


Departamento de Computación,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires

# Trabajo Práctico 1

## Teoría de las Comunicaciones

Primer Cuatrimestre de 2014



| Apellido y Nombre | LU | E-mail |
|---|---|---|
| Delgado, Alejandro N. | 601/11 | nahueldelgado@gmail.com |
| Lovisolo, Leandro | 645/11 | leandro@leandro.me |
| Petaccio, Lautaro José | 443/11 | lausuper@gmail.com |

# Índice

**1. Introducción téorica** **3**

**2. Desarrollo** **3**

**3. Resultados** **5**

3.1. Red *Alto Palermo* . . . . . 5

3.1.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$ . . . . . 6

3.1.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$ . . . . . 6

3.2. Red *McDonald's* . . . . . 7

3.2.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$ . . . . . 9

3.2.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$ . . . . . 10

3.3. Red *Starbucks* . . . . . 11

3.3.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$ . . . . . 11

3.3.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$ . . . . . 12

3.4. Estadísticas . . . . . 13

3.4.1. Tamaño de las muestras y tiempos de captura . . . . . 13

3.4.2. Entropía . . . . . 13

**4. Discusión** **13**

4.1. Nodos que emiten paquetes ARP *who-has* hacia un único nodo destino . . . . . 13

4.2. Nodos que emiten paquetes ARP *who-has* hacia muchos nodos destino . . . . . 13

4.3. Nodos que no emiten ningún paquete ARP . . . . . 13

4.4. Paquetes ARP con IP origen 0.0.0.0 . . . . . 13

4.5. Direcciones en el rango 169.254.0.0/16 . . . . . 14

4.6. Misma IP como origen y destino . . . . . 14

4.7. Red *Alto Palermo* . . . . . 14

4.8. Red *McDonald's* . . . . . 14

4.9. Red *Starbucks* . . . . . 15

**5. Conclusión** **15**

**6. Referencias** **15**

# 1. Introducción téorica

En este trabajo realizamos un análisis de redes mediante la captura de paquetes ARP.

Address Resolution Protocol (ARP) es un protocolo usado frecuentemente por las redes locales para conectar las capas 3 (capa de red) y 2 (capa de enlace) mediante la conversión o identificación de IP v4 con direcciones físicas MAC.

Existen dos tipos de paquetes posibles en el protocolo: paquetes de petición y de respuesta.

- Los paquetes de petición (*who-has*) son enviados mayormente en forma de broadcast con el objetivo de poder localizar la dirección MAC a la cuál le pertenece una IP conocida.
- Los paquetes de respuesta (*is-at*) son enviados de manera uni-cast ya que se utilizan para responder a la máquina que realizó una petición con anterioridad.

La estructura de los paquetes ARP es simple, consiste principalmente de los siguientes campos:

- Operación: Especifica la operación que el emisor está realizando. 1 para petición, 2 para responder.
- Dirección MAC del emisor.
- Dirección IP del emisior.
- Dirección MAC del destinatario: Este campo se ignora en las peticiones.
- Dirección IP del destinatario.

A continuación se describe un ejemplo de uso típico observado en la práctica.

> Una máquina en una red quiere mandarle un paquete de datos a otra máquina en la misma red. Para esto, la máquina emisora busca en su tabla local, la dirección MAC asociada a la dirección IP a la cuál quiere mandar el paquete. Si no la encuentra, realiza el broadcasts de la petición ARP, la cual llegará eventualmente, si se encuentra conectada, a la máquina destino. La máquina destino recibirá la petición y la responderá de manera uni-cast hacia la máquina que realizó la petición, poniendo en el paquete su dirección MAC para que la máquina destino de la respuesta pueda conocer la dirección MAC que necesitaba.

El análisis de la red consiste en reconocer su topología en base al nivel de información que proveen las diferentes IP, como fuente y como destino, tomando a las IP como símbolos y estimado su probabilidad de aparición con su frecuencia muestral.

# 2. Desarrollo

Implementamos, para nuestro análisis, un *sniffer*[1] o monitor de paquetes, con el objetivo de poder analizar los paquetes ARP siendo enviados vía broadcast por el medio utilizado. Esta implementación se realizó en Python y utiliza la biblioteca Scapy [2] para la captura de paquetes, provista por la cátedra.

Los medios utilizados para la captura de paquetes fueron tres redes Wi-Fi, de acceso público y de frecuente utilización.

Identificamos las redes según su SSID:

- Alto Palermo
- McDonald's

[1] `arpsniffer.py`
[2] `http://www.secdev.org/projects/scapy`

- Starbucks

La captura de paquetes ARP consistió en el monitoreo de los paquetes ARP durante media hora aproximadamente para cada red Wi-Fi. Se almacenaron los campos principales de cada paquete para luego realizar el análisis estadístico.

Habiendo obtenido las capturas de las redes, nos proponemos identificar el o los routers que actúan como *gateway* de cada red analizada. Para esto, calculamos dos tipos de frecuencia muestral para cada IP, la primera en relación a cuántos paquetes *who-has* la tienen como emisor y la segunda, cuántos paquetes *who-has* la tienen como destino. De este análisis, conseguimos la frecuencia muestral de cada IP como emisor y como destino.

Para cada red consideramos las fuentes de información $S_{src}$ y $S_{dst}$ tales que sus símbolos son las direcciones IP que aparecen como origen y destino en los paquetes ARP *who-has*, respectivamente. Para cada fuente, calculamos la información de cada símbolo[3] utilizando un script[4].

