor.

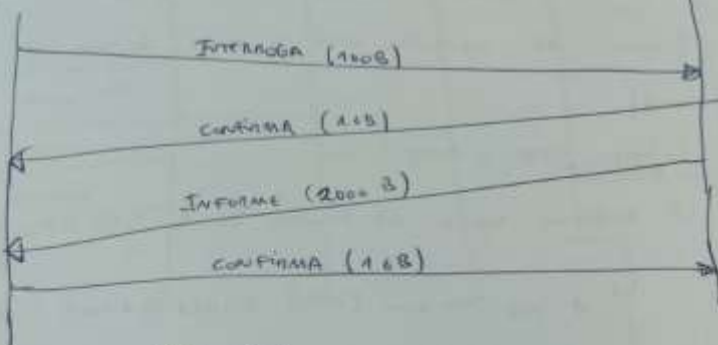
~~Fin~~
(10-Julio-2018)

(punto 3)

3.9) Protocolo "Acno de trabajo" - Nivel 5 - Aplicación

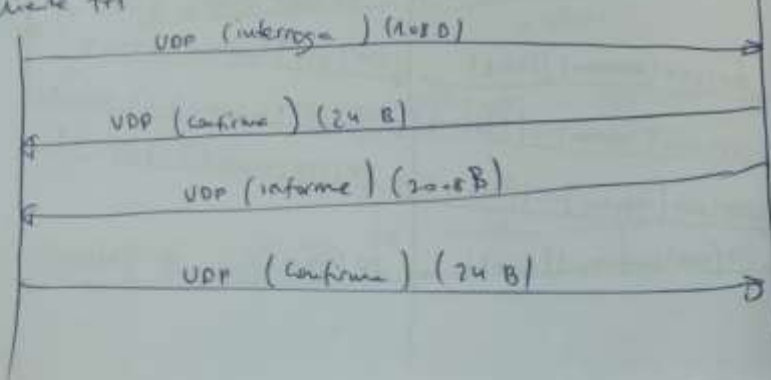
Cliente TP1

Server V1



Final 3.2) Cabeceas UDP → 8B
↳ no fiable
↳ nivel 4 (transporte entre a extra)
Server V1

Cliente TP1



Finis (22-1-2024)

3.6) observamos: por las direcciones IP, que R1 y R2
están en la misma red:

$$R1: 20.20.20.222 / 24$$

$$R2: 20.20.20.2 / 24$$

Por tanto, R1 no funciona como router porque
no separa redes, funciona como bridge

(separa el segmento aire y cable de la misma
red).

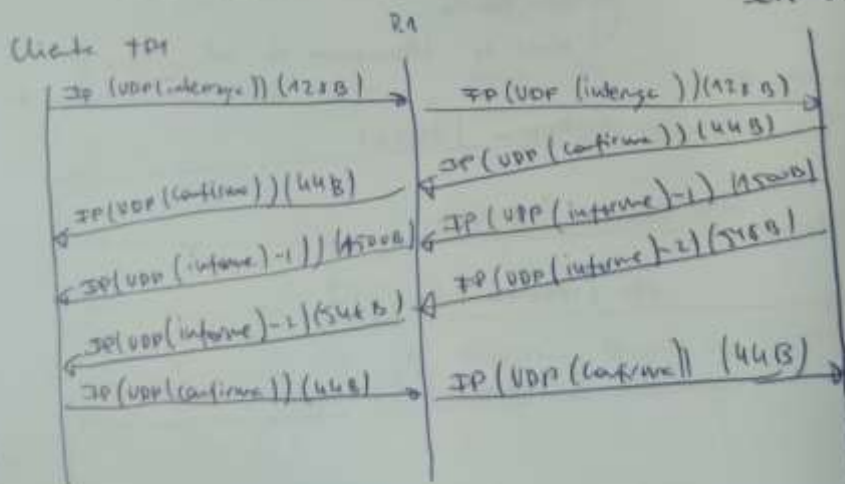
Cabeceo IP = 20 B

El informe separa el tamaño de la MTU $\Rightarrow P \Rightarrow$ hay que
fragmentar

$$1^{\circ} \text{ pag tamaño (MTU)} = 1460 \text{ B} + 20 \text{ B} = 1480 \text{ B}$$

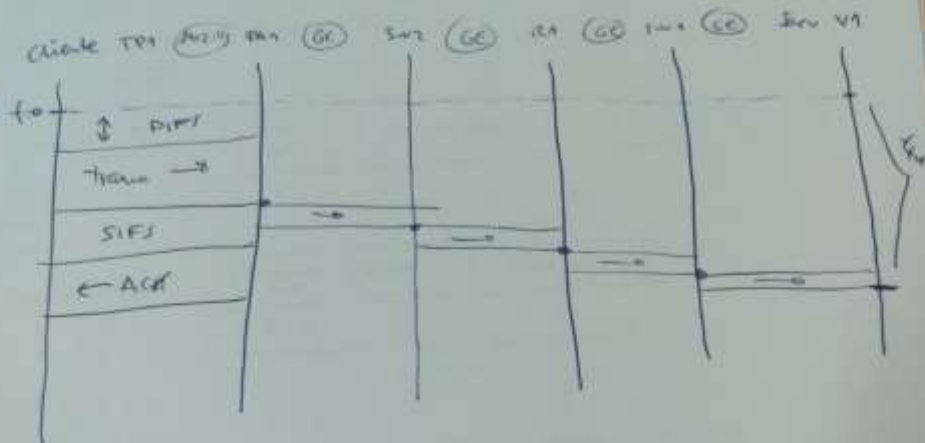
$$2^{\circ} \text{ pag} = 2000 - 1460 = 540 \text{ B} \rightarrow 520 \text{ B} + 20 = 540 \text{ B}$$

