

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**Análisis del Internet en Ecuador y algoritmos de planificación de
ruta para UAVs**

Análisis del tráfico de Internet en Ecuador

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

DAVID DE JESÚS PONCE ORTIZ

david.ponce01@epn.edu.ec

DIRECTOR: CHRISTIAN JOSÉ TIPANTUÑA TENELEMA

christian.tipantuna@epn.edu.ec

DMQ, abril 2023

CERTIFICACIONES

Yo, DAVID DE JESÚS PONCE ORTIZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



DAVID DE JESÚS PONCE ORTIZ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DAVID DE JESÚS PONCE ORTIZ, bajo mi supervisión.



CHRISTIAN JOSÉ TIPANTUÑA TENELEMA, Ph. D.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



DAVID DE JESÚS PONCE ORTIZ



CHRISTIAN JOSÉ TIPANTUÑA TENELEMA, Ph. D.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me acompañaron a lo largo de mi carrera universitaria y me ayudaron a crecer personal y profesionalmente; principalmente agradecer a Dios y a mi familia por todo su apoyo y amor incondicional.

También agradecer a la ingeniera Ana Rodríguez y a los ingenieros Christian Tipantuña, Cristian Espinosa y David Vega por todo el apoyo y soporte brindado en el Trabajo de Integración Curricular.

Gracias Siemens Healthineers Ecuador.

#ProudToBeAHealthineer

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Alcance	3
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Evolución de Internet en Ecuador	4
1.4.2 Terminologías utilizadas en la medición de tráfico	9
1.4.3 Métricas a evaluar en una red	15
1.4.4 Instituciones que administran Internet en Ecuador	17
1.4.5 NAP Ecuador	18
2 METODOLOGÍA	20
2.1 Proceso general	20
2.2 Análisis información NAP.EC	21
2.2.1 Extracción de información por parte del NAP.EC	22
2.2.2 Procesamiento de información por parte del NAP.EC	27
2.3 Análisis información analista de datos	39
2.3.1 Extracción de información	39
2.3.2 Procesamiento y presentación de la información	46
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
3.1 Resultados	47
3.1.1 Análisis sistemas autónomos en Ecuador	47
3.1.2 Análisis prefijos IPv4/IPv6 en Ecuador	51
3.1.3 Análisis throughput sistemas autónomos en Ecuador	55
3.2 Conclusiones	59

3.3	Recomendaciones	60
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
5	ANEXOS	I
5.1	Anexo I	I
5.1.1	Políticas sobre el enrutamiento - NAPE.C	I
5.2	Anexo II	II

RESUMEN

En marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el brote del coronavirus 2019 (COVID-19) como una pandemia mundial. Como resultado, millones de personas alrededor del mundo fueron obligadas por sus gobiernos a quedarse en casa para reducir la propagación del virus. Esto hizo que muchos recurrieran a Internet para el teletrabajo, la educación, la interacción social y el entretenimiento. Con la demanda de Internet aumentando a un ritmo sin precedentes surgió la pregunta si Internet podría soportar esta carga adicional. Este estudio analiza el comportamiento del tráfico de Internet en Ecuador en los últimos cinco años, comenzando por los conceptos asociados a Sistemas Autónomos (AS: Autonomous System) y Puntos de Intercambio de Internet (IXP: Internet Exchange Point). Se utiliza la información proporcionada por AEPROVI (AEPROVI: Asociación de Empresas Proveedoras de Servicios de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de la Información) para examinar la distribución de direcciones IPv4 e IPv6, el intercambio de prefijos de los principales AS y las capacidades de los proveedores de servicios de Internet (ISP: Internet Service Provider). El estudio también se centra en el impacto de la pandemia en el tráfico de Internet en Ecuador, en particular el aumento de la demanda de capacidad de enlace de diferentes AS para la educación virtual y el teletrabajo. Se destacará cómo los ISPs se han adaptado a esta situación mediante el aumento de la capacidad de sus enlaces, lo que ha resultado en un aumento significativo en la transmisión de tasa de bits efectiva utilizada durante el período de estudio.

Este análisis tiene como objetivo proporcionar información valiosa para informar futuras investigaciones de Internet en Ecuador y contribuir a una mejor comprensión de la evolución del tráfico de Internet en el país.

PALABRAS CLAVE: Tráfico de Internet, ASN, COVID-19, IXP, ISPs

ABSTRACT

In March 2020, the World Health Organization declared the outbreak of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) a global pandemic. As a result, millions of people around the world were forced by their governments to stay at home to reduce the spread of the virus. This led many to turn to the Internet for telework, education, social interaction, and entertainment. With Internet demand increasing at an unprecedented rate, the question arose as to whether the Internet could handle this additional burden.

This study aims to conduct a formal analysis of the growth and behavior of Internet traffic in Ecuador over the past five years. The study will begin by examining the concepts associated with Autonomous Systems (AS) and Internet Exchange Points (IXP). Using data provided by AEPROVI (AEPROVI: Asociación de Empresas Proveedoras de Servicios de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de la Información), the current distribution of assigned and utilized IPv4 and IPv6 addresses, local prefix exchanges of major AS, and bit rate capacities used by major Internet Service Providers (ISPs) will be illustrated. Additionally, the study will analyze the impact of the COVID-19 pandemic on Internet traffic in Ecuador, specifically how the demand for virtual education and telework during the pandemic increased the need for link capacity of different AS. The study will highlight how Internet Service Providers adapted to this situation by increasing the capacity of their links, resulting in a significant increase in the bit rate (throughput) used during the study period.

This analysis aims to provide valuable information that can be used to inform future Internet research and policies in Ecuador, and will contribute to a better understanding of the evolution of Internet traffic in the country.

KEYWORDS: Internet Traffic, ASN, COVID-19, IXP, ISPs

1 INTRODUCCIÓN

La historia de Internet se remonta a principios de los años 70, cuando en Estados Unidos surgió la red de comunicaciones ARPANET (del inglés, Advanced Research Projects Agency Network), que conectaba bases militares y de investigación durante la guerra fría. Con el tiempo, esta red se expandió y se unieron distintas universidades, centros de investigación y, más tarde, importantes corporaciones que buscaban mejorar la eficacia de sus negocios [1].

Durante los años 90s, se produjo un cambio importante en la estructura y función de ARPANET. La red fue transformada en lo que ahora conocemos como Internet. Con la aparición del protocolo de transferencia de hipertexto (del inglés, Hypertext Transfer Protocol - HTTP) y el lenguaje de marcado de hipertexto (del inglés, Hypertext Markup Language - HTML), se creó la World Wide Web (WWW), permitiendo a los usuarios acceder a información y servicios en línea desde cualquier parte del mundo. Además, la aparición de navegadores web como Netscape Navigator y Microsoft Internet Explorer, facilitó la navegación y el acceso a la información en la red [1].

A medida que Internet se expandió en todo el mundo, surgieron tecnologías y aplicaciones, tales como la mensajería instantánea, correo electrónico, videoconferencias, redes sociales y comercio electrónico, entre otras. La creciente necesidad de una mayor capacidad de conexión y velocidad de datos llevó a la introducción de nuevas tecnologías, como el acceso de banda ancha y la introducción de la tecnología móvil [1].

En Ecuador, el acceso a Internet comenzó a desarrollarse a mediados de la década de 1990, con la aparición de los primeros proveedores de servicios de Internet (ISP: Internet Service Provider). en el país. La adopción de Internet en Ecuador se acelera en la década de 2000 con la aparición de nuevas tecnologías como la banda ancha y la tecnología móvil, que facilitaron el acceso a la red [2].

El Trabajo de Integración Curricular presenta un análisis formal del crecimiento y comportamiento del tráfico de Internet en Ecuador de los últimos cinco años (desde diciembre del 2017 hasta noviembre del 2022). La importancia de realizar este estudio es conocer cuantitativamente la distribución actual de las direcciones IPv4 e IPv6 asignadas, el intercambio de prefijos (dirección de red más máscara) a nivel local, la información de los principales

sistemas autónomos (AS: Autonomous System) asignados y utilizados en el país y las capacidades en términos de tasa de bits utilizadas por los principales proveedores de Internet.

El análisis pretende ser realizado desde el punto de vista de un punto de intercambio de tráfico (IXP: Internet Exchange Point) del Ecuador, en específico tomando como referencia la información del punto de acceso a la red (NAP: Network Access Point) de Ecuador (NAP.EC), el cual es administrado por la Asociación de Empresas Proveedoras de Servicios de Internet, Valor Agregado, Portadores y Tecnologías de la Información (AEPROVI) [3].

Se realiza un enfoque para un periodo de cinco años dónde se considera el impacto del crecimiento no planificado del tráfico de Internet debido en gran parte a la pandemia del COVID-19.

La pandemia del COVID-19 tuvo un impacto significativo en el tráfico de Internet en todo el mundo, y Ecuador no fue la excepción. Con la necesidad de implementar medidas de distanciamiento social y trabajo remoto, la demanda de acceso a Internet y la necesidad de conectividad en línea aumentó drásticamente en el país. El tráfico de Internet se disparó, llevando a un aumento en la demanda de infraestructura de red, impulsando la expansión y modernización de la red de Internet en Ecuador [4]. La necesidad de trabajar, estudiar y socializar desde casa ha aumentado la demanda de servicios de Internet, como la videoconferencia, el streaming de contenido y las compras en línea. Además, el entretenimiento digital, como los videojuegos en línea, ha experimentado un aumento significativo de usuarios. Todo esto ha llevado a una mayor cantidad de tráfico de Internet, que ha puesto a prueba la infraestructura y capacidad de los ISP.

Este crecimiento no planificado del tráfico se debe a causa de diversos factores tales como trabajo y educación en modalidad virtual a través de plataformas de videoconferencia, interacciones sociales a través de juegos online y juegos de consolas (por ejemplo, Xbox y PlayStation), donde existió la necesidad por parte de los usuarios de acceder a mejores planes y contratos con su ISP.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el tráfico de Internet en el Ecuador en los últimos cinco años desde el punto de vista de un IXP considerando el incremento de la demanda por parte de los usuarios a causa de la pandemia de coronavirus COVID-19.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir los fundamentos teóricos asociados a la medición del tráfico en Internet desde el punto de vista de un IXP incluyendo la descripción de los sistemas autónomos (ASs), procesos de medición y métricas utilizadas.
2. Recopilar información acerca de la distribución de prefijos IPv4 e IPv6 asignados y utilizados por parte de los ASs en el Ecuador como también velocidad de transmisión efectiva de cada uno de ellos.
3. Procesar la información recopilada afín de conocer la situación actual del tráfico de Internet en el país.
4. Analizar la información procesada y presentar diferentes gráficas que resuman el comportamiento del tráfico de Internet en el Ecuador contrastando los efectos causados por la pandemia coronavirus COVID-19.

1.3 ALCANCE

El presente Trabajo de Integración Curricular (TIC) tiene como objetivo presentar un análisis formal del crecimiento y comportamiento del tráfico de Internet a nivel nacional en los últimos cinco años, para lo cual se empieza estudiando los conceptos asociados a los ASs, IXP y métricas de medición de tráfico de red. Del período de observación mencionado, se procesan los datos proporcionados por el NAP.EC y se esquematiza mediante gráficos la distribución actual de las direcciones IPv4 e IPv6 asignadas y utilizadas, el intercambio de prefijos a nivel local de los principales ASs y la tasa de transmisión efectiva de bits (throughput) utilizada por los principales proveedores de Internet. Finalmente, se presenta una visión global de cómo ha evolucionado el tráfico de Internet, obteniendo varias perspectivas del incremento de tráfico de Internet en el país antes, durante y después de la pandemia causada por el coronavirus (COVID-19), permitiendo conocer los diferentes factores que han hecho que el tráfico cambie durante los últimos cinco años.

La organización del TIC está dividida en:

- **Capítulo 1 - Introducción:** Esta sección presenta el marco teórico referente a la evolución, definiciones y métricas utilizadas de medición de tráfico de Internet en Ecuador como también una explicación de lo que fue la COVID-19 en Ecuador.

- ❑ **Capítulo 2 - Metodología:** Esta sección describe cómo se obtiene y procesa la información de tráfico de Internet de los diferentes ASs del país a través de AEPROVI. Además, se detalla cómo se lleva a cabo la extracción de datos y su posterior tabulación mediante el uso de scripts desarrollados para este propósito.
- ❑ **Capítulo 3 - Resultados, conclusiones y recomendaciones:** Esta sección presenta los resultados obtenidos a partir del procesamiento de la información de tráfico de Internet de los diferentes ASs en el país. Se muestran diversas gráficas que ilustran cuantitativamente el crecimiento de ASs y de prefijos IPv4 e IPv6 de los principales ASs utilizados en el país. Además, se analiza cómo ha evolucionado el tráfico de Internet en Ecuador en términos de la velocidad de transmisión efectiva de bits (throughput) antes, durante y después de la pandemia COVID-19. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de los resultados.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Evolución de Internet en Ecuador

Desde la introducción de Internet en Ecuador en la década de 1990, han existido una gran cantidad de cambios y avances tecnológicos que han llevado a un aumento significativo en la adopción de Internet en el territorio ecuatoriano. La Figura 1.1 presenta un resumen de los hitos más importantes de la evolución de Internet en Ecuador desde sus inicios hasta la actualidad. A través de esta línea del tiempo, podemos explorar los principales hitos y desarrollos que han tenido lugar en el país en relación a Internet, y cómo han influido en la sociedad, la economía y la cultura en general.

Esta información es de gran relevancia para comprender cómo ha ido cambiando el panorama tecnológico en el país y cómo ha impactado en la vida de la población. Además, analizar la evolución de Internet en Ecuador puede proporcionar una visión más amplia sobre el uso de Internet en países en vías de desarrollo y su impacto en el crecimiento económico y social.

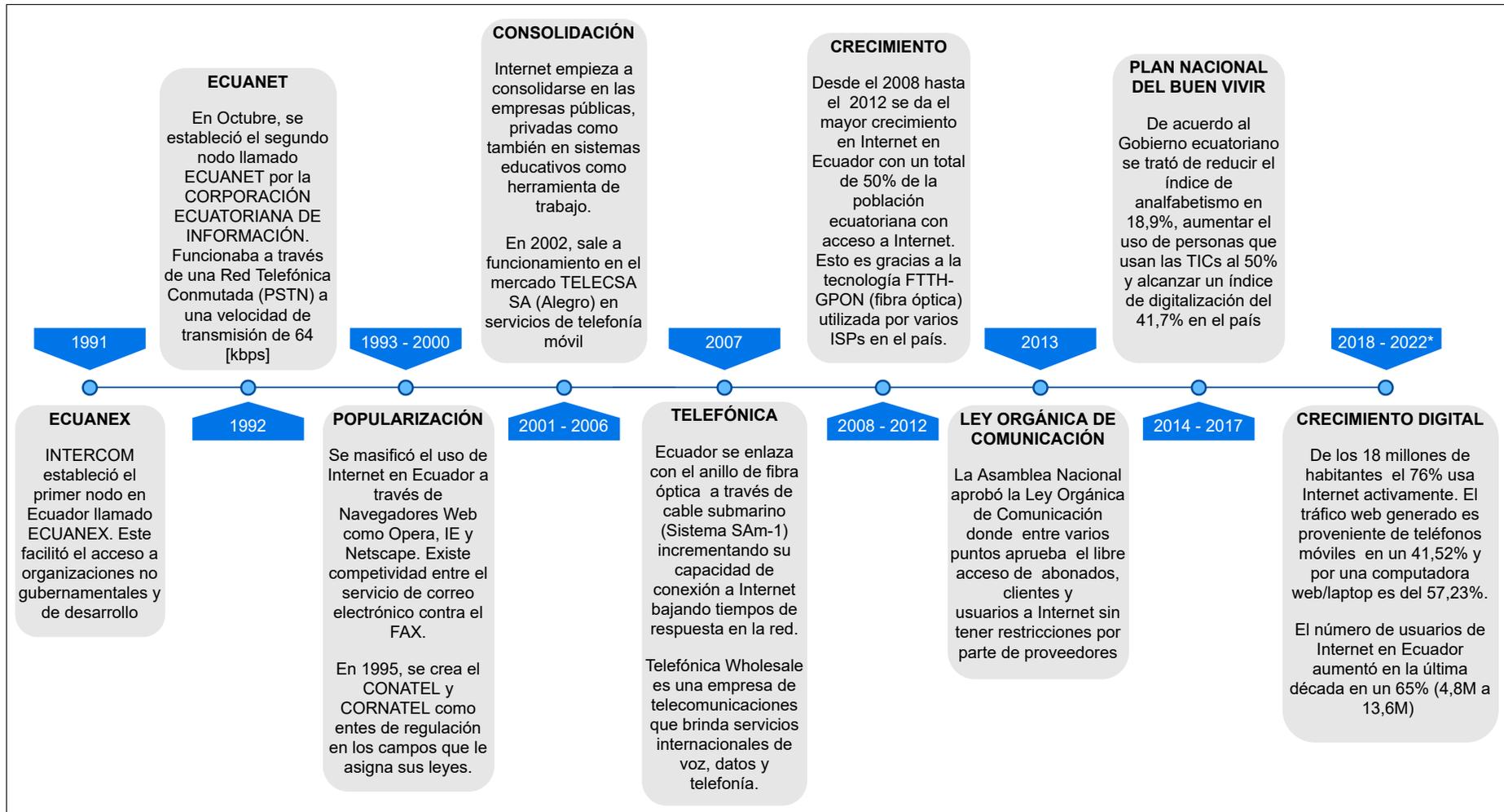


Figura 1.1: Evolución de Internet en Ecuador [5].

La línea del tiempo presenta un panorama general de la evolución de Internet en Ecuador a lo largo de los años desde los primeros nodos establecidos en 1991 y 1992, pasando por la popularización del uso de Internet en los años 90, hasta la consolidación y crecimiento en las empresas y sistemas educativos en los primeros años del nuevo milenio [5]. En 2007, se produce un gran avance con la conexión del anillo de fibra óptica a través del sistema SAM-1, por lo cuál se incrementó la capacidad de conexión a Internet y redujo los tiempos de respuesta en la red. En 2013, se aprobó la Ley Orgánica de Comunicación, esto permitió el libre acceso a Internet sin restricciones por parte de ISPs [5].

El Plan Nacional del Buen Vivir de 2014 a 2017 se enfocó en la reducción del analfabetismo y el aumento del uso de las TICs en el país, mientras que el crecimiento digital en los últimos años se ha caracterizado por el aumento significativo en el número de usuarios de Internet en Ecuador, con un 76 % de la población activamente conectada que genera tráfico web [5].

Es importante destacar que la línea del tiempo no solo refleja la evolución tecnológica en el país, sino también las políticas públicas y regulaciones que han influido en el acceso a Internet en Ecuador. No obstante, en el año 2020, la pandemia causada por la COVID-19 llegó a Ecuador, ocasionando un cambio radical en la forma en que se utilizaba Internet en el país. La crisis sanitaria generó una necesidad urgente de conectividad y aceleró la transición a un mundo digital, permitiendo que muchas personas pudieran trabajar, estudiar y realizar sus actividades diarias desde casa.

De esta manera, la pandemia no solo aceleró el proceso de digitalización en Ecuador, sino que también puso de manifiesto la brecha digital existente en el país. En este sentido, se hizo evidente la necesidad de políticas públicas que permitan una mayor inclusión digital, así como de una infraestructura adecuada para garantizar el acceso a Internet en todo el territorio nacional.

1.4.1.1 Coronavirus en Ecuador

La COVID-19 (abreviatura de *coronavirus disease 2019*) es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus SARS-CoV-2 identificada por primera vez en Wuhan, China a finales del 2019. Desde entonces, se ha extendido a muchas partes del mundo, provocando una pandemia mundial [6].

En Ecuador, el primer caso registrado como positivo a COVID-19 fue el 29 de febrero de 2020 confirmado por el Ministerio de Salud Pública de Ecuador. Un mes después se regis-

traban 1924 casos confirmados y 58 fallecimientos. A raíz de este crecimiento “exponencial” el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) Nacional tomó medidas de prevención para el bienestar de la población ecuatoriana explicadas a continuación [7]:

- ❑ Cierre de fronteras vía aéreas y marítimas.
- ❑ Suspensión de eventos sociales/masivos (aforo máximo permitido 30 personas).
- ❑ Suspensión indefinida de actividades de educación de forma presencial (en todos los niveles educativos: primaria, secundaria, instituciones de educación superior).
- ❑ Trabajo en modalidad telemática de las instituciones educativas.
- ❑ Trabajo en modalidad telemática (siempre que las necesidades y naturaleza del trabajo lo permitan).

Estas medidas de prevención originaron que muchas familias contraten por primera vez servicios de Internet, que los usuarios contraten planes más robustos de Internet o que incluso migren de proveedor.

La Tabla 1.1 y la Figura 1.2 presentan estadísticas de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) en el 2020 el número de usuarios que tuvieron acceso a Internet aumentó en un 1.90 % comparado con el 2019 y tuvo un aumento del 3.57 % comparado con el 2021.

Tabla 1.1: Estadísticas acerca cuentas de Internet fijo y móvil por cada 100 habitantes [8].

Cuentas Internet Fijo y Móvil						
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Internet Fijo	10,606 %	11,480 %	12,120 %	13,542 %	14,166 %	14,727 %
Internet Móvil	52,495 %	54,882 %	54,064 %	54,541 %	57,579 %	58,670 %
Total	63,10 %	66,36 %	66,18 %	68,08 %	71,75 %	73,40 %

La Figura 1.3 presenta el aumento de cuentas por Internet Fijo en el 2020 por provincia, siendo Pichincha y Guayas las provincias dónde se tuvo mayor aumento de usuarios comparado con el 2019:

Estos datos permiten analizar la distribución geográfica de los usuarios de Internet, lo cuál es útil para identificar posibles desigualdades y brechas digitales que puedan existir. En el Ecuador del 2020, las tecnologías de acceso a Internet más utilizadas por los usuarios fueron las móviles, como la conexión 4G y la conexión a través de módem USB, seguidas

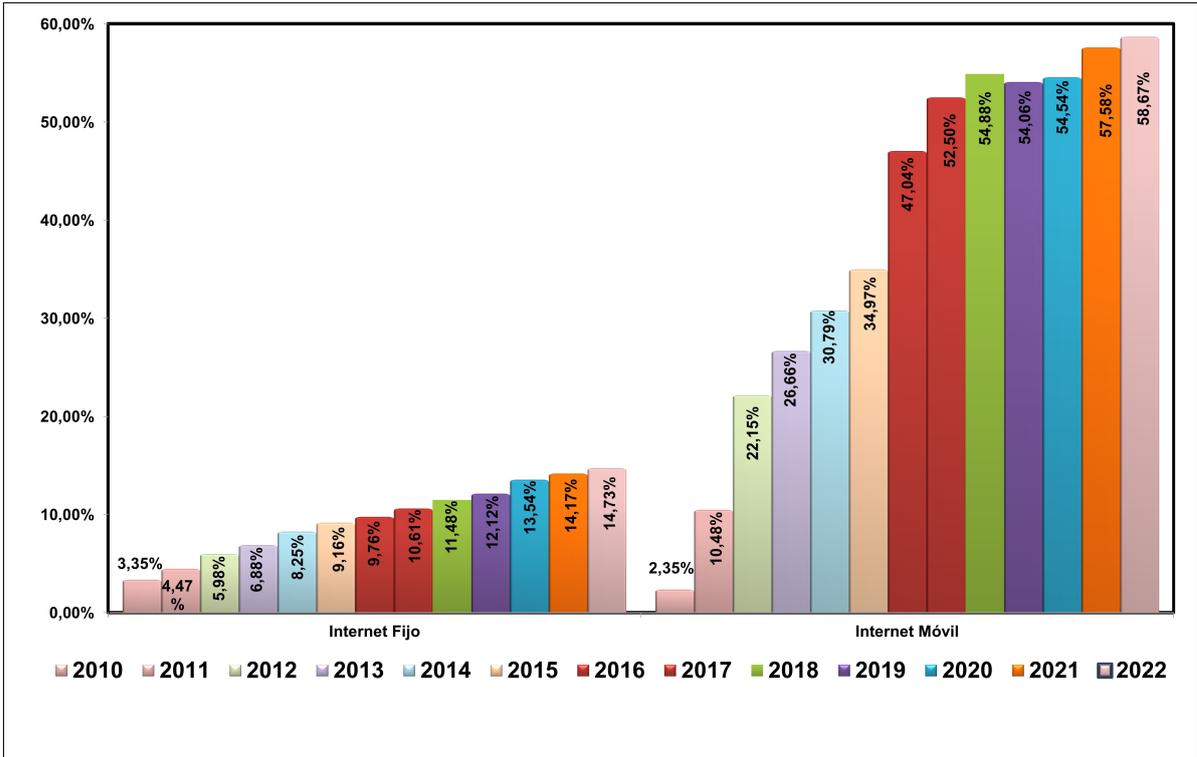


Figura 1.2: Cuentas Internet fijo y móvil por cada 100 habitantes en Ecuador - 2020 [8].

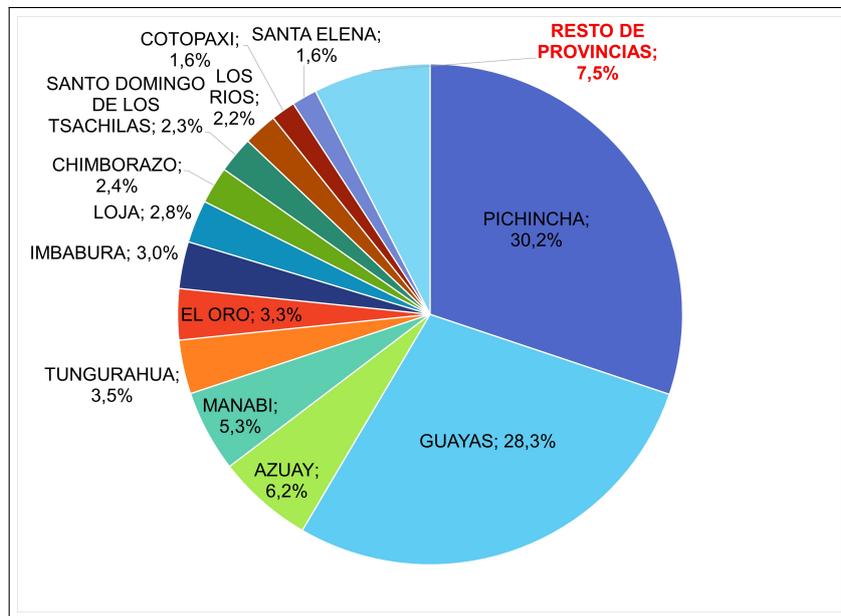


Figura 1.3: Cuentas Internet fijo por provincia - 2020 [8].

de la banda ancha fija y las redes Wi-Fi, permitiendo obtener un panorama completo de la situación de la conectividad en el país, resultando esencial para desarrollar políticas y estrategias orientadas a mejorar el acceso y la calidad de los servicios de Internet en beneficio de la población [8].

1.4.1.2 Tecnologías de acceso a Internet

El Acceso a Internet desde la última milla (conexión usuario con un ISP) puede realizarse mediante los siguientes tipos de conexiones [9]:

1. **Asimetric Digital Subscriber Line (ADSL):** Línea de abonado digital asimétrica es la transmisión de datos sobre una Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).
2. **Cable:** Es un medio de transmisión guiado, puede ser a través de cobre (UTP/Coaxial) o fibra óptica.
3. **Local Multipoint Distribution Service (LMDS):** Es un medio de transmisión no guiado que funciona vía radio inalámbrica permitiendo servicios de voz, Internet, datos y VPNs.
4. **Satélites:** Es un repetidor de señal que recibe las ondas emitidas desde la estación de radio frecuencia ubicada en Tierra y propaga la señal a otro satélite o responde a la misma estación.
5. **Wireless Local Area Network (WLAN):** Es una red inalámbrica de comunicación formado por un grupo de terminales utilizando el espectro radioeléctrico basadas en el estándar IEEE 802.11¹

1.4.2 Terminologías utilizadas en la medición de tráfico

1.4.2.1 Internet Service Provider (ISP)

Los ISPs son empresas que proporcionan un servicio de acceso a la red de Internet a sus clientes. Para lograrlo, los ISPs utilizan una variedad de tecnologías y protocolos de red, como DSL, cable coaxial, fibra óptica y tecnologías inalámbricas como Wi-Fi o 5G. Además de proporcionar conectividad a Internet, los ISPs pueden ofrecer servicios adicionales, como el alojamiento web, el registro de nombres de dominio, el correo electrónico, la gestión de servidores y la seguridad informática [11].

¹**IEEE 802.11:** es un grupo de normas inalámbricas creada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) en 1997. También es conocida como la primera generación de Wi-Fi (Wireless Fidelity) que trabaja sobre la banda de frecuencia de 2.4 [GHz] con velocidades de transmisión de 1 y 2 [Mbps] [10].

En el 2020 (durante la pandemia por COVID-19) los principales ISPs fueron la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) y Megadatos S.A. (nombre comercial: Netlife) tal como se muestra en la Figura 1.4:

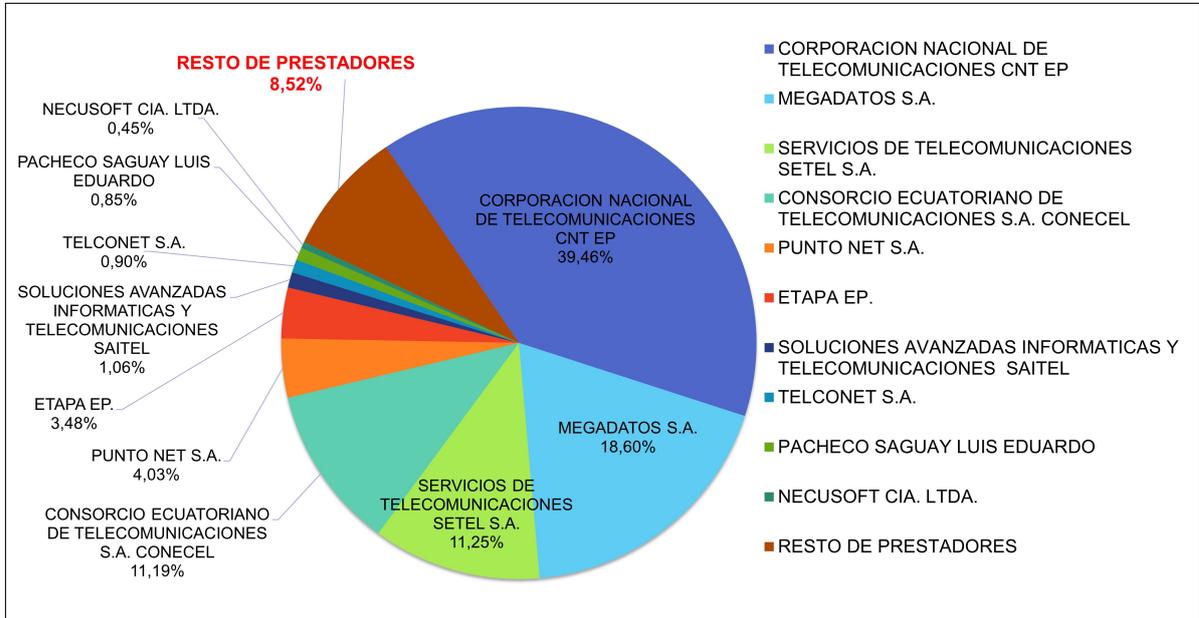


Figura 1.4: Principales prestadores Internet fijo - 2020 [8].

1.4.2.2 Sistema Autónomo (AS)

Un sistema autónomo se define como un grupo de redes IP que comparten una política de ruteo propia (interna y externa) e independiente [12]. Esta política de ruteo es válida tanto para una red o un grupo de redes que es administrada por uno o varios administradores sobre una única entidad administrativa.

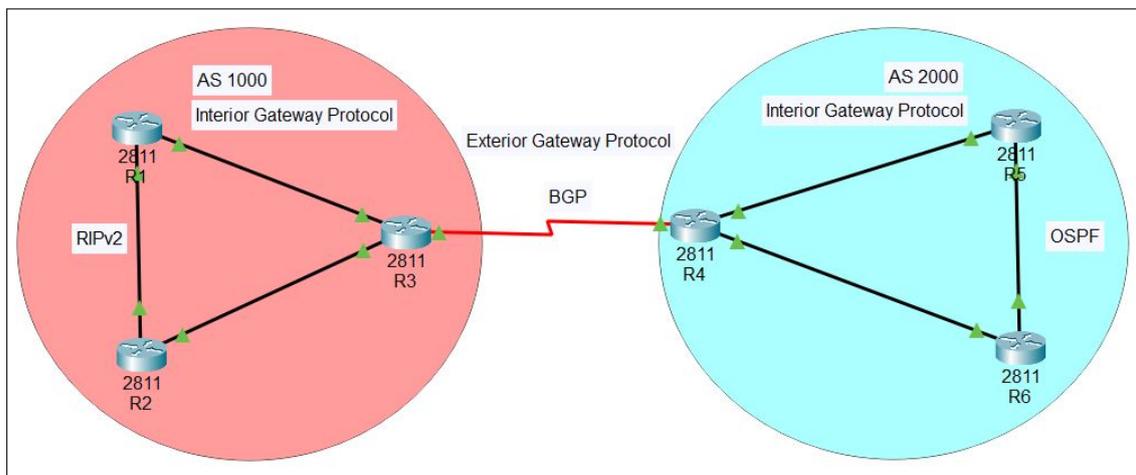


Figura 1.5: Ejemplo de conexión entre ASs, basado en [13].

Las redes Internas dentro de un AS se comunican a través de protocolos de enrutamiento *Interior Gateway Protocol (IGP)* y un AS comparte su información de ruteo con otros ASs a través de protocolos de enrutamiento *Exterior Gateway Protocol (EGP)* [13].

Cada AS cuenta con un identificador (ASN: Autonomous System Number) de tamaño de 16 o 32 bits asignado como se indica en la Tabla 1.2:

Tabla 1.2: Distribución de ASNs [12].

Autonomous System Number (ASN)	
Rango	Asignación
0 y 65535	Reservados
[1 - 64495]	Internet Pública
[64496 - 64511]	RFC 5737
[64512 - 64534]	Privados
[65536 - 65551]	RFC 5398
[65552 - 4294967295]	Internet Pública

Dónde:

- ❑ **RFC 5737:** Bloques de direcciones IPv4 reservados para documentación [14].
- ❑ **RFC 5398:** Reserva de número de AS para uso de Documentación [15].

Los RFC 5737 y 5398 son dos documentos que describen la reserva de recursos de red. El RFC 5737 describe bloques de direcciones IPv4 que se han reservado para su uso en documentación y pruebas, y que no deben ser utilizados en la red pública de Internet, como a su vez el RFC 5398 describe la reserva de ASNs también para su uso en documentación donde proporciona un rango ASNs que pueden ser utilizados para estos fines (documentación y pruebas), ayudando a mantener la integridad de la red pública de Internet al evitar el uso no autorizado de direcciones IP y ASNs [14] [15].

1.4.2.3 Border Gateway Protocol (BGP)

Los protocolos de ruteo son esenciales para el correcto funcionamiento de Internet, ya que son los encargados de dirigir el tráfico de la red a través de la mejor ruta posible. Los protocolos de ruteo se pueden dividir en dos categorías principales: internos y externos.

1. **Internos (IGP: Interior Gateway Protocol):** Es un protocolo de ruteo usado para intercambiar información de enrutamiento dentro de un AS es decir, dentro de una red privada o corporativa. Los protocolos de enrutamiento que se utilizan como IGP

incluyen OSPF, EIGRP, RIP y IS-IS. Cada protocolo tiene sus propias características y ventajas, y la elección de uno u otro depende de las necesidades y el diseño de la red [12].

2. **Externos (EGP: Exterior Gateway Protocol):** Es un protocolo de ruteo usado para intercambiar información de enrutamiento entre varios ASs. Es esencial en la interconexión de diferentes redes y es utilizado por los ISPs para intercambiar información de las tablas de enrutamiento con otros ISPs y con redes de contenido, como CDNs. Es importante destacar que los protocolos de ruteo deben ser compatibles entre sí para permitir la comunicación y la interconexión efectiva de diferentes redes [12].

La tabla de BGP es una tabla de enrutamiento utilizada por los routers de borde de un AS para tomar decisiones de enrutamiento en una red. Esta tabla contiene información como la dirección IP de destino, el ASN del destino y el siguiente salto necesario para llegar al destino como también información sobre las redes alcanzables y los caminos para alcanzar esas redes a través de otros ASs. A través de la tabla BGP, se pueden establecer rutas de mejor calidad y menor costo para enviar el tráfico de un AS a otro, y se actualiza a medida que los routers intercambian información de enrutamiento y, por lo tanto, es esencial para garantizar la conectividad y la eficiencia de la red de Internet [16].

BGP utiliza TCP² como su protocolo de transporte en la capa 4 del modelo OSI de 7 capas.

Para iniciar la transmisión de información (sesión BGP), se establece una conexión TCP entre un par de routers, después de lo cual comienzan a intercambiar información de enrutamiento de la siguiente forma:

- ❑ **Aprender rutas:** Significa que BGP va incorporando (aprendiendo) a la tabla de BGP alguna ruta que estén informando (anunciando) los routers vecinos.
- ❑ **Anunciar rutas:** Significa que BGP va informando (anunciando) a sus routers vecinos que dispone (contiene) la ruta que cualquier router vecino requiera para llegar a un determinado destino y esa ruta se encuentra en la tabla de enrutamiento.

La Figura 1.6 simula una conexión BGP entre dos ISPs dentro de un mismo AS.

²**Protocolo de control de transmisión:** Es un protocolo de comunicación utilizado en redes de computadoras para la transmisión confiable de datos. Trabaja sobre la capa de transporte encima de IP (Internet Protocol), que proporciona una forma para que envíe y reciba segmentos de información de longitud variable encapsulados en datagramas de IP para lograr el transporte y la entrega a través de múltiples redes y puertas de enlace de interconexión [17].

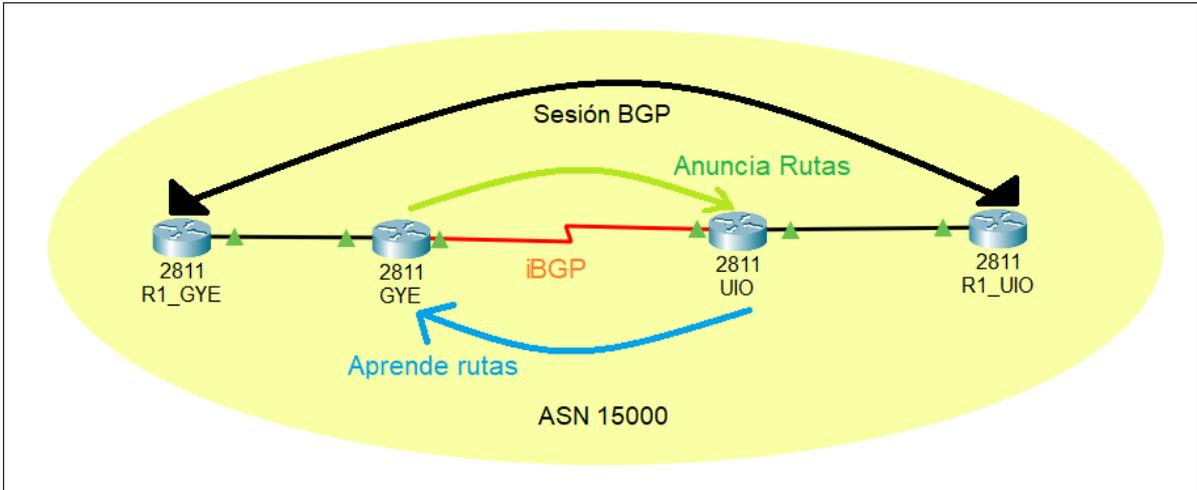


Figura 1.6: Funcionamiento protocolo BGP, basado en [12].

Para intercambiar información de la tabla BGP entre los routers *R1_GYE* y *R1_UIO*, primero se debe establecer una sesión BGP. Después se intercambian actualizaciones de rutas de red en ambas direcciones. Una vez que la tabla BGP de cada router se ha actualizado con la información de enrutamiento recibida a través de la sesión BGP, el siguiente paso es utilizar la información de enrutamiento para determinar la mejor ruta hacia las redes de destino [18].

BGP utiliza un sistema basado en actualizaciones, que envía información de enrutamiento solo cuando hay cambios en la topología de la red. De esta manera, se minimiza la cantidad de información que se transmite a través de la red y se evita la sobrecarga innecesaria de tráfico. Además, BGP utiliza un sistema de prefijos (IPv4 e IPv6) para identificar redes y rutas, permitiendo una mayor flexibilidad en el enrutamiento de tráfico a través de múltiples redes e ISPs [18].

1.4.2.4 Proveedores de transporte

Son ISPs que administran su propia red de área extendida y brindan conectividad a Internet a otros ASs a través de su red, permitiendo que los datos viajen de una red a otra. Estos proveedores son comúnmente utilizados por redes de menor tamaño que no pueden permitirse la infraestructura necesaria para conectarse directamente con otras redes [19].

Si el ISP cubre grandes áreas geográficas con redes de alta velocidad dando conexión a otras redes el ISP es conocido como proveedor de red troncal. Los ISP que se enfocan en los clientes como usuarios finales son conocidos como proveedores de acceso [11].

1.4.2.5 Internet Exchange Point (IXP)

Un Punto de Intercambio de Internet (IXP: Internet Exchange Point) es una instalación de interconexión donde los ISPs se convierten en miembros para intercambiar tráfico con otros ISPs a través de la infraestructura física [20]. Estas infraestructuras físicas suelen ser alojadas en Data Centers donde las empresas de infraestructura de Internet, como las redes de entrega de contenido (CDN) y los ISP, se conectan entre sí para intercambiar tráfico [21]. La Figura 1.7 presenta una conexión básica entre un ISP y un CDN a un IXP.

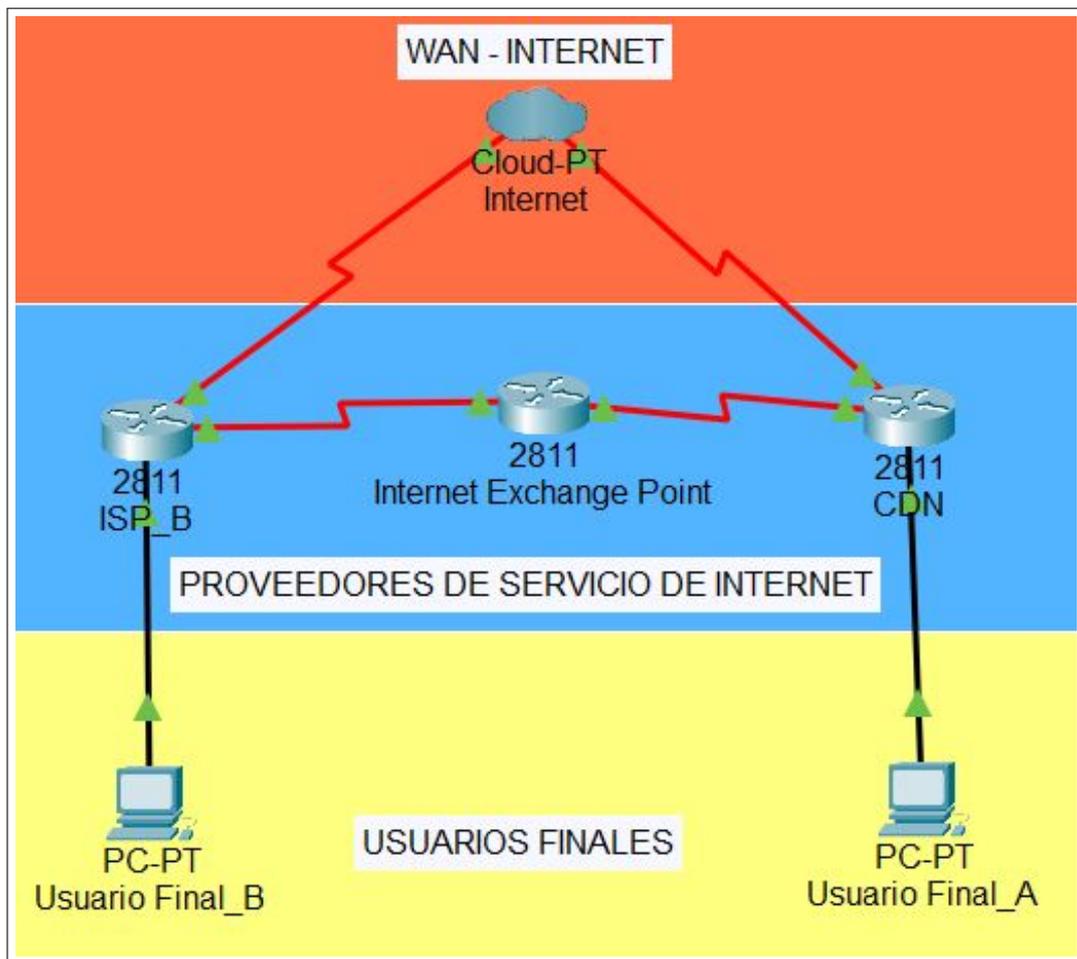


Figura 1.7: Topología básica de IXP, basado en [21].

Los IXPs brindan beneficios tanto a los usuarios finales como a los proveedores de Internet (ISPs), dado que al conectarse directamente al punto de intercambio es posible enrutar el tráfico de manera más eficiente, disminuyendo la latencia en la red además de reducir costos de operación y mejorando la velocidad de transmisión de datos garantizando una excelente QoS (QoS: Quality of Service) [21].

Una de las empresas de infraestructura de Internet que se conecta a través de los IXPs son las redes de entrega de contenido (CDN). Una CDN es un tipo de red enfocado a mejorar la calidad de servicio QoS de Internet. Su función principal es replicar/distribuir el contenido desde un servidor de origen a distintos servidores de réplica dispersos por Internet y también atender solicitudes de un servidor de réplica cerca de donde se originan dichas solicitudes. Estos servidores de réplica son los más cercanos al nodo que realizó la/s solicitud/es. [22].

1.4.3 Métricas a evaluar en una red

Se presentan las métricas más importantes a evaluar dentro de una red [23]:

1. **Latencia:** Es la cantidad de tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde su origen hasta su destino. Por lo general, se mide en milisegundos [ms] y puede verse afectado por varios factores, como la distancia, la congestión de la red y el enrutamiento. La latencia alta puede dar como resultado tiempos de respuesta lentos y un rendimiento general reducido.
2. **Rendimiento:** El rendimiento mide la cantidad de datos que se pueden transmitir en un tiempo determinado, generalmente medido en bits por segundo [bps].
3. **Pérdida de paquetes:** La pérdida de paquetes es el porcentaje de paquetes de datos que se pierden durante la transmisión. Esto puede ocurrir debido a varios factores, como la congestión de la red, problemas de enrutamiento o fallas de hardware. Una gran pérdida de paquetes puede provocar la retransmisión de datos y la reducción del rendimiento de la red.
4. **Jitter:** Jitter es la variabilidad en la latencia entre paquetes. La fluctuación puede ser causada por la congestión de la red, problemas de enrutamiento u otros factores y puede resultar en una degradación significativa de la calidad de voz y video. El jitter generalmente se mide en milisegundos [ms].
5. **Ancho de banda:** El ancho de banda mide la cantidad de datos que se pueden transmitir a través de una conexión de red en un período de tiempo específico, generalmente medido en bits por segundo [bps]. El ancho de banda es una métrica fundamental para las redes que admiten aplicaciones en tiempo real, como videoconferencias y juegos en línea.

6. **Disponibilidad:** La disponibilidad mide el porcentaje de tiempo que una red es accesible y funcional. El tiempo de inactividad de la red puede ser causado por fallas de hardware, congestión de la red u otros factores y puede tener un impacto comercial significativo. La alta disponibilidad es crucial para aplicaciones y servicios críticos.
7. **Seguridad:** La seguridad mide el nivel de protección contra accesos no autorizados, ataques y violaciones de datos. Esto incluye protección contra piratería, virus, malware y otras formas de ciberataques. La seguridad de la red es esencial para proteger los datos confidenciales y mantener la confidencialidad e integridad de la información.
8. **Confiabilidad:** La confiabilidad mide la capacidad de la red para entregar datos sin errores ni fallas. La confiabilidad de la red es crucial para aplicaciones y servicios críticos y, a menudo, se mide en términos del porcentaje de tiempo que una red está operativa y entrega datos sin errores. La alta confiabilidad garantiza que los datos se transmitan de manera precisa y consistente.
9. **Velocidad de transmisión efectiva de bits:** La velocidad de transmisión efectiva de bits (throughput) es la cantidad de datos que se pueden transferir a través de una red en un período de tiempo determinado, medido en bits por segundo [bps]. Es importante tener en cuenta que el throughput no es igual a la velocidad del servicio de Internet contratado, ya que puede estar limitado por factores como la distancia geográfica, el tipo de tecnología de conexión utilizada y las limitaciones de la red del ISP.

1.4.3.1 Mediciones de tráfico

1.4.3.2 Medición pasiva

La medición pasiva de tráfico se realiza observando el tráfico que fluye a través de la red sin interrumpirlo ni afectarlo. Esta técnica es comúnmente utilizada para medir flujos de datos en la red, lo que implica contar el número de paquetes y bytes que se están transmitiendo a través de routers, switches o cualquier otro dispositivo de red. Puede ser realizada mediante herramientas de software especializadas que capturan los paquetes que pasan por un dispositivo de red y extraen información relevante de ellos, como la dirección IP de origen/destino, el protocolo utilizado, la longitud del paquete, entre otros. Estas herramientas pueden ser configuradas para analizar y reportar información específica de interés, como

el volumen de tráfico, la tasa de transferencia de datos, el ancho de banda utilizado, entre otros [11].

1.4.3.3 Medición activa

Son aquellas que se realizan enviando tráfico de prueba a la red. Un ejemplo de medición es la capacidad máxima de carga de la red enviando paquetes y aumentando la velocidad de transmisión hasta que la red se sature [11].

1.4.4 Instituciones que administran Internet en Ecuador

La administración de Internet en todo el mundo se lleva a cabo a través de diversas organizaciones y entidades. La Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números (ICANN) es una organización sin fines de lucro que se encarga de coordinar la asignación de identificadores únicos en Internet, incluyendo nombres de dominio, direcciones IP y parámetros de protocolo. El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) es una comunidad abierta de expertos que se dedica a la investigación, desarrollo y estandarización de tecnologías de Internet [24]. Otra organización regional de administración de Internet es Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC).

LACNIC es una organización sin fines de lucro responsable de la distribución y administración de direcciones IP y números AS en la región de América Latina y el Caribe. LACNIC es miembro de la Organización de Recursos Numéricos (NRO), que coordina la distribución global de los recursos de Internet como direcciones IP, ASNs, parámetros de protocolos en las diferentes capas del modelo OSI. [25]. En Ecuador, la entidad legal que administra el tráfico de Internet, se llama AEPROVI.

1.4.4.1 AEPROVI

La asociación de empresas proveedoras de servicios de Internet, valor agregado, portadores y tecnologías de la información (AEPROVI) es una entidad sin fines de lucro que trabaja en el sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información en el país. Tienen como misión el promover, proteger, masificar y desarrollar el Internet como medio de progreso social, político y económico dentro del territorio ecuatoriano [26]. Desde el 4 de julio de 2001, AEPROVI fue el promotor de la implementación de una infraestructura de red llamada NAP Ecuador (NAPE.C)

1.4.5 NAP Ecuador

La infraestructura de punto de acceso a la red en Ecuador (con abreviación, NAP.EC) permite el intercambio de tráfico local de Internet originado y recibido en el país. Este intercambio de tráfico local se lo realiza a través de un acuerdo (conocido también como acuerdo de Peering³) entre AEPROVI y los participantes [3].

Dentro de la suscripción de acuerdos entre el NAP.EC y los diferentes ASNs se alojan diferentes servicios de Internet que dan un valor agregado al intercambio de tráfico local como son: copias de los servidores DNS del dominio raíz, servidor del dominio .EC y nodos de redes de CDN. [3].

1.4.5.1 Topología de red - NAP.EC

La infraestructura de red de NAP.EC se encuentra alojada en las ciudades de Quito y Guayaquil. Los diferentes ASs se conectan desde su conmutador de borde con el respectivo servidor CDN del IXP a través de un conmutador ethernet (infraestructura de capa enlace o capa 2) con el protocolo BGP. Esta infraestructura trabaja con sus propios números de ASs y maneja su propio rango de direcciones IP de dominio público [28].

La Figura 1.8 presenta la topología lógica⁴ de red, que actualmente trabaja NAP.EC. Se tienen 19 ASs conectados *directamente* a la infraestructura de red del NAP.EC [28]. Es importante tener en cuenta que, aunque solo existan 19 ASs conectados directamente al NAP.EC, estos pueden estar conectados a otros ASs indirectamente a través de los proveedores de tránsito (véase la sección 1.4.2.4) que utilizan para llegar al NAP. Además, algunos ASs pueden ser más grandes que otros y tener una mayor presencia en el IXP, pudiendo tener conexiones directas con más ASs.

Además, se tiene una Red de Área Extendida (WAN: Wide Area Network), dónde la topología cuenta con enlaces redundantes dado que existen ASs conectados tanto en las ciudades de Quito y Guayaquil. La información es almacenada y administrada por AEPROVI conectado al AS del NAP.EC.

³**Acuerdo de Peering:** Es un acuerdo mutuo entre dos o más ASNs para intercambiar tráfico directamente entre ellas, sin necesidad de pasar por redes de terceros o proveedores de tránsito. Esto permite una mejora en la calidad de servicio y reducción de costos [27].

⁴**Topología lógica:** describe la forma de interconexión virtual de la infraestructura de red. Esta topología representa el flujo de datos a través de los diferentes equipos (conmutadores) conectados de forma física a la red. [29].

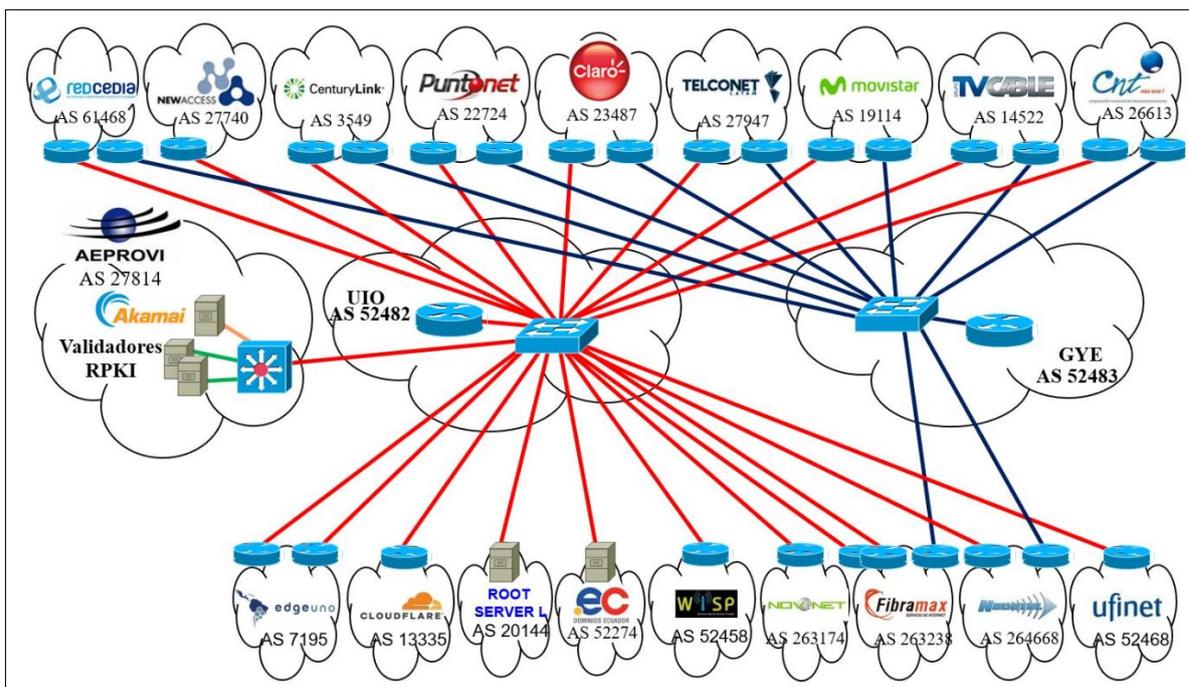


Figura 1.8: Topología lógica NAPE.C, actualizada a la fecha de marzo 2023 [28].

1.4.5.2 Políticas sobre el intercambio de tráfico - NAP.EC

El intercambio de tráfico entre los diferentes ASs se realiza de dos formas diferentes:

1. **Multilateral obligatorio:** Cualquier AS participante que se suscriba al NAP.EC debe intercambiar tráfico obligatoriamente con todos los demás ASs que estén suscritos en el NAP.EC [30].
2. **Multilateral selectivo:** Aquellos ASs que se suscribieron con acuerdos especiales con AEPROVI para conectarse a un IXP solo intercambia tráfico con aquellos ASs que, de igual manera tengan acuerdos especiales con AEPROVI y estén conformes con las condiciones de peering antes establecidas [30].

1.4.5.3 Políticas sobre el enrutamiento - NAP.EC

NAP.EC trabaja bajo quince políticas de enrutamiento que permiten administrar el tráfico de Internet en el Ecuador [31]. Estas políticas se encuentran disponibles en el Anexo 5.1.1 del presente documento.

A continuación se presenta el segundo capítulo del TIC, correspondiente a la metodología empleada para la obtención de información acerca del tráfico de Internet en Ecuador.

2 METODOLOGÍA

Este capítulo describe el proceso de obtención y procesamiento de la información de tráfico de Internet de Ecuador de los diferentes ASs del país a través de la información proporcionada por AEPROVI. Además, se detalla cómo llevar a cabo la extracción de datos y su posterior tabulación mediante el uso de scripts desarrollados para este propósito.

2.1 PROCESO GENERAL

La Figura 2.1 presenta el procedimiento para el analizar el comportamiento del tráfico de Internet en Ecuador. Se utilizó el Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN: Business Process Modeling Notation¹) para representar todo el proceso general.

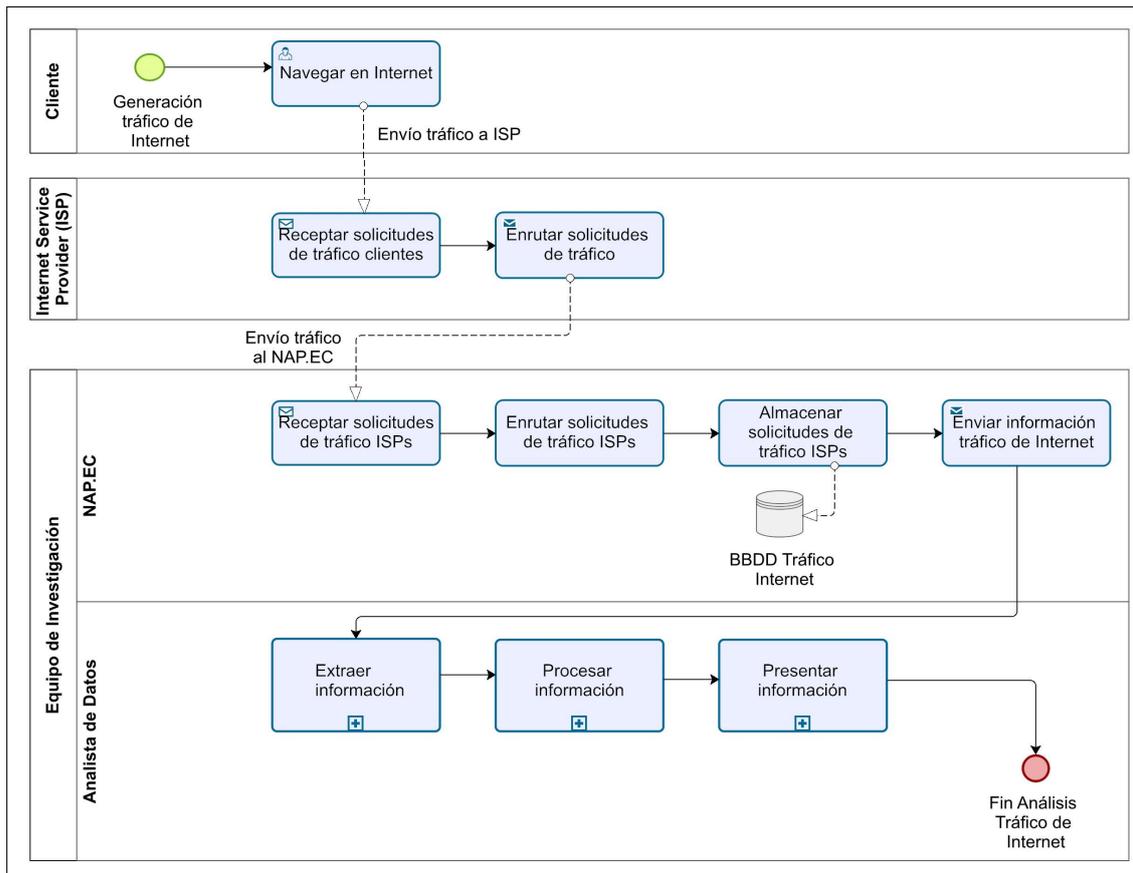


Figura 2.1: Proceso de análisis de tráfico de Internet.

¹BPMN: Notación gráfica para estandarizar el modelado de procesos de negocio a través de un lenguaje común para facilitar la comprensión de desempeño y desarrollo de una o varias actividades [32].

En el proceso de la Figura 2.1 se observa la interacción entre tres roles: el cliente, ISP y el grupo de investigación que está conformado por NAP.EC y el analista de datos.

El proceso da inicio cuando el cliente genera tráfico de Internet al realizar una consulta en un navegador web. Después interactúa con el ISP para enviar el tráfico generado en el navegador web, donde el ISP se encarga de receptor y enrutar las solicitudes de tráfico las cuáles serán enviadas al NAP.EC. Entonces el NAP se encarga de receptor las solicitudes del tráfico de ISP, enrutar y almacenarlas. Es importante mencionar que el NAP almacena flujos de datos, no discrimina el tipo de información que le llega (es decir datos, voz, vídeo, entre otras, véase el *Anexo 5.1.1 - Políticas de Enrutamiento*). Finalmente, esta información es enviada al analista de datos del equipo de investigación, quien se encarga de extraer, procesar y cargar (ETL: Extract, Transform, Load) la información de tráfico de Internet en Ecuador.

El proceso ETL es un proceso de integración de datos utilizado en la gestión de datos y en la preparación de datos para el análisis. El proceso consta de tres etapas principales [33].

1. **Extracción (Extract):** Los datos se extraen de diversas fuentes de datos, como bases de datos, sistemas de archivos, aplicaciones web, entre otros.
2. **Transformación (Transform):** Los datos se transforman para prepararlos para el análisis o para la carga en un sistema de destino. La transformación incluye la limpieza de datos, la conversión de formatos de datos, la eliminación de duplicados, la unificación de esquemas de datos, entre otras tareas.
3. **Carga (Load):** Los datos se cargan en el sistema de destino, como un almacén de datos, un sistema de análisis de datos, una base de datos transaccional, entre otros.

2.2 ANÁLISIS INFORMACIÓN NAP.EC

Con la ayuda de el Ing. Cristian Espinosa, quien es parte del equipo de investigación del NAP.EC, se extrae y procesa la información del tráfico de Internet a través de todos los ASs conectados directamente al NAP.EC tanto en los ASs de la ciudad de Quito como Guayaquil. Para una mejor comprensión del proceso ETL de la información de tráfico de Internet, se presenta una explicación a nivel de equipos de red (routers) dentro de la topología del NAP.EC.

2.2.1 Extracción de información por parte del NAP.EC

De los routers ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil correspondientes a los ASs dentro del NAP.EC, se extrae la información de las tablas de enrutamiento que se encuentran dentro de los ASs del NAP. Se utiliza los siguientes comandos para para obtener toda la información de las tablas de enrutamiento.

2.2.1.1 Tabla de direccionamiento prefijos IPv4

El Comando 2.1 permite visualizar el contenido de la tabla de enrutamiento BGP. El resultado muestra el estado de: las conexiones BGP, la cantidad de prefijos que se anuncian y la tabla de enrutamiento BGP actual, incluidas las direcciones IP de los prefijos, su próximo salto y los atributos de la ruta [34].

Comando 2.1: IPv4 Routing Table.

```
1 show ip bgp
```

Algunos de los atributos de la ruta incluyen [34]:

1. AS_PATH: Indica el camino que ha seguido la ruta a través de los ASs para llegar al destino. Por ejemplo, si el AS_PATH es 65001 65002 65003, significa que la ruta ha pasado por los ASs 65001, 65002 y 65003.
2. NEXT_HOP: Indica la dirección IP del siguiente salto para alcanzar el siguiente AS en la ruta. Por ejemplo, si el NEXT_HOP es 192.168.1.1, significa que el siguiente salto para llegar al siguiente AS es a través de la dirección IP 192.168.1.1.
3. LOCAL_PREF: Es un atributo utilizado para determinar la preferencia local de una ruta. Por ejemplo, si hay varias rutas disponibles para llegar al mismo destino, el router elige la ruta con el LOCAL_PREF más alto.
4. ORIGIN: Indica cómo se originó la ruta. Puede ser IGP, EGP o incomplete.
5. COMMUNITY: Es un conjunto de atributos opcionales utilizados para identificar un grupo de rutas. Por ejemplo, si un grupo de rutas tiene el COMMUNITY “no-export”, significa que estas rutas no se exporta fuera del AS.

La Tabla 2.1 presenta un ejemplo de ruta BGP.

Tabla 2.1: Ejemplo atributos de una ruta BGP, basados en [34].

PREFIX	NEXT_HOP	AS_PATH	LOCAL_PREF	ORIGIN
192.168.1.0/24	10.0.0.1	65001 65002	100	IGP

En este ejemplo, la ruta 192.168.1.0/24 se ha aprendido a través de los ASs 65001 y 65002, tiene un LOCAL_PREF de 100 y se originó a través de IGP. El siguiente salto para llegar a la siguiente red es a través de la dirección IP 10.0.0.1.

2.2.1.2 Tabla de direccionamiento prefijos IPv6

El Comando 2.2 permite visualizar la información sobre las entradas de la tabla de enrutamiento de BGP para las rutas de unidifusión (unicast) IPv6 en los routers del NAP.EC (Quito y Guayaquil). Este comando muestra información sobre las rutas BGP que el router ha aprendido, incluido el prefijo de red, el siguiente salto y varios atributos de ruta, como la ruta AS y la preferencia local (distancia administrativa). Este comando es utilizado para verificar la información de enrutamiento BGP que el router ha aprendido [34].

Comando 2.2: IPv6 Routing Table.

```
show ip bgp ipv6 unicast
```

Cuando dos ASs están conectados entre sí, usan BGP para intercambiar información acerca de las tablas de enrutamiento para que enruten correctamente el tráfico entre ellos.

Para identificar el tráfico entrante y saliente, BGP utiliza un concepto llamado “preferencia local” o “distancia administrativa”. El valor de preferencia local lo establece el ASN que origina la ruta y determina la ruta preferida dentro de un AS cuando hay varias rutas disponibles para el mismo destino [35]. La Tabla 2.2 presenta todos los valores de distancia administrativa de todos los protocolos de enrutamiento que los routers admiten.

La distancia administrativa se refiere a la medida de la confiabilidad de una ruta en una red. Es un número entero asignado a una ruta específica y determina cuál es la mejor ruta si hay varias rutas disponibles para llegar a un mismo destino. El valor de distancia administrativa más bajo se considera la mejor ruta. En el caso de BGP, un valor de distancia administrativa más alto se considera la mejor ruta [35].

Una vez explicado los conceptos relacionados a las tablas de enrutamiento (BGP) con prefijos IPv4 e IPv6, se simulan dos escenarios para una mejor comprensión de la información

Tabla 2.2: Distancias Administrativas [35].

Protocolo	Distancia administrativa
Directamente conectados	0
Ruta estática	1
Ruta EIGRP resumizada	5
BGP externa	20
EIGRP interna	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EGP	140
ODR	160
EIGRP externa	170
BGP interna	200
Desconocida	255

acerca de las tablas de enrutamiento respecto al tráfico de entrada y salida de los routers correspondientes a los ASs que administra el NAP.EC.

2.2.1.3 Simulación tráfico entrante/saliente dentro del NAP.EC

La Figura 2.2 simula un escenario de una conexión entre dos ASs para facilitar la comprensión del proceso de extracción de información respecto a las tablas de BGP, diferenciando el tráfico de entrada y salida dentro de un AS.

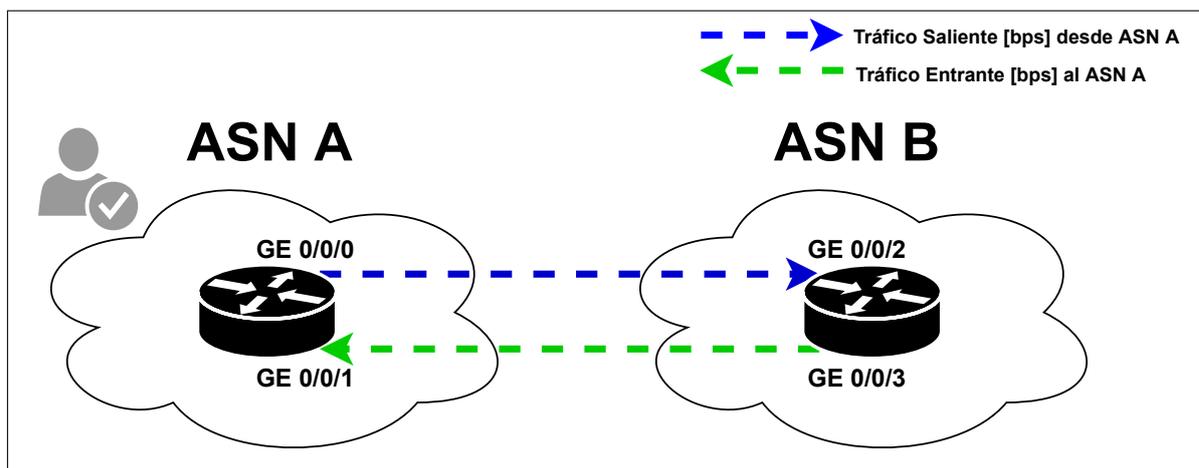


Figura 2.2: Ejemplo tráfico de Entrada/Salida entre dos ASs.

En particular, para el ejemplo se realiza el análisis desde el punto de vista del **ASN A**, a través de las interfaces GigabitEthernet (GE)² de cada router. En el caso del router del

²**Gigabit ethernet:** Son interfaces de red de alta velocidad comúnmente utilizadas en routers/switches

ASN A, el tráfico saliente se presenta mediante las líneas azules, que van desde el ASN A hacia el ASN B. El tráfico saliente se origina en la interfaz GE del router del ASN A y se dirige hacia la interfaz GE del router del ASN B. Este tráfico consiste en paquetes de datos, como correos electrónicos, archivos y mensajes, que se envían desde el router del ASN A al router del ASN B.

Por otro lado, el tráfico entrante se presenta mediante las líneas verdes, que van desde el ASN B hacia el ASN A. El tráfico entrante se origina en la interfaz GE del router del ASN B y se dirige hacia la interfaz GE del router del ASN A. Este tráfico consiste en respuestas a solicitudes anteriores, como solicitudes de información, solicitudes de archivos, respuestas a correos electrónicos y mensajes.

La simbología utilizada en la Figura 2.2 presenta la siguiente información respecto a las interfaces de cada router.

- ❑ **GE 0/0/1 y GE 0/0/0** son interfaces gigabit ethernet de entrada y salida del router correspondiente al ASN A.
- ❑ **GE 0/0/2 y GE 0/0/3** son interfaces gigabit ethernet de entrada y salida del router correspondiente al ASN B.

Una vez presentado el caso de la Figura 2.2, la Figura 2.3 simula un ejemplo de generación de tráfico de Internet desde el punto de vista de un usuario final, que cuenta con un ISP que está conectado directamente a la topología del NAP.EC hasta que llega la información a los routers del NAP.EC a través de un CDN conectado al IXP, con el fin de explicar el proceso completo de cómo se genera el tráfico de Internet en Ecuador dentro de la topología del NAP.EC (Figura 1.8).

para conectarse a otros dispositivos de red o en general a una red de área local (LAN) o una red de área extendida (WAN). Admiten velocidades de transmisión de datos de hasta 1 [Gbps] y por lo general, se usan en aplicaciones que demanden gran ancho de banda, como transmisión de video, transferencias de archivos grandes y acceso a Internet de alta velocidad. Los routers equipados con interfaces gigabit ethernet manejan grandes cantidades de tráfico, haciéndolos adecuados para su uso en centros de datos, redes empresariales y redes de proveedores de servicios [36].

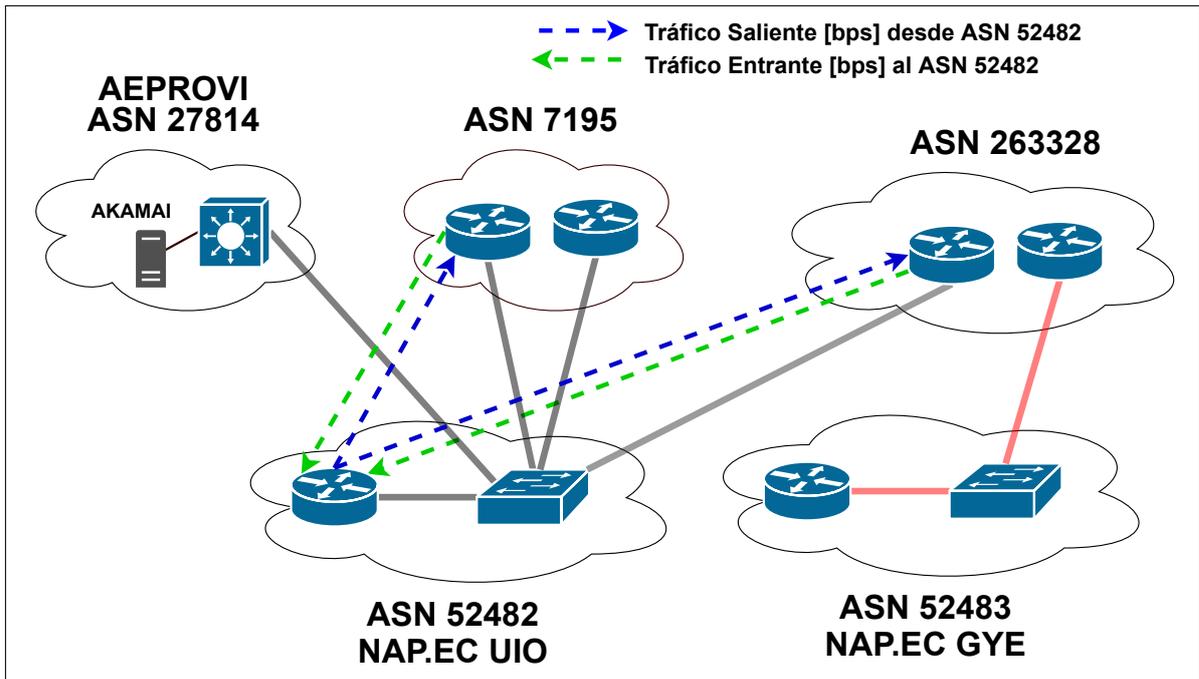


Figura 2.3: Ejemplo tráfico de entrada/salida dentro de la topología NAPE.C.

Se considera a un usuario de la ciudad de Quito que está conectado a un ISP de ASN 263328 y desea acceder a la plataforma de streaming llamada Twitch³ para ver a su creador de contenido favorito. Para ello se sigue el procedimiento descrito a continuación:

1. El usuario escribe la dirección web (URL: Uniform Resource Locator) de la página oficial y realiza la búsqueda en su navegador web.
2. El navegador web genera una solicitud HTTP (HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto) y es enviada desde la capa de aplicación (Acorde al Modelo OSI) al servidor destino que es el ISP.
3. En la capa aplicación, la solicitud HTTP se forma y se envía a la capa de transporte, donde se empaqueta en segmentos y se envía a través de la red a través de TCP o UDP. Después, los segmentos se encapsulan en paquetes IP en la capa de red y luego se encapsulan en tramas en la capa de enlace de datos para su transmisión a través de la red física, y finalmente llega al router de la red del ISP (ASN 263328).
4. La consulta es procesada por el ISP. Dentro del ISP se encuentran varios servidores

³**Twitch:** Es una plataforma de Streaming de vídeo, para que las personas compartan su contenido de juegos, creatividad o programas de entrevistas con una audiencia en vivo [37].

que almacenan y envían los flujos de datos del tráfico de Internet (por ejemplo servidor NAP y un servidor DNS) respecto a la consulta realizada por el usuario.

5. Dado que el dominio no se encuentra dentro de la tabla de enrutamiento del router correspondiente al ISP (ASN 263328), este enruta la consulta a través del router del NAP.UIO de ASN 52482. El NAP.UIO busca en su tabla de enrutamiento cuál es el ASN que tiene acceso a la dirección IP de la página web y enruta la consulta del ISP.
6. En particular, el ASN 7195 a través de un CDN tiene acceso al recurso entonces este enruta la solicitud primero al NAP.UIO y después el NAP.UIO genera tráfico saliente enrutando la solicitud al ISP, y finalmente llega el contenido al usuario final.

Toda la información presentada previamente en esta sección permite una mejor comprensión de la fase de extracción de información respecto al tráfico de Internet en Ecuador a través de los ASs conectados directamente al NAPE.C. La información proviene de las tablas de enrutamiento de BGP dentro de la topología del NAPE.C, permitiendo conocer la cantidad prefijos IPv4 e IPv6 como también la distribución de ASs asignados y utilizados.

A continuación, se explica cómo se realiza la fase de procesamiento de información generada por las tablas de enrutamiento de BGP.

2.2.2 Procesamiento de información por parte del NAP.EC

Para la fase de procesamiento de información de tráfico de Internet en Ecuador se utilizan dos scripts desarrollados en el lenguaje de programación de Python⁴. Estos scripts permiten la obtención y procesamiento de la información acerca de los ASs y prefijos IPv4 e IPv6. En esta fase de procesamiento se empareja la información de las tablas de enrutamiento de los routers correspondientes a los ASs del NAPE.C junto con la información proporcionada por la herramienta de enrutamiento BGP de Hurricane Electric (HE)⁵, en colaboración con LACNIC [40].

Las secciones 2.2.2.1 y 2.2.2.2 presentan cómo se procesa la información sobre ASs en

⁴**Python:** Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y generalmente utilizado para desarrollar aplicaciones de software, scripts y herramientas de automatización. Su sintaxis simple y legibilidad facilitan el aprendizaje para los principiantes, mientras que su capacidad para manejar datos y su amplia gama de módulos y bibliotecas lo hacen popular entre los desarrolladores y científicos de datos [38].

⁵**Hurricane Electric (HE):** Es una red troncal (backbone) global en Internet. HE controla varias redes de backbone con direccionamiento IPv4 e IPv6 en diferentes continentes del mundo incluido América del Sur. Además, se encuentra conectado a más de 250 IXPs intercambiando tráfico con más de 9200 redes diferentes. HE opera en dos centros de datos ubicados en California, EEUU [39].

Ecuador y cómo se obtienen los prefijos IPv4/IPv6, respectivamente.

2.2.2.1 Obtención información sistemas autónomos en Ecuador

Nota: Dado que este script contiene información confidencial de credenciales y derechos de autor, se explica de manera descriptiva cada función. En algunas excepciones se coloca porciones de código que no contengan información que infrinja los derechos de autor.

Para la fase de procesamiento de la información acerca de los ASs en Ecuador, el NAP.EC utiliza un script en Python para obtener información de ASs. La Figura 2.4 muestra el diagrama de flujo del script implementado. Este script trabaja con funciones que recopilan información de BGP de las tablas de enrutamiento de los tres routers de correspondiente a los tres ASs del Ecuador que son: NAP.EC QUITO, NAP.EC GUAYAQUIL y AEPROVI, de los cuales se procesa la información, y de salida se obtienen diferentes archivos de texto con la información de los ASs en Ecuador. Posteriormente, los datos recolectados son enviados para ser analizados por el analista datos.

El procesamiento de esta información permite identificar patrones y tendencias en el crecimiento del tráfico de Internet en Ecuador. El análisis de esta información también proporciona información valiosa para la optimización de la red, identificación de cuellos de botella y la resolución de problemas en la red de Internet, lo cual es esencial para la planificación y mejora de la infraestructura de Internet en el país.

Además, el uso de Python para el procesamiento de esta información es una elección adecuada porque es un lenguaje de programación potente, fácil de aprender y popular en el procesamiento de datos y el análisis de datos. Además, el script implementado es escalable⁶ manejando grandes volúmenes de datos, siendo adecuado para procesar información de los ASs en Ecuador, en general información acerca de las tablas de enrutamiento de BGP.

⁶Un script es escalable cuando es capaz de manejar grandes volúmenes de datos y aumentar su capacidad de procesamiento de forma eficiente y sin afectar su desempeño [41].

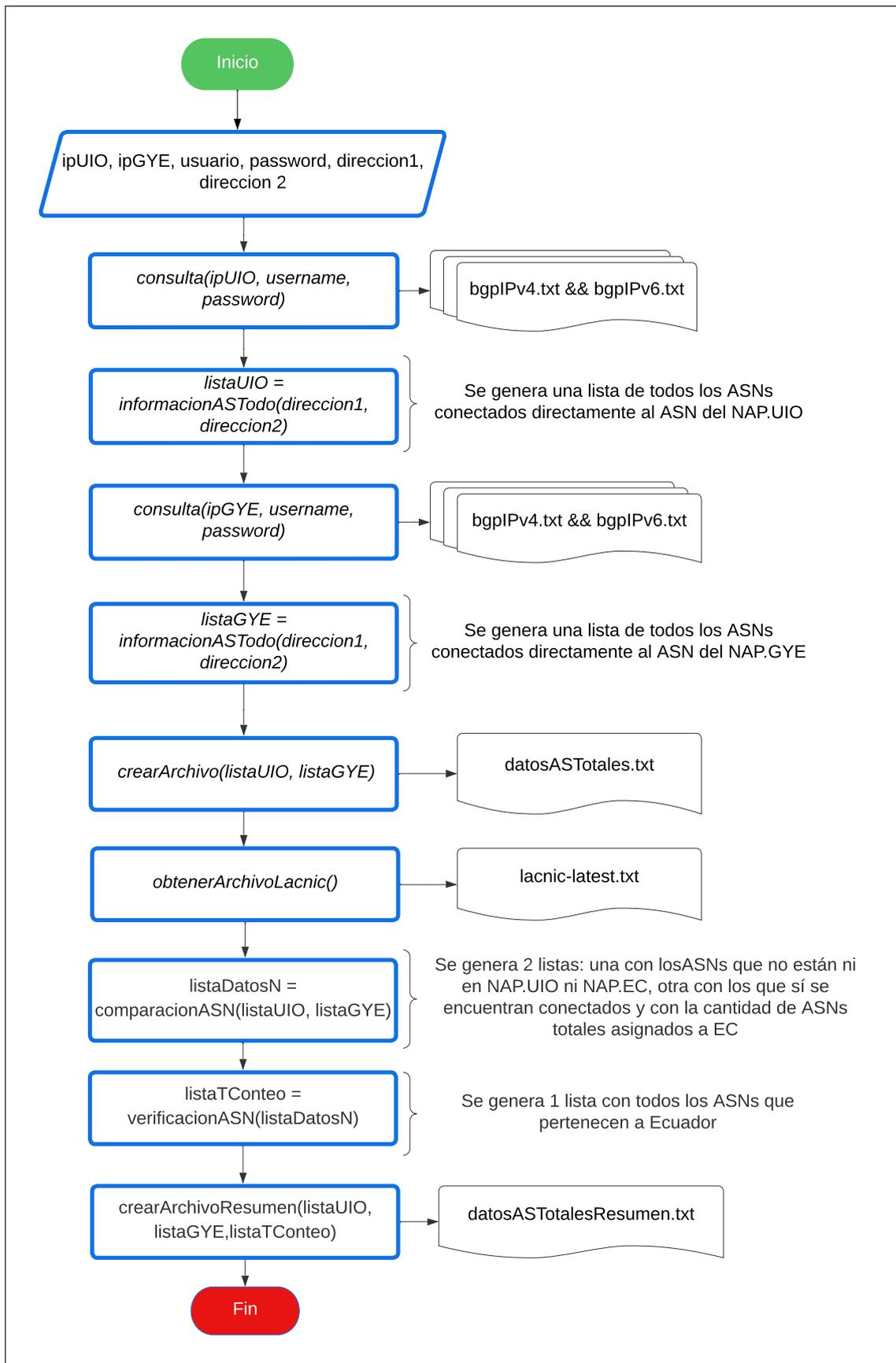


Figura 2.4: Diagrama de flujo del script para la obtención información de ASs en EC.

A continuación, se describen todos los procesos relevantes del script para obtener información de ASs en el país.

1. **Importación de librerías:** Para ejecutar el script, se debe importar las siguientes librerías:

- ❑ "os": Permite interactuar con el sistema operativo para obtener el directorio de trabajo actual, cambiar el directorio, crear y eliminar directorios, entre otras funcionalidades.
- ❑ "selenium.webdriver": Proporciona una forma de interactuar con los navegadores web utilizando Python. Se importa la clase *Keys* del módulo denominado como "selenium.webdriver.common.keys" para simular eventos del teclado, como presionar la tecla Intro, teclas de navegación o teclas de función (F1, F2, F3, entre otros).

Además, se declaran varias variables que contienen información acerca de direcciones IP de los gateways y nombre de usuario/clave, para la autenticación con los routers de Quito/Guayaquil.

2. **Obtención tablas de enrutamiento BGP:** La función *consulta* permite obtener las tablas de enrutamiento de BGP de los prefijos IPv4 e IPv6 en los routers del NAP.EC, conectados tanto en Quito y Guayaquil. Para ello, se ejecutan dos líneas de código utilizando la función *os.system()*. La primera línea ejecuta el comando *sshpass*, proporcionando la dirección IP del router (*ip*), el nombre de usuario (*username*) y la contraseña (*password*) como argumentos de entrada para la función. Esta línea ejecuta el comando *show ip bgp*, cuya salida se redirige a un archivo de texto denominado *bgpIPv4.txt*. Similarmente, la segunda línea de código ejecuta el comando *show bgp ipv6 unicast*, cuya salida se redirige a un archivo de texto denominado *bgpIPv6.txt*. Así, se recupera la información BGP de los routers del NAP.EC de una forma segura mediante el uso del protocolo SSH⁷. La Figura 2.5 y la Figura 2.6 presentan las salidas de los archivos de texto *bgpIPv4.txt* y *bgpIPv6.txt*, respectivamente.

⁷**SSH:** Secure Shell es un protocolo que se utiliza para iniciar sesión de forma segura en sistemas remotos y transferir archivos de forma segura. Proporciona una forma segura de acceder y administrar de forma remota los dispositivos de red, como routers, switches o dispositivos finales (hosts) [42].

```

bgpIPv4 - Notepad
File Edit Format View Help
BGP table version is 5273914, local router ID is 10.10.20.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, m multipath, b backup-path, f RT-Filter,
               x best-external, a additional-path, c RIB-compressed,
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
RPKI validation codes: V valid, I invalid, N Not found

      Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
N*>  23.47.68.0/22     200.110.120.4      0      50      0 26613 28006 14420 ?
V*>  45.4.88.0/24      200.110.120.9      0      100     0 23487 27919 264668 i
V*>  45.4.89.0/24      200.110.120.9      0      100     0 23487 27919 264668 i

```

Figura 2.5: Formato archivo *bgpIPv4.txt*.

```

bgpIPv6 - Notepad
File Edit Format View Help
BGP table version is 653491, local router ID is 10.10.20.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, m multipath, b backup-path, f RT-Filter,
               x best-external, a additional-path, c RIB-compressed,
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
RPKI validation codes: V valid, I invalid, N Not found

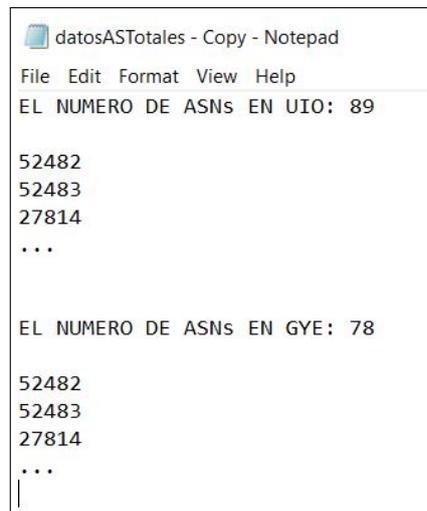
      Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
V*>  2001:13B0:C000::/48
           2001:13C7:6F80::3549:1
                               0      100     0 3549 i
V*>  2001:13C7:6F00::/45
           2001:13C7:6F80::2:7814:1
                               0      100     0 27814 i

```

Figura 2.6: Formato archivo *bgpIPv6.txt*.

- Obtención de los ASs conectados a Quito/Guayaquil:** La función *def informacionASTodo(direccion1, direccion2)* permite obtener una lista de todos los ASs que se encuentran conectados directamente a los NAPs de Quito (NAP.UIO), Guayaquil (NAP.GYE) y AEPROVI (NAP AEPROVI). Esta subrutina toma dos argumentos de entrada, las rutas de archivo (paths) para los archivos de información de BGP IPv4 e IPv6 generados anteriormente con la función *consulta(ip, username, password)*. La función inicializa una lista con los tres ASs del Ecuador y luego abre el archivo de información de BGP IPv4 y lee línea por línea verificando si cada línea contiene algún carácter específico. Si lo hace, divide la línea en una lista de números de los ASs de las tablas de enrutamiento BGP con direccionamiento IPv4 e IPv6 y verifica si cada AS que se recorre aún no está en la lista. Si es así, lo añade a la lista. La función repite el mismo proceso para el segundo archivo y devuelve la lista de ASs que trabajan con direccionamiento IPv4 e IPv6 tanto para los ASs de Quito y Guayaquil.

4. **Creación listado ASs en Ecuador:** La función `def crearArchivo(listaUIO, listaGYE)` es utilizada para crear un archivo llamado `datosASTotales.txt` que contiene la cantidad de elementos de la lista de los ASs ubicados en Quito y Guayaquil. La función toma dos argumentos de entrada, la primera lista `listaUIO` contiene los ASs ubicados en Quito y la segunda lista `listaGYE` contiene los ASs ubicados en Guayaquil. La función escribe en el archivo: los nombres de cada AS, el ASN, seguido de la cantidad de elementos en la segunda lista. La Figura 2.7 presentan la salida del archivo de texto `datosASTotales.txt`.



```
datosASTotales - Copy - Notepad
File Edit Format View Help
EL NUMERO DE ASNs EN UIO: 89

52482
52483
27814
...

EL NUMERO DE ASNs EN GYE: 78

52482
52483
27814
...
```

Figura 2.7: Formato archivo `datosASTotales.txt`.

5. **Obtención archivo LACNIC:** La función `def obtenerArchivoLACNIC()` descarga el archivo `'delegado-lacnic-latest'` que incluye información sobre los ASs asignados por LACNIC y lo filtra para incluir solo los ASs asignados a Ecuador. El Código 2.3 presenta la función para obtener el archivo de descarga de los servidores de LACNIC.

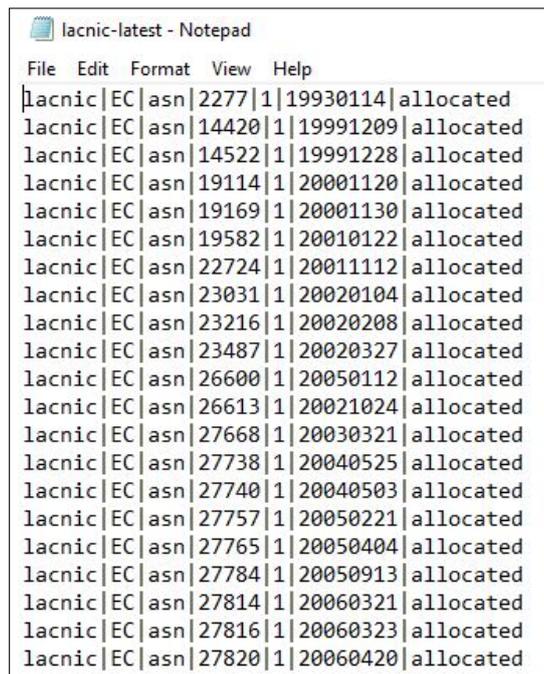
Código 2.3: Función para obtener la información del LACNIC.

```
1 def obtenerArchivoLacnic() :
2     os.system("wget ftp://ftp.lacnic.net/pub/stats/lacnic/delegated-
3         lacnic-latest")
4     os.system("grep '|EC|' delegated-lacnic-latest | grep 'asn' >
5         lacnic-latest")
6     os.system("rm delegated-lacnic-latest")
```

Esta función descarga y filtra un archivo del servidor FTP de LACNIC que contiene información sobre los ASs asignados por LACNIC. El servicio FTP de LACNIC proporciona conjunto de datos (del inglés, datasets) sobre asignaciones de direcciones

IP y AS para todo público. Estos datasets incluyen información como los bloques de direcciones IP y los AS asignados a organizaciones, así como los AS delegados⁸.

Finalmente, esta función procesa la información del archivo el *'delegado-lacnic-latest'* con tres comandos: el primero utiliza el comando *wget* para descargar del servidor ftp de LACNIC. El segundo usa el comando *grep* para buscar las líneas que contienen la cadena */EC/* y *asn* en el archivo descargado y los guarda en un nuevo archivo llamado *'lacnic-latest'*. La Figura 2.8 presenta la salida del archivo de texto *lacnic-latest.txt*.



```
lacnic-latest - Notepad
File Edit Format View Help
lacnic|EC|asn|2277|1|199301114|allocated
lacnic|EC|asn|14420|1|19991209|allocated
lacnic|EC|asn|14522|1|19991228|allocated
lacnic|EC|asn|19114|1|20001120|allocated
lacnic|EC|asn|19169|1|20001130|allocated
lacnic|EC|asn|19582|1|20010122|allocated
lacnic|EC|asn|22724|1|20011112|allocated
lacnic|EC|asn|23031|1|20020104|allocated
lacnic|EC|asn|23216|1|20020208|allocated
lacnic|EC|asn|23487|1|20020327|allocated
lacnic|EC|asn|26600|1|20050112|allocated
lacnic|EC|asn|26613|1|20021024|allocated
lacnic|EC|asn|27668|1|20030321|allocated
lacnic|EC|asn|27738|1|20040525|allocated
lacnic|EC|asn|27740|1|20040503|allocated
lacnic|EC|asn|27757|1|20050221|allocated
lacnic|EC|asn|27765|1|20050404|allocated
lacnic|EC|asn|27784|1|20050913|allocated
lacnic|EC|asn|27814|1|20060321|allocated
lacnic|EC|asn|27816|1|20060323|allocated
lacnic|EC|asn|27820|1|20060420|allocated
```

Figura 2.8: Formato archivo *lacnic-latest.txt*.

6. **Comparación archivo LACNIC contra Listado ASs:** La función *def comparacionASN(listaUIO, listaGYE)* compara los ASs en las listas de Quito/Guayaquil con los ASs del archivo *'lacnic-latest'*, que contiene información sobre los ASs asignados por LACNIC. Para obtener el ASN del archivo de LACNIC, se realiza un preprocesamiento de los datos, donde se leen las líneas y se separan por el carácter '|'

La función verifica si el AS se encuentra en la *listaUIO* o en la *listaGYE*. Si el AS no está en la *listaUIO*, se añade a la lista *listaDatosUIO*, y si no está en la *listaGYE*, se

⁸ **ASs Delegados:** Las organizaciones también delegan algunos o todos sus AS a otras organizaciones, como sus clientes u otras redes a las que se conectan. Esto permite que la organización que posee el bloque de AS administre el enrutamiento de las redes de sus clientes o socios, en lugar de que cada uno obtenga su propio ASN. La delegación de ASN también permite una mejor gestión y control de la tabla de enrutamiento y permite un uso más eficiente de los recursos, como las direcciones IP [43].

añade a la lista *listaDatosGYE*. Luego, se crea un archivo nuevo llamado *datosASN-LACNIC.txt* y se escriben la cantidad de ASs que se encuentran y no se encuentran en NAP.EC-UIO/NAP.EC-GYE. También se realiza un seguimiento de la cantidad total de ASs asignados y los ASs asignados a Ecuador pero no en NAP.EC-UIO o NAP.EC-GYE. La Figura 2.9 presenta la salida del archivo de texto *datosASN-LACNIC.txt*.

```
*datosASN-LACNIC - Notepad
File Edit Format View Help
ASNs del Ecuador que no están en NAP EC UIO: 29

lacnic|EC|asn|2277|1|19930114|allocated
lacnic|EC|asn|23031|1|20020104|allocated

ASNs del Ecuador que no están en NAP EC GYE: 33

lacnic|EC|asn|2277|1|19930114|allocated
lacnic|EC|asn|23031|1|20020104|allocated
```

Figura 2.9: Formato archivo *datosASN-LACNIC.txt*.

7. **Verificación ASs Ecuador:** A través de la función *def verificacionASN(listaASND)* que toma como argumento de entrada el array de tres listas *listaDatosN* generado por la función *comparacionASN(listaUIO, listaGYE)*. Para cada lista se llama a la función *revisiónWeb(asn)* y verifica cada ASN para determinar si el ASN está en uso o no. El script finalmente, imprime la sumatoria de ASs en uso y no en uso, la cantidad total de ASs y devuelve una lista que contiene todos los ASs en uso y no en uso.

8. **Generación Archivo Final ASs Ecuador:** La función *crearArchivoResumen* genera un archivo llamado *datosASTotalesResumen.txt*. La primera parte presenta la unión de todos los archivos de texto generados anteriormente. Además, incluye los ASs asignados a Ecuador que no están en NAP.EC ni en Internet, y la cantidad de ASs asignados a Ecuador que no están en NAP.EC pero sí en Internet. Luego se escribe la cantidad de ASs asignados a Ecuador que no están en NAP.EC ni en Internet, y se listan todos los elementos de la lista de ASs correspondiente. Finalmente, se escribe la cantidad de ASs asignados a Ecuador que no están en NAP.EC pero sí en Internet. La Figura 2.10 presenta la salida del archivo *datosASTotalesResumen.txt*.

```
*datosASTotalesResumen - Notepad
File Edit Format View Help
1. RESUMEN DE CANTIDADES:

ASNs EN NAP.EC-UIO: 89
ASNs EN NAP.EC-GYE: 78
ASNs ASIGNADOS A: 107
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, NI EN EL INTERNET: 22
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, PERO SI EN EL INTERNET: 11

2. DETALLE:

EL NUMERO DE ASNs EN UIO: 89

52482
52483
27814
...

EL NUMERO DE ASNs EN GYE: 78

52482
52483
27814
...

CANTIDAD DE ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, NI EN EL INTERNET: 22

lacnic|EC|asn|2277|1|19930114|allocated
lacnic|EC|asn|23031|1|20020104|allocated

CANTIDAD DE ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, PERO SI EN ELINTERNET: 11

lacnic|EC|asn|27868|1|20061027|allocated
lacnic|EC|asn|27948|1|20071226|allocated
|
```

Figura 2.10: Formato archivo *datosASTotalesResumen.txt*.

La sección presenta la fase de procesamiento de información acerca de prefijos IPv4 e IPv6 de todos los ASs conectados en al NAP.EC.

2.2.2.2 Obtención información prefijos IPv4/IPv6

Para esta fase de procesamiento, el NAP.EC utiliza un script en Python para recopilar la información acerca de prefijos IPv4/IPv6 de cada AS conectado directamente en el NAP.EC. La Figura 2.11 muestra el diagrama de flujo del script implementado. Del script se obtienen diferentes archivos de texto con la información de todos los prefijos IPv4/IPv6 utilizados y asignados en Ecuador. Los datos recolectados son posteriormente analizados por el analista de datos.

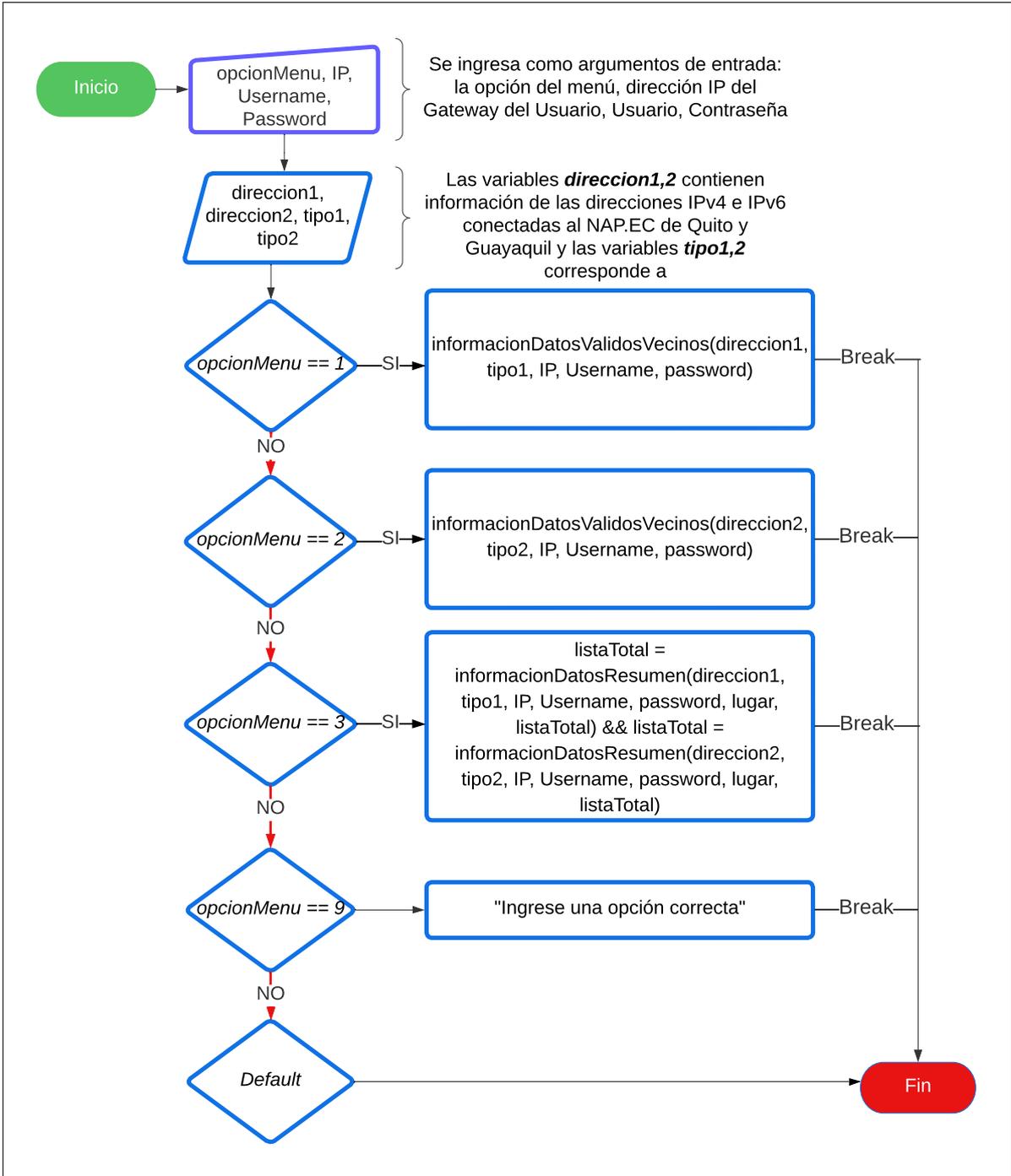


Figura 2.11: Diagrama de flujo del script para la obtención información de prefijos IPv4/IPv6 en EC.

A continuación, se describen todos los procesos relevantes del script en Python para obtención información de prefijos IPv4/IPv6 en el país.

1. **Importación de librerías:** Se importa la biblioteca “getpass” que proporciona una forma segura de manejar contraseñas al ocultar la entrada del usuario de la visualización en la terminal.

2. Se elabora un menú interactivo para el usuario, para obtener información de los vecinos de los routers del NAP de Quito y Guayaquil.

❑ Las opciones 1 y 2 permiten obtener información de los vecinos BGP de los routers del NAP de Quito y Guayaquil. Estas opciones no son explicadas detalladamente dado que se enfocan más al análisis de RPKIs⁹ de BGP.

❖ El código lee los archivos de texto *bgpIPv4.txt* y *bgpIPv6.txt*. que contiene información de vecinos de las tablas de enrutamiento BGP de los prefijos IPv4 e IPv6, y utiliza la biblioteca “os” de Python para ejecutar el comando “sshpass” para conectarse a los routers del NAP usando SSH.

❖ Posteriormente, se envía dos comandos BGP (comandos 2.1 y 2.2) para mostrar las rutas del vecino específico. La salida de este comando se guarda en un archivo llamado “respuesta”. El archivo “respuesta” se abre y se buscan patrones específicos, como ‘V*, Í*’ y ‘Ñ*’. Estos patrones indican la validación, la invalidación y la no disponibilidad, respectivamente, de los prefijos en la tabla de enrutamiento BGP. Los contadores correspondientes se incrementan para cada ocurrencia de estos patrones.

❖ Finalmente, los resultados se escriben en un archivo llamado *datosVecinos.txt*.

❑ La opción 3 permite obtener un resumen general de la información de los routers en Quito y Guayaquil. El código utiliza una función llamada *informacionDatos-Resumen()* para recopilar la información necesaria y guardarla en un archivo de texto. Esta función nuevamente ingresa los comandos 2.1 y 2.2 a través de SSH en los routers (Quito/Guayaquil) para obtener información de las rutas de BGP. Las salidas de los comandos se procesan y se cuenta la cantidad de prefijos que son válidos, inválidos y no encontrados, almacenando los resultados en una lista. Se llama a la función *GenerarResumenGeneral()* para generar un archivo de resumen a partir de una lista de datos, que incluye información de los routers de Quito y Guayaquil.

⁹**RPKI (Resource Public Key Infrastructure):** Es un sistema de seguridad que se utiliza en el Protocolo de puerta de enlace de borde (BGP) para validar la autenticidad y autoridad de las rutas de enrutamiento en Internet. El RPKI se basa en certificados digitales que se utilizan para verificar que un anuncio de ruta BGP proviene de una entidad autorizada y que las rutas anunciadas están autorizadas para ser anunciadas. Si un anuncio no es verificado, se considera no confiable y se rechaza o trata de manera diferente [44].

- ✧ **GenerarResumenGeneral(listaTotal):** Esta función tabula los datos por ASN, agrupando la cantidad de prefijos IPv4 e IPv6. Los resultados se escriben en un archivo con formato tabular que incluye las siguientes columnas: N, EMPRESA, ASN, CANT. PREF. IPv4, CANT. PREF. IPv6.

☐ La opción 9 del menú termina con la ejecución del script.

La Figura 2.12 presenta la salida del archivo respecto al resumen general de prefijos IPv4 e IPv6 totales de cada AS conectado directamente al NAP.EC.

N°	EMPRESA	ASN	CANT. PREF. IPv4	CANT. PREF. IPv6
1	AEPROVI	27814	19	12
2	Carlos Salas	263174	6	1
3	Centurylink	3549	238	46
4	CloudFlare	13335	179	21
5	CEDIA	61468	0	0
6	CNT	26613	713	145
7	Conecel	23487	964	5
8	Eliana Morocho	263238	19	2
9	Grupo Bravco	19582	18	0
10	Hernán Domínguez	52458	5	6
11	NIC.EC	52274	2	1
12	New Access	27740	24	1
13	Otecel	19114	158	2
14	Puntonet	22724	281	40
15	Root server F	27916	1	1
16	Root server L	20144	2	3
17	Setel	14522	253	0
18	Telconet	19169	524	224
19	Ufinet	61462	0	0
20	Verizon	15133	19	17

Figura 2.12: Formato archivo resumen general de prefijos IPv4/IPv6.

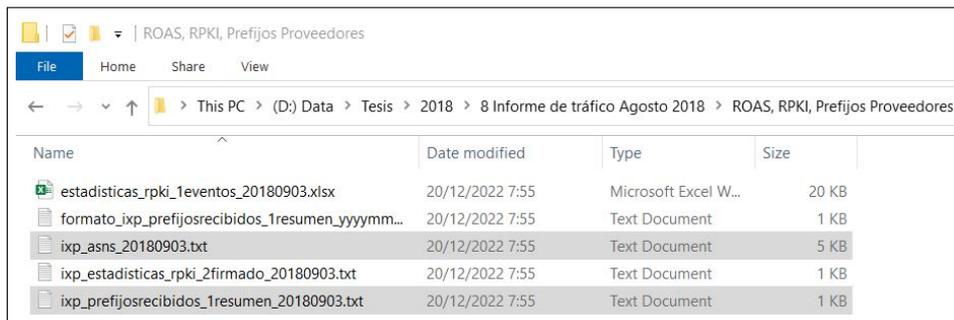
Así termina la fase de procesamiento de información respecto al tráfico de Internet en Ecuador por parte del equipo de investigación del NAP.EC. Los datos son transformados a partir de las tablas de enrutamiento de BGP dentro de la topología del NAP.EC, permitiendo conocer la cantidad de prefijos IPv4 e IPv6, así como la distribución de ASs asignados y utilizados.

Para extraer y tabular (procesar) todos estos datos proporcionados por AEPROVI, el analista de datos sigue un proceso específico explicado a continuación.

2.3 ANÁLISIS INFORMACIÓN ANALISTA DE DATOS

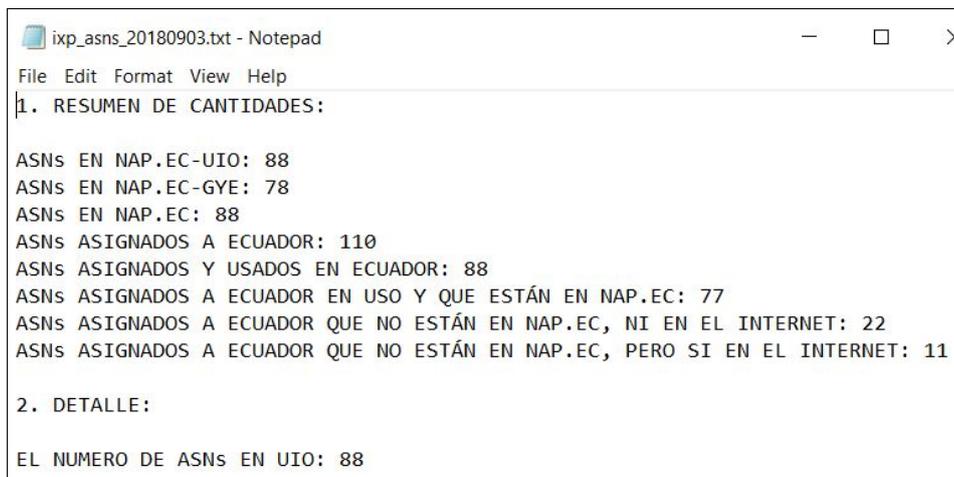
2.3.1 Extracción de información

Para iniciar la fase de extracción de información, se presenta la Figura 2.13 y Figura 2.14, archivos de texto generados en las fases previas de extracción y procesamiento de datos por parte del NAP.EC.



Name	Date modified	Type	Size
estadisticas_rпки_1eventos_20180903.xlsx	20/12/2022 7:55	Microsoft Excel W...	20 KB
formato_ixp_prefijosrecibidos_1resumen_yyyymm...	20/12/2022 7:55	Text Document	1 KB
ixp_asns_20180903.txt	20/12/2022 7:55	Text Document	5 KB
ixp_estadisticas_rпки_2firmado_20180903.txt	20/12/2022 7:55	Text Document	1 KB
ixp_prefijosrecibidos_1resumen_20180903.txt	20/12/2022 7:55	Text Document	1 KB

Figura 2.13: Información de tráfico de Internet en Ecuador de ASs.



```
ixp_asns_20180903.txt - Notepad
File Edit Format View Help
1. RESUMEN DE CANTIDADES:

ASNs EN NAP.EC-UIO: 88
ASNs EN NAP.EC-GYE: 78
ASNs EN NAP.EC: 88
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR: 110
ASNs ASIGNADOS Y USADOS EN ECUADOR: 88
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR EN USO Y QUE ESTÁN EN NAP.EC: 77
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, NI EN EL INTERNET: 22
ASNs ASIGNADOS A ECUADOR QUE NO ESTÁN EN NAP.EC, PERO SI EN EL INTERNET: 11

2. DETALLE:

EL NUMERO DE ASNs EN UIO: 88
```

Figura 2.14: Resumen de cantidades de ASNs en Ecuador.

La necesidad de utilizar un script para la extracción de información surge cuando hay una gran cantidad de archivos de texto que deben ser procesados de manera repetitiva, lo cual es tedioso y consume mucho tiempo si se realiza manualmente. Un script VBA permite automatizar este proceso, permitiendo no solo ahorrar tiempo, sino que también reduce los errores humanos y aumenta la precisión del resultado. Además, una vez que se ha generado el script, es posible reutilizarlo a futuro, convirtiéndolo en una solución eficaz y rentable para agilizar los trámites que requieren procesamiento de archivos de texto.

2.3.1.1 Extracción de información prefijos IPv4/IPv6

Para extraer eficientemente la información de prefijos IPv4/IPv6, se realiza una macro con Visual Basic¹⁰, para tabular la información en una tabla de Excel. El Código 2.4 simula la extracción de la información.

Este script tiene como objetivo contar la cantidad de prefijos IPv4/IPv6 a partir de un archivo de texto. Este proceso se realiza para todos los meses comprendidos en el período de observación. A continuación, se describe el funcionamiento del script.

1. Crear una instancia de la aplicación Excel.
2. El usuario selecciona el archivo de texto correspondiente al resumen de prefijos IPv4/IPv6 acorde al mes del período a analizar.
3. Almacenar la columna de ASs y la columna de prefijos IPv4/IPv6 en arrays del archivo de texto seleccionado.
4. Comparar los ASs del archivo de texto con los ASs en la hoja de Excel y escribir la cantidad de prefijos IPv4/IPv6 correspondientes en la hoja de cálculo solamente si existe coincidencia.
5. Si no hay coincidencia de ASN, crear un nuevo registro y escribir la cantidad de prefijos IPv4/IPv6 correspondientes.
6. Repetir pasos 1 al 5, hasta terminar el proceso de extracción de información de todos los meses del período.

Código 2.4: Extracción de información de prefijos IPv4/IPv6.

```
1 ' Búsqueda de cantidad de prefijos IPv4/IPv6 – Elaborado por: David Ponce Ortiz
2 Public Sub PrefijosIPv6 ()
3     Set AppExcel = CreateObject ("Excel.Application")
4     Dim fd          As Office.FileDialog
5     Dim archivoTXT As String
6     InicioPrograma :
```

¹⁰**Macro en Excel:** es un conjunto de comandos e instrucciones escritas en el lenguaje de programación Visual Basic para Aplicaciones (VBA) que automatiza tareas en Excel. Uno de los principales usos de desarrollar macros en Excel es para automatizar tareas repetitivas, como realizar cálculos estadísticos, generar informes, gráficas y análisis de métricas, entre otras funcionalidades [45].

Código 2.5: Continuación código extracción de información de prefijos IPv4/IPv6.

```
1 i = 0
2 ij = 0
3 ValorHito = "Abro archivo TXT"
4 ChDir "D:\Tesis"
5 Set fd = Application.FileDialog(msoFileDialogFilePicker)
6 With fd
7     .Filters.Clear
8     .Filters.Add "Text document (*.txt*)", "*.txt*", 1
9     .Title = "Escoge el archivo TXT resumen"
10    .AllowMultiSelect = FALSE
11    .InitialFileName = "*resumen*.*" "D:\Tesis"
12    result = .Show 'Almaceno el booleano .Show
13    If (result <> 0) Then
14        archivoTXT = Trim(.SelectedItem(1))
15    Else
16        GoTo FinPrograma
17    End If
18 End With
19 |
20 '2)Obtengo la columna de ASN y la columna de Prefijos IPv4 y almaceno en
    ARRAYS
21 'Declaro Arrays y Dicionario
22 ReDim ASN(20)
23 ReDim CantidadIPv4(20)
24 ReDim dataTXT(6)
25 Set dictASs = CreateObject("Scripting.Dictionary")
26 dictASs.RemoveAll
27 numeroColumna = 0
28 Set objFSO = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
29 Set objFile = objFSO.OpenTextFile(archivoTXT)
30
31 ValorHito = "Almacenamiento ASN e IPv6"
32 'Almaceno la columna de ASN y Cantidad en el array
33 Do Until objFile.AtEndOfStream
34     dataArchivo = objFile.ReadLine
35     If dataArchivo = "# RESUMEN:" Then GoTo SaltoHeaders
36     If InStr(dataArchivo, "EMPRESA") <> 0 Then GoTo SaltoHeaders
```

Código 2.6: Continuación código extracción de información de prefijos IPv4/IPv6.

```
1      If Len(dataArchivo) > 0 Then
2          'Obtengo el último registro
3          prueba = Split(dataArchivo, vbTab)
4
5          'Almaceno solo los valores en un Array de 4
6          ij = 0
7          For iteradorPrueba = 0 To 12
8              On Error Resume Next
9              If prueba(iteradorPrueba) <> "" Then
10                 dataTXT(ij) = prueba(iteradorPrueba)
11                 ij = ij + 1
12             End If
13         Next
14         ASN(i) = dataTXT(1)           'ASN
15         CantidadIPv4(i) = dataTXT(4)     'IPv6
16         dictASs.Add CStr(ASN(i)), CInt(CantidadIPv4(i))           'Agrego
17                 diccionario
18         ij = 0           'Reseteo variable
19         'Limpio 2 arrays
20         Erase dataTXT()
21         ReDim dataTXT(6)
22         i = i + 1           'Aumento el iterador
23     End If
24     SaltoHeaders:
25     Loop
26     objFile.Close
27     'dictASs.Items() (IPv4)
28     'dictASs.Keys() (ASN)
29     'Limpio objetos
30     Set objFSO = Nothing
31     Set objFile = Nothing
32     i = 0
33     ValorHito = "Asignacion ASN"
34     AsignacionASN:
35     '3) Hago Match con la data de la hoja Excel
36     '-- Me ubico en la última columna
37     Set Thiswb = ThisWorkbook
38     Set DataWorkSheet = Thiswb.Sheets("Prefijos_IPv6")           'Seteo la hoja
39     fila = 5           'Iterador de programas
40     DataWorkSheet.Activate
```

Código 2.7: Continuación código extracción de información de prefijos IPv4/IPv6.

```
1 Range("C" & fila).Select      'Me ubico en el primer ASN
2 'Ubico la última columna
3 iteradorMeses = Sheets("Prefijos_IPv6").Cells(5, Columns.Count).End(xlToLeft)
4   .Column      'Iterador de columnas (itera los Meses)
5 celdaIPv4 = Cells(fila, iteradorMeses).Value      'marco la celda del valor
6   IPv4
7 nombreASN = UCase(CStr(DataWorkSheet.Range("C" & fila)))
8 'Recorro todo el diccionario y escribo el que hace match
9 'key --> ASN
10 'dict(key) --> Cantidad IPv4
11 Dim key      As Variant
12 For Each key In dictASs.Keys
13     MatchASN:
14     ValorHito = "Match ASN"
15
16     MatchASN = AppExcel.WorