



DEPARTAMENTO
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Trabajo Práctico 2

Traceroute

21 de octubre de 2023

Teoría de las Comunicaciones

Integrante	LU	Correo electrónico
Santesteban, Martín	397/20	martin.p.santesteban@gmail.com
Schwartzmann, Alejandro Ezequiel	390/20	a.schwartzmann@hotmail.com
Stemberg, Uriel Nicolás	213/20	uri.stemberg@gmail.com
Sztajn, Martin	181/20	martinsztajn@gmail.com



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I)

Intendente Güiraldes 2610 - C1428EGA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (+54 +11) 4576-3300

<http://www.exactas.uba.ar>

1. Introducción

En la era digital actual, la eficiencia y la velocidad de las redes son cruciales para una comunicación efectiva y sin interrupciones. Aprovechando las herramientas que provee el protocolo ICMP, como eje fundamental de TCP/IP, una herramienta esencial en el análisis de la red es el *traceroute*, que permite construir la ruta que toma un paquete desde su origen hasta su destino.

Este trabajo tiene como objetivo analizar rutas cuyos destinos son sitios web de universidades ubicadas en diferentes continentes, utilizando precisamente una herramienta de *traceroute* desarrollada con este propósito.

Nos interesa, en particular, identificar posibles enlaces intercontinentales, los que conectan diferentes continentes y suelen tener tiempos de propagación más largos debido a las grandes distancias que recorren. Además, al comparar nuestros resultados con herramientas de geolocalización IP, queremos verificar la precisión de nuestra herramienta y determinar la ubicación geográfica de cada salto. Con esto, esperamos entender la estructura, el rendimiento, y los tiempos de la red global, además de plantear posibles hipótesis ante situaciones no esperadas.

2. Métodos y Condiciones de la Experimentación

El código desarrollado utiliza la herramienta *traceroute* para analizar las rutas de paquetes a través de la red. Se envían paquetes ICMP a un destino específico, incrementando el valor de TTL (Time to Live) en cada iteración. Una vez que el TTL llega a 0, los routers intermedios responden con un mensaje ICMP “Time exceeded”, lo que nos permite identificar cada salto en la ruta.

Para cada TTL, se envían 30 paquetes de prueba y se calcula el tiempo de ida y vuelta (RTT) para cada uno. Estos RTTs se almacenan y se promedian para obtener un RTT promedio para cada salto. En cada caso, nos quedamos con la IP más veces alcanzada para el TTL actual. Posteriormente, se calculan las diferencias de RTT entre saltos consecutivos. Adicionalmente, se contará el porcentaje de paquetes por TTL que no fueron respondidos.

Para identificar posibles enlaces intercontinentales, se implementa la técnica de estimación de outliers propuesta por Cimbala. Esta técnica compara las diferencias de RTT con un valor de corte basado en la desviación estándar de los datos. Las diferencias de RTT que se consideran outliers pueden indicar enlaces intercontinentales debido a los tiempos de propagación más largos asociados con estas grandes distancias.

2.1. Descripción de las rutas.

Se seleccionaron cuatro universidades ubicadas en diferentes partes del mundo, propuestas por cada integrante del grupo, para analizar sus rutas:

- **América del Norte** - Universidad de Concordia, Quebec, Canadá:

- IP: 132.205.244.70 (www.concordia.ca)

- **Europa** - Universidad de Munich, Alemania:

- IP: 129.187.255.109 (www.tum.de)

- **África** - Universidad de Toliara, Madagascar:

- IP: 41.242.96.48 (www.univ-toliara.mg)

- **Asia** - Universidad de Tokio, Japón:

- IP: 210.152.243.234 (www.u-tokyo.ac.jp)

Estas universidades fueron seleccionadas para obtener una variedad geográfica y analizar las diferencias en las rutas y enlaces intercontinentales.

2.2. Detalles de las pruebas

Las pruebas se llevaron a cabo durante horas no pico para minimizar la congestión de la red y obtener resultados más consistentes. Específicamente, se realizaron el día domingo 8 de Octubre de 2023 entre las 17 y las 18 horas en la red ClaroFibra24G8590 de una casa en Florida, Vicente López.

Hay que considerar que la congestión de la red, el mantenimiento y otros factores externos pueden influir en los resultados, por lo que se eligió este horario y día para minimizar estas variables.

2.3. Análisis para detectar outliers utilizando el Método de Thompson

La muestra en este caso son los RTTs entre saltos. Los pasos a seguir fueron:

1. Calcular la media (\bar{X}) y la desviación estándar (S) de la muestra.
2. Para cada valor X_i en la muestra, calcular el valor estandarizado:

$$Z_i = \frac{|X_i - \bar{X}|}{S}$$

3. Comparar el mayor valor estandarizado Z_i con el valor crítico τ (generalmente obtenido de tablas estadísticas para un nivel de confianza específico). Si $Z_i > \tau$, entonces el la muestra correspondiente es considerada un outlier.
4. Una vez descartada la muestra en caso de ser considerado un outlier, se lo descarte y se vuelve a empezar hasta haber analizado todas las muestras.

3. Resultados de los experimentos

3.1. Detalles de la exposición de los experimentos

A continuación se exponen los resultados de los análisis de las rutas, cada uno acompañado por cuatro gráficos.