Serv V1



3.4) Calcular $t_{wif} = 42 \text{ B} / 1 \text{ Gb}$, ethernet = 76 B

from ~~ethernet~~ ^{interfacing} to wif $\rightarrow 128 \text{ B} + 42 \text{ B} = 170 \text{ B}$
 ethernet $\rightarrow 128 \text{ B} + 26 \text{ B} = 154 \text{ B}$



$$t_{\text{trans wif}} = \frac{\text{len trans wif}}{v_t} = \frac{170 \text{ B} \cdot 8 \text{ bits/B}}{54 \text{ Mbps}} = 25.19 \mu\text{s}$$

$$t_{\text{trans eth}} = \frac{\text{len trans eth}}{v_t} = \frac{154 \text{ B} \cdot 8 \text{ bits/B}}{1 \text{ Gbps}} = 1.23 \mu\text{s}$$

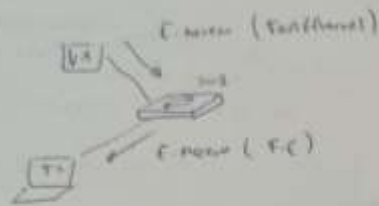
$$t_{\text{tot}} = t_{\text{pkt}} + t_{\text{trans wif}} + 4t_{\text{trans eth}} = 50.19 \mu\text{s}$$

3.5.1) Se pasa por 6, SA Monitor, Oracle y SPANIX.

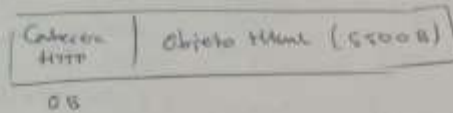
Final (22-1-19)

(Supuesto 3)

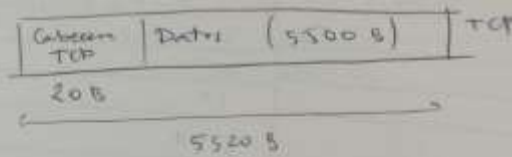
1.1



Nivel 5



Nivel 4



Nivel 3

$$IP \rightarrow MTU = 1500 B = 1460 B + 20 B$$

Datos Cabecera IP

$$5520 / 1460 = 3.77 \Rightarrow 3 \text{ paquetes tan m\u00e1s}$$

$$5520 - 3 \cdot 1460 = 1060 B$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ paq tan m\u00e1s} \rightarrow 1460 B + 20 B = 1500 B \\ 1 \text{ paquete} \rightarrow 1060 B + 20 B = 1080 B \end{array} \right.$$

4 paquetes IP



REDES DE COMPUTADORES

16 de enero de 2018 (Plan 2009) Final

Duración del examen: 2:30 horas

Fecha prevista de publicación: 23 de enero de 2017

Supuesto 1 (25p)

Una empresa dispone de un enlace basado en dos fibras ópticas para conectar dos edificios cercanos. Cada fibra se emplea para las transmisiones en una única dirección entre los enrutadores a la entrada de cada edificio.

Sabiendo que:

- Los enrutadores disponen de un transmisor en fibra óptica que emplea una codificación 8B10B a 10Gbps.
- Los láseres empleados emiten con una potencia de 0.5 mW
- Independientemente del ruido y por limitaciones en los receptores empleados, éstos no pueden recibir la transmisión de forma fiable si ésta no llega con al menos $0.5 \mu\text{W}$ de potencia
- La fibra empleada atenúa la señal transmitida en 0,35dB por cada kilómetro

Responda **razonadamente** a las siguientes preguntas:

1.1 ¿Cuál es el ancho de banda consumido sobre cada fibra óptica? (3p)

1.2 ¿Cuál será la distancia máxima a la que se pueda producir de forma fiable la transmisión? (4p)

Como consecuencia del crecimiento de las necesidades de transmisión de datos, se necesita ampliar la capacidad disponible. Para ello, se ha adoptado la solución de emplear tecnología basada en DWDM.

Sabiendo, adicionalmente, que:

- El ancho de banda disponible es de aproximadamente 2THz
- Por limitaciones en los equipos empleados, la banda de guarda entre lambdas es de 13,75GHz
- Los multiplexores DWDM cuando multiplexan, combinan los distintos lambdas sobre la fibra de salida (sin sumar sus potencias originales ya que cada lambda tiene una longitud de onda distinta)
- Los multiplexores DWDM cuando demultiplexan los lambdas, dividen la potencia de cada lambda a partes iguales entre los distintos receptores (ya que son multiplexores ópticos pasivos). A su vez, cada receptor decodificará un único lambda.

Responda **razonadamente** a las siguientes preguntas adicionales:

1.3 ¿Cuántas lambdas se podrían emplear como máximo? (No tenga en cuenta la atenuación de la señal) (3p)

1.4 Suponiendo que el número de lambdas empleado fuese 20. ¿Cuál será la distancia máxima a la que se puede recibir de forma fiable la transmisión? (4p)

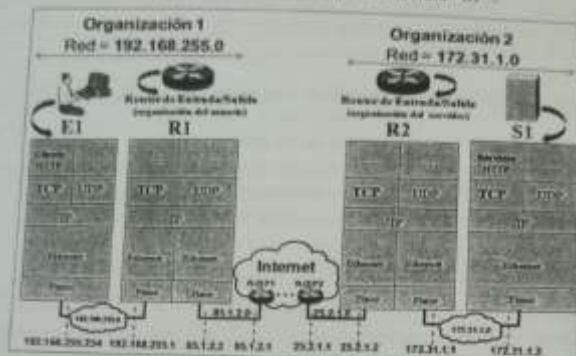
1.5 Si se pudiese fabricar un transmisor que, con un solo lambda, y empleando la codificación indicada originalmente (8B10B), usase todo el ancho de banda posible. ¿Cuál sería su velocidad de modulación? y ¿cuál sería su velocidad de transmisión de datos? (4p)

Para mejorar los servicios de comunicaciones de la empresa, se ha decidido emplear un lambda para multiplexar (por división en el tiempo orientada a byte) una serie de redes de área local Ethernet (a distintas velocidades).

1.6 Diseñe la trama de multiplexación adecuada para soportar "n" redes GigaEthernet, 9 redes FastEthernet a 100Mbps y 10 redes Ethernet a 10Mbps. La trama se diseñará para que "n" sea el mayor posible. Indique, ¿cuál es el valor de "n"? (7p)

Supuesto 2 (45p)

Un usuario desde su equipo "E1", en la Organización 1, ejecuta un cliente HTTP o navegador que utiliza el protocolo HTTP 2.0 para acceder por Internet a un servidor HTTP o Servidor Web remoto ("S1") en la Organización 2. Tanto el router "R1" (Router de Entrada/Salida en la Organización 1 del usuario) como el router "R2" (Router de Entrada/Salida en la Organización 2 del Servidor) disponen de sus ISPs (R-ISP1 y R-ISP2). El objetivo final del usuario en "E1", es descargar y visualizar el contenido completo de la información de la página Web mantenida por el servidor "S1".



Teniendo en cuenta las direcciones indicadas en la Figura anterior, contestar RAZONADAMENTE a las siguientes cuestiones:

- 2.1 Indicar en el escenario propuesto, ¿entre qué entidades TCP existe conexión para efectuar la comunicación anterior? (2p)
- 2.2 Indicar qué tipo de máscaras (de red o subred y la clase A, B, o C) se asocian a las direcciones de red tanto de la "Organización 1" y "Organización 2". Asimismo, especificar dichas máscaras. (2p)
- 2.3 Indicar qué tipo de máscaras (de red o subred y la clase A, B, o C) se asocian a las direcciones de red en los enlaces punto a punto entre R1 y R-ISP1 y entre R2 y R-ISP2. Asimismo, especificar dichas máscaras. (2p)
- 2.4 En función del escenario propuesto, es posible la comunicación entre el cliente HTTP en "E1" y el servidor HTTP en "S1". Si no es posible, indicar cómo resolverlo específicamente? (4p)
- 2.5 Suponga, ahora, que el proceso servidor HTTP está activo y se ha efectuado la conexión vía TCP entre el cliente HTTP en "E1" y dicho servidor HTTP en "S1". Detalle ordenadamente el intercambio de paquetes entre los equipos que intervienen en el trayecto para la solicitud de la página Web desde "E1" a "S1" y su correspondiente respuesta o descarga desde "S1" a "E1". Para dichos paquetes, indique la siguiente información por cabecera IP y cabeceras encapsuladas:
 - Cabecera IP: Dirección Destino, Dirección Origen y Protocolo superior.
 - Cabecera TCP: N° de puerto origen (el que considere conveniente) y N° de puerto destino.
 - Cabecera HTTP: "get/HTTP/2.0" (solicitud) y "HTTP/2.0 200 OK" (respuesta) (10p)

Se asume que se ha efectuado con éxito la conexión previa entre las correspondientes entidades TCP para visualizar el contenido completo de la información de la página Web mantenida por el servidor HTTP en "S1". Dicha página Web se corresponde con un fichero inicial denominado index.html de 2.700 bytes que contiene un vídeo de 4.000 bytes. Una vez el usuario en "E1" ejecuta su cliente HTTP, éste hace una llamada a su entidad TCP, pasándole dos parámetros: Un byte-stream con el mensaje de solicitud de fichero "get index.html" y una solicitud de envío inmediato de dicha solicitud (PSH=1).

Teniendo en cuenta que:

- Siempre se hace uso de la opción SACK para su empleo, en caso necesario, en fase de transferencia de datos.
- Las confirmaciones siempre llegan en el momento adecuado.
- El servidor espera recibir del cliente, en fase de transferencia de datos, el número de secuencia 100.
- El cliente espera recibir del servidor, en fase de transferencia de datos, el número de secuencia 2000.
- El servidor emplea el MSS por omisión de 1.024 bytes.
- El cliente emplea un MSS de 500 bytes.
- El servidor emplea una ventana de 63.533 bytes.
- El cliente emplea una ventana de 4.096 bytes.
- Todos los mensajes HTTP con solicitudes a través del método GET son de 300 bytes y se transmiten inmediatamente ($TSN = 1$).
- La solicitud de fichero "get index.html" requiere una confirmación sin datos.
- El resultado de la solicitud anterior es la descarga SIN ERRORES de la respuesta HTTP 2.0 200 OK del servidor y el fichero index.html solicitado previamente.
- El primer segmento de datos contiene la respuesta HTTP 2.0 200 OK junto a sus cabeceras (300 bytes) más un primer trazo del fichero index.html. Posteriormente, se transmite el resto del fichero index.html en los correspondientes segmentos de datos.

En función de todo lo anterior:

2.6 Indicar, ¿cuántas ventanas de transmisión y recepción existen en la comunicación anterior en función de las entidades TCP que intervienen en la misma? (2p)

2.7 Indicar, en un gráfico de intercambio de segmentos TCP y con la información de control que considere más relevante, la fase de establecimiento de la conexión entre las entidades TCP de los equipos que han intervenido en dicha comunicación. (3p)

2.8 Indicar, en un gráfico de intercambio de segmentos TCP, la fase de transferencia de datos para la descarga del fichero index.html sin errores entre las entidades TCP que han intervenido en dicha comunicación. Para ello, especificar la información de control más relevante para un SEGMENTO DE DATOS (N° de Secuencia, Ventana y longitud del campo DATOS) y para una CONFIRMACIÓN (CONF o ACK y Ventana). Cuando no hay errores, como es este caso, la entidad TCP del cliente valida, con una única confirmación, cada dos segmentos de datos recibidos correctamente. No se transmite dos nuevos segmentos de datos hasta no haber recibido la confirmación de los dos anteriores. (5p)

Una vez el cliente HTTP presenta en pantalla la página Web, el usuario hace un "clic" en el enlace del vídeo para su descarga y, posterior, visualización. Dicho vídeo llega contenido en 8 segmentos de datos con pérdidas entre ellos.

Teniendo en cuenta que:

- No hay confirmación para la solicitud del vídeo.
- Se pierden los segmentos segundo, cuarto, sexto y octavo, pero los restantes se reciben.
- Cuando hay errores (pérdidas), en cuanto llega un segmento de datos sin errores se procede a su confirmación.
- Después de transmitirse el octavo segmento, se retransmiten por vencimiento de temporizadores y, por tanto, se reciben fuera de orden los segmentos de datos: cuarto, segundo, sexto y octavo.

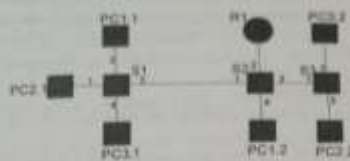
2.9 Indicar, con la información de control más relevante, la solicitud de descarga del vídeo. (3p)

Indicar, SIN GRÁFICO DE ENVÍOS SE SEGMENTOS PREVIOS y con la información de control más relevante para una CONFIRMACIÓN (CONF o ACK, Ventana y opción SACK si procede):

- 2.10 Sólo el contenido de la CONFIRMACIÓN para el 7º segmento de datos recibido correctamente. (4p)
- 2.11 Sólo el contenido de la CONFIRMACIÓN para la retransmisión del 4º segmento de datos. El cual se ha recibido correctamente después del vencimiento de su correspondiente temporizador. (8p)

Supuesto 3 (30p)

Una pequeña organización tiene instalada una red de área local que consta de tres conmutadores (switches) S1, S2 y S3; un router R1 y 6 PCs, como la que se representa en la figura adjunta:



Teniendo en cuenta que:

- Los PCs están distribuidos en tres VLAN
 - PC1.1 y PC1.2 pertenecen a la Vlan 1
 - PC2.1 y PC2.2 pertenecen a la Vlan 2
 - PC3.1 y PC3.2 pertenecen a la Vlan 3
- Tanto los conmutadores como el router están correctamente configurados para permitir la comunicación entre todos los PCs
- Los interfaces de cada conmutador se identifican por los números indicados sobre ellos

Responda **RAZONADAMENTE** a las siguientes preguntas:

- 3.1 ¿Cuántos dominios de difusión existen en la red? (3p)
- 3.2 Suponiendo que PC1.1 envía un paquete IP a PC2.1. Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red de la unidad de datos transmitida (suponga que PC1.1 conoce las direcciones MAC necesarias). Indique las direcciones de forma simbólica (por ejemplo: MAC_PC1.2 o IP_PC1.1). (4p)
- 3.3 Suponiendo que PC1.1 envía una trama dirigida a la dirección MAC (MAC_PC1.2). Indique, ¿qué equipos recibirán la citada trama? (Suponga que los conmutadores tienen sus tablas de conmutación vacías) (4p)
- 3.4 Suponiendo que en la red ha existido tráfico reciente entre todos los equipos. Indique el contenido de las tablas de encaminamiento MAC de S1. (5p)
- 3.5 Suponga que se añade un punto de acceso WIFI (PA1) conectado al interfaz 4 de S3. La red se configura para que toda la red WIFI forme parte de la VLAN 1. Asumiendo que PC1.3 (conectado inalámbricamente al punto de acceso PA1) envía un paquete IP a PC2.1. Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red de la unidad de datos WIFI transmitida (suponga que PC1.3 conoce las direcciones MAC necesarias). Indique las direcciones de forma simbólica. (7p)
- 3.6 Para la misma unidad de datos del apartado anterior. Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red (indicando las direcciones oportunas) de la unidad de datos (Ethernet) transmitida por PA1 hacia la interfaz 4 de S3 y a la salida de S3 sobre su interfaz 1. (7p)

Supuesto 1. Responde razonadamente a las siguientes preguntas:

1.1 ¿Cuál es el ancho de banda consumido sobre cada fibra óptica?

El ancho de banda en cada fibra será el ocupado por el único lambda, que para transmitir a 10Gbps tendrá que modular a $10\text{Gbps} \times (10/8) = 12,50\text{Gbaudios}$.

Como el ancho de banda requerido guarda la siguiente relación con la velocidad de modulación según el Teorema de Nyquist:

$$V = 2 \cdot W \text{ baudios} \quad \text{se deduce que} \quad W = V/2 = 12,50/2\text{GHz} = 6,25\text{GHz}$$

1.2 ¿Cuál será la distancia máxima a la que se pueda producir de forma fiable la transmisión?

Como la emisión se hace a $0,5\text{mW}$ y la recepción fiable se garantiza solo cuando la señal se recibe a $0,5 \mu\text{W}$, la relación entre la potencia de emisión y la necesaria en recepción es $0,5\text{mW}/0,5 \mu\text{W} = 1000$.

De lo anterior se deduce que la señal puede atenuarse en 1000 veces o lo que es lo mismo:

$$\text{dB} = 10 \cdot \log(1000) = 30\text{dB}$$

Como en cada kilómetro se atenúa $0,35\text{dB}$ para que se atenué 30dB serían necesarios $30\text{dB}/0,35\text{dB/Km} = 85,71\text{Km}$.

