

# Módulo 04

## La Capa de Red

### (Pt. 5)



Redes de Computadoras  
Depto. Cs. e Ing. de la Comp.  
Universidad Nacional del Sur



# Copyright

- Copyright © **2010-2022** A. G. Stankevicius
- Se asegura la libertad para copiar, distribuir y modificar este documento de acuerdo a los términos de la **GNU Free Documentation License**, versión 1.2 o cualquiera posterior publicada por la Free Software Foundation, sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera o trasera
- Una copia de esta licencia está siempre disponible en la página <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>
- La versión transparente de este documento puede ser obtenida de la siguiente dirección:

<http://cs.uns.edu.ar/~ags/teaching>



# Contenidos

- Modelos de servicios de la capa de red
- Estructura interna de un router
- El protocolo **IP**
- **IPv4 vs. IPv6**
- Protocolos de ruteo
- Ruteo jerárquico
- Ruteo en internet
- Multicast

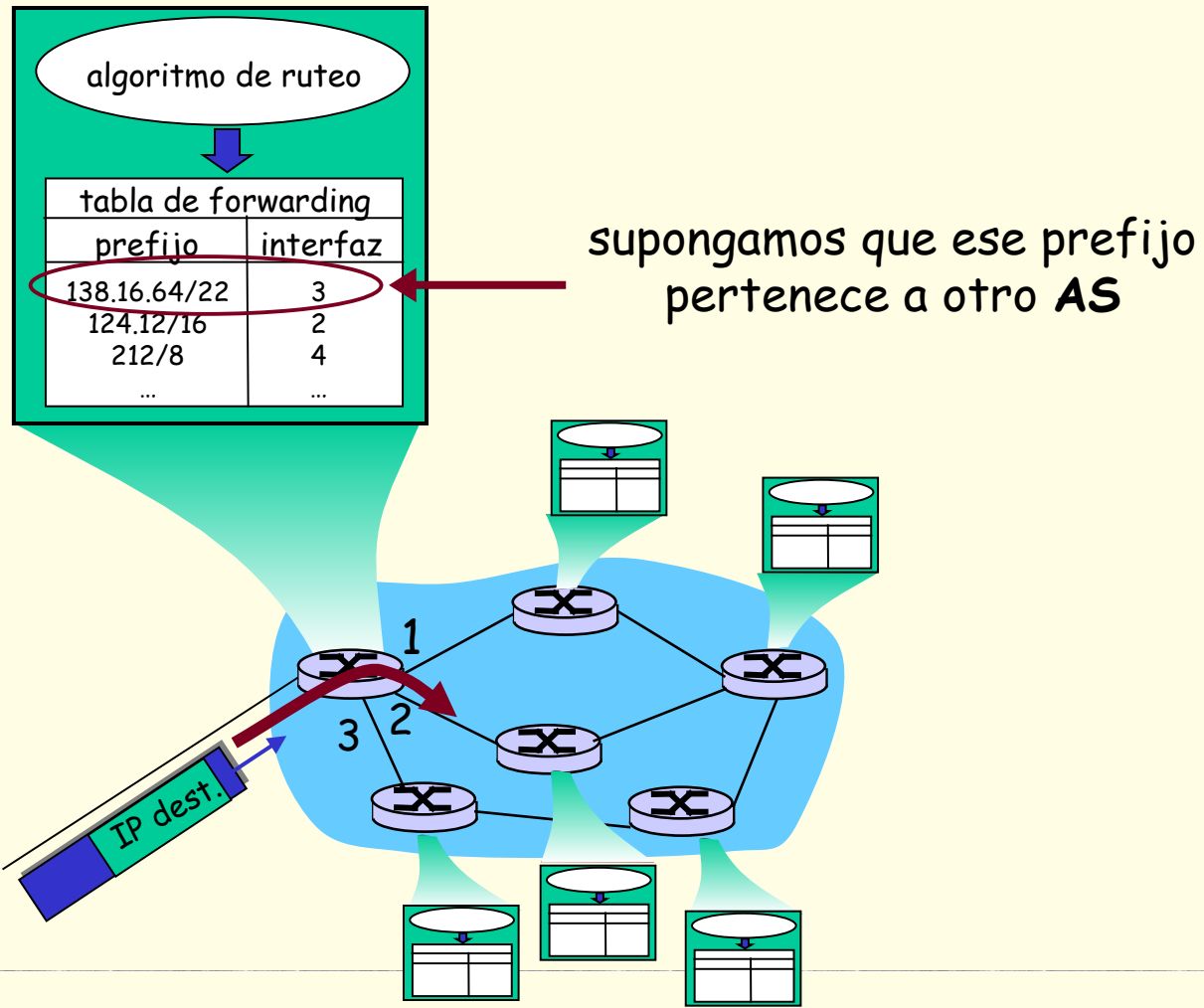


# Putting it altogether

- Pregunta del millón: ¿cómo llega la información de una cierta entrada de la tabla de forwarding de un router hasta ese router?
  - La respuesta es no es simple
  - Este ejercicio a manera de ejemplo integra el funcionamiento de **BGP** con el de **OSPF**
  - De paso, nos da una idea (si bien somera) de cómo trabaja el protocolo **BGP** en la práctica