El primero de ellos denota el RTT promedio obtenido por TTL para el host que más apareció por cada caso, mientras que el segundo muestra la diferencia entre los RTT promedio entre hops.

Es importante mencionar que la diferencia entre RTTs entre saltos no siempre fue positiva, por lo que solo se graficaron las diferencias con respecto al último valor tal que la diferencia es positiva. Además, en los casos en los que un TTL tuviera una diferencia negativa con el TTL anterior, se lo descartó y no se tomaron en consideración para el análisis ni están en ningún gráfico. Por eso, se encontraron TTLs faltantes en los análisis.

El último de los gráficos representa la tasa de paquetes no respondidos por TTL. Esta información resulta interesante en la detección de anomalías en las rutas. Adicionalmente, para algunas rutas se expone un mapamundi con la ruta graficada. Se aclara que estos mapas, en primer lugar, agrupan direcciones IP por ciudad y en segundo lugar, no siempre se pudieron geolocalizar todas las direcciones IP, por lo que solo sirven para apreciar saltos extensos o intercontinentales y dar una idea general de la ruta. De todas formas, se graficaron rutas donde por lo menos un 80 % de las direcciones fueron geolocalizables.

Para realizar estos gráficos, se utilizó ipapi ¹. Los números sobre los puntos rojos buscan modelar una guía sobre cómo es la ruta, pero no están relacionados con los TTL.

3.2. Universidad de Concordia, Canadá - www.concordia.ca

Las direcciones IP trazadas por la ruta fueron las siguientes:

TTL	IP
2	100.65.208.2
4	170.51.254.176
5	173.241.131.209
6	89.149.186.134
7	208.116.159.206
11	206.167.255.18
12	132.205.236.5

Esta ruta presentó una característica esperable con respecto a otras -considerando la cercanía respecto a las próximas- que es el no haber pasado los 12 saltos para llegar a la IP destino, **132.205.244.70**.

Para detectar saltos intercontinentales basándonos en los RTT promedio obtenidos por TTL y al mismo tiempo, las diferencias en RTT entre saltos, nos basamos en el gráfico 1, y también en el 2, donde se ve que el RTT promedio por TTL es de los más bajos en los Hops iniciales. Luego, para el Hop 5, sube abruptamente, lo cual nos hizo teorizar solo al verlo que se trataría de un salto intercontinental.

Lo que pasó en ese punto es que hubo un salto entre la IP **170.51.254.174**, ubicada en Argentina, y la **173.241.131.209**, en Estados Unidos. Si bien no es exactamente un salto entre continentes, porque el salto es de Argentina a Estados Unidos, todo en América, es un salto muy grande.

Solo ver que el RTT Promedio pasó de 24.64ms a 161.44ms, con 136.8ms de diferencia entre saltos, ya deja esta idea sentada. El siguiente hop al de la llegada a Estados Unidos, con IP **89.149.186.134** es el otro que más hizo variar al RTT promedio, subiendo un poco más hasta 191.81ms. Este fue el salto a Canadá, y es por eso que los RTTs promedios luego de este Hop ya son estables, debido a que la ruta no toma mucho más tiempo en llegar a destino.

Si bien se tomó 12 Hops como mencionamos en alcanzar al destino y recibir paquetes ICMP de tipo Echo Reply, nuestra medición casi no varió en los RTTs promedios, justamente porque todo pasa en ciudades aledañas en los primeros y los últimos saltos. Esta observación, de todos modos, es esperable en general.

Respecto al último gráfico presentado, el 3, se ve que hay paquetes ICMP que no fueron respondidos solo en el caso del Hop 11, IP **132.205.236.5**, en la misma red que la IP destino.

Si bien es un solo paquete no respondido, nos muestra dos anomalías posibles según el paper de *Traceroute Anomalies* de la Universidad de Munich. ² Estas son la de **Missing Hop** y **Missing Destination**. La primera de las dos anomalías se da cuando algún salto no responde.

De forma muy similar, la segunda refiere a cuando la IP destino particularmente no responde. En ambos casos, las razones están ligadas habitualmente a protección y configuración de las redes que impiden el envío de paquetes de ICMP. Si bien esto no fue predominante ni mucho menos en este caso, mencionamos ambas porque para ese paquete que no llegó en ese TTL, prácticamente se dio en el Hop final.

No detectamos otra clase de anomalías ya que las IPs de la ruta tomaron un camino espera-

¹<https://ipapi.com/>

²https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2012-08-1/NET-2012-08-1_02.pdf

ble, y nuestra hipótesis al respecto es que esto tuvo que ver con la cercanía al destino respecto a los próximos ejemplos, y un tráfico más tranquilo en nuestro continente.