1.3 ¿Cuántas lambdas se podrían emplear como máximo? (No tenga en cuenta la atenuación de la señal)

Como cada lambda ocupa un ancho de banda de $6,25\text{GHz}$ más $13,75\text{GHz}$ (de banda de guarda) en total:

$$6,25 + 13,75 = 20\text{GHz}$$

Como máximo se podrían emplear $2\text{THz}/20\text{GHz} = 100$ lambdas

1.4 Suponiendo que el número de lambdas empleado fuese 20. ¿Cuál será la distancia máxima a la que se puede recibir de forma fiable la transmisión?

• Los multiplexores ópticos:

◦ El multiplexor suma los lambdas y por tanto no atenúa la señal

◦ El demultiplexor divide la señal en 20 partes iguales (atenuación)

• La atenuación debida a la distancia que es de $0,35\text{dB}$ cada kilómetro

La atenuación debida al proceso de demultiplexación es de 20 veces lo que en dBs equivale a $10 \times \log(20) = 13,01\text{dB}$

Como sabemos que la señal se puede atenuar 30dB si queremos que la transmisión sea fiable, nos queda que la atenuación debida a la distancia solo puede ser de $30 - 13,01 = 16,99\text{dB}$ y por tanto la distancia máxima será de $16,99\text{dB}/0,35\text{dB/Km} = 48\text{Km}$

1.5 Si se pudiese fabricar un transmisor que, con un solo lambda, y empleando la codificación indicada originalmente (NRZ), usase todo el ancho de banda posible. ¿Cuál sería su velocidad de modulación? y ¿cuál sería su velocidad de transmisión de datos?

Si un único lambda emplease todo el ancho de banda su velocidad de modulación sería de $V = 2 \cdot W$ baudios $= 2 \times 2\text{THz} = 4\text{Tbaud}$ lo que nos deja una velocidad de transmisión de datos de $C = 4\text{Tbaud} \times 8/10 = 3,2\text{Tbps}$

1.6 Diseñe la trama de multiplexación adecuada para soportar "n" redes GigaEthernet, 9 redes FastEthernet a 100Mbps y 10 redes Ethernet a 10Mbps. La trama se diseñará para que "n" sea el mayor posible. Indique, ¿cuál es el valor de "n"? (7p)

Para diseñar la trama de multiplexación necesitamos conocer la longitud (bytes por canal) de cada canal en la trama

La capacidad asignada a cada byte ha de ser un submúltiplo de las capacidades de todos los canales. Por tanto, la más apropiada se puede obtener mediante el "máximo común divisor" de las capacidades de los tres tipos de canales:

$$\text{m.c.d}(10\text{Mbps}, 100\text{Mbps}, 1000\text{Mbps}) = 10\text{Mbps}$$

Por tanto, la trama se diseñará asignando un byte por cada 10Mbps de capacidad de cada red.

8090

Como no se conoce el número de canales de 1Gbps (GigaEthernet), tendremos que calcularlo restando a la capacidad del lambda (10Gbps) la capacidad de los canales conocidos.

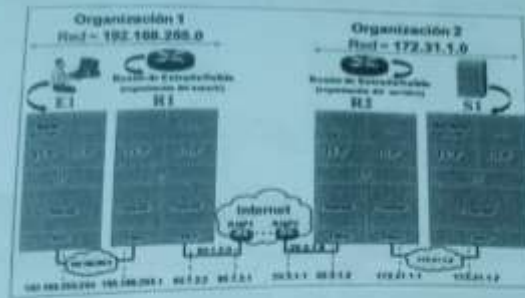
$$10\text{Gbps} - 2 \cdot 100\text{Mbps} - 16 \cdot 10\text{Mbps} = 9\text{Gbps}$$

La capacidad sobrante (9Gbps) se puede repartir en $9\text{Gbps} / 1\text{Gbps} = 9$ canales de 1Gbps (GigaEthernet).

La trama de multiplexación estará de:

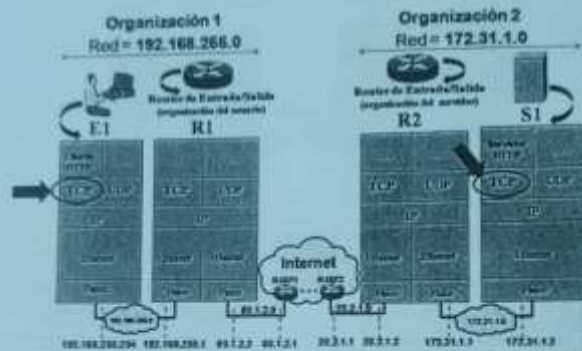
- 9 canales de 1Gbps con una longitud de $1\text{Gbps} / 10\text{Mbps} = 100\text{Bytes}$ (cada uno)
- 8 canales de 100Mbps con una longitud de $100\text{Mbps} / 10\text{Mbps} = 10\text{Bytes}$ (cada uno)
- 16 canales de 10Mbps con una longitud de $10\text{Mbps} / 10\text{Mbps} = 1\text{Byte}$ (cada uno)

100Bytes	...	100Bytes	10Bytes	...	10Bytes	1Byte	...	1Byte
----------	-----	----------	---------	-----	---------	-------	-----	-------

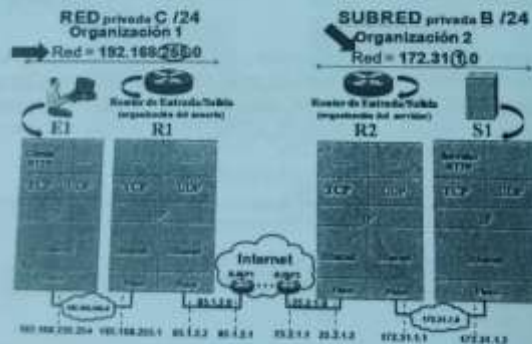


Teniendo en cuenta las direcciones indicadas en la Figura anterior, contestar RAZONADAMENTE a las siguientes cuestiones:

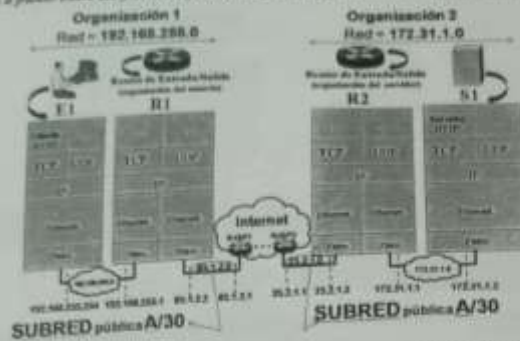
2.1 Indicar en el escenario propuesto, ¿entre qué entidades TCP existe conexión para efectuar la comunicación anterior?



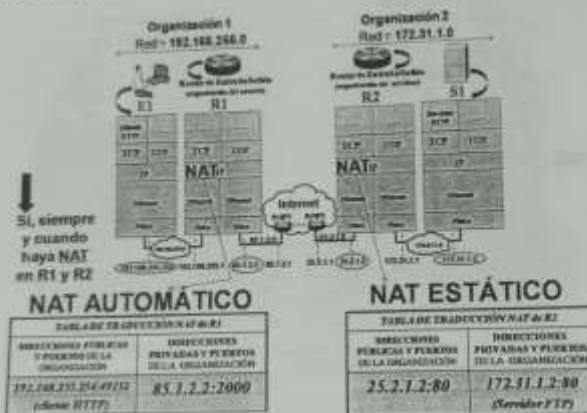
2.2 Indicar ¿qué tipo de máscaras (de red o subred y la clave A, B, o C) se asocian a las direcciones de red tanto de la "Organización 1" y "Organización 2"? Asimismo, especificar dichas máscaras.



2.3 Indique qué tipo de máscara de red o subred y la clase A, B, o C se asocian a las direcciones de red en los enlaces punto a punto entre R1 y R-ISP1 y entre R2 y R-ISP2? Asimismo, especifique dichas máscaras.

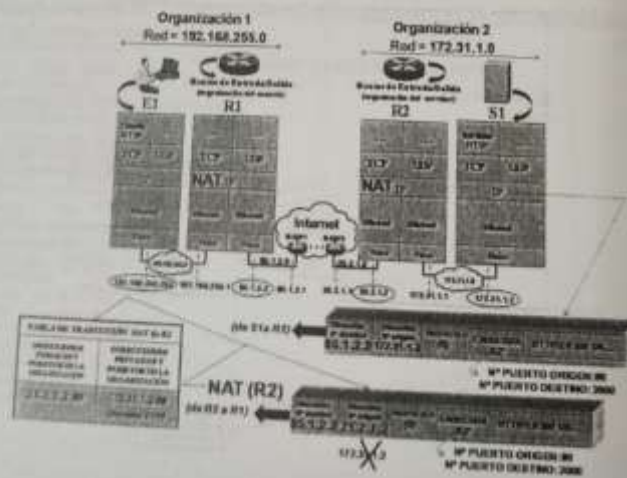
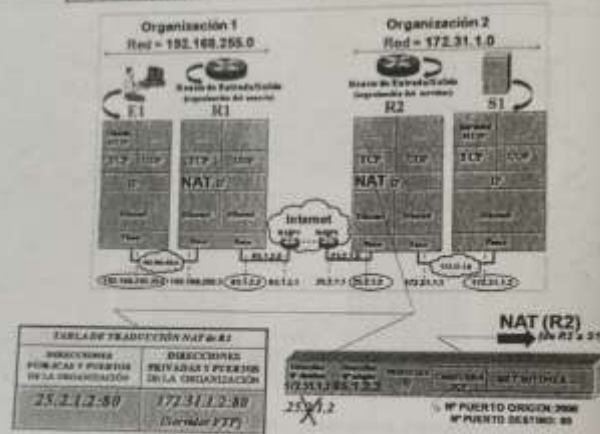
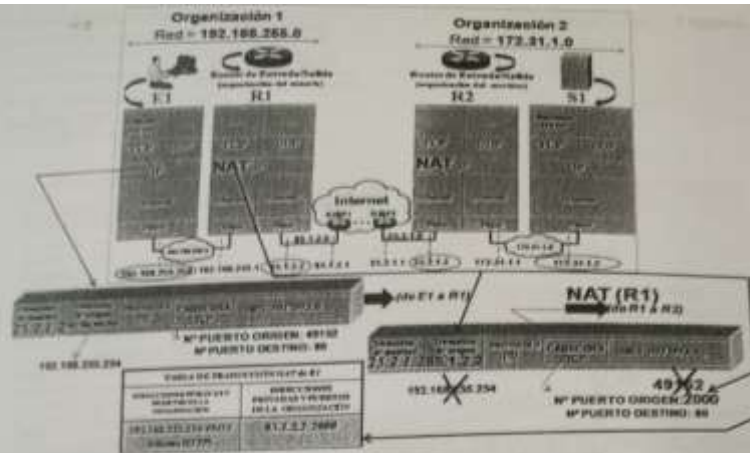


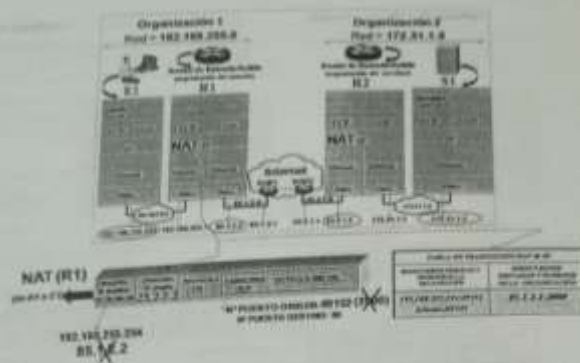
2.4 En función del escenario propuesto, ¿es posible la comunicación entre el cliente HTTP en "E1" y el servidor HTTP en "S1"? Si no es posible, indique cómo resolverlo específicamente?



