

Guia 3: Nivel de Red

Redes de Comunicaciones (TB067) - 2C2024 - FIUBA

Martin Klöckner - mklockner@fi.uba.ar

1. ¿Cómo se calcula la longitud de los datos en un datagrama IP?

El campo longitud de datos de la cabecera de un datagrama IP se calcula como la suma entre la longitud de la cabecera IP y la longitud de los datos.

2. Explique la función del campo de Identificación del datagrama IP.

El campo identificación del datagrama IP se utiliza cuando un datagrama IP debe fragmentarse en la ruta entre el emisor y el destino; un datagrama IP se envía desde el emisor con un único número de identificación, si debe fragmentarse en transito cada fragmento tendrá su propia cabecera IP, pero llevará el número de identificación correspondiente al datagrama original del cual fue fragmentado. Luego cuando todos los fragmentos lleguen a destino este sabrá que fragmento corresponde con que datagrama y podrá reensamblar el datagrama sin problemas.

3. ¿Cuál es la utilidad del campo TTL?

El campo Tiempo de vida (TTL, Time-To-Live) se incluye con el fin de garantizar que los datagramas no estarán eternamente en circulación a través de la red (debido, por ejemplo, a un bucle de enrutamiento de larga duración). Este campo se decrementa en una unidad cada vez que un router procesa un datagrama. Si el campo TTL alcanza el valor 0 , el datagrama tiene que ser descartado por el router.

4. ¿Usted cree necesario y útil el protocolo ICMP? Justifique.

El protocolo ICMP resulta muy útil para el reporte de errores entre routers y/o hosts, aunque no se limita solo a eso. Por ejemplo, en un datagrama IP, cuando se acaba el TTL en un router, este lo descarta y debe informar al usuario de alguna manera que por algún motivo tuvo que descartar ese datagrama; esta manera es mediante mensajes ICMP, ante esta situación el router envía un mensaje ICMP al emisor del datagrama e incluye una copia entera del encabezado y 8 bytes de la sección de datos del datagrama IP que originó el error.

Otro ejemplo del uso de mensajes ICMP es cuando un host envía un mensaje HTTP a un servidor pero en el camino algún router no pudo encontrar una ruta hacia el servidor, ante esta situación ese mismo router genera un datagrama ICMP y lo envía al emisor del datagrama, informando el error mediante un mensaje de tipo “Red de destino inalcanzable”.

5. ¿Qué tipos de mensajes puede llevar el protocolo ICMP?

A continuación se muestra una serie de tipos de mensajes ICMP, se muestran los mas utilizados, ya que algunos se dejaron de usar (obsoletos) y algunos son incluso experimentales.

Tipo	Descripción
0	Echo Reply
3	Destination Unreachable
5	Redirect
8	Echo
9	Router Advertisement
10	Router Solicitation
11	Time Exceeded
12	Parameter Problem
13	Timestamp
14	Timestamp Reply

El encabezado ICMP además de incluir un campo de tipo incluye un campo de código, este ultimo se utilizada para agregar contexto al tipo de mensaje ICMP. A continuación se muestran códigos para los tipos de mensajes ICMP mencionados en la tabla anterior.

Tipo	Código	Descripción
0	0	Echo Reply
3	0	Net Unreachable
3	1	Host Unreachable
3	2	Protocol Unreachable
3	3	Port Unreachable
3	4	Fragmentation needed and DF was set
3	6	Destination Net Unknown
3	7	Destination Host Unknown
5	5	Redirect
5	5	Redirect
5	5	Redirect
8	0	Echo
11	0	Time To Live Exceeded
11	1	Fragment Reassembly Time Exceeded

6. ¿Por qué se utiliza la aplicación traceroute para relevar las direcciones IP del camino que sigue un datagrama IP en llegar a destino en lugar de utilizar dicho datagrama con la opción IP Record Route para almacenar las direcciones IP del camino utilizado?

- Record Route tiene una limitación de direcciones IP (máximo 9).
- Muchos routers no soportan o ignoran la opción Record Route.
- traceroute proporciona información adicional como el tiempo de respuesta de cada salto.
- traceroute es más flexible, eficiente y ampliamente soportado que la opción Record Route.