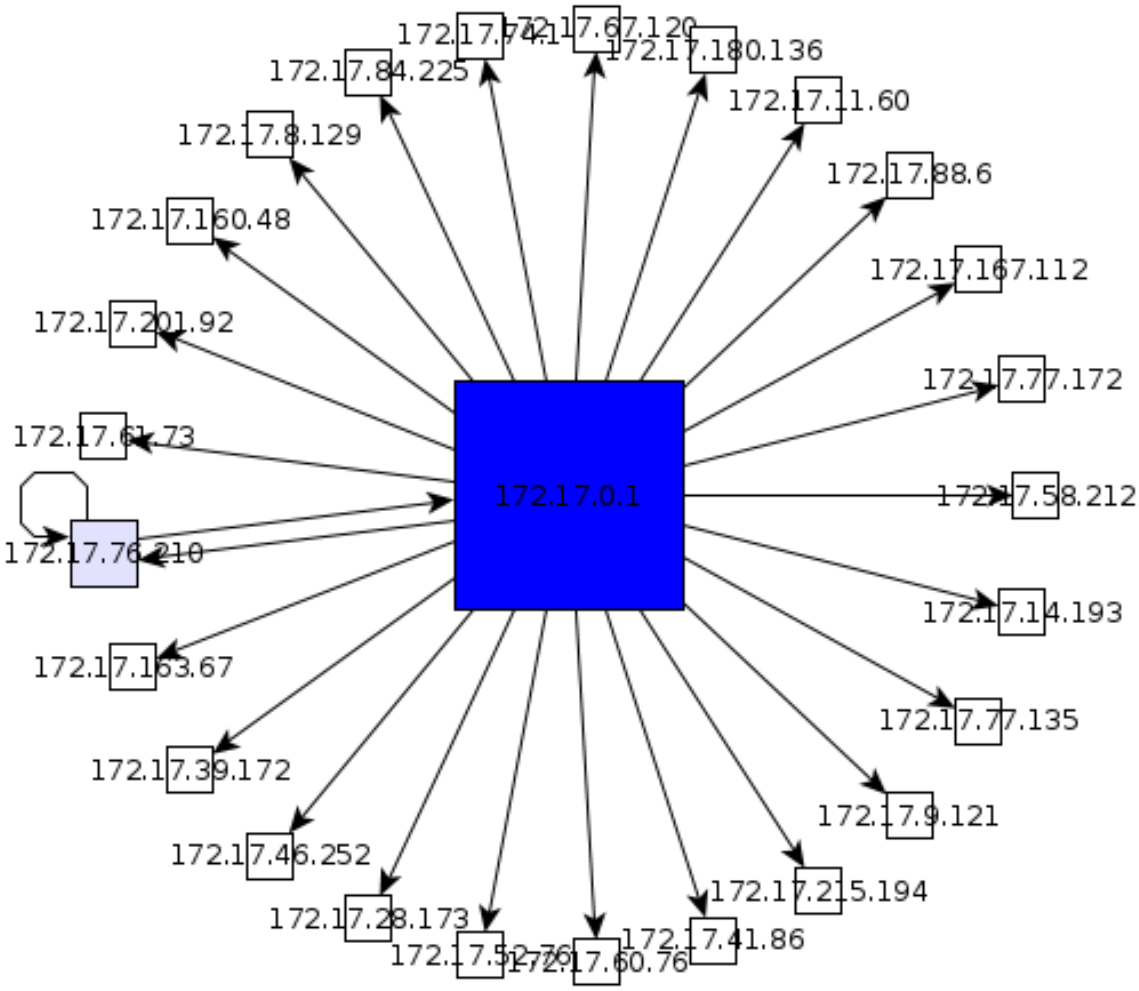
A continuación intentamos identificar los routers en la red utilizando la información de cada IP para ambas fuentes $S_{src}$ y $S_{dst}$. Según suponemos, las IP asociadas a los routers deberían poseer la menor cantidad de información debido a que su frecuencia de recepción e incluso emisión de paquetes ARP debería ser la más alta. Esta suposición se basa en que el router será el dispositivo a los que todos los equipos querrán comunicarse (para poder tener acceso a internet), y mantendrán su ubicación actualizada para poder realizar la comunicación.

Para obtener una visualización de la red con la que se está trabajando, graficamos las comunicaciones en la red en forma de grafos dirigidos, utilizando un script [5] en Python para representar los grafos en formato Trivial Graph Format[6] que luego graficamos con el software yEd[7]. Tomamos como nodos los diferentes IP de ésta y como aristas dirigidas la existencia de un paquete ARP con una fuente y un destino específico.

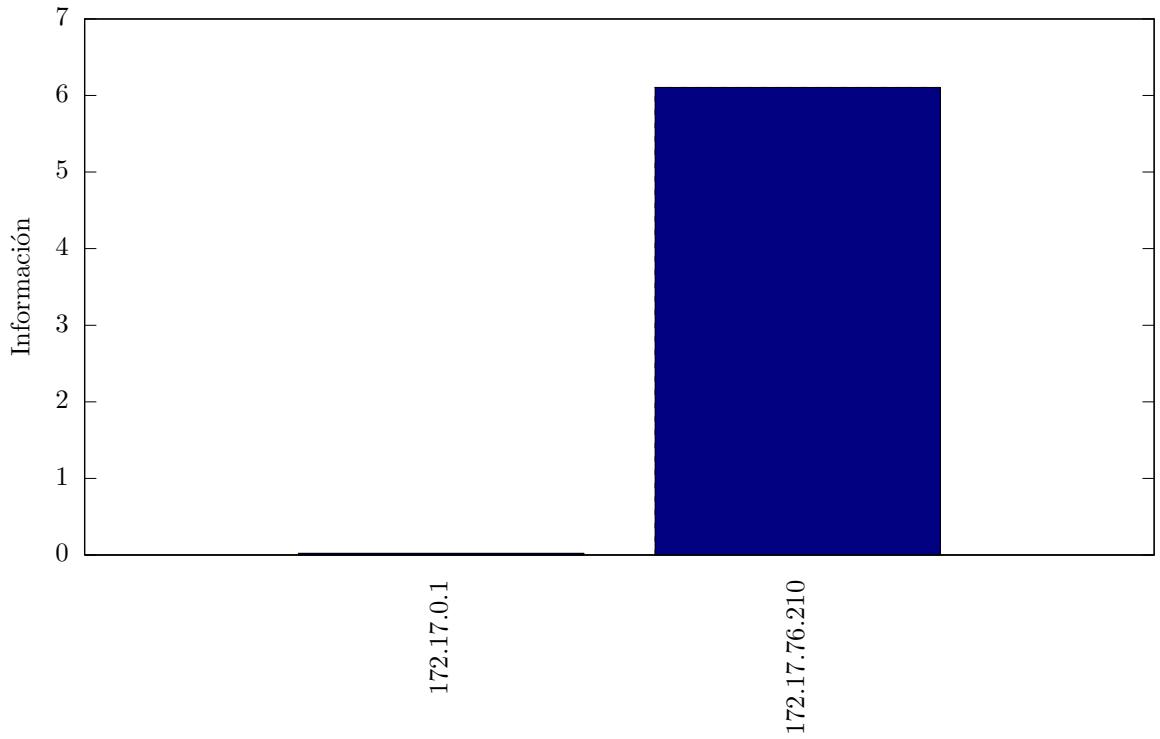
[3] Es decir, cada dirección IP asociada a esa fuente de información.
[4] `informacion`
[5] `tgfizar.py`
[6] `http://en.wikipedia.org/wiki/Trivial_Graph_Format`
[7] `http://www.yworks.com/en/products_yed_about.html`

