

Cuestiones tema 7

7.1 Introducción y servicios del nivel y 7.2. Detección y corrección de errores

1. Si todos los protocolos de enlace proporcionaran el servicio de entrega segura, ¿sería redundante que TCP también implementara este servicio? ¿por qué o por qué no?

No, no sería redundante. Aunque el servicio de entrega segura a nivel de enlace garantice la fiabilidad de la entrega entre dos nodos consecutivos pueden ocurrir imprevistos que hagan que finalmente el paquete no alcance su destino final. Por ejemplo, debido a un problema en el encaminamiento el paquete puede ser descartado en un *router* tras agotar su tiempo de vida. En este caso el nivel de enlace habría cumplido su tarea de entregar de forma fiable la trama al router y no detectaría el descarte posterior del paquete. Otra situación de fallo posible es que tras recibir correctamente la trama y reconocerla, el nodo tenga un problema de funcionamiento que le impidan transmitir la trama al nodo siguiente, por ejemplo, un fallo en la alimentación del sistema.

2. En la arquitectura de protocolos TCP/IP se pueden implementar técnicas de control de flujo tanto en el nivel de transporte como en el de enlace de datos. ¿Qué sentido tiene el que se hagan en los dos niveles? ¿implica en los dos niveles a los mismos emisores y receptores?

En el nivel de transporte se trabaja con los elementos finales que se comunican, esto es las aplicaciones. Por tanto, el control de flujo que aplica el protocolo TCP se hace entre dichos elementos. Esto permite dar a la aplicación un servicio orientado a la conexión y fiable. Teniendo en cuenta, además, que dichos elementos finales pueden estar en diferentes redes, y los datos que se envían entre ellos además pueden atravesar diferentes topologías y tecnologías de red.

En el nivel de enlace no todas las redes dan un servicio de control de flujo, esto dependerá del tipo de red. Por tanto, en este nivel el control de flujo se realiza entre elementos adyacentes, esto es pertenecientes a una misma red.

Además, en el nivel de transporte hay protocolos como el UDP que no realiza control de flujo y los segmentos que se envían a través de TCP pueden atravesar redes que tampoco realicen control de flujo.

Resumiendo: No es redundante el control de flujo en ambos niveles dado que implica a distintos elementos y se puede dar casos en que se aplique en el nivel de transporte (TCP) y no en el de enlace (si todas las redes que atraviesa son por ejemplo ethernet) y viceversa.

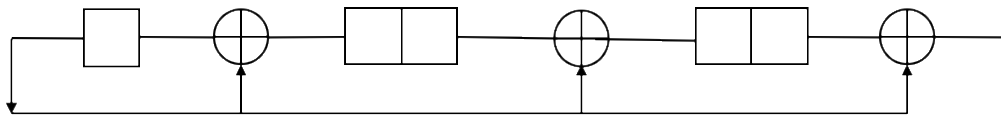
3. Indica las dos estrategias se utilizan para la **corrección** de errores de transmisión. Describe brevemente en que consiste cada una de ellas.

Para poder corregir los errores se pueden emplear dos estrategias: FEC (Forward Error Correction) y ARQ (Automatic Repeat Request).

FEC añade información que permitirá al receptor reconstruir la información correcta (detección + recuperación), mientras que en ARQ el emisor tiene que retransmitir la información dañada (detección + reenvío).

4. Se quieren enviar los datos $D = 1010001101$. Dibuja la implementación hardware para calcular el CRC que tendríamos que añadir a dichos datos si emisor y receptor han acordado utilizar el generador 110101.

Solución:



5. Se quieren enviar los datos $D = 1011.0010.1001$ usando un sistema de detección de errores basado en CRC. Dicho sistema va a usar el polinomio generador $G(x) = x^6 + x + 1$. Calcula el CRC que habría que añadir, y verificalo mediante la traza del circuito divisor.

Solución:

```

101100101001000000
1000011
-----
001101001
1000011
-----
01010100
1000011
-----
001011101
1000011
-----
001111000
1000011
-----
01101110
1000011
-----
01101010
1000011
-----
01010010
1000011
-----
00100010

```

```

1000011
101101011110

```

X^5	X^4	X^3	X^2	$X^1 \rightarrow \text{XOR}$	$X^0 \rightarrow \text{XOR}$	Entrada
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0

El transmisor transmitirá la secuencia: 101100101001100010

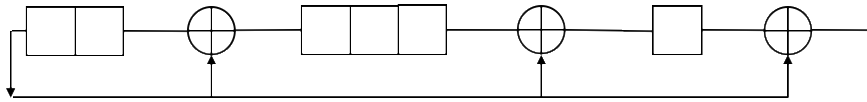
El receptor, con el mismo circuito, comprobará el CRC con los datos que le llegan.

10110010100100010. Si la secuencia no ha sufrido ninguna alteración (error) el resultado debe ser igual a cero. Lo comprobamos:

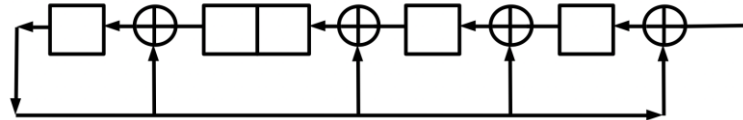
X^5	X^4	X^3	X^2	$X^1 \rightarrow \text{XOR}$	$X^0 \rightarrow \text{XOR}$	Entrada
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	OK Rx

6. Se quieren enviar los datos 0100111011011001 usando un sistema de detección de errores basado en CRC. Dicho sistema utiliza el polinomio generador $x^6 + x^4 + x + 1$. Dibuja el circuito necesario para calcular el CRC que hay que añadir a los datos.

Solución:



7. A partir del circuito de la figura, obtén el polinomio generador que se está utilizando para calcular y verificar el CRC.



Solución:

$$x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

8. Calcula el CRC correspondiente al mensaje $M=1011011101$ empleando el polinomio generador $G(x)=x^4+1$. Dibuja el circuito que verificaría el mensaje y comprueba mediante una traza del mismo que el CRC calculado es correcto.

Solución:

Se puede resolver de igual forma que la cuestión 5. También se puede hacer dividiendo los polinomios (es equivalente y cada uno puede optar por el método que le sea más cómodo).

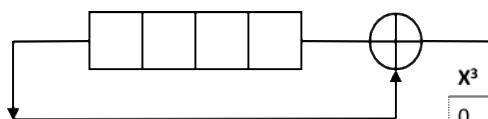
$$1011011101 \Rightarrow x^9 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Lo desplazamos 4 posiciones (añadimos 4 ceros),
ya que es el grado del polinomio generador $G(x) = x^4 + 1$

$x^{13} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4$ y hacemos a la división:

$$\begin{array}{r}
 x^{13} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 \quad | \quad x^4 + 1 \\
 \underline{x^{13} + \phantom{x^{11}} + x^9} \\
 x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 \\
 \underline{x^{11} + \phantom{x^{10}} + x^7} \\
 x^{10} + x^9 + x^8 + + x^6 + x^4 \\
 \underline{x^{10} + + x^6} \\
 x^9 + x^8 + + x^4 \\
 \underline{x^9 + + x^5} \\
 x^8 + + x^5 + x^4 \\
 \underline{x^8 + + x^4} \\
 x^5 \\
 \underline{x^5 + x} \\
 x = 0010
 \end{array}$$

Luego la información transmitida es: 10110111010010. Al recibirla y procesarla con el circuito de CRC del receptor, si no ha sufrido ninguna alteración el resultado debe ser 0. Lo comprobamos:



x^3	x^2	x^1	$x^0 \rightarrow \text{XOR}$	Entrada
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
1	0	1	1	0
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	0	1
1	1	0	0	0
1	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	=>Rx Ok

7.3 Acceso al medio

1. Clasifica los tipos de enlaces en base al número de nodos que comparten los canales del enlace. Indica ventajas e inconvenientes de cada uno, y al menos un ejemplo de cada uno de los tipos.

