

Nombre y apellidos: _____

Fundamentos de Tecnologías y Protocolos de Red

Examen ordinario, curso 2025-2026

1) PROBLEMA (mínimo 0 puntos, máximo 2.5 puntos)

[Cada cuestión emplea únicamente la descripción del problema hecha hasta ese punto y no información posterior que puede modificar el escenario.]

La Figura 1 muestra la topología física de una red dividida en 3 zonas que representan dos localizaciones alejadas de una empresa (SiteA y SiteB) y una red de interconexión. Todos los conmutadores son Ethernet y todos los enlaces son full-duplex. Los enlaces representados con línea más gruesa son a 40 Gb/s (todos los enlaces internos de la WAN), los de línea fina son a 10 Gb/s (enlaces entre zonas diferentes) y los representados en línea discontinua son a 1 Gb/s (enlaces internos de SiteA y SiteB).

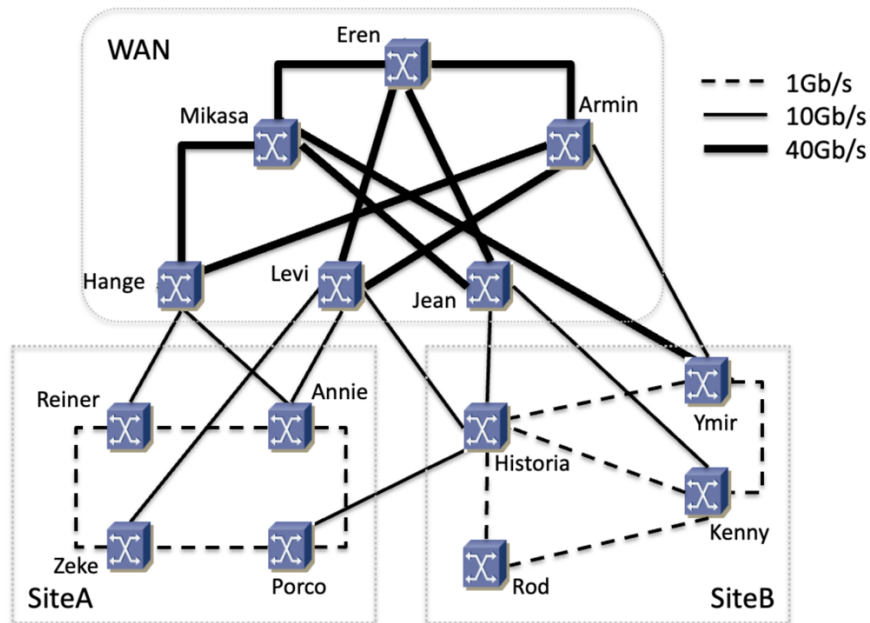


Figura 1 – Topología física

No hay hosts en la zona WAN. Todos los hosts están conectados a puertos de conmutador configurados en la misma VLAN. Los conmutadores soportan RSTP. Los puertos están configurados con costes en función de su velocidad, empleándose un coste de 1 para enlaces a 40Gb/s, de 4 para enlaces a 10Gb/s y de 40 para enlaces a 1Gb/s. Se calcula un solo árbol de expansión. Las direcciones MAC y valores de prioridad de los puentes para RSTP son las que se muestran en la Tabla 1.

Equipo	MAC	Prioridad	Equipo	MAC	Prioridad	Equipo	MAC	Prioridad
Eren	00:1B:2C:3D:4E:5F	0x8000	Reiner	00:1C:2D:3E:4F:60	0x3000	Historia	00:1D:2E:3F:50:61	0x8000
Mikasa	00:1E:2F:40:51:62	0x8000	Annie	00:1F:30:41:52:63	0x8000	Ymir	00:20:31:42:53:64	0x8000
Armin	00:1A:2B:3C:4D:5E	0x8000	Zeke	00:08:39:4A:5B:6C	0x8000	Rod	00:26:37:48:59:6A	0x3000
Hange	00:13:34:45:56:67	0x2000	Porco	00:24:35:46:57:68	0x8000	Kenny	00:25:36:47:58:69	0x5000
Levi	00:37:37:48:59:6A	0xD000						
Jean	00:22:33:44:55:66	0xC000						