7. ¿Qué significa un servicio Best-effort ? ¿Se puede implementar QoS utilizando IP?

El modelo de servicio de IP es un servicio de entrega de mejor esfuerzo (best effort). Esto quiere decir que IP hace todo lo que puede por entregar los segmentos entre los hosts que se están comunicando, pero no garantiza la entrega. En particular, no garantiza la entrega de los segmentos, no garantiza que los segmentos se entreguen en orden y no garantiza la integridad de los datos contenidos en los segmentos. Por estas razones, se dice que IP es un servicio no fiable.

8. Indicar cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:
- Si el offset de un datagrama IP es nulo es condición suficiente para concluir que no fue fragmentado.
 - El host destino puede reensamblar los fragmentos de un datagrama IP.
 - Un router puede reensamblar los fragmentos de un datagrama IP si el MTU de la red por la que forwardea puede soportar el datagrama reensamblado.
 - Si el host destino no logra reunir los datagramas IP en un determinado intervalo de tiempo envía un mensaje ICMP de TTL Exceeded.
 - Si un router no logra reunir los datagramas IP en un determinado intervalo de tiempo envía un mensaje ICMP de Time Exceeded.
 - Si el TTL se hace nulo en alguno de los fragmentos, el router que procesa dicho fragmento lo descarta y envía un mensaje ICMP Destination Unreachable.

- Falso ya que puede que el datagrama haya sido fragmentado pero se trate del primer fragmento.
- Verdadero, el datagrama IP solo se ensambla en el destino, en transito solo puede ser fragmentado si la red lo requiere.
- False justamente por lo dicho en el punto **anterior**.
- Falso, el mensaje ICMP TTL Exceeded solo se envía cuando el TTL del datagrama llega a 0, cuando el host destino no logra reunir los datagramas IP simplemente lo descarta.
- Falso, ya que el router no espera reunir ningún datagrama IP, en todo caso el host pero ocurre lo mencionado previamente, el host simplemente descartaría los datagramas.
- Verdadero.

9. Dado un datagrama de 1000 bytes que debe atravesar una red con tamaño máximo de transmisión es 300 bytes, escriba los headers de todos los fragmentos.

El tamaño máximo de transmisión (MTU) es la cantidad máxima de datos que una trama de la capa de enlace puede transportar. Puesto que cada datagrama IP se encapsula dentro de una trama de la capa de enlace para ir de un router al siguiente, la MTU del protocolo de la capa de enlace impone un límite a la longitud de un datagrama IP. En este caso se tiene un MTU de 300 bytes y un datagrama de 1000 bytes, el resultado luego de atravesar la red será de 4 datagramas más pequeños, 3 datagramas de tamaño 300 bytes y 1 de 100 bytes.

El encabezado de los 4 fragmentos compartirá la mayoría de los campos del datagrama original, como las direcciones IP de origen y destino, el numero de identificación del datagrama, el protocolo, la version, el tipo de servicio, etc; a diferencia que en cada fragmento los siguientes 4 campos cambiarán:

- El campo longitud total tendrá la longitud del fragmento, para los 3 primero 300 y para el ultimo 100.
- El bit MF (More Fragments) será 1 para los primero 3 fragmentos y 0 para el ultimo.
- El campo Offset será distinto de 0 para los últimos 3 fragmentos, para el segundo fragmento será 35, para el tercero 70 y para el ultimo 105; este “offset” corresponde con el tamaño de cada fragmento en múltiplos de 8 bytes, el calculo realizado es el siguiente:

$$\frac{\text{MTU} - \text{Longitud del Encabezado IP}}{8} = 35$$

Entonces para el primer fragmento se calcula como $0 \cdot 35$, para el segundo $1 \cdot 35$ y así sucesivamente para el resto

- Por ultimo el campo Checksum se recomputa ya que debe ser único para cada fragmento.

Fragmento	Longitud Total [B]	Offset	MF
1	300	0	1
2	300	35	1
3	300	70	1
4	160	105	0

10. Si en el ejercicio anterior el datagrama atravesara otra red de $MTU = 200$ bytes , escriba los headers de todos los fragmentos.