# Putting it altogether

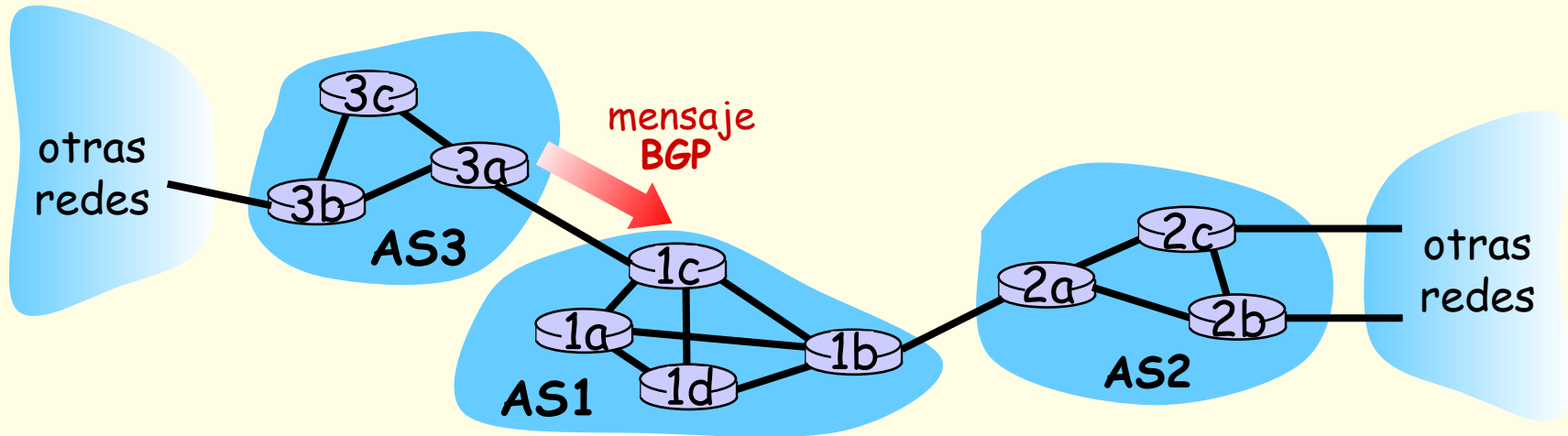


# Putting it altogether

- Esta tarea admite ser descompuesta en tres subtareas:
  - El router en primer lugar descubre al prefijo en cuestión
  - Luego, el router determina por qué interfaz rutear los datagramas para ese prefijo
  - Como último paso el router incorpora el par prefijo-interfaz en su tabla de forwarding



# El router descubre al prefijo

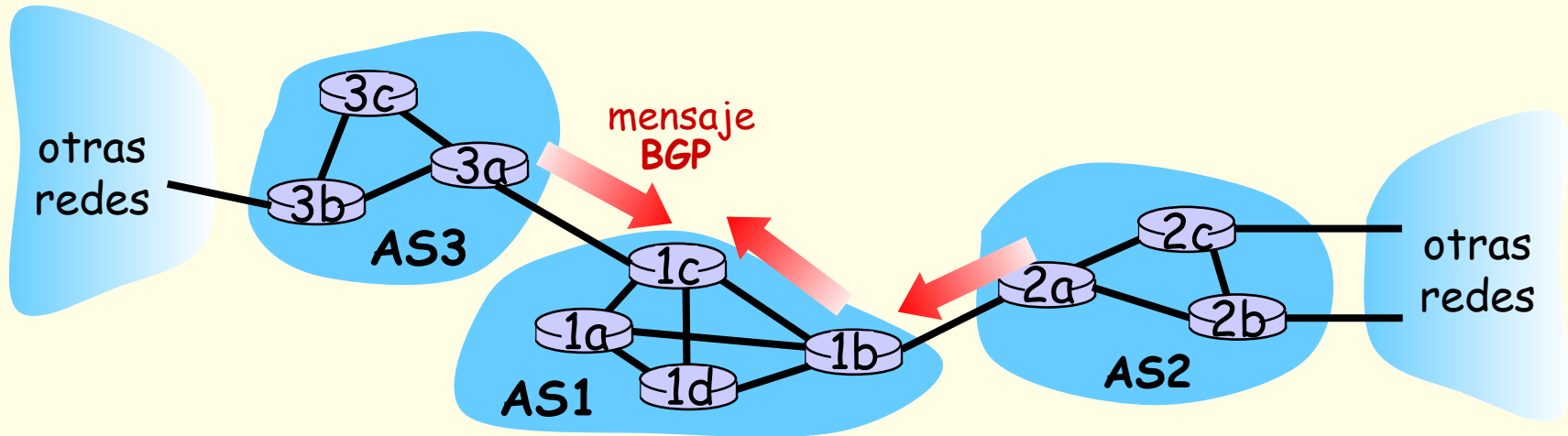


## ● El mensaje **BGP** contiene rutas:

- Una ruta es un prefijo junto con sus atributos
- Por caso, prefijo: **138.16.64/22**; **AS-PATH: AS3 AS13 AS20**; **NEXT-HOP: 201.44.13.125**



# El router debe elegir



- El router puede recibir varias rutas alternas para alcanzar al mismo prefijo
  - ➔ Naturalmente debe optar por una de ellas





# El router debe elegir

● El router elegirá la ruta en base al camino más corto reflejado en el atributo **AS-PATH**:

→ Por caso, ¿cuál conviene entre estos dos caminos?

Prefijo: **138.16.64/22**; AS-PATH: AS2 AS8 ←

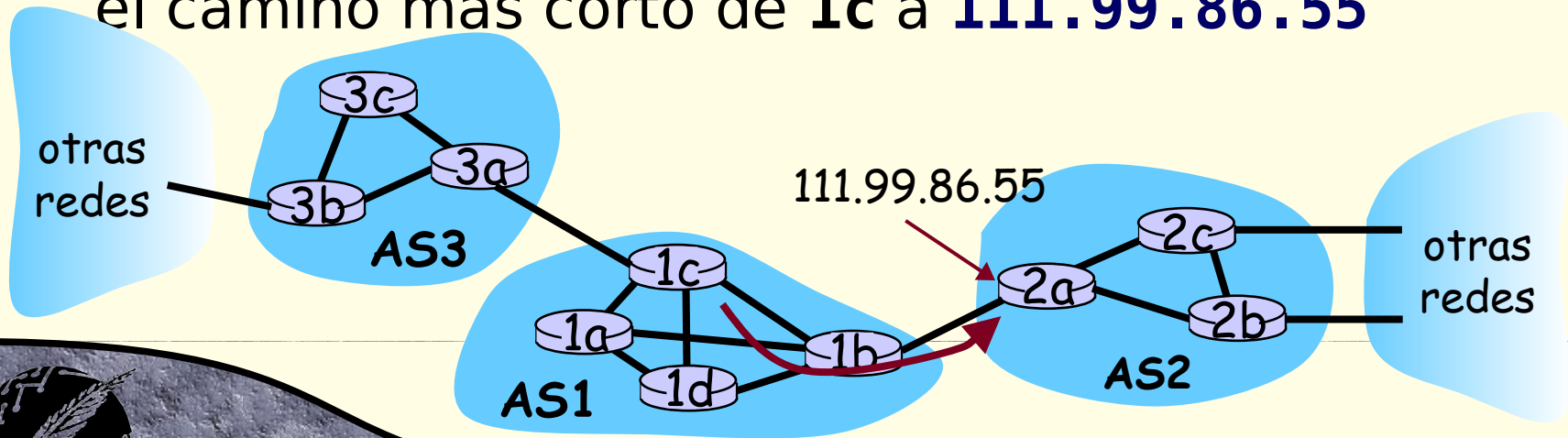
Prefijo: **138.16.64/22**; AS-PATH: AS3 AS13 AS20

→ ¿Y si hay un empate?



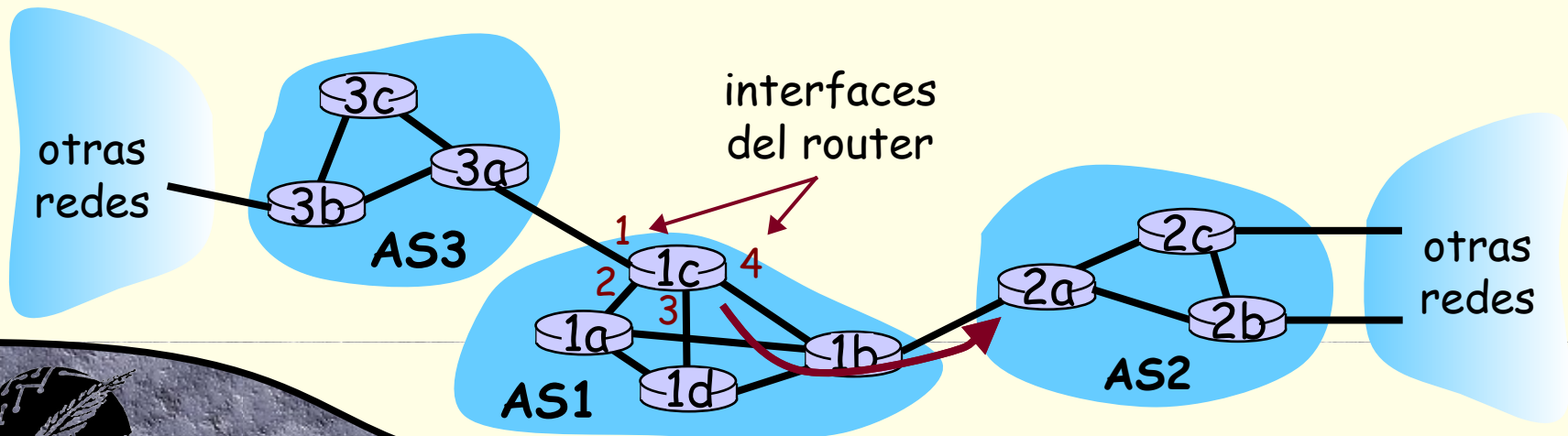
# ¿Qué interfaz debe usar?

- Usaremos el valor del atributo **NEXT-HOP** del camino seleccionado
  - ➔ Este atributo es la dirección **IP** de la interfaz del router que comienza el camino contenido en **AS-PATH**
  - ➔ Por caso: **AS-PATH: AS2 AS8; NEXT-HOP: 111.99.86.55**
  - ➔ El router usa por ejemplo **OSFP** para encontrar el camino más corto de **1c** a **111.99.86.55**



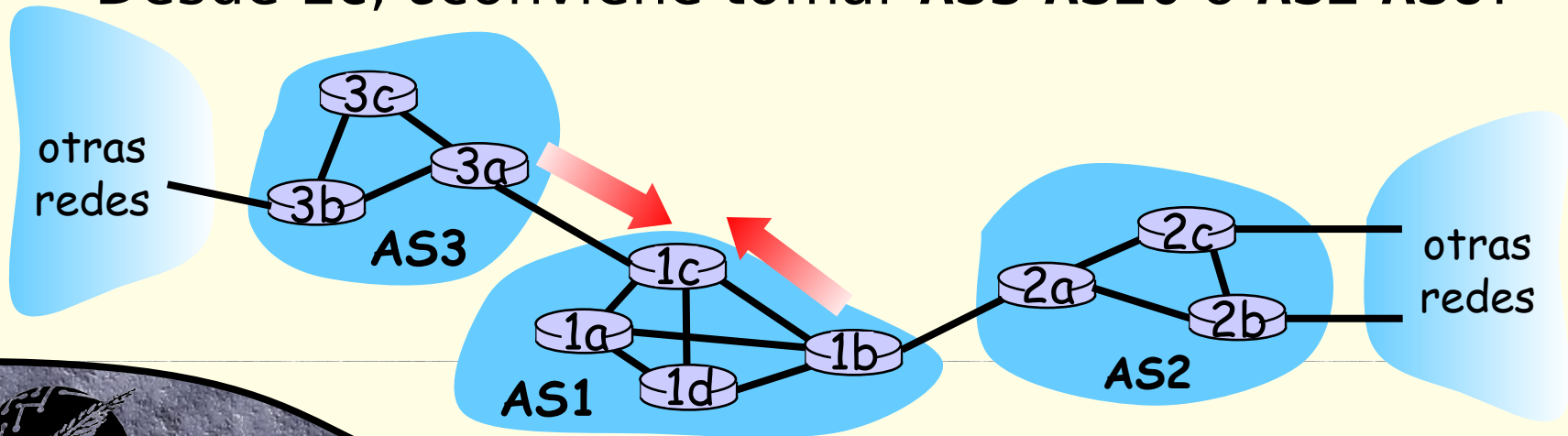
# ¿Qué interfaz debe usar?

- A esta altura, el router identifica qué interfaz debe utilizar:
  - El protocolo **OSPF** provee el camino más corto, la interfaz utilizada será incorporada a la tabla de forwarding
  - Por caso, se agregará (**138.16.64/22**, interfaz **4**)



# Hot potato routing

- Retomemos el caso hipotético de que se encuentren múltiples rutas óptimas
- Simplemente se debe optar por la ruta que cuente con el **NEXT-HOP** más cercano
  - ➔ Simplemente usaremos la información de **OSPF**
  - ➔ Desde **1c**, ¿conviene tomar **AS3 AS20** ó **AS2 AS8**?



# Síntesis

## 1) El router descubre al prefijo

- A través de los mensajes de propagación de rutas del protocolo **BGP**

## 2) El router determina por qué interfaz va a acceder a ese prefijo

- Usa **BGP** para comparar los caminos inter-**AS**
- En base a **OSPF** encuentra la mejor ruta intra-**AS**
- Finalmente, toma nota de cuál interfaz ha de usar

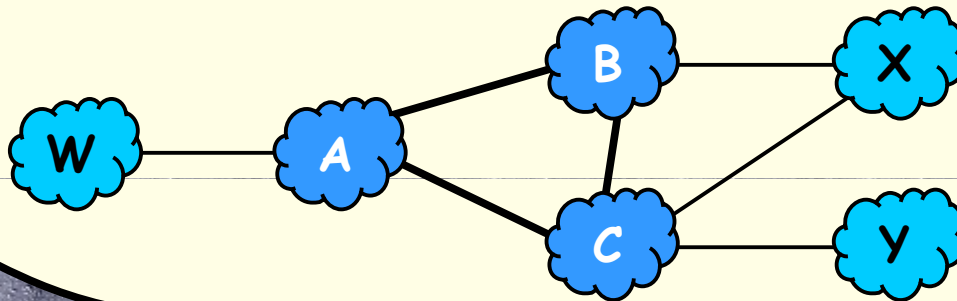
## 3) Por último, incorpora este par a la tabla



# Controlando el tráfico

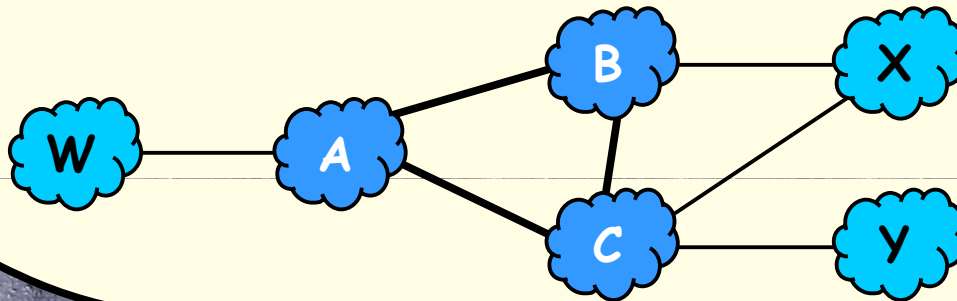
• Para entender por qué nos puede interesar tener control sobre el tráfico que pasa por nuestra red analicemos el siguiente escenario:

- Las redes **A**, **B** y **C** son proveedores de internet
- Las redes **X**, **Y** y **W** son clientes
- **X** contrató a dos proveedores, por redundancia
  - **X** no desea rutear tráfico de **B** a **C** via **X**
  - Es decir, no publicita a **B** su ruta a **C**



# Controlando el tráfico

- Supongamos que **A** avisa a **B** de su ruta **AW**
- **B**, a su vez, avisa a **X** de la ruta **BAW**
- ¿Debería **B** avisar a **C** de la ruta **BAW**?
  - Ciertamente no, **B** no gana nada por rutear tráfico por la ruta **CBAW**, pues ni **W** ni **C** son clientes suyos
  - **B** desea forzar a **C** que rutee hacia **W** a través de **A**
  - **B** sólo quiere rutear tráfico desde/hacia sus clientes



# Inter-AS vs. intra-AS

- Para entender por qué razón es conveniente poder contar con diferentes algoritmos a nivel inter-**AS** e intra-**AS** debemos analizar esta problemática desde diversos enfoques.
- Considerando el **establecimiento de políticas**:
  - Inter-AS: los administradores desean tener control total sobre cómo rutean su propio tráfico y más aun, elegir el tráfico de quién más atravesará sus redes
  - Intra-AS: existe un único administrador, por lo que no hay decisiones políticas que tomar