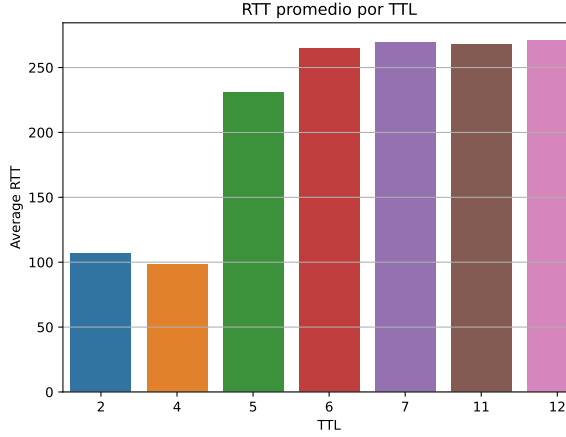


Figura 1: Promedio en cada TTL del RTT obtenido para la IP predominante.

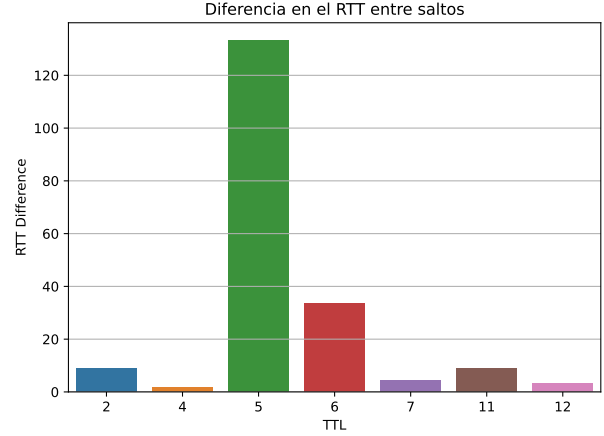


Figura 2: Diferencia entre saltos de RTT.

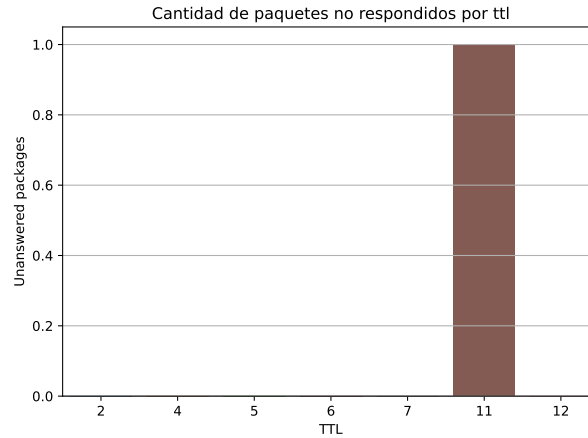


Figura 3: Cantidad de paquetes por salto que no responden los ICMP de tipo time exceeded.

3.2.1. Detección de Enlaces Interoceánicos

El método de Cimbala se utiliza para identificar outliers en una distribución de datos, como los valores de RTT entre saltos en una ruta de red. La detección de outliers se basa en el principio de que los valores que se desvían significativamente de la tendencia general de la distribución pueden considerarse atípicos o inusuales.

Observamos que el método de Cimbala detecta 3 outliers
Enlaces intercontinentales predichos:

- (ARG) 170.51.254.176 → (EEUU) 173.241.131.209
- (EEUU) 173.241.131.209 → (CANADÁ) 89.149.186.134
- (CANADÁ) 89.149.186.134 → (EEUU) 188.1.144.214

Por lo que llegamos a la conclusión de que corresponden los outliers con los enlaces en el primer caso, pero en los últimos dos presentan falsos positivos

3.3. Universidad de Munich, Alemania - www.tum.de

La ruta fue compuesta por las siguientes direcciones IP:

TTL	IP
3	10.0.0.149
4	170.51.254.176
5	170.51.254.180
6	62.115.41.57
7	62.115.120.176
8	62.115.112.243
9	62.115.123.12
10	62.115.123.77
12	213.248.100.167
14	188.1.144.214

Como observaciones iniciales, la ruta fue algo más larga que la anterior, algo esperable, con unos 14 saltos para llegar al destino, la IP **129.187.255.109**.

Solo el 1.7 % de los paquetes no fueron respondidos (5 de $10 \times 30 = 300$ paquetes totales considerados, ignorando los TTLs con diferencia negativa y aquellos posteriores a alcanzar el destino). En la figura 4 se puede observar que en los TTLs 4,5 y 8 se vieron estos paquetes no respondidos. Fue en los TTLs 11 y 13 donde se vio una diferencia negativa con respecto al RTT anterior, un comportamiento interesante ya que sucede sobre el final de la ruta donde entendemos que se está por alcanzar el destino. Esto nos da una pauta de posibles anomalías.

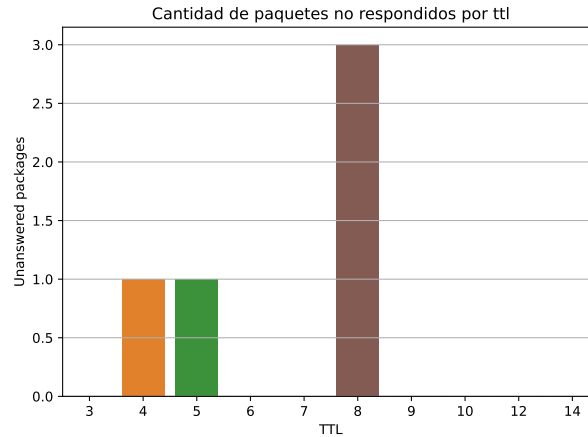


Figura 4

Observando 5 y 6 se ve como las principales diferencias en RTT se exponen para los saltos de TTL **5 a 6**, de **7 a 8** y de **10 a 12**. Siendo que las diferencias en el ida y vuelta promedio para los primeros dos pares de TTLs recién mencionados exceden los 100 ms y en el último los 60ms, solo con esta información los ubicamos como candidatos a saltos intercontinentales.

