

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

# Fundamentos de Tecnologías y Protocolos de Red

Examen de recuperación, curso 2019-2020

## 1) CUESTIONARIO (mínimo 0 puntos, máximo 1 punto)

En el siguiente cuestionario tiene siempre un hueco para añadir cualquier consideración que le haya llevado a elegir esa respuesta, de forma que si cree que la pregunta o las opciones eran ambiguas pueda explicar brevemente su razonamiento. Todas las preguntas puntúan 0.1. En las preguntas tipo test **se deben marcar todas las respuestas correctas y ninguna de las incorrectas** (debe entender una pregunta que diga “¿cuál?” como “¿cuál o cuáles?”). Una respuesta incorrecta resta 0.05 y es cualquiera en la que se haya dejado de marcar alguna respuesta correcta o se haya marcado alguna incorrecta. Una respuesta en blanco puntúa 0.

a) ¿Cuál de las siguientes versiones de Ethernet emplea fibra óptica?

- 10Base-FL
- 100Base-TX
- 1000Base-T
- 10GBase-ER
- Ninguna de las anteriores

b) ¿Dónde se suele emplear una CAM (“Content Addressable Memory”) en un conmutador Ethernet?

- Como buffer de salida de un puerto
- Para almacenar el sistema operativo del conmutador
- Para almacenar la base de datos de filtrado
- Ninguna de las anteriores

c) En un conmutador con soporte de VLANs y que puede tener puertos configurados en trunk 802.1Q y puertos en diferentes VLANs (Port-VIDs diferentes), ¿por qué puertos se reenvía una trama dirigida a la dirección MAC ff:ff:ff:ff:ff:ff?

- En todos los casos por todos los puertos del conmutador
- En todos los casos por todos los puertos menos por el que llegó esa trama
- Por los puertos del conmutador (menos el puerto por el que llegó) con Port-VID la misma VLAN que el puerto por el que llegó esa trama
- Por todos los puertos del conmutador en trunking 802.1Q con esa VLAN en el trunk (menos por el que llegó si llegó por uno)
- Ninguna de las anteriores

d) ¿Cuál es el valor máximo posible de VLAN ID en 802.1Q?

- 15
- 31
- 127
- 255
- Ninguna de las anteriores

e) ¿Cuál de los siguientes roles de puerto en RSTP termina con el puerto en el estado de *Forwarding*?

- Designado
- Raíz
- Alterno (*Alternate*)
- Reserva (*Backup*)
- Ninguno de los anteriores

f) ¿Qué equipos de una red ATM implementan la capa de adaptación ATM?

- Los equipos de usuario, extremo final de un circuito ATM
- Los conmutadores ATM
- Ninguno de los anteriores

g) ¿Cuál de los siguientes es un encapsulado válido para un paquete IP que se va a enviar por un PVC ATM con AAL5?

- VC multiplexing y directamente el paquete IP
- LLC/SNAP con el Ethertype de IPv4 y luego el paquete IP
- Ninguna de las anteriores

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**h) Indique cuál de las siguientes versiones Ethernet emplea un cable de par de cobre de calidad de voz (voice grade)**

- 2Base-TL
- 10Pass-TS
- 10Base-T
- 100Base-LX10
- Ninguna de las anteriores

**i) Un paquete MPLS contiene 2 etiquetas, la más cercana a la cabecera de nivel de enlace y la más cercana al paquete transportado. Una operación pop, ¿sobre cuál de ellas actúa?**

- Sobre la más cercana a la cabecera de nivel de enlace, retirándola
- Sobre la más cercana a la cabecera de nivel de enlace, cambiando el valor de esa etiqueta por otro (aunque podría dejar el mismo)
- Sobre la más cercana al paquete transportado, retirándola
- Sobre la más cercana al paquete transportado, cambiando el valor de esa etiqueta por otro (aunque podría dejar el mismo)
- Ninguna de las anteriores

**j) Marque las velocidades posibles en un STM-x, según el valor de x (uno estándar) (velocidades aproximadas, no es una pregunta orientada a conocer los decimales exactos)**

- 155.52 Mb/s
- 311.04 Mb/s
- 622.08 Mb/s
- 1244.16 Mb/s
- 2488.32 Mb/s
- Ninguna de las anteriores

## 2) PREGUNTAS DE DESARROLLO (2 puntos)

**a) Explique cómo es la secuencia de intercambio de tramas 802.11 unicast de una estación inalámbrica a otra, asociadas al mismo punto de acceso, teniendo en cuenta las confirmaciones 802.11 (0.5 puntos).**

*La estación origen envía la trama al punto de acceso. Hay 3 direcciones MAC en la trama, la del interfaz transmisor (la estación origen) la del interfaz receptor (el punto de acceso) y la del destino. El punto de acceso envía al origen una trama confirmando la correcta recepción de la anterior. A continuación reenvía la trama de datos a la estación destino, en este caso con dirección MAC del interfaz transmisor la del punto de acceso, dirección del interfaz receptor la de la estación destino y en tercer lugar la dirección MAC de la estación origen. La estación destino confirma esta trama al punto de acceso con una trama de confirmación. En total hay 4 tramas secuenciales en el aire, la trama original hacia el punto de acceso (aunque la vea la estación destino), la confirmación de la misma, el reenvío de la trama original hacia la estación destino y la confirmación de la misma (al punto de acceso).*

*Todo esto suponiendo que no hay errores, que no se emplea RTS/CTS y sin mencionar los tiempos de espera antes de cada trama.*

**b) Explique de forma básica el control de acceso al medio en una EPON (0.5 puntos).**

*Una EPON tiene una topología pasiva en árbol. El canal descendente desde la OLT (operadora) hasta las ONTs (usuarios) está controlado por la OLT que es la única que transmite por él, de forma que lo que transmite llega a todas las ONTs que emplean el mismo medio (misma wavelength). El control de acceso al medio es necesario en el sentido ascendente pues las ONTs emplean todas la misma wavelength para la transmisión hacia la OLT y sus señales ópticas se sumarán en los splitters. El control de acceso al medio es coordinador por la OLT que recibe peticiones de las ONTs sobre cuánto tienen para enviar y asigna slots de tiempo a cada una de ellas para esos envíos de forma secuencial sin que se solapen. Así pues es un acceso al medio arbitrado por la OLT. Queda el problema de cómo se reciben las peticiones de las ONTs, que se suele hacer con un intervalo de tiempo periódico para dichos envíos con acceso en contienda (por ejemplo empleando un Aloha).*

**c) Un enlace SDH STM-64 transporta un circuito con un contenedor C-4-16c, otro con un contenedor C-4-4c, dos circuitos con contenedores C-4 y 7 con contenedores C-3. ¿Cuántos circuitos con un contenedor C-12 puede añadirse? Explique el cálculo (0.5 puntos).**

*Un STM-64 puede transportar 4 contenedores C-4-16c. Uno de ellos estará en uso y quedarán otros 3. En lugar de esos 3 C-4-16c se pueden transportar  $3 \times 4 = 12$  C-4-4c, de los cuales uno está ocupado y quedan 11 C-4-4c. En lugar de esos C-4-4c se pueden transportar  $4 \times 11 = 44$  C-4, de los cuales 2 están ocupados y quedan 42. Esos 42 C-4 se pueden*

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

sustituir por  $3 \times 42 = 124$  C-3. 7 de ellos están ocupados y quedan 119 C-3. Esos C-3 se pueden sustituir por  $21 \times 119 = 2499$  C-12, que es la respuesta final.

**d) Explique la utilidad y el funcionamiento del puntero de la AU-4 en SDH (0.5 puntos).**

El puntero de la AU-4 sirve para localizar el comienzo del contenedor C-4 dentro de la trama STM-1, permitiendo así la demultiplexación. Este puntero es necesario porque diferencias de frecuencia entre los dos nodos hacen que el contenedor puede retrasarse o adelantarse dentro de la trama.

**3) PROBLEMA (3 puntos en total)**

En la Figura 1 se muestra la topología física de la red de una empresa. Las líneas finas son enlaces 1GE mientras que las líneas gruesas son enlaces 10GE (los puertos correspondientes NO soportan otras velocidades). Todos los enlaces entre conmutadores emplean trunking 802.1Q, así como los enlaces entre el puerto 0 de R1 y el switch S8 y el enlace entre el puerto 0 de R2 y el switch S9. La empresa emplea MSTP en todos los equipos con capacidad de conmutación en capa 2, con 3 instancias de árbol de expansión. Los costes para todos los enlaces corresponden a los valores recomendados del estándar actual 802.1D para la velocidad de transmisión del mismo. La Tabla 1 contiene la configuración de prioridad para el Bridge ID de cada uno de los equipos con funcionalidad de capa 2 para cada una de las instancias.

Se han definido 4 VLANs (A, B, C y D) en todos los equipos de la red con capacidad de conmutación en capa 2.

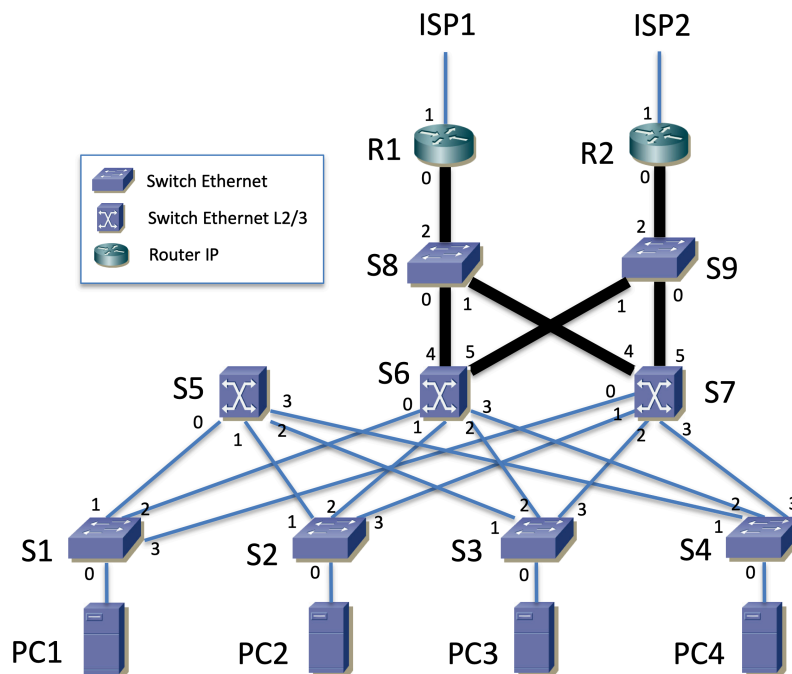


Figura 1 – Topología física

Switch	Prioridad	Instancia	Switch	Prioridad	Instancia	Switch	Prioridad	Instancia
S1	32768	1	S1	32768	2	S1	20480	3
S2	24576	1	S2	28672	2	S2	16384	3
S3	32768	1	S3	32768	2	S3	20480	3
S4	28576	1	S4	32768	2	S4	28672	3
S5	20480	1	S5	20480	2	S5	32768	3
S6	40960	1	S6	12288	2	S6	12288	3
S7	36864	1	S7	32768	2	S7	8192	3
S8	40960	1	S8	65536	2	S8	32768	3
S9	57344	1	S9	65536	2	S9	32768	3

Tabla 1 – Valores de prioridad en los BID de los conmutadores

**Cuestión a) (1 punto)** Calcule cada uno de los 3 árboles de expansión. Dibújelos en las figuras 2a-c añadiendo las líneas que corresponden a los enlaces con ambos extremos en estado de *Forwarding* (así que ambos equipos deben emplear MSTP). Rodee en esas figuras el número de los puertos en estado Bloqueado.

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

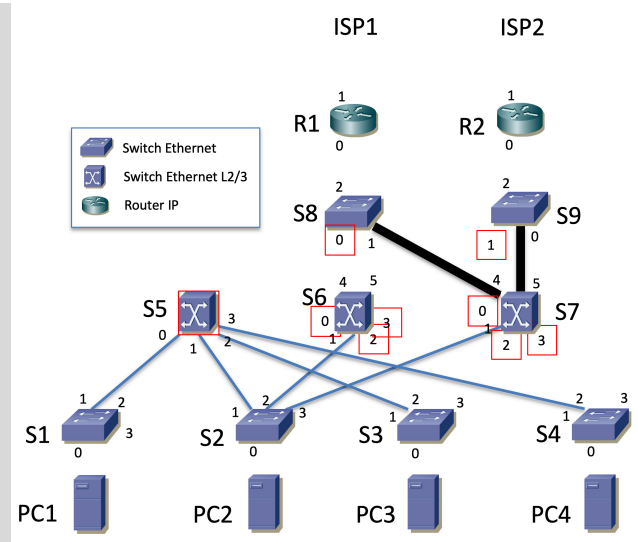


Figura 2a – Instancia 1 de MSTP

En la segunda instancia hay un empate en el coste del camino desde S7 a la raíz, tanto por S8 como por S9, así como un empate en la prioridad de ambos puentes. El desempate se llevará a cabo por la dirección MAC empleada por ambos puentes, que no es un dato del problema. A partir de este punto se supondrá que la dirección MAC de S9 tiene un valor menor que la de S8.

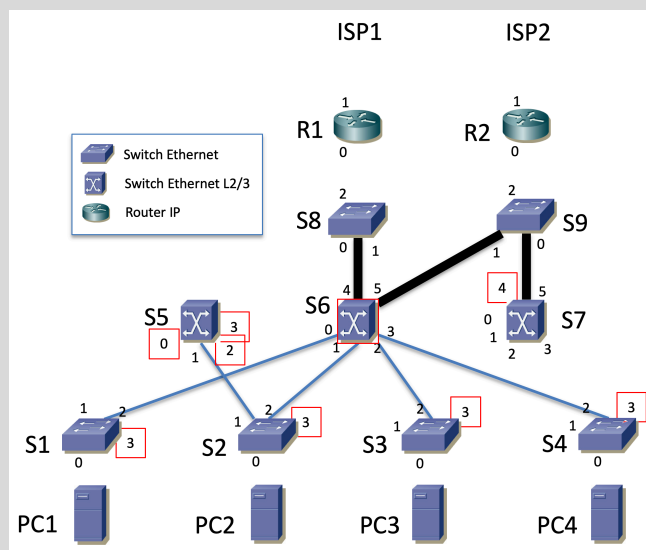
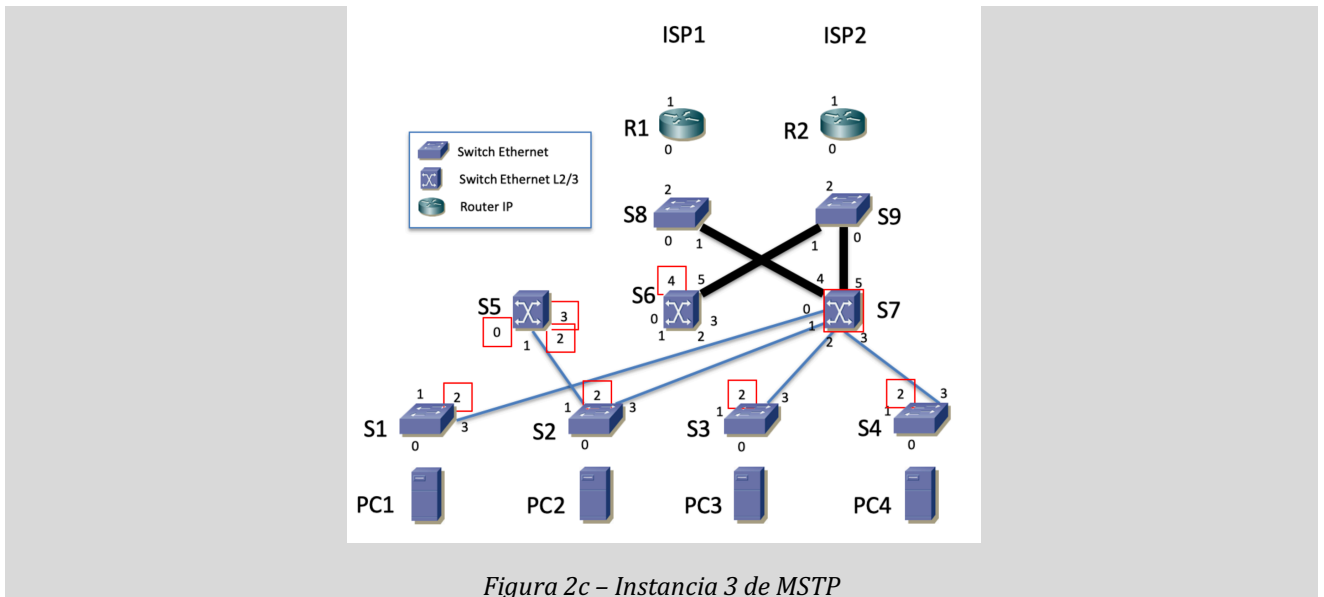


Figura 2b – Instancia 2 de MSTP

El cálculo del árbol de expansión de la tercera instancia debe mantener consistencia con la hipótesis de que la dirección MAC de S9 es menor que la de S8, resultando en un árbol de expansión en el que el camino desde S6 hasta la raíz del tercer árbol (S7) sea por S9.

Todo el problema puede tener una solución alternativa donde se haya supuesto que la dirección MAC de S8 es menor que la de S9 o se puede resolver en ambos casos y ver si hay diferencia en la respuesta a las cuestiones.

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_



La Figura 3 muestra la topología capa 3 de la red. Cada una de estas redes IP se emplea en una VLAN Ethernet independiente. Estas VLANs se extienden por todos los equipos de la empresa con capacidad de conmutación capa 2.

La VLAN empleada por la Red A se asigna a la instancia 1 de MSTP. Las B y C a la Instancia 2. La D a la Instancia 3. La Tabla 2 describe los diferentes grupos VRRP existentes. Por ejemplo, la primera línea dice que S5 y S7 participan en un grupo VRRP en la Red A, siendo la dirección IP protegida IPva y el maestro el interfaz de S5 en esa subred.

R1 y R2 tienen cada uno dos subinterfaces para sus respectivos interfaces Ethernet, uno en la VLAN de la red C y otro en la VLAN de la red D. Los interfaces de R1 y R2 en la red C participan en dos grupos VRRP en esa red, siendo diferente el maestro para cada uno.

Los hosts de la Red A tienen IPva como siguiente salto en una ruta por defecto. Los hosts de la Red B tienen a IPvb, los de la Red C a IPvc1 y los de la Red D la IPvd.

S5 tiene una ruta por defecto con siguiente salto la dirección IP del interfaz de S7 en la Red A.

S7 tiene IPvc1 como siguiente salto en una ruta por defecto y también una ruta estática a la Red D con siguiente salto IPvc2.

R1 y R2 tienen una ruta que engloba **únicamente** a Red A y Red B, con siguiente salto la dirección IP del interfaz de S7 en la Red C. Cada uno tiene como siguiente salto en la ruta por defecto un router de la operadora al que acceden por su correspondiente interfaz 1.

No hay más rutas en las tablas de rutas de los equipos con capacidad de conmutación en capa 3 que las descritas y las que tengan por las redes en las que tengan interfaces configurados.