2.5 Suponga, ahora, que el proceso servidor HTTP está activo y se ha efectuado la conexión via TCP entre el cliente HTTP en "E1" y dicho servidor HTTP en "S1". Detalle ordenadamente el intercambio de paquetes entre los equipos que intervienen en el trayecto para la solicitud de la página Web desde "E1" a "S1" y su correspondiente respuesta o descarga desde "S1" a "E1". Para dichos paquetes, indique la siguiente información por cabecera IP y cabeceras encapsuladas:

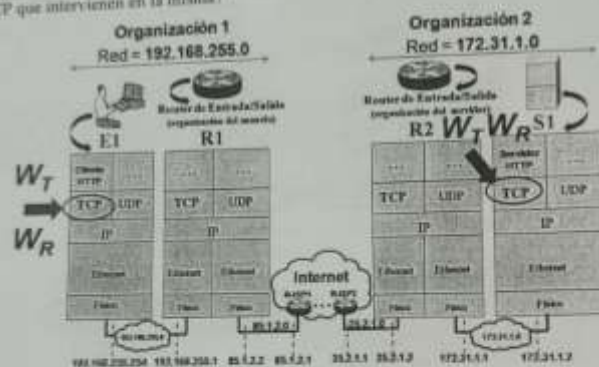
- Cabecera IP: Dirección Destino, Dirección Origen y Protocolo superior.
- Cabecera TCP: N° de puerto origen (el que considere conveniente) y N° de puerto destino.
- Cabecera HTTP: "get/HTTP/2.0" (solicitud) y "HTTP/2.0 200 OK" (respuesta)





En función de todo lo anterior:

2.6 Indicar, cuántas ventanas de transmisión y recepción existen en la comunicación anterior en función de las entidades TCP que intervienen en la misma?



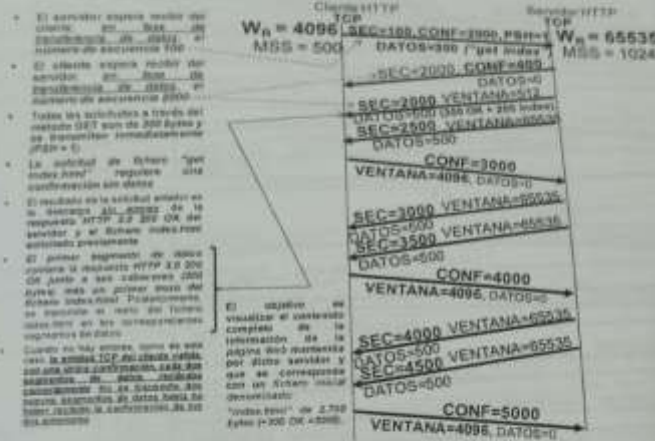
2.7 Indicar, en un gráfico de intercambio de segmentos TCP y con la información de control que considere más relevante, la fase de establecimiento de la conexión entre las entidades TCP de los equipos que han intervenido en dicha comunicación.



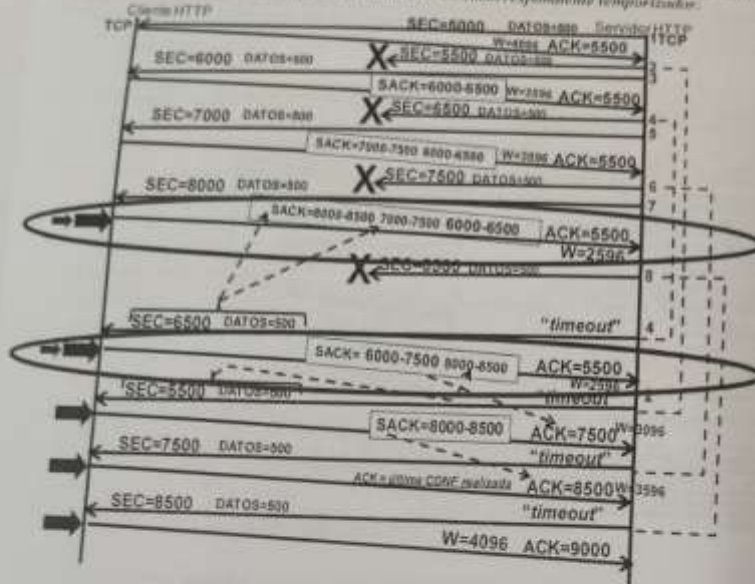
Sup
3.1.