Con respecto a los demás tiempos de vida, la diferencia es despreciable, dando a entender que los routers de los saltos [3,4,5] se encontraron en la misma zona geográfica, al igual que en [6,7] y [8,9,10].

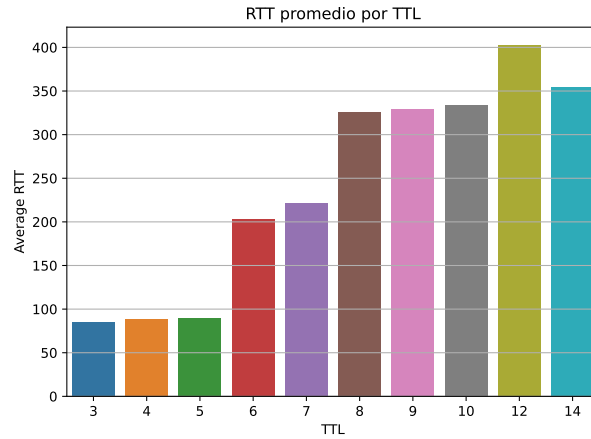


Figura 5

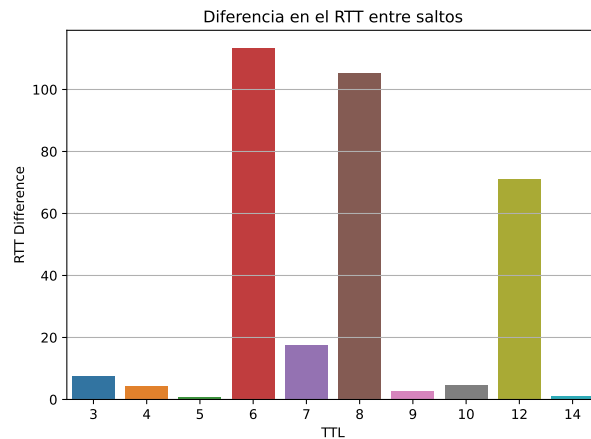


Figura 6

Bajo este análisis, notamos tres saltos interoceánicos. Resulta extraño ya que teniendo en cuenta que para llegar a Europa solo se requieren de dos saltos, uno a Estados Unidos o Brasil, y de ahí a Europa, dado lo que las herramientas de geolocalización nos permitieron ver los saltos que típicamente realizan los paquetes de Argentina para ir al resto del mundo, estaría **habiendo un salto intercontinental adicional**.

Por lo tanto, nuestra hipótesis es que se hizo uso de una de las rutas mencionadas pero **con un salto entre continentes extra** para llegar a destino haciendo uso de las redes de Europa y Norteamérica. Las diferencias negativas en los TTLs 11 y 13 que mencionamos antes nos llevaron a creer que la ruta se alejó, pero luego se acercó y por último volvió a alejarse (con respecto a la fuente original).

3.3.1. Comparación con herramientas de geolocalización

Para esta ruta si hicimos uso de geolocalización mediante la herramienta que mencionamos en la sección 3.1. La figura 7 muestra el trazo general, donde se pueden ver que los saltos interoceánicos se dieron de de **Argentina a Londres, Inglaterra**, luego volver al continente americano

yendo de **París, Francia a Estados Unidos**, como teorizamos y del **país norteamericano hacia Alemania**, explicando así los saltos y cambios en diferencia de RTT.

Más de una anomalía se hizo presente en esta ruta. En principio, más allá de que pudimos tener esa hipótesis por ver más saltos entre continentes que los a priori necesarios, la ruta fue de Argentina **directo a Europa**, cuando ese salto directo no lo habíamos captado anteriormente.

Sin embargo, lo más extraño es este salto en Europa que se acercó considerablemente a nuestro destino, pero terminó retornando a nuestro continente para luego volver a territorio europeo. Lo que se dio notoriamente fue **un ciclo**. Gracias a este caso se produce una más de las anomalías del paper de *Traceroute Anomalies*, en este caso, la de **Loops and Circles**. La ruta toma un camino hacia un lugar, para luego pegar la vuelta hacia el origen. Justamente lo que sucedió en **Europa - Norteamérica - Europa**. A su vez, lo mencionado previamente sobre paquetes no respondidos, dan muestra de **Missing Hops**, que vimos también para la ruta anterior. La distancia mayor y ciertos paquetes no respondidos pueden ser algunas razones de la extraña ruta presentada.