# 3. Resultados

## 3.1. Red *Alto Palermo*

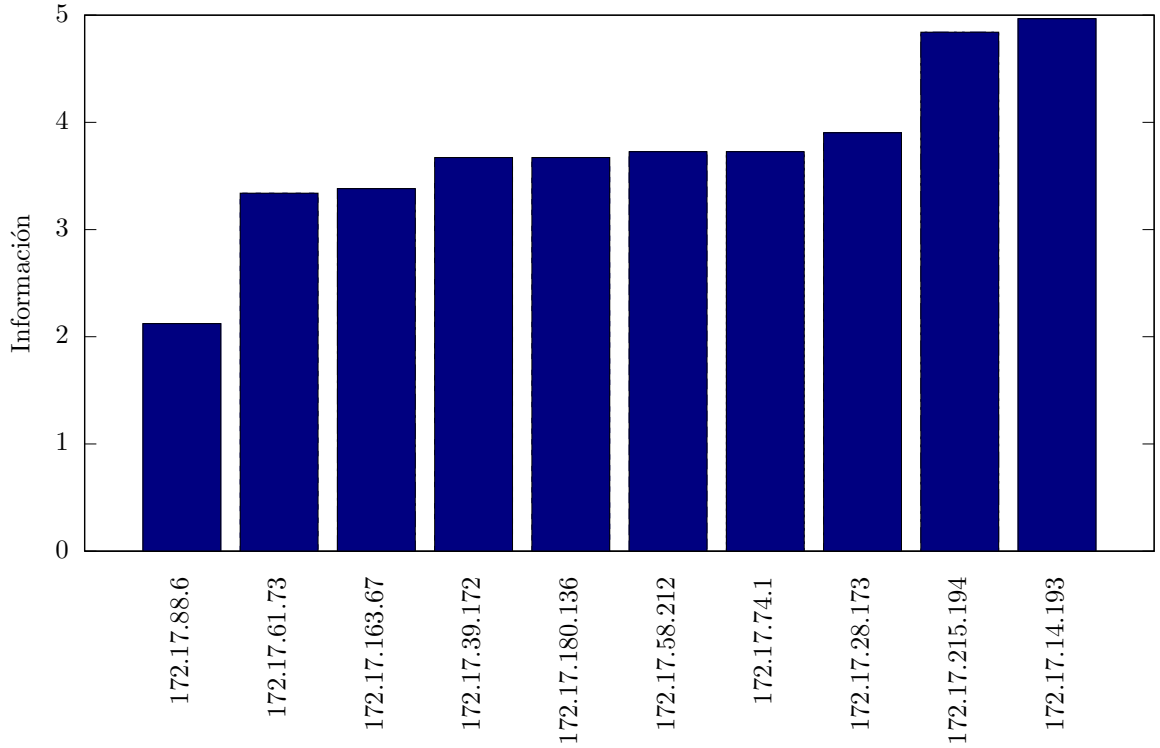


### 3.1.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$

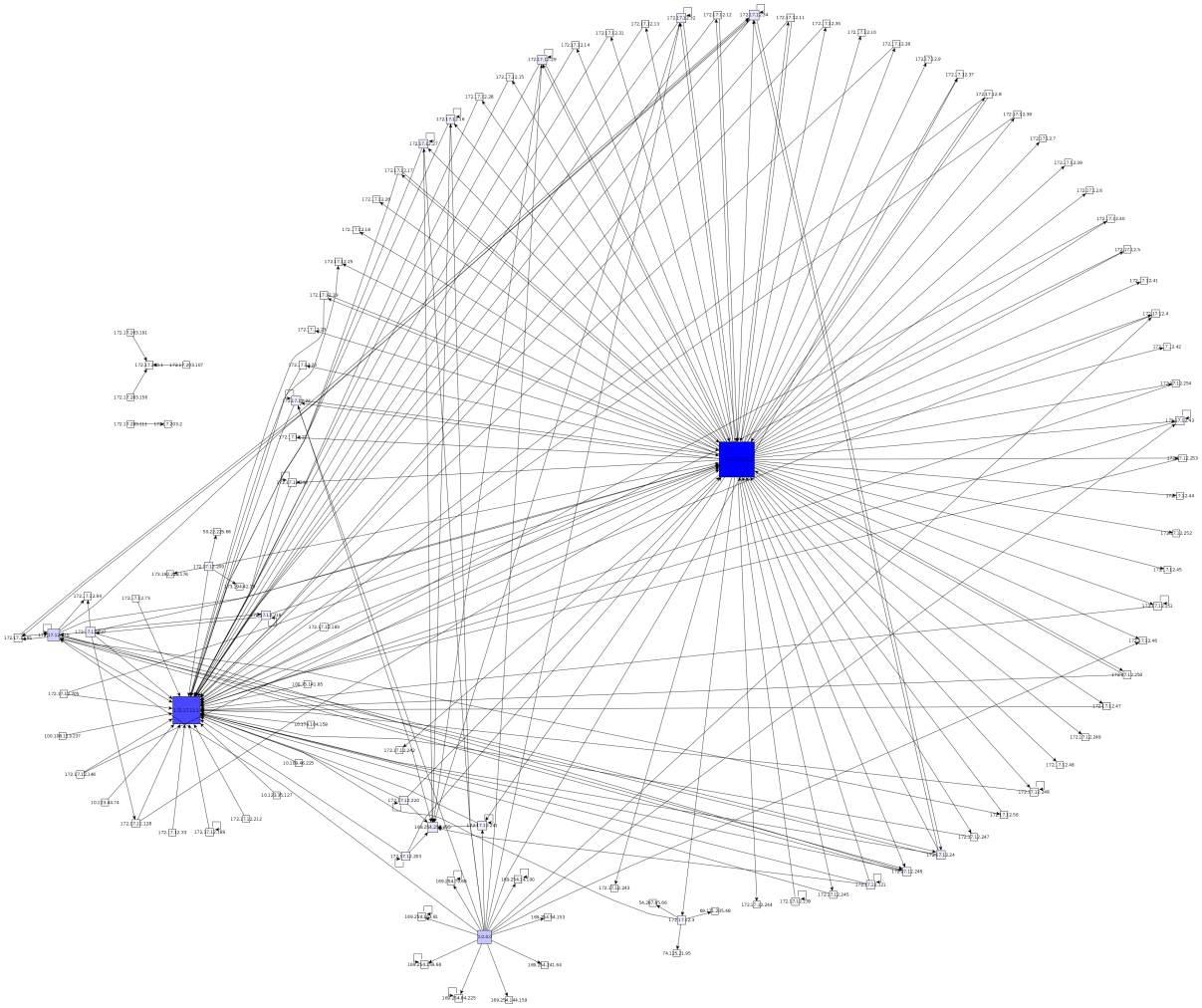