3.2

2.8 Indicar, en un gráfico de transacciones de segmentos TCP, la fase de transferencia de datos para la descarga del fichero index.html sin errores entre las entidades TCP que han intervenido en dicha comunicación. Para ello, especificar la información de control más relevante para un SEGMENTO DE DATOS/Nº de Secuencia. Formateo como en este caso, la entidad TCP del cliente y el servidor. Cuando no hay errores, cada dos segmentos de datos recibidos correctamente, con una única confirmación, cada dos segmentos de confirmación de los dos anteriores. No se transmite dos nuevos segmentos de datos hasta no haber recibido la



- 2.10 *Salto el contenido de la CONFIRMACIÓN para el 7º segmento de datos recibido correctamente.*
 2.11 *Salto el contenido de la CONFIRMACIÓN para la retransmisión del 4º segmento de datos. El cual se ha recibido correctamente después del vencimiento de incórrrespondiente temporizador.*



Supuesto 3. (Final). Responda de forma **RAZONADA**, a las siguientes preguntas:

3.1. ¿Cuántos dominios de difusión existen en la red?

Tres. Uno por cada VLAN existente.

3.2. Suponiendo que PC1.1 envía un paquete IP a PC2.1. Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red de la unidad de datos transmitida (suponga que PC1.1 conoce las direcciones MAC necesarias). Indique las direcciones de forma simbólica.

Como se envía un paquete IP este se encapsulará en una trama Ethernet II.

Al pertenecer PC1.1 y PC2.1 a distintas VLAN (Vlan 1 y Vlan 2) la trama se enviará al router R1. El router encaminará el paquete enviando el mismo paquete encapsulado en otra trama (entre R1 y PC2.1)

El formato de la trama será:

Prámbulo y Delimitador de Trama (8bytes)	Dirección Destino (6bytes) MAC_R1	Dirección Origen (6bytes) MAC_PC1.1	Tipo (2Bytes) Protocolo IP	Datos Paquete IP	SVT (4bytes)
--	--------------------------------------	--	-------------------------------	------------------	--------------

El paquete IP encapsulado en la trama anterior tendrá una cabecera que contiene (entre otros) los siguientes campos:

Dirección Destino (4bytes) IP_PC2.1	Dirección Origen (4Bytes) IP_PC1.1	Protocolo TCP o UDP	Datos
--	---------------------------------------	------------------------	-------

3.3. Suponiendo que PC1.1 envía una trama dirigida a la dirección MAC (MAC_PC1.2). Indique, ¿qué equipos recibirán la citada trama? (Suponga que los conmutadores tienen sus tablas de conmutación vacías)

Como las tablas de conmutación están vacías los conmutadores difunden la trama a todos los equipos de la Vlan de equipo origen. Por tanto, todos los equipos de la misma Vlan que PC1.1 (es decir todos los equipos de la VLAN 1) recibirán la trama. Estos equipos son: PC1.2, el Router R1 (que pertenece a todas las Vlan) y todos los conmutadores (S1, S2 y S3)

3.4. Suponiendo que en la red ha existido tráfico reciente entre todos los equipos. Indique el contenido de las tablas de encaminamiento MAC de S1.

El conmutador cuenta con una tabla de encaminamiento/conmutación por Vlan

Tabla Vlan 1

MAC	Interface
MAC_PC1.1	2
MAC_PC1.2	3
R1	3

Tabla Vlan 2

MAC	Interface
MAC_PC2.1	1
MAC_PC2.2	3
R1	3

Tabla Vlan 3

MAC	Interface
MAC_PC3.1	4
MAC_PC3.2	3
R1	3

3.5. Suponga que se añade un punto de acceso WiFi (PA1) conectado al interfaz 4 de S3. La red se configura para que toda la red WiFi forme parte de la VLAN 1. Asumiendo, que PC1.3 (conectado físicamente al punto de acceso PA1) envía un paquete IP a PC2.1. Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red de la unidad de datos WiFi transmitida (suponga que PC1.3 conoce las direcciones MAC necesarias). Indique las direcciones de forma simbólica.

Al pertenecer PC1.3 y PC2.1 a distintas VLAN (Vlan 1 y Vlan 2) la trama se enviará al router R1. El router encaminará el paquete enviando el mismo paquete encapsulado en otra trama (entre R1 y PC2.1).

El formato de la trama WiFi será:

Hacia DS	De DS	Dirección 1 (Destino Int. Aire)	Dirección 2 (Origen)	Dirección 3 (Destino)	Datos Paquete IP	CRC
1	0	MAC_PA1_WIFI	MAC_PC1.3	MAC_R1		

El paquete IP encapsulado en la trama anterior tendrá una cabecera que contiene (entre otros) los siguientes campos:

Dirección Destino (4bytes)	Dirección Origen (4Bytes)	Protocolo TCP o UDP	Datos
IP_PC2.1	IP_PC3.1		

3.6. Para la misma unidad de datos del apartado anterior, Indique el contenido de las cabeceras de nivel de enlace y red de la unidad de datos (Ethernet) transmitida por PA1 hacia la interfaz 4 de S3 y a la salida de S3 sobre su interfaz 1.

La trama enviada por PA1 a S3 será una trama Ethernet II con el siguiente contenido:

Preambulo y Delimitador de Trama (8bytes)	Dirección Destino (6bytes)	Dirección Origen (6bytes)	Tipo (2Bytes) Protocolo IP	Datos Paquete IP	SVT (4bytes)
	MAC_R1	MAC_PC1.3			

La trama enviada por S3 a S2 será una trama Ethernet II con etiqueta 802.1Q con el siguiente contenido:

Preambulo y Delimitador de Trama (8bytes)	Dirección Destino (6bytes)	Dirección Origen (6bytes)	Tipo+Etiqueta (4 bytes) VLAN 1	Tipo (2Bytes) Protocolo IP	Datos Paquete IP	SVT (4bytes)
	MAC_R1	MAC_PC1.3				

El paquete IP contenido en ambas tramas no cambia y es el mismo que el indicado en el apartado anterior. Es decir, el paquete es:

Dirección Destino (4bytes)	Dirección Origen (4Bytes)	Protocolo TCP o UDP	Datos
IP_PC2.1	IP_PC3.1		