Tabla 1 – Direcciones MAC y prioridades RSTP de los conmutadores

Cuestión a) (0.5 puntos)

- Indique qué conmutador es el puente raíz y en caso de que se apague cuál pasaría entonces a serlo.
- Dibuje en la Figura 2 el árbol de expansión resultante marcando solo los enlaces en los que los puertos de ambos extremos tengan estado RSTP y éste sea de *Forwarding*.
- Indique en la Figura 2 en el recuadro junto a cada conmutador su *Root Path Cost*.
- Describa el rol y estado de los puertos del conmutador *Levi*.

Nombre y apellidos: _____

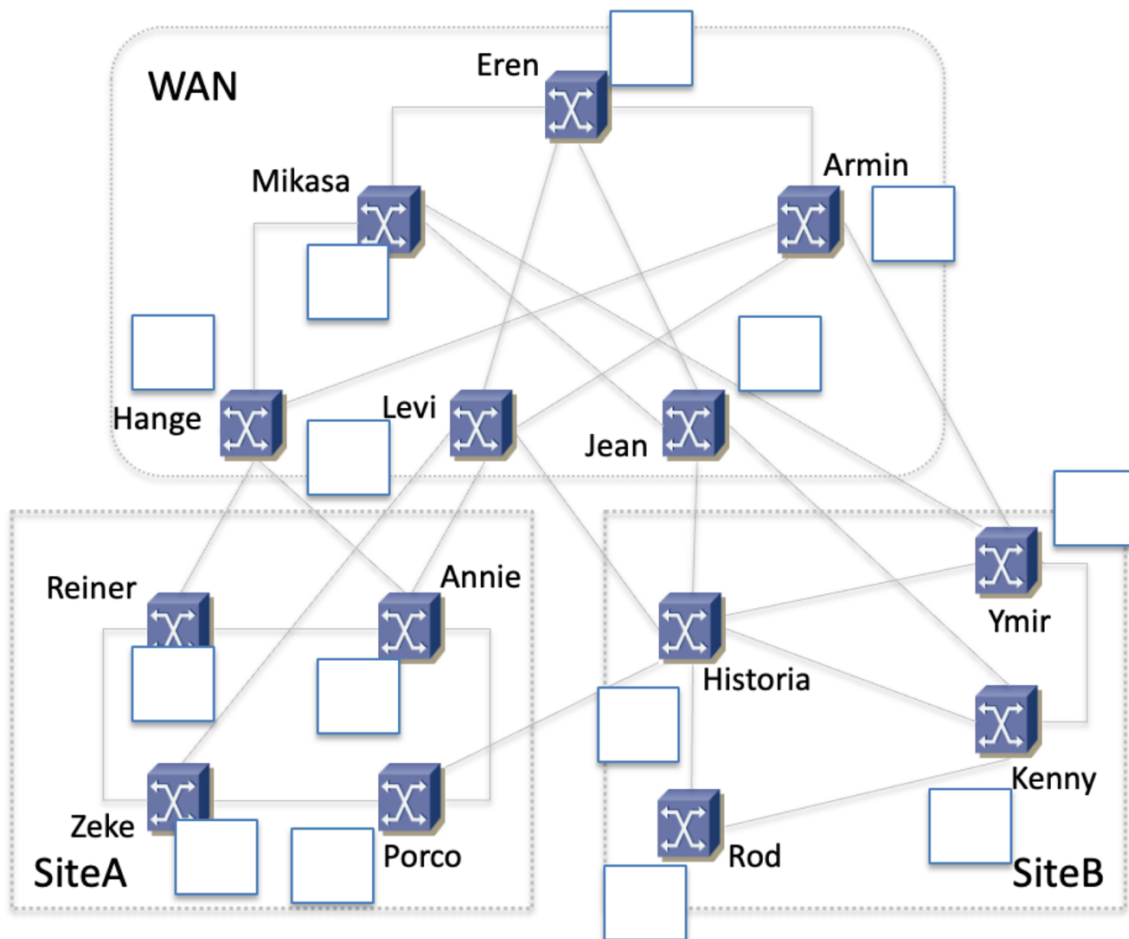


Figura 2 – Topología de respuesta a la cuestión (a)

