

Curso 2016-2017

Problemas de redes de computadores

Tema 2: Redes LAN



POLITÉCNICA

Esta página está en blanco



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Tema 2. REDES DE ÁREA LOCAL (LAN Y WLAN)



PROBLEMAS RESUELTOS

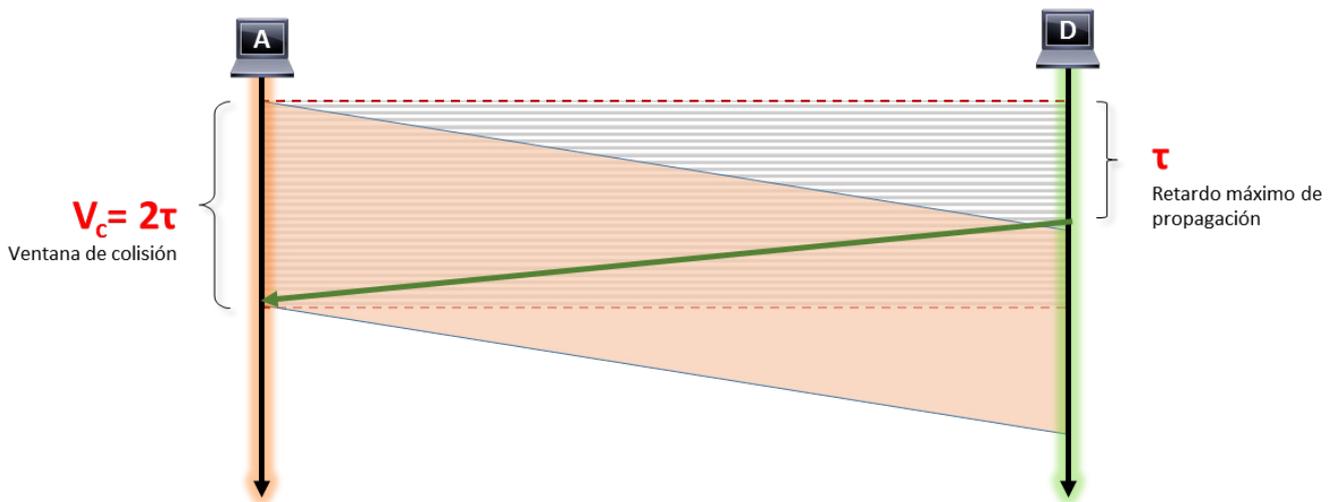
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 1. LAN. Longitud mínima de las tramas

En una red local con topología en bus y modo de acceso CSMA/CD, se tarda en detectar una colisión en el bus entre los nodos más lejanos, en el peor de los casos, el doble del tiempo de propagación entre dichos nodos.

Sabiendo que para que una estación detecte una colisión no debe de haber acabado de transmitir su trama cuando le llegue la colisión, calcular cuál es la longitud mínima que debe tener una trama para que se puedan detectar posibles colisiones si la longitud máxima del bus es **2,5 Km**, la velocidad de propagación **100.000 Km/s** y la velocidad de transmisión **10 Mbps**.

SOLUCIÓN:



L =Longitud mínima de la trama; τ = tiempo de propagación; T_t =Tiempo transmisión

$$\tau = 2,5 \text{ Km} / (100.000 \text{ Km/s}) = 25 \mu\text{s}$$

El T_t debe ser $\geq 2T_p$

$$L / V_t \geq 2T_p$$

Luego:

$$L \geq 2T_p \cdot V_t = 2 \times 25 \times 10^{-6} \text{ s} \times 10 \times 10^6 \text{ b/s} = 500 \text{ bits}$$

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 2. LAN. Detección de portadora

Una red de área local con topología en bus que está formada por **4 tramos de 500 m**, presenta una $V_t=10\text{Mbps}$ y una $V_p= 200.000 \text{ km/s}$, siendo la longitud total de las tramas **300 octetos**.

Suponiendo que el método de acceso fuese CSMA (*Acceso Múltiple por Detección de Portadora*), explicar razonadamente qué ocurriría si empezando a transmitir una estación extrema (A) en $T=0$, la otra estación extrema (B) quisiera hacerlo en los siguientes tiempos:

$$T = 4 \mu\text{s}, T = 200 \mu\text{s}, \text{ y } T = 400 \mu\text{s}$$

SOLUCIÓN

La longitud mínima de una trama Ethernet condiciona el tamaño de la red, ya que para que el protocolo CSMA funcione apropiadamente se requiere que el tiempo de ida y vuelta no sea nunca superior a lo que se tarda en emitir una trama de tamaño mínimo.

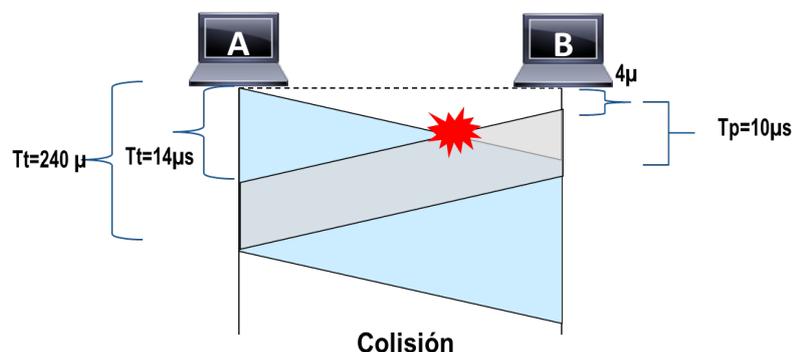
| $T_p=$ | $T_t=$ |
|---|---|
| $\frac{2\text{km}}{200000 \frac{\text{km}}{\text{s}}}$ $\frac{\text{s}}{100000}$ $10 \mu\text{s}$ | $\frac{300B \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \frac{b}{s}}$ $0.24\text{ms} = 240\mu\text{s}$ |

Luego se puede detectar colisión ya que...

$$T_t=240\mu\text{s} \geq 2 \times T_p=20\mu\text{s}$$

a) $T=4\mu\text{s}$.

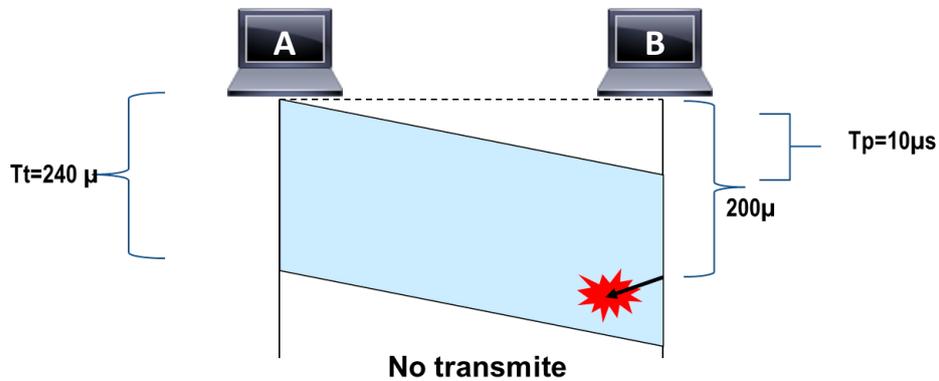
Si B no detecta portadora y empieza a transmitir a los $4\mu\text{s}$ se producirá colisión. Cuando A detecte colisión dejaría de transmitir si fuera CSMA/CD (ver dibujo). Al ser CSMA, A continuaría hasta transmitir toda la trama.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

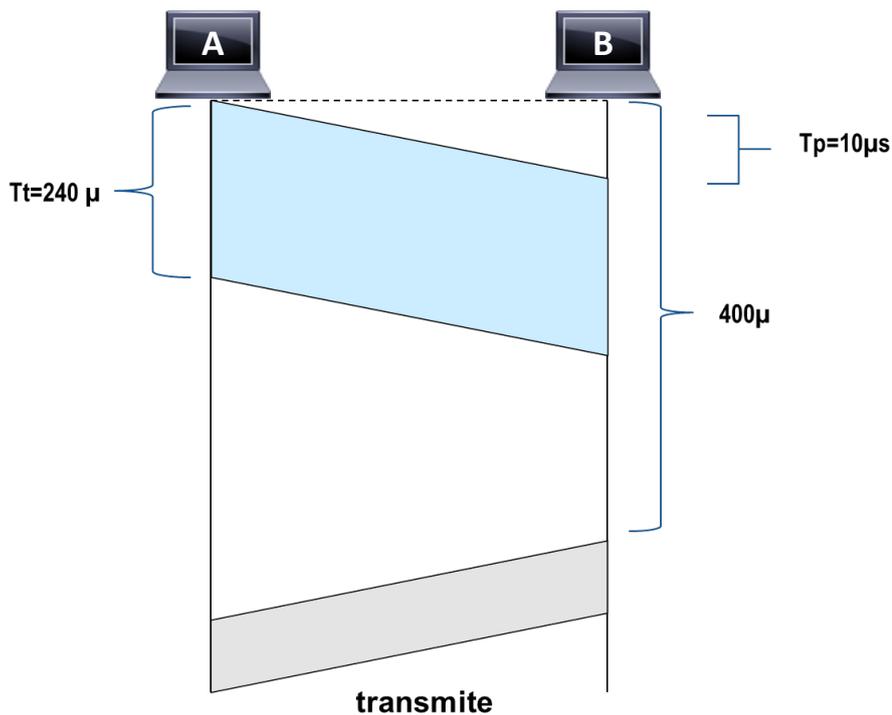
b) $T=200\mu\text{s}$.

La estación B detecta el medio ocupado y no transmite.



c) Transmisión de B a $T=400\mu\text{s}$.

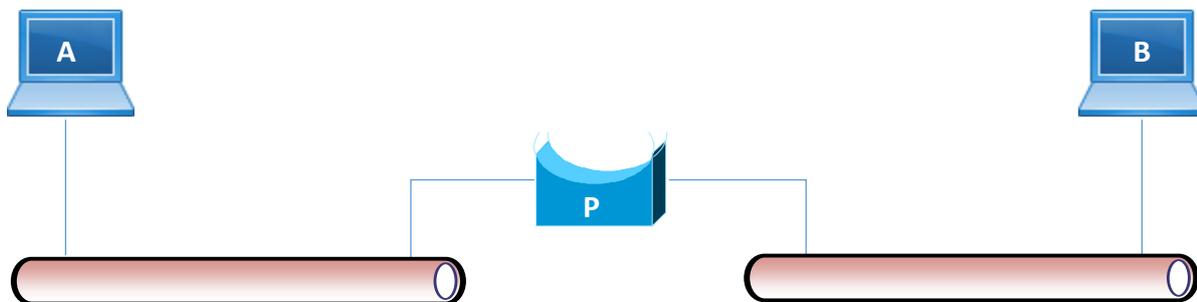
La estación B detecta el medio desocupado y transmite.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 3. LAN con puente

En la red 802.3 de la figura, teniendo el puente sus tablas estables, se produce la siguiente secuencia: A envía una trama a B y B le contesta con otra trama de idéntica longitud a nivel MAC.



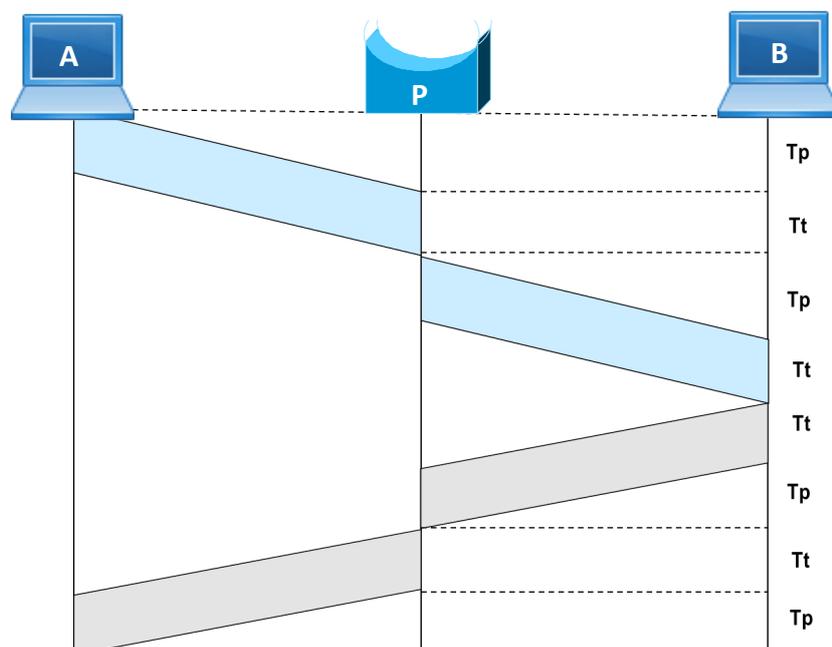
Suponga $V_t = 10 \text{ Mbps}$, $V_p = 200.000 \text{ Km/sg}$ y distancia A-P y P-B = 400m . Si la secuencia anterior tarda en producirse $2.568 \mu\text{s}$:

Pregunta 1. Calcule la longitud, en bits, de las tramas.

SOLUCIÓN

$$T_p = \frac{0.4 \text{ km}}{200000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 2 \mu\text{s}$$

Según se desprende del cronograma: $T = 4T_p + 4T_t$



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

$$2568 \times 10^{-6} = 4 \times 2 \times 10^{-6} + 4 \times \frac{L}{10^7}$$
$$L = 6400b$$

Pregunta 2. Calcule el tamaño físico, en metros, de un bit en el cable.

SOLUCIÓN

Si el tiempo de transmisión de un bit es T_{t1bit}

$$L_{1bit} = T_{t1bit} \cdot V_p$$

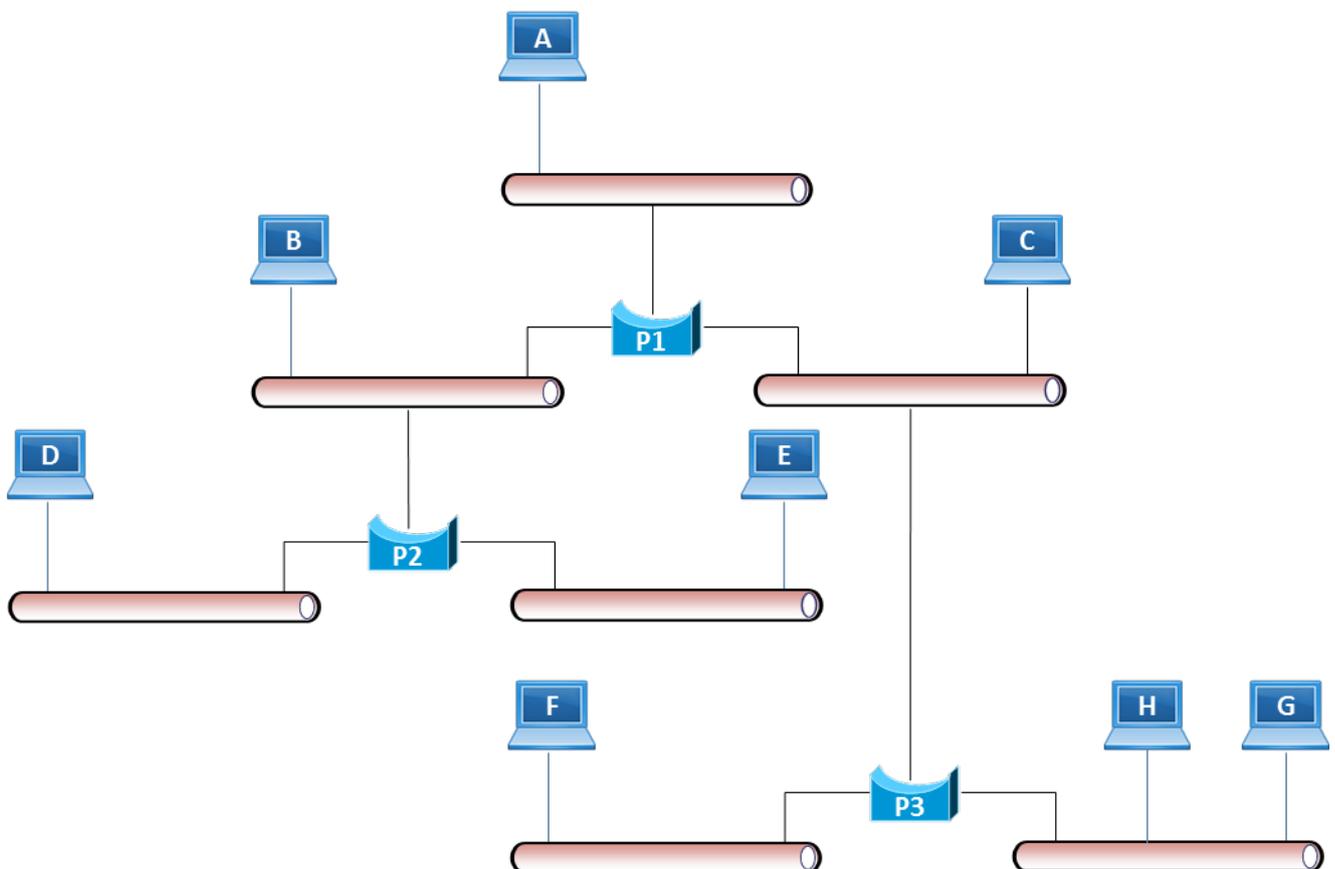
$$\frac{1b}{10^7 \frac{b}{s}} \times 200000 \frac{km}{s}$$
$$= 0.02km = 20m$$

Luego, el tamaño físico de un bit es de 20m.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 4. LAN con puentes

En la siguiente topología de segmentos 802.3 y puentes transparentes¹, suponga que todos los puentes conocen la localización de las estaciones de todos los segmentos excepto la situación de la estación G. (Es decir los puentes saben por qué puerto deben difundir las tramas para alcanzar las estaciones que tienen localizadas en sus tablas, excepto la localización de la estación G)



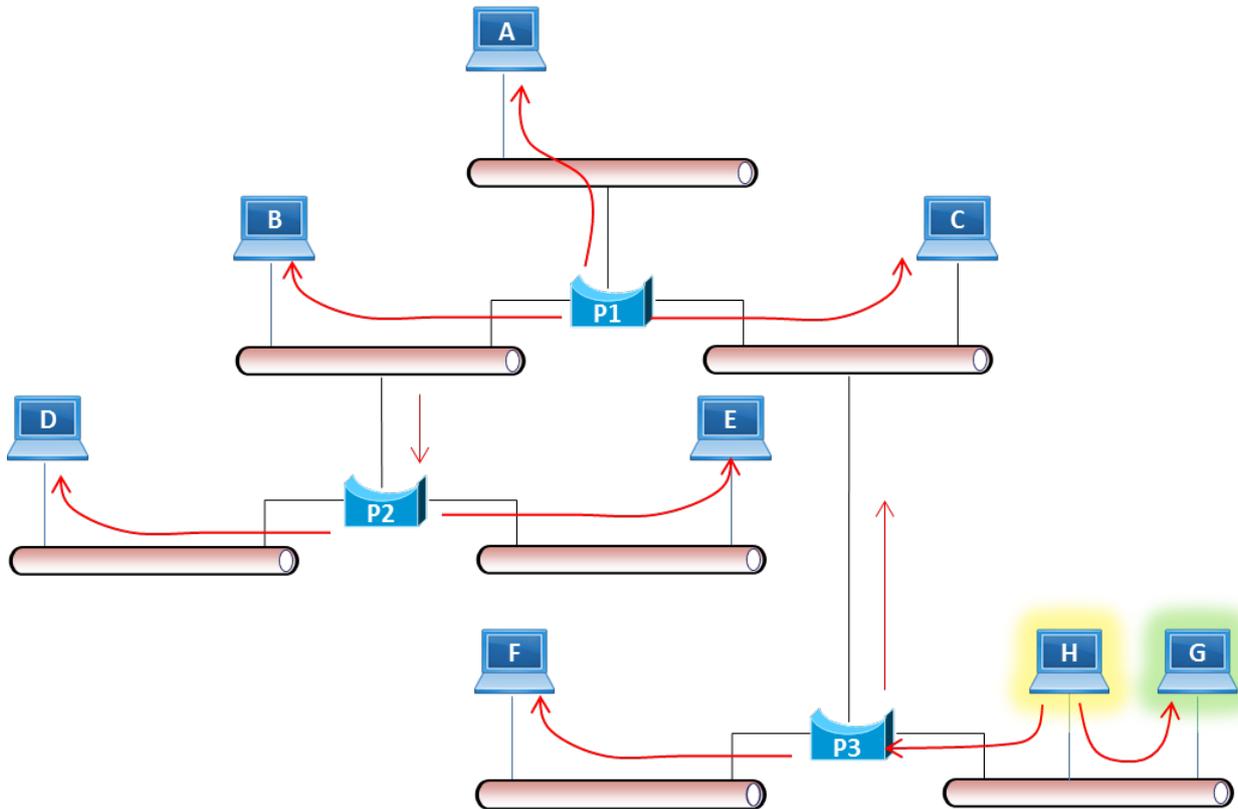
¹ Los puentes transparentes funcionan en todas las LANs y lo hacen de modo promiscuo. Las tramas reenviadas (conmutadas) son idénticas a las originales y, aunque las interfaces del puente tenga direcciones MAC propias, estas direcciones no aparecen nunca en las tramas reenviadas.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. Si la estación H envía una trama a la estación G. Indique en qué segmentos se difundiría (retransmitiría) la trama y porqué.

SOLUCIÓN

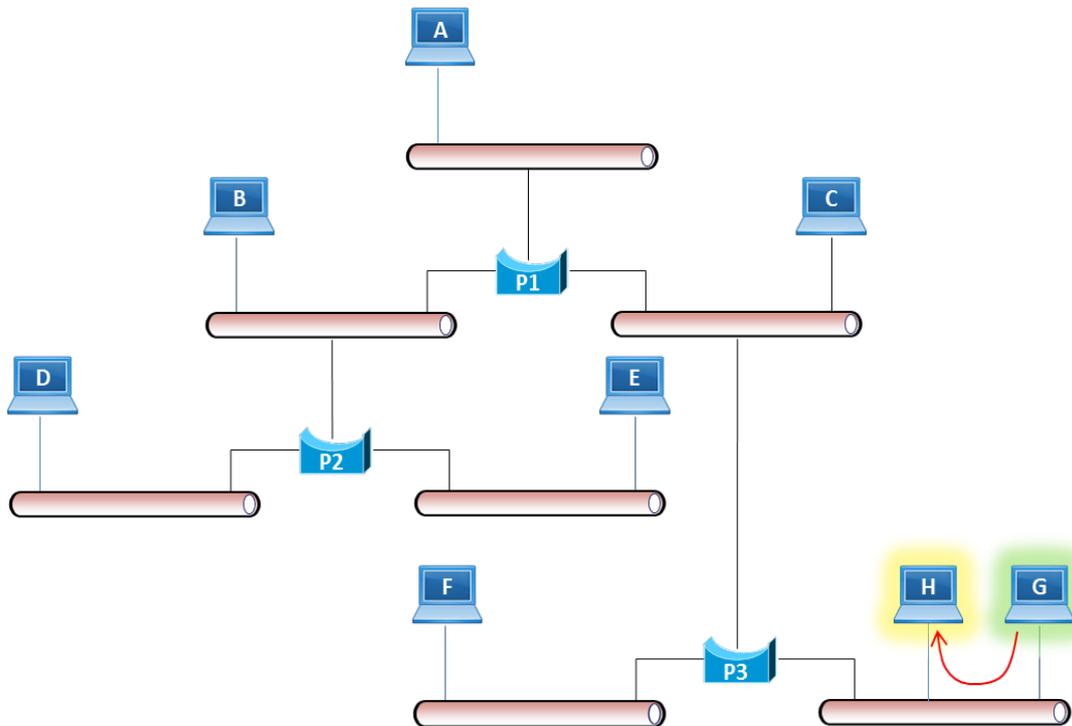
Si los conmutadores no tienen en sus tablas de aprendizaje al host G, al transmitir la trama de H dirigida a G se difundirá por toda la red.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. La estación G envía una trama a H. Indique en qué segmentos se difundiría (retransmitiría) la trama y porqué.

SOLUCIÓN



Dado que el puente P3 ya tiene incorporada en sus tablas de aprendizaje la dirección MAC del Host H, esta segunda trama enviada a H solo se difundirá en su segmento, por lo que llegará solo al puente local 3 y al host H.

P3 toma nota de la ubicación de H.

Pregunta 3. La estación H envía otra trama a G. Indique en qué segmentos se difundiría (retransmitiría) la trama y porqué.

SOLUCIÓN

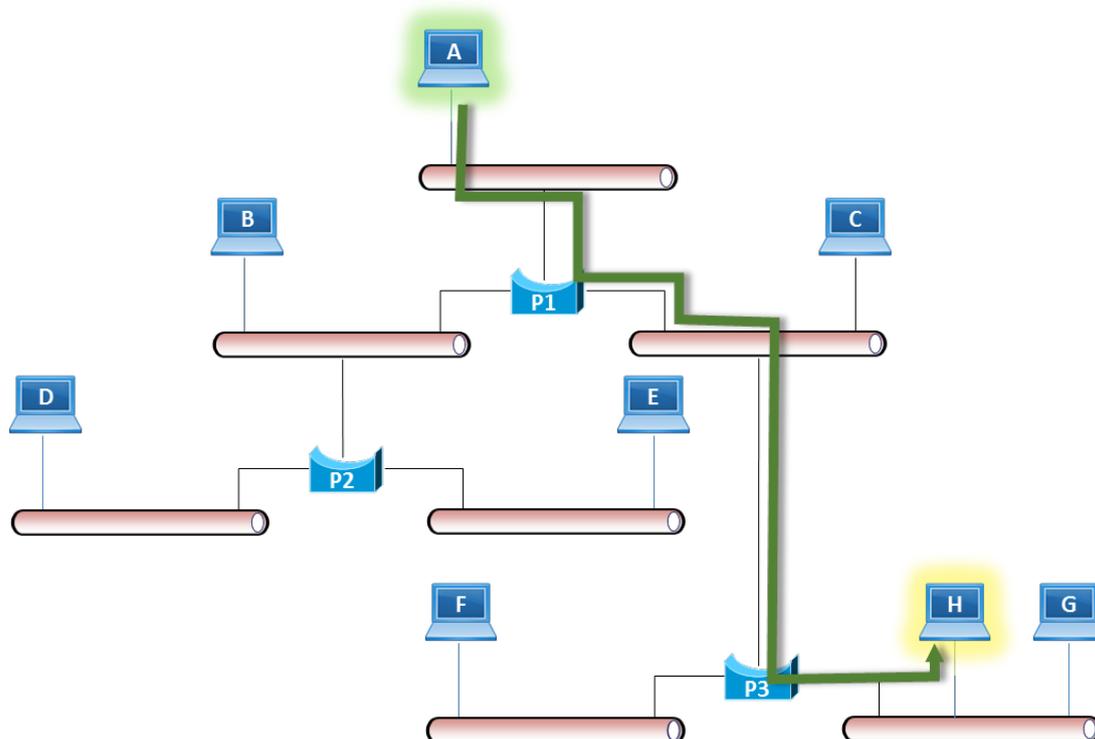
En el apartado anterior, P3 tomó nota en sus tablas de donde está G. Por ello la difusión será solo en su segmento.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Calcule el tiempo que tarda en llegar una trama MAC desde la estación A hasta la estación H. La trama tiene **1000 octetos** a nivel MAC y **Vt=10 Mbps**. Desprecie tiempos de proceso en los puentes y retardos de propagación en los buses.

SOLUCIÓN

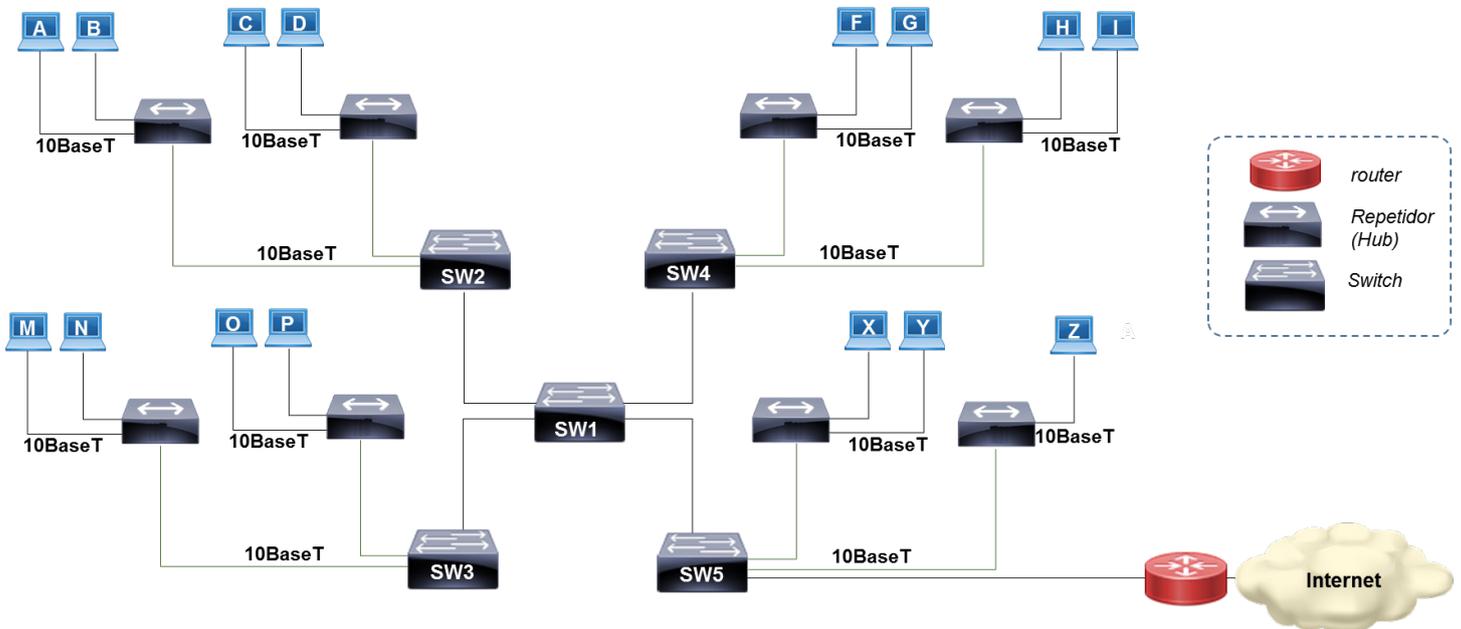
$$T = 3 \times T_t = 3 \times \frac{\text{Trama}}{V_t} =$$
$$3 \times \frac{1000B \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \frac{b}{s}}$$
$$0.0024s$$



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 5. Red de campus conmutada

La Universidad XXX tiene estructurada la interconexión de su campus de la siguiente forma:



Donde los conmutadores Ethernet son de 4 puertas cada uno. Todas las puertas de los conmutadores funcionan según la norma 10BaseT. El tiempo de proceso de cada Conmutador es de **40 microsegundos**. Los Conmutadores funcionan mediante almacenamiento y envío.

Los repetidores son de 4 puertas cada uno. De las 4 puertas, una de ellas está conectada a un Conmutador Ethernet y las otras tres dan servicio a ordenadores personales. Todas las puertas de los repetidores funcionan según la norma **10BaseT**.

Nota: Tiempo de propagación en el medio despreciable

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. Calcule el tiempo que se tardaría desde que se envía una trama 802.3 de **1000 octetos** de longitud total, desde el host **A** hasta que se recibe el último bit de la trama en el host **Z**.

SOLUCIÓN

Suponiendo que los repetidores y las líneas no introducen ningún retardo:

$$T = 4T_t + 3T_{sw}$$

El tiempo de transmisión T_t será:

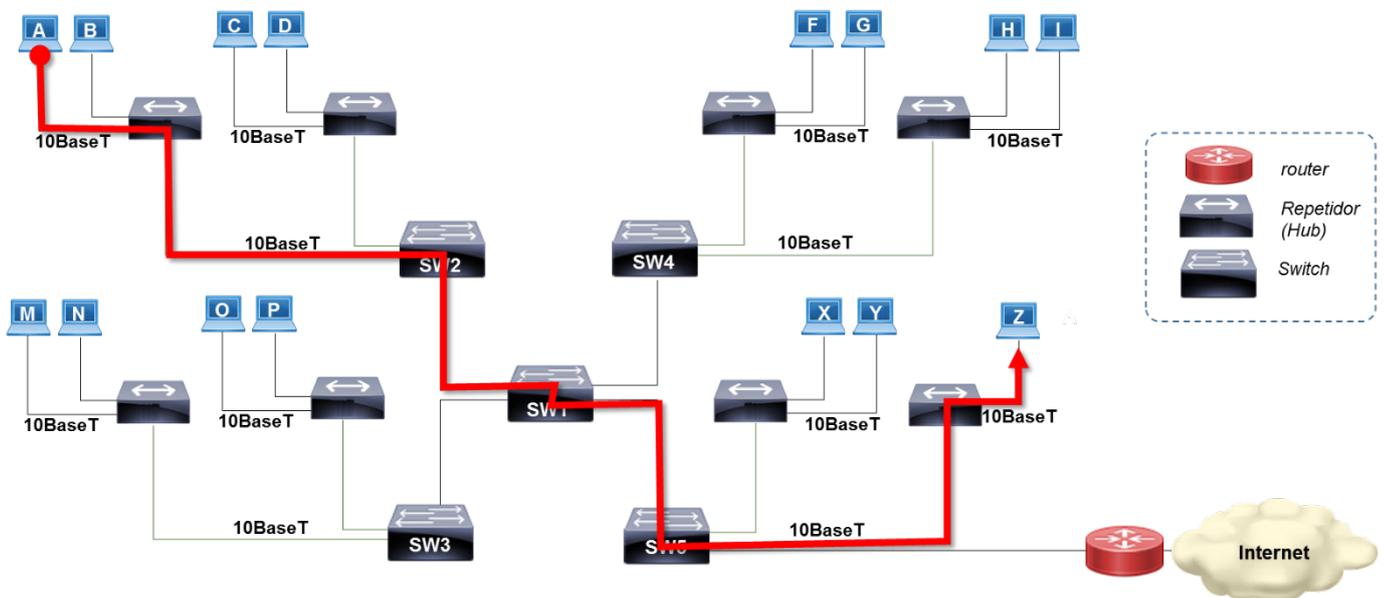
$$\frac{1000B \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \times \frac{b}{s}}$$

$$0.0008s = 800\mu s$$

Luego el tiempo total $T = 4T_t + 3T_{sw} =$

$$4 \times 800\mu s + 3 \times 40\mu s$$

$$3320 \mu s$$



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. Calcule el tiempo que se tardaría desde que se envía una trama 802.3 de 1000 octetos de longitud total, desde el host **A** hasta que se recibe el último bit de la trama en el host **B**.

SOLUCIÓN

Como A y B están conectados al mismo hub, y suponiendo que los repetidores no introducen ningún retardo y que el tiempo de propagación es despreciable:

$$T = T_t = 800 \mu\text{s}$$

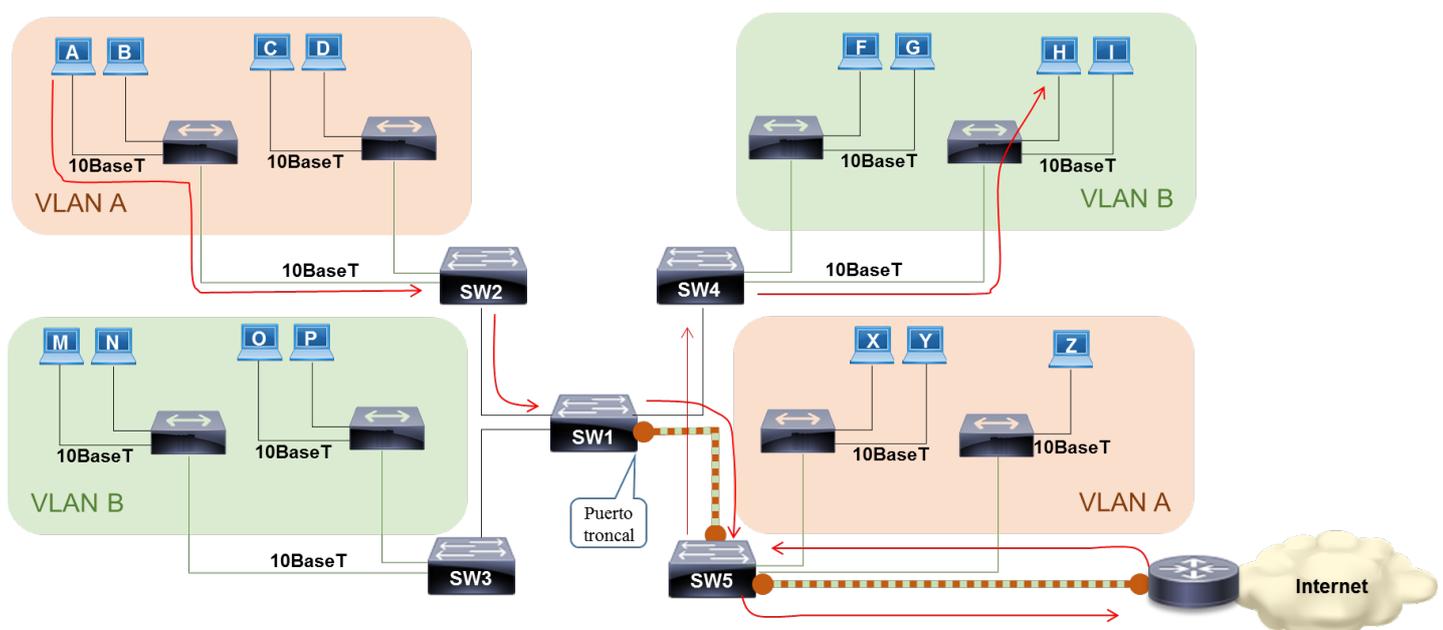
Pregunta 3. Si en la red del campus se configuran dos VLAN: la **VLAN A** con todos los host que se conectan a los Conmutadores 2 y 5 y la **VLAN B** con los host que se conectan a los conmutadores 3 y 4 ¿Qué puertos de los conmutadores es preciso definir como troncales para que la comunicación entre ambas VLANs sea posible mediante el router?

Indique que ruta seguiría una trama enviada del host A al H.

Nota: Suponga que el router puede configurar sus puertos como troncales

SOLUCIÓN

Un puerto *trunk* (puerto de enlace troncal) es un puerto capaz de transportar tráfico para varias o todas las VLAN accesibles por un conmutador en particular que marca las tramas con etiquetas especiales que las identifican (802.1Q).



Ruta del Host A a Host H:

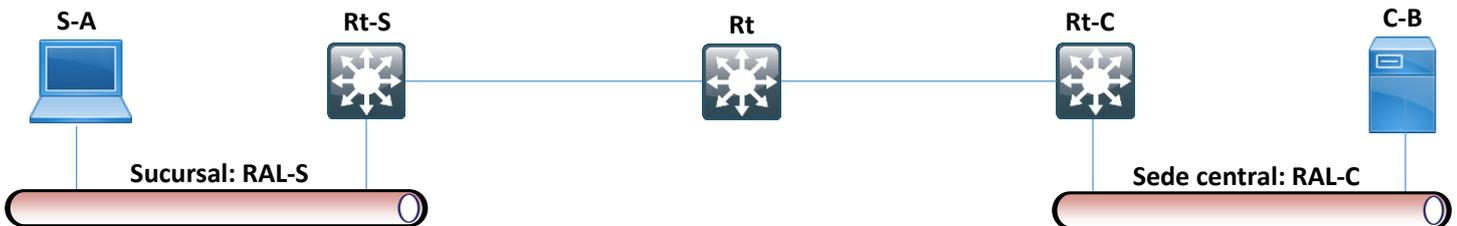
Como pertenecen a distintas VLAN

Host A- Hub- Sw2-Sw1-Sw5- Router- Sw5- Sw1- Sw4- Hub –Host H

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 6. Conexión remota de LANs

La siguiente figura muestra el esquema de la red de datos de una compañía formada por una sede central C y una sucursal S, en la que los distintos equipos tienen implementada la arquitectura TCP/IP.



- En la Sede Central hay una RAL-C tipo Ethernet, que opera a **100 Mbps**.
- En la Sucursal hay una RAL-S tipo Ethernet, que opera a **10 Mbps**

Ambas sedes están interconectadas a través de 3 routers conectados mediante dos enlaces punto a punto:

- El enlace Rt-Rt/C opera a **4 Mbps**
- El enlace Rt-Rt/S opera a **2 Mbps**.

El tiempo de propagación puede considerarse despreciable en toda la red y el tiempo de proceso en los routers es de **0,5 ms.**

Supondremos que un equipo de la sucursal (S-A) envía a otro de la central (C-B) un mensaje que da lugar a un datagrama IP de 1500 octetos tamaño total.

Nota: Las cabeceras correspondientes a cada protocolo son: UDP 8 octetos. IP 20 octetos. MAC 26 octetos. Enlace punto a punto 6 octetos.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. Indique razonadamente a qué *modelo de red* corresponde el envío de datagramas IP (máximo 3 líneas)

SOLUCIÓN

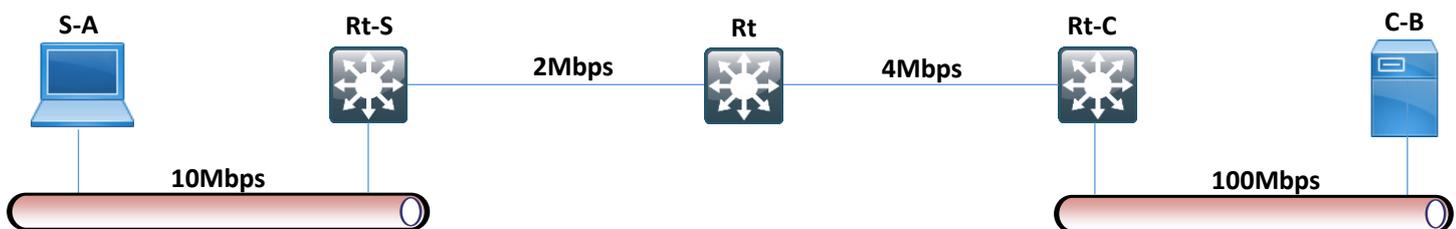
El envío de datagramas corresponde a un modelo de red RCP en modo datagrama.

Pregunta 2. Obtener el tamaño del mensaje en la capa de aplicación suponiendo que en la capa de transporte se utiliza el protocolo UDP.

SOLUCIÓN

$$1500(\text{IP}) - 20(\text{Cabecera IP}) - 8(\text{Cabecera UDP}) = 1472 \text{ B}$$

Pregunta 3. Calcular los tiempos de transmisión de las tramas en cada tramo, teniendo en cuenta las cabeceras del nivel de enlace indicadas en el enunciado.



SOLUCIÓN

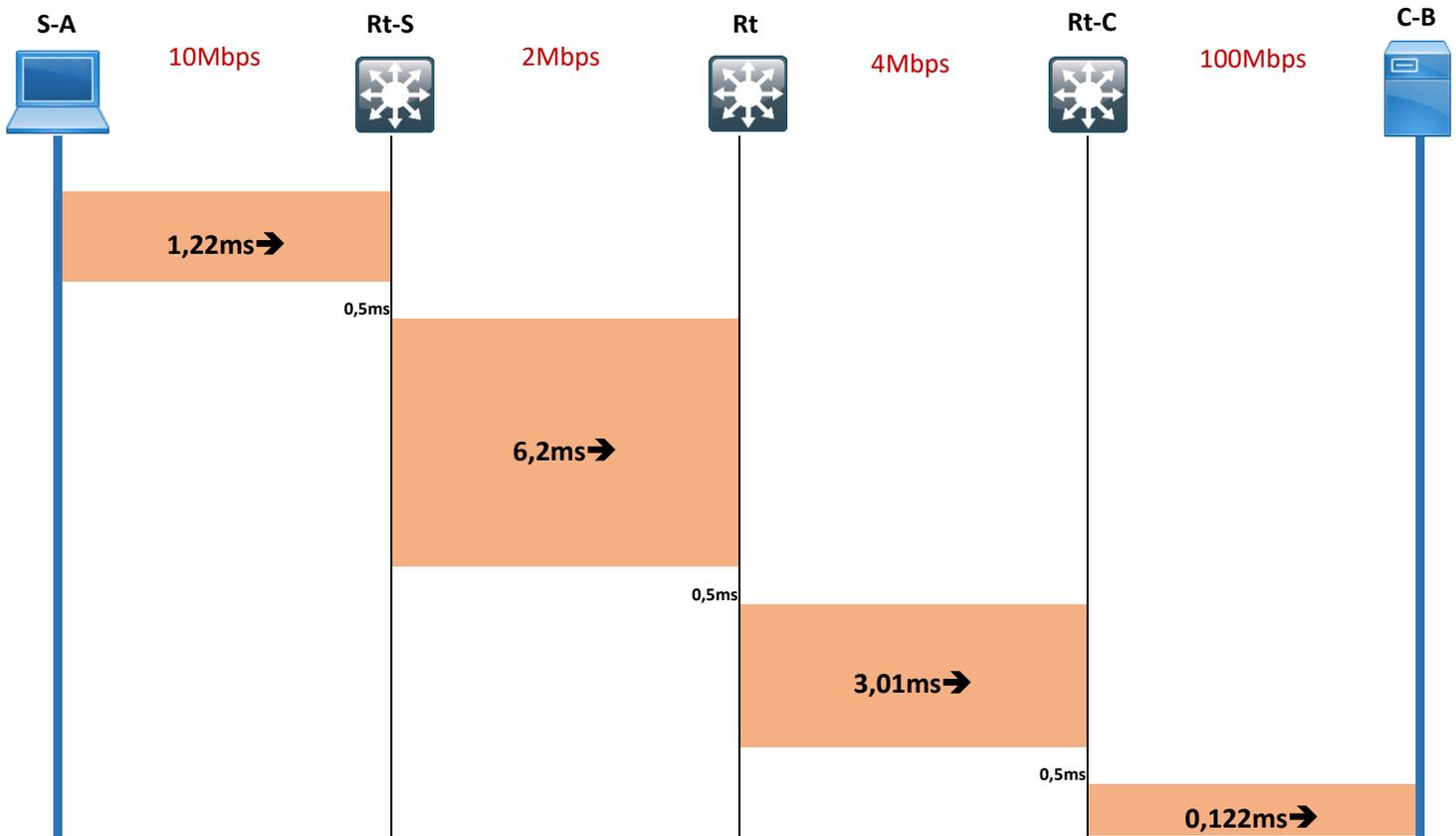
Los tiempos de transmisión en cada tramo serán respectivamente

| RAL-S (s) | Rt-s-Rt (s) | Rt-Rt-c (s) | RAL-C (s) | Total (s) |
|---|---|---|---|------------------|
| $\frac{(1500B + 26B) \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \frac{b}{s}}$ | $\frac{(1500B + 6B) \times 8 \frac{b}{B}}{2 \times 10^6 \frac{b}{s}}$ | $\frac{(1500B + 6B) \times 8 \frac{b}{B}}{4 \times 10^6 \frac{b}{s}}$ | $\frac{(1500B + 26B) \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}}$ | |
| 0,0012208 | 0,006024 | 0,003012 | 0,00012208 | 0,0103789 |

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Dibujar el cronograma correspondiente al envío del mensaje citado.

SOLUCIÓN



Pregunta 5. Calcular el tiempo que tarda dicho envío.

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 T_{\text{envío}} &= T_{\text{transmisión}} + T_{\text{routing}} = \\
 &10,37ms + 3 \times 0,5ms \\
 &11,87ms
 \end{aligned}$$

Pregunta 6. Para el caso que estamos considerando, obtener el tiempo mínimo que transcurre desde que cada datagrama es recibido en cada uno de los routers hasta que puede ser retransmitido.

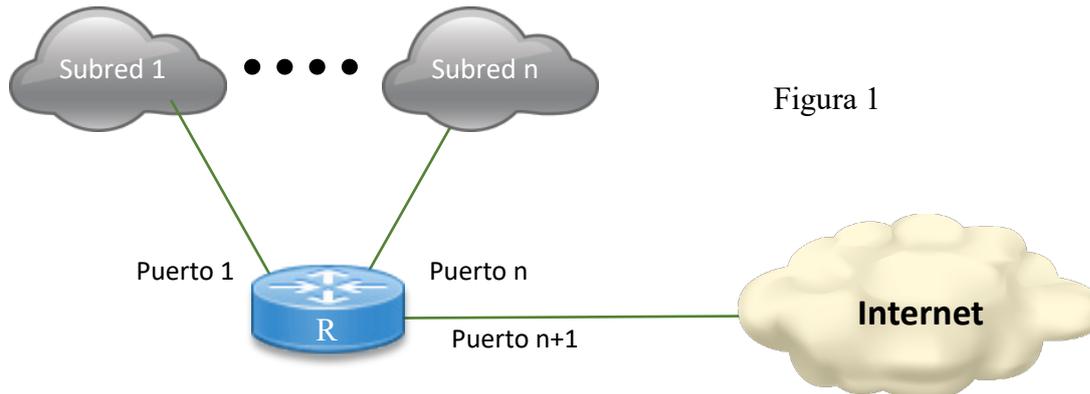
SOLUCIÓN

Ese tiempo es igual en los tres routers: 0,5 ms

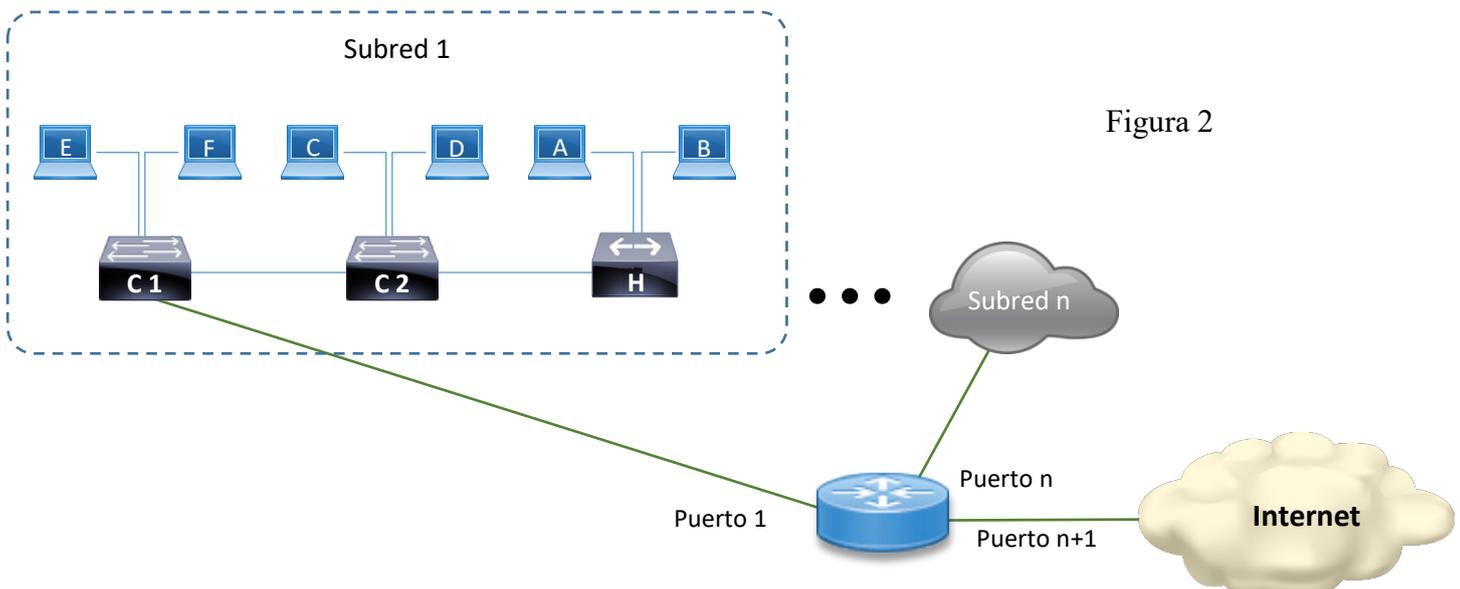
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 7. LANs de empresa enrutadas

Una empresa quiere distintas subredes de igual tamaño, para ello, dispone de un encaminador (o router) R al que se le va a conectar cada una de las subredes. Esta conexión se realizará de forma que cada subred utilizará un puerto distinto de R. En la figura 1 se muestra la conexión descrita. La subred 1 se conecta al puerto 1 de R, la subred 2 al puerto 2, y así sucesivamente. También podemos ver en esta figura 1 que R utiliza el puerto n+1 para tener salida a Internet.



La empresa se dispone a implantar físicamente la subred 1. Esta implantación de la subred 1 se ha realizado según se muestra en la figura 2. Los 6 ordenadores (o hosts): A, B, C, D, E y F, tienen tarjetas Ethernet 100BaseTX para conectarse dos conmutadores (o switch) y un concentrador (o hub). Los dos conmutadores, a los que llamamos C1 y C2, tienen 6 puertos cada uno con tecnología Ethernet 100baseTX. El concentrador, al que llamamos H, tiene 4 puertos 100baseTX. También vamos a suponer que el puerto 1 del encaminador R emplea 100BaseTX.

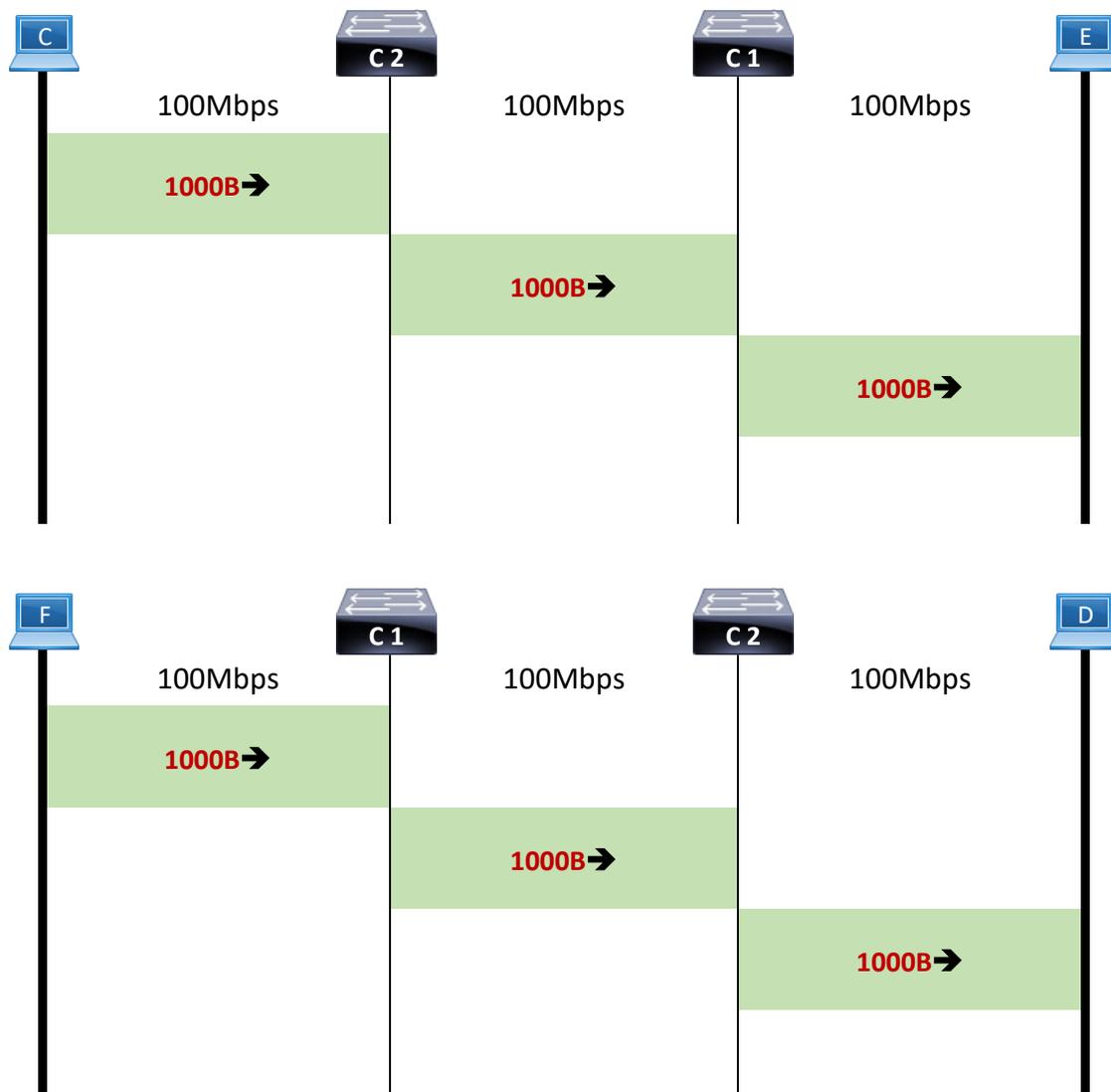


Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. Suponga que C intenta mandar una trama MAC de 1000 octetos a E, y casi simultáneamente F manda otra trama MAC de 1000 octetos a D. Dibuje los cronogramas y calcule el tiempo mínimo que se tarda en transmitir ambas tramas MAC (despreciar los tiempos de propagación y de proceso de C1 y C2).

SOLUCIÓN

Suponiendo que C1 y C2 trabajan en modo dúplex y que los envíos entre C1 y C2 tienen sentidos contrarios:



$$T_{\text{minimo}} = 3T_t =$$

$$3 \times \frac{1000B \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}}$$

$$0.00024s = 240\mu s$$

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. Suponga que A intenta mandar una trama MAC de 1000 octetos a C, y casi simultáneamente B manda otra trama MAC de 1000 octetos a D. Dibuje el cronograma a nivel MAC y calcule el tiempo mínimo que se tarda en transmitir ambas tramas MAC.

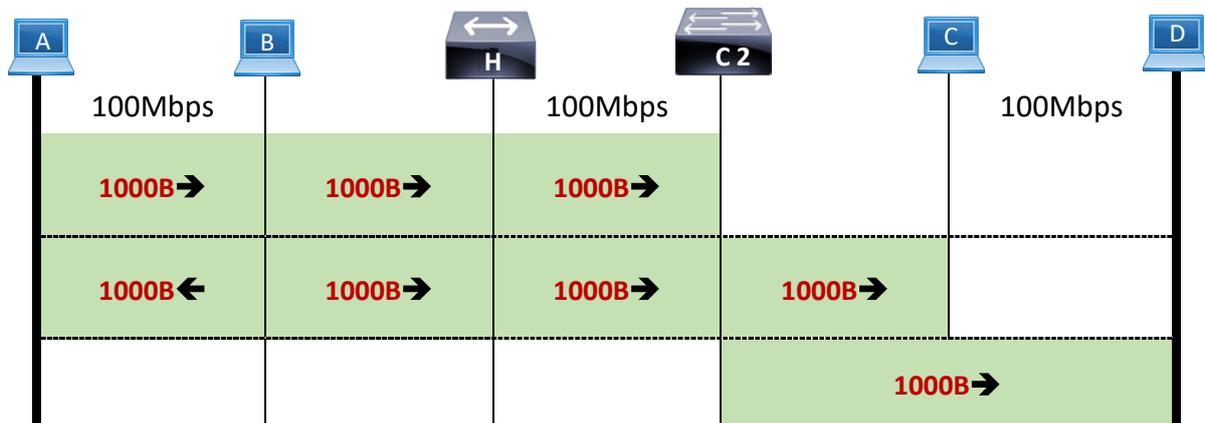
Nota: Para todos los apartados donde se necesite, suponga:

Tiempo de propagación y proceso despreciable y que no se producen colisiones nunca.

SOLUCIÓN

El hub no almacena y reenvía, por lo que el retardo que introduce es nulo.

Si A es el primero que empieza a transmitir el cronograma es el siguiente:



Nótese que el hub recibe las tramas transmitidas por A y B, sin embargo la trama transmitida por C2 hacia C no llega a D, y la que transmite a D no es recibida por C.

$$T_{\text{minimo}} = 3T_t =$$

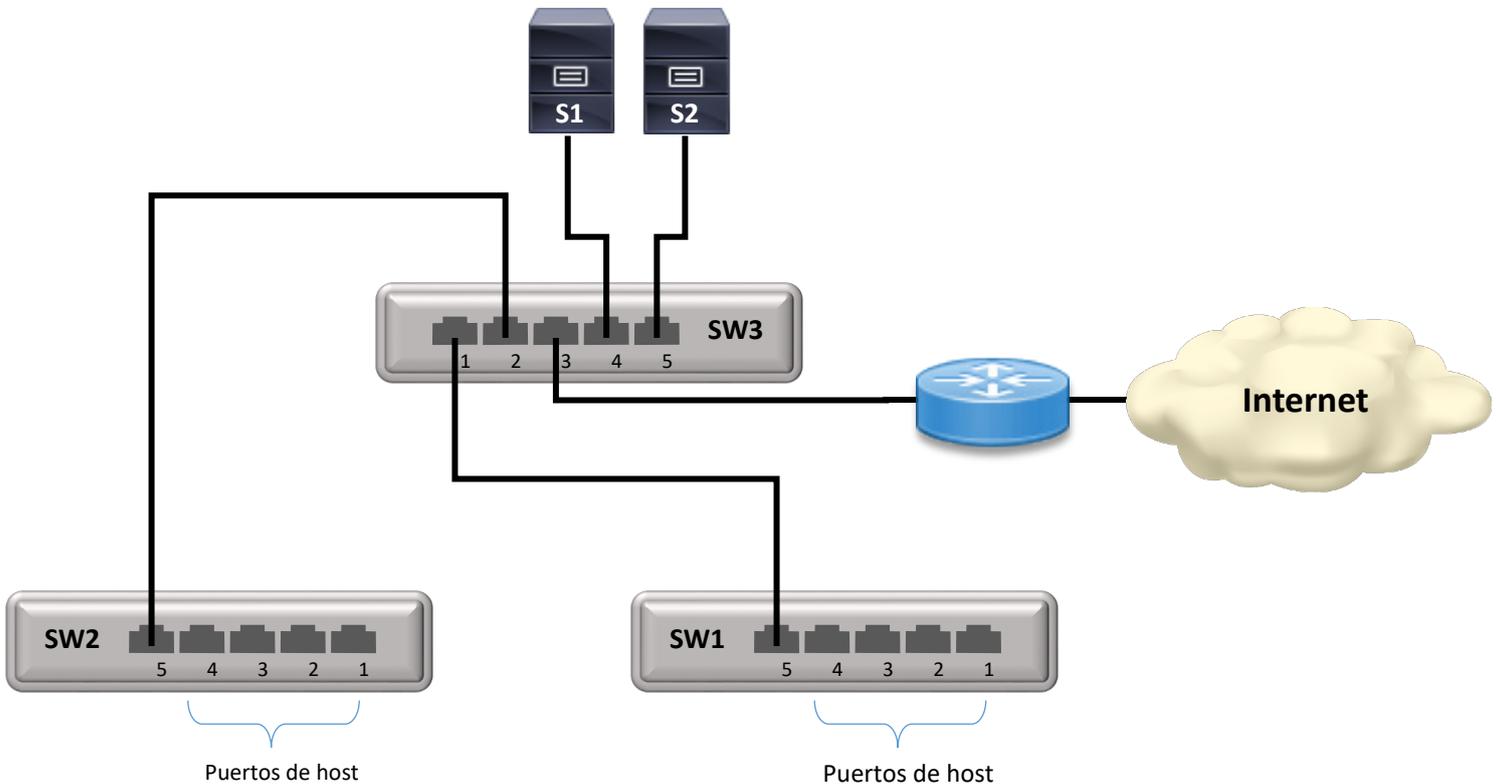
$$3 \times \frac{1000B \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}}$$

$$0.00024s = 240\mu s$$

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 8. VLANs y trunking

En la red de Conmutadores Ethernet de la figura, con todos los enlaces a 100 Mbps, se pretende establecer tres VLANs (*Virtual LANs*), cuya definición se hará a nivel de puerto dentro de los Conmutadores.



Se ha decidido, en concreto, que:

- Los puertos 1,2,3 y 4 de los conmutadores SW1 y SW2 estén asignados a host
- los puertos 1 y 2 de los SW1 y SW2, a los que se se conectan los host **A,B, W y X**, estén en una misma VLAN, **VLAN 100**
- los puertos 3 de ambos conmutadores, a los que se conectan los host **C e Y**, estén en otra VLAN, la **VLAN 200**
- los puertos 4 de esos mismos conmutadores, SW1 y SW2, a los que se conectan los host **D y Z**, estén en otra VLAN, **VLAN 300**.

Respecto a los Servidores, S1 y S2, se quiere que S1 sea accesible de forma directa desde cualquier VLAN, mientras que S2 sólo sea accesible, de forma directa, desde la **VLAN 200** y **VLAN 300**².

Datos y consideraciones:

- Suponga que el encapsulado VLANS es según el estándar, IEEE 802.1Q

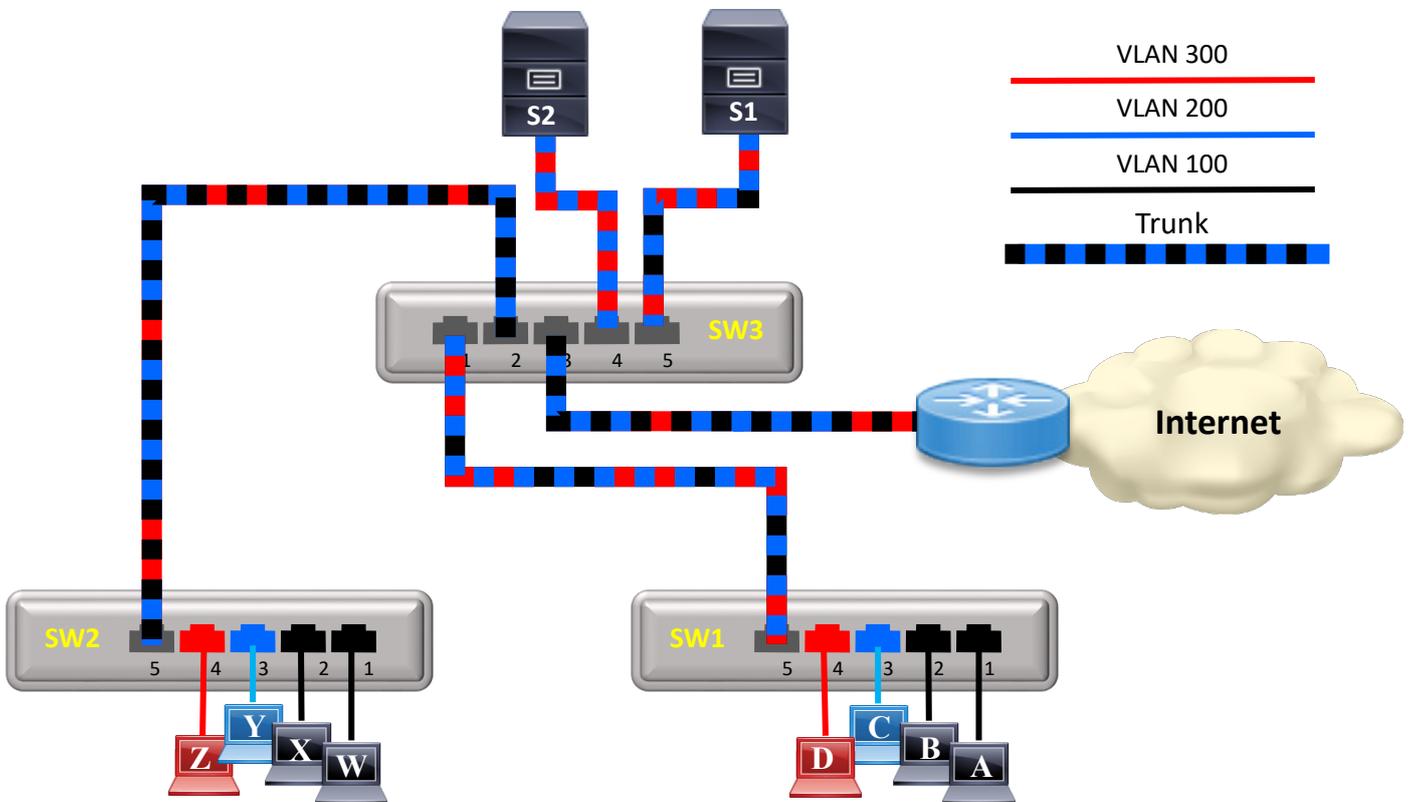
² Observación al margen: No es muy recomendable tener servers en modo trunk ya que le llega todo el broadcast de todas las vlans y esto aumenta el procesamiento de los mismos.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

- Tenga en cuenta que en la configuración de VLANs, una misma interfaz física (por ejemplo, Ethernet) puede tener asociadas varias direcciones IP, tantas como VLANs a las que pertenezca.
- Considere totalmente actualizadas las caches dir MAC \Rightarrow nº de puerto en los conmutadores.
- Considere despreciable el retardo de propagación
- El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en todos los dispositivos.
- **La capa MAC+ física** de Ethernet introduce **26 octetos**.
- El formato de las tramas etiquetadas según la norma IEEE 801.1Q es el siguiente:



Pregunta 1. Identifique los puertos "trunk" que hay en los conmutadores.



SOLUCIÓN 1

De la red de la figura se deduce que van a funcionar como puertos "trunk" los puertos asociados a los enlaces entre conmutadores:

- SW1: puerto 5
- SW2: puerto 5
- SW3: puertos 1 y 2

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Además, habrá que considerar también como puertos "trunk", los asociados a dispositivos que van a ser compartidos por varias VLANs. En nuestro caso, los puertos 3, 4 y 5 del SW3.

Pregunta 2. ¿Cuál es la finalidad de estos puertos, dentro de un esquema de VLANs?

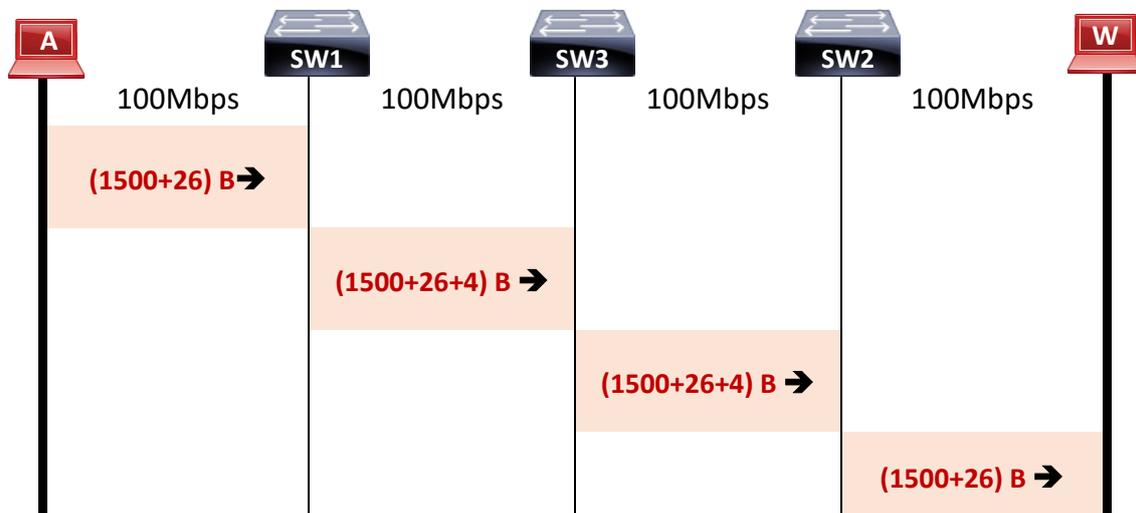
SOLUCIÓN 2

El envío y recepción de tramas etiquetadas VLAN, de forma que el conmutador que la recibe conoce a qué VLAN pertenece y, como consecuencia, qué puertos están involucrados en su proceso.

Pregunta 3. Considere el envío de una trama Ethernet, con 1.500 octetos en su campo de Información, del **equipo A al equipo W**. Dibuje el cronograma a nivel físico correspondiente a esta comunicación, indicando las longitudes totales de trama que aparecen en el mismo.

SOLUCIÓN 2

Ambos host están en la VLAN 100. Luego:



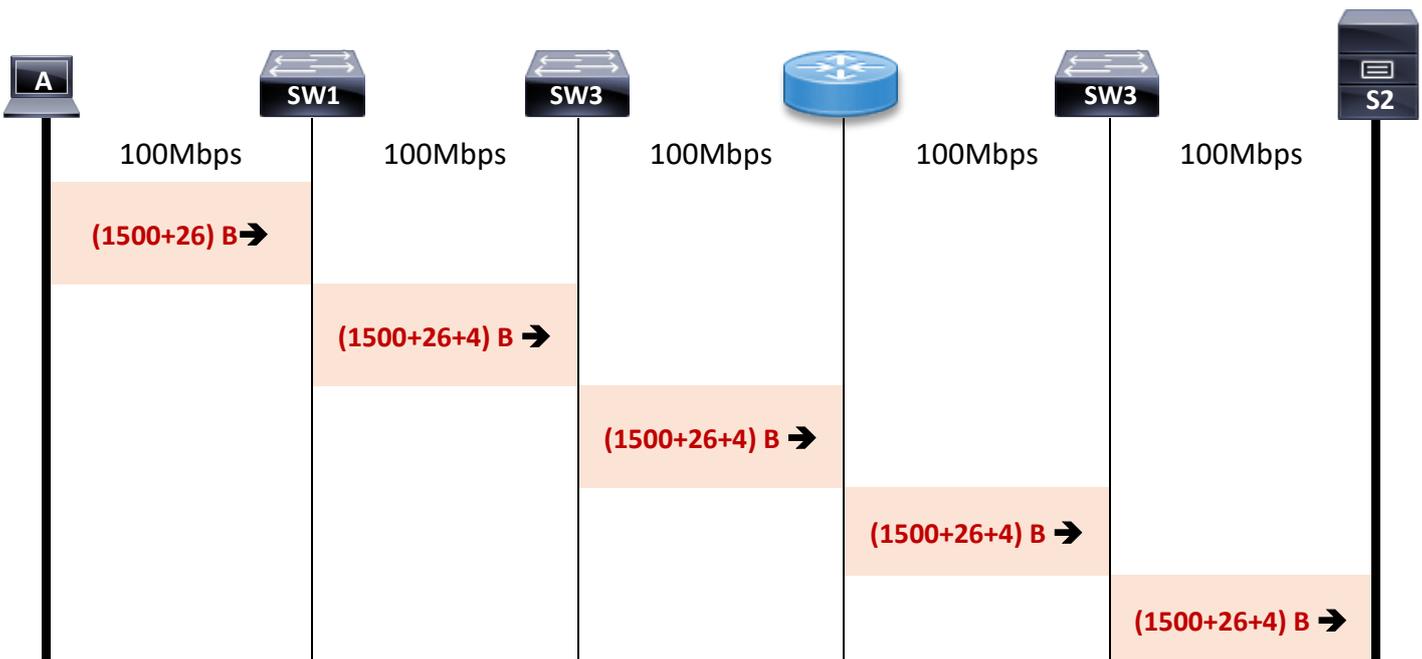
Obsérvese que hay que añadir 4B en los enlaces *trunk* procedentes del etiquetado.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Considere el envío de una trama Ethernet, con 1.500 octetos en su campo de Información, del equipo A al servidor S2. Dibuje el cronograma a nivel físico correspondiente a esta comunicación, indicando las longitudes totales de trama que aparecen en el mismo y calcule el tiempo total de transmisión

SOLUCIÓN 4

El equipo A está en la VLAN 100, y el servidor S2 está presente en la VLAN 200 y la VLAN 300 pero no en la 100, por ello es preciso enrutar. Por tanto el cronograma será:



$$\begin{aligned}
 T_{\text{transmisión}} &= \\
 &= \frac{(1500 + 26)B \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}} + 4 \times \frac{(1500 + 26 + 4)B \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}} \\
 &= 0.00061168s
 \end{aligned}$$

Pregunta 5. ¿Existe la posibilidad de que algún dispositivo rechace la trama Ethernet por exceso de tamaño? Justifique su respuesta

Ningún dispositivo (conmutador, router) rechaza la trama, ya que al "leer" el código 0x8100 que sigue a las direcciones MAC, entiende que se trata de una trama etiquetada VLAN.

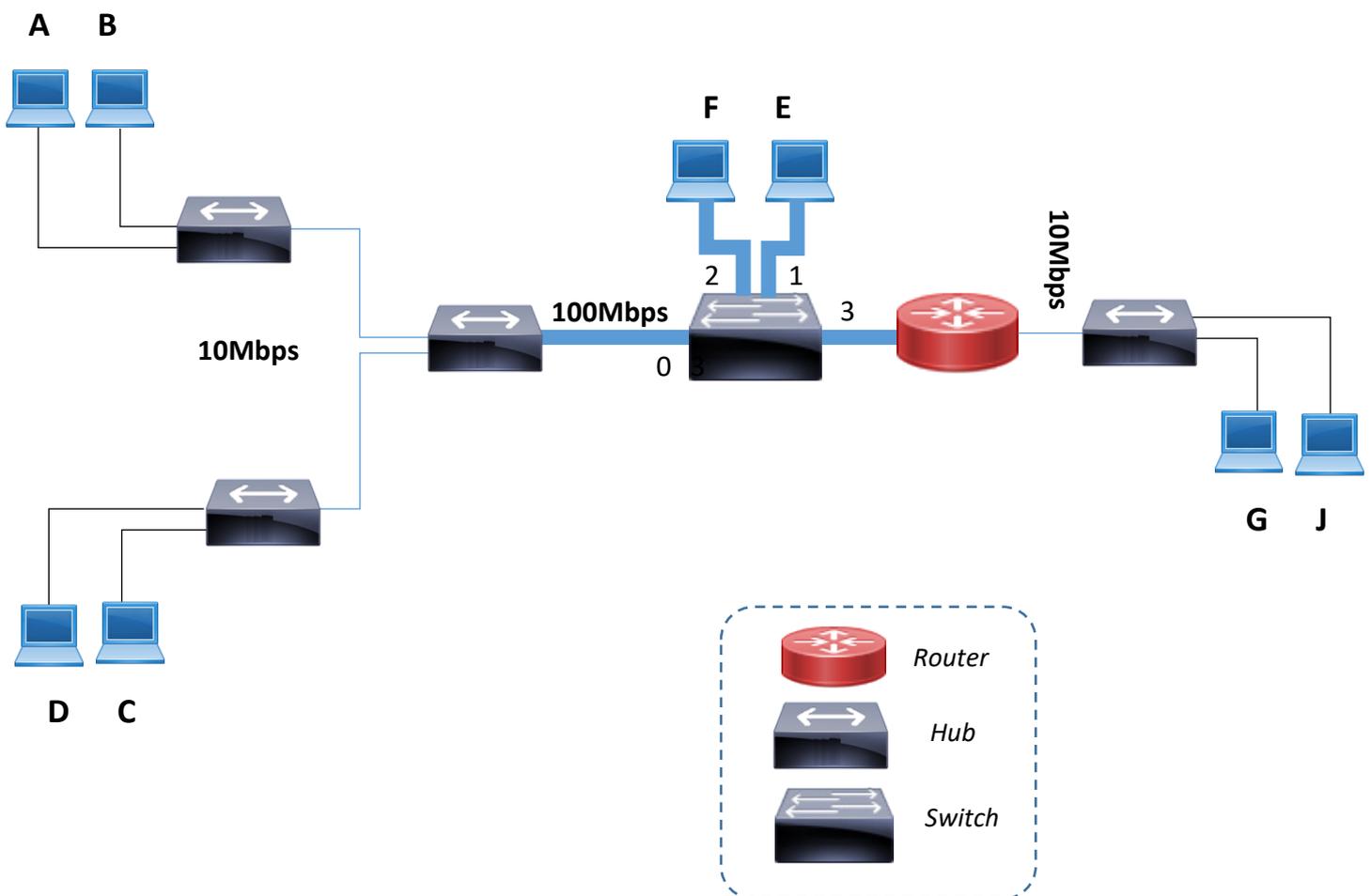
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 9. LAN & WLAN

La LAN de las oficinas centrales de una empresa ha ido evolucionando hasta alcanzar una topología, parte de la cual se representa en la figura, en la que se ha indicado la velocidad de transmisión de los distintos enlaces.

Todos los equipos finales tienen implementados los protocolos de la arquitectura TCP/IP.

Nota: la PDU máxima de la trama MAC es de 1500B



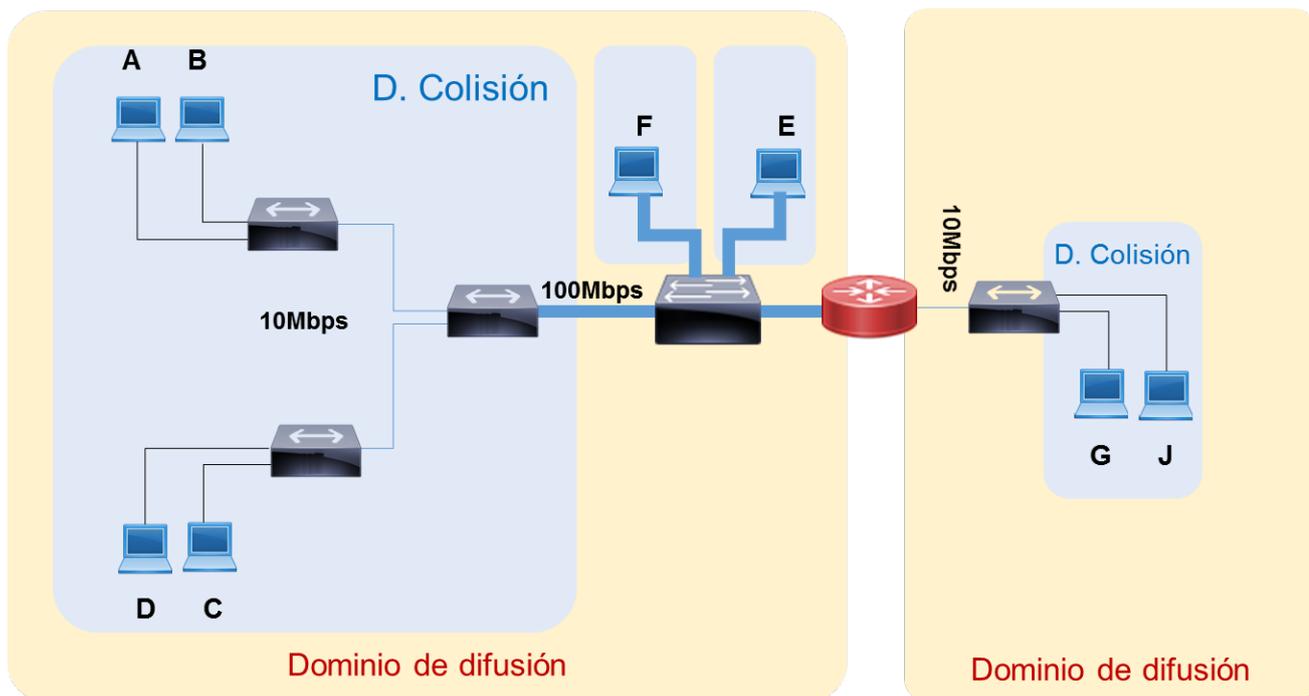
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. Deducir cuántos dominios de difusión (alcance de las tramas con dirección de difusión/broadcast) y cuántos dominios de colisión hay en la red corporativa

SOLUCIÓN

Hay dos dominios de difusión separados por el router.

Los dominios de colisión los define el router en primer lugar y el conmutador en segundo lugar. Por tanto hay 4 dominios de colisión



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. Suponiendo que en un momento dado la tabla de aprendizaje (que asocia puerto con direcciones MAC) del Conmutador/Switch tuviese el siguiente contenido:

| Puerto | Estaciones |
|--------|------------|
| 0 | A,B |
| 1 | E |
| 2 | |
| 3 | |

Indicar razonadamente los equipos por los que se propagaría la información para cada uno de los siguientes supuestos y escribir la tabla de aprendizaje resultante después de los siguientes envíos:

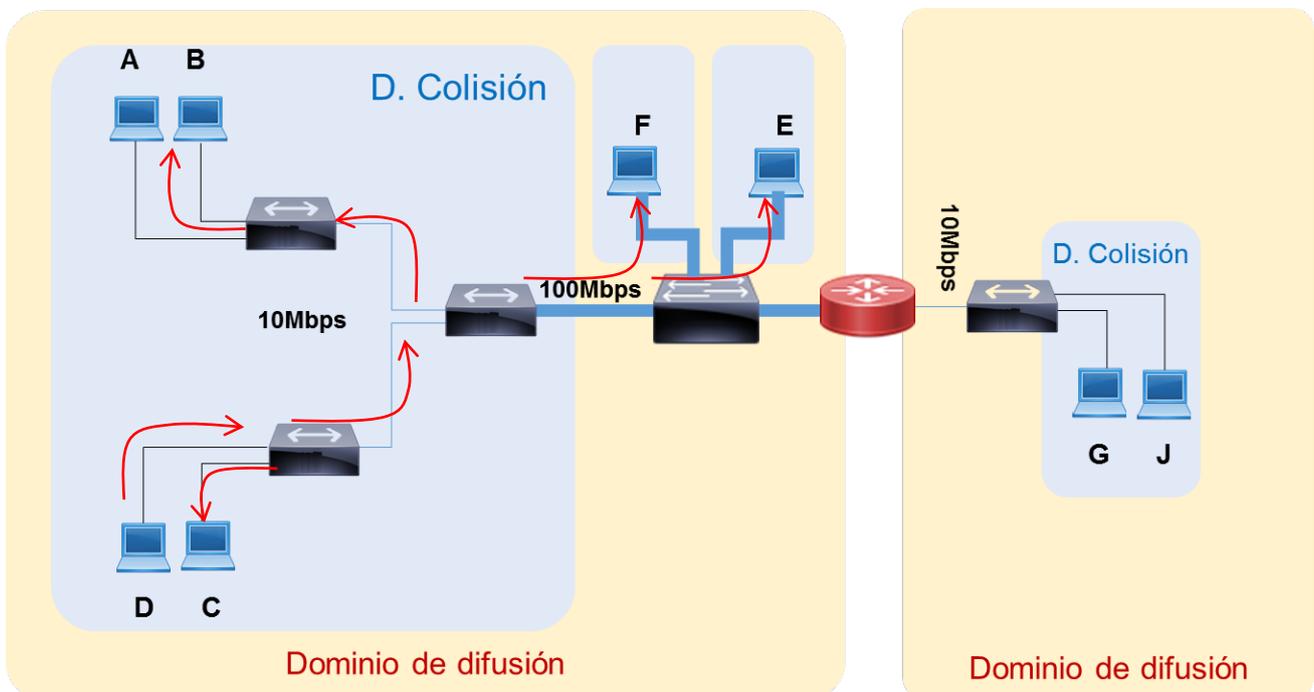
D envía una trama a C

E envía una trama a A

F envía una trama a G

SOLUCIÓN

D envía una trama a C



Al no conocer el conmutador la situación de C, la trama se difunde por todas sus salidas alcanzando a los equipos A-B-C-D-E-F. El conmutador aprende que a D se llega por el puerto 0.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

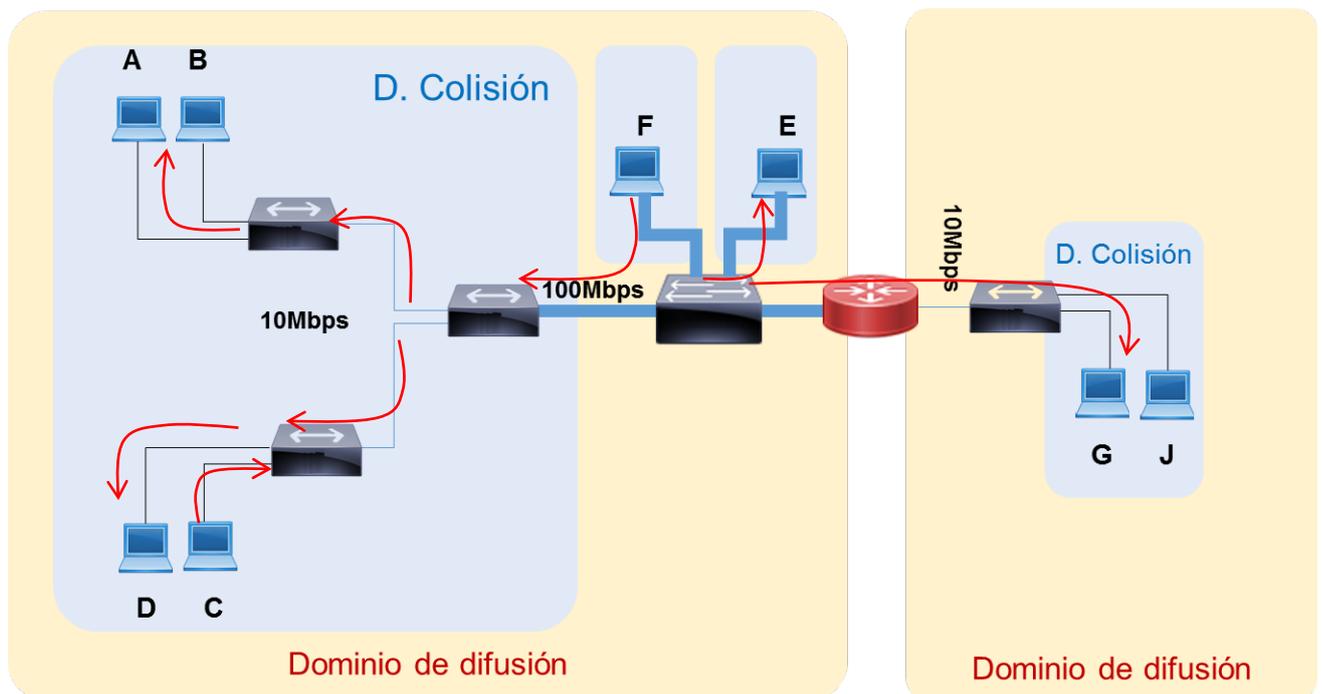
E envía una trama a A

El conmutador reenvía la trama solo por el puerto 0 y alcanza los equipos A-B-C-D.

F envía una trama a G

El conmutador difunde las tramas por todas sus salidas y el Router la desencapsula y encamina el datagrama a su otra boca, ya que llevará la dirección IP de G, donde lo vuelve a encapsular en otra trama Ethernet que envía a G. El conmutador aprende que a F se llega por el puerto 2.

| Puerto | Estaciones |
|--------|--------------|
| 0 | A,B D |
| 1 | E |
| 2 | F |
| 3 | |



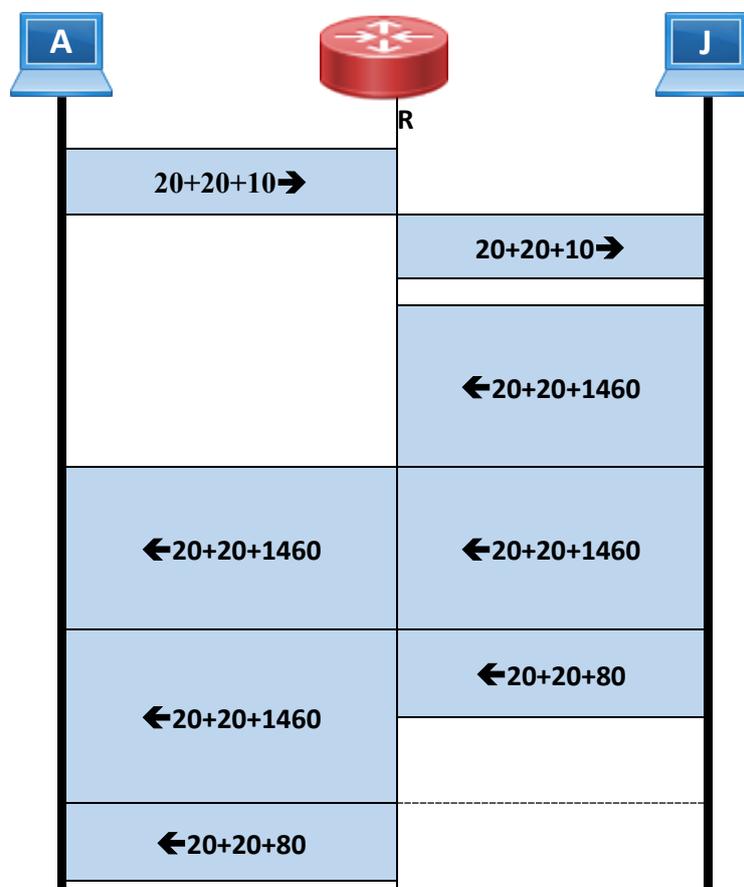
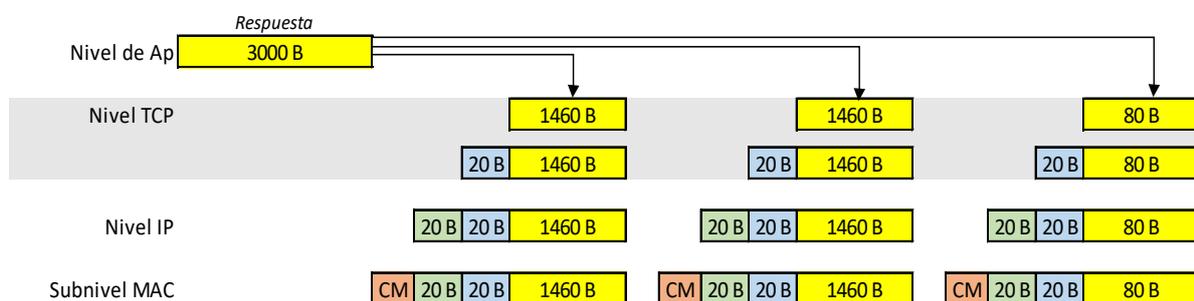
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 3. Dibujar los cronogramas a nivel IP y MAC indicando el tamaño total de las distintas unidades de datos correspondientes al siguiente intercambio de información, sobre transporte TCP (*teniendo en cuenta que las cabeceras de IP y TCP son de 20 octetos*), cuando **A** envía un mensaje a **J** de 10 octetos en la capa de aplicación, y **J** envía a **A** una respuesta de 3000 octetos en la misma capa.

SOLUCIÓN: CRONOGRAMA IP

En la respuesta, se produce una segmentación del mensaje debido a que la trama MAC admite una PDU máxima de 1500B (esto es, el paquete IP tiene una longitud de 1500B)³

$$\text{Datos residuales del último paquete} = 3000 - 1460 \times 2 = 80\text{B}$$



³ Normalmente TCP intenta agrupar los datos para que los segmentos tengan la longitud máxima, reduciendo así el overhead debido a cabeceras y proceso de segmentos. El TCP emisor puede aplicar la técnica de descubrimiento de la MTU para ajustar el MSS al tamaño óptimo para esa comunicación

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

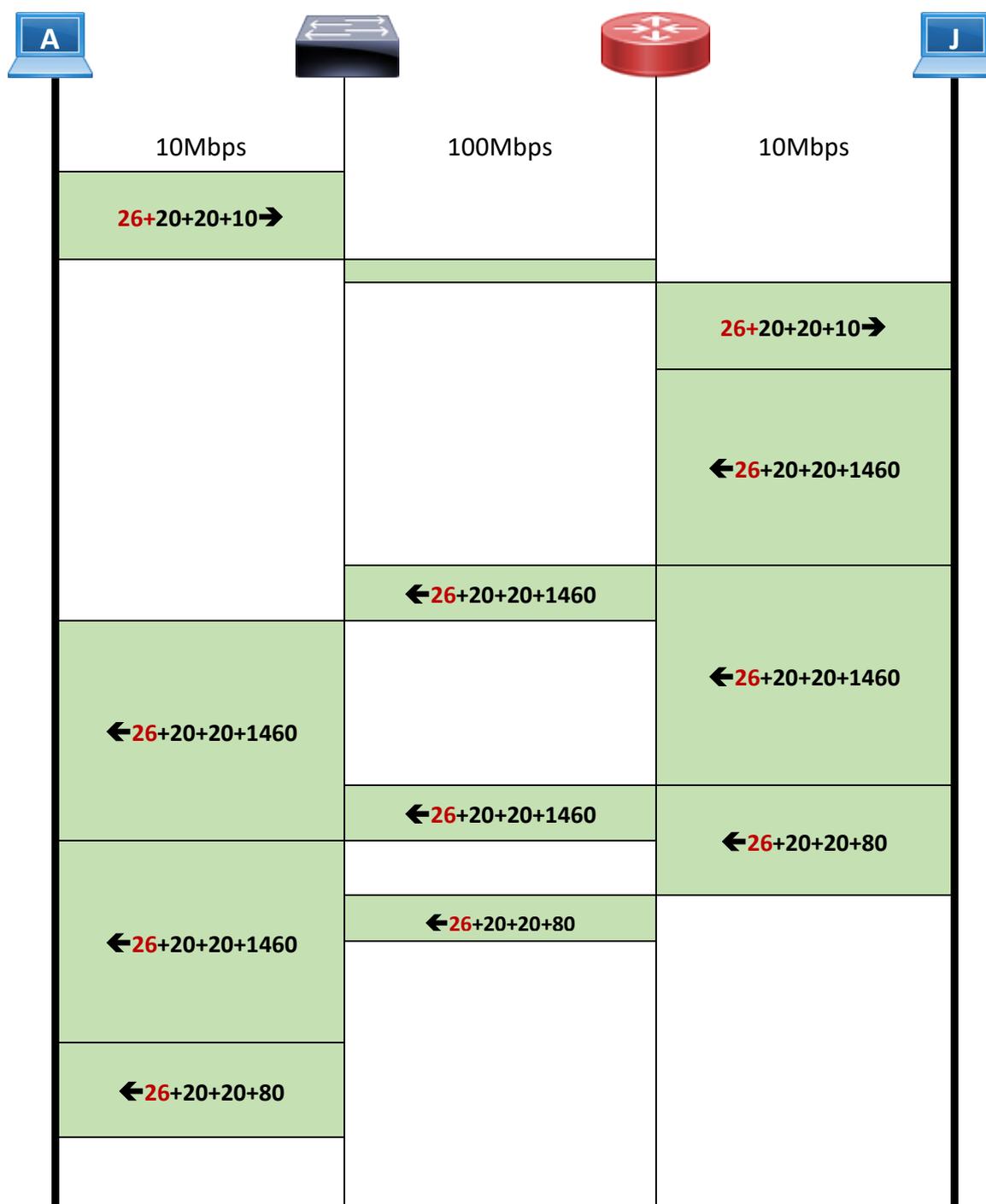
CRONOGRAMA MAC

La carga útil (*payload*) de la trama son 1500 octetos. A eso hay que añadir:



$$8(\text{preámbulo}) + 12(\text{origen y destino}) + 2(\text{tipo}) + 4(\text{CRC}) = 26 \text{ oct}$$

Tiempo de propagación despreciable.

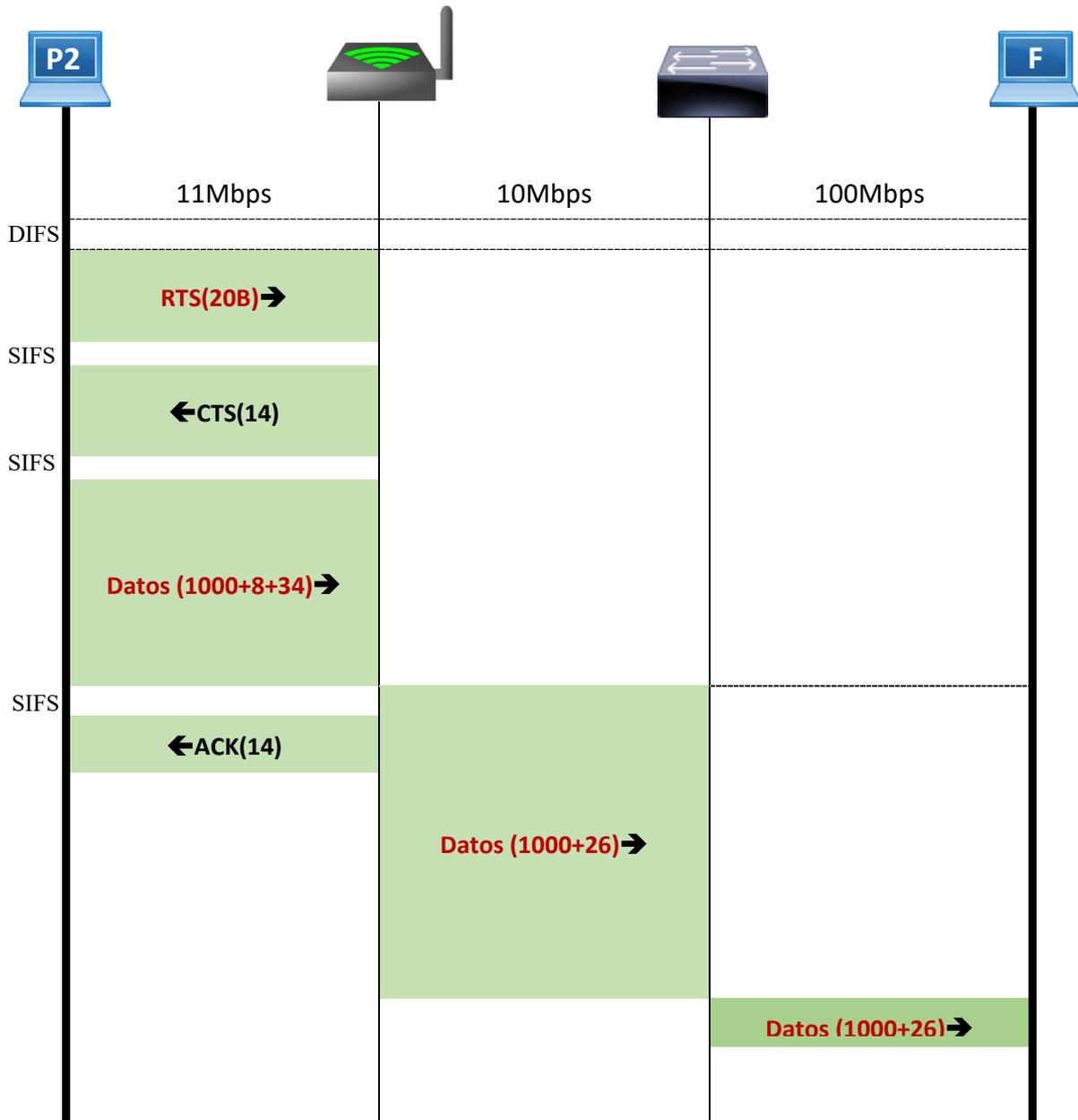


Problemas de RC.2016-17. Tema 2

SOLUCIÓN.

El acceso mediante coordinación Distribuida con RTS/CTS, no es aleatorio (libre de contienda) sino determinado. Las cabeceras de PLPC no hay que considerarlas, ya que pertenecen a la capa física y nos piden el nivel de enlace.

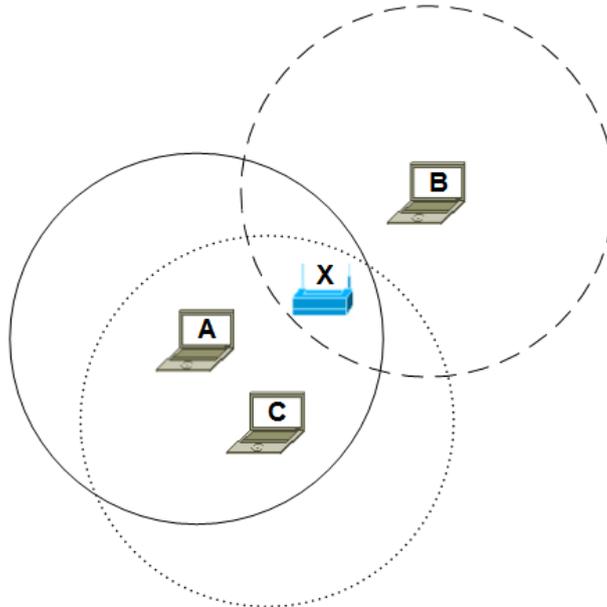
La cabecera de MAC Ethernet es de 26 oct, tal como se ha mostrado en el punto anterior.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 10. WLAN. Estación oculta

El diagrama de la figura muestra una red WIFI con un punto de acceso, X y tres *host*, A, B y C con acceso WIFI. Los círculos grandes indican las áreas de cobertura de los tres *host*. El área de cobertura para X no se señala, pero se puede suponer que alcanza los tres *host*.