Los hosts de las redes A, B y D tienen como siguiente salto en una ruta por defecto la dirección virtual del grupo VRRP en esa red. No hay hosts en la Red C.

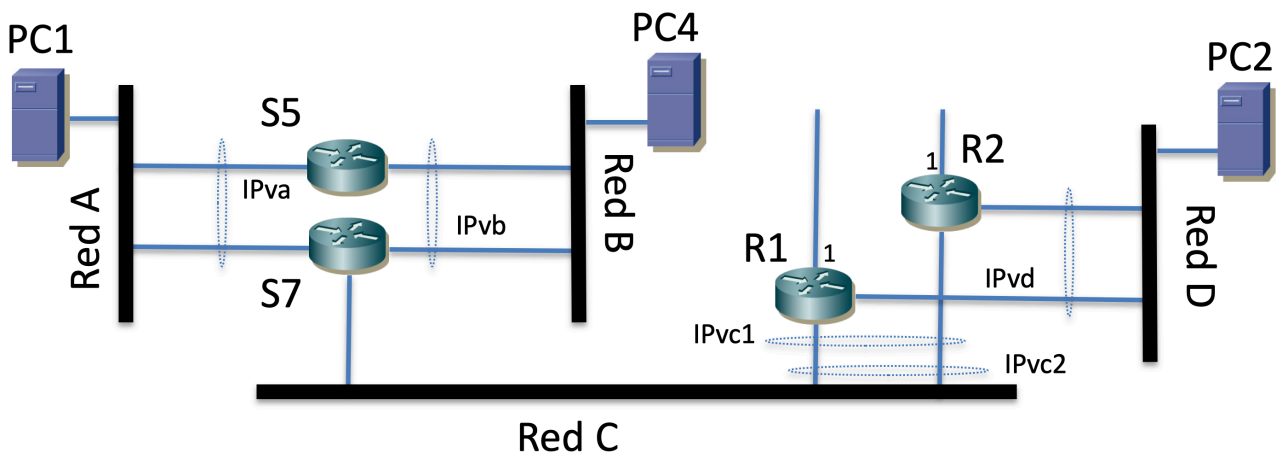


Figura 3 – Topología de capa 3

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Participantes	Subred	Dirección virtual	Maestro
S5 y S7	A	IPva	S5
S5 y S7	B	IPvb	S7
R1 y R2	D	IPvd	R1
R1 y R2	C	IPvc1	R1
R1 y R2	C	IPvc2	R2

Tabla 2 – Interfaces virtuales mediante VRRP

**Cuestión b) (0.25 puntos)** Describa la configuración de nivel IP de los equipos con capacidad de conmutación en capa 3 de la Figura 3 para lograr lo descrito (esto incluye direcciones IP y máscaras, tablas de rutas, parámetros de configuración de VRRP, etc). Emplee el rango de direcciones 10.1.0.0/16. Dimensione las redes internas de las sedes de las empresas para al menos 300 hosts cada una.

S5		S7	
Red destino	Siguiente salto	Red destino	Siguiente salto
10.1.0.0/23	-	10.1.0.0/23	-
10.1.2.0/23	-	10.1.2.0/23	-
0.0.0.0/0	10.1.0.3	10.1.4.0/23	-
		0.0.0.0/0	10.1.4.1
		10.1.6.0/23	10.1.4.2

R1		R2	
Red destino	Siguiente salto	Red destino	Siguiente salto
10.1.4.0/23	-	10.1.4.0/23	-
10.1.6.0/23	-	10.1.6.0/23	-
0.0.0.0/0	ISP1	0.0.0.0/0	ISP2
10.0.1.0/22	10.1.4.3	10.0.1.0/22	10.1.4.3

VRID 1 para IPva, IPvb, IPvc1 e IPvd  
 VRID 2 para IPvc2  
 Maestros VRRP prioridad 150, backups prioridad 100

Red A: 10.1.0.0/23  
 IPva = 10.1.0.1  
 IPS5redA = 10.1.0.2  
 IPS7redA = 10.1.0.3  
 Red B: 10.1.2.0/23  
 IPvb = 10.1.2.1  
 IPS5redB = 10.1.2.2  
 IPS7redB = 10.1.2.3  
 Red C: 10.1.4.0/23  
 IPvc1 = 10.1.4.1  
 IPvc2 = 10.1.4.2  
 IPS7redC = 10.1.4.3  
 IPR1redC = 10.1.4.4  
 IPR2redC = 10.1.4.5  
 Red D: 10.1.6.0/23  
 IPvd = 10.1.6.1  
 IPR1redD = 10.1.6.2  
 IPR2redD = 10.1.6.3

En las subredes A, B y D los hosts tienen como siguiente salto en la ruta por defecto IPva, IPvb e IPvd respectivamente.

PC1 se encuentra configurado con una dirección IP de la red A y está conectado al puerto 0 de S1, configurado en la VLAN A. PC2 está configurado con una dirección IP de la red D y está conectado al puerto 0 de S2, configurado en la VLAN D. PC4 está configurado con una dirección IP de la red B y está conectado al puerto 0 de S4, configurado en la VLAN B.

**Cuestión c) (0.75 puntos)** Describa el camino físico que seguiría un paquete IP enviado por PC1 y dirigido a la dirección IP de PC4. Indique en cada salto la dirección IP origen y destino y la dirección MAC origen y destino que aparecen en el paquete IP y en la correspondiente trama Ethernet. Ignore la fase de descubrimiento de direcciones MAC mediante ARP y explique con claridad a qué interfaz hace referencia cada dirección IP y dirección MAC que mencione. Explique en detalle por qué el paquete sigue ese camino.

El host PC1 se encuentra en la red A. El destino está fuera de su red así que entregará el paquete a su router por defecto. Este es IPva, dirección virtual de un grupo VRRP para el que el maestro es S5. Así, el paquete seguirá el camino desde S1 a S5 por el árbol de la primera instancia de MSTP. Ese camino es simplemente el salto directo entre S1 y S5. En este salto (y todos los demás) la dirección IP origen es la de PC1 y la destino la de PC4. En estos saltos desde PC1 hasta S5 la dirección MAC origen es la del interfaz de PC1 y la destino la de grupo VRRP con VRID 1 (el asignado a este grupo en el apartado anterior). A continuación, la tabla de rutas de S5 indica que tiene un interfaz en la red donde se encuentra PC4, así que la trama Ethernet saldrá con dirección MAC la del interfaz virtual de S5 en la red B y dirección MAC destino la de PC4. Esta trama seguirá el camino en la segunda instancia entre S5 y PC4, que es por S2, S6 y S4.

**Cuestión d) (0.5 puntos)** Describa el camino físico que seguiría un paquete IP enviado por PC4 y dirigido a la dirección 1.1.1.1, así como el camino que seguirán los paquetes de respuesta, suponiendo que entran en la red de la empresa por R2.

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

*La ruta por defecto de PC4 tiene como siguiente salto IPv6, dirección IP virtual para la que el maestro es S7. El primer camino irá desde PC4 hasta S7 por el árbol de la segunda instancia. Esto irá por S4, S6 y S9 hasta S7. A continuación la ruta por defecto de S7 tiene como siguiente salto la dirección IPv4, para la cual el maestro es R1, así el camino continuará desde S7 por S9, S6 y S8 hasta R1.*

*El camino de vuelta entrando por R2, siguiendo su tabla de rutas irá a S7. Esto lo hace por el árbol de la segunda instancia, así que va por S9 hasta S7. A continuación S7 tiene un interfaz en la red B donde se encuentra PC4, así que seguirá el árbol de expansión de la segunda instancia desde S7 por S9, S6 y S4 hasta PC4.*

**Cuestión e) (0.5 puntos)** Describa el camino físico que seguiría un paquete IP enviado por PC1 y dirigido a PC2.

*PC1->S1->S5->S2->S7->S9->R2->S9->S7->S2->PC2*