Se actualizan todos los conmutadores con soporte para MSTP y múltiples instancias. Se crean 2 instancias de árbol de expansión, asignando diferentes VLANs a cada una de ellas. Un subconjunto de las VLANs empleará el árbol resultante de la cuestión (a) (MSTI 1). El segundo árbol de expansión (MSTI 2) debe intentar utilizar todos los enlaces que en la MSTI 1 quedaron con algún puerto extremo bloqueado. Así, todos los enlaces con algún puerto bloqueado en la MSTI 1 deben tener, si es posible, los dos puertos en *Forwarding* en la MSTI 2. Este segundo árbol debe además mantener la misma raíz que la primera instancia. Por supuesto, si no hay enlaces suficientes para formar un nuevo árbol disjunto se reutilizarán algunos de los empleados en la MSTI 1. Para lograr todo esto se puede cambiar solo valores de parámetros de configuración del protocolo de árbol de expansión.

Cuestión b) (0.5 puntos)

Describe qué cambios haría en la configuración de la segunda instancia para lograr un árbol que cumpla lo requerido. Dibuja el nuevo árbol en la Figura 3.

Nombre y apellidos: _____

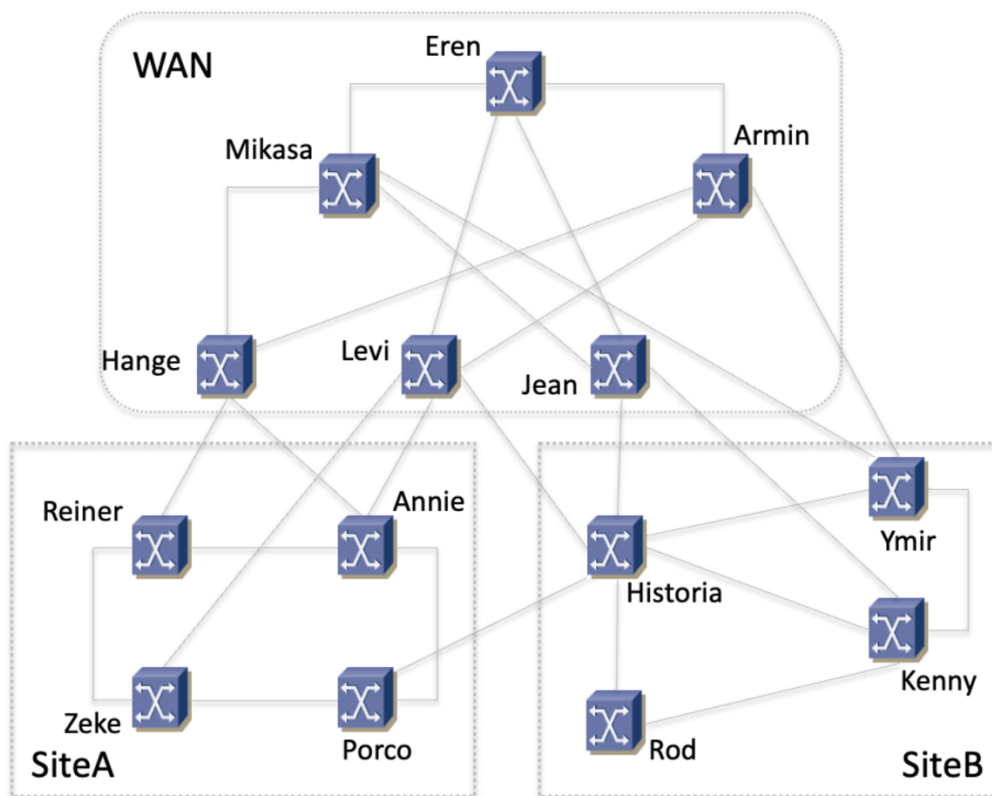


Figura 3 – Topología de respuesta a la cuestión (b)

La Figura 4 muestra la topología de capa 3 IP de la red descrita hasta el momento. Se ha cambiado la configuración de VLAN del puerto al que se conecta cada host para ajustarse a las descripciones que siguen. La subred A se configura sobre la VLAN A, que emplea la MSTI 1 mientras que la subred B se configura en hosts conectados a puertos en la VLAN B, que emplea la MSTI 2. El router de la Figura 4 es el conmutador *Levi*, que cuenta con funcionalidades capa 2/3. El resto de los conmutadores están actuando de momento solo en capa 2.

Cada subred se ha representado con un segmento en la Figura 4. Un equipo que tenga un interfaz capa 3 con una dirección de una subred tendrá una línea uniendo el icono del equipo con el segmento de subred. En este caso, el router tiene un interfaz IP en la subred A y otro en la subred B, gracias a interfaces lógicas en las correspondientes VLANs.

Los hosts de la subred A tienen configurada una ruta por defecto (*default route*) con siguiente salto la dirección del router en su subred. Lo mismo aplica a los hosts de la subred B.

PCA1 está conectado a *Porco*. PCB1 está conectado a *Ymir*.

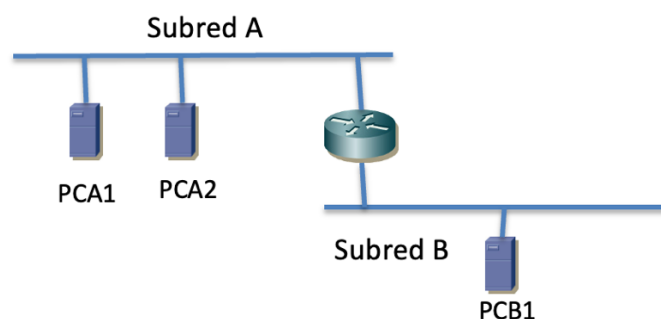


Figura 4 – Topología de capa 3 para la cuestión (c)

Cuestión c) (0.5 puntos)

- Suponiendo que un paquete se envía desde PCA1 con TTL 64 y destino la dirección IP de PCB1 describa el camino (saltos físicos y cuándo es enrutado) que sigue, e indique para cada salto entre dos conmutadores los valores de dirección IP origen y destino, valor de TTL y dirección MAC origen y destino en el paquete.

Nombre y apellidos: _____

La red lógica cambia con el tiempo y la creación de nuevas subredes IP. Se configuran nuevos routers empleando más conmutadores capa 2/3. Se emplea también VRRP en los mismos. La Figura 5 muestra el estado final de la red en capa 3. Cada Subred está implementada sobre una VLAN diferente (Subred X sobre VLAN X).

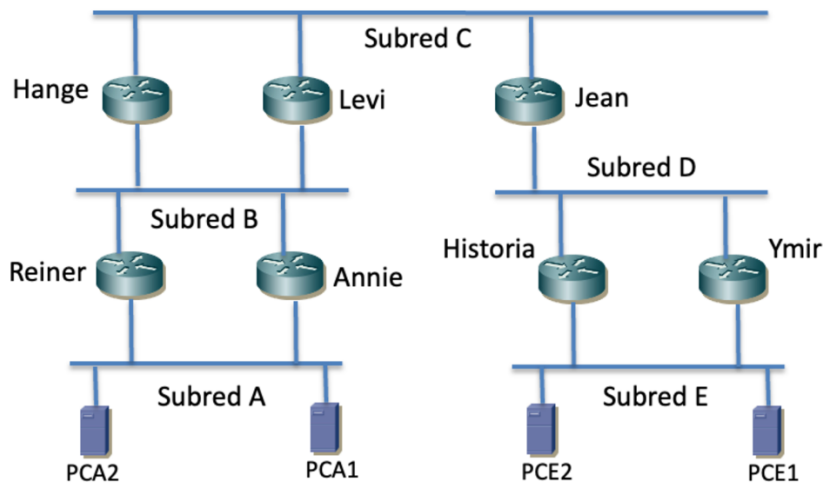


Figura 5 – Topología de capa 3 para la cuestión (d)

Algunas parejas de routers participan en grupos VRRP. La Tabla 2 detalla la configuración correspondiente.

Router	Subred	VRID	Prioridad VRRP	IP virtual
Reiner	A	1	100	IP _{VA}
Reiner	B	1	50	IP _{VB1}
Annie	A	1	150	IP _{VA}
Annie	B	1	100	IP _{VB1}
Hange	B	2	50	IP _{VB2}
Levi	B	2	100	IP _{VB2}
Historia	D	1	100	IP _{VD}
Historia	E	1	200	IP _{VE}
Ymir	D	1	50	IP _{VD}
Ymir	E	1	100	IP _{VE}

Tabla 2 – Parámetros de configuración de VRRP

PCA1 está conectado a *Porco*. PCA2 está conectado a *Zeke*. PCE1 está conectado a *Kenny*. PCE2 está conectado a *Rod*.

Los hosts de las subredes A, y E tienen como siguiente salto en su ruta por defecto la dirección IP virtual del grupo VRRP en esa subred. En el resto de las subredes no hay hosts. Los routers, además de las rutas a las subredes en las que tienen directamente interfaces, tienen las siguientes rutas estáticas configuradas (y ninguna más):

- *Reiner* y *Annie* tienen ruta por defecto con siguiente salto la dirección IP_{VB2}.
- *Hange* y *Levi* tienen una ruta por defecto con siguiente salto la dirección de Jean en la subred C.
- *Hange* y *Levi* tiene una ruta estática hacia la subred A via IP_{VB1}.
- *Jean* tiene una ruta por defecto via la dirección IP de Levi en la subred C.
- *Jean* tiene una ruta estática hacia la subred E via la dirección IP_{VD}.
- *Historia* y *Ymir* tienen ruta por defecto con siguiente salto la dirección IP de Jean en la subred D.

Cuestión d) (0.5 puntos)

Nombre y apellidos: _____

- Describa el camino (saltos físicos y enrutados y la MSTI relevante en cada salto capa 3) que siguen los paquetes IP que envía el host PCA1 dirigidos a la dirección IP de PCE1 si se emplea la MSTI 1 para la VLAN D y la MSTI 2 para las VLANs A, B, C y E (0.15 puntos).
- Describa el camino (saltos físicos y enrutados y la MSTI relevante en cada salto capa 3) que siguen los paquetes IP que envía el host PCA1 dirigidos a la dirección IP de PCE1 si la asignación de VLANs a MSTIs es la complementaria, es decir, la VLAN D a la MSTI 2 y las VLANs A, B, C y E a la MSTI 1 (0.35 puntos).

Cuestión e) (0.5 puntos)

Describa el camino (saltos físicos y enrutados) que siguen los paquetes IP que envía el host PCE2 dirigidos a la dirección IP de PCA2 y en sentido contrario tras apagar el conmutador *Annie*. Se emplea la MSTI 1 para la VLAN D y la MSTI 2 para las VLANs A, B, C y E. ¿Cuál es la máxima tasa alcanzable en cada uno de esos flujos y dónde se encuentra su cuello de botella?

Nombre y apellidos: _____

2) CUESTIONARIO (mínimo 0 puntos, máximo 0.5 puntos)

Todas las preguntas puntúan 0.1, pero para ello **se deben marcar todas las respuestas correctas y ninguna de las incorrectas**. Debe entender una pregunta que diga algo como “¿cuál?” como si dijera “¿cuál o cuáles?”. Una respuesta incorrecta puntúa 0 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) ¿Cuáles de los siguientes valores se pueden llegar a emplear para decidir si un puerto de un conmutador será el **puerto designado** de un segmento de LAN según 802.1D?

- ☐ Las direcciones MAC de conmutadores adyacentes por ese puerto
- ☐ El coste del puerto del conmutador
- ☐ El valor de prioridad del conmutador
- ☐ El número de puertos del conmutador
- ☐ Ninguna de las anteriores

b) Indique qué estándar describe el encapsulado de VLANs.

- ☐ 802.1AX
- ☐ 802.1D
- ☐ 802.1Q
- ☐ 802.3
- ☐ Ninguno de los anteriores

c) Los mensajes del protocolo VRRP.

- ☐ Van dirigidos a una dirección IP de multicast
- ☐ Van dirigidos a la dirección IP de broadcast
- ☐ Van dirigidos al puerto TCP de VRRP
- ☐ No se transportan en paquetes IP
- ☐ Convierten al maestro VRRP en raíz del árbol de expansión en RSTP
- ☐ Son procesados por todos los hosts
- ☐ Ninguno de los anteriores

d) ¿En qué escenarios los paquetes de un terminal inalámbrico a otro viajan dos veces por el medio?

- ☐ En un escenario con infraestructura
- ☐ En una red ad hoc
- ☐ Cuando el Access Point actúa como puente hacia la red cableada
- ☐ Cuando el Access Point actúa como router hacia la red cableada
- ☐ Ninguna de las anteriores

e) Marque las posibilidades válidas para una agregación de enlaces según 802.1AX (802.3ad)

- ☐ Dos PCs interconectados por un enlace Ethernet 10Mb/s full-duplex y una red inalámbrica ad-hoc 802.11b a 6Mb/s
- ☐ Dos PCs interconectados por un enlace Ethernet 10Mb/s full-duplex y una red inalámbrica ad-hoc 802.11b a 11Mb/s
- ☐ Dos conmutadores Ethernet interconectados por dos interfaces Ethernet en cada equipo, a 10Mb/s full-duplex sobre par trenzado todos ellos
- ☐ Dos conmutadores Ethernet interconectados por cuatro interfaces Ethernet en cada equipo, a 1Gb/s full-duplex sobre fibra óptica multimodo todos ellos
- ☐ Dos conmutadores Ethernet interconectados por 8 interfaces Ethernet en cada equipo, a 1Gb/s full-duplex todos ellos, pero 4 parejas son sobre par trenzado y las otras cuatro sobre fibra óptica monomodo
- ☐ Ninguna de las anteriores

Nombre y apellidos: _____

3) PREGUNTAS DE DESARROLLO (3 puntos)

a) Un conmutador Ethernet de 8 puertos con soporte para RSTP tiene cada puerto conectado con otro puerto suyo, es decir, tiene 4 enlaces a sí mismo. Indique el rol y estado de cada puerto y explique por qué (0.75 puntos).



Figura 6 – Conmutadores para la pregunta (a) Censurado

b) En un conmutador multicapa (o capa 2/3) explique la diferencia entre un puerto conmutado y un puerto enrutado (0.5 puntos).

c) Explique la diferencia en SDH entre un contenedor virtual (VC) y una unidad de tributario (TU) (0.25 puntos).

d) Explique cómo están distribuidos los bytes de la SOH dentro de la trama SDH STM-1 (0.5 puntos).

e) En un paquete IP que se transporta dentro de MPLS con dos etiquetas que se transporta en una trama Ethernet describa los encapsulados presentes (0.75 puntos).

f) Explique por qué con la tecnología GPON no es posible la oferta de un acceso completamente desagregado de un usuario de un operador a otro (0.25 puntos).