

# Práctica 10 - Redes y Comunicaciones

## 1. ¿Qué función cumple la capa de enlace? Indique qué servicios presta esta capa.

- La capa de enlace se encarga de **mover los datagramas de la capa de red a través de un único enlace dentro de la ruta** desde el host de origen al host de destino. Para ello, utiliza un protocolo de la capa de enlace que define el formato de los paquetes y las acciones que realizan los nodos al enviarlos y recibirlos. **Servicios que ofrece la capa de enlace:**

- **Entramado:** Consiste en encapsular cada datagrama de la capa de red dentro de una trama de la capa de enlace, que incluye campos de cabecera y de datos. La estructura de la trama se define en el protocolo de la capa de enlace.
- **Direccionamiento:** Los hosts y routers poseen direcciones de la capa de enlace, que permiten identificarlos dentro de un enlace específico. Estas direcciones son necesarias para que los nodos puedan enviarse tramas entre sí a nivel de enlace. El protocolo ARP se utiliza para traducir direcciones IP a direcciones de la capa de enlace.
- **Acceso múltiple:** En los enlaces de difusión, donde múltiples nodos comparten el mismo canal, se utiliza un protocolo de acceso al medio (MAC) para coordinar las transmisiones y evitar colisiones.
- **Entrega fiable:** Algunos protocolos de la capa de enlace garantizan que los datagramas se transmitan sin errores a través del enlace mediante reconocimientos y retransmisiones. Esto es útil en enlaces propensos a errores, como los inalámbricos, pero puede ser innecesario en enlaces con baja tasa de errores.
- **Control de flujo:** Para evitar que el emisor sature al receptor con tramas, el protocolo de la capa de enlace puede implementar mecanismos de control de flujo que regulen la velocidad de transmisión.

### Relación con otras capas:

- **Capa de red:** La capa de enlace se sitúa por debajo de la capa de red y se encarga de la transmisión de datagramas a través de enlaces individuales. La capa de red confía en los servicios de la capa de enlace para mover los datagramas a través de la red.
- **Capa física:** La capa de enlace se sitúa por encima de la capa física, que se encarga de transmitir los bits individuales de las tramas a través del medio físico.

## 2. Compare los servicios de la capa de enlace con los de la capa de transporte.

- Tanto la capa de enlace como la capa de transporte ofrecen servicios que pueden parecer similares a simple vista, pero existen diferencias cruciales en su alcance y enfoque. A continuación, se comparan los servicios de ambas capas:

### Entrega fiable:

- **Capa de enlace:** La entrega fiable en la capa de enlace se limita a un único enlace entre dos nodos adyacentes. Se asegura que las tramas se transmitan sin errores a través de ese enlace específico, utilizando mecanismos como reconocimientos y retransmisiones.
- **Capa de transporte:** La entrega fiable en la capa de transporte, como la que proporciona TCP, opera de extremo a extremo entre dos procesos que se ejecutan en hosts diferentes. Garantiza que los segmentos lleguen al proceso de destino sin errores, independientemente de la cantidad de enlaces o routers intermedios.

#### **Control de flujo:**

- **Capa de enlace:** El control de flujo en la capa de enlace se implementa entre dos nodos adyacentes para evitar que el emisor sature al receptor con tramas. Regula la velocidad de transmisión en un enlace específico.
- **Capa de transporte:** El control de flujo en la capa de transporte también busca evitar la saturación del receptor, pero su alcance es de extremo a extremo entre dos procesos. Regula la cantidad de datos que se envían entre dos hosts, considerando la capacidad de la red y del receptor.

#### **Otros servicios:**

- **Direccionamiento:** Ambas capas utilizan direccionamiento, pero con diferentes propósitos. La capa de enlace utiliza direcciones MAC para identificar nodos dentro de un enlace, mientras que la capa de transporte utiliza números de puerto para identificar procesos específicos en los hosts.

En resumen, la capa de enlace se centra en la transmisión de datos a través de un único enlace, mientras que la capa de transporte se encarga de la comunicación de extremo a extremo entre procesos que se ejecutan en hosts diferentes.

### **3. Direccionamiento Ethernet:**

#### **a. ¿Cómo se identifican dos máquinas en una red Ethernet?**

- En una red Ethernet, las máquinas se identifican mediante sus **direcciones MAC (Media Access Control)**. Estas direcciones son únicas para cada adaptador de red y están almacenadas en el firmware de la tarjeta.

#### **b. ¿Cómo se llaman y qué características poseen estas direcciones?**

- **Direcciones MAC (Media Access Control) - Características:**
  - **Únicas:** Cada adaptador de red tiene una dirección MAC única, asignada por el fabricante.
  - **Formato:** Tienen una longitud de 6 bytes y se representan en notación hexadecimal (ej: AA-AA-AA-AA-AA-AA).
  - **Alcance:** Se utilizan a nivel de enlace para identificar adaptadores dentro de un mismo enlace. No son relevantes para el enrutamiento entre redes.
  - **Función:** Cuando se envía una trama, se incluye la dirección MAC del adaptador de destino. Cada adaptador que recibe una trama verifica si

la dirección MAC de destino coincide con la suya. Si coinciden, la procesa; si no, la descarta.

**c. ¿Cuál es la dirección de broadcast en la capa de enlace? ¿Qué función cumple?**

- La dirección de broadcast en la capa de enlace, también conocida como dirección MAC de broadcast, se utiliza para enviar una trama a todas las máquinas en una misma red local (LAN). En las redes Ethernet, la dirección MAC de broadcast es **FF-FF-FF-FF-FF-FF**.
  - **Envío de mensajes a todos los nodos:** Permite que un nodo emisor envíe un mensaje a todos los demás nodos en la misma LAN simultáneamente. Esto es útil para protocolos como ARP, que se utiliza para descubrir las direcciones MAC de otros hosts en la misma subred.

**4. Sobre los dispositivos de capa de enlace:**

**a. Enumere dispositivos de capa de enlace y explique sus diferencias.**

- **Switch (Conmutador)**
  - **Definición:**
    - Un switch es un dispositivo que conecta múltiples dispositivos dentro de una red local (LAN). Utiliza direcciones MAC para identificar y dirigir los datos al dispositivo correcto.
  - **Características:**
    - Conoce las direcciones MAC de los dispositivos conectados mediante una tabla de direcciones MAC.
    - Permite comunicaciones simultáneas entre varios pares de dispositivos.
    - **Reduce las colisiones en redes Ethernet al segmentar dominios de colisión.**
  - **Ventajas sobre un Hub:**
    - Mayor eficiencia al enviar datos solo al destinatario.
    - Segmentación de tráfico.
- **Hub (Concentrador)**
  - **Definición:**
    - Un hub es un dispositivo de red más básico que transmite todos los datos que recibe a todos los puertos, sin considerar a qué dispositivo están destinados.
  - **Características:**
    - También opera en la capa 2, pero no realiza decisiones inteligentes de reenvío.
    - Todo el tráfico se comparte entre los dispositivos conectados, generando un único dominio de colisión.
    - Es menos eficiente que un switch.

- **Ventajas:**
  - Bajo costo.
  - Sencillez en su configuración.
- **Desventajas:**
  - **Incrementa las colisiones de datos en redes Ethernet.**
  - Menor velocidad y eficiencia.
- **Bridge (Puente)**
  - **Características:**
    - Un bridge conecta dos segmentos de red, operando en la capa de enlace de datos. Decide si un paquete debe cruzar de un segmento al otro basándose en direcciones MAC.
  - **Diferencias con un switch:**
    - Un switch puede manejar múltiples puertos y conexiones simultáneamente, mientras que un bridge tradicional suele tener solo dos puertos.

Dispositivo	Función Principal	Ventaja Principal	Limitación Principal
Switch	Segmentar y dirigir tráfico LAN	Alta eficiencia y segmentación	Más costoso que un hub
Hub	Repetir señales a todos los puertos	Simplicidad y bajo costo	Muchas colisiones y baja eficiencia
Bridge	Conectar segmentos de red	Reducción de tráfico cruzado	Depende de la calidad del enlace inalámbrico.

## b. ¿Qué es una colisión?

- Una **colisión** en el contexto de redes informáticas ocurre cuando dos o más dispositivos intentan enviar datos simultáneamente a través del mismo medio de transmisión compartido, como un cable Ethernet o un canal inalámbrico.

### Protocolos para Manejar Colisiones:

- Los protocolos de acceso múltiple se diseñan para minimizar o manejar las colisiones. Dos enfoques comunes son:
  - **Protocolos de Acceso Aleatorio:** Estos protocolos, como CSMA/CD en Ethernet y CSMA/CA en Wi-Fi, permiten que los nodos transmitan en cualquier momento, pero con mecanismos para detectar o evitar colisiones.
    - **CSMA/CD(Ethernet):** Los nodos detectan colisiones mientras transmiten y abortan la transmisión para evitar un mayor desperdicio de ancho de banda.
    - **CSMA/CA(Wi-Fi):** Los nodos utilizan mecanismos como el tiempo de espera aleatorio y las tramas RTS/CTS para minimizar la probabilidad de colisiones.

- **Protocolos de Toma de Turnos:** En estos protocolos, como Token Ring, solo el nodo que posee un token especial tiene permiso para transmitir. Esto elimina las colisiones, pero puede ser ineficiente en redes grandes o con mucho tráfico.

c. **¿Qué dispositivos dividen dominios de broadcast?**

- El dispositivo que divide dominios de broadcast es el **router**.

d. **¿Qué dispositivos dividen dominios de colisión?**

- Switch, router.

5. **¿Para qué sirve el algoritmo de acceso al medio en Ethernet? ¿Es orientado a la conexión?**

- El algoritmo de acceso al medio en Ethernet, conocido como CSMA/CD (Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones), sirve para regular el acceso al medio de transmisión compartido en una red Ethernet.

**El algoritmo CSMA/CD busca evitar que las tramas de datos enviadas por diferentes dispositivos colisionen entre sí.**

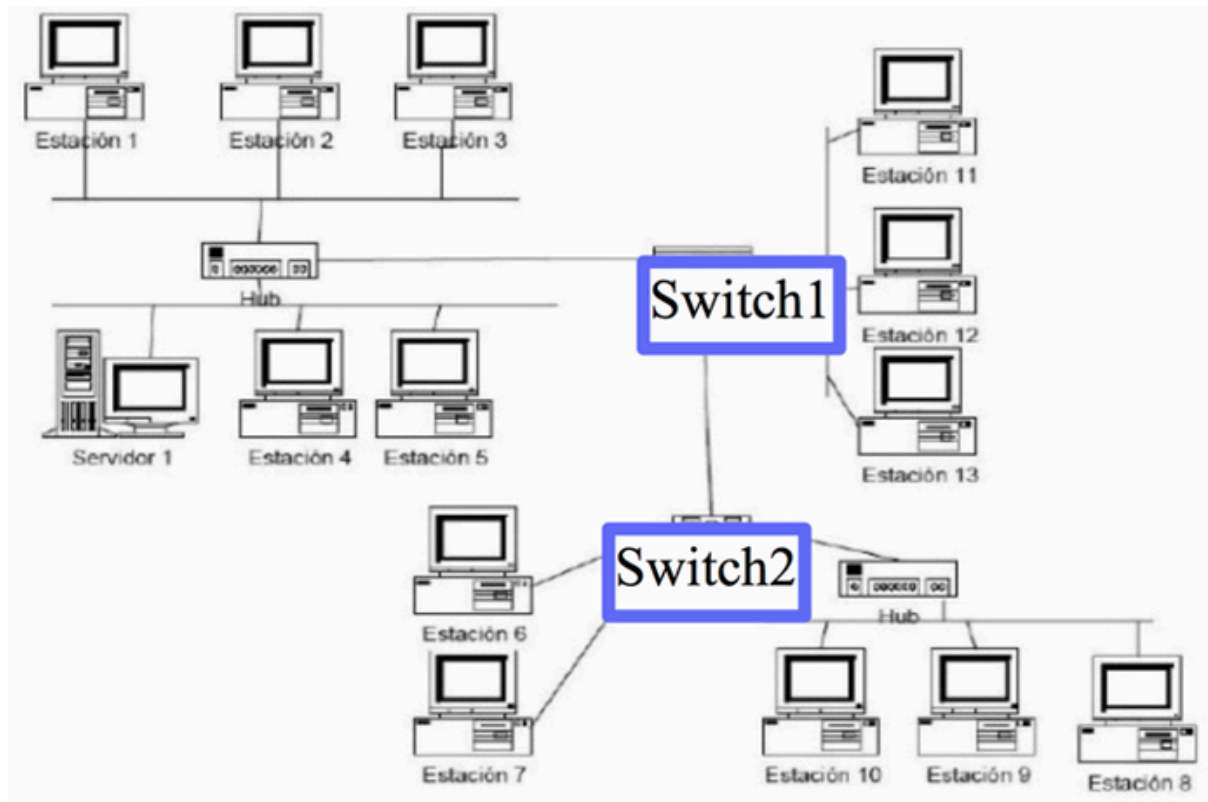
**Funcionamiento del algoritmo:**

- **Detección de portadora:** Antes de transmitir, un dispositivo escucha el canal para verificar si hay otra transmisión en curso. Si el canal está ocupado, el dispositivo espera hasta que esté libre.
- **Transmisión:** Si el canal está libre, el dispositivo comienza a transmitir su trama de datos.
- **Detección de colisiones:** Mientras transmite, el dispositivo continúa escuchando el canal para detectar posibles colisiones. Si se detecta una colisión, el dispositivo interrumpe la transmisión y envía una señal de jamming para alertar a los demás dispositivos.
- **Backoff exponencial:** Después de una colisión, el dispositivo espera un tiempo aleatorio antes de intentar transmitir de nuevo. Este tiempo de espera se calcula utilizando un algoritmo de backoff exponencial, que aumenta el tiempo de espera promedio después de cada colisión. Esto ayuda a reducir la probabilidad de nuevas colisiones.
- No, Ethernet no está orientado a la conexión.

6. **¿Cuál es la finalidad del protocolo ARP?**

- El **protocolo ARP (Address Resolution Protocol)** tiene como finalidad principal resolver las direcciones IP de un dispositivo a su correspondiente dirección MAC en una red local (LAN). Esto permite que los dispositivos dentro de una red puedan comunicarse utilizando sus direcciones físicas, ya que el protocolo de red subyacente (como Ethernet) utiliza direcciones MAC para el envío de datos.

7. Dado el siguiente esquema de red, responda:



a. Suponiendo que las tablas de los switches (tablas CAM) están llenas con la información correcta, responda quién escucha el mensaje si:

i. La estación 1 envía una trama al servidor 1.

- El mensaje es escuchado por:
  - Estación 2.
  - Estación 3.
  - Estación 4.
  - Estación 5.
  - Servidor 1.

ii. La estación 1 envía una trama a la estación 11.

- El mensaje es escuchado por:
  - Estación 2.
  - Estación 3.
  - Estación 4.
  - Estación 5.
  - Servidor 1.
  - Estación 11.

**iii. La estación 1 envía una trama a la estación 9.**

- El mensaje es escuchado por:
  - Estación 2.
  - Estación 3.
  - Estación 4.
  - Estación 5.
  - Servidor 1.
  - Estación 10.
  - Estación 9.
  - Estación 8.

**iv. La estación 4 envía una trama a la MAC de broadcast.**

- El mensaje es escuchado por:
  - Todos menos la Estación 4.

**v. La estación 6 envía una trama a la estación 7.**

- El mensaje es escuchado por la Estación 7.

**vi. La estación 6 envía una trama a la estación 10.**

- El mensaje es escuchado por:
  - Estación 8.
  - Estación 9.
  - Estación 10.

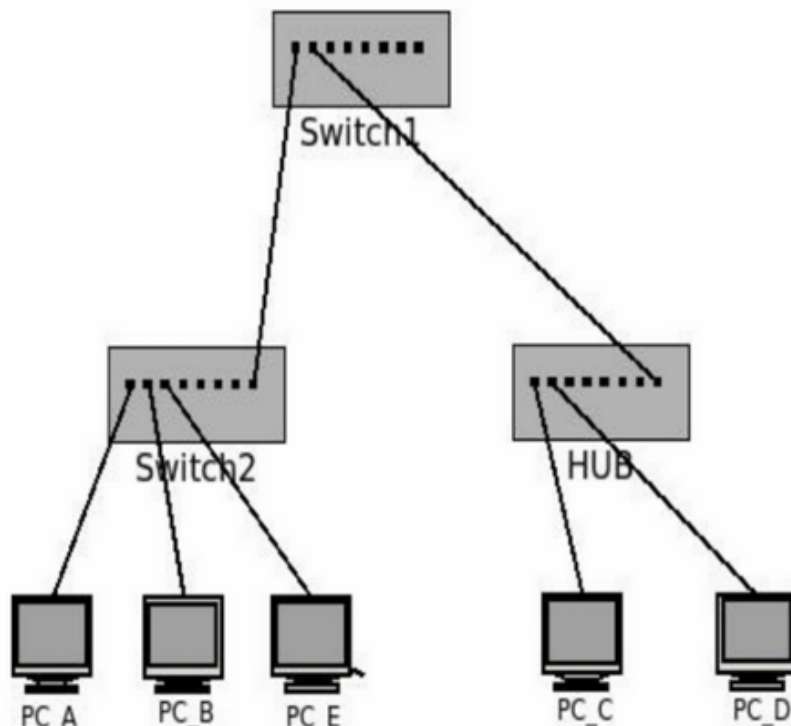
**b. ¿En qué situaciones se pueden producir colisiones?**

- Las colisiones en redes informáticas pueden ocurrir en varias situaciones, especialmente en redes que utilizan hubs o segmentos de red compartidos.
  - **En los hubs:** Los hubs operan en la capa física del modelo OSI y simplemente repiten las señales recibidas en un puerto hacia todos los demás puertos. Por lo tanto, todas las estaciones conectadas a un hub comparten el mismo dominio de colisión. Si dos estaciones intentan transmitir datos al mismo tiempo, se producirá una colisión. **Ejm. Las estaciones 1 y 2 envían una trama simultáneamente al Servidor 1, cuando llega al Hub colisiona.**
  - **En la comunicación entre switches y hubs:** Aunque los switches pueden reducir las colisiones al segmentar la red en dominios de colisión más pequeños, las colisiones aún pueden ocurrir en los segmentos de red donde los hubs están presentes. **Ejm. Las estaciones 11 y 12 envían una trama simultáneamente a la estación**

10, la trama pasa por Switch1 y Switch2 sin colisionar pero cuando el Switch2 las envía al Hub ahí colisionan.

- **Nota:** Los **switches** como los que aparecen en la imagen (Switch1 y Switch2) **dividen los dominios de colisión** y permiten comunicaciones simultáneas entre dispositivos conectados a diferentes puertos. Por lo tanto, dentro de estos switches no se producen colisiones, ya que operan en la capa de enlace de datos y manejan tramas de manera más eficiente.

8. En la siguiente topología de red indique:



a. ¿Cuántos dominios de colisión hay?

- **Tenemos 5 dominios de colisión:**
  - La conexión de la PC A a Switch2.
  - La conexión de la PC B a Switch2.
  - La conexión de la PC E a Switch2.
  - La conexión del Switch2 al Switch1.
  - La conexión del Hub al Switch1 (Las de las PC's con el Hub no se cuentan).

b. ¿Cuántos dominios de broadcast hay?

- Hay un solo dominio de broadcast, estos **se separan con el uso de Routers**.

c. Indique cómo se va llenando la tabla de asociaciones MAC → PORT de los switches SW1 y SW2 durante el siguiente caso:



i. **A envía una solicitud ARP consultando la MAC de C.**

- Las **tablas de asociaciones** las tienen los Switches (en este caso existen 2 tablas), estas tablas se van llenando cuando se van enviando tramas ya que con ellas viaja la dirección MAC del emisor del mensaje.
- Cuando se hace una **solicitud ARP** actúa como un mensaje broadcast pero que es respondido de forma privada.

**SWITCH1**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0

**SWITCH2**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0

ii. **C responde esta solicitud ARP.**

**SWITCH1**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	1

**SWITCH2**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	7

iii. **A envía una solicitud ARP consultando la MAC de B.**

**SWITCH1**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	1

**SWITCH2**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	7

iv. **B responde esta solicitud ARP.**

**SWITCH1**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	1

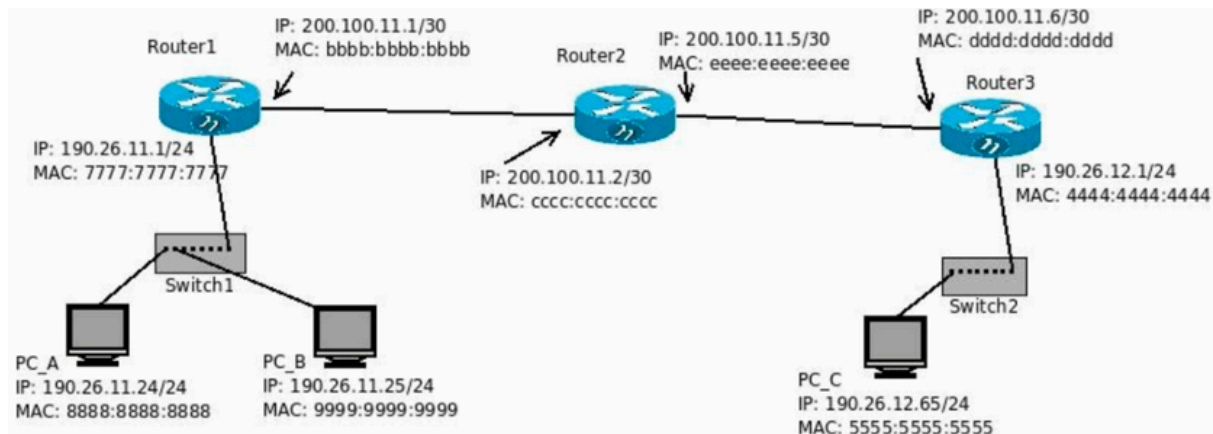
**SWITCH2**

MAC	PORT
MAC_PC_A	0
MAC_PC_C	7
MAC_PC_B	1

d. Si la PC E y la PC D hubiesen estado realizando un tcpdump para escuchar todo lo que pasa por su interfaz de red, ¿cuáles de los requerimientos/respuestas anteriores hubiesen escuchado cada una?

- **PC E:**
  - A envía una solicitud ARP consultando la MAC de C.
  - A envía una solicitud ARP consultando la MAC de B.
- **PC D:**
  - A envía una solicitud ARP consultando la MAC de C.
  - C responde esta solicitud ARP.
  - A envía una solicitud ARP consultando la MAC de B.
- **Nota:** Las **solicitudes ARP** las escuchan todos ya que son **broadcast**, las **respuestas** a esas solicitudes solo las escuchan los **destinatarios** y los casos donde **hay un HUB de por medio**.

9. En la siguiente topología:



- Suponiendo que todas las tablas ARP están vacías, tanto de PCs como de routers. Si la PC\_A le hace un ping a la PC\_C, indique:

a. ¿En qué dominios de broadcast hay tráfico ARP? ¿Con qué direcciones de origen y destino?

- Una **tabla ARP** (Address Resolution Protocol) es una estructura de datos utilizada por los dispositivos de red (como computadoras o routers) para mapear direcciones IP a direcciones MAC (Media Access Control) en una red local (LAN). Esta tabla es esencial para que los dispositivos puedan comunicarse a nivel de capa de enlace de datos (Capa 2 del modelo OSI).

#### Estructura de la tabla ARP:

- **Dirección IP:** La dirección IP del dispositivo.
- **Dirección MAC:** La dirección física asociada a esa IP.
- **TTL:** Indica cuándo se eliminará cada correspondencia de la tabla.

- En todos los dominios de broadcast hay tráfico ARP:

- Primer Subred :

#### ■ Consulta:

- **Ip de origen:** 190.26.11.24/24 - PC\_A.
- **Ip de destino:** 190.26.11.1/24 - ROUTER1.
- **MAC de origen:** 8888:8888:8888 - PC\_A.
- **MAC de destino:** FF-FF-FF-FF-FF-FF.

#### ■ Respuesta:

- **Ip de origen:** 190.26.11.1/24 - ROUTER1.
- **Ip de destino:** 190.26.11.24/24 - PC\_A.
- **MAC de origen:** 7777:7777:7777 - ROUTER1.
- **MAC de destino:** 8888:8888:8888 - PC\_A.

- Segunda Subred:

#### ■ Consulta:

- **Ip de origen:** 200.100.11.1/30 - ROUTER1.
- **Ip de destino:** 200.100.11.2/30 - ROUTER2.
- **MAC de origen:** bbbb:bbbb:bbbb - ROUTER1.
- **MAC de destino:** FF-FF-FF-FF-FF-FF.

- **Respuesta:**
    - **Ip de origen:** 200.100.11.2/30 - ROUTER2.
    - **Ip de destino:** 200.100.11.1/30 - ROUTER1.
    - **MAC de origen:** cccc:cccc:cccc - ROUTER2.
    - **MAC de destino:** bbbb:bbbb:bbbb - ROUTER1.
- **Tercera Subred:**
  - **Consulta:**
    - **Ip de origen:** 200.100.11.5/30 - ROUTER2.
    - **Ip de destino:** 200.100.11.6/30 - ROUTER3.
    - **MAC de origen:** eeee:eeee:eeee - ROUTER2.
    - **MAC de destino:** FF-FF-FF-FF-FF-FF.
  - **Respuesta:**
    - **Ip de origen:** 200.100.11.6/30 - ROUTER3.
    - **Ip de destino:** 200.100.11.5/30 - ROUTER2.
    - **MAC de origen:** dddd:dddd:dddd ROUTER3.
    - **MAC de destino:** eeee:eeee:eeee - ROUTER2.
- **Cuarta Subred:**
  - **Consulta:**
    - **Ip de origen:** 190.26.12.1/24 - ROUTER3.
    - **Ip de destino:** 190.26.12.65/24 - PC\_C.
    - **MAC de origen:** 4444:4444:4444 - ROUTER3.
    - **MAC de destino:** FF-FF-FF-FF-FF-FF.
  - **Respuesta:**
    - **Ip de origen:** 190.26.12.65/24 - PC\_C.
    - **Ip de destino:** 190.26.12.1/24 - ROUTER3.
    - **MAC de origen:** 5555:5555:5555 - PC\_C.
    - **MAC de destino:** 4444:4444:4444 - ROUTER3.

**b. ¿En qué dominios de broadcast hay tráfico ICMP?**

- Hay tráfico ICMP en todos los dominios de broadcast.

**i. ¿Con qué direcciones de origen y destino de capa 2?**

- **PING:**
  - **Primera Subred:**
    - **MAC de origen:** 8888:8888:8888.
    - **MAC destino:** 7777:7777:7777.
  - **Segunda Subred:**
    - **MAC de origen:** bbbb:bbbb:bbbb.
    - **MAC destino:** cccc:cccc:cccc.
  - **Tercera Subred:**
    - **MAC de origen:** eeee:eeee:eeee.
    - **MAC destino:** dddd:dddd:dddd.
  - **Cuarta Subred:**
    - **MAC de origen:** 4444:4444:4444.

- **MAC destino:** 5555:5555:5555.

ii. ¿Con qué direcciones de origen y destino de capa 3?

- **PING:**
  - **Primera Subred:**
    - **IP de origen:** 190.26.11.24/24.
    - **IP destino:** 190.26.12.65/24.
  - **Segunda Subred:**
    - **IP de origen:** 190.26.11.24/24.
    - **IP destino:** 190.26.12.65/24.
  - **Tercera Subred:**
    - **IP de origen:** 190.26.11.24/24.
    - **IP destino:** 190.26.12.65/24.
  - **Cuarta Subred:**
    - **IP de origen:** 190.26.11.24/24.
    - **IP destino:** 190.26.12.65/24.

c. ¿Cuál es la secuencia correcta en la que se suceden los anteriores?

- Primero ocurre todo el **tráfico ARP** y luego todo el **tráfico ICMP** por **cada subred**.

10. Si la PC A está en una red y se quiere comunicar con la PC B que está en otra red:

a. ¿Cómo se da cuenta la PC A de esto?

- Se da cuenta mediante la comparación de las **direcciones IP** y las **respectivas máscaras de subred** de cada una.

b. Si la tabla ARP de la PC A está vacía, ¿qué dirección MAC necesita la PC A para poder comunicarse con la PC B?

- Requiere la dirección MAC del **router** de su subred.

c. En base a lo anterior, ¿qué dirección IP destino tiene el requerimiento ARP?  
¿Es la dirección IP del default gateway o es la dirección IP de la PC B?  
Complete los campos:

Trama Ethernet: (mac origen: **MAC\_PC\_A** mac destino: **FF-FF-FF-FF-FF-FF**)

Solicitud ARP: (mac origen: **MAC\_PC\_A** ip origen: **IP\_PC\_A**) (mac destino: **00:00:00:00:00:00** ip destino: **IP\_ROUTER**)

- En la **solicitud ARP** en la parte de **MAC destino** se pone 00:00:00:00:00:00 ya que todavía no se sabe la **MAC destino**.

d. En base a lo anterior, indique la información de capa 2 y 3 del ICMP ECHO REQUEST que la PC A le envía a la PC B cuando ejecuta un ping, en el segmento de LAN de la PC B.

- **IP ORIGEN:** IP\_PC\_A  
**IP DESTINO:** PI\_PC\_B  
**MAC ORIGEN:** MAC\_ROUTER\_RED\_LAN\_PC\_B.  
**MAC DESTINO:** MAC\_PC\_B.