

## Cuestiones tema 7

### 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.  
**Es la responsable de reenviar tramas entre los nodos inalámbricos y entre los nodos inalámbricos y los cableados**
2. Indica dos ejemplos de estaciones base.  
**Los Puntos de acceso wifi y las torres de telefonía móvil**
3. Diferencia entre redes ad-hoc y con infraestructura.  
**Ad-hoc: conexión temporal entre dispositivos. La comunicación entre ellos es directa.**  
**Infraestructura: conexión a través de un punto de acceso**
4. Clasifica las redes inalámbricas atendiendo a estos dos criterios:
  - a. El paquete cruza un único enlace inalámbrico o varios.  
**De único salto o múltiples saltos con o sin infraestructura**
  - b. La red emplea estación base o no.  
**Ad-hoc (sin base) / Infraestructura (con base)**

#### 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).
  - **Atenuación de la señal inalámbrica en función de la distancia**
  - **Interferencia con otras fuentes de señal**
  - **Propagación multicamino**
6. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿en qué tipo de redes habrá una mayor probabilidad de errores de transmisión, inalámbricas o cableadas?  
**Inalámbricas**
7. ¿En qué consiste el problema del terminal oculto? Cita dos escenarios distintos donde puede producirse.  
**Dos estaciones no se ven, es decir, no llegan tramas de una a otra pero sí al punto de acceso (en general, a un nodo intermedio), al que todas llegan y en el que pueden colisionar las tramas.**  
**Un escenario son dos nodos inalámbricos que no se ven por la presencia de obstáculos que interfieren la señal (edificaciones, estructuras metálicas, ...). Otro escenario posible son dos nodos que no se ven por la distancia entre ellos y la atenuación de la señal.**

#### Referido a LANs Wifi: IEEE 802.11

8. Indica en qué se diferencian principalmente los estándares IEEE 802.11.  
**Se diferencian en el rango de frecuencias que emplean y en las velocidades de transmisión que permiten.**
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?  
**Es la zona de cobertura que nos da el punto de acceso. Este espacio estará determinado por el área de alcance de la señal.**  
**La composición básica es un punto de acceso que da servicio a unos dispositivos inalámbricos. Del punto de acceso, habitualmente, ya se pasa a una red cableada**

aunque existe la posibilidad de enlazar con otro punto de acceso inalámbrico.

10. Describe el papel que desempeñan las tramas de ofrecimiento de asociación (beacon frames) en el marco de la arquitectura IEEE 802.11.

Ofrecimiento de servicio por parte de un punto de acceso

11. En el caso de escaneado pasivo, ¿cómo detecta una estación que existe algún punto de acceso (PA) en su radio de acción? ¿y en el de escaneado activo?

En el modo pasivo, por la recepción de las tramas beacon del PA.

En el modo activo, es el nodo inalámbrico el que envía una trama de sondeo.

12. Una vez detectado el PA, ¿cómo se asocia un host a un PA?

El host envía una petición de asociación a un punto de acceso concreto (podría haber más de un PA ofreciendo asociación): Association request/response

### 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?

Porque hay nodos que pueden estar ocultos entre ellos y la colisión se puede producir en un nodo intermedio entre ambos (por ejemplo, en el punto de acceso) y ellos no la pueden advertir. Además, las colisiones son difíciles de detectar.

2. Explica brevemente el algoritmo CSMA/CA.

#### **CSMA/CA emisor:**

- Si detecta el canal libre durante DIFS segundos:
  - Transmite la trama completa (sin escuchar)
- Si detecta el canal ocupado, sigue escuchando:
  - Cuando queda libre, espera un tiempo aleatorio (algoritmo Backoff)

#### **CSMA/CA receptor:**

- Si trama recibida OK, devuelve ACK después de SIFS segundos

El ACK es necesario y obligatorio debido al problema de la estación oculta.

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?

Para competir en igualdad de condiciones con el resto de nodos que pueden estar esperando para ganar el derecho a usar el medio físico, tras ver el canal libre también esperan un tiempo que depende del algoritmo de backoff.

4. ¿Por qué en el algoritmo CSMA/CA se emplean reconocimientos (ACK)? (Nota: tener en cuenta porque no se empleaban en CSMA/CD).

Dado que no hay esquema de detección de colisión y la probabilidad de sufrir errores es mayor que en CSMA/CD (red cableada), en CSMA/CA se utiliza el mecanismo de ACK para que el emisor sepa que la trama a nivel de enlace ha llegado bien al siguiente dispositivo inalámbrico (nodo o punto de acceso). En caso de colisionar (o sufrir un error), el receptor no podrá enviar el ACK, con lo que el emisor reintentará la transmisión posteriormente.

