



Bloque IV: El nivel de red

Tema 9: ICMP



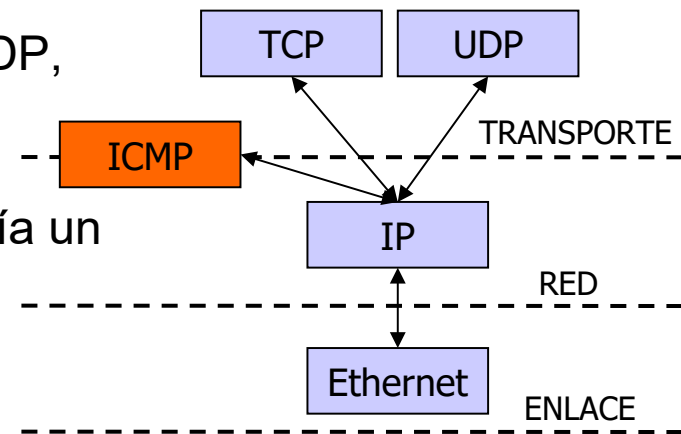
Índice

- Bloque IV: El nivel de red
 - Tema 9: ICMP
 - Introducción
 - Ping
 - Traceroute
 - Fragmentación IP
- **Lecturas recomendadas:**
 - Capítulo 4, sección 4.4.3, de “Redes de Computadores: Un enfoque descendente”. James F. Kurose, Keith W. Ross. Addison Wesley.
 - Capítulo 8 de “TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols”, W. Richard Stevens, Addison Wesley.



Introducción

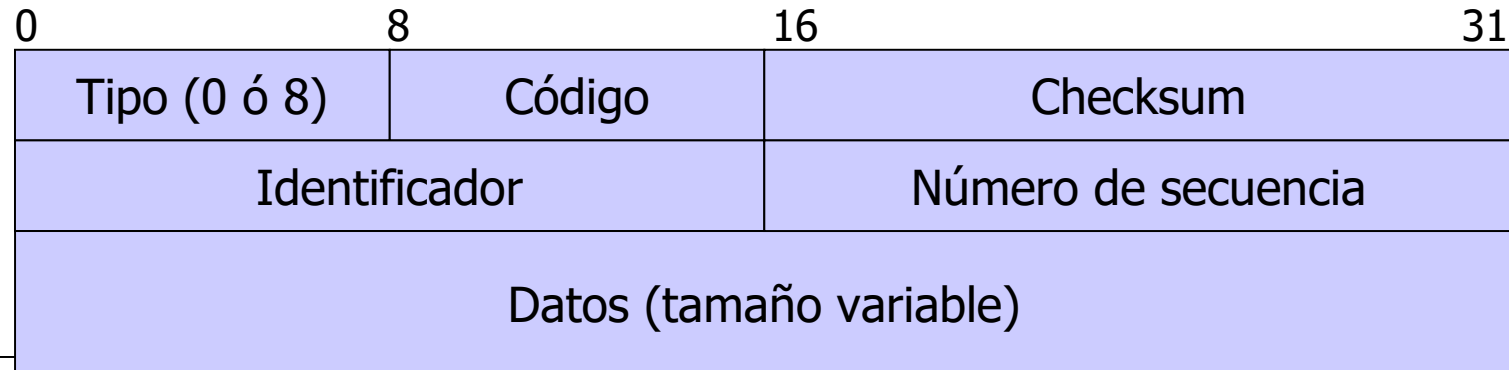
- Internet Control Message Protocol
- IP no tiene mecanismos para obtener información de diagnóstico → Para eso está ICMP.
- ICMP comunica mensajes de error y otras condiciones que requieren atención. Dos tipos de mensajes: error y consulta.
- Los mensajes ICMP se transmiten dentro de datagramas IP (RFC 792)
- Mensajes ICMP más empleados:
 - Petición y respuesta de eco → ping
 - **Destino inalcanzable**
 - **Puerto inalcanzable:** utilizado por UDP, cuando el destino no dispone de un proceso en el puerto de destino.
 - **Máquina o red inalcanzable:** Lo envía un router cuando no puede entregar o reenviar un datagrama IP.
 - Redirect
 - Fragmentación requerida
 - **Tiempo excedido**





Ping

- Packet InterNet Groper: herramienta de diagnóstico que comprueba si un nodo de la red es alcanzable.
- Cliente: Envía ICMP echo request
- Servidor: Responde con ICMP echo reply
- Formato mensajes ICMP echo request y reply:
 - Identificador: en UNIX es el identificador del proceso.
 - Número de secuencia: inicialmente 0, y se incrementa con cada echo request.
- Opción de registro de ruta o timestamp.
- Existen variedad de implementaciones (presentación de resultados, opciones del programa...).



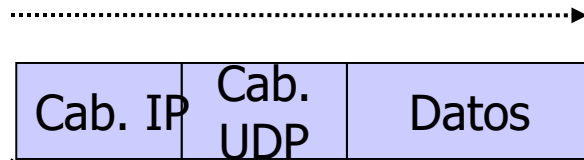
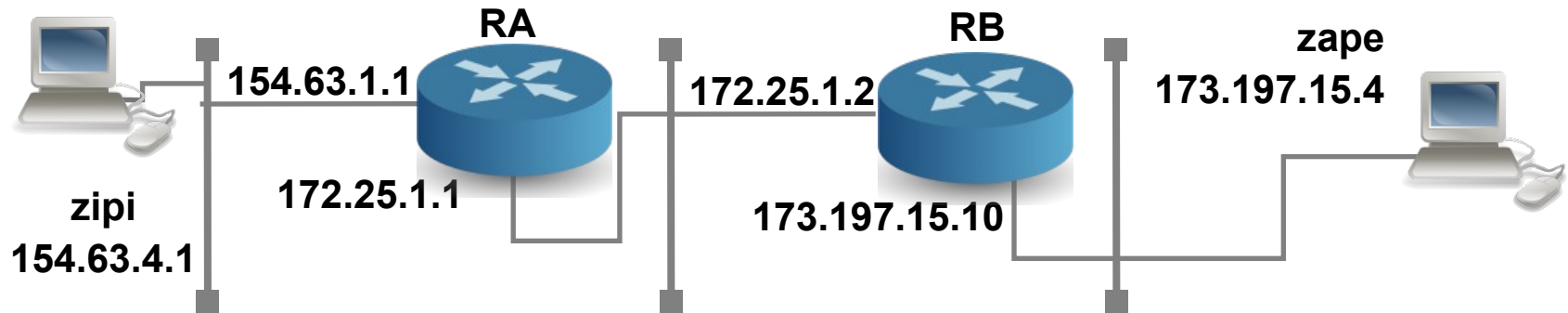


Traceroute

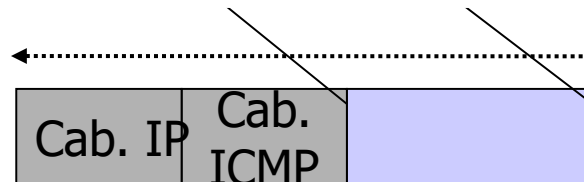
- Problemas del ping con registro de ruta:
 - Falta de espacio en la cabecera IP
 - Registro de ruta: máximo 9 routers
 - Timestamp: máximo 4 routers (o 9 timestamps sin direcciones IP)
 - No todos los routers soportan la opción de registro de ruta
 - No hay control sobre los relojes de los routers
- Solución: **traceroute**
 - Herramienta de diagnóstico que permite ver la ruta que sigue un datagrama hacia un destino.
- Se basa en: datagramas UDP, el campo TTL de la cabecera IP y los mensajes de error ICMP Puerto inalcanzable y Tiempo excedido
 - Sólo requiere que el protocolo UDP esté operativo en el destinatario.
 - Cuando un router al decrementar el campo TTL obtiene 0 → Genera un mensaje de error ICMP Tiempo excedido
 - Cuando UDP recibe un datagrama para un puerto vacío → Genera un mensaje de error ICMP Puerto inalcanzable



Traceroute: Funcionamiento



IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 1



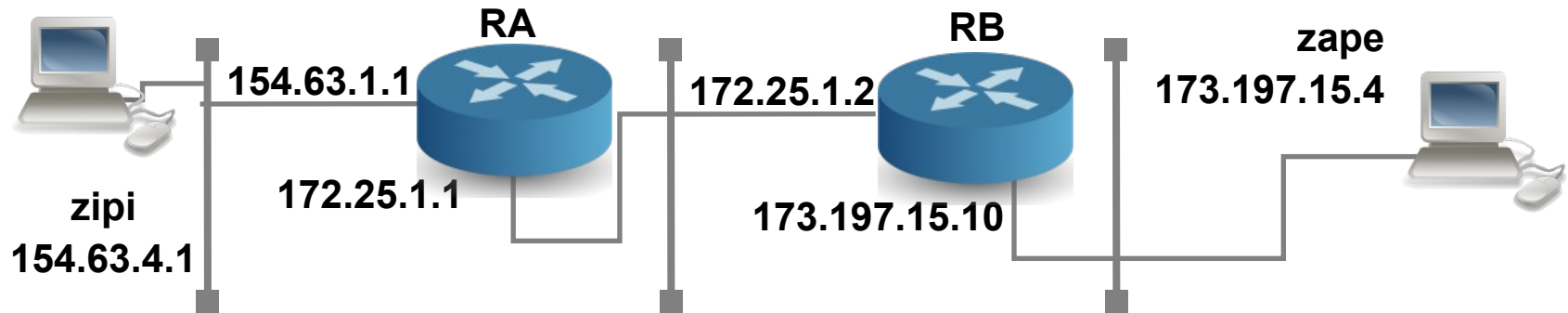
ICMP Tiempo excedido

IP origen: **154.63.1.1**
IP destino: 154.63.4.1

TTL = 64



Traceroute: Funcionamiento



.....>

Cab. IP	Cab. UDP	Datos
---------	----------	-------

IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 2

.....>

Cab. IP	Cab. UDP	Datos
---------	----------	-------

IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 1

.....<

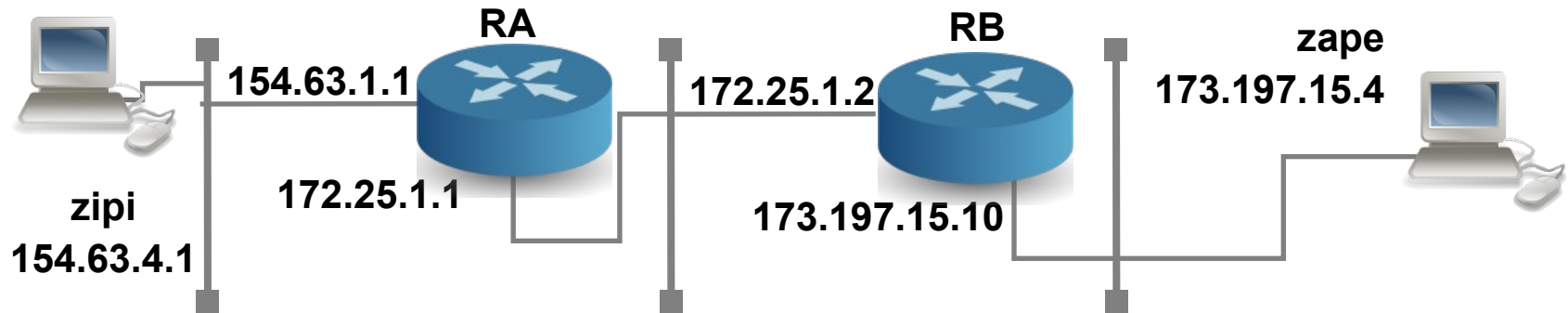
Cab. IP	Cab. ICMP	Datos
---------	-----------	-------

ICMP Tiempo excedido

IP origen: **172.25.1.2**
IP destino: 154.63.4.1
TTL = 64



Traceroute: Funcionamiento



Cab. IP	Cab. UDP	Datos
---------	----------	-------

IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 3

Cab. IP	Cab. UDP	Datos
---------	----------	-------

IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 2

Cab. IP	Cab. UDP	Datos
---------	----------	-------

Puerto destino: 33348
IP origen: 154.63.4.1
IP destino: 173.197.15.4
TTL = 1

ICMP Puerto inalcanzable

Cab. IP	Cab. ICMP	Datos
---------	-----------	-------

IP origen: **173.197.15.4**
IP destino: 154.63.4.1
TTL = 64



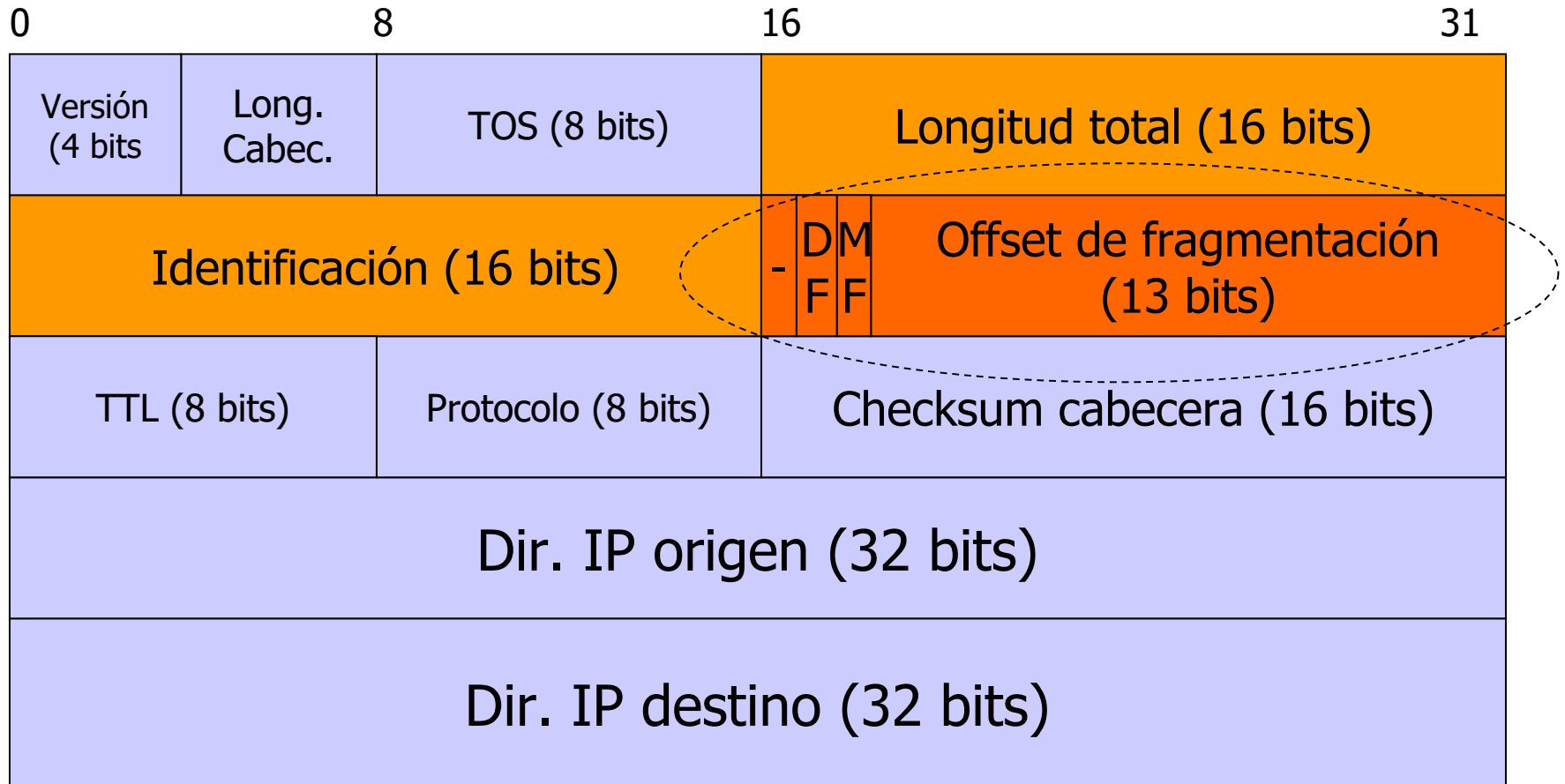
Fragmentación IP

- El nivel de enlace de la red impone un límite superior al tamaño de la trama que se puede transmitir: **MTU** – Maximum Transmission Unit (tamaño máximo del campo de datos de enlace).
 - Ethernet: 1500 bytes
 - Token Ring: 4440 bytes
- Cuando el nivel de red (IP) recibe un datagrama, identifica la interfaz de red a utilizar y la interroga sobre su MTU:
 - Compara la respuesta con la longitud del datagrama.
 - Se hace fragmentación si la longitud del datagrama es mayor que el MTU.
- El **reensamblado** de datagramas IP fragmentados se produce cuando los fragmentos alcanzan el **destino final**:
 - Lo hace IP en el destino.
 - La fragmentación es transparente al nivel de transporte.
- En la cabecera IP se almacena la información relacionada con la fragmentación IP.



Fragmentación IP

- Cabecera IP – Campos para fragmentación





Fragmentación IP

- **Identificación:** valor único para cada datagrama IP transmitido
→ Todos los fragmentos de un datagrama contienen el mismo valor.
- **Flags:**
 - El primer bit está reservado.
 - Bit **DF** (Don't Fragment): a 1 si se prohíbe fragmentar el datagrama IP.
 - Bit **MF** (More Fragments): a 1 si hay más fragmentos a continuación → Se pone a 0 en el último fragmento.
- **Offset de fragmento:** desplazamiento en **múltiplos de 8 bytes** del fragmento desde el origen del datagrama original.
- **Longitud total:** se cambia la longitud total del datagrama por longitud total del fragmento.
- El tamaño de cada fragmento debe ser múltiplo de 8 bytes, excepto el último fragmento → Por el campo offset de fragmento.



Fragmentación IP: Error ICMP

- Error ICMP Unreachable Error (Fragmentation Required)
 - Mensaje de error utilizado por un router cuando tiene que fragmentar un datagrama IP pero tiene el flag DF activado.
 - Incluye el MTU de la red que provocó el error y una copia de la cabecera del mensaje descartado.

0	8	16	31
Tipo (3)	Código (4)	Checksum	
Sin usar (ceros)		MTU de la red del siguiente salto	
Cabecera IP (con opciones) + Primeros 8 bytes del datagrama IP			

Fragmentación IP: Path MTU Discovery

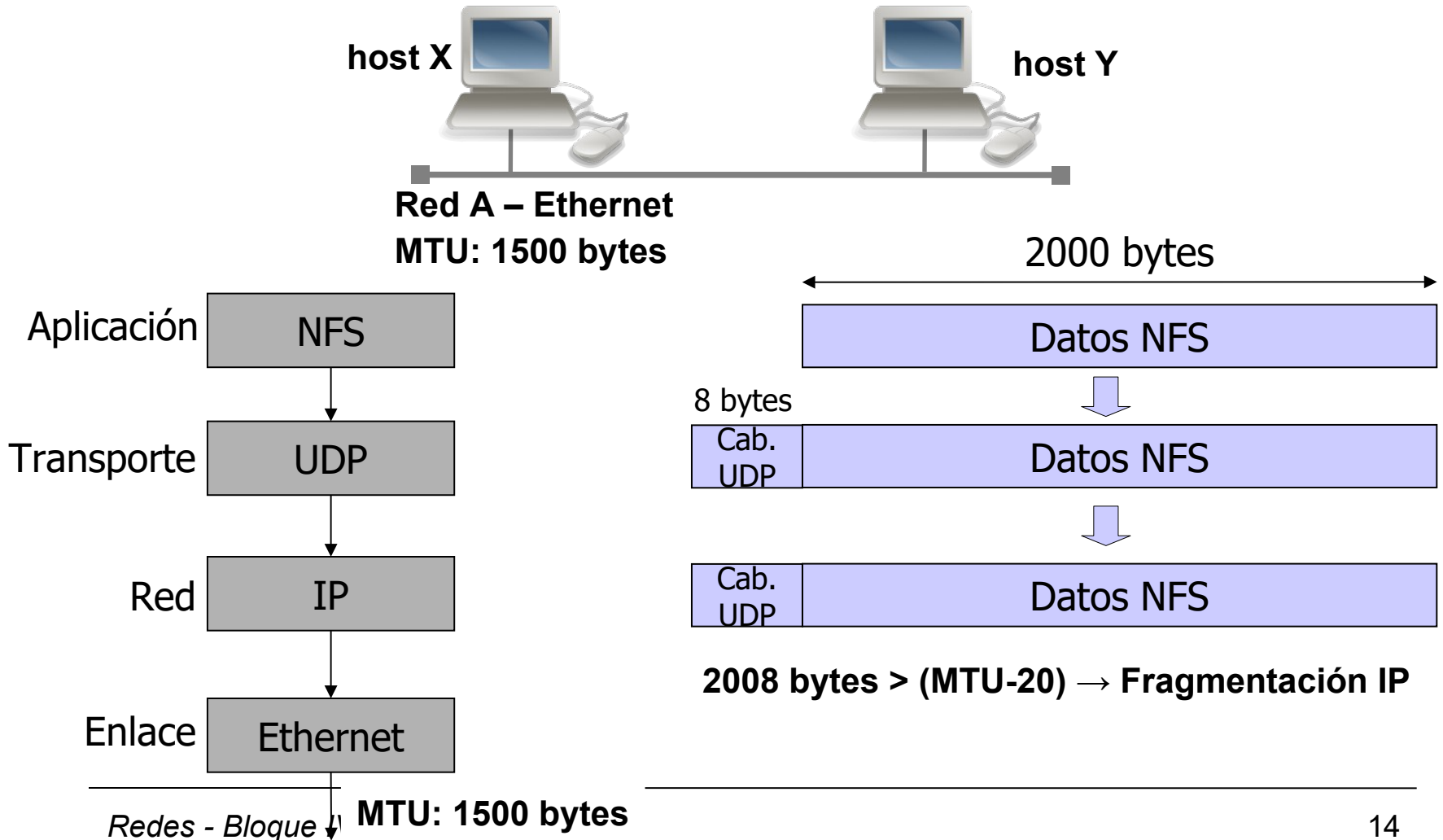


- Este mensaje de error es utilizado en un mecanismo denominado **Path MTU discovery** que permite averiguar el MTU mínimo durante una comunicación y reducir la fragmentación IP.
 - Solo se implementa en el host origen.
 - Path MTU: MTU mínimo en cualquier red en el camino entre dos hosts.
- Funcionamiento del Path MTU discovery:
 - Se habilita el bit DF (Don't Fragment) en los datagramas enviados.
 - Si algún router en el camino necesita fragmentar → Generará el mensaje ICMP Fragmentación requerida
 - Si se recibe un mensaje ICMP Fragmentación requerida con el nuevo MTU:
 - Si eran datos TCP → TCP debe reducir el tamaño del segmento (en base al nuevo MTU) y retransmitir.
 - Sino (p.e. UDP) → IP fragmenta los datagrama en base al nuevo MTU.
 - Como las rutas cambian dinámicamente → Se puede probar un MTU mayor pasado un cierto intervalo (RFC 1191 recomienda 10 minutos).



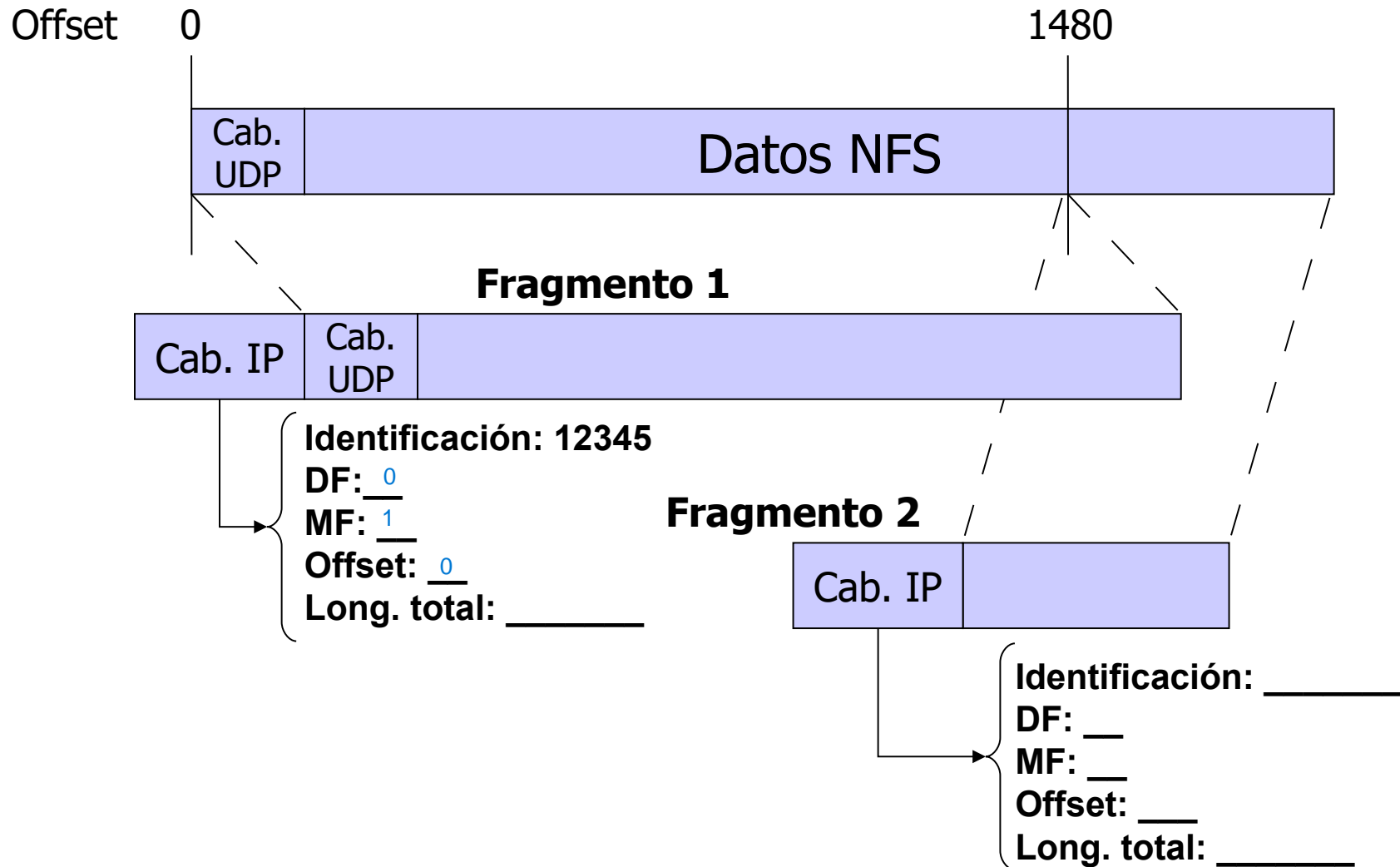
Fragmentación IP: Ejercicio 1

- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos NFS (utilizando el protocolo UDP).