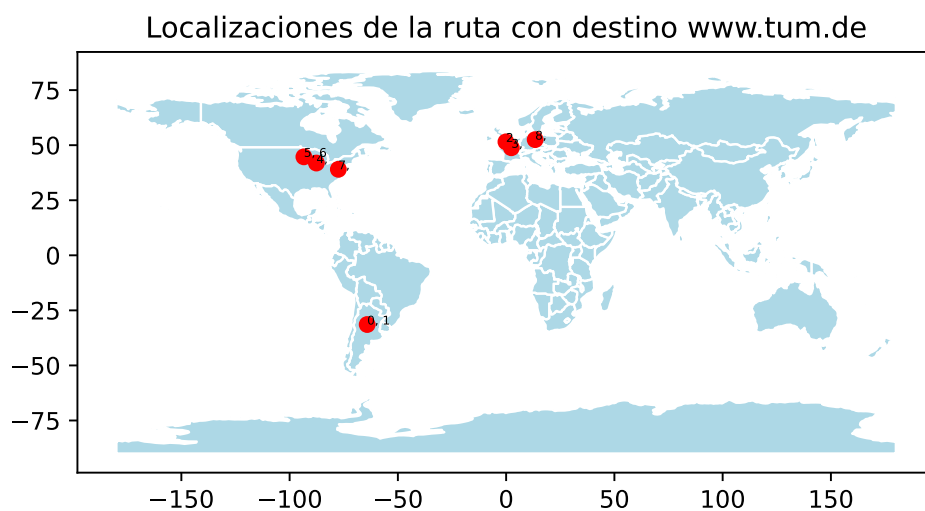


Figura 7

3.3.2. Detección de Enlaces Interoceánicos

El método de Cimballa detecta 3 outliers
Enlaces intercontinentales predichos:

- (ARG) 170.51.254.176 → (EEUU) 62.115.41.57
- (EEUU) 62.115.120.176 → (FRA) 62.115.112.243

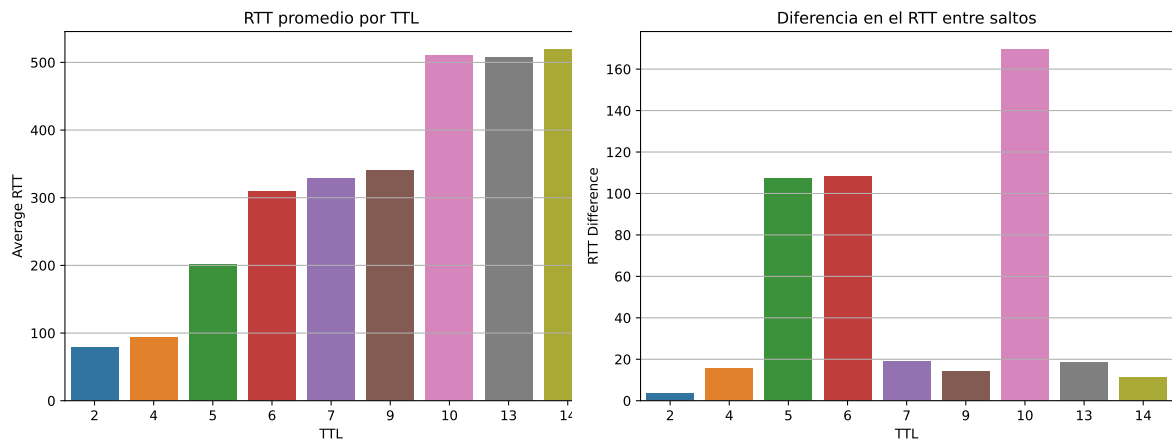
- (BÉLGICA) 213.248.100.167 → (ALEMANIA) 188.1.144.214

Por lo que la eficiencia es mayor que para Concordia ya que hubo solo un outlier falso positivo en el tercer enlace que no representa un enlace continental entre Bélgica y Alemania

3.4. Universidad de Toliara, Madagascar - www.univ-toliara.mg

Las direcciones IP de la ruta junto a sus TTL fueron los siguientes:

TTL	IP
2	100.65.208.2
4	170.51.254.176
5	89.221.41.162
6	195.22.209.220
7	149.3.183.69
9	41.188.60.214
10	102.16.3.106
13	102.16.35.118
14	41.188.61.238



Lo primero que se puede inferir a partir de los gráficos es que para alcanzar la dirección IP destino, **41.242.96.48** se requirieron otra vez unos 14 saltos.

Observando los RTT entre saltos, creímos que los routers alcanzados entre los **TTLs 2 y 4** se encontraban geográficamente cerca.

Luego, dado el aumento en la diferencia entre saltos, llegando a algo más de 100 ms en el **TTL 5** nos llevo a teorizar que este router se encontraba a una distancia considerable de los previos.

Solo basándonos en eso, es probable que aquí se encuentre **el primer salto intercontinental**, y lo mismo se puede concluir del router inmediato correspondiente al **TTL 6**, ya que vuelve a aumentar considerablemente el RTT promedio dándose otra diferencia con el previo de más de 100ms.

La diferencia de RTT de **los TTL 7 y 9** volvieron a achatare y no variar casi con respecto a la del TTL 6, manteniéndose seguramente cerca geográficamente.

Por último, el **TTL 10** estuvo a mas de 160ms del anterior, siendo el tercer candidato a enlace intercontinental. Los TTL posteriores se encontraron en las cercanías del décimo, cercanos a la IP destino.