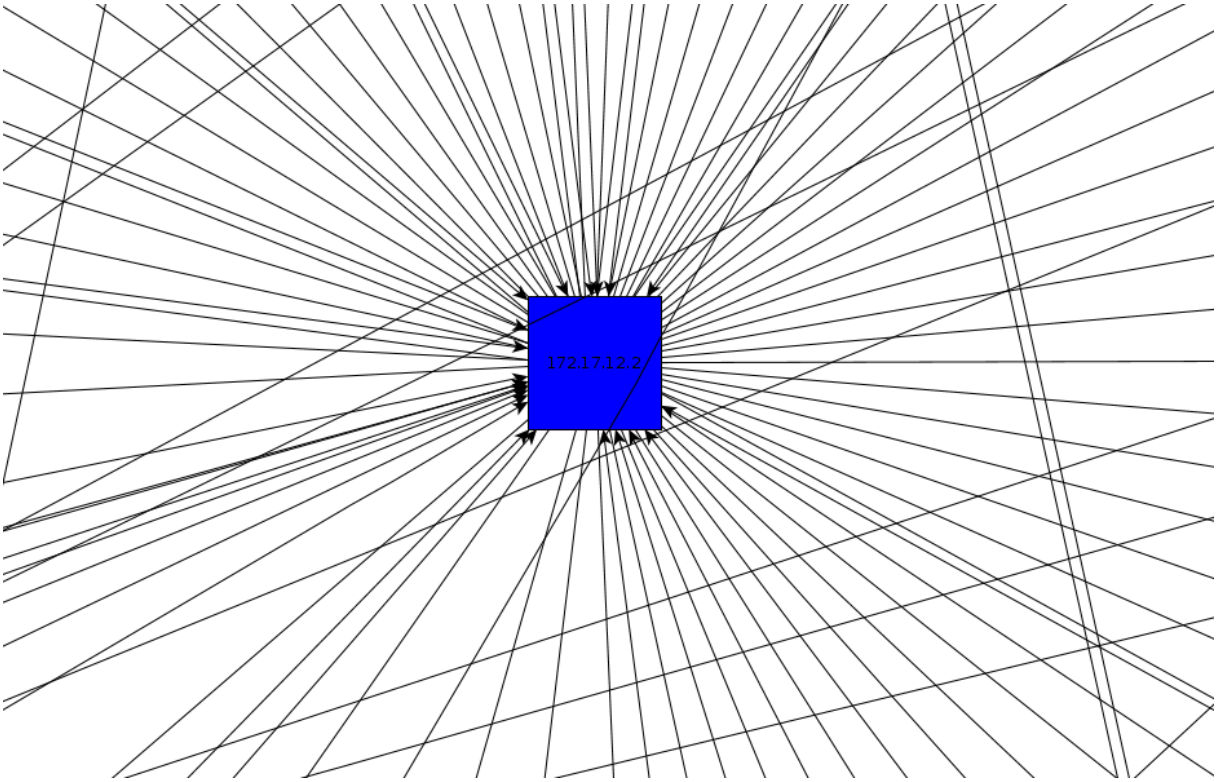

### 3.1.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$

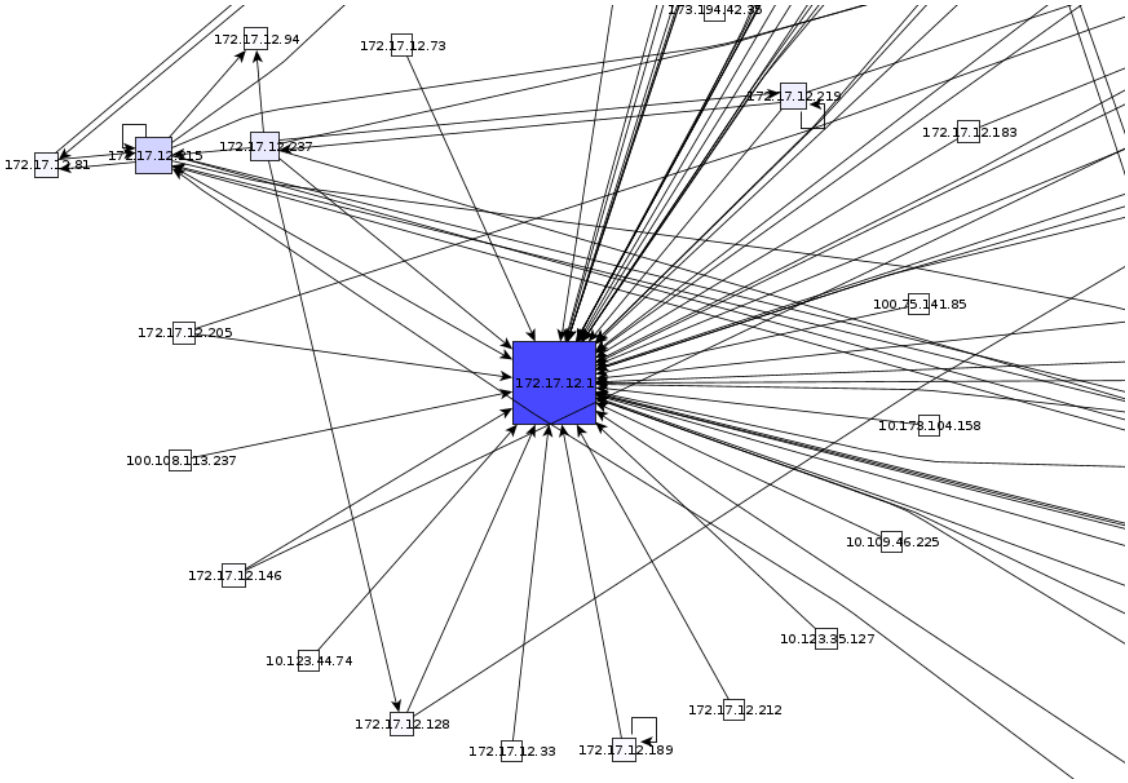
Limitamos el gráfico a los 10 símbolos con menor información.