Existen dos tipos de enlaces de red:

	Punto a punto	De difusión (medio compartido)
Descripción	Cada enlace tiene un origen y un destino	Usan un canal de difusión compartido entre varios nodos Sólo un nodo debe utilizar el enlace para transmitir con éxito
Ventajas	Canales no compartidos: Seguridad, privacidad, plena disponibilidad	Alta conectividad
Inconvenientes	Cuando crece el número de nodos se requieren muchos enlaces	Las transmisiones simultáneas causan interferencias y/o colisiones.
Ejemplos	Acceso telefónico cableado Ethernet conmutada	Redes inalámbricas

2. Utilizando la clasificación de la pregunta anterior, ¿en qué tipo de enlaces es crítico utilizar un protocolo de acceso al medio?

En aquellas que pueden producirse conflictos, es decir, en las redes de difusión.

3. Clasifica los protocolos de control de acceso al medio. Explica las características principales de cada uno de los tipos.

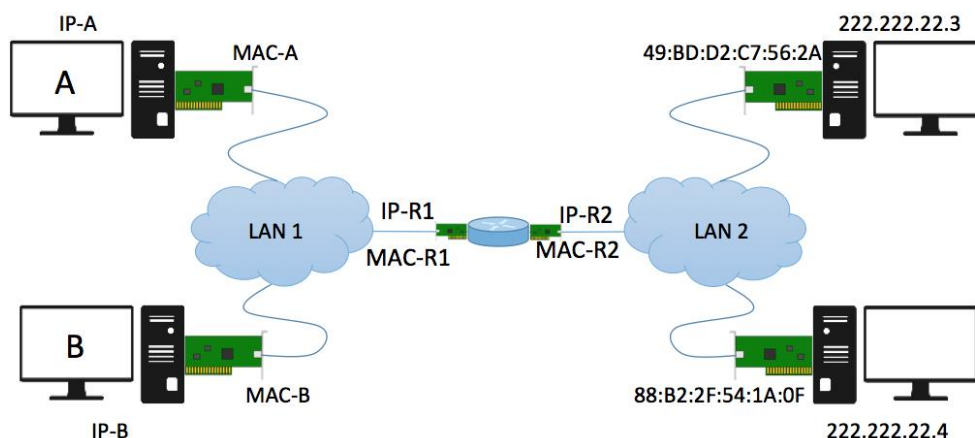
- Tres grandes clases:
 - Partición estática del canal
 - Se divide el canal en pequeños "trozos" (ranuras de tiempo, frecuencia)
 - Cada trozo se asigna en exclusiva a un nodo
 - Ejemplos: TDM, FDM
 - Acceso aleatorio:
 - El canal no está preasignado, pueden producirse colisiones
 - Hay que recuperarse de las colisiones
 - Ejemplos: CSMA/CD, CSMA/CA
 - Acceso por turnos:
 - Acceso al canal coordinado (por turnos) para evitar colisiones
 - Ejemplo: paso de testigo

4. ¿En qué tipo de redes, cableadas o inalámbricas, crees que se utilizan con más frecuencia protocolos de control de acceso al medio en la actualidad?

En las redes inalámbricas, donde existe un medio compartido – el aire – entre todos los dispositivos. También en algunas cableadas (redes industriales tipo CAN, domóticas como KNX, etc). En la actualidad, Ethernet suele emplearse de forma conmutada mediante *switches*, que recurre a cables punto a punto para evitar el problema de las colisiones.

7.4 Direcccionamiento del nivel de enlace

1. Dada la situación de la figura, suponiendo que LAN1 y LAN2 son redes *Ethernet* y que los *hosts* A y B se comunican mediante TCP/IP:



- Si A desea enviar un paquete a B ¿utilizará ARP para averiguar la dirección física de B? Justifica la respuesta.
- Indica en la tabla siguiente la secuencia de tramas necesarias para que el host A envíe un datagrama IP al host B (del que conoce su dirección IP, pero no su dirección física). Las cachés ARP están vacías en todos los sistemas. Utiliza direcciones simbólicas para los dispositivos que lo requieran del tipo: IP-A, MAC-A, IP-B, MAC-B, IP-R1, IP-R2, etc.

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	

Solución:

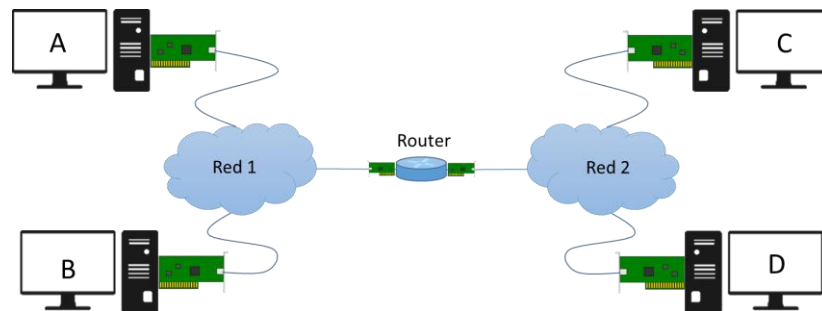
a) Efectivamente, A debe preguntar por la dirección MAC de B ya que está en su misma red (lo sabe aplicando la máscara IP a partir de la que determinará que es un host que está en su misma subred). Por lo tanto, preguntará utilizando el protocolo ARP por la MAC de la máquina que tenga la IP-B.

b)

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	
MAC-A	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP A	IP B	Petición ARP para conocer la dirección de B
MAC-B	MAC-A	ARP	IP B	IP A	Respuesta ARP de B
MAC-A	MAC-B	IP	IP A	IP B	Envío datagrama

Nota: En las tablas de este tipo de problemas, al poner direcciones IP relacionadas, queremos preguntar por las direcciones IP que se incluyen en los respectivos campos que las representan en cada uno de los protocolos que se usen. La ubicación en cada uno de los protocolos empleados será las que marque el estándar correspondiente. Por tanto, no es un reflejo la tabla del formato de la trama a nivel de enlace o IP, ni que vayan en esas posiciones siempre las direcciones IP. Es decir, cuando se envía un datagrama IP, las direcciones IP relacionadas serán las origen y destino que hemos estudiado en el formato de este protocolo. Y en el caso del protocolo ARP, las direcciones que se ponen en la estructura de la información del protocolo ARP que vemos con más detalle en la práctica relacionada, es decir la IP del que está preguntando y por la que se pregunta.

2. Dada la red de la figura:



- a. El ordenador A realiza un ping al computador D, del cual conoce su dirección IP. Especifica en la siguiente tabla todas las tramas que se generarán hasta que llega la trama con la solicitud de ping a D (incluyendo dicha trama). Las cachés ARP de todos los sistemas están vacías. Para las direcciones IP utiliza los valores simbólicos IP_ARed1, etc. Para las direcciones físicas utiliza los valores simbólicos A, R1, etc.

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	

Solución:

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	
A	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP A	IP RouterRed1	Petición ARP para conocer la dirección del router
RouterRed1	A	ARP	IP RouterRed1	IP A	Respuesta ARP del router
A	RouterRed1	IP	IP A	IP D	Mensaje ECHO REQUEST
RouterRed2	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP RouterRed2	IP D	Petición ARP para conocer la dirección de D
D	RouterRed2	ARP	IP D	IP RouterRed2	Respuesta ARP de D
RouterRed2	D	IP	IP A	IP D	Mensaje ECHO REQUEST

7.5 Dispositivos de interconexión de nivel de enlace y 7.6 Ethernet

Referido a LANs

1. ¿Cuáles son las características básicas de una LAN (*Local Area Network*)? (En cuanto a extensión, velocidad de transmisión, autoridad administrativa). Cita algunos entornos donde se emplee este tipo de red.

Las características principales de las Local Area Network (LAN) son:

- Extensión de centenares de metros, incluso pocos kilómetros.
- Velocidad de cientos de Mbps hasta decenas de Gbps
- Una única autoridad administrativa: la empresa o entidad propietaria de la LAN

Ejemplos de LANs pueden ser tanto las redes domésticas (aquellas que emplean un router para el acceso a Internet, implementadas mediante Ethernet o WiFi), como las redes corporativas de empresas o la red de la UPV. También se consideran LAN las redes de campo dentro de las industrias (las denominadas FieldBuses) que interconectan maquinaria de producción .