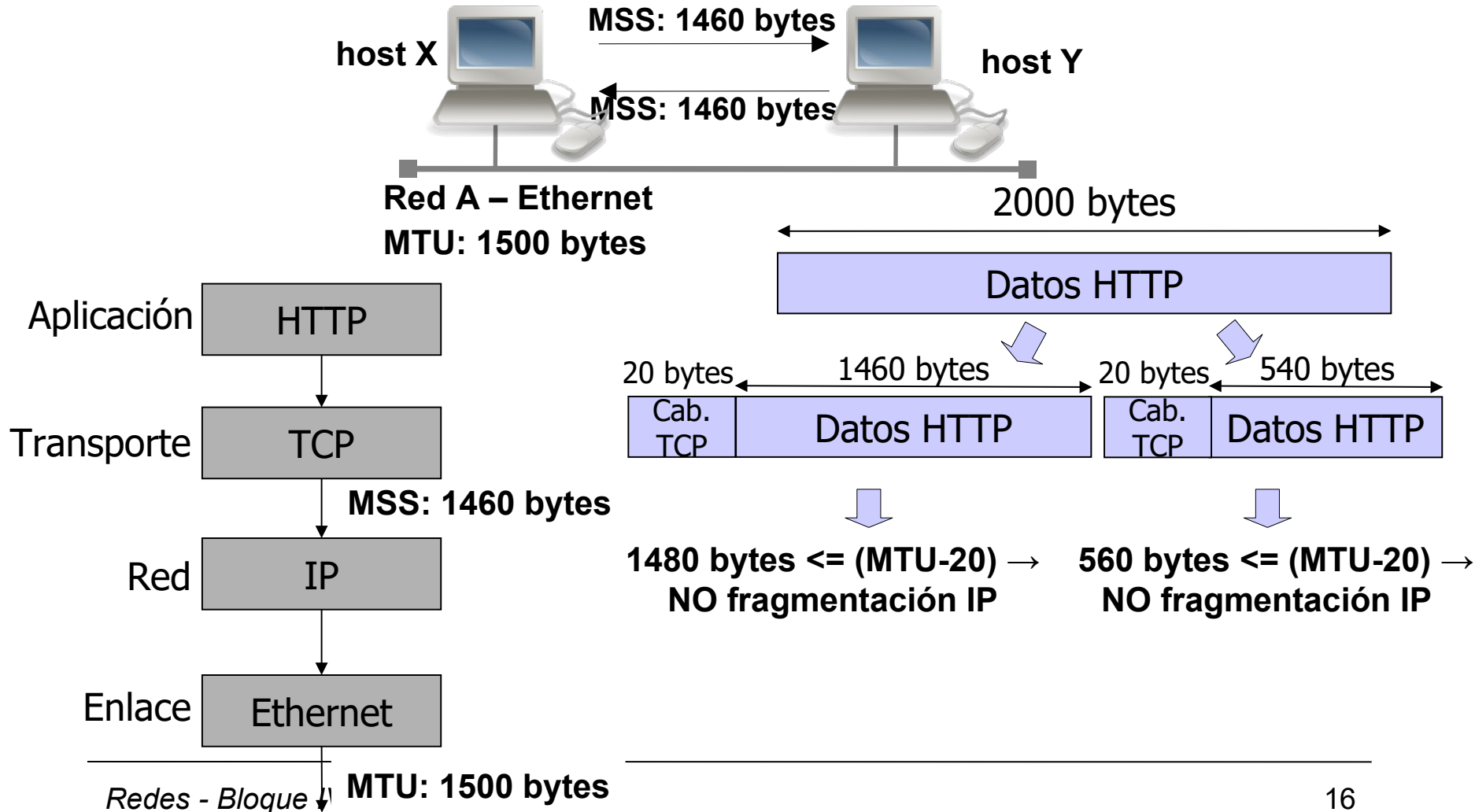
Fragmentación IP: Ejercicio 1





Fragmentación IP: Ejercicio 2

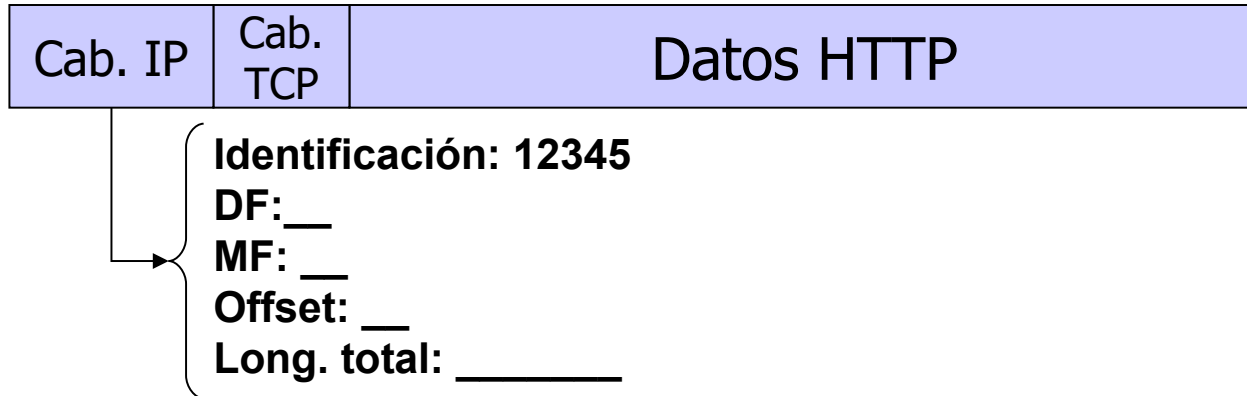
- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos HTTP (utilizando el protocolo TCP).



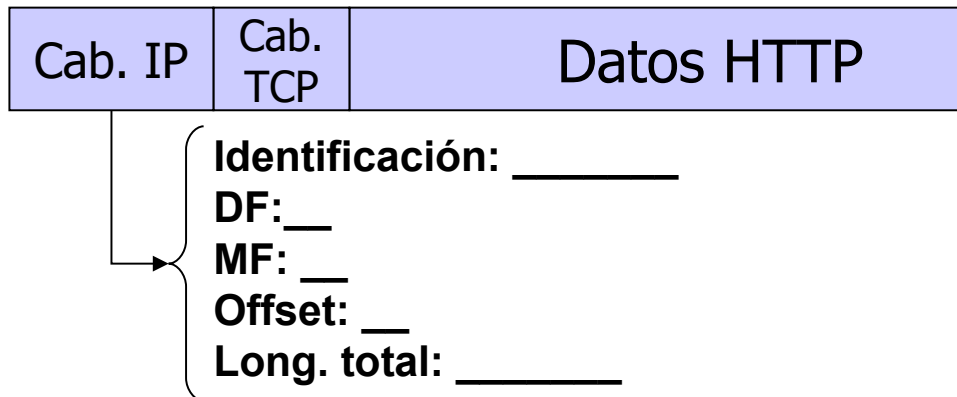


Fragmentación IP: Ejercicio 2

Segmento 1

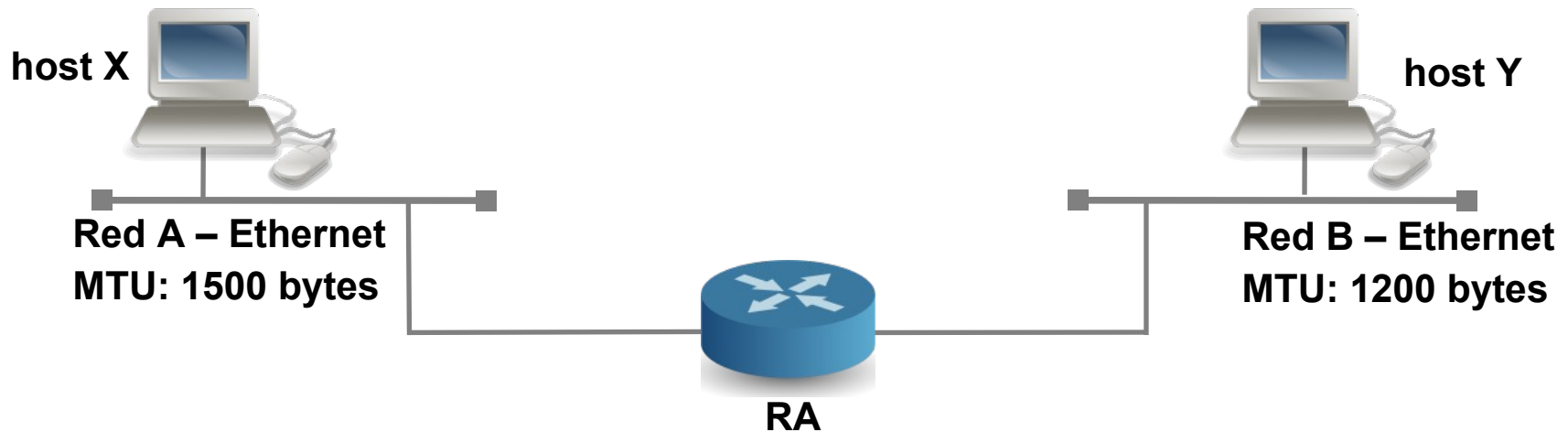


Segmento 2





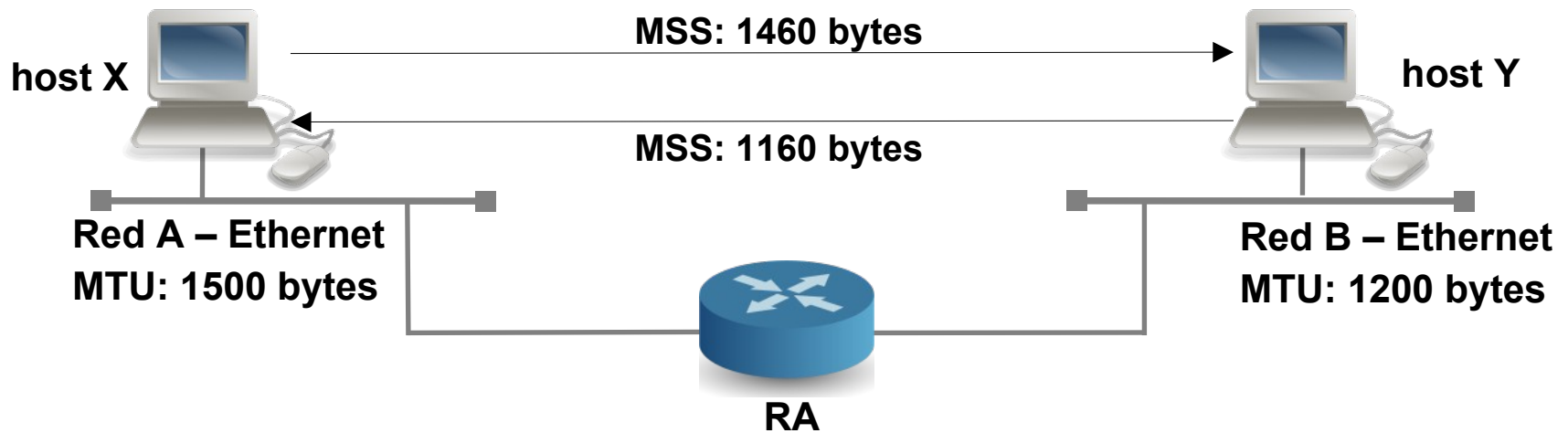
Fragmentación IP: Ejercicio 3



- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos NFS (utilizando el protocolo UDP).
- Por la red A, ¿circulan los mismos paquetes que en el ejercicio 1?
- ¿Cuál es el tamaño de fragmento en la red B: 1180 o 1176 bytes?
- Calcula los paquetes que circulan por la red B.



Fragmentación IP: Ejercicio 4



- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos HTTP (utilizando el protocolo TCP).
- Por la red A, ¿circulan los mismos paquetes que en el ejercicio 2?
- ¿Cuál es el tamaño de segmento de la conexión TCP: 1460 o 1160 bytes?
- Calcula los paquetes que circulan por las redes A y B.