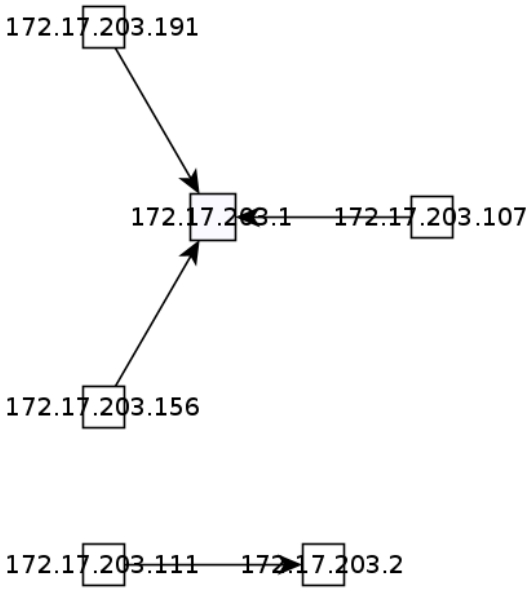


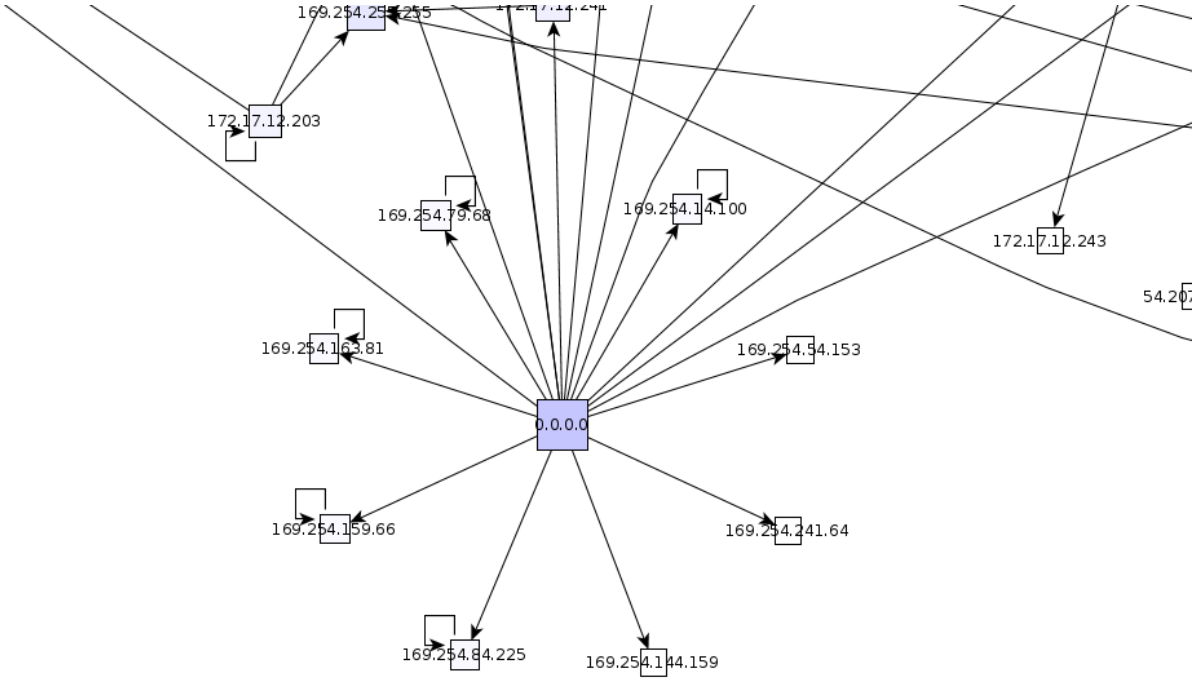
## 3.2. Red *McDonald's*




172.17.12.2

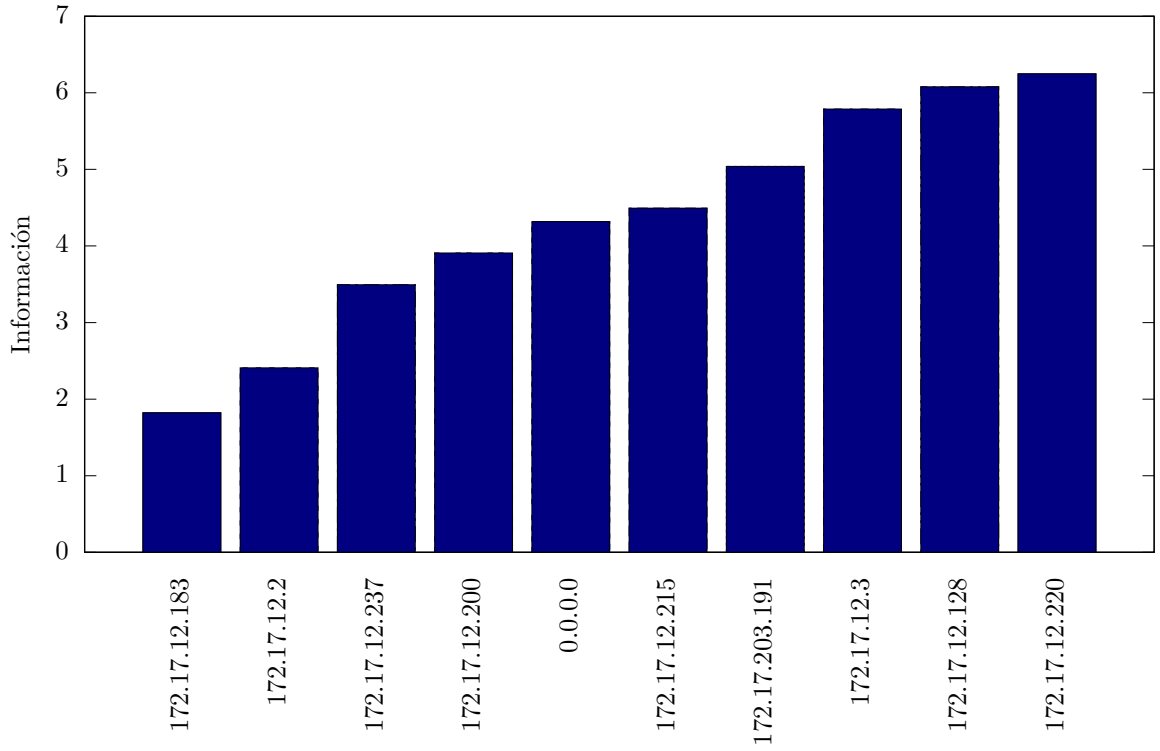

172.17.12.94
172.17.12.73
172.17.12.219
172.17.12.183
172.17.12.81
172.17.12.237
172.17.12.205
100.25.141.85
172.17.12.1
10.178.104.158
100.108.113.237
10.109.46.225
172.17.12.146
10.123.35.127
10.123.44.74
172.17.12.212
172.17.12.128
172.17.12.33
172.17.12.189



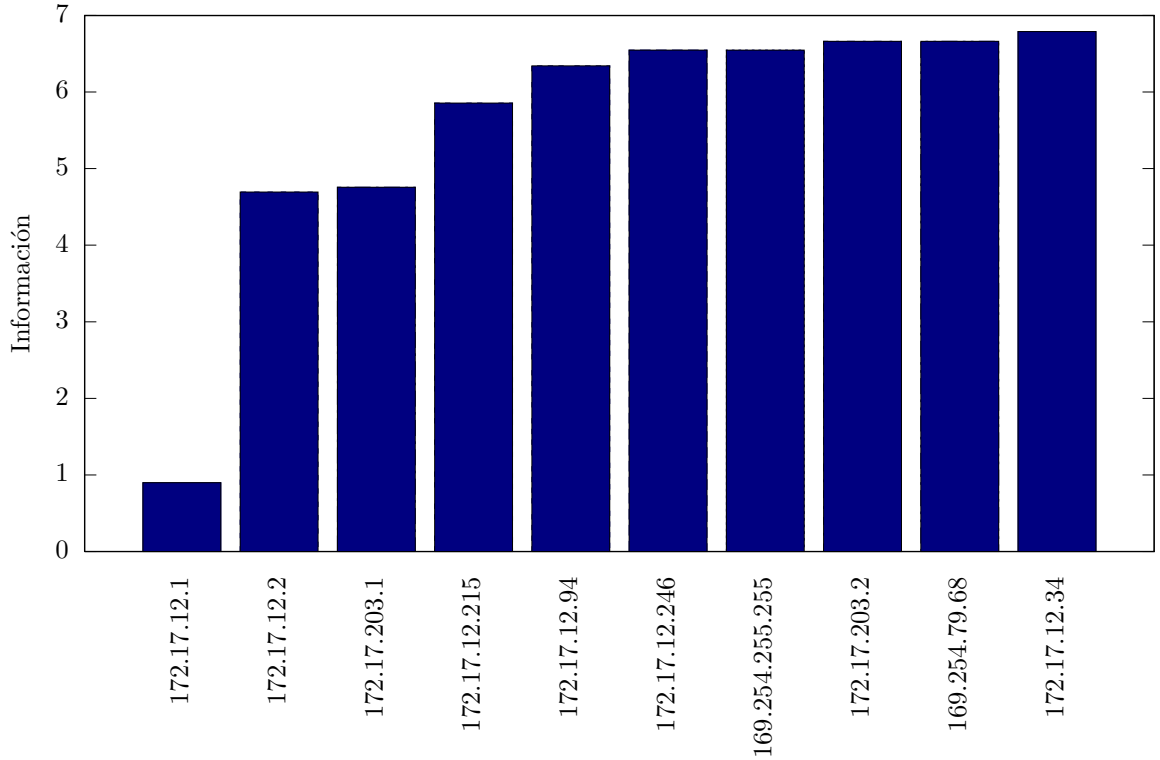

### 3.2.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$

Limitamos el gráfico a los 10 símbolos con menor información.

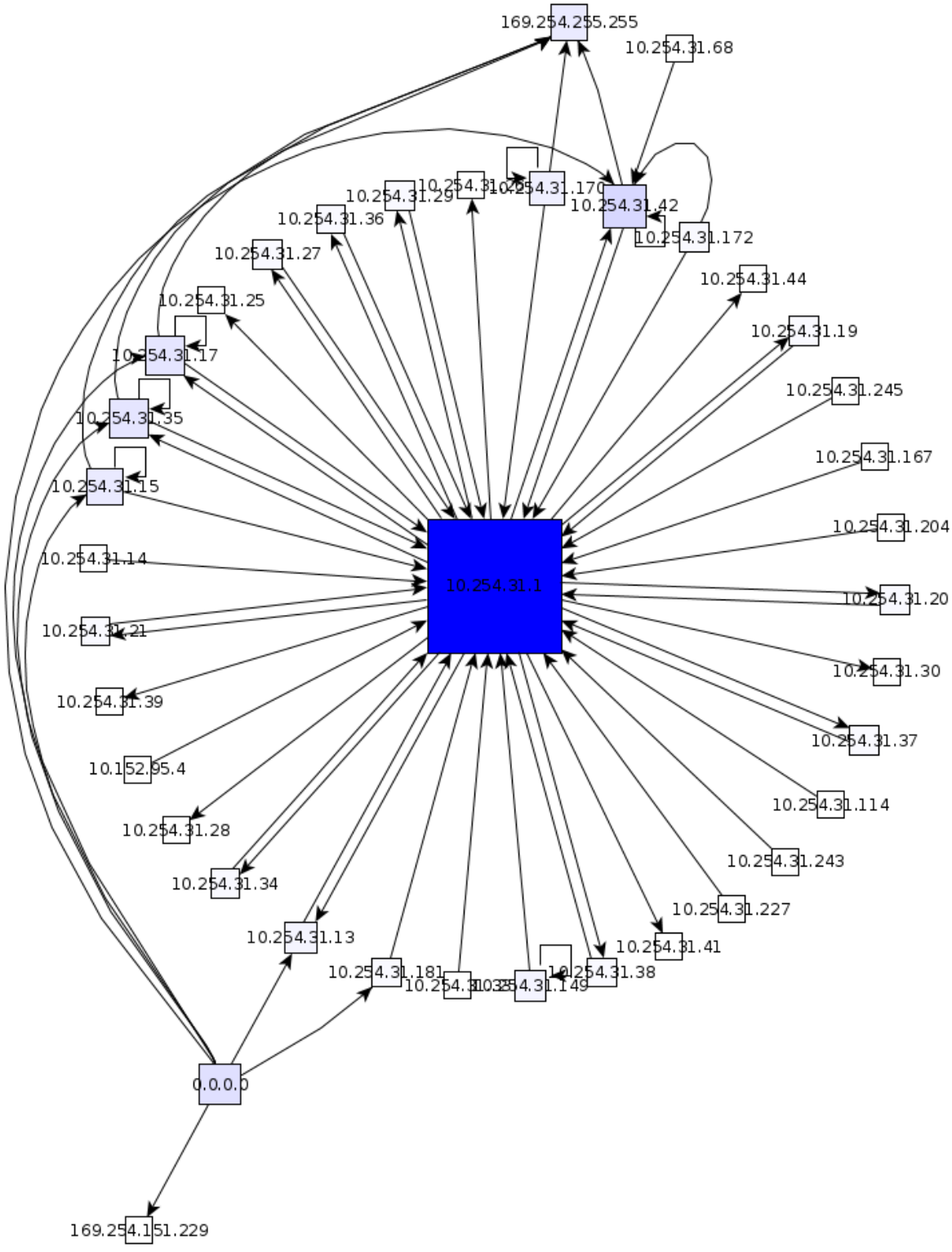



### 3.2.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$

Limitamos el gráfico a los 10 símbolos con menor información.

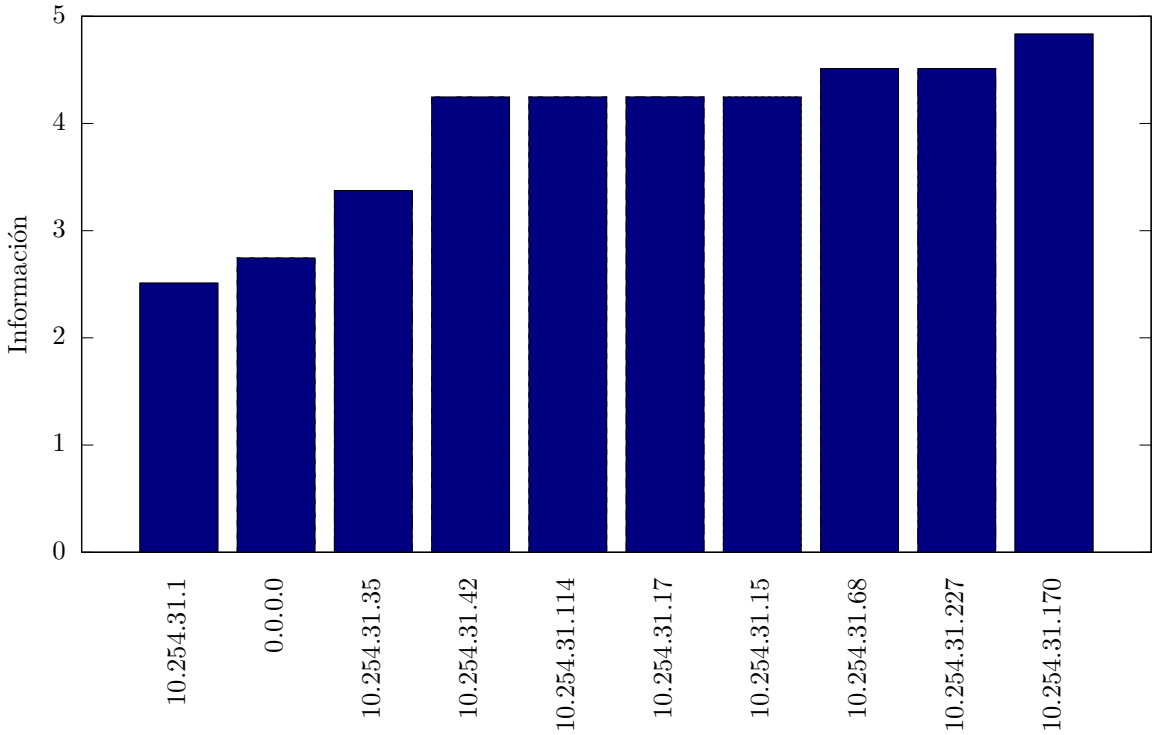


## 3.3. Red *Starbucks*



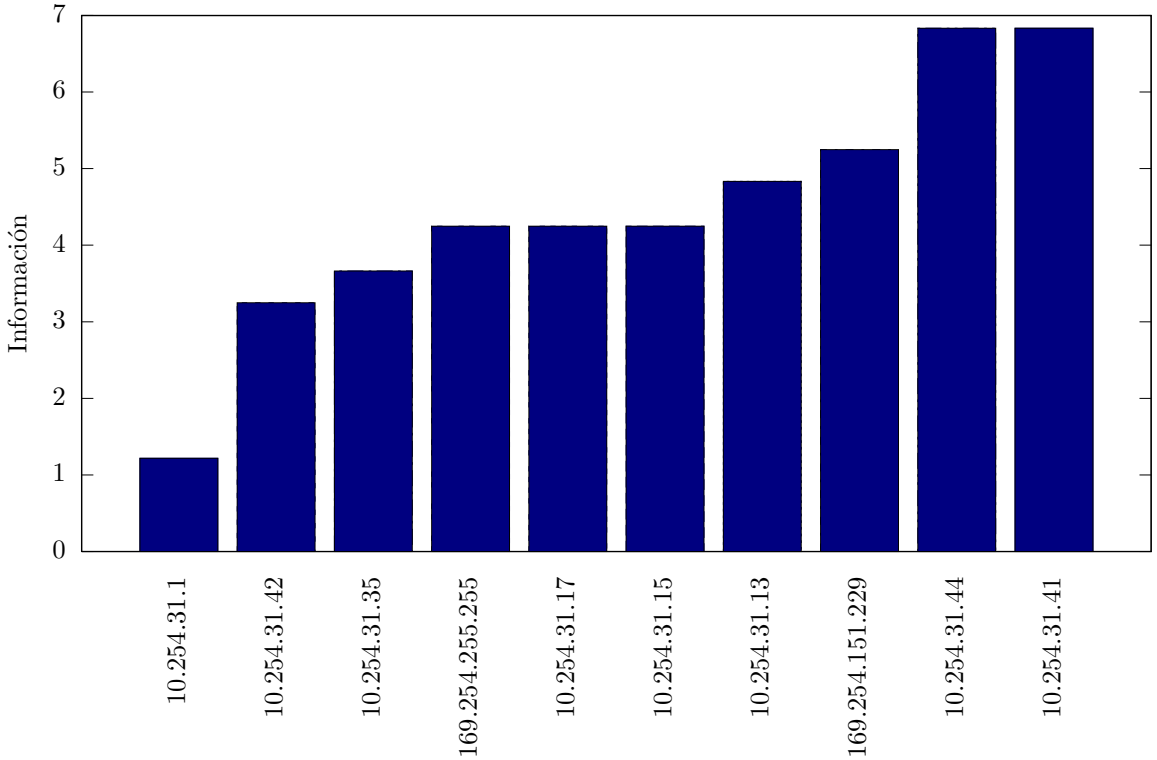

### 3.3.1. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{src}$

Limitamos el gráfico a los 10 símbolos con menor información.




### 3.3.2. Información de los símbolos de la fuente de información $S_{dst}$

Limitamos el gráfico a los 10 símbolos con menor información.



## 3.4. Estadísticas

### 3.4.1. Tamaño de las muestras y tiempos de captura

| Red | Tamaño de la muestra (paquetes) | Tiempo de captura (minutos) |
|---|---|---|
| Alto Palermo | 344 | 17 |
| McDonald's | 1216 | 28 |
| Starbucks | 114 | 45 |

### 3.4.2. Entropía

| Red | Fuente de información modelada $S$ | Entropía $H(S)$ |
|---|---|---|
| Alto Palermo | $S_{src}$ | 0.109542 |
| Alto Palermo | $S_{dst}$ | 3.738743 |
| McDonald's | $S_{src}$ | 3.976417 |
| McDonald's | $S_{dst}$ | 3.769457 |
| Starbucks | $S_{src}$ | 4.142124 |
| Starbucks | $S_{dst}$ | 3.271891 |

# 4. Discusión

Describimos a continuación nuestra interpretación de algunos fenómenos observados, de manera de facilitar la discusión de los resultados obtenidos.

## 4.1. Nodos que emiten paquetes ARP *who-has* hacia un único nodo destino

Dado que la captura de paquetes fue realizada sobre redes wireless públicas, asumimos que la mayoría de las personas conectadas a la red sólo desean obtener acceso a internet, con lo que sus dispositivos únicamente solicitan la dirección física del gateway que les asigna al conectarse a la red.

## 4.2. Nodos que emiten paquetes ARP *who-has* hacia muchos nodos destino

Teniendo en cuenta lo anterior, interpretamos que este escenario es generalmente producido por un router que intenta mantener actualizada su tabla ARP emitiendo paquetes ARP *who-has* periódicamente para cada dirección IP en dicha tabla, bajo la suposición que cada dirección IP es asignada a distintos hosts que se conectan y desconectan de la red a medida que transcurre el tiempo.

## 4.3. Nodos que no emiten ningún paquete ARP

Suponemos que estos nodos se conectaron a la red y resolvieron la dirección física del gateway antes de iniciar la captura. De acuerdo con lo dicho anteriormente, cada nodo recibe periódicamente un paquete ARP *who-has* emitido por el router al que está conecatdo. Este paquete incluye sus direcciones IP y física. Suponemos que cada nodo refresca su tabla ARP con esta información, lo que evita la necesidad de emitir paquetes ARP *who-has* para solicitar la dirección física del router ya que esa entrada en su tabla ARP nunca llega a caducar.

## 4.4. Paquetes ARP con IP origen 0.0.0.0

Pudimos detectar en las redes algunos paquetes ARP *who-has* con IP origen 0.0.0.0. El motivo de uso de esta IP es el siguiente: Cuando un cliente se conecta a una red que posee un servidor DHCP y quiere recibir una IP de éste, manda una petición con su ID en forma de broadcast para que lo detecte el servidor. Una vez detectado por el servidor, éste manda una o varias ofertas de IP a ese ID. El cliente eventualmente podría recibir la oferta, tomar uno de esos IP y extraer la dirección del router. Como el servidor realiza la misma operación con todos los demás clientes que pidan una IP, el cliente debe

comprobar que la IP que eligió no la tiene otro cliente. Para esto, envía un paquete *who-has* con su MAC adress y la IP 0.0.0.0 como fuente para evitar confundir las ARP caches en otros hosts. Si el *who-has* es respondido, el cliente rechaza el IP elegido.