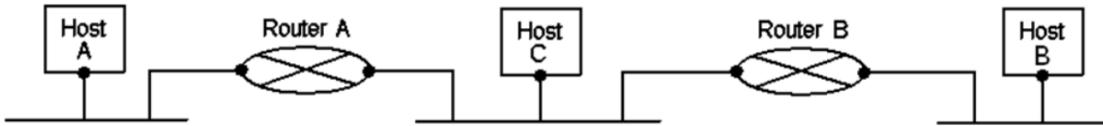
Si el datagrama ya fragmentado atraviesa una red de $MTU = 200$ bytes entonces los primeros 3 fragmentos deberán fragmentarse nuevamente, quedando en total 7 fragmentos: 3 fragmentos de 200 bytes y 4 fragmentos de 100 bytes. El bit MF será 1 en todos los fragmentos a excepción del ultimo en el que será 0. El tamaño de carga útil del fragmento debe ser divisible por 8, ya que se expresa en múltiplos de 8 bytes en el encabezado, en este caso teniendo un MTU de 200 bytes y restando la longitud del encabezado, resulta en un offset que no es múltiplo de 8:

$$\frac{MTU - \text{Longitud del Encabezado IP}}{8} = \frac{200 - 20}{8} = 22.5$$

Los fragmentos de 200 bytes se fragmentarán entonces en dos fragmentos: cuya longitud total de cada uno es 196 bytes y 124 bytes. Siendo el offset del primero 0 y del segundo 22, para los siguientes fragmentos se suma el fragment offset del diagrama original a este offset provocado por esta última fragmentación.

Fragmento	Longitud Total [B]	Offset	MF
1	196	0	1
2	124	22	1
3	196	35	1
4	124	52	1
5	196	70	1
6	124	92	1
7	100	105	0

11. En el siguiente esquema de red, el host A envía un ping al host B pero el mismo se encuentra apagado. Suponiendo que todos los routers y hosts tienen activados sus protocolos ICMP sin filtrar, indicar si el ping se realiza con éxito o qué sucede en caso contrario.



12. Un host A envía un ping a un host B y configura el TTL del datagrama IP que encapsula el mensaje ICMP Echo Request en un valor igual a 200. Entre el host A y el host B existe un único camino comprendido por 5 saltos, sin embargo, el TTL del datagrama IP que encapsula el mensaje ICMP Echo Reply generado por el host B hacia el host A tiene un valor igual a 15. A qué se debe?

13. Dado el siguiente datagrama IP (Los dígitos son hexadecimales), responda:
- Indique las direcciones IP origen y destino en su formato correspondiente
 - Si la red destino tiene definido un MTU = 20 bytes, el datagrama será fragmentado?
 - Cuántas redes podrá atravesar antes de llegar a destino?
 - Tiene opciones? Justifique.
 - El campo de datos contiene protocolo auxiliar o de transporte?

```
45 00 00 2c 06 00 40 00  
20 06 28 4f 82 39 14 0a  
82 39 14 01 04 02 02 0c  
00 00 32 98 00 00 00 00  
60 02 20 00 13 03 00 00  
02 04 05 b4
```

Dado el primer byte del encabezado: 0x45, expresado en binario resulta 01000101, de los primeros 4 bits se obtiene la versión, en este caso versión 4.

- La dirección IP de origen y destino resulta 130.57.20.10 y 130.57.20.1 respectivamente.
- De los últimos 4 bits del primer byte del encabezado se obtiene la longitud de la cabecera, la cual resulta 20 bytes (el campo contiene 5 y se multiplica por 32 bits). Por lo tanto el datagrama debe ser fragmentado.
- En el noveno byte del encabezado se encuentra el campo TTL, en este caso es 32, por lo que esa será la cantidad máxima de saltos que podrá realizar el datagrama antes de ser descartado.
- No, no tiene opciones ya que la longitud del encabezado es 20 bytes.
- El protocolo de transporte es TCP, ya que se indica el número 6 en el campo de protocolo (décimo byte del encabezado)

14. Usted obtuvo la dirección IP 205.25.67.0. Determinó que necesita crear 5 subredes. Complete la siguiente tabla teniendo en cuenta que las subredes “todo 0” y “todo 1” no se pueden utilizar:

Número mínimo de bits para las subredes	Máscara	Primera dirección de host de la quinta subred	Dirección de Broadcast de la tercera subred	Número total de direcciones que no se utilizan

Número mínimo de bits para las subredes	Máscara	Primera dirección de host de la quinta subred	Dirección de Broadcast de la tercera subred	Número total de direcciones que no se utilizan
3	255.255.224.0	205.25.67.161	205.25.67.127	12

15. Dada la siguiente tabla de ruteo basada en clases, reescríbala utilizando CIDR intentando minimizar lo más posible el número de entradas:

Destino	Proximo Salto
212.128.175.0	15.0.0.1
212.128.176.0	15.0.0.1
212.128.177.0	15.0.0.1
212.128.178.0	15.0.0.1
212.128.179.0	15.0.0.1
212.128.180.0	15.0.0.1
212.128.181.0	15.0.0.1
212.128.182.0	15.0.0.1
212.128.183.0	15.0.0.1
212.128.184.0	15.0.0.1
212.128.185.0	15.0.0.1

Destino	Mascara	Próximo Salto
212.128.0.0	/16	15.0.0.1

16. En la tabla de ruteo siguiente indique la entrada que tendrán correspondencia con la dirección destino 128.9.200.20. Por qué interfaz será transmitido un datagrama que tenga esa dirección destino. Explicar.

Destino	Prefijo	Interfaz
128.0.0.0	/8	3
128.9.0.0	/16	5
128.9.192.0	/20	2
128.9.192.0	/22	4
128.9.192.0	/24	7
128.9.200.0	/24	8
128.9.200.0	/28	10
128.9.200.16	/28	1
128.9.200.16	/30	9
128.9.192.8	/30	6

En las tablas de ruteo, las entradas que sean mas específicas, es decir, las entradas las cuales coincide la mayor cantidad de bits con respecto al destino que se busca, será la que tenga mayor prioridad. En este caso, la entrada más específica a la dirección IP de destino 128.9.200.20 es 128.9.200.16/28 la cual tiene como interfaz asociada la número 1 .

17. Suponer que la siguiente secuencia de bytes, en hexadecimal, es una cabecera IP. Y responder a las siguientes cuestiones:
- ¿Cuál es la longitud del datagrama?
 - ¿Se trata de un fragmento?
 - ¿A qué hosts (IP) va dirigido?
 - ¿Qué host lo envió?
 - Discutir si están o no en la misma red.

45 00 00 4E C3 2A 00 00 80 11 17 44 82 CE AA 94 82 CE AF FF

- La longitud del datagrama es 78 bytes, esto se anuncia en el campo longitud total de la cabecera (tercer y cuarto byte de la cabecera)
- No, ya que el bit MF es 0 y el offset también es 0.
- El host de destino es la dirección 130.206.175.255
- El host que lo envía es el que tiene dirección 130.206.170.148 .
- No se puede saber a priori sin saber la máscara de subred.

18. Para las siguientes direcciones de hosts y máscaras de subred encuentre la subred a la que pertenece cada host, la dirección de broadcast de cada subred y el rango de direcciones de hosts para cada subred:
- 10.14.87.60/19
 - 172.25.0.235/27
 - 172.25.16.37/25

Direccion	Mascara	Subred	Broadcast	Rango de Direcciones
10.14.87.60	/16	10.14.64.0	10.14.95.255	10.14.64.1-10.14.95.254
172.25.0.235	/27	172.25.0.225	172.25.0.255	172.25.0.226-172.25.0.254
172.25.16.37	/25	172.25.16.0	10.14.95.127	172.25.16.1-10.14.95.126

19. Se desea configurar una interfaz con la dirección 192.168.13.175 con una máscara de 255.255.255.240, hay algún problema?

Si, el problema es que la dirección 192.168.13.175 coincide con la dirección de broadcast de la subred 192.168.13.192/28.