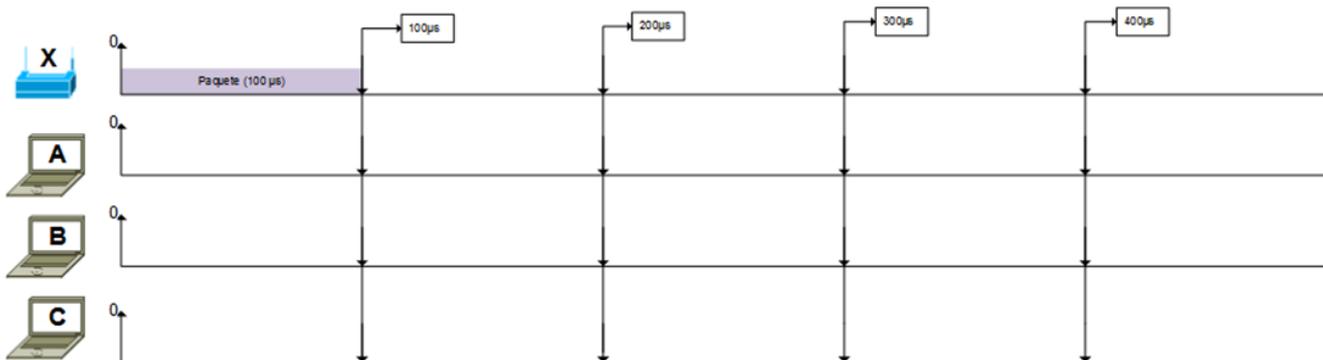
Admitamos que:

- “X” transmite un paquete en $t=0\mu\text{s}$ y termina de enviarlo en $t=100\mu\text{s}$.
- “A” obtiene un paquete para enviar a “X” en el instante $t=50\mu\text{s}$, que invertiría $100\mu\text{s}$ en enviarlo y cuya ventana de contención (*backoff time*) asignada aleatoriamente es $100\mu\text{s}$.
- “B” consigue un paquete para transmitirlo a “X” en el instante $t=70\mu\text{s}$, que tardaría en enviarlo $200\mu\text{s}$, y cuya ventana de contención (*backoff time*) asignada es de $50\mu\text{s}$.
- “C” obtiene un paquete en para enviarlo a “X” en el instante $t=90\mu\text{s}$, que toma transmitirlo $150\mu\text{s}$, y cuya ventana de contención (*backoff time*) asignada es de $150\mu\text{s}$.
- El mecanismo RTS/CTS no se utiliza, que se ignoran el tiempo requerido para el asentimiento (ACK) y los tiempos mínimos de inactividad entre tramas (*interframe spaces*: DIFS, PIFS, SIFS).

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

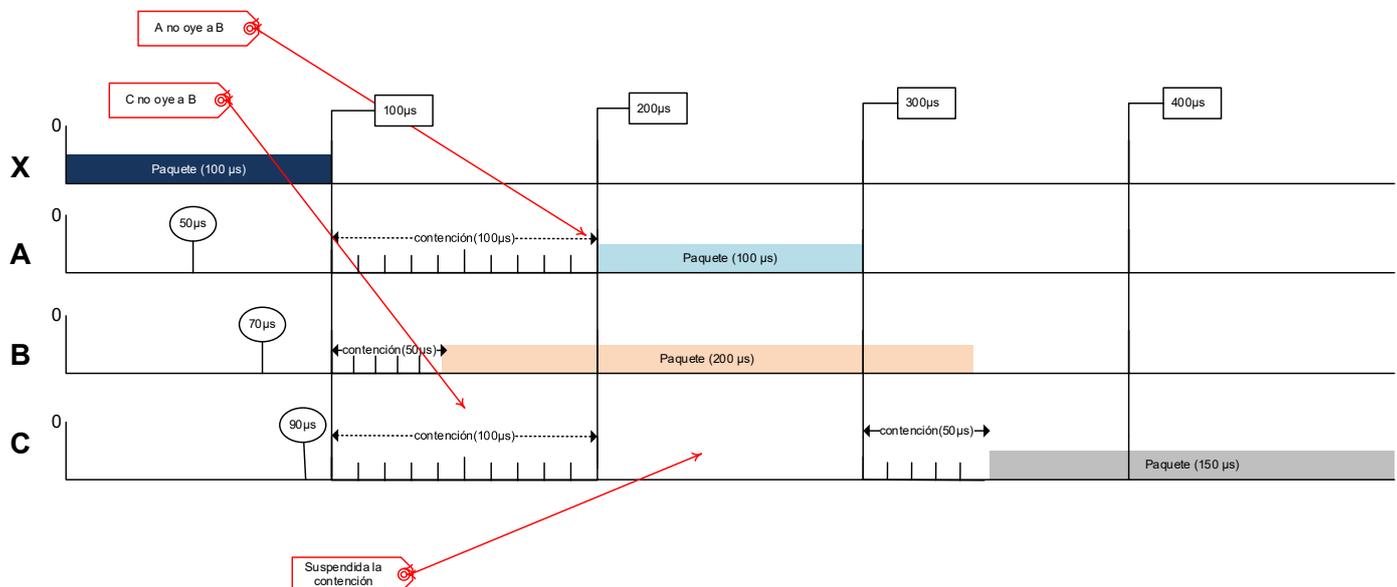
Pregunta 1. Indique justificadamente, para cada uno de los tres *host* inalámbricos (A, B y C), los instantes en los que empiezan a enviar sus paquetes y cuando terminan. Ayúdese de un cronograma como el dibujado.

Nota: Recuerde que el contador de *backoff* se decrementa si no hay actividad (portadora) en el medio durante una ranura de tiempo. Si detectase actividad, la disminución del mismo se suspende manteniendo su valor. Cuando el medio vuelva a estar desocupado, tras un DIFS, se retoma el procedimiento explicado decrementando el contador donde lo había dejado.



SOLUCIÓN

“A” empieza a transmitir en el instante $t=200\mu s$ (ya que no oye “B” y cree que el medio está libre) y termina en $t=300\mu s$. “B” comienza a enviar en $t=150\mu s$, tras sus $50\mu s$ de contención, y termina en $t=350\mu s$. Durante la transmisión no detecta colisión con “A” porque está fuera de su alcance.



En cuanto a “C”, que no oye a “B”, en $t=100\mu s$ empieza a decrementar su temporizador de backoff, antes de que “A” comience a transmitir. Pero al detectar actividad en el medio en $t=200\mu s$ (momento en el que “A” empieza a transmitir) el contador deja de disminuir. Cuando el medio vuelva a estar libre o desocupado se reanuda el decremento del temporizador. Por tanto, la transmisión se inicia en $t=350\mu s$ y acaba en $500\mu s$.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. De los tres paquetes enviados por A, B y C ¿cuáles de ellos llegan a su destino en el primer intento?

SOLUCIÓN

Solo el paquete enviado por "C" llega con éxito a su destino, ya que "X" recibe los paquetes de "A" y "B" colisionados (véase la figura anterior).

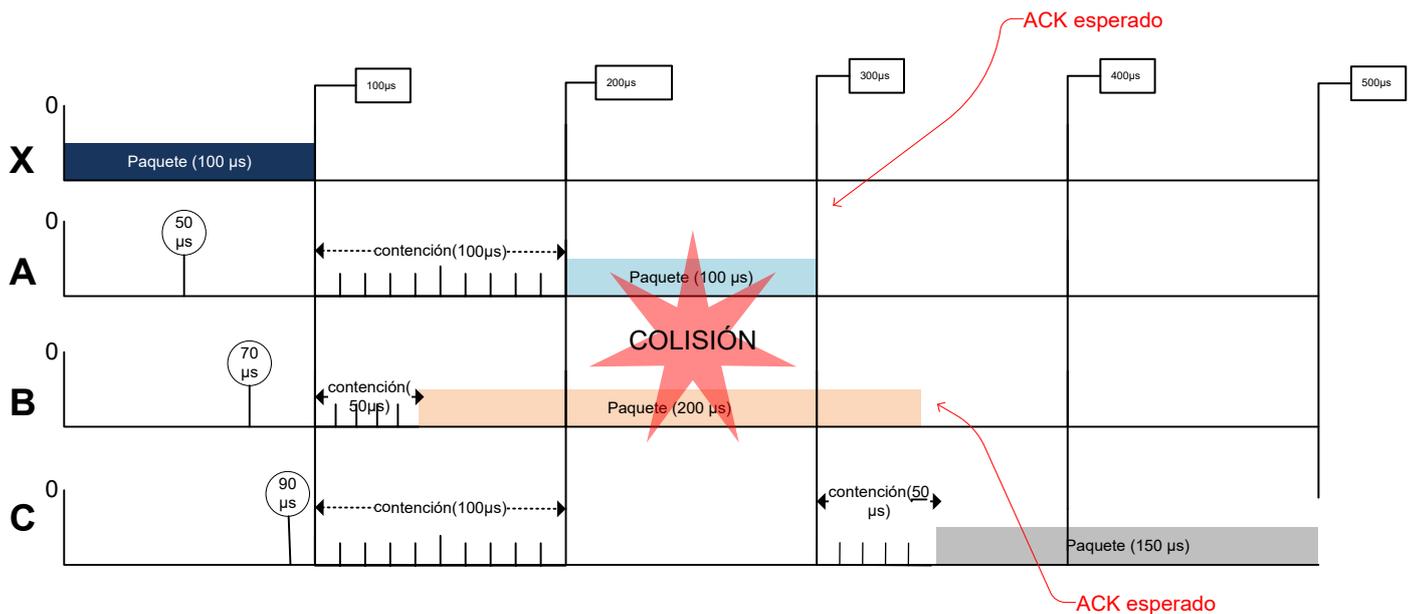
Pregunta 3. Indicar qué *hosts* (A, B, C) no consiguen enviar con éxito sus paquetes, cómo y cuándo se dan cuenta de ello.

Nota: recuerde que se ignora el tiempo requerido para el asentimiento (ACK) y los tiempos mínimos de inactividad entre tramas (*interframe spaces*: DIFS, PIFS, SIFS)

SOLUCIÓN

Los hosts "A" y "B" se darían cuenta de que el envío no ha tenido éxito porque no reciben el ACK correspondiente de X.

Si consideramos el que tiempo requerido para los ACKs es nulo, "A" se dará cuenta de que no tiene confirmación en el instante $t=300\mu\text{s}$ y "B" en $t=350\mu\text{s}$



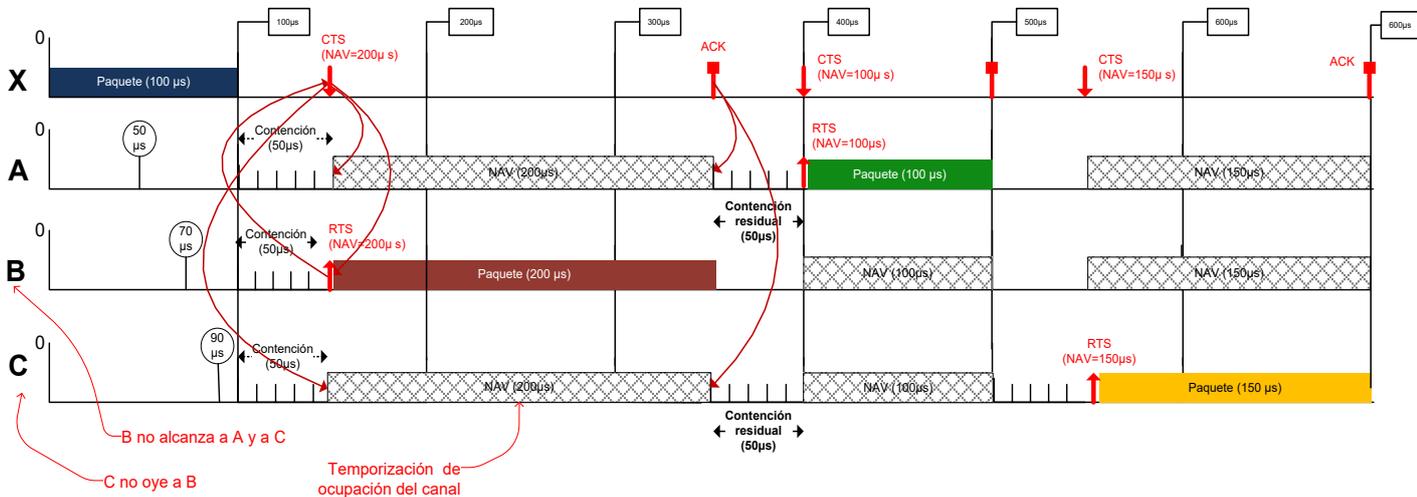
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Ahora suponga que se habilita RTS/CTS. En este caso ¿cuándo, cada host, envía su paquete?

Nota: se puede asumir que el tiempo necesario para enviar RTS, CTS y ACK es despreciable.

SOLUCIÓN

Después de enviar "X" su paquete, "B" envía su RTS en $t=150\mu s$ tras esperar la ventana de contención asignada ($50\mu s$, que es la menor). A continuación, recibe el permiso para enviar (CTS) de "X" tras un SIFS (que podemos despreciar) en el instante $t=150\mu s$. Al recibir "C" y "A" CTS, se suspende la ventana de contención y entran en una temporización de canal (NAV) de $200\mu s$. Este periodo finaliza con la recepción de ACK en $t=350\mu s$.



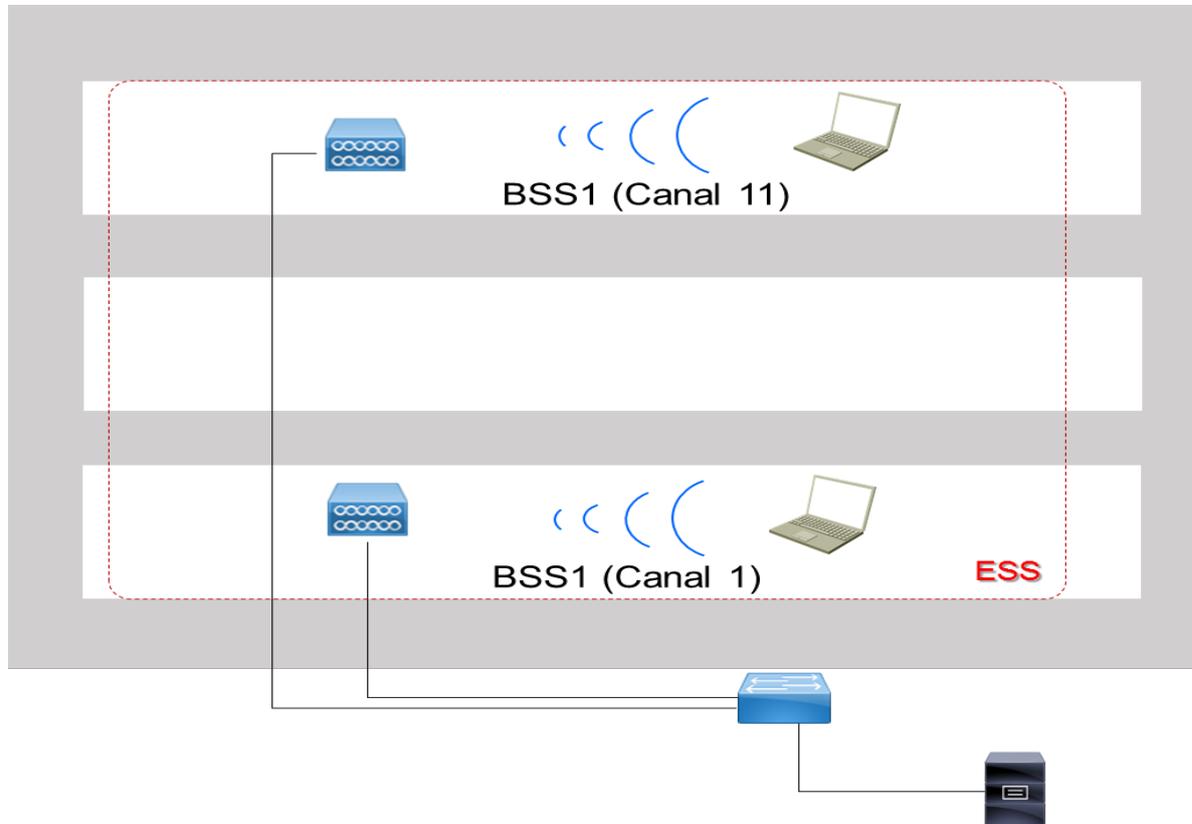
Tras el envío de "B", "A" reanuda su espera de back-off y la termina en $t=400\mu s$. En este instante lanza RTS que resulta contestado porque "B" ya no transmite y "C" no ha acabado su tiempo de contención. La transmisión termina (véase la figura) en $t=500\mu s$.

Finalmente, "C" que acaba su contención $550\mu s$, emite RTS y recibe CTS en el mismo instante, comenzando a transmitir en $550\mu s$.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 11. WLAN. Canales

Una empresa implementó una WLAN 802.11g basada en un ESS con un punto de acceso en el canal 1 en el primer piso de un edificio y con otro punto de acceso en el canal 11 en el tercer piso.



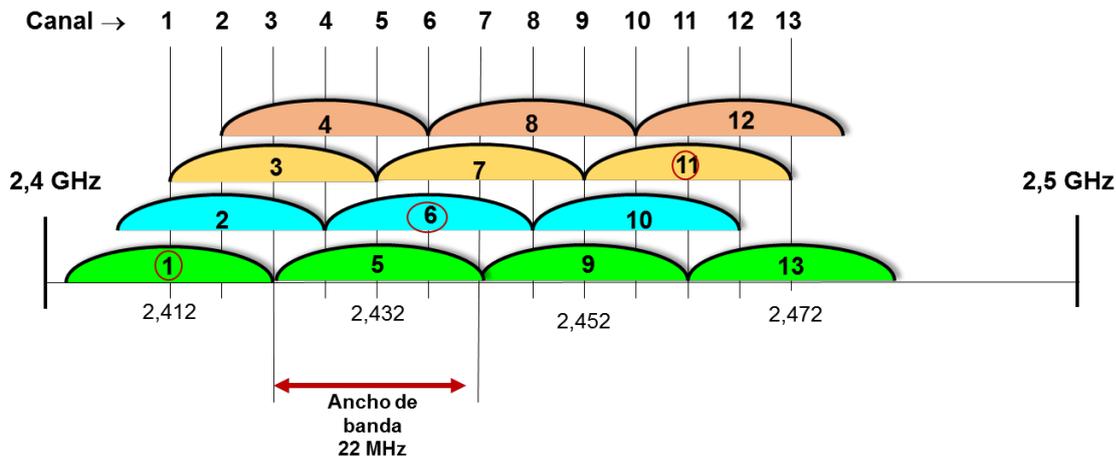
La empresa planea ampliar el espacio de trabajo debido al alquiler de la segunda planta. Por lo tanto, el ESS se amplía con un punto de acceso adicional en el segundo piso.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. ¿Qué canal se debe utilizar para el AP en el segundo piso?

SOLUCIÓN

La distancia mínima entre canales WLAN debe ser de 5 canales, es decir, el canal 6 se debe utilizar para el AP en el segundo piso.



Pregunta 2. ¿Que SSID debería configurarse en el AP del segundo piso?

SOLUCIÓN

El nuevo AP del segundo piso debería usar el mismo SSID que los otros APs.

Pregunta 3. Supongamos que hay solape de cobertura de radio en la escalera. ¿Qué si el dispositivo WLAN se mueve desde la primera a la segunda planta?

SOLUCIÓN

El dispositivo móvil inalámbrico explora los otros canales de frecuencia y también recibe las tramas de señalización del AP en el segundo piso. El dispositivo WLAN reconoce que el punto de acceso en el 2ª planta pertenece a la misma ESS, ya que utiliza el mismo SSID.

Tan pronto como la intensidad de señal recibida del AP en la primera planta descienda y sea mucho menor que la del AP en el segundo piso, el dispositivo WLAN cambia el canal de frecuencia y envía una solicitud de reasociación al nuevo AP en el segundo piso.

Pregunta 4. Todos los AP de la red WLAN tienen 2 antenas. Explique qué ventajas aporta respecto a una sola antena.

SOLUCIÓN

Cuando el punto de acceso usa las 2 antenas se reducen los efectos del desvanecimiento.



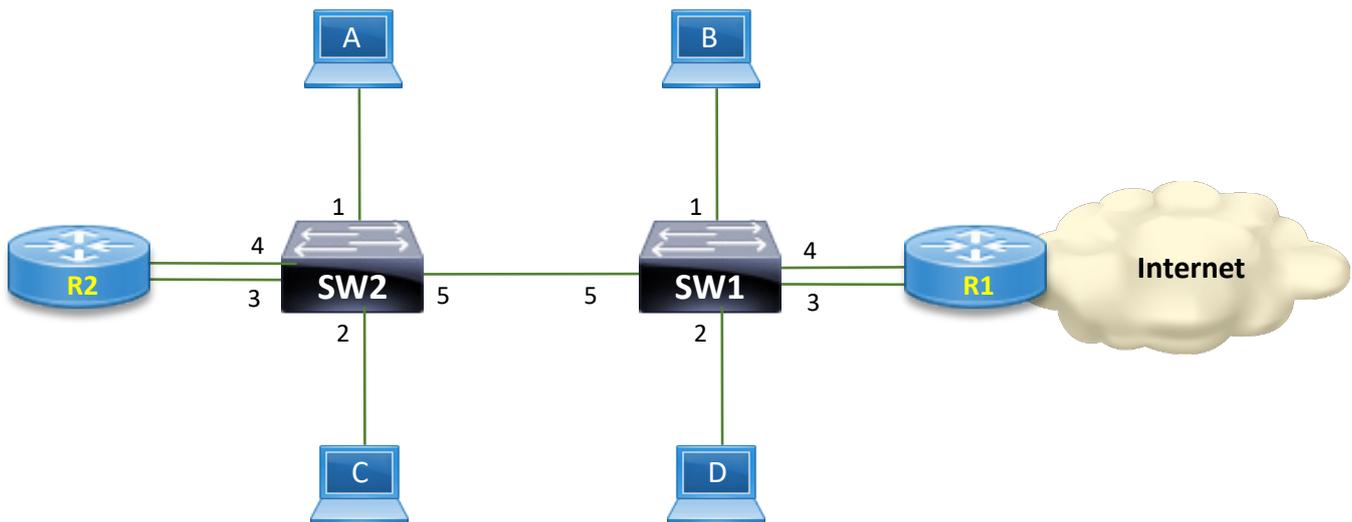
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

PROBLEMAS PARA RESOLVER

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 12. Encaminamiento entre VLANs

Se tienen interconectados mediante TCP/IP los distintos dispositivos que aparecen en la topología de red representada en la figura. En ella aparecen dos conmutadores Ethernet (SW1 y SW2) con capacidad para establecer redes virtuales (VLANs). En sus puertos se tienen interconectados 4 ordenadores (A, B, C y D) y dos encaminadores (R1 y R2).



En los conmutadores-Ethernet de la figura se tienen establecidas las siguientes VLANs:

- VLAN 1: formada por los puertos 1 de SW1 y SW2, y el puerto 3 de SW1.
- VLAN 2: formada por los puertos 2 de SW1 y SW2, y el puerto 3 de SW2.
- VLAN 3: formada por los puertos 4 de SW1 y SW2.
- Los puertos 5 se definen como puertos trunk por los que puede fluir el tráfico de las tres VLANs.

Siguiendo la normativa IEEE para las redes virtuales, SW1 y SW2 utilizan el encapsulado 802.1Q para las tramas que se envían por los puertos *trunk*.

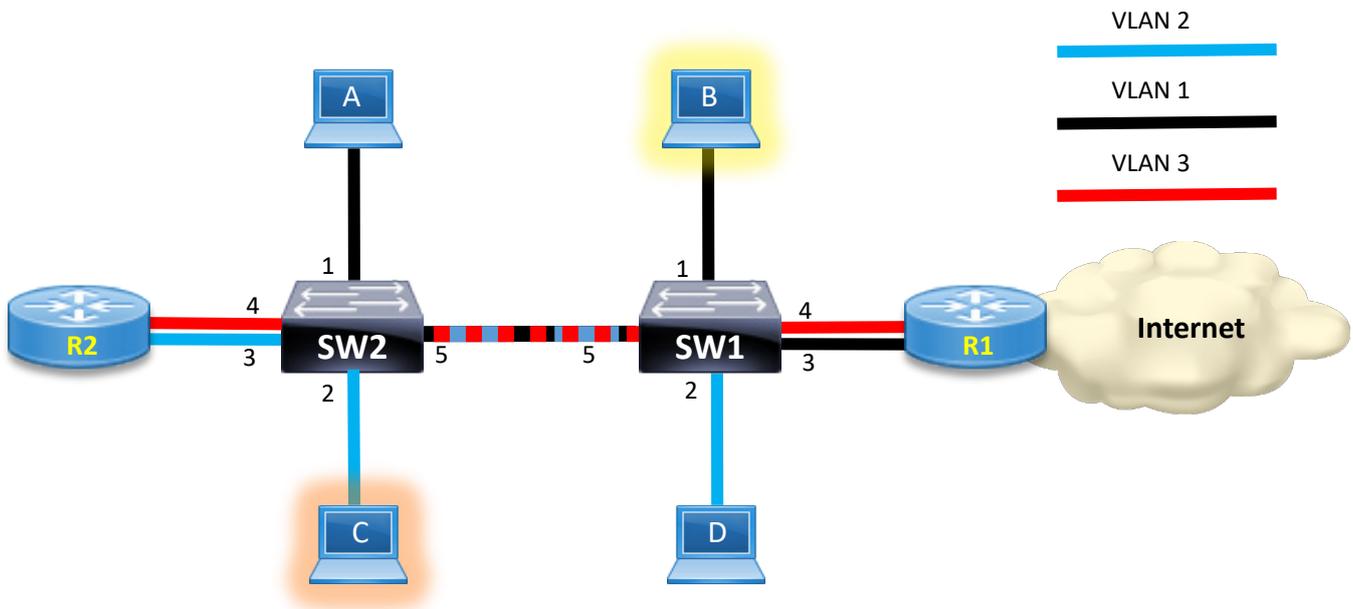
Nota: para todos los apartados donde sea necesario, suponga:

- La cabecera IP es de 20 octetos.
- La cabecera de UDP es de 8 octetos.
- Las tablas de los conmutadores están llenas.
- La cabecera y cola de las tramas Ethernet es de 26 octetos.
- La MTU de Ethernet es de 1500 octetos.
- La velocidad de todos los enlaces es de 100 Mbps.
- Los tiempos de propagación, proceso y conmutación son despreciables.
- Las tramas 802.1Q tienen el siguiente formato:



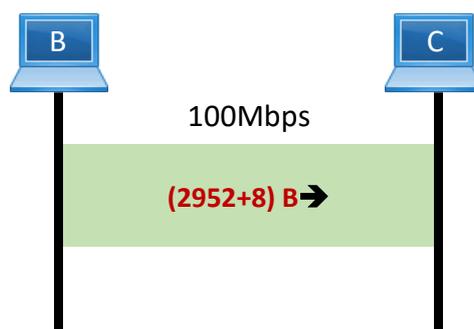
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 1. El ordenador **B** envía una unidad de datos de nivel de aplicación de 2952 octetos al ordenador **C**, utilizando para ello el protocolo UDP de nivel de transporte. Dibujar el cronograma a nivel transporte, indicando en él la longitud total de los datagramas de usuario.



SOLUCIÓN

El datagrama lo emite la entidad de transporte de B y va directamente a la entidad de transporte de C.

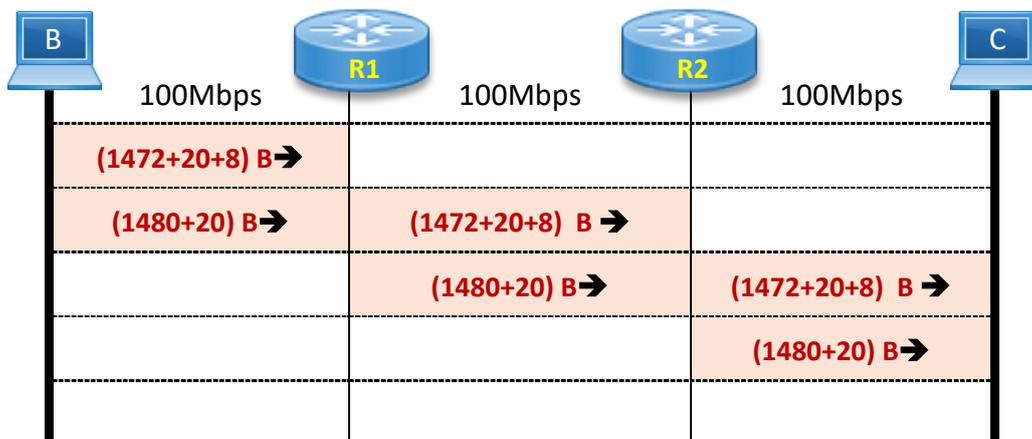
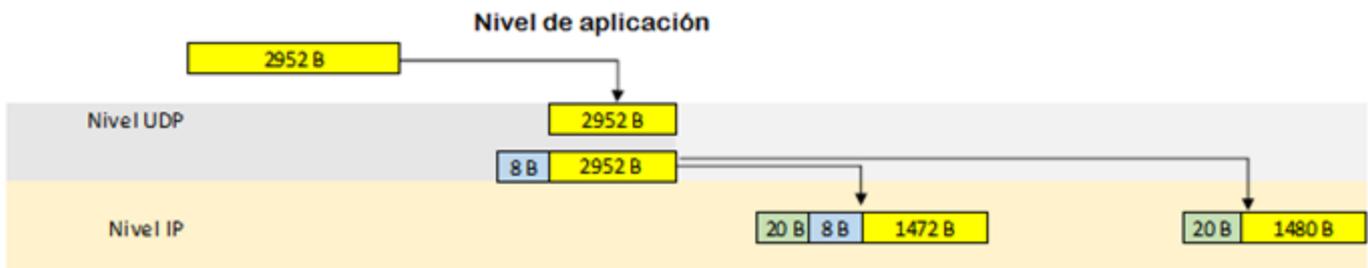


Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. Dibujar el cronograma a nivel red, indicando en él la longitud total de los datagramas.

SOLUCIÓN

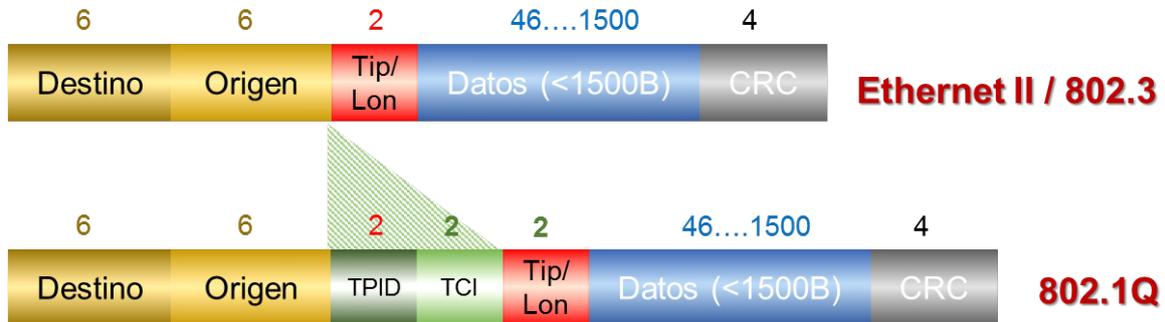
La longitud máxima de los paquetes es **1500 octetos**. Por ello será necesario hacer dos paquetes: uno de **1500(20+8+1472)** donde se transportan 1492 oct y un segundo paquete que transporte **2952-1472= 1480 oct** de la aplicación. Luego el segundo paquete será de **20+1480=1500** (donde no hay que incluir la cabecera UDP que ya va en el primer paquete).



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 3. Dibujar el cronograma a nivel MAC, indicando en él la longitud total de las tramas.

SOLUCIÓN

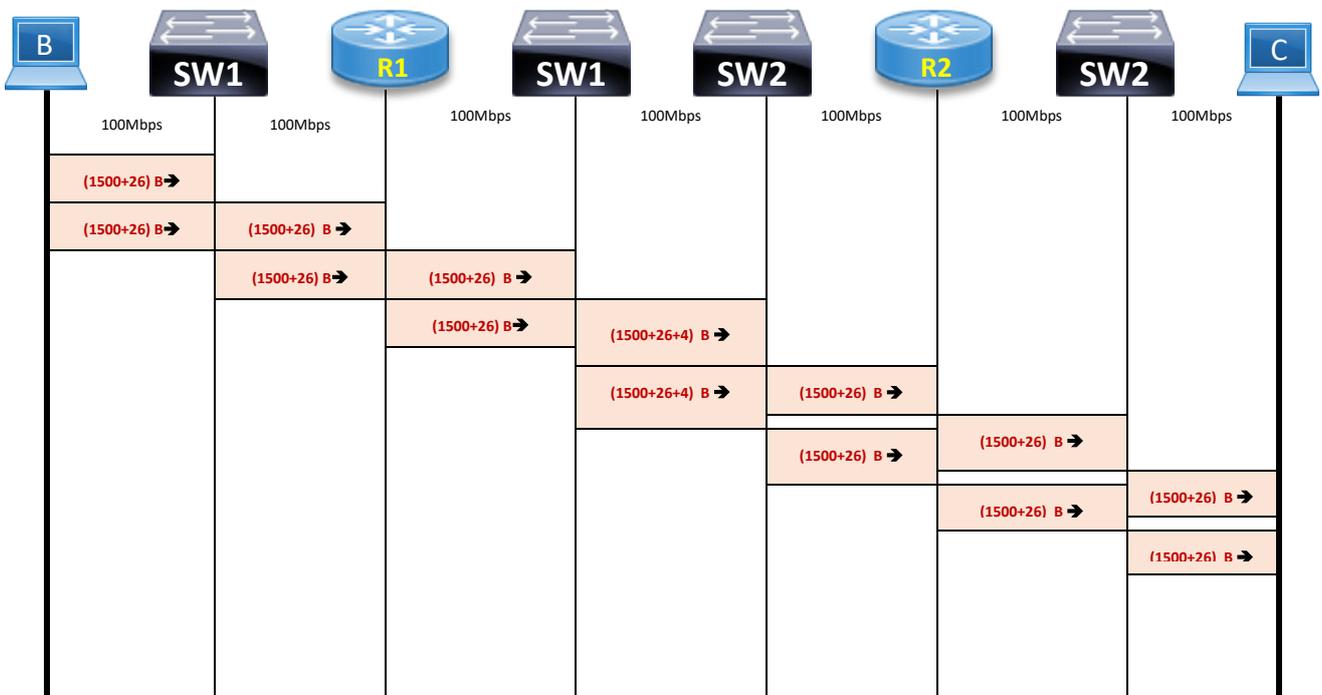


La norma IEEE 802.1Q especifica que añade 4 bytes al encabezado Ethernet original. Por ello la cabecera será

$$26_{\text{Ethernet}} + 4_{\text{802.1q}} = 30 \text{ oct}$$

Cuando las tramas pasan por el trunk sufren un retraso debido al tiempo de propagación extra de los 4 oct añadidos del 802.1q.

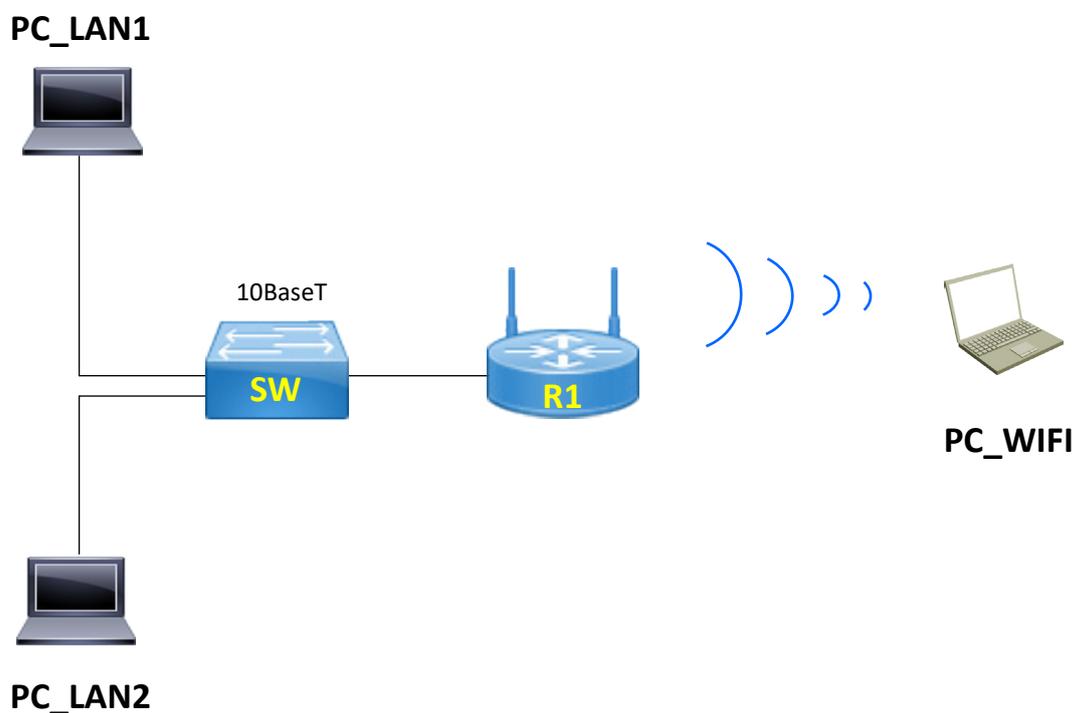
Si suponemos que las dos tramas llevan paquetes de 1500 oct, el cronograma queda como sigue:



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 13. WLAN. Aplicación P2P

Los ordenadores de la figura, PC_WIFI, PC LAN 1 y PC LAN 2 están ejecutando una aplicación P2P (Peer-to-Peer) que envía datos desde PC LAN 1 a PC_WIFI, y desde éste último a PC LAN 2. La arquitectura de protocolos utilizada es TCP/IP, y el protocolo de la aplicación P2P utiliza UDP como protocolo de transporte. R1 es un router para conexión a Internet que integra cuatro puertos 10/100BaseT y un punto de acceso inalámbrico 802.11bg. SW es un conmutador (switch) de cuatro puertos 10BaseT. **En este escenario el Router R1 solamente realiza funciones de punto de acceso y conmutador Ethernet.**



Suponga que las tablas ARP de todos los equipos están llenas, y que la MTU⁴ es de 1500 octetos tanto para los equipos de la LAN, como para los de la red inalámbrica.

La aplicación P2P del PC_LAN_1 envía al PC_WIFI un mensaje de aplicación de tamaño **1000 octetos**. La aplicación P2P de PC_WIFI recoge el mensaje y lo reenvía a la aplicación P2P del PC_LAN_2.

Suponga que la aplicación de PC_LAN_1 recibe y envía desde el puerto UDP número 11000, que la aplicación P2P del PC_LAN_2 recibe y envía desde el

⁴ El MTU (*Maximum Transmission Unit* o Unidad máxima de transferencia en español) es un parámetro que indica el tamaño máximo que debe tener un datagrama para que sea transmitido por una interfaz IP sin que necesite ser fragmentado en unidades más pequeñas. La mayoría de las redes de área local Ethernet usan una MTU de 1500 byte.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

puerto UDP número 22000, y que la aplicación P2P de PC_WIFI utiliza como puerto UDP el número 33000.

Datos y consideraciones para todos los apartados:

El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en host, router y conmutador. La capa de transporte UDP introduce **8 octetos** de cabecera, la capa TCP **20 octetos** y la capa IP **20 octetos**.

La capa MAC+ física de Ethernet introduce **26 octetos**. El tamaño mínimo de una trama MAC Ethernet es de **72 octetos**.

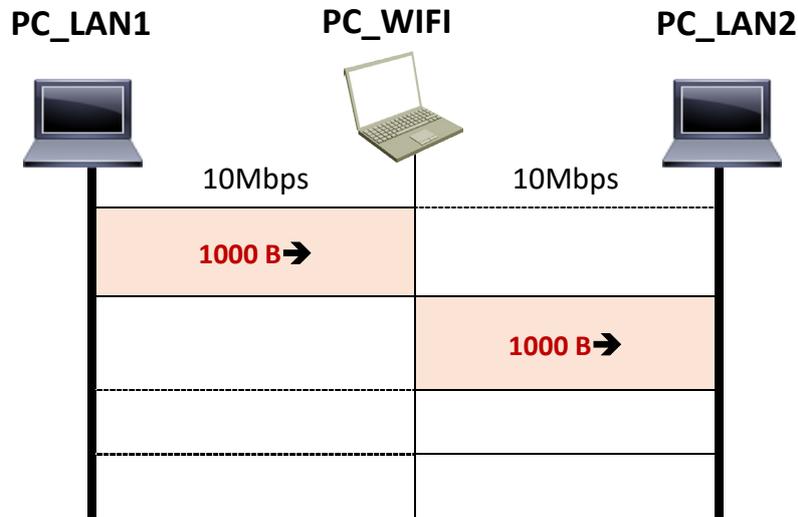
Además, considere que en la red inalámbrica:

- La red es una **802.11b**. Suponga, por facilidad de cálculo, que todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps (aunque debe saber que el preámbulo PLCP y la cabecera PLCP se transmiten siempre en 192 milisegundos; es decir: siempre a 1Mbps).
- Se utiliza RTS/CTS.
- Los portátiles están siempre asociados a sus respectivos puntos de acceso.
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b.
- Las cabeceras añadidas por las distintas capas/subcapas son:
- LLC+SNAP= **8 octetos**, MAC= **34 octetos** y PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) =**24 octetos**.
- El tamaño a nivel MAC de las distintas tramas de control es:
- RTS = **20 octetos**, CTS= **14 octetos** y ACK= **14 octetos**
- **Considerar que los tiempos de proceso y propagación son despreciables** y que: $t_{SIFS}=10 \mu s$ (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas) y $t_{DIFS}=50 \mu s$ (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

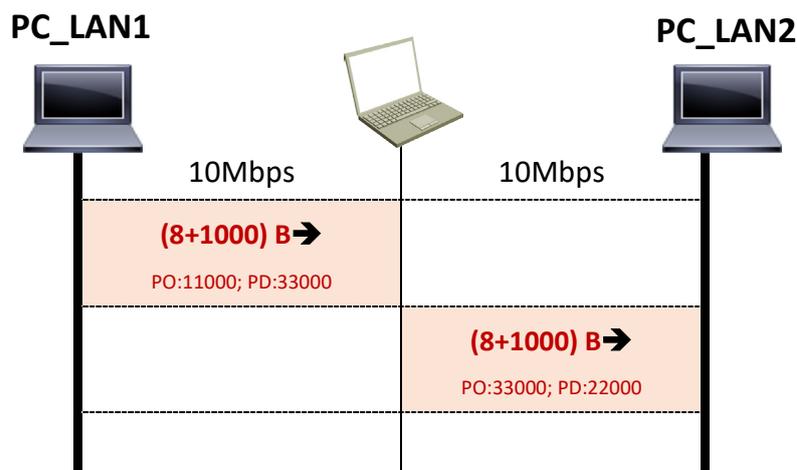
Pregunta 1. Dibuje el cronograma de nivel de aplicación

SOLUCIÓN



Pregunta 2. Dibuje el cronograma de nivel de transporte. Detalle en cada unidad reflejada en el cronograma: el puerto origen, el puerto destino y el contenido y longitud de la zona de datos.

SOLUCIÓN



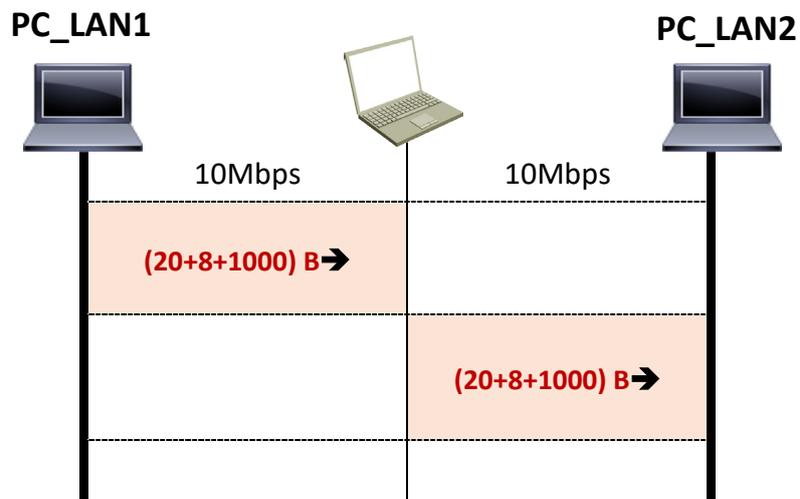
PO es Puerto origen;
PD es Puerto destino.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 3. Dibuje el cronograma de nivel de red.

SOLUCIÓN

Puesto que en este escenario el Router R1 solamente realiza funciones de punto de acceso y conmutador Ethernet, el intercambio de datagramas se produce dentro de la misma subred.

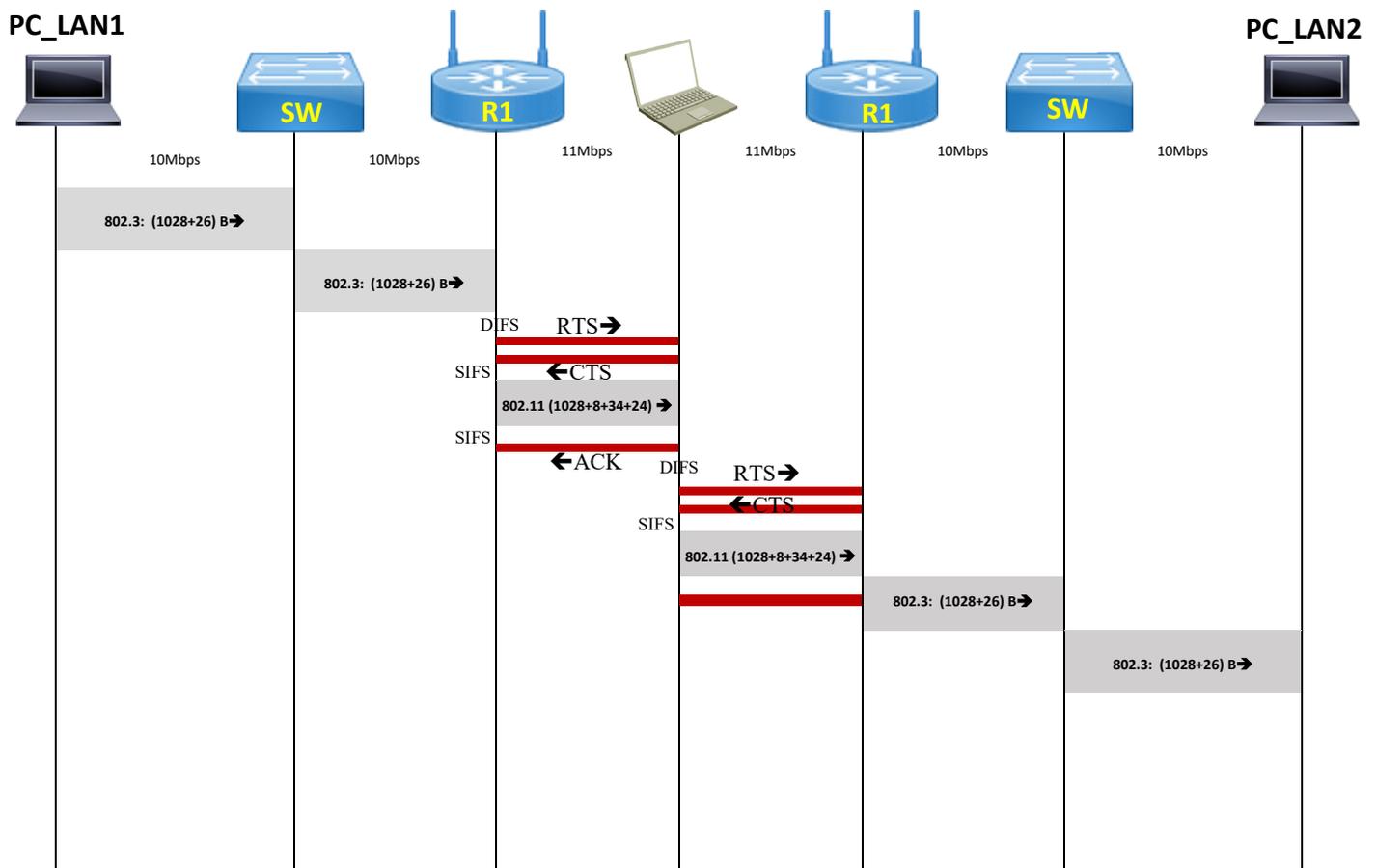


Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. 1-Dibuje el cronograma de nivel físico. Detalle el contenido y la longitud de la zona de datos (**carga útil**) de cada unidad reflejada en el cronograma.

SOLUCIÓN

Con una trama tan larga lo lógico es que el AP opte por una transacción RTS/CTS



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 5. Calcule el tiempo total que se tarda desde que se envía el mensaje desde PC LAN 1 hasta que se recibe en PC LAN 2.

SOLUCIÓN

Tiempos de transmisión en LAN

$te_1=te_2=te_5=te_6 =$

$$\frac{(1000 + 8 + 20 + 26) \times 8}{10^7}$$
$$843.2\mu s$$

Tiempos de transmisión en WLAN

$tw_3=tw_4=$

$$\frac{(1000 + 8 + 20 + 8 + 34 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$$
$$795.63\mu s$$

$trts=$

$$\frac{(20 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$$
$$32\mu s$$

$tcts=tack=$

$$\frac{(14 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$$
$$27.6\mu s$$

TIEMPO TOTAL

$T_{total} = T_{LAN1} + T_{WLAN1} + T_{WLAN2} + T_{LAN2} =$

te_1+te_2+

$tdifs+trts+tsifs+tcts+tsifs+tw_3+tsifs+tack+$

$tdifs+trts+tsifs+tcts+tsifs+tw_4+tsifs+tack+$

$te_5+te_6=$

$$4 \times 843.2 + 2 \times (50 + 32 + 10 + 27.6 + 10 + 795.63) + 10 + 27.6 =$$
$$5260.86\mu s$$

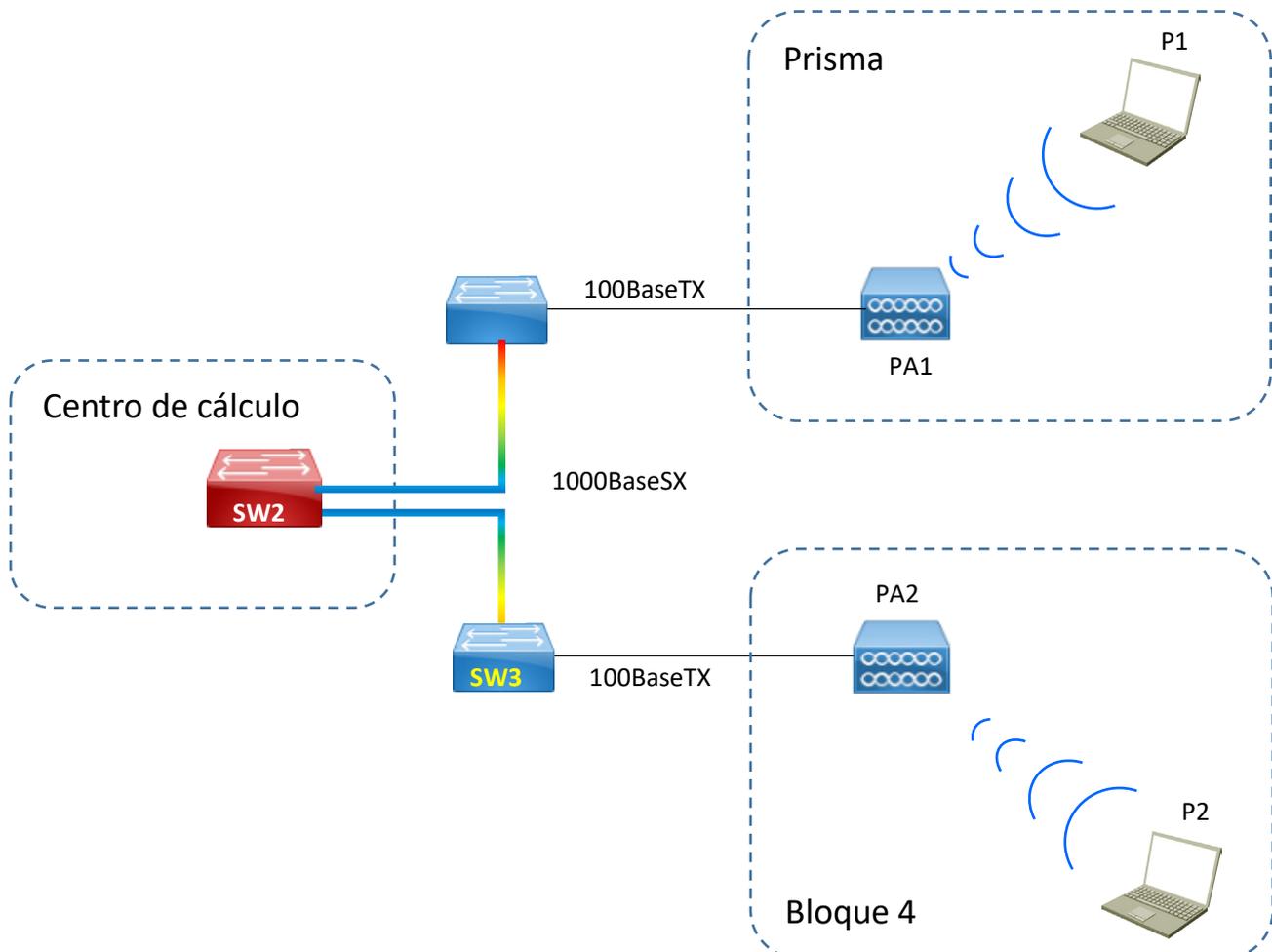
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 14. Red inalámbrica de la ETSISI

Dos estudiantes de redes de la ETSISI acceden a la red inalámbrica de ésta mediante sus ordenadores portátiles. Uno de ellos se encuentra en la cafetería de la escuela y el otro en el césped de delante de la entrada a la escuela, cerca de la puerta del Bloque IV.

Ambos van a establecer una conexión entre sus portátiles y en principio van a jugar en red y hablar entre ellos con una aplicación de voz sobre IP. Todas las aplicaciones de comunicaciones irán soportadas sobre la arquitectura de comunicaciones TCP/IP. Así mismo considere que los portátiles están en la misma red IP.

Con el fin de poder analizar las comunicaciones y los protocolos empleados en la comunicación que establecerán ambos, nos centraremos en el siguiente dibujo que explica la topología de red (de forma simplificada) que utilizarán para realizar el proceso. El portátil de uno de los estudiantes está asociado a un punto de acceso (PA1) del “Edificio Prisma” y el del otro está asociado a un punto de acceso (PA2) del Bloque IV. Ambas asociaciones utilizarán el protocolo 802.11b.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Como se observa en el dibujo, entre los puntos de acceso y el switch respectivo hay una Ethernet a 100 Mbps (100BASE-TX), con cable UTP categoría 5. La comunicación entre el switch del bloque IV (SW3) y el switch de Edificio Prisma (SW1) se realiza por sendas fibras ópticas (1000BASE-SX) que enlazan con un switch (SW2) del centro de cálculo (Bloque I). La velocidad de transmisión de esas fibras con los conmutadores es de (1000 Mbps) Gigabit Ethernet.

Datos de la LAN cableada:

- La velocidad en la Ethernet con 100BASE-TX se establece a 100 Mbps. La velocidad en la Ethernet con 1000BASE-SX se establece a 1000 Mbps.
- El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en host, routers y conmutadores. Suponga que no existen opciones en las cabeceras TCP ni IP.
- La capa de transporte UDP introduce 8 octetos de cabecera, la capa TCP 20 octetos y la capa IP 20 octetos.
- La capa MAC+ física de Ethernet introduce 26 octetos.

Datos de la LAN inalámbrica:

- La red es una 802.11b. Suponga, por facilidad de cálculo, que todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps (aunque debe saber que el preámbulo PLCP y la cabecera PLCP se transmiten siempre en 192 μ segundos; es decir: siempre a 1 Mbps).
- Se utiliza RTS/CTS.
- Los portátiles están siempre asociados a sus respectivos puntos de acceso.
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b.
- Las cabeceras añadidas por las distintas capas/subcapas son:
- LLC+SNAP= 8 octetos, MAC= 34 octetos y PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) = 24 octetos.
- El tamaño a nivel MAC de las distintas tramas de control es: RTS = 20 octetos, CTS= 14 octetos y ACK= 14 octetos
- Considerar que los tiempos de proceso y propagación son despreciables y que: $t_{SIFS}=10 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas) y $t_{DIFS}=50 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

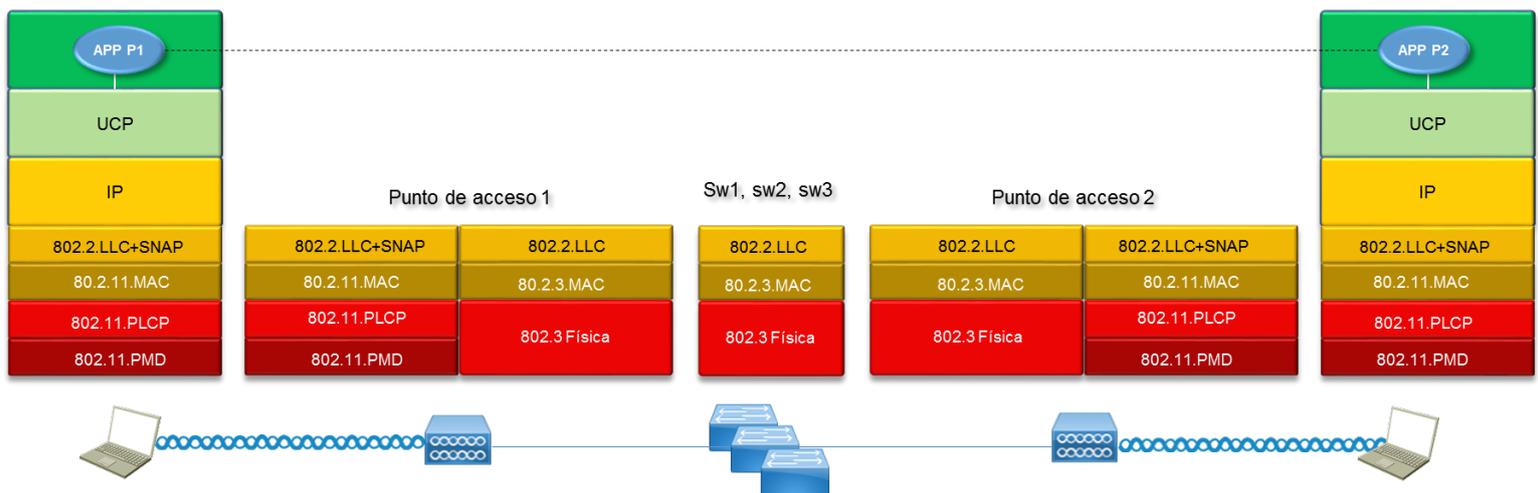
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

PARTE A

Para realizar un estudio de la transmisión en la red supongamos que el portátil P1 envía 24 octetos de aplicación (cabecera de aplicación incluida) al portátil P2. Éste le devuelve una respuesta de 224 octetos a nivel de aplicación (cabecera de aplicación incluida). Considere que el protocolo de aplicación se apoya en UDP como protocolo de transporte. Considere que las tablas de aprendizaje de los conmutadores y Puntos de Acceso están completas y las tablas ARP de los portátiles están llenas. Y teniendo en cuenta las demás consideraciones que se indican al final del enunciado:

Pregunta 1. Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación anterior.

SOLUCIÓN



El Subnetwork Access Protocol (SNAP) es un protocolo recogido por la norma IEEE 802 que permite direccionar diferentes protocolos utilizando un SAP o Punto de Acceso al Servicio (Interfaz física a través de los cuales los niveles de orden más bajo en el modelo OSI proveen servicios a los de mayor orden) público.

SNAP realiza la multiplexión (por fabricante y protocolo) utilizando un identificador de protocolos (tipo) que indica el protocolo transportado.

Aunque apenas se ha implementado en Ethernet, si se usa en FDDI, en token ring, y IEEE 802.11.

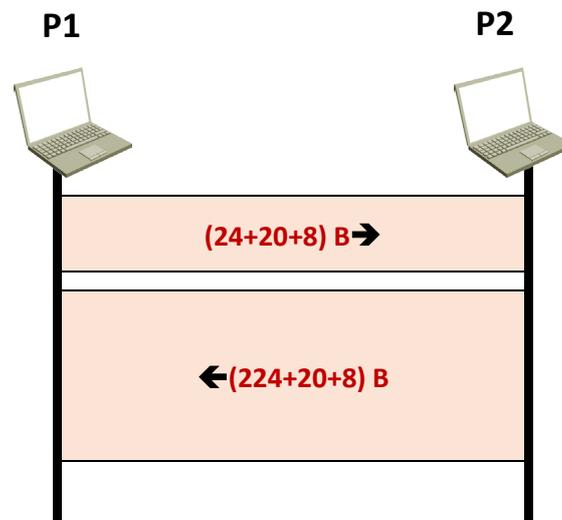
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 2. Dibuje el cronograma a nivel IP de la transferencia enunciada anteriormente.

SOLUCIÓN

El portátil P1 envía 24 octetos de aplicación a los que hay que sumar los 8 de UDP y los 20 de IP. Esto hace **52 octetos** a nivel IP desde P1 a P2. No hay ningún dispositivo intermedio con capa IP, por tanto no aparece en el cronograma.

El portátil P2 envía 224 octetos de aplicación a los que hay que sumar los 8 de UDP y los 20 de IP. Son **252 octetos** en total.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 3. Indique el tamaño de las tramas a nivel físico en cada uno de los medios que unen los dispositivos, es decir: Tamaño de trama para la red inalámbrica, tamaño en las 100BASE-TX y tamaño en las 1000BASE-SX.

SOLUCIÓN

Envío de 24 octetos de petición

De P1 a PA1

Tendremos, en el portátil P1:

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|----------------------|---------|------|
| Aplicación (24) | 24 | 192 |
| Transporte (+8) | 32 | 256 |
| IP (+20) | 52 | 416 |
| LLC+SNAP (+8) | 60 | 480 |
| MAC 802.11b (+34) | 94 | 752 |
| Físico 802.11b (+24) | 118 | 944 |

Entre el P1 y el PA1 la trama tendrá **944 bits** a nivel Físico (802.11b).

De PA1 a PA2:

El punto de acceso PA1 recogerá la trama 802.11b y la retransmitirá por el cable en la Ethernet cableada (802.3). Los niveles MAC y físico, en una red 802.3, son diferentes respecto a una 802.11, además no incorpora LLC+SNAP. El punto de acceso, por su lado Ethernet recibe **52 octetos**, la capa MAC (802.3) le incorpora 18 octetos y la capa física (802.3) 8 octetos. La trama queda, a nivel físico, con **78 octetos de longitud o de 624 bits**.

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|-----------------|---------|------|
| IP (+20) | 52 | 416 |
| MAC 802.3 (+26) | 78 | 624 |

Entre el switch SW1 y el SW2 hay Gigabit Ethernet. El formato de trama es idéntico y la longitud de las tramas es la misma. Lo mismo ocurre entre SW2 y SW3. Hay que destacar que los SW1-SW2-SW3 están unidos por fibra por tanto estarán en full-dúplex (una fibra para transmitir otra para recibir); tendrán deshabilitado el protocolo CSMA-CD, ya que no se pueden producir colisiones. En estas condiciones no existe tamaño mínimo de trama Ethernet ya que éste se establece para poder detectar colisiones. Y evidentemente no tiene sentido hablar de **extensión de portadora** en la Gigabit Ethernet.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Entre SW3 y PA2 el tamaño de trama será idéntico a 624 bits

Entre PA2 y el P2 se vuelven a encapsular los 52 octetos recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b lo que produce otra vez 118 octetos o 944 bits a nivel físico.

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|----------------------|---------|------|
| IP (+20) | 52 | 416 |
| LLC+SNAP (+8) | 60 | 480 |
| MAC 802.11b (+34) | 94 | 752 |
| Físico 802.11b (+24) | 118 | 944 |

Envío de la 224 octetos de Respuesta

Entre el portátil P2 y PA2:

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|----------------------|---------|------|
| Aplicación (224) | 224 | 1792 |
| Transporte (+8) | 232 | 1856 |
| IP (+20) | 252 | 2016 |
| LLC+SNAP (+8) | 260 | 2080 |
| MAC 802.11b (+34) | 294 | 2352 |
| Físico 802.11b (+24) | 318 | 2544 |

Entre el P2 y el PA2 la trama tendrá **2544 bits a nivel Físico (802.11b)**.

El punto de acceso PA2 recogerá la trama 802.11b y la retransmitirá por el cable en la Ethernet cableada (802.3). En la 802.3 los niveles MAC y físico son distintos, además no incorpora LLC+SNAP. El punto de acceso, por su lado Ethernet recibe 252 octetos, la capa MAC (802.3) le incorpora 18 octetos y la capa física (802.3) 8 octetos. La trama queda, a nivel físico de 278 octetos de longitud o de 2224 bits. Esto es entre el PA2 y el SW3.

Entre el switch SW3 y el SW2 hay Gigabit Ethernet. En estas condiciones, como ya se ha dicho, no existe tamaño mínimo de trama Ethernet ya que éste se establece para poder detectar colisiones. Y evidentemente no tiene sentido hablar de extensión de portadora en la Gigabit Ethernet.

Entre SW1 y PA1 el tamaño de trama será idéntico a 2224 bits.

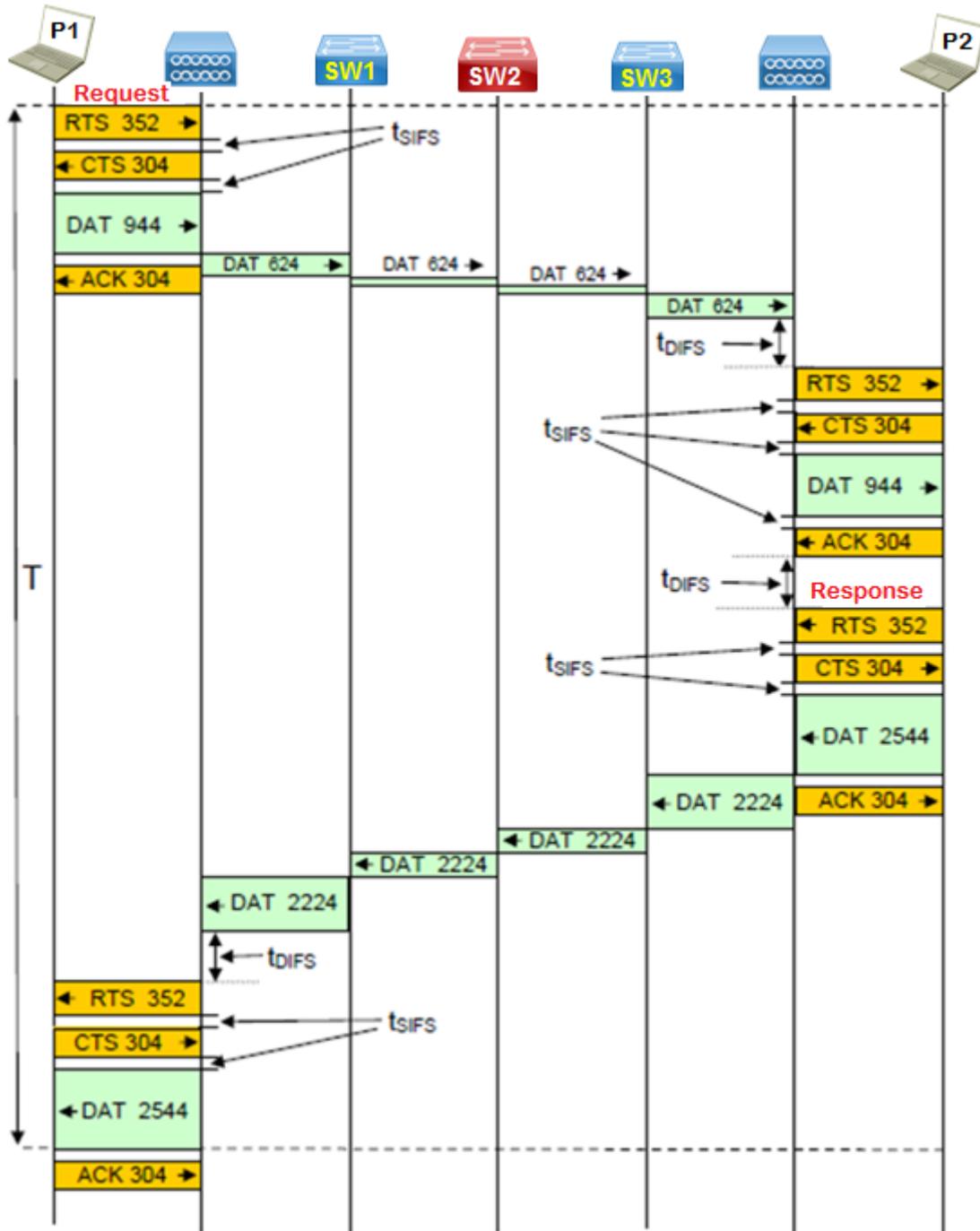
Entre PA1 y el P1 se vuelven a encapsular los 252 octetos recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b.

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|-----------------|---------|------|
| IP (+20) | 252 | 2016 |
| MAC 802.3 (+26) | 278 | 2224 |

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Dibuje el cronograma a nivel físico de la transacción (petición + respuesta) y calcule el tiempo empleado en ello.

SOLUCIÓN



Comentarios al cronograma anterior:

-No se ha dibujado el tiempo t_{DIFS} que ha de permanecer el medio libre antes de transmitir la primera trama de datos el portátil P1 y no se contabiliza en el cálculo del tiempo total de la transacción.

-Todos los números que aparecen en las tramas del cronograma son bits a nivel físico.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

-El cronograma es autoexplicativo en cuanto a tiempos. Los tiempos de transmisión de las tramas están a aproximadamente a escala.

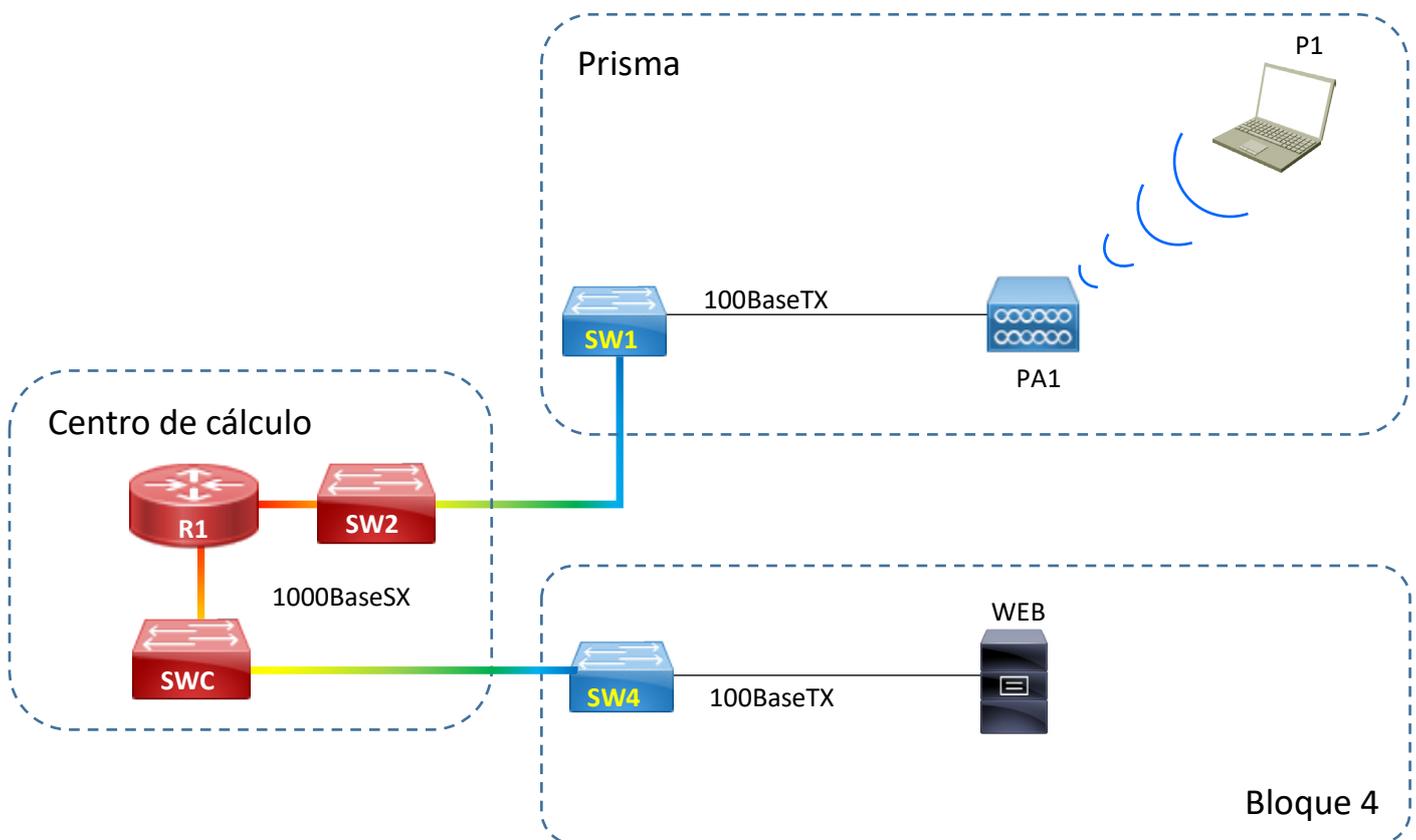
El cálculo del tiempo:

| Ítem | Calculo | sg | µs |
|---|---|--------------------|-----------------|
| T _{transmisión} de 4 RTS | $4 \times \frac{(20 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,000128 | 128 |
| T _{transmisión} de 4 CTS | $4 \times \frac{(14 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,0001105 | 110,5 |
| 9 x t _{SIFS} | $9 \times 10 \times 10^{-6}$ | 0,00009 | 90 |
| 3 x t _{DIFS} | $3 \times 50 \times 10^{-6}$ | 0,00015 | 150 |
| T _{transmisión} de 1 ACK | $\frac{(14 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,0000276 | 27,6 |
| 2 x T _{transmisión} Petición a 11Mbps | $2 \times \frac{118 \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,000171 | 171 |
| 2 x T _{transmisión} Respuesta a 11Mbps | $2 \times \frac{318 \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,00046254 | 462,54 |
| 2 x T _{transmisión} Petición a 100Mbps | $2 \times \frac{(52 + 26) \times 8}{100 \times 10^6}$ | 0,00001248 | 12,48 |
| 2 x T _{transmisión} Petición a 1000Mbps | $2 \times \frac{(52 + 26) \times 8}{1000 \times 10^6}$ | 0,000001248 | 1,248 |
| 2 x T _{transmisión} Respuesta a 100Mbps | $2 \times \frac{(252 + 26) \times 8}{100 \times 10^6}$ | 0,00004448 | 44,48 |
| 2 x T _{transmisión} Respuesta a 1000Mbps | $2 \times \frac{(252 + 26) \times 8}{1000 \times 10^6}$ | 0,000004448 | 4,448 |
| Total | | 0,001201296 | 1202,296 |

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

PARTE B

La red inalámbrica de la ETSISI está aislada de Internet por un dispositivo que requiere autorización de usuario para salir a Internet. Suponga que el dispositivo que realiza tal función es un router (R1). El estudiante del portátil P1 desea consultar una WEB de departamento (Situada en el BLOQUE IV) y está autorizado para la salida a Internet, a la red cableada y pública de la escuela. En este caso el nuevo esquema topológico (simplificado) quedaría como se ve en la siguiente figura.



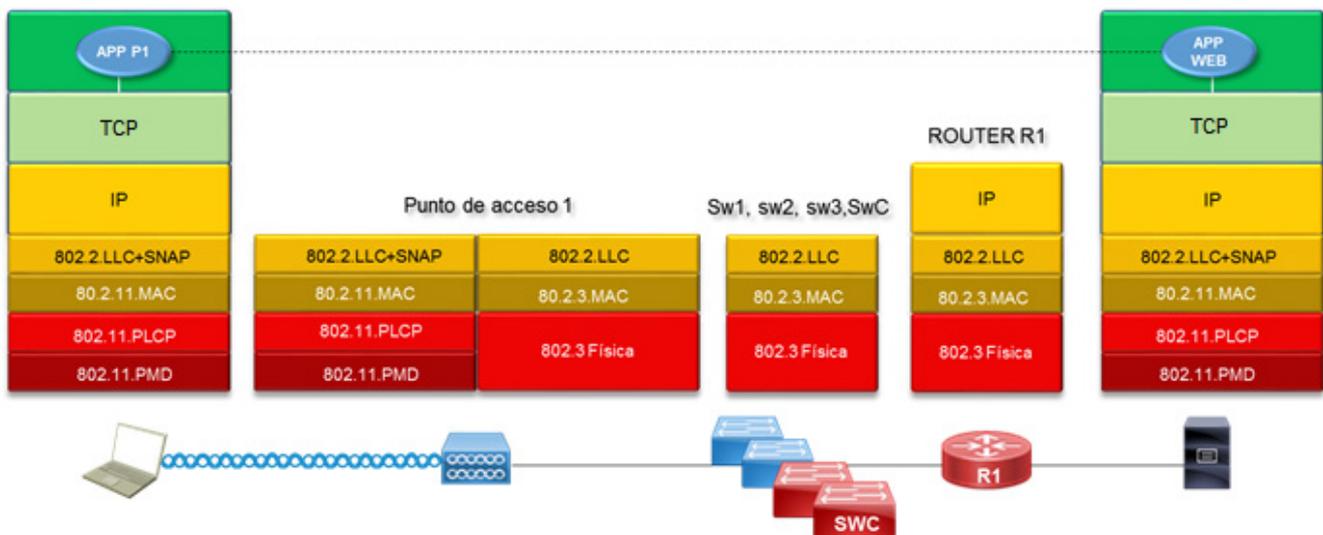
Los datagramas del portátil P1 autorizados por el router R1 son encaminados a la red cableada, en este caso a un conmutador de cabecera (SWC) situado en el BLOQUE I y luego por una fibra 1000BASE-SX a un conmutador del BLOQUE IV (SW4). La conexión al servidor WEB se realiza por un par trenzado a 100 Mbps. Aquí solo vamos a considerar la transmisión de una página web desde el servidor WEB al portátil P1, dejando de lado otras consideraciones (realmente el router hace translación de direcciones IP, el portátil adquiere su dirección IP por DHCP...etc.). Se considerará que todas las tablas de aprendizaje de los conmutadores y punto de acceso están establecidas y llenas. Las tablas ARP de todos los dispositivos están completas.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Para realizar un estudio de la transmisión en la red supongamos que el servidor WEB envía en un único mensaje de 1200 octetos de aplicación (cabecera de aplicación incluida) al portátil P1. El envío se realiza utilizando como protocolo de transporte TCP y teniendo en cuenta las demás consideraciones que se indican al final del enunciado.

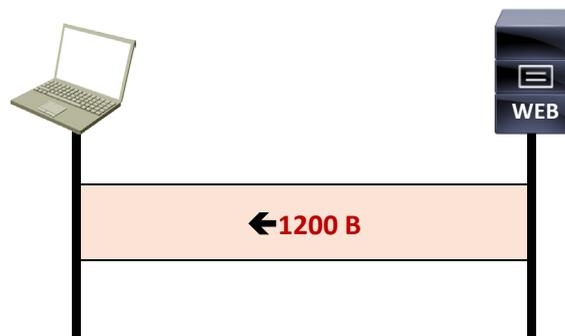
Pregunta 5. Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos P1, switches, Router R1 y WEB.

SOLUCIÓN



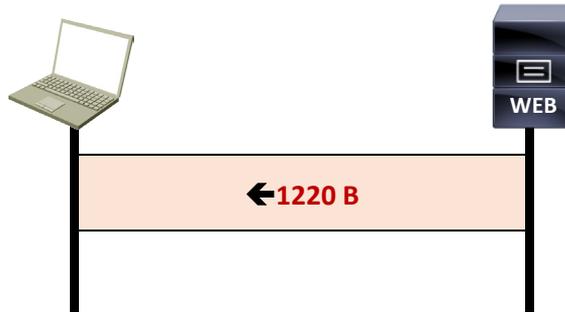
Pregunta 6. Dibuje los cronogramas a nivel de aplicación, transporte (indicando el tamaño del segmento) y red (indicando el tamaño del datagrama) de la transmisión de la página web de 1200 octetos.

SOLUCIÓN

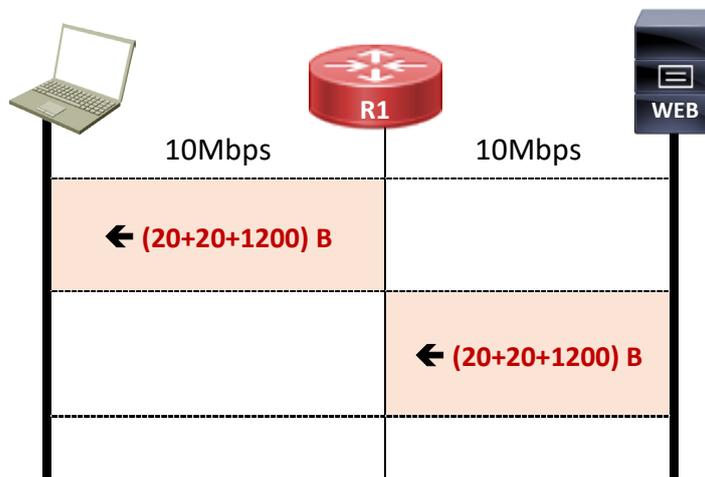


Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Cronograma de transporte



Cronograma de red



Pregunta 7. Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia, indicando los tamaños de las tramas en todos los medios de la red.

SOLUCIÓN

Envío de 1200 OCTETOS del servidor Web a P1

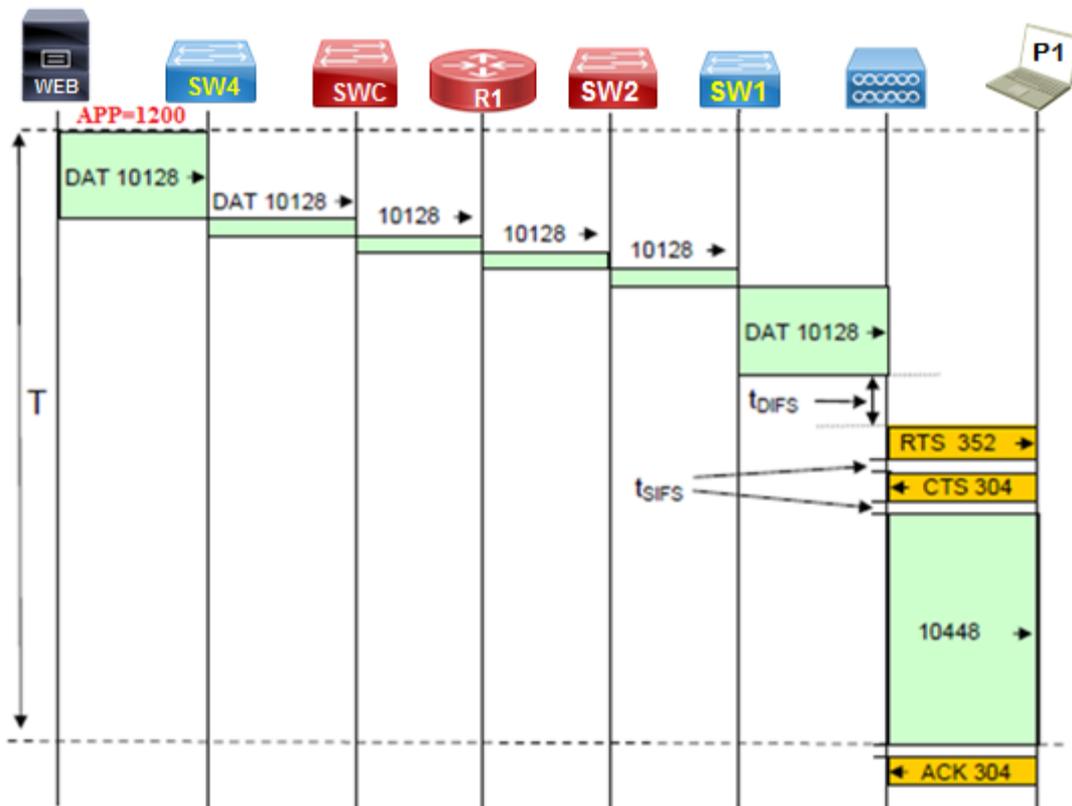
Entre el servidor WEB y PA1

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|-------------------|---------|-------|
| Aplicación (1200) | 1200 | 9600 |
| Transporte (+20) | 1220 | 9760 |
| IP (+20) | 1240 | 9920 |
| MAC 802.3(+18) | 1258 | 10064 |
| Físico 802.3 (+8) | 1266 | 10128 |

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Entre PA1 y el P1 se vuelven a encapsular los **1240 octetos** recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b lo que produce:

| CAPA | OCTETOS | BITS |
|----------------------|-------------|--------------|
| IP (+20) | 1240 | 9920 |
| LLC+SNAP (+8) | 1248 | 9984 |
| MAC 802.11b (+34) | 1282 | 10256 |
| Físico 802.11b (+24) | 1306 | 10448 |



Entre el switch SW4 y el SWC hay Gigabit Ethernet. El formato de trama es idéntico y la longitud de las tramas es la misma. Lo mismo ocurre entre SWC y el ROUTER (R1). Y lo mismo entre R1 y SW2 y entre SW2 y SW1.

En todos los segmentos Ethernet el tamaño de trama será siempre de 10128 bits, lo que variará será la velocidad en cada segmento.

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 8. Calcule el tiempo total empleado en transmitir la página web.

$T =$ tiempo de transmisión de 1 trama RTS + tiempo de transmisión de 1 trama CTS + 2 tiempos cortos t_{SIFS} + 1 tiempo largo t_{DIFS} + 1 vez el tiempo de transmisión de una trama de 10448 bits a 11 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 10128 bits a 100 Mbps + 4 veces el tiempo de transmisión de una trama de 10128 bits a 1000 Mbps =

| Ítem | Calculo | sg | μs |
|---|---|--------------------|-----------------|
| $T_{\text{transmisión de 1 RTS}}$ | $\frac{(20 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,000032 | 32 |
| $T_{\text{transmisión de 1 CTS}}$ | $\frac{(14 + 24) \times 8}{11 \times 10^6}$ | 0,000027625 | 27,625 |
| $2 \times t_{SIFS}$ | $2 \times 10 \times 10^{-6}$ | 0,00002 | 20 |
| t_{DIFS} | 50×10^{-6} | 0,00005 | 50 |
| $T_{\text{transmisión de la página web a 11Mbps}}$ | $\frac{10448}{11 \times 10^6}$ | 0,0009498 | 949,8 |
| $2 \times T_{\text{transmisión de la página web a 100Mbps}}$ | $2 \times \frac{10128}{100 \times 10^6}$ | 0,00020256 | 202,56 |
| $4 \times T_{\text{transmisión de la página web a 1000Mbps}}$ | $4 \times \frac{10128}{1000 \times 10^6}$ $4.0512 \cdot 10^{-5}$ | 0,0000405 | 40,5 |
| Total | | 0,001322485 | 1322,485 |



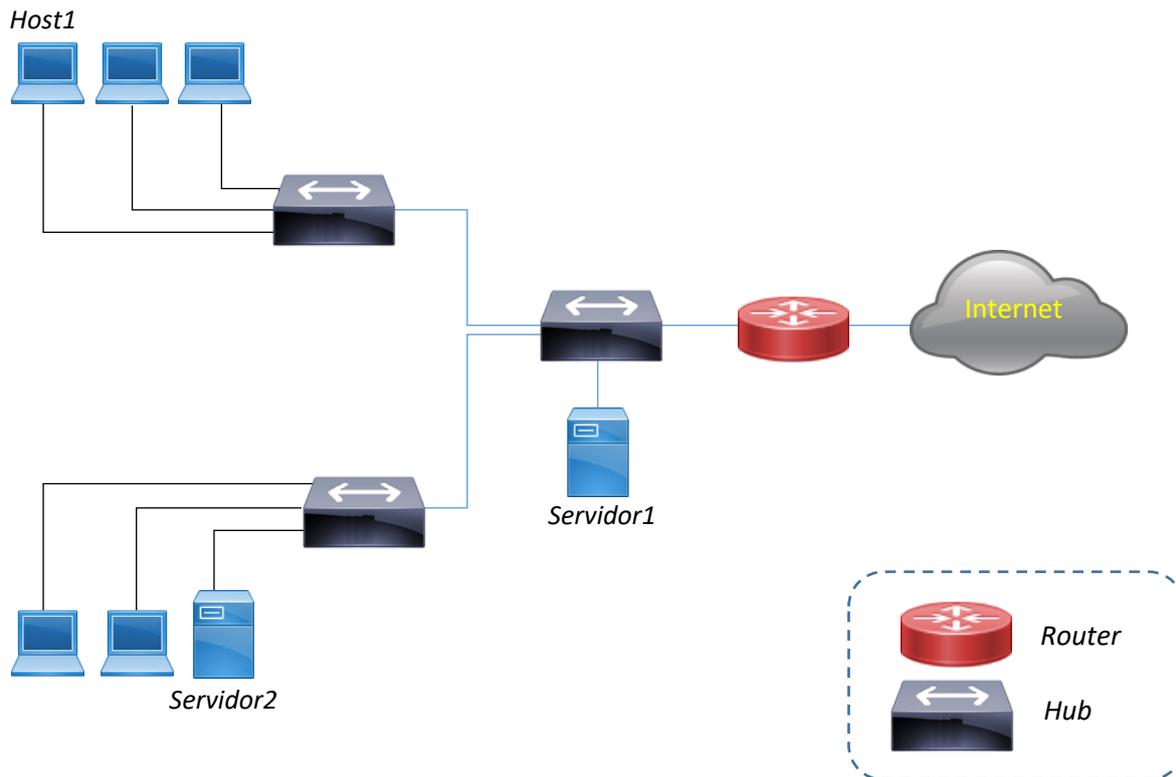
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

TAREA PARA SUBIR A MOODLE

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Problema 15. Tarea T2

La red de comunicación de datos interna de una compañía ha experimentado diferentes cambios en su configuración y tecnología, así como otros que debe realizar. Inicialmente nuestra compañía tenía implementada su RAL como una Ethernet basada en *hubs*, tal y como puede verse en la figura:



Notas: Las tramas MAC incorporan 26 octetos adicionales de cabecera y cola
 Los hosts tienen tarjetas de red 10BaseT
 Los conmutadores y servidores tienen tarjetas de red 10/100 Base T.
 El tiempo de proceso y conmutación en los conmutadores Ethernet es de 0,5 msg.
 Suponer despreciables todos los tiempos no indicados

Pregunta 1. Calcular el tiempo que se tarda en enviar una trama MAC de 1500 octetos de datos desde el Host1 hasta el Servidor1.

SOLUCIÓN DE 1

Aunque entre los hubs y entre el servidor y hub la velocidad es 10/100M, la velocidad que se impone es la más restrictiva, ósea la del host (10M)

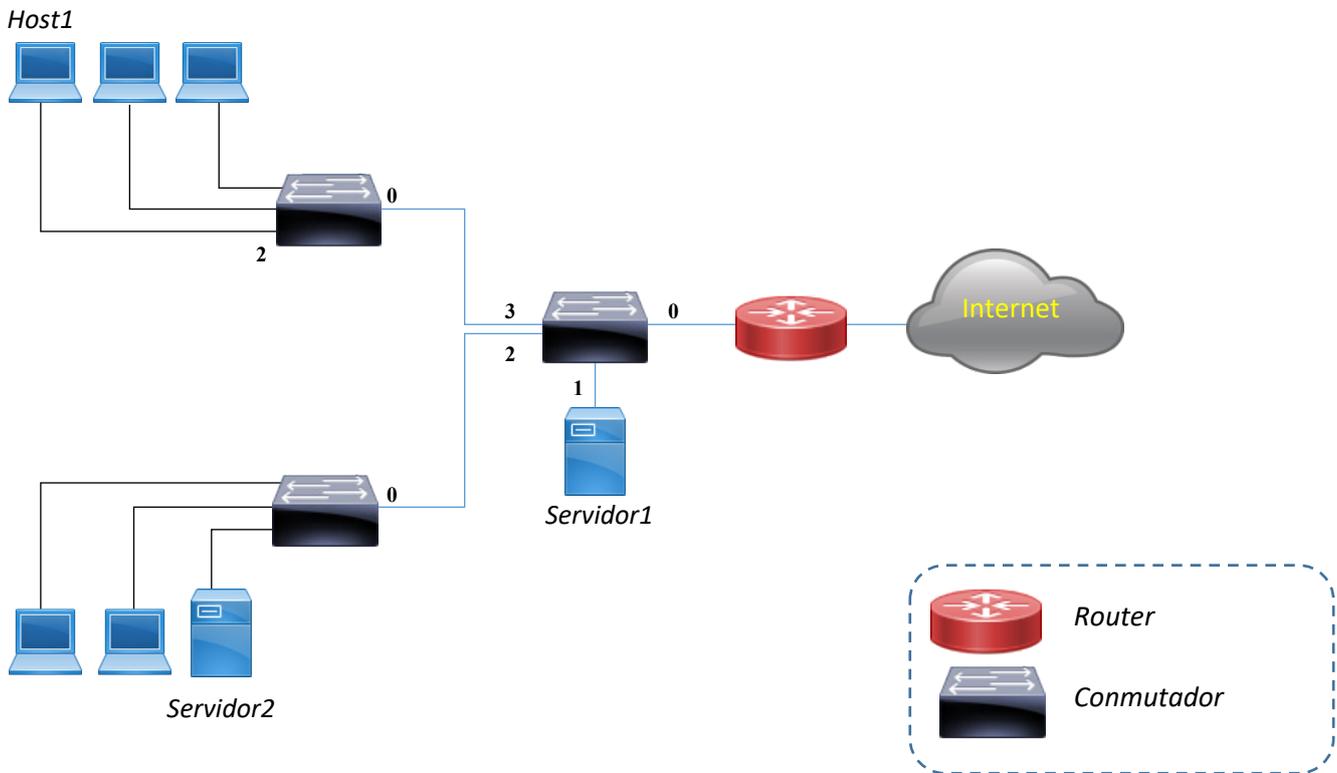
T (transmisión de 1500B)=

$$\frac{(26 + 1500)B \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \frac{b}{s}} \times \frac{1000ms}{s}$$

1.2208ms

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

El siguiente paso fue sustituir los hubs por conmutadores Ethernet, obteniéndose una RAL como la de la figura:



Pregunta 2. Indicar las posibles mejoras e inconvenientes y calcular el tiempo que se tarda en enviar una trama MAC de 1500 octetos de datos (PDU) desde el Host1 hasta el Servidor1

SOLUCIÓN DE 2

Mejoras:

- Aumentan los dominios de colisión, lo que supone que en algunos casos puede transmitir más de un equipo simultáneamente
- Los conmutadores, según vayan rellorando su tabla de aprendizaje, podrán filtrar tramas en función de la dirección MAC destino, lo que implica que disminuye la carga de tráfico, se producen menos colisiones y aumenta un poco la seguridad
- El almacenamiento y retransmisión de tramas permite utilizar velocidades distintas en cada enlace de red local.

Inconvenientes:

- Los conmutadores introducen un tiempo de retransmisión más en el proceso

Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Tiempo de envío

Al utilizar conmutadores cada enlace puede operar a su máxima velocidad 100 Mbps excepto por el puerto conectado al host1

$$T_{1500B} = T_{Host1} + T_{Sw1} + T_{Sw2} =$$

$$\frac{(26 + 1500)B \times 8 \frac{b}{B}}{10^7 \frac{b}{s}} + 2 \times \frac{(26 + 1500)B \times 8 \frac{b}{B}}{10^8 \frac{b}{s}} + 2 \times 0.5 \times 10^{-3} s$$

$$2.46496 \text{ ms}$$

Pregunta 3. Si los conmutadores Ethernet tienen sus tablas de aprendizaje inicialmente vacías, escribir su contenido una vez realizado el envío anterior.

SOLUCIÓN DE 3

Si los conmutadores tienen sus tablas de aprendizaje vacías al transmitir la trama anterior se difundirá por la red de la compañía. Todos los conmutadores anotarán en sus tablas el puerto por donde recibieron la trama enviada por el Host1

| Sw1 | | Sw2 | | Sw3 | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Puerto | Equipo | Puerto | Equipo | Puerto | Equipo |
| 0 | | 0 | | 0 | Host1 |
| 1 | | 1 | | 1 | |
| 2 | | 2 | Host1 | 2 | |
| 3 | Host1 | 3 | | 3 | |

En donde Host1 es la dirección MAC

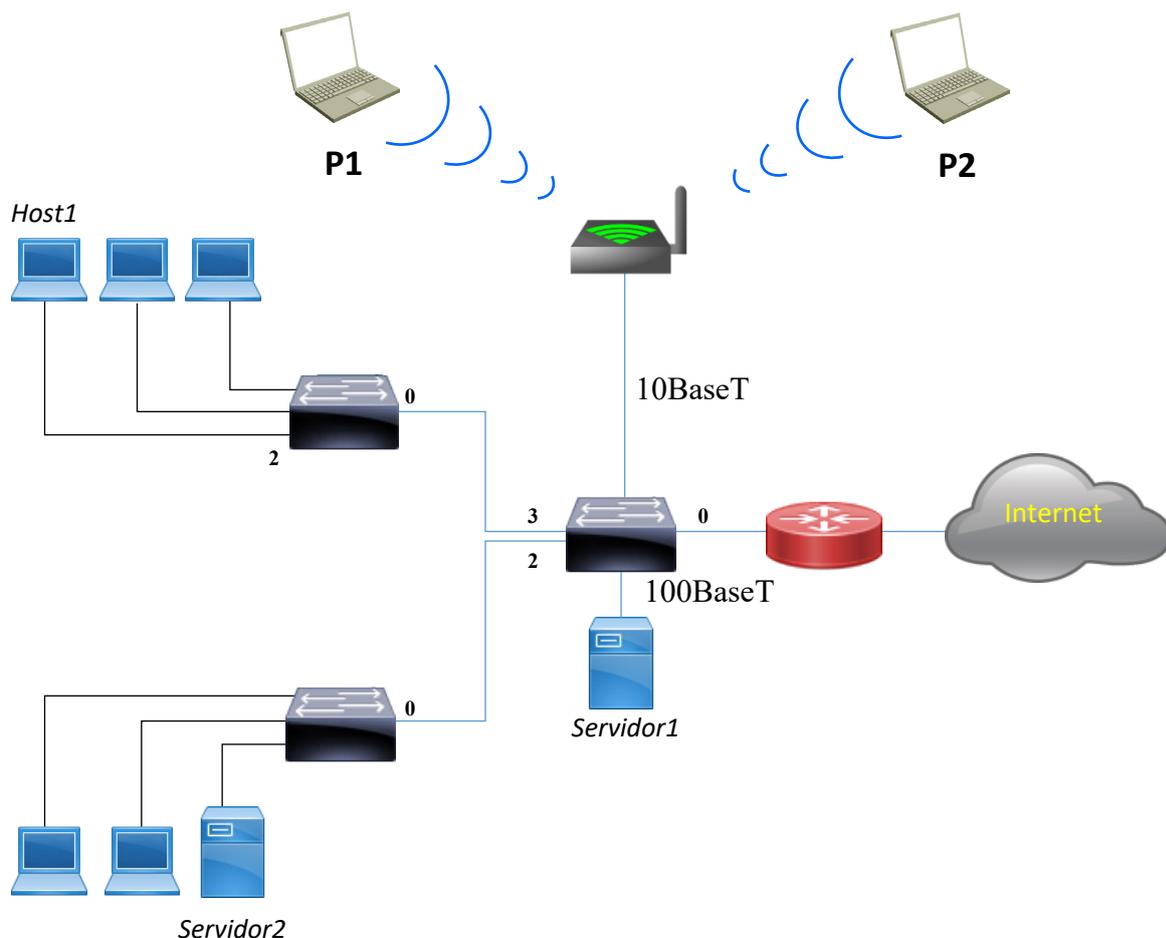
Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 4. Para dar movilidad al personal que dispone de portátiles, se ha instalado una WLAN (Wireless LAN). En concreto se ha implantado una 802.11b basada en un solo punto de acceso tal y como se representa en la figura.

Dibujar el cronograma a **nivel de enlace** correspondiente al envío de un datagrama IP de tamaño total 1000 octetos desde el portátil P2 hasta el servidor1, indicando el tamaño de las distintas unidades de datos de protocolo.

NOTAS: Considere que en la red inalámbrica:

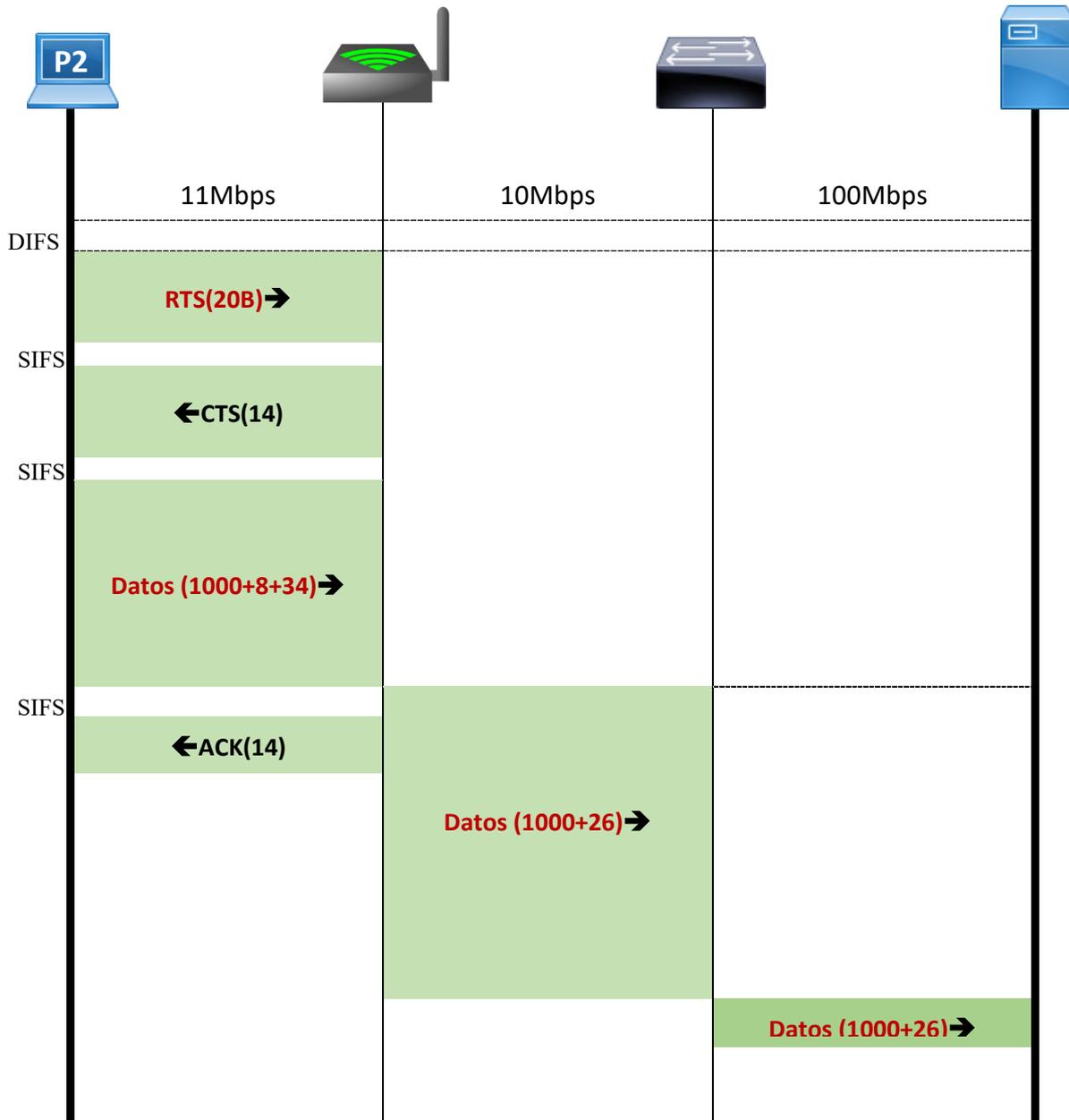
- Se utiliza RTS/CTS
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b
- Las cabeceras añadidas por las distintas capas/subcapas son:
LLC+SNAP= 8 octetos, MAC= 34 octetos y PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) = 22 octetos
- El tamaño a nivel MAC de las distintas tramas de control es:
RTS = 20 octetos, CTS= 14 octetos y ACK= 14 octetos
- Considerar que los tiempos de proceso y propagación son despreciables y que: $T_{sifs}=10 \mu s$ y $T_{difs}=20 \mu s$
- Todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps.
- El portátil P2 empieza a transmitir en el instante inicial



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

SOLUCIÓN DE 4

El acceso mediante coordinación Distribuida con RTS/CTS, no es aleatorio (libre de contienda) sino determinado. Las cabeceras de PLPC no hay que considerarlas, ya que pertenecen a la capa física y nos piden el nivel de enlace.



Problemas de RC.2016-17. Tema 2

Pregunta 5. Calcular el tiempo que tarda el datagrama IP de 1000 octetos del apartado anterior desde el portátil P2 hasta el servidor1.

Nota: incluya el tiempo DIFS que ha permanecer el medio libre antes de transmitir

SOLUCIÓN DE 5

La solución está indicada en el cronograma de apartado anterior:

$$T = T_{DIFS} + T_{RTS} + T_{SIFS} + T_{CTS} + T_{1000B-11M} + T_{1000B-10M} + T_{1000B-100M}$$

| Ítem | Calculo | µs |
|------------------------------------|--|----------------|
| T _{transmisión RTS} | $\frac{(20 + 22) \times 8}{11}$ | 30,55 |
| T _{transmisión de CTS} | $\frac{(14 + 22) \times 8}{11}$ | 26,18 |
| 2 x t _{SIFS} | 2 × 10 | 20 |
| t _{DIFS} | 20 | 20 |
| T _{transmisión a 11Mbps} | $\frac{(1000 + 8 + 34 + 22) \times 8}{11}$ | 773,3 |
| T _{transmisión a 10Mbps} | $\frac{(1000 + 26) \times 8}{10}$ | 820,8 |
| T _{transmisión a 100Mbps} | $\frac{(1000 + 26) \times 8}{100}$ | 82,08 |
| Total | | 1772,91 |