# Inter-AS vs. intra-AS

- Considerando la posibilidad de poder **escalar la infraestructura**:
  - El ruteo jerárquico se transforma en una necesidad a la hora de disminuir el tamaño de la tablas de ruteo y de reducir el tráfico producto de las actualizaciones
- Considerando el **desempeño**:
  - Intra-AS: se puede y es conveniente elegir una solución que brinde un alto desempeño
  - Inter-AS: las decisiones políticas puede tener más importancia que el desempeño



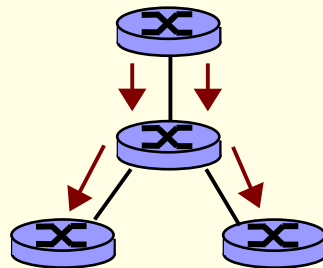
# Taxonomía de tráficos

- La capa de red puede soportar distintos tipos de tráficos:
  - ➔ **Tráfico unicast:** el cual involucra un único origen y un único destino
  - ➔ **Tráfico broadcast:** el cual involucra un único origen pero la totalidad de los nodos como destino
  - ➔ **Tráfico multicast:** el cual involucra un único origen pero un subconjunto propio del total de los nodos como destino

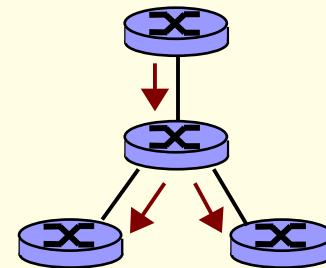


# Ruteo broadcast

- Al enrutar tráfico de tipo broadcast debería ser evidente que en algún punto **se debe duplicar el datagrama original**
  - Al hacer **broadcast via unicast** se toma la decisión de duplicar el datagrama en origen
  - Al hacer **broadcast con asistencia de la capa de red**, el datagrama se va duplicando a medida que haga falta



duplicación  
en origen



duplicación con  
asistencia de la red



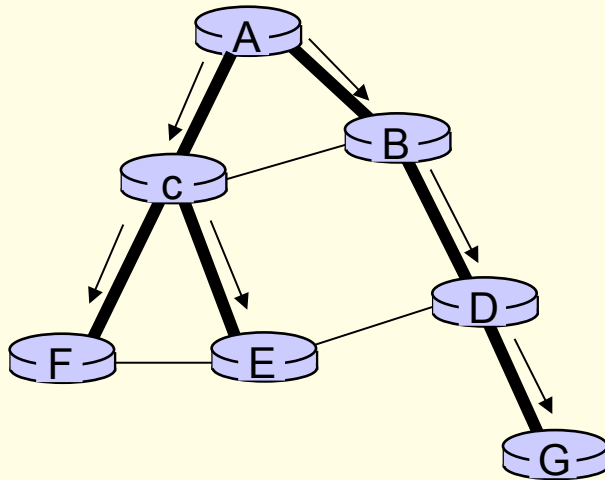
# Asistencia de la capa de red

- La capa de red puede asistir en esta tarea de diversas formas:
  - Inundación indiscriminada: los routers replican por todas sus interfaces los datagramas que van recibiendo
  - Inundación selectiva: los routers sólo replican por todas sus interfaces la primera vez que toman contacto con un cierto datagrama
  - Árbol cubriente: los routers sólo replican por determinadas interfaces los datagramas recibidos

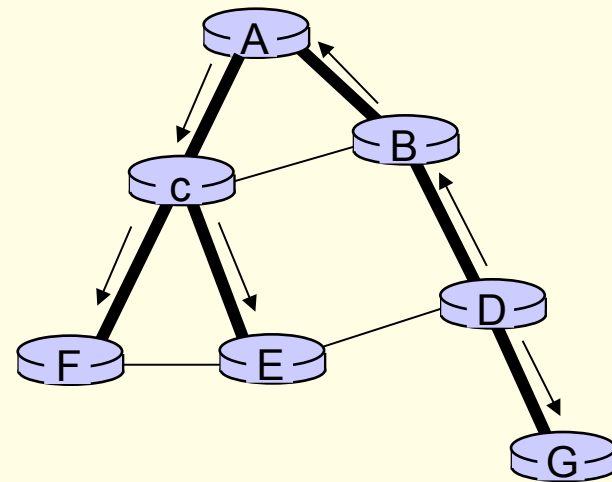


# Árbol cubriente

- Primeramente, se construye el árbol cubriente
- Luego, los nodos propagan los datagramas sólo sobre los arcos de dicho árbol



broadcast iniciado en A



broadcast iniciado en D

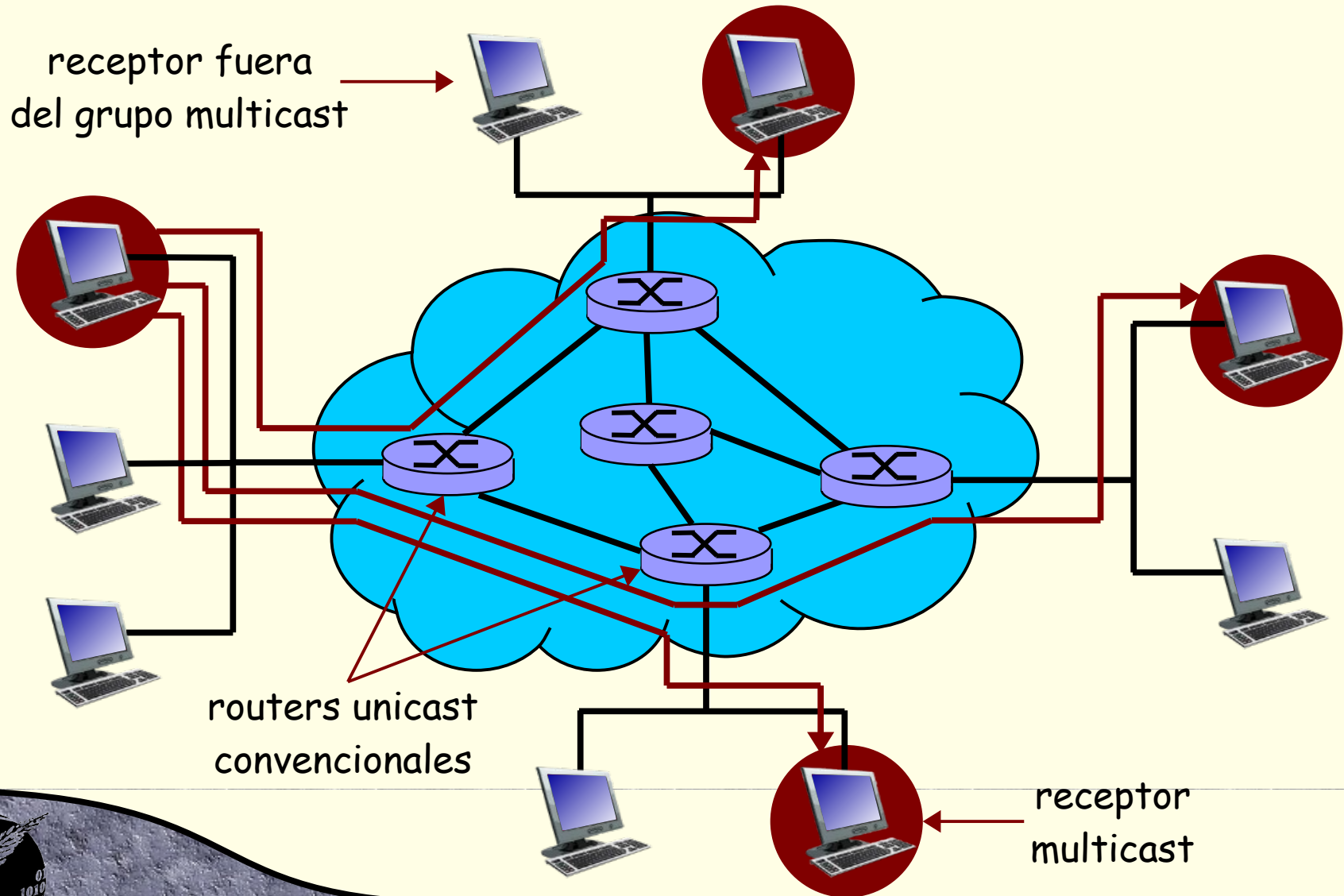


# Ruteo multicast

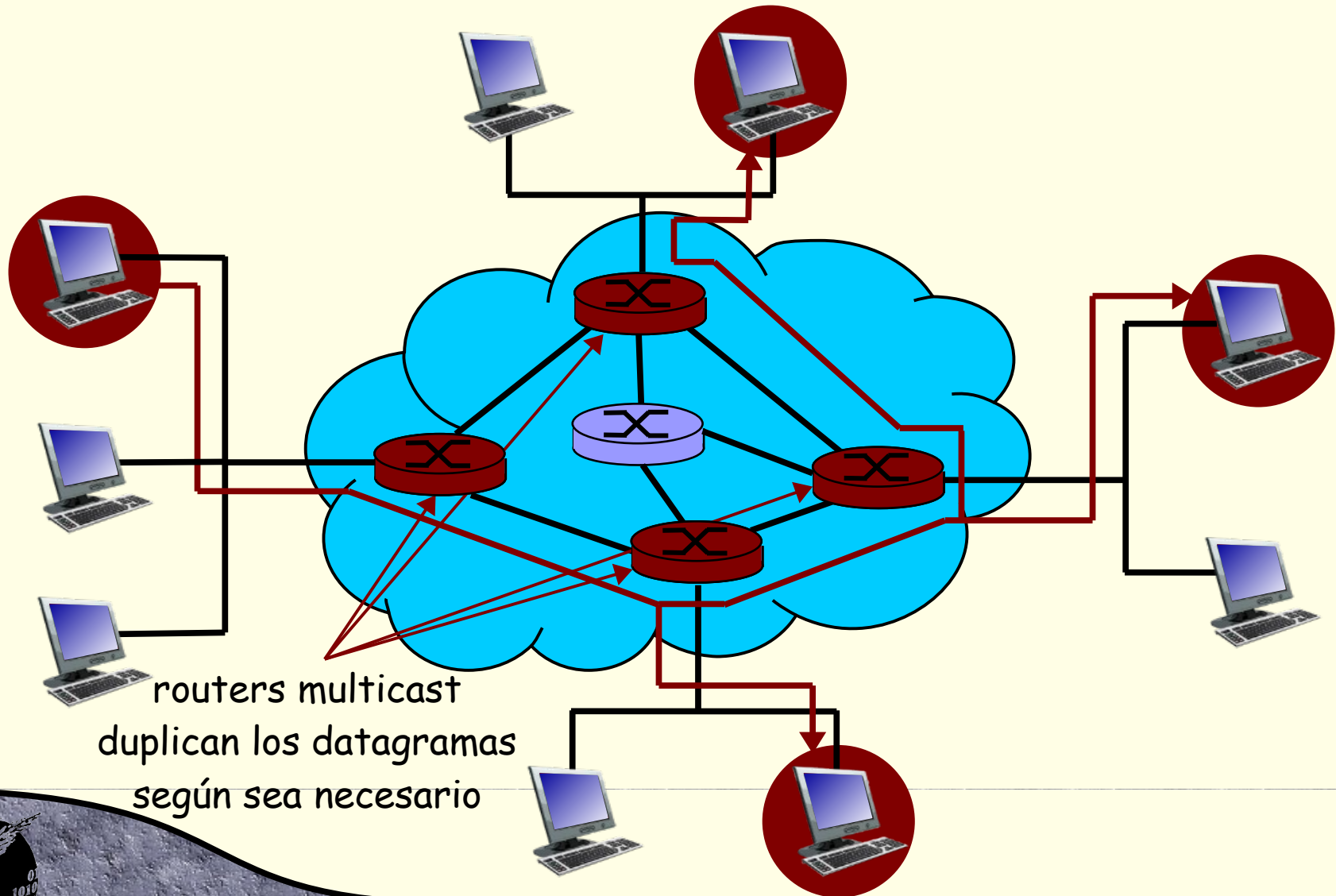
- El **ruteo multicast** consiste en distribuir el mismo datagrama a múltiples destinos
- ¿Cómo implementar el ruteo multicast?
  - Haciendo uso de **tantos envíos unicast como sea necesario** (duplicación en origen)
  - Otra posibilidad es contar con alguna forma de **asistencia por parte de la capa de red**
  - Finalmente se puede implementar el multicast **a nivel de la capa de aplicaciones**



# Multicast via unicast

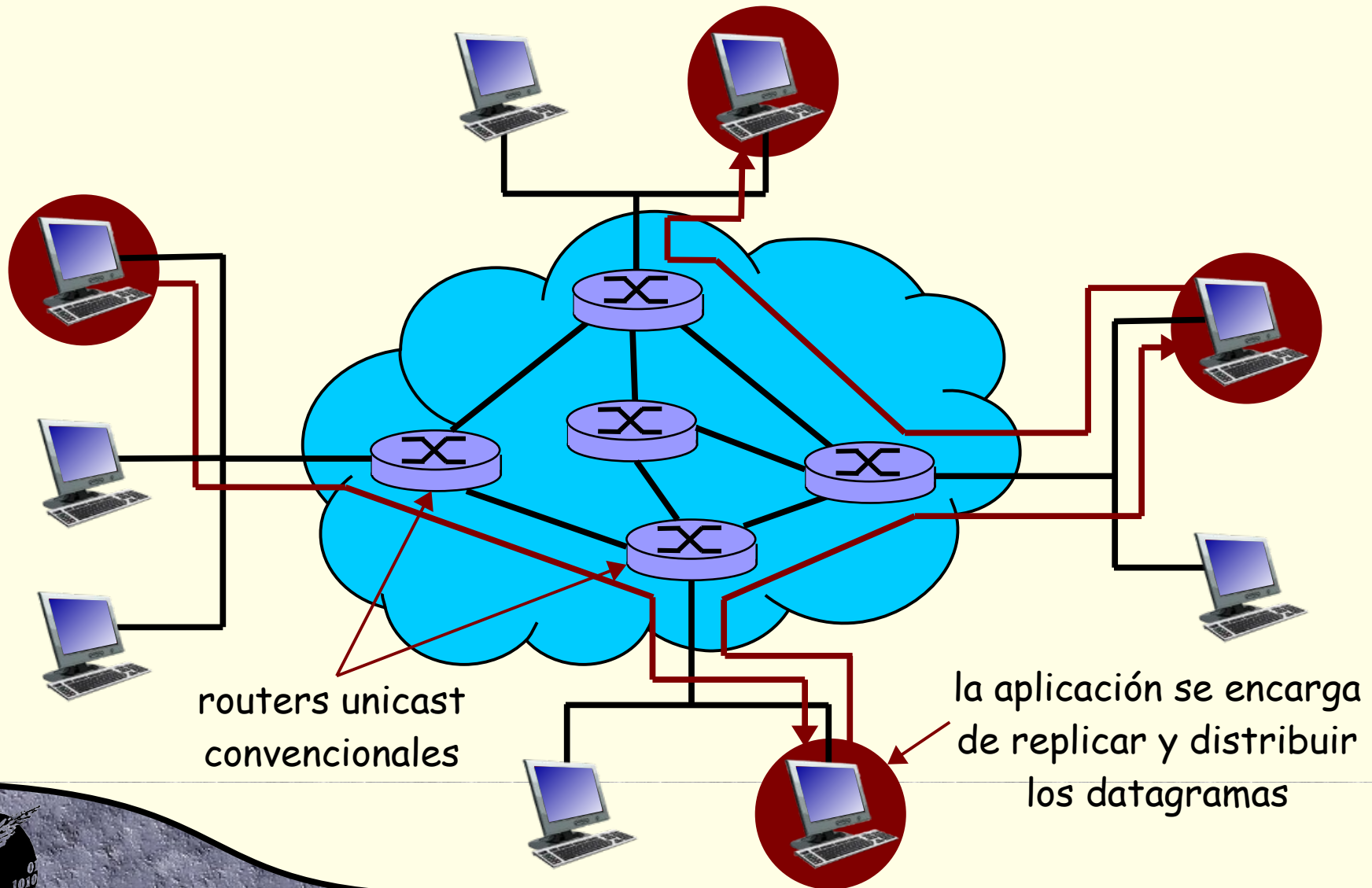


# Multicast con soporte de red





# Multicast via aplicaciones

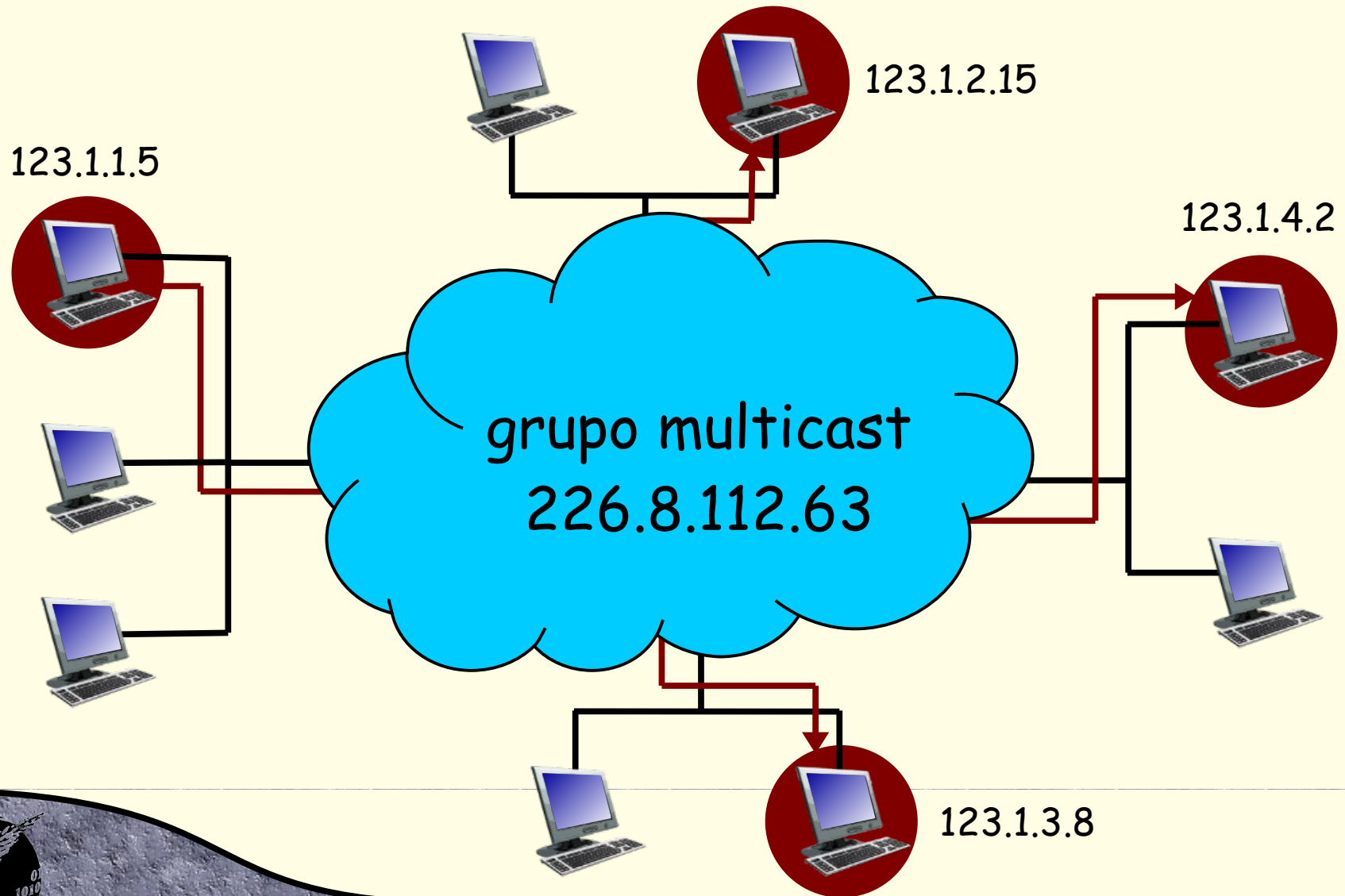


# Multicast en internet

- La implementación de multicast en internet se basa en **agregar un nivel de indirección** a la infraestructura de red preexistente
  - ➔ Las computadores direccionan el tráfico multicast hacia una dirección en particular que denota a un cierto grupo multicast
  - ➔ Los routers se encargan de hacer llegar una copia de esos datagramas a las direcciones **IP** efectivas de las computadoras que conformen ese grupo multicast

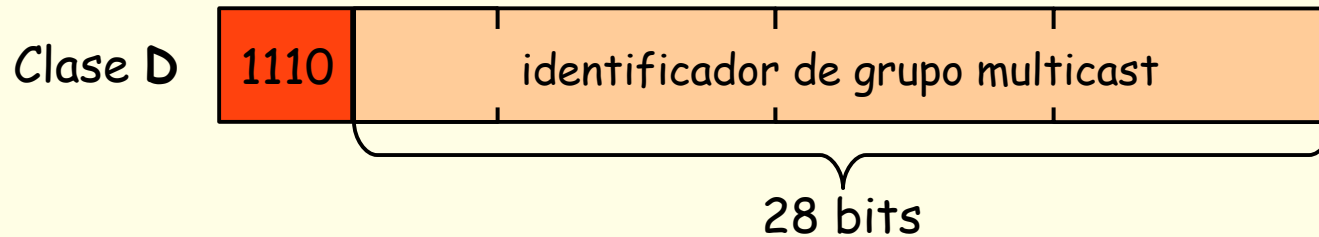


# Multicast en internet



# Grupos multicast

- La clasificación de las direcciones **IP** reservó un conjunto de direcciones para ser usadas como identificadores de grupos multicast



- Semántica del grupo multicast:
  - ➔ Cualquiera puede unirse al grupo multicast
  - ➔ Cualquiera puede enviar al grupo multicast



# Incorporación a un grupo

- La incorporación a un grupo multicast se lleva adelante en dos etapas:
  - ➔ En la red de área local: la computadora informa al router multicast local que desea incorporarse a un cierto grupo multicast haciendo uso del protocolo **IGMP** (Internet Group Management Protocol)
  - ➔ En la red de área amplia: el router local interactúa con otros routers para recibir el flujo de datagramas multicast correspondiente haciendo uso de diversos protocolos (por caso, **DVMRP**, **MOSPF**, **PIM**, etc.)



# ¿Preguntas?