20. Dados los siguientes resultados en la ejecución del ping:
- A cuántas redes de distancia estima que podría estar el destino?
 - A qué se podría deber el paquete perdido?

```
C:\>ping 170.6.2.23
```

Haciendo ping 170.6.2.23 con 32 bytes de datos:

```
Respuesta desde 170.6.2.23: bytes=32 tiempo=241.4 ms TTL=249
Respuesta desde 170.6.2.23: bytes=32 tiempo=244.8 ms TTL=249
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 170.6.2.23: bytes=32 tiempo=237.1 ms TTL=249
```

Estadísticas de ping para 170.6.2.23:

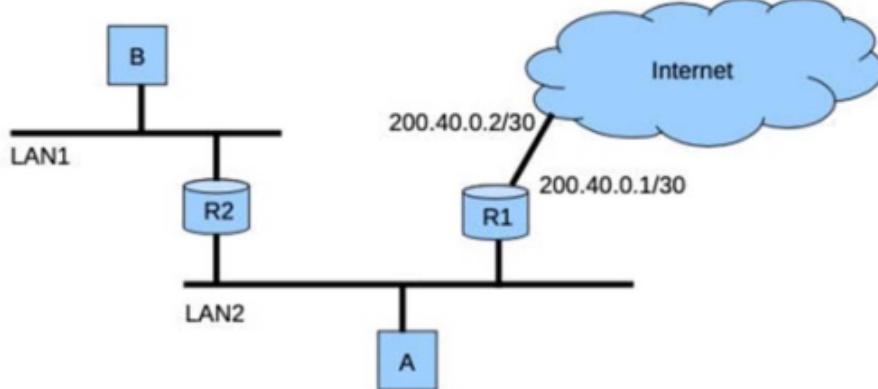
```
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 3, perdidos = 1 <25% perdidos>,
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
```

```
Mínimo = 237.1 ms, Máximo = 244.8 ms, Media = 241.1 ms
```

21. Un host A envía a otro host B un datagrama de 8000 bytes (incluida la cabecera IP, que tiene 20 bytes). El datagrama se fragmenta en ruta de forma que B recibe varios datagramas que suman en total 8100 bytes (incluidas las cabeceras). ¿Cuántos fragmentos ha recibido B? Desarrollar la respuesta.

Ha recibido un total de 6 fragmentos, ya que por cada fragmento que se crea se agregan 20 bytes. Los 100 bytes adicionales corresponden a 5 nuevos fragmentos, junto con el primer fragmento, cuya cabecera de 20 bytes se cuenta en los 8000 bytes.

22. En el esquema de red de la figura siguiente los equipos A y B son computadoras de usuario mientras que los equipos R1 y R2 son enruteadores. No se utiliza la funcionalidad de NAT (Network Address Translation). En LAN1 se dispone de 80 equipos como B y en LAN2 45 como A.

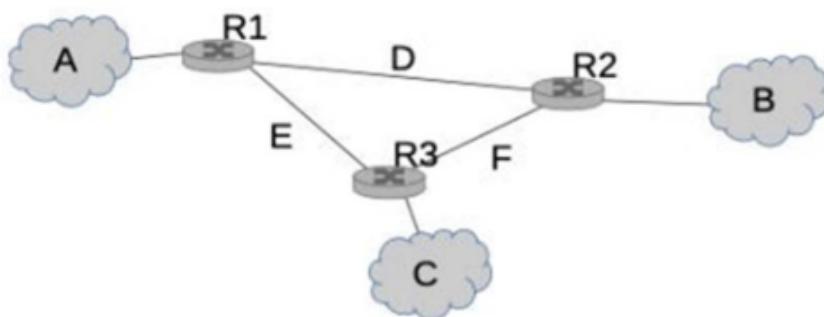


Se dispone del rango de direcciones 200.40.30.0/24 para asignar a las subredes LAN1 y LAN2. La asignación debe realizarse teniendo en cuenta que no habrá crecimiento de equipos en LAN1 y LAN2.

- Asignar un rango de direcciones a cada LAN.
- Asignar direcciones IP a los equipos A, B, R1 y R2. El enlace de R1 con Internet es un enlace punto a punto configurado con las direcciones indicadas en la figura.
- Especificar las tablas de rutas necesarias en los equipos para que puedan comunicarse entre sí y con cualquier equipo de Internet.

23. Una empresa compra el rango de direcciones IP 152.165.10.0/23. Si se quiere dividir la red en dos subredes iguales, ¿cuáles serían (formato a.b.c.d/x) y cuántos equipos podrían direccionarse en cada una de ellas? Indicar también la dirección de broadcast de cada subred.