Dado que los primeros dos grandes saltos se encontraron ambos a aproximadamente **100ms** del router anterior, supusimos que la distancia recorrida fue la misma, mientras que el último salto tuvo un **60 % más** de diferencia con el salto previo, algo que asociamos a una gran distancia que se pudo tener que recorrer.

Teniendo esto en cuenta, y considerando comportamientos vistos en las rutas anteriores, teorizamos que la ruta se dirigió utilizando enlaces intercontinentales de **Argentina a Norteamérica**, luego a **Europa** (ya que no se encuentran enlaces intercontinentales entre Norteamérica y África) y por último al **sur de África**.

Observando los tiempos de respuesta, la ruta no presentó ningún tipo de comportamiento anómalo.

La figura 8 expone que de los 30 paquetes enviados por TTL, 20 no respondieron para el TTL 5 y únicamente 2 si lo hicieron para el TTL 13. En ambos casos, se da la anomalía de **Missing Hops**, que se puede deber a que el conjunto de routers alcanzados por temas de seguridad o presencia de un firewall no hayan respondido el mensaje con un ICMP Time Limit Exceeded. En el caso del **TTL 5** se presenta el mismo comportamiento pero en menor proporción, lo cual pudo deberse a que para ese mismo TTL no siempre se llegó a una misma IP, y alguna respondió y otra no.

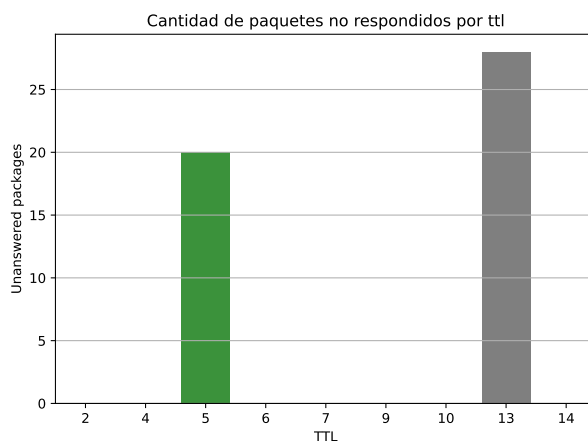


Figura 8

3.4.1. Comparación con herramientas de geolocalización

La figura 9 expone un gráfico de la ruta, mostrando que efectivamente los saltos intercontinentales se realizaron entre **América y Europa**, y de **Europa directamente a Madagascar en África Oriental**.

Fueron **dos saltos intercontinentales**, pero pudimos notar que la distancia entre Argentina y Estados Unidos es **tanta** como la de éste último país con su salto europeo. Sin geolocalizar la ruta y solo tomando los datos, se tiende a pensar que el primer salto había sido intercontinental. No hubo anomalías respecto a la forma de la ruta.

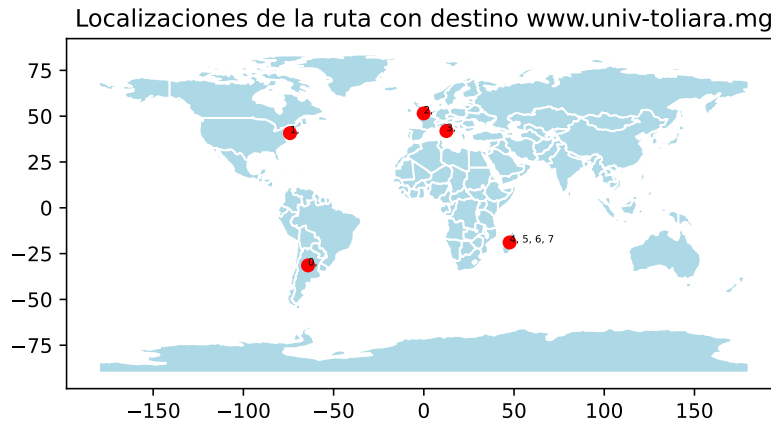


Figura 9

3.4.2. Detección de Enlaces Interoceánicos

Se observa que nuevamente se precisan únicamente tres enlaces intercontinentales, estos siendo

- (ARG) 170.51.254.176 → (EEUU) 89.221.41.162
- (EEUU) 89.221.41.162 → (UK) 195.22.209.220
- (ITALIA) 149.3.183.69 → (MADAGASCAR) 41.188.60.214

En este caso, estos resultados son correctos, ya que no se ha observado la presencia de falsos positivos ni falsos negativos. La coincidencia exacta entre la detección de outliers y la identificación de enlaces intercontinentales indica el buen funcionamiento del método de Cimbala en este contexto específico.

3.5. Universidad de Tokio, Japón - www.u-tokyo.ac.jp

El trazado de la ruta fue el siguiente:

TTL	IP
2	100.65.208.2
3	10.0.0.149
4	170.51.254.176
5	170.51.254.180
6	62.115.41.57
7	62.115.113.48
8	62.115.116.212
9	62.115.123.137
10	62.115.112.35
17	158.205.121.46

Inicialmente contamos una ruta compuesta por 17 saltos, donde tres de ellos tuvieron una diferencia negativa con el salto anterior (11, 12, 13), y del 13 al 16 no se respondió ningún paquete, por lo que fueron descartados para el análisis.