Dispositivos de interconexión

2. ¿Qué es un repetidor?

Es un dispositivo electrónico que regenera, y en ocasiones reconstruye, la señal eléctrica. Permite aumentar la distancia a la cual las señales se reciben claramente, por lo que se emplean para prolongar el radio de las LAN interconectando segmentos de red a nivel físico.

No interpretan los formatos de trama, por lo que cualquier señal eléctrica, incluso las colisiones, se reenviarán.

3. ¿Qué significa que un conmutador es transparente a los nodos? Nota: tener en cuenta la diferencia con un router.
4. ¿Cuál es la diferencia principal entre la tabla de retransmisión de un conmutador y la tabla de reenvío de un router?
5. ¿Qué hace un conmutador si recibe una trama cuya dirección destino no aparece en su tabla de retransmisión?
6. ¿Qué hace un conmutador si recibe desde una interfaz x una trama cuya dirección destino está asociada en la tabla a la misma interfaz x? ¿Y si la dirección destino es de difusión?

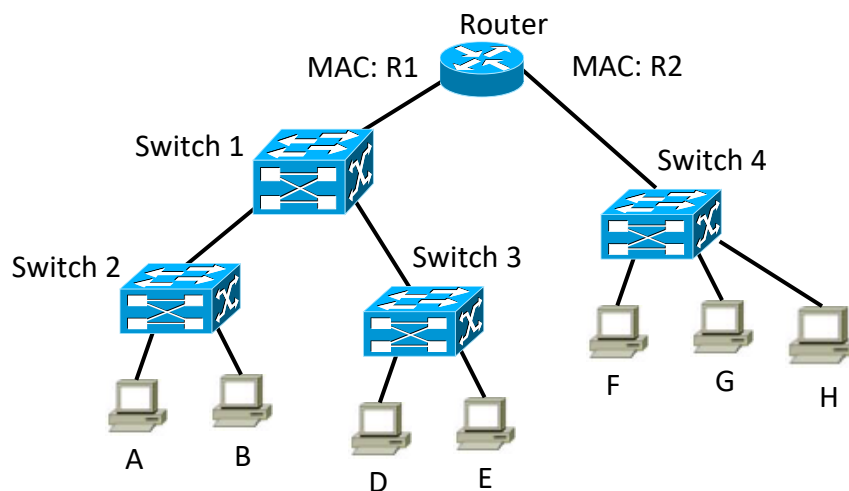
Referido a la tecnología Ethernet (IEEE 802.3)

7. Cita tres razones que justifiquen el éxito de la tecnología Ethernet.
8. Indica las distintas velocidades de transmisión a las que permiten operar los estándares IEEE 802.3.
9. ¿A qué niveles de la arquitectura corresponde Ethernet?
10. ¿Qué características comunes comparten todo el grupo de tecnologías Ethernet independientemente de la velocidad de transmisión que utilicen? (3 características en común) ¿Qué medios de transmisión pueden emplear?
11. Las tramas Ethernet presentan una restricción en su tamaño máximo, ¿qué ocurre si el

datagrama IPv4 que se quiere enviar supera el tamaño máximo permitido para el campo de datos de la trama?

12. ¿Para qué sirve el campo “tipo” de la cabecera de una trama Ethernet?
13. ¿Qué tipo de control de error se emplea en Ethernet?
14. Al emplear el protocolo Ethernet, ¿qué ocurre si el adaptador de red detecta que el CRC de una trama recibida es erróneo?
15. ¿Cómo se separan varias tramas consecutivas?

16. Dada la siguiente figura:



Todos los adaptadores de red utilizados son Ethernet. Se supone que el router está correctamente configurado y que tras un periodo de funcionamiento los conmutadores (*switches*) conocen la ubicación de todas las máquinas. Contesta las siguientes preguntas:

- a. ¿Cuántos dominios de difusión existen? Indícalos en la figura.
- b. Si B realiza una difusión Ethernet (petición ARP), ¿qué hosts recibirán una copia de la trama?
- c. Tras un periodo de funcionamiento en el que los switches ya han aprendido la localización de todos los dispositivos de la red, suponemos que el switch 3 se reinicia. Cuando el switch 3 vuelve a funcionar, la primera trama que recibe la envía el host D al host E. Indica qué adaptadores de red recibirán una copia de la trama.
- d. Tras un tiempo de funcionamiento de la red, el host D ha transmitido recientemente tramas a los host A y B. Un instante después de eso, el host E transmite una trama al host A. Indica qué adaptadores de red recibirán una copia de la trama transmitida por E.

Nota: la red 1 está formada por los hosts: A, B, D y E, los SW: 1, 2 y 3, y el router R.

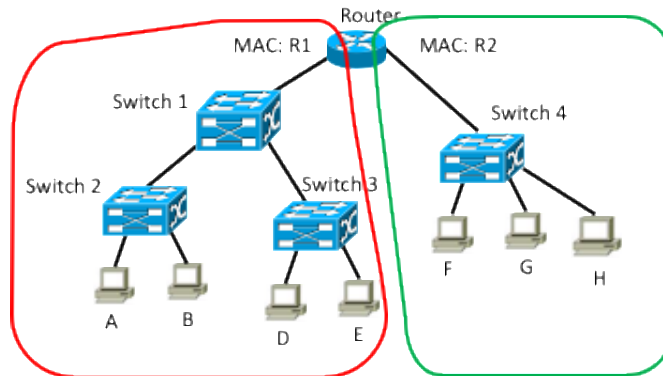
- e. Indica completando la siguiente tabla la secuencia de tramas que se generarán para que el host A envíe un datagrama IP al host H. Se suponen las cachés ARP de todos los sistemas vacías.

Cabecera de la trama	Direcciones IP relacionadas	Función del paquete
----------------------	-----------------------------	---------------------

Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	

Solución:

a) Dominios de difusión:



b) Los hosts que recibirán copia de la trama serán A, D y E.

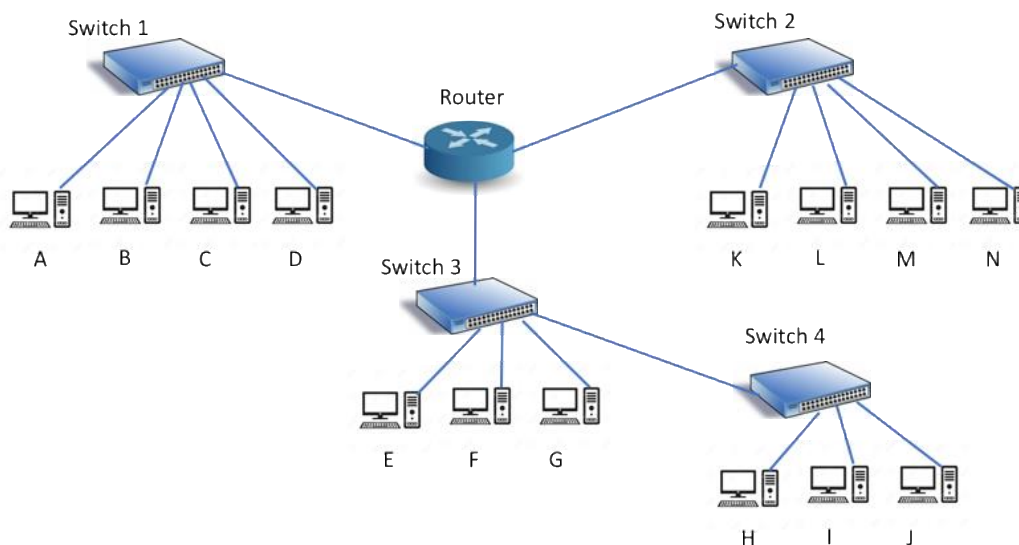
c) Si el switch 3 se reinicia (el 1 y 2 no), cuando D envíe a E, como el switch no sabe dónde está E lo difundirá por todas sus salidas. Por tanto, la trama la recibirá el switch 3 (su adaptador de red), que la enviará hacia E y hacia arriba, al switch 1. Pero como el switch 1 no se ha reiniciado y sabe que el host E está a través de la línea por la que le ha llegado, no volverá a hacer difusión (otra cosa sería que también estuviera reiniciándose, en cuyo caso lo enviaría hacia el router y el switch 2).

d) Si D ha transmitido tramas hacia A y B (y A y B habrán contestado a esas tramas), los switches 2, 1 y 3 ya saben en dónde están (en qué entradas de los switches están conectados). Por tanto, cuando E envía hacia A, los adaptadores de red que recibirán la copia serán los del switch 3, switch 1, switch 2 y A (D y B no recibirán nada).

e) La secuencia de tramas para enviar de D a H será:

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	
MAC A	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP A	IP Router-1	Petición ARP para conocer la dirección del router
MAC Router-1	MAC A	ARP	IP Router-1	IP A	Respuesta ARP del router
MAC A	MAC Router-1	IP	IP A	IP H	Envío del datagrama IP
MAC Router-2	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP Router-2	IP H	Petición ARP para conocer la dirección de H
MAC H	MAC Router-2	ARP	IP H	IP Router-2	Respuesta ARP de D
MAC Router-2	MAC H	IP	IP A	IP H	Envío del datagrama IP

17. Dada la red de la figura, todos los adaptadores de red utilizados son Ethernet. Se supone que el *router* está correctamente configurado y que tras un periodo de funcionamiento los conmutadores (*switches*) conocen la ubicación de todas las máquinas.



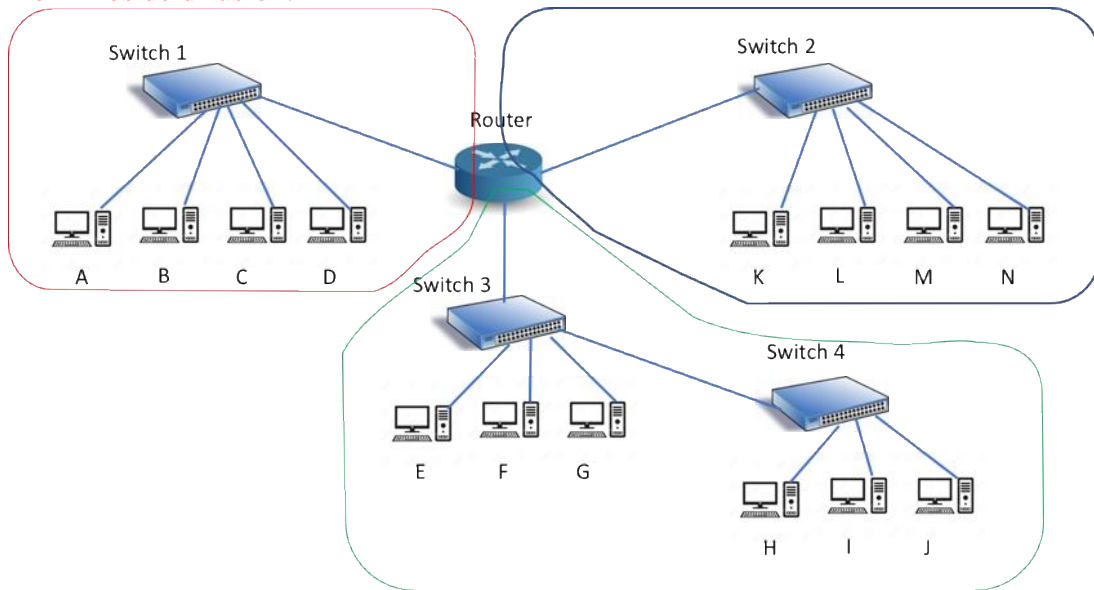
Contesta las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos dominios de difusión existen? Indícalos en la figura.
- Si J realiza una difusión Ethernet, ¿qué hosts recibirán una copia de la trama?
- Si K envía un datagrama a J, ¿a qué tarjetas de red les llega una copia de la trama que contiene el datagrama?
- El computador E inicia el envío de una trama a H. Instantes después J inicia una transmisión dirigida a I, ¿existe la posibilidad de que se produzca una colisión? Explica por qué.
- Suponiendo las cachés ARP vacías en todos los sistemas, si J tiene que enviar un datagrama a K, ¿cuántas peticiones ARP se realizarán en total?
- Completa la tabla indicando todas las tramas generadas para el envío del datagrama anterior. Las IP origen y destino pueden referirse a la cabecera del paquete IP o al mensaje ARP.

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	

Solución:

a) Dominios de difusión:



b) E,F,G,H,I

c) Recibirán la trama las tarjetas de red del switch 2, router, switch 3, switch 4 y J.

d) No existe posibilidad de colisión ya que están conectados a switches (que habitualmente son full dúplex) que saben en qué boca está cada host, de forma que cada trama sigue un camino distinto e independiente. En el caso en el que dos o más tramas lleguen a un switch y tenga que enviarlas por la misma línea de salida, tampoco habrá colisión ya que el switch serializará cada una de ellas, es decir, primero una y luego la restante (o restantes).

e) Tendrá que hacerse, primero, una petición ARP para determinar la MAC del router y otra para determinar la MAC de K. La primera le servirá al nodo J para enviarle al router el datagrama y la segunda para que el router lo envíe a K

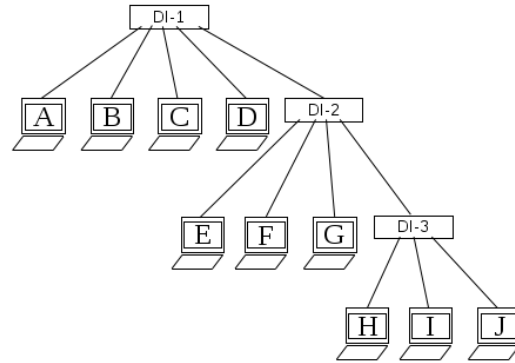
f) La secuencia es:

Cabecera de la trama			Direcciones IP relacionadas		Función del paquete
Dirección Física Fuente	Dirección Física destino	Tipo	Dirección IP fuente	Dirección IP destino	
MAC J	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP J	IP Router-3	Petición ARP para conocer la dirección del router
MAC Router-3	MAC J	ARP	IP Router-3	IP J	Respuesta ARP del router
MAC J	MAC Router -3	IP	IP J	IP K	Envío del datagrama IP
MAC Router-2	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP	IP Router-2	IP K	Petición ARP para conocer la dirección de K
MAC K	MAC Router-2	ARP	IP K	IP Router-2	Respuesta ARP de K
MAC Router-2	MAC K	IP	IP J	IP K	Envío del datagrama IP

18. Topología de una red Ethernet. DI-1, DI-2 y DI-3 representan diferentes dispositivos de interconexión (*Router*, y/o *Switch*) que conforman dicha red. Indica de qué tipo de dispositivo de interconexión se trata en cada una de las siguientes situaciones. Justifica tu respuesta. Incluso en algún apartado algún dispositivo puede ser sw o router, no se podrá determinar. En el caso de los switches pueden conocer o no la ubicación de los otros dispositivos.

Nota: DI-1, DI-2 y DI-3 no tienen por qué ser del mismo tipo de dispositivo en todos los apartados.

- Si A envía una trama a J, llegará una copia de la trama original a las tarjetas de red situadas en las máquinas B, C, D y J.
- Si A realiza una difusión Ethernet recibirán una copia de la trama original las estaciones B, C, D y el dispositivo DI-2. Instantes después H envía una trama a A, y sólo A recibe una trama que contiene el datagrama.

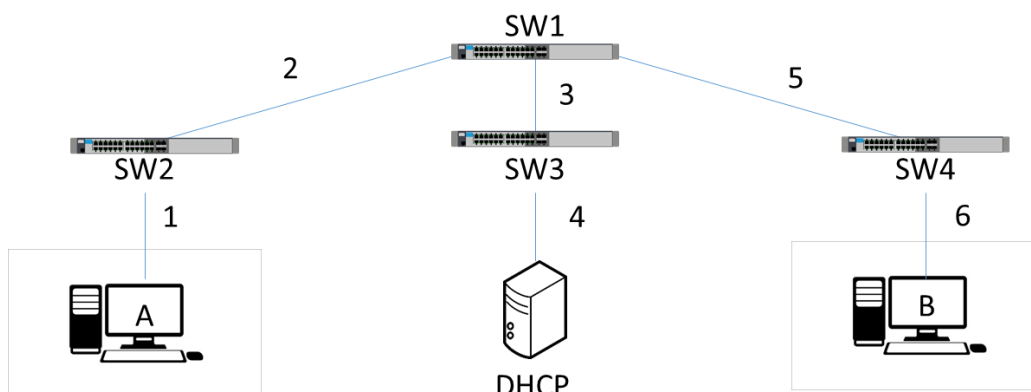


- B inicia el envío de una trama a I, al mismo tiempo J inicia una transmisión dirigida a B, de modo que B está transmitiendo y recibiendo simultáneamente. Tanto I como B reciben una copia de la trama original sin que se produzcan colisiones.

Solución:

- DI-1 puede ser un switch que todavía no ha aprendido qué máquinas están conectadas a sus entradas y DI-2 y 3 switches que sí han aprendido. No pueden ser routers porque no retransmitirían copia de la trama original por otro enlace de salida.*
- DI-1 será un switch. DI-2 es un router ya que en otro caso propagaría la difusión (si fuera un switch). DI-3 puede ser un switch o un router. No hay suficiente información para saberlo.*
- Los tres dispositivos son switches, ya que la trama viaja de B a I y de J a B sin modificarse pasando por DI-1, DI-2 y DI-3.*

19. Tras un apagón, tanto la electrónica de red como los computadores se reinician sin datos anteriores. Los computadores A y B intentan – secuencialmente – obtener una dirección por DHCP. Cuando lo consiguen, A envía a B un paquete IP.



a. Rellena la tabla siguiente con las tramas transmitidas para este proceso, indicando en qué segmentos de red se transmiten

Trama	Segmentos	MAC Destino	MAC origen	IP destino	IP Origen	Significado
-------	-----------	-------------	------------	------------	-----------	-------------

b. Para cada una de las tramas anteriores, indica cómo se modifican las tablas de los switches SW1, SW2, SW3 y SW4

Solución

a.

Trama	Segmentos	MAC Destino	MAC origen	IP destino	IP Origen	Significado
1	1,2,3,4,5,6	FF:FF:FF:FF:FF:FF	MAC de A	255.255.255.255	0.0.0.0	DHCP Discover de A
2	4,3,2,1	MAC de A	MAC DHCP	IP de A	IP DHCP	DHCP Offer a A
3	1,2,3,4,5,6	FF:FF:FF:FF:FF:FF	MAC de A	255.255.255.255	0.0.0.0	DHCP Request de A
4	4,3,2,1	MAC de A	MAC DHCP	IP de A	IP DHCP	DHCP ACK a A
5	6,5,4,3,2,1	FF:FF:FF:FF:FF:FF	MAC de B	255.255.255.255	0.0.0.0	DHCP Discover de B
6	4,3,5,6	MAC de B	MAC DHCP	IP de B	IP DHCP	DHCP Offer a B
7	6,5,3,4,2,1	FF:FF:FF:FF:FF:FF	MAC de B	255.255.255.255	0.0.0.0	DHCP Request de B
8	4,3,5,6	MAC de B	MAC DHCP	IP de B	IP DHCP	DHCP ACK a B
9	1,2,3,4,5,6	FF:FF:FF:FF:FF:FF	MAC de A	IP de B	IP de A	ARP Request
10	6,5,2,1	MAC de A	MAC de B	IP de A	IP de B	ARP Response
11	1,2,5,6	MAC de B	MAC de A	IP de B	IP de A	Paquete IP

b.

Trama	SW 1			SW2		SW3		SW4		Significado
	2	3	5	1	2	3	4	5	6	
1	A			A		A		A		DHCP Discover de A
2		DHCP			DHCP		DHCP			DHCP Offer a A
3										DHCP Request de A
4										DHCP ACK a A
5			B		B	B			B	DHCP Discover de B
6								DHCP		DHCP Offer a B
7										DHCP Request de B
8										DHCP ACK a B
9										ARP Request
10										ARP Response
11										Paquete IP

7.7 Introducción a las redes inalámbricas y arquitectura de las redes IEEE 802.11 y asociación con el punto de acceso.

Referido a aspecto generales

1. Indica que papel desempeña la estación base en el entorno de una red inalámbrica.
2. Indica dos ejemplos de estaciones base.
3. Diferencia entre redes ad-hoc y con infraestructura.
4. Clasifica las redes inalámbricas atendiendo a estos dos criterios:
 - a. El paquete cruza un único enlace inalámbrico o varios.
 - b. La red emplea estación base o no.

Referido a las características de las redes y enlaces inalámbricos

5. Cita las principales diferencias entre la comunicación mediante enlaces inalámbricos y cableados. (Nota: 3 diferencias).
6. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿en qué tipo de redes habrá una mayor probabilidad de errores de transmisión, inalámbricas o cableadas?
7. ¿En qué consiste el problema del terminal oculto? Cita dos escenarios distintos donde puede producirse.

Referido a LANs Wifi: IEEE 802.11

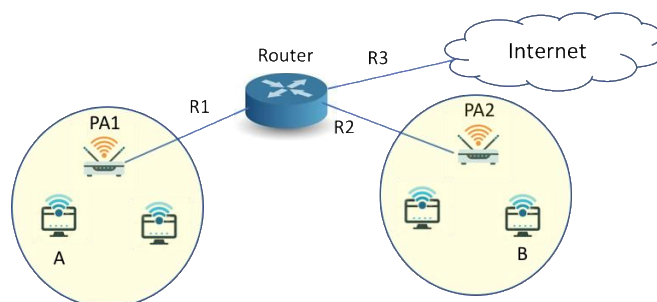
8. Indica en qué se diferencian principalmente los estándares IEEE 802.11.
9. En el marco de la arquitectura 802.11:
 - a. ¿Qué es un BSS (Basic Service Set)?
 - b. ¿Cuál es la composición básica de una red con infraestructura?
10. Describe el papel que desempeñan las tramas de ofrecimiento de asociación (beacon frames) en el marco de la arquitectura IEEE 802.11.
11. En el caso de escaneo pasivo, ¿cómo detecta una estación que existe algún punto de acceso (PA) en su radio de acción? ¿y en el de escaneo activo?
12. Una vez detectado el PA, ¿cómo se asocia un host a un PA?

7.7.2 Acceso al medio en redes wi-fi 802.11 y formato de trama IEEE 802.11.

1. ¿Por qué el protocolo MAC empleado en 802.11 **no** utiliza detección de colisiones?
2. Explica brevemente el algoritmo CSMA/CA.
3. ¿Por qué en 802.11 si una estación tiene que transmitir dos tramas seguidas, antes de transmitir la segunda aplicará un algoritmo exponencial de *backoff* aunque detecte que el canal está libre?
4. ¿Por qué en el algoritmo CSMA/CA se emplean reconocimientos (ACK)? (Nota: tener en cuenta porque no se empleaban en CSMA/CD).
5. ¿Por qué la transmisión de los reconocimientos (ACK) que envía el punto de acceso no tiene riesgo de colisionar con las transmisiones de las tramas de datos que envían las estaciones?
6. Describe brevemente el algoritmo para evitar las colisiones empleado en el protocolo 802.11. ¿De qué dos formas puede contribuir este algoritmo a mejorar las prestaciones?
7. Indica cómo se emplea el umbral de RTS (*Request To Send*).
8. ¿Para qué sirve el campo de control de la cabecera de las tramas IEEE 802.11?
9. ¿Para qué sirven los campos de control FromDS y ToDS de la cabecera de las tramas IEEE 802.11?
10. En una trama IEEE 802.11, ¿a quién identifican las direcciones 1, 2 y 3?
11. ¿Por qué la cabecera de las tramas IEEE 802.11 incluye un campo de número de secuencia?

Problemas

1. Suponiendo que A y B están ya asociados a los PA1 y PA2, respectivamente, indica las tramas generadas si A quiere enviar un datagrama a B, así como las direcciones que se emplearían en las cabeceras de dichas tramas (no incluimos las tramas de reconocimiento en la red inalámbrica). Se supone que todas las cachés de los dispositivos contienen las direcciones MAC necesarias.



Tipo de trama IEEE (inalámbrica o ethernet)	Dir 1 (Dir dest)	Dir 2 (Dir fuente)	Dir 3	Tipo de datos de la trama

Solución:

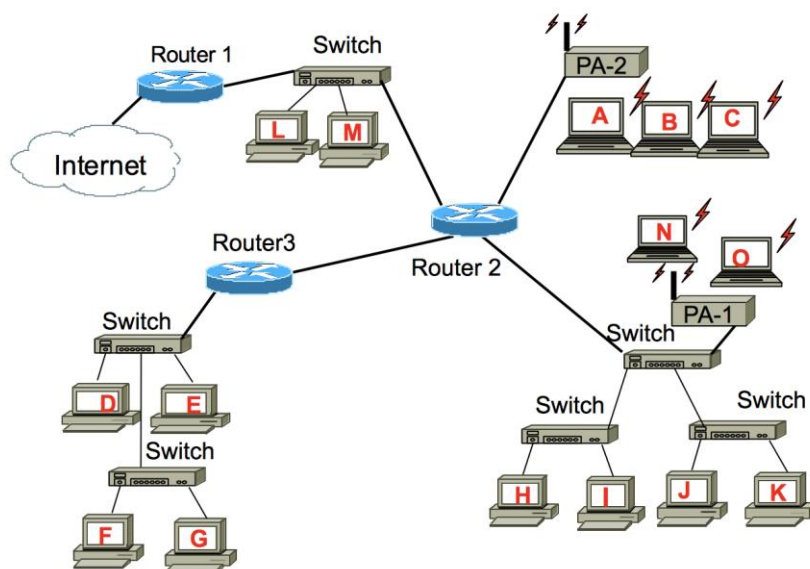
Tipo de trama IEEE (inalámbrica o ethernet)	Dir 1 (Dir dest)	Dir 2 (Dir fuente)	Dir 3	Tipo de datos de la trama
IEEE 802.11	PA1	A	R ₁	IP A → B
IEEE 802.3	R ₁	A	–	IP A → B
IEEE 802.3	B	R ₂	–	IP A → B
IEEE 802.11	B	PA2	R ₂	IP A → B

2. Repite el ejercicio anterior si la caché del router no contiene la dirección de B.

Solución:

Tipo de trama IEEE (inalámbrica o ethernet)	Dir 1 (Dir dest)	Dir 2 (Dir fuente)	Dir 3	Tipo de datos de la trama
IEEE 802.11	PA1	A	R ₁	IP A → B
IEEE 802.3	R ₁	A	–	IP A → B
IEEE 802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	R ₂		ARP Req IP B
IEEE 802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA2	R ₂	ARP Req IP B
IEEE 802.11	PA2	B	R ₂	ARP Resp de B
IEEE 802.3	R ₂	B	–	ARP Resp de B
IEEE 802.3	B	R ₂	–	IP A → B
IEEE 802.11	B	PA2	R ₂	IP A → B

3. Dado el conjunto de redes de la figura:



Todas las redes cumplen los estándares IEEE 802.3 o IEEE 802.11. Los conmutadores (*switches*) conocen la ubicación de todas las máquinas tras un periodo de funcionamiento. Los *routers* están correctamente configurados. Las estaciones N y O están asociadas al punto de acceso y no se ven entre ellas.

- ¿Puede L transmitir un datagrama a J al mismo tiempo que M transmite otro a K sin colisionar? Razona tu respuesta.
- ¿Se produciría alguna colisión si N transmite un datagrama a H al mismo tiempo que O transmite un datagrama a G? En caso afirmativo indica que dispositivo(s) vería(n) dicha colisión.
- Indica en la figura mediante nubes los distintos dominios de difusión (redes IP)

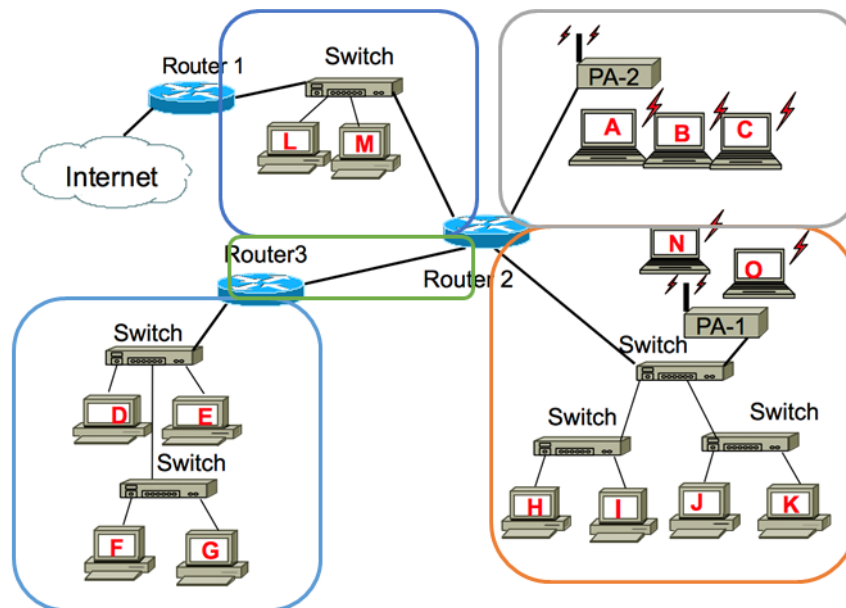
que aparecen.

- d. Si F envía una difusión, ¿qué estaciones recibirán una copia de la trama? ¿Y si la envía D?
- e. Indica completando la siguiente tabla la secuencia de tramas que se generarán para que el computador N envíe un datagrama IP al computador E (no incluimos las tramas de reconocimiento en la red inalámbrica). Se supone que las cachés ARP de todos los sistemas están vacías.

Tipo de trama (eth / inal)	Dir. 1 / Dir. destino	Dir. 2 / Dir. origen	Dir. 3	Función de la trama	Hosts que reciben copia de la trama

Solución:

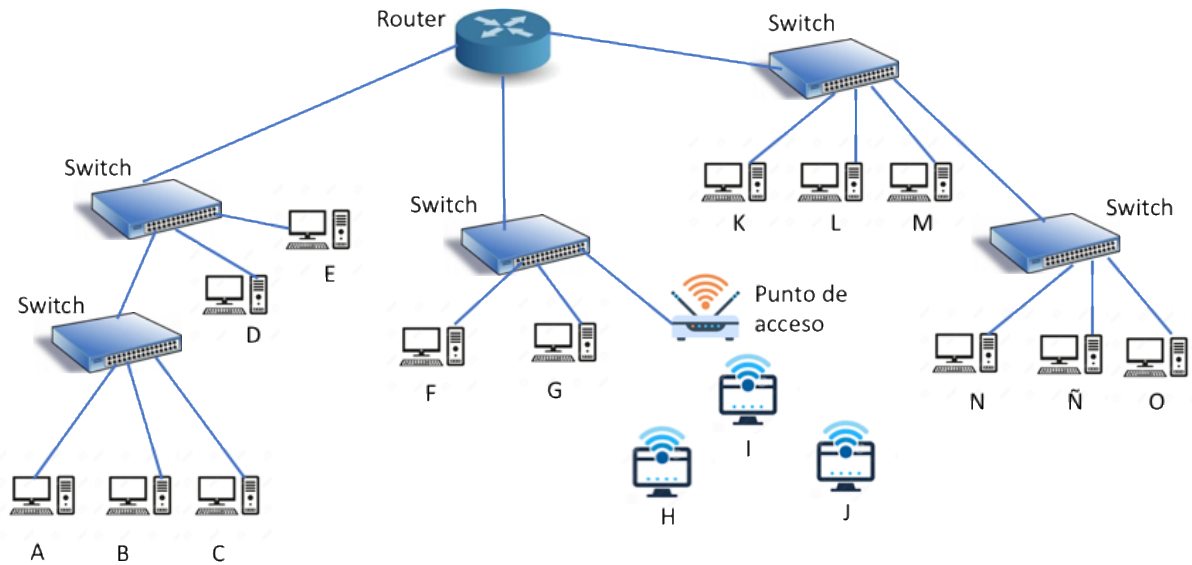
- a. **L** y **M** pueden transmitir simultáneamente sin problemas de colisiones, puesto que el switch correspondiente recibe ambas tramas y las transmite al **Router 2** secuencialmente.
- b. Podría producirse una colisión entre **O** y **N**, ya que ambos utilizan el mismo medio inalámbrico compartido. Dicha colisión afectaría tanto a **O** como a **N**, y al propio punto de acceso **PA-1**.
- c.



- d. Si **F** envía una difusión las reciben todas las estaciones en su dominio de difusión, es decir, **G**, **E**, **D** y el **Router3**. Si la envía **D**, la situación es la misma: la reciben las estaciones de su dominio de difusión: **G**, **E**, **F** y el **Router3**.
- e. La secuencia de tramas es la siguiente:

Tipo de trama (eth / inal)	Dir. 1 / Dir. destino	Dir. 2 / Dir. origen	Dir. 3	Función de la trama	Hosts que reciben copia de la trama
802.11	PA – 1	N	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Petición ARP IP Router 2	(PA – 1)
802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA – 1	N	Petición ARP IP Router 2	N, O
802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	N	–	Petición ARP IP Router 2	H, I, J, K, (Router 2)
802.3	N	Router 2	–	Respuesta ARP IP Router 2	(PA – 1)
802.11	N	PA – 1	Router 2	Respuesta ARP IP Router 2	N, O
802.11	PA – 1	N	Router 2	Paquete IP N → E	(PA – 1)
802.3	Router 2	N	–	Paquete IP N → E	(Router 2)
802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Router 2	–	Petición ARP IP Router 3	(Router 3)
802.3	Router 2	Router 3	–	Respuesta ARP IP Router 3	(Router 2)
802.3	Router 3	Router 2	–	Paquete IP N → E	(Router 3)
802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Router 3	–	Petición ARP IP E	D, E, F, G
802.3	Router 3	E	–	Respuesta ARP IP E	(Router 3)
802.3	E	Router 3	–	Paquete IP N → E	E

4. Dada la siguiente figura:



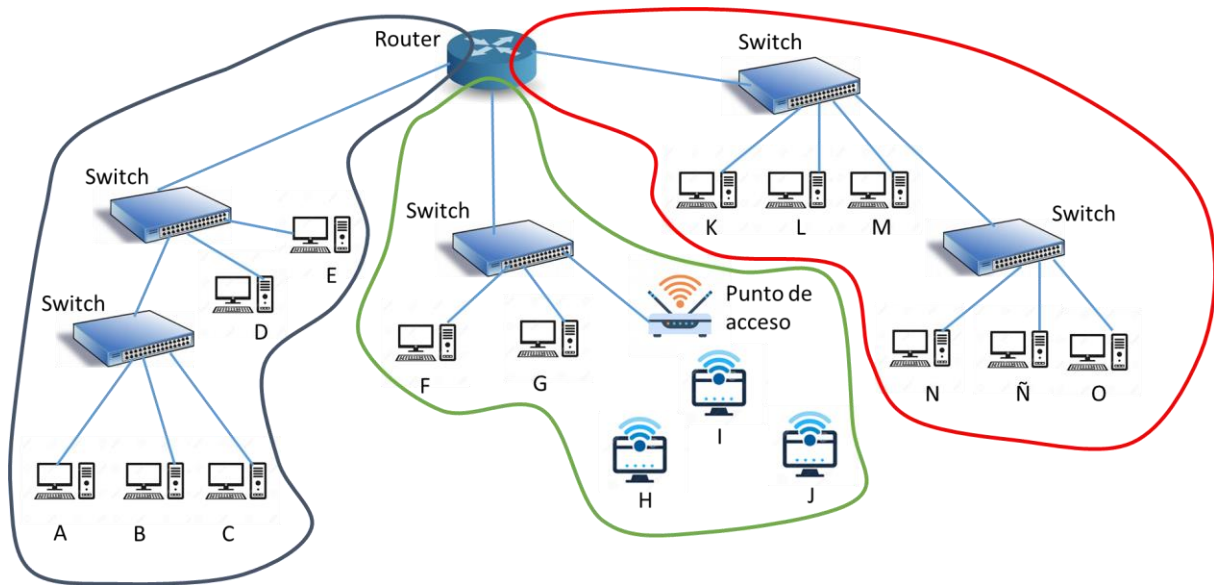
Se supone que las cachés ARP están vacías en todos los sistemas excepto en el computador “O” que dispone de los datos necesarios, que el router está correctamente configurado, que tras un periodo de funcionamiento los conmutadores conocen la ubicación de todas las máquinas, que las estaciones “H”, “I”, “J” están asociadas al punto de acceso y que las estaciones “H” y “J” no se ven entre sí. Contesta a las siguientes preguntas:

- Indica sobre la figura los dominios de difusión.
- Si el computador “E” inicia el envío de una trama a “G” e instantes después “D” inicia una transmisión dirigida a “F”, ¿existe la posibilidad de que se produzca una colisión? ¿Por qué?
- Indica completando la tabla siguiente la secuencia de tramas que se generarán para que el computador “O” envíe un datagrama al computador “H”. Indica de dichas tramas cuáles llegarán a la tarjeta de red de los computadores “K” y “J”.

Tipo trama	Cabecera de la trama				Direcciones IP relacionadas		Función	Llega K/J
	Dir. 1 /Dir. Dst.	Dir. 2 / Dir. Fte.	Dir. 3	Prot. en campo tipo	Dir. IP Fte.	Dir. IP Dst.		

Solución:

a. *Existen tres dominios de difusión:*



b. *Tanto **D** como **E** están conectados a un switch, por lo que éste recibirá ambas tramas y las enviará secuencialmente hacia el **Router**. No es posible que se produzcan colisiones.*

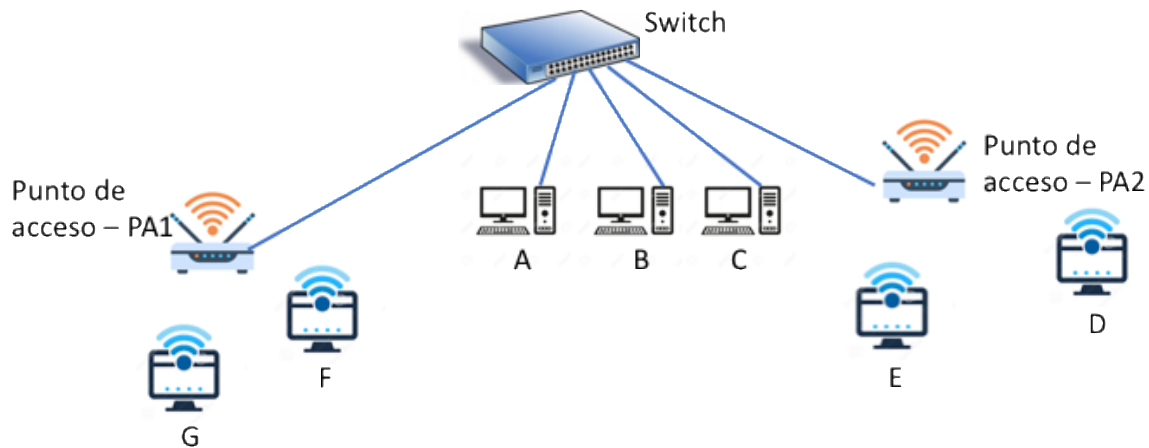
c. *La secuencia de tramas será la siguiente:*

Tipo trama	Cabecera de la trama				Direcciones IP relacionadas		Función	Llega K/J
	Dir. 1 /Dir. Dst.	Dir. 2 / Dir. Fte.	Dir. 3	Prot. en campo tipo	Dir. IP Fte.	Dir. IP Dst.		
802.3	Router (1)	O	–	IP	O	H	Paquete IP	No
802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Router (2)	–	ARP	Router(2)	H	Petición ARP de la MAC de H	No
802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA	Router(2)	ARP	Router(2)	H	Petición ARP de la MAC de H	J
802.11	PA	H	Router(2)	ARP	Router(2)	H	Respuesta ARP con la MAC de H	No
802.3	Router(2)	H	–	ARP	Router(2)	H	Respuesta ARP con la MAC de H	No
802.3	H	Router(2)	–	IP	O	H	Paquete IP	No
802.11	H	PA	Router(2)	IP	O	H	Paquete IP	No

Nota: Dado que el router tiene 3 interfaces, hemos nombrado Router (1) y (2) a los dos interfaces del mismo que intervienen en el proceso. El (1) conecta con el dominio de difusión rojo y el (2) con el verde.

*Nota: **O** no realiza peticiones ARP puesto que ya dispone de todos los datos*

5. La red de la figura está compuesta por un conmutador Ethernet al que se conectan los computadores A, B, C y los puntos de acceso inalámbrico PA-1 y PA-2. A PA-1 están asociadas las estaciones móviles F y G y no se ven entre ellas, y al PA-2 están asociadas las estaciones móviles D y E que no se ven entre ellas. El conmutador conoce la configuración completa de la red. Las cachés ARP de todos los sistemas disponen de la información necesaria.



Describe la trama o tramas que se generan en los casos siguientes hasta que se alcanza el destino deseado (para expresar la dirección física de un dispositivo, usa el nombre de ese dispositivo: A, B, conmutador, PA, etc.):

- a) A envía un datagrama a B

Tipo trama (Ethernet o 802.11)	Dir. destino o Dir. 1	Dir. fuente o Dir. 2	Dir. 3

- b) A envía un datagrama a G

Tipo trama (Ethernet o 802.11)	Dir. destino o Dir. 1	Dir. fuente o Dir. 2	Dir. 3

- c) D envía un datagrama a C

Tipo trama (Ethernet o 802.11)	Dir. destino o Dir. 1	Dir. fuente o Dir. 2	Dir. 3

- d) D envía un datagrama a G

Tipo trama (Ethernet o 802.11)	Dir. destino o Dir. 1	Dir. fuente o Dir. 2	Dir. 3

- e) Si A realiza una difusión Ethernet, ¿qué dispositivos recibirán una copia de la trama?
- f) B inicia el envío de una trama a E, instantes después G inicia una transmisión dirigida a D, ¿se puede producir una colisión? Explica por qué.
- g) B inicia el envío de una trama a E; instantes después, D inicia una transmisión dirigida a F, ¿se puede producir una colisión? Explica por qué.
- h) Si A envía una trama a B, ¿a qué tarjetas de red les llega una copia de la trama?

Solución:

a. A envía un datagrama a B

Tipo de trama	Dirección destino Dir 1	Dirección origen Dir 2	Dirección 3	Significado
Ethernet	B	A	-----	Datagrama IP

b. A envía un datagrama a G

Tipo de trama	Dirección destino Dir 1	Dirección origen Dir 2	Dirección 3	Significado
Ethernet	G	A	-----	Datagrama IP
802.11	G	PA-1	A	Datagrama IP

c. D envía un datagrama a C

Tipo de trama	Dirección destino Dir 1	Dirección origen Dir 2	Dirección 3	Significado
802.11	PA-2	D	C	Datagrama IP
Ethernet	C	D	-----	Datagrama IP

d. D envía un datagrama a G

Tipo de trama	Dirección destino Dir 1	Dirección origen Dir 2	Dirección 3	Significado
802.11	PA-2	D	G	Datagrama IP
Ethernet	G	D	-----	Datagrama IP
802.11	G	PA-1	D	Datagrama IP

- e. Si A realiza una difusión Ethernet, ¿qué dispositivos recibirán una copia de la trama?*
Todas las estaciones recibirán copia de las difusiones, ya que están en el mismo dominio de difusión.
- f. B inicia el envío de una trama a E, instantes después G inicia una transmisión dirigida a D, ¿se puede producir una colisión? Explica por qué.*
No, ya que el switch recibe ambas tramas y las reenvía secuencialmente.
- g. B inicia el envío de una trama a E; instantes después, D inicia una transmisión dirigida a F, ¿podrían interferir ambas transmisiones y provocar la pérdida de una o más trama/s? Justifica tu respuesta.*
Podría perderse la trama que transmite D al PA-2, si PA-2 ha empezado a transmitir simultáneamente la trama con destino E. Al estar PA-2 transmitiendo la trama a E no podría recibir la trama de D, ya que los dispositivos inalámbricos funcionan en modo half-dúplex. Además, las señales de ambas tramas colisionarían en el PA-2 lo que

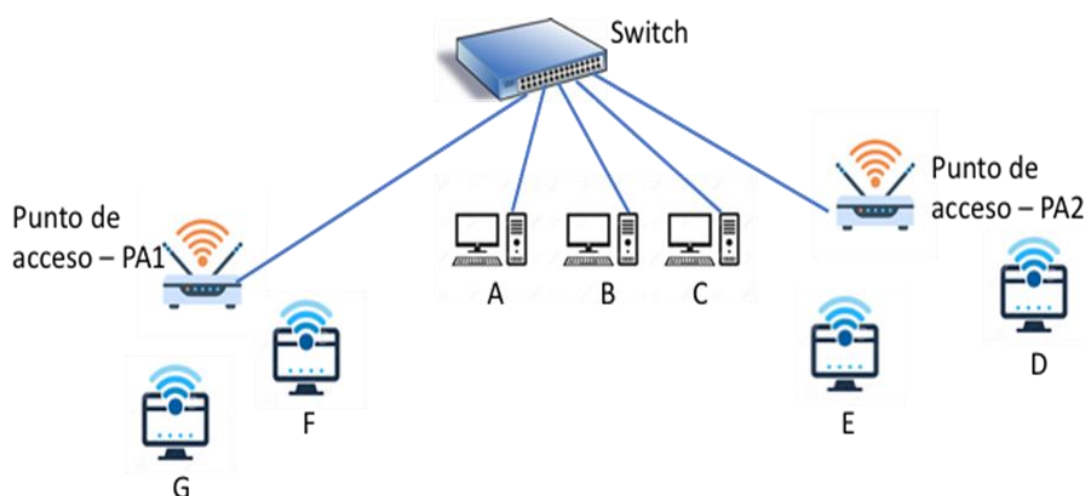
impediría la correcta recepción de la trama enviada por D en cualquier caso. E recibiría su trama correctamente porque no recibiría la señal generada por D.

h. Si A envía una trama a B, ¿a qué tarjetas de red les llega una copia de la trama?

Solo a B.

6. La red de la figura está compuesta por un conmutador Ethernet al que se conectan los computadores A, B, C y los puntos de acceso inalámbrico PA-1 y PA-2. A PA-1 están asociadas las estaciones móviles F y G y no se ven entre ellas, y al PA-2 están asociadas las estaciones móviles D y E que no se ven entre ellas. El conmutador conoce la configuración completa de la red. Las cachés ARP de todos los sistemas **NO** disponen de la información necesaria.

Describe las tramas que se generan cuando D envía un datagrama a E hasta que se alcanza el destino deseado (para expresar la dirección física de un dispositivo, usa el nombre de ese dispositivo: A, B, Switch, PA1, etc.):



Tipo de trama	Dirección destino/Dir. 1	Dirección origen/Dir. 2	Dirección 3	Significado
IEEE 802.11	PA-2	D	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Petición ARP
IEEE 802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA-2	D	Petición ARP
Ethernet	FF:FF:FF:FF:FF:FF	D	-----	Petición ARP
IEEE 802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA-1	D	Petición ARP
IEEE 802.11	PA-2	E	D	Respuesta ARP
IEEE 802.11	D	PA-2	E	Respuesta ARP
IEEE 802.11	PA-2	D	E	Datagrama IP
IEEE 802.11	E	PA-2	D	Datagrama IP