24. Una gran empresa desea asignar una dirección pública a cada uno de sus servidores y a cada uno de sus routers (R1, R2 y R3). La empresa dispone de 40 servidores en su sede A, 28 servidores en su sede B y 5 servidores en su sede C. Para ello, la empresa adquirió el rango 187.199.32.0/25.



- Realizar la asignación de rangos a las diferentes subredes A, B, C, D, E y F.
- Proponer una IP para cada interfaz de cada router.
- Proponer una IP para un servidor en A, otro en B y otro en C.

25. Responda a las siguientes preguntas justificando sus respuestas.

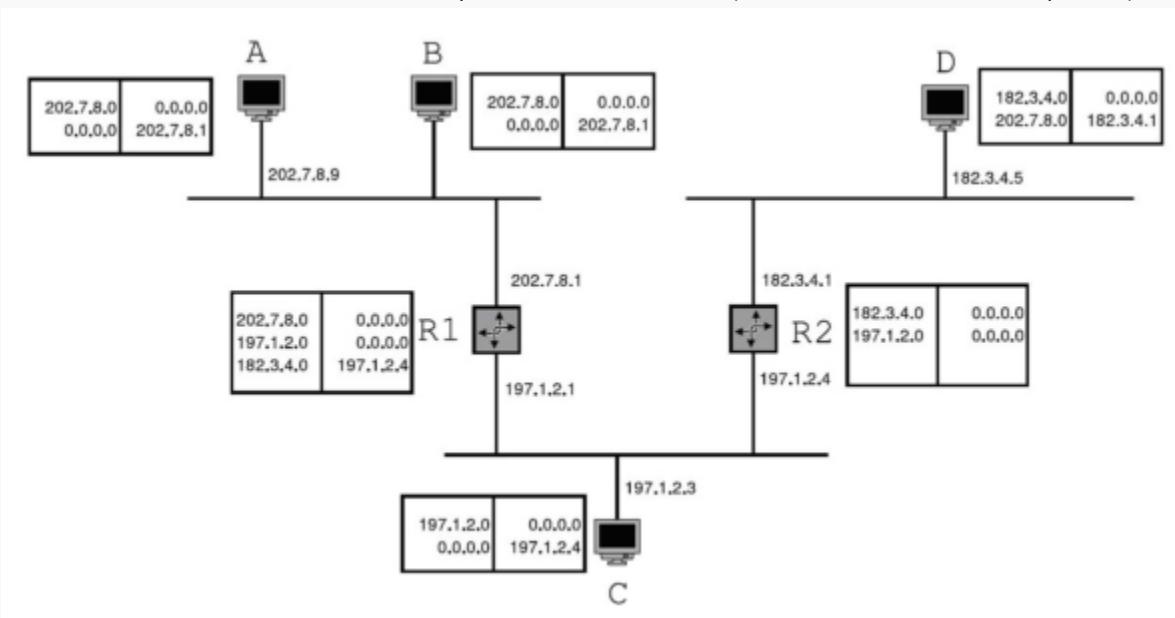
- Dada la dirección IP 192.168.1.1 con máscara de 24 bits en 1 (/24), indicar dirección de red que identifica el bloque, dirección de broadcast y máscara de red en notación decimal separada por puntos.
- Dada la dirección IP 10.1.1.35 y máscara 255.255.255.248, indicar el rango de direcciones IP que pertenecen a su LAN.
- ¿Es posible sumarizar en un solo rango los siguientes bloques de direcciones IP: 200.40.0.0/20, 200.40.16.0/21, 200.40.24.0/21, 200.40.32.0/19, 200.40.64.0/18 y 200.40.128.0/17, en un solo rango con notación A.B.C.D/M? En caso afirmativo, hallar A, B, C, D y M.

☞[OJO] los routers también necesitan una dirección en el rango de hosts, por lo que hay que guardar direcciones para los routers al momento de contar las direcciones disponibles en el espacio de hosts

26. Suponer que usted es el administrador de red de un ISP y se dispone del bloque de direcciones: 128.20.224.0/20. El ISP tiene dos clientes con redes de 1.000 nodos cada una; dos clientes con redes de 500 nodos cada una y tres clientes con redes de 250 nodos cada una. ¿Cuáles serán los bloques de direcciones que usted asignará a los clientes? Suponer que todos los clientes restantes tienen redes de 50 nodos cada una. ¿A cuántos de esos clientes podrá asignarle direcciones?