## 4.5. Direcciones en el rango 169.254.0.0/16

Entre los paquetes capturados detectamos varios que usaban el rango 169.254.0.0/16 como dirección IP origen o destino, el cual difiere con el rango utilizado para las IP asignadas por el servidor DHCP a los dispositivos de la red. Las direcciones en este rango se denominan *direcciones de enlace local*, y son direcciones reservadas. Un host puede eventualmente asignarse una IP libre (lo corrobora con ARP) de enlace local para poder acceder de forma básica a la red cuando todavía no se le ha asignado una IP válida, ya sea de forma manual o automática (DHCP).[8]

Esto le permite al host comunicarse con los otros dispositivos de la red, pero no con dispositivos externos a la misma.

## 4.6. Misma IP como origen y destino

Este escenario se presentó en muchas ocasiones, en todas las redes analizadas. Se trata de una forma de uso del protocolo llamada *Gratuitous ARP*[9], que existe mayormente para detectar conflictos de IP en la red, o para actualizar la información en las tablas de los vecinos.

Por ejemplo, si un host envía un Gratuitous ARP y recibe una respuesta, ya detectó un conflicto de IP, pues nadie debería responder a un request que tiene como destino el propio host.

## 4.7. Red *Alto Palermo*

En esta red, puede obersvarse el fenómeno donde existe una máquina la cual envía ARP a múltiples IP, que como interpretamos debe ser el gateway de la red, el cual desea mantener su tabla ARP actualizada. Casi la totalidad de los paquetes ARP capturados son desde el IP que suponemos el router; esto puede deberse a que los hosts estaban conectados hace un tiempo y como suponemos anteriormente, los paquetes ARP enviados desde el router tienen como objetivo actualizar las tablas ARP de los destinatarios con su dirección MAC, previniendo una petición por su parte.

Utilizando el grafo de la topología de la red según los paquetes ARP enviados y la información de cada IP, podemos inferir que la IP 172.17.0.1, la cuál tiene la mínima cantidad de información como símbolo, es decir, la IP que más actividad ARP posee, parece ser el router de la red.

## 4.8. Red *McDonald's*

La red de McDonald's es la red de mayor tamaño analizada. Pueden observarse a simple vista, dos IP, 172.17.12.2 la cuál tiene una alta cantidad de paquetes ARP como fuente y destino y 172.17.12.1 la cuál es parte del destino de muchos paquetes ARP capturados en la red.

Puede observarse en los gráficos de información, que tomando la fuente como $S_{src}$, la IP 172.17.12.1 que veíamos en los grafo como una IP muy frecuente en los paquetes ARP, posee demasiada información y no es retratada en el gráfico; y la IP 172.17.12.2 que también se muestra muy frecuente, aparece como una IP de baja información, pero no es la más baja, por lo que la heurística podría estar fallando.

En el caso de tomar como fuente $S_{dst}$, ambas IP aparecen como los símbolos de menor información, ayudando a la suposición de que estas IP podrían pertenecer a routers.

Además de las IP descriptas, existen dos más, 172.17.203.1 y 172.17.203.2, aisladas de las demás peticiones ARP en el grafo de la red, las cuales parecen tener un comportamiento similar a un router. Esto se debe a que las IP con las que interactúan, solo interactúan con estos dos supuestos routers. Estas IP no son significativas en términos de información, por lo que no aparecen en los gráficos, lo que pudiera

[8] `http://tools.ietf.org/html/rfc3927`
[9] `http://wiki.wireshark.org/Gratuitous_ARP`

ser una indicio de que la huerística de encontrar el router por menor información puede no identificar a todos los routers de la red.

Como último, puede verse el fenómeno de la IP 0.0.0.0 y las IP en rango 169.254.0.0/16. Este fenómeno muestra la existencia de nuevas conexiones las cuales se asignaron IP en el rango 169.254.0.0/16, emitieron un paquete *Gratuitous ARP* para avisar al resto que se asignaron esa IP temporal, y posteriormente realizan la comunicación con el servidor DHCP.

### 4.9. Red *Starbucks*

Para el caso de la red de Starbucks analizada, es facil notar en el grafo de la red dos fenómenos: la gran cantidad de paquetes ARP con destino y fuente 10.254.31.1, y los paquetes ARP que poseen como fuente a la IP 0.0.0.0 y tienen destinos múltiples.

El primer fenómeno parece indicar que la IP 10.254.31.1 corresponde al router debido a su alta aparición en los paquetes ARP. Utilizando la heurística propuesta de identificar al router con la IP de menor información, la IP 10.254.31.1 parece coincidir, ya que brinda la menor cantidad de información en relación a las demás IP.

En cuanto a los paquetes con fuente 0.0.0.0, parece que se capturaron los paquetes ARP en el momento en que varios IP comprobaban que la IP ofrecida por el servidor DHCP no estuviera en conflicto con otras en la red.

Además de estos dos fenómenos notorios, también pueden encontrarse IP del rango 169.254.0.0/16 lo que muestra nuevas conexiones a la red como las mencionadas anteriormente.

## 5. Conclusión

Observamos que para las muestras obtenidas, tomar los símbolos con menor información de las fuentes de información $S_{src}$ y $S_{dst}$ muestra una confiabilidad aceptable para redes donde existe un sólo router o donde los paquetes ARP tienen una interacción intensa con una IP determinada. Para redes que evidencian tener múltiples routers, como la red McDonald's, la heurística presenta problemas. Esto es por supuesto bajo la suposición que las heurísticas utilizadas para identificar los routers manualmente fueron adecuadas.

Como investigaciones futuras, proponemos la aplicación de estas heurísticas bajo diferentes intervalos de tiempo para poder encontrar un intervalo de confianza aceptable que permita identificar routers en la red utilizando un tiempo reducido.

## 6. Referencias

## Referencias

[1] *Scapy Project*. `http://www.secdev.org/projects/scapy`, Accedida en Abril de 2014

[2] *yEd Graph Editor*. `http://www.yworks.com/en/products_yed_about.html`, Accedida en Abril de 2014

[3] *An Ethernet Address Resolution Protocol*. `http://tools.ietf.org/html/rfc826`, Accedida en Abril de 2014

[4] *Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses*. `http://tools.ietf.org/html/rfc3927`, Accedida en Abril de 2014

[5] *Dynamic Host Configuration Protocol*. `http://tools.ietf.org/html/rfc2131`, Accedida en Abril de 2014

[6] *Gratuitous ARP*. `http://wiki.wireshark.org/Gratuitous_ARP`, Accedida en Abril de 2014