El trazado de ruta muestra que hubieron muy pocos casos en los que no todos los paquetes fueron respondidos para los TTLs no ignorados: solo para los saltos con **TTL 3, 8 y 9** se presentaron mensajes que no fueron respondidos (expuesto en 10).

Sin embargo, para los saltos **3 y 9** la proporción no fue considerable mientras que 28 de los paquetes enviados con **TTL 8** no fueron respondidos, es decir, **solo 2** de los 30 enviados devolvieron un paquete ICMP al host fuente.

Este comportamiento pareció una premonición de lo más preocupante que pasó en esta ruta - y de hecho en ninguna de las anteriores a este nivel - y es que del **TTL 11 al 16** no se haya respondido ni un solo paquete.

Entendemos que esto puede deberse a medidas de seguridad de los routers, pérdidas de paquetes en el envío o quizás los routers alcanzados simplemente no estaban configurados para responder este tipo de paquetes.

Fue la red donde más presente se hizo la anomalía de **Missing Hops**, teniendo un porcentaje de saltos sin respuesta ni más ni menos que del **24 %**.

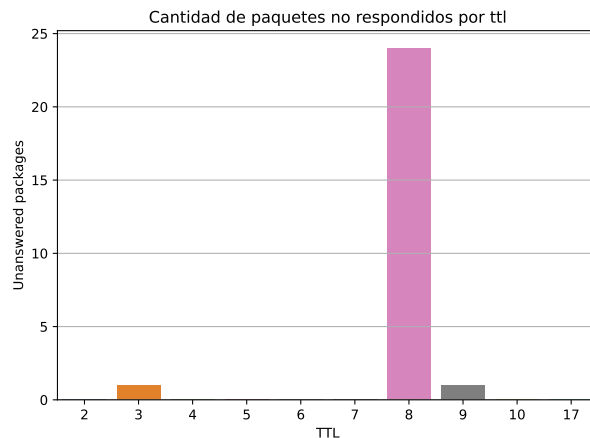


Figura 10

Observando los RTT promedio de cada TTL junto a las diferencias consecutivas positivas en 11, se observa que los saltos **6, 9 y 10** tienen diferencias de RTT significativas en comparación a los anteriores.

En el salto **6**, la RTT Difference con respecto al anterior es de aproximadamente **110ms**. Esto sugiere un cambio importante en la ubicación geográfica, lo que candidatea como un salto interoceánico.

El siguiente TTL con una diferencia de RTT significativa es el **10**, ya que alcanza los **90ms**, exponiendo un segundo posible salto interoceánico.

En el caso del salto **9**, el RTT Difference es de aproximadamente **65ms**, lo que también podría sugerir un gran cambio geográfico o un movimiento considerable en el mismo continente, que explicaría porque es un valor grande pero menor a los casos anteriores.

Una posible ruta es primero dirigirse desde Argentina hacia **Norteamérica** para luego cruzar el Pacífico **rumbo a Japón** directamente. Pero al **haber un salto adicional** por lo mencionado previamente, resta algún tipo de salto con buena diferencia geográfica, por lo que creímos que en

este caso se pasó por **Australia** para llegar a destino.

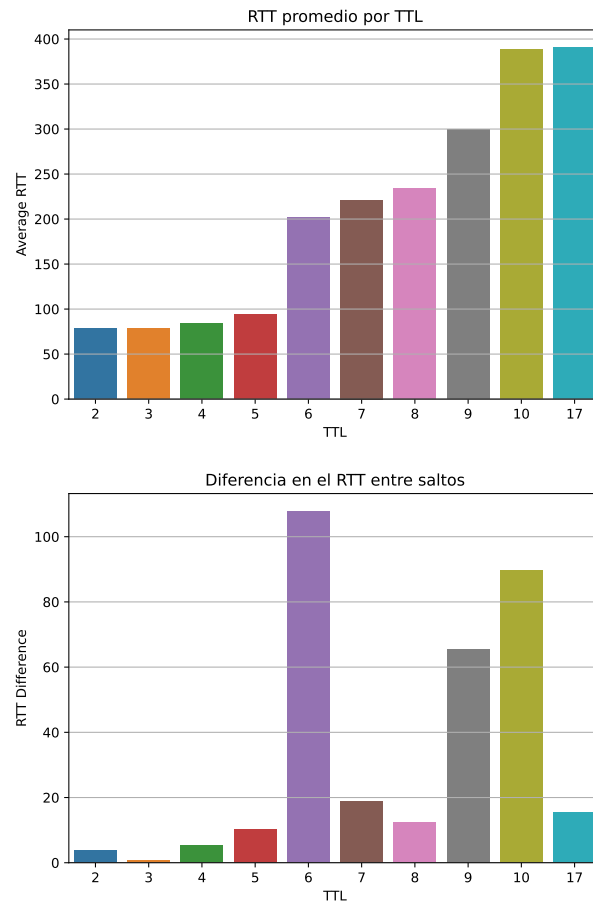


Figura 11

3.5.1. Comparación con Herramientas de Geolocalización

Basándonos en la descripción geográfica proporcionada por el mapa 12, se pueden identificar los siguientes saltos intercontinentales:

- **Argentina - Reino Unido (Londres):** TTL 5 a TTL 6 (Diferencia de RTT: 120 ms).
- **Francia - EE. UU. (Prior Lake):** TTL 8 a 9 (Diferencia de RTT: 65 ms).
- **EE. UU. - Japón (Chiyoda):** TTL 9 a 10 (Diferencia de RTT: 90 ms).

Esto expone una vez más un comportamiento anómalo, distinto al de nuestra hipótesis: en lugar de dirigirse de Argentina a Norteamérica directamente como en casos anteriores, la ruta va **hacia Europa** primero para **retornar** luego al continente americano y, por último, tomar un cable submarino hasta Japón.

Esto puede deberse a que, en el momento de realizar el seguimiento, por **cuestiones de congestión**, era más rápido pasar directamente a Europa en lugar de utilizar un cable intercontinental hacia Norteamérica. También es posible que, en ese momento, hubiera **enlaces caídos** o un uso excesivo de la red, generando congestión. No es un caso en el que se presenten ciclos.

Todas estas anomalías en la ruta posiblemente expliquen la gran cantidad de TTLs, del **11 al 16**, sin ninguna respuesta, lo cual complicó el trabajo del *traceroute*.

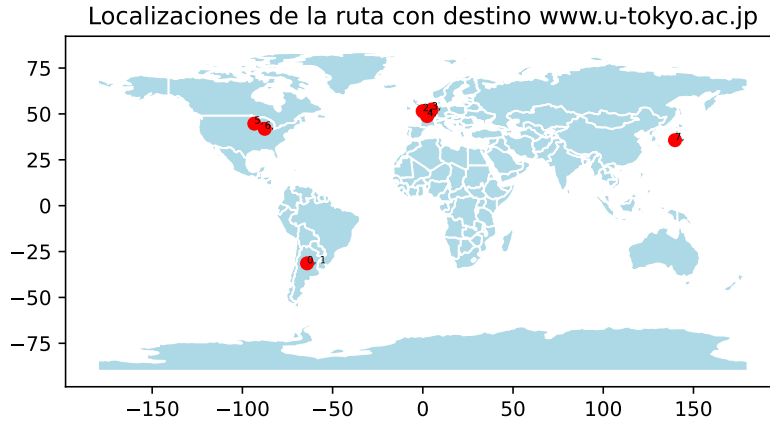


Figura 12: Ruta posible de un paquete. Los números indican el Hop que representa cada ubicación.

3.5.2. Detección de Enlaces Interoceánicos

Los enlaces interoceánicos predichos son los siguientes:

- (ARG) 170.51.254.176 → (EEUU) 62.115.41.57
- (FRANCIA) 62.115.116.212 → (EEUU) 62.115.123.137
- (Japón) 62.115.112.35 → (JAPÓN) 158.205.121.46

Se detectaron dos resultados correctos, pero también un falso positivo entre el enlace Japón → Japón. Además, se presenta un falso negativo que el método no detecta, que corresponde al enlace que va desde EEUU a Japón entre las IP 62.115.123.137 → 62.115.112.35.

4. Conclusiones

A lo largo de este trabajo de análisis con la herramienta de *traceroute* pudimos comprender distintas cuestiones acerca de las rutas, con sus respectivos saltos, sus tiempo, sus ubicaciones y sobre todo las **anomalías** que presentan.

Una de las principales enseñanzas es que los comportamientos inesperados son sumamente **comunes**, es decir, que la evidencia empírica logró contrastar fuertemente con hipótesis e ideas teóricas basadas en comportamientos que creíamos que las rutas irían a tener, algo que tratamos de dejar en claro al analizar datos en crudo **sin uso de geolocalización**, para encontrar interesantes diferencias cuando pasamos a conocer con certeza las ubicaciones geográficas de los saltos.

Tomando esto último, si solo quisiéramos responder la pregunta de si fuimos capaces de **detectar enlaces interoceánicos**, diríamos que sí, porque efectivamente solo basándonos en RTTs promedios y diferencias de RTTs intersaltos, eran detectables, pero el punto de interés es lo que implicaban esos saltos y como modificaban la ruta de la que formaban parte.

Pudimos constatar lo complejo que puede ser analizar y diagnosticar rutas y dispositivos de la red, algo que se tradujo en una dificultad adicional al realizar este análisis.

Rutas con anomalías desde paquetes que no respondían y se perdían (**Missing Hops**), incluso en el salto correspondiente al host destino (**Missing Destination**), casos de retorno desde zonas más lejanas a más cercanas para volver a alejarse, aunque no siempre necesariamente en forma de ciclos (**Loops and Circles**), también múltiples TTLs que resultaron ignorados debido a las diferencias negativas de los tiempos de ida y vuelta promedio.

Si bien no es posible detectar todas las anomalías sin un análisis que puede llegar a escaparse del scope de este trabajo, la sola presencia de éstas, y mas aún al aparecer en mayor cantidad, acaban limitando la funcionalidad y ensuciando el análisis y el diagnostico de las redes a lo largo de Internet.

Referencias

- [1] RFC 792 - ICMP: <https://www.ietf.org/rfc/rfc792.txt>.
- [2] "Paper Traceroute Anomalies: <https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2012-08-1/>.
- [3] IP Location Finder: <https://www.iplocation.net/ip-lookup>.