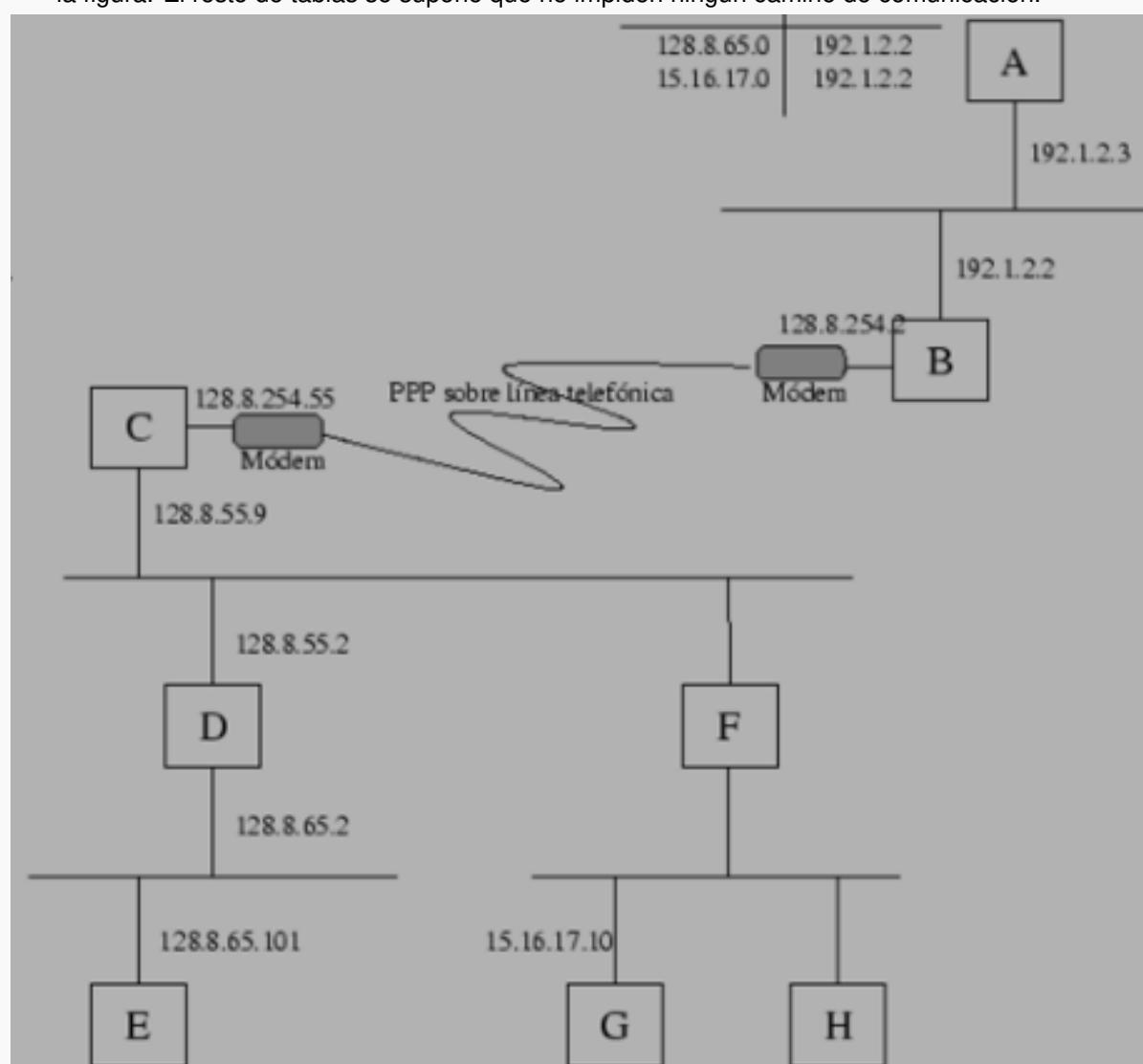
27. Considere la red de la figura, y las siguientes suposiciones:
- En todo momento estamos suponiendo como máscara de red: 255.255.255.0. Las direcciones MAC se representan por el último byte.
 - Se supone que las PCs funcionan bien y, si reciben un mensaje ICMP Echo, responden adecuadamente.
 - Se supone que los routers funcionan bien y envían mensajes ICMP adecuados si no encuentran una ruta.
 - El TTL inicial es 5.
 - En la nube, para llegar a H1, se pasa por 3 routers: 62.21.4.1; 62.21.5.5; 34.56.78.1
- Responder:
- a. ¿Qué valores puede adoptar la IP de PC5? ¿Por qué?
 - b. ¿Cuáles serán las direcciones origen y destino de los datagramas que saldrán de R1 cuando PC1 envíe datagramas a H1?
 - c. PC1, PC2 y PC3 envían un ping a PC4. ¿Qué ruta seguirán los mensajes enviados y recibidos en cada caso?

28. En la figura se muestra una red. Al lado de cada máquina aparece su tabla de ruteo. Al lado de cada interfaz de comunicaciones aparece su dirección IP (salvo en el caso de la máquina B).



- a. Asignar una dirección IP a la interfaz de comunicaciones de la máquina B.
- b. Responder:
 1. ¿Puede A enviar datagramas IP a C?
 2. ¿Puede D enviar datagramas IP a C?
- c. Modificar la tabla de ruteo de R2 para que:
 - pueda enviar datagramas IP a A
 - pueda enviar datagramas IP a A

30. En la figura se muestra una red basada en protocolos TCP/IP. La máscara de cada subred es 255.255.255.0. No se permiten rutas por defecto. La tabla de enrutamiento de A se muestra en la figura. El resto de tablas se supone que no impiden ningún camino de comunicación.



Responder y justificar:

- ¿Qué dirección IP podría tener H? ¿Y F?
- ¿Puede hablar A con C?
- ¿Puede hablar A con E?
- ¿Cómo habría que actualizar alguna tabla de encaminamiento para que A hable con C pero no con D?
- Explicar la secuencia de tramas que precede a la recepción del primer datagrama enviado de E a C, explicando el significado y contenido de los campos más significativos. Asignar las direcciones Ethernet que se consideren convenientes.

32. Dada la siguiente tabla de ruteo de un host, resuelva:

Rutas activas:

Destino	Máscara	Siguiente Salto	Interfaz	Métrica
0.0.0.0	0.0.0.0	10.6.2.241	10.6.2.52	20
10.6.0.0	255.255.0.0		10.6.2.52	20
10.6.2.52	255.255.255.255		127.0.0.1	20
10.255.255.255	255.255.255.255		10.6.2.52	20
127.0.0.0	255.0.0.0		127.0.0.1	1
224.0.0.0	240.0.0.0		10.6.2.52	20

- Un datagrama enviado por dicho host cuya dirección destino es 145.57.2.98, por qué interfaz sale y cuál es el siguiente salto para dicho datagrama?
- Un datagrama enviado por dicho host cuya dirección destino es 127.0.3.4, por qué interfaz sale y cuál es el siguiente salto para dicho datagrama?
- Si se elimina la primer entrada de la tabla de ruteo y se envía un datagrama por dicho host cuya dirección destino es 201.11.3.124, por qué interfaz sale y cuál es el siguiente salto para dicho datagrama?

33. Dadas las siguientes redes:

- 200.2.4.0/24
- 200.5.6.0/24
- 200.67.5.0/24
- 200.34.5.0/24
- 200.96.12.0/24
- 200.96.34.0/24
- 200.96.200.0/24

Grafique una red tal que permita interconectar a todas ellas. Luego escriba la tabla de ruteo en cada uno de los routers utilizados considerando que se trabaja con ruteo classless.

34. Conteste a las siguientes preguntas relativas a las direcciones IP:

- Indique la dirección de red correspondiente a la dirección IP 192.168.100.115 considerando una máscara 255.255.255.240.
- Usted está diseñando una red a partir de una dirección clase A. Desea poder asignar 16.000 hosts en cada subred. Determine la máscara a utilizar para satisfacer ese requisito.