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?

Porque el tiempo de espera que transcurre entre que se reciben los datos del emisor y se envía el ACK (SIFS) es menor que el tiempo que esperan las estaciones una vez que se detecta el canal libre (DIFS) más el tiempo de backoff si es necesario y empiezan su transmisión.

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?

El emisor que detecta el canal libre durante DIFS segundos puede transmitir la trama. Si está ocupado, espera, además, un tiempo aleatorio (Backoff). Como todos los nodos esperan un tiempo distinto, la probabilidad de colisionar disminuye considerablemente. Disminuir las colisiones maximiza la utilización efectiva de la red.

Si un nodo tiene que enviar varias tramas seguidas, esperará también un tiempo de Backoff entre las tramas para competir en igualdad de condiciones con el resto de nodos que desean efectuar una transferencia.

El tiempo que se espera para enviar el ACK es menor al tiempo de espera para enviar una trama de datos, con lo que no se puede colisionar en ese momento. El ACK asegura la recepción correcta de la trama enviada, así como la no ocurrencia de colisión. Por tanto, este mecanismo mejora las prestaciones de la red.

7. Indica cómo se emplea el umbral de RTS (*Request To Send*).

El umbral RTS determina cuándo se va a utilizar el mecanismo de evitación de colisiones (RTS-CTS). Cuando el tamaño de la trama supera el parámetro especificado en el umbral se requiere el uso de este mecanismo que solventa el problema del terminal oculto.

8. ¿Para qué sirve el campo de control de la cabecera de las tramas IEEE 802.11?

Indica el tipo de trama (control, gestión o datos) y proporciona información de control. La información de control incluye si la trama va hacia o desde un DS (Sistema de distribución), información de fragmentación e información de privacidad.

9. ¿Para qué sirven los campos de control FromDS y ToDS de la cabecera de las tramas IEEE 802.11?

Indica si la trama va desde un nodo inalámbrico hacia un punto de acceso (ToDS activo) con el objetivo de entrar en el sistema de distribución (DS) tanto en la parte cableada o inalámbrica para alcanzar un destino, o desde el punto de acceso procedente del DS (tanto de un nodo inalámbrico como cableado) hacia el nodo inalámbrico (FromDS activo).

Existe otro caso, en el que los dos bits están inactivos que corresponde a redes ad-hoc o mensajes que no abandonan la parte inalámbrica (por ejemplo, beacon frames, ACK,...). Por último, cuando los dos bits están activos indican que la información va desde un punto de acceso a otro punto de acceso.

10. En una trama IEEE 802.11, ¿a quién identifican las direcciones 1, 2 y 3?

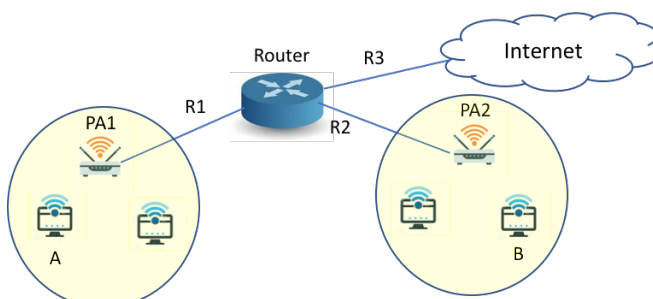
Dir. 1: MAC estación inalámbrica receptora. Dir. 2: MAC estación inalámbrica emisora y Dir. 3: MAC fuente/destino de la trama

11. ¿Por qué la cabecera de las tramas IEEE 802.11 incluye un campo de número de secuencia?

Para distinguir tramas retransmitidas (duplicadas) y así poder descartarlas.

## Problemas

- 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:*

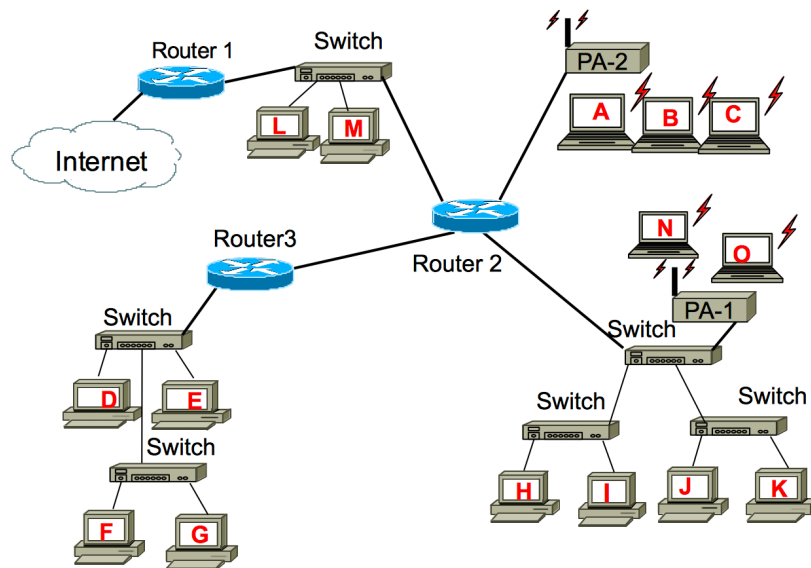
Tipo de trama IEEE (inalámbrica o ethernet)	Dir 1 (Dir dest)	Dir 2 (Dir fuente)	Dir 3	Tipo de datos de la trama
IEEE 802.11	PA1	A	R <sub>1</sub>	IP A → B
IEEE 802.3	R <sub>1</sub>	A	–	IP A → B
IEEE 802.3	B	R <sub>2</sub>	–	IP A → B
IEEE 802.11	B	PA2	R <sub>2</sub>	IP A → B

- 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 <sub>1</sub>	IP A → B
IEEE 802.3	R <sub>1</sub>	A	–	IP A → B
IEEE 802.3	FF:FF:FF:FF:FF:FF	R <sub>2</sub>		ARP Req IP B
IEEE 802.11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	PA2	R <sub>2</sub>	ARP Req IP B
IEEE 802.11	PA2	B	R <sub>2</sub>	ARP Resp de B
IEEE 802.3	R <sub>2</sub>	B	–	ARP Resp de B
IEEE 802.3	B	R <sub>2</sub>	–	IP A → B
IEEE 802.11	B	PA2	R <sub>2</sub>	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.

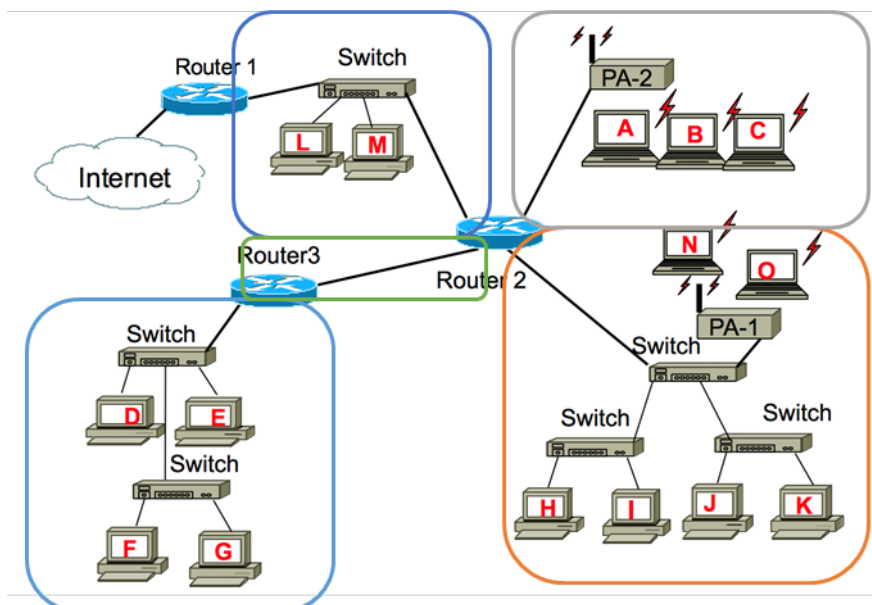
- ¿Puede L transmitir un datagrama a J al mismo tiempo que M transmite otro a K sin colisionar? Razona tu respuesta.
- ¿Se produciría alguna colisión si N transmite un datagrama a H al mismo tiempo que O transmite un datagrama a G? En caso afirmativo indica que dispositivo(s) vería(n) dicha colisión.
- Indica en la figura mediante nubes los distintos dominios de difusión (redes IP) que aparecen.
- Si F envía una difusión, ¿qué estaciones recibirán una copia de la trama? ¿Y si la envía D?
- 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:*

- 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.*
- 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.

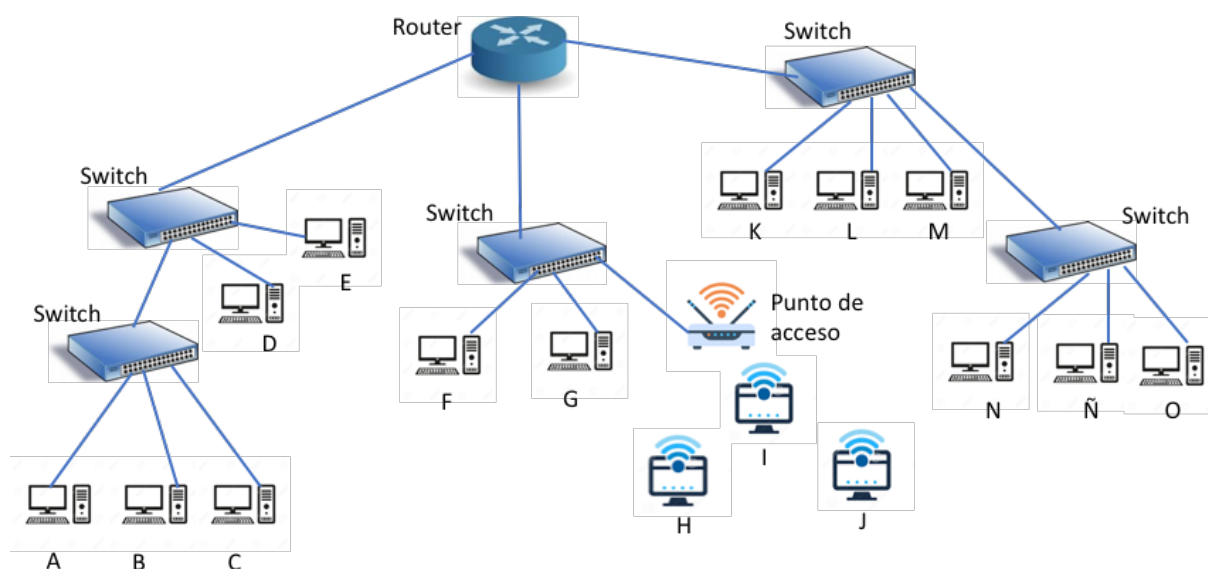


- d. Si **F** envía una difusión las reciben todas las estaciones en su dominio de difusión, es decir, **G**, **E**, **D** y el **Router3**. Si la envía **D**, la situación es la misma: la reciben las estaciones de su dominio de difusión: **G**, **E**, **F** y el **Router3**.
- e. La secuencia de tramas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

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
802.3	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:

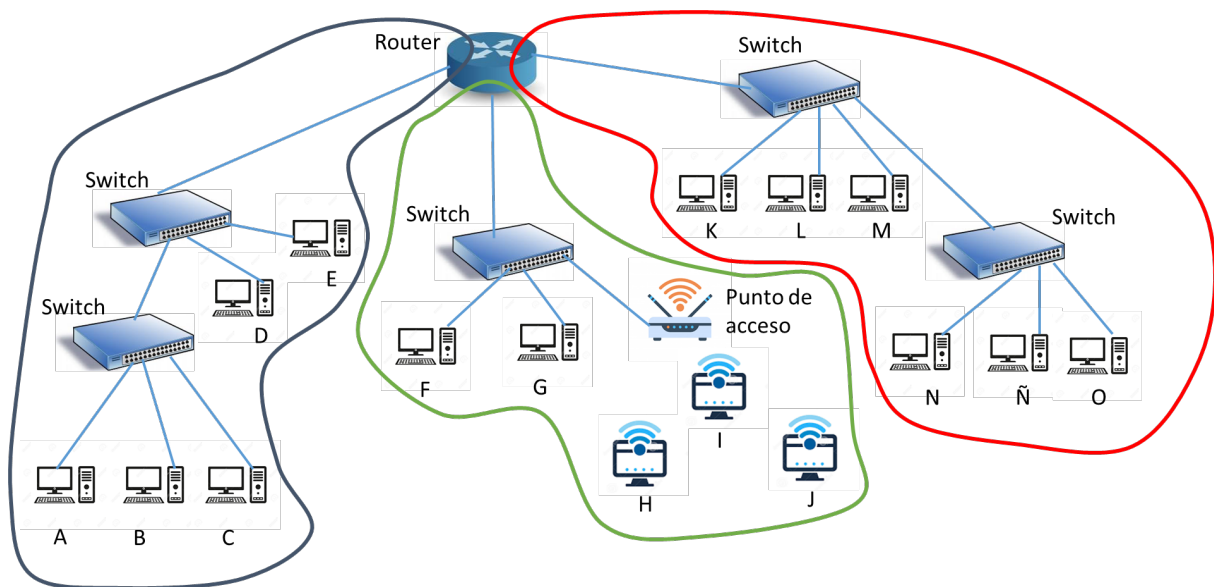
- Indica sobre la figura los dominios de difusión.
- Si el computador “E” inicia el envío de una trama a “G” e instantes después “D” inicia una transmisión dirigida a “F”, ¿existe la posibilidad de que se produzca una colisión? ¿Por qué?
- Indica completando la tabla siguiente la secuencia de tramas 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.*

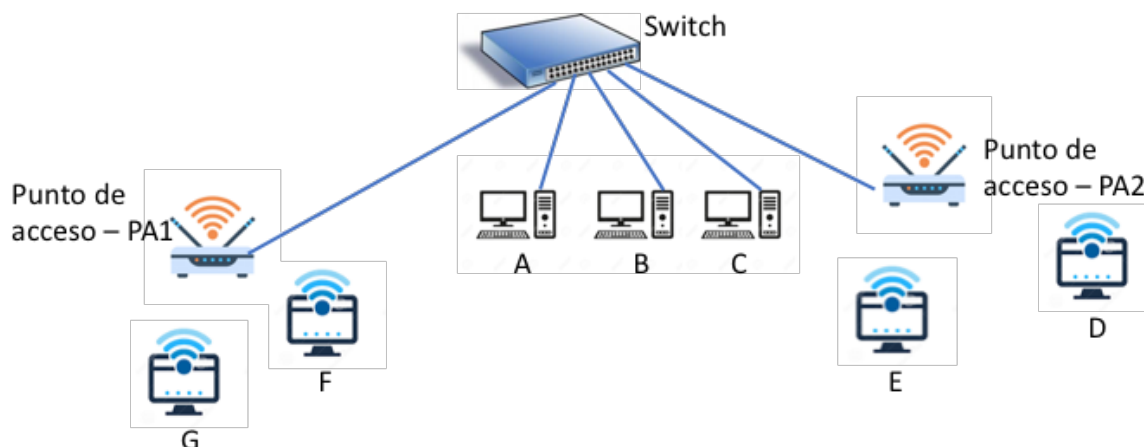
c. *La secuencia de tramas será la siguiente:*

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, ¿se puede producir una colisión? Explica por qué.*

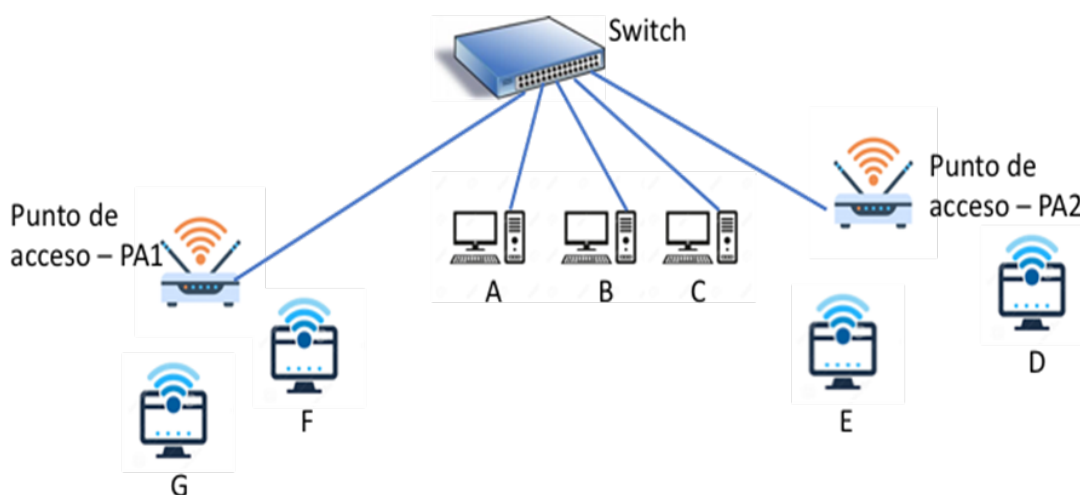
*Podría producirse, ya que el BSS del PA-2 es un medio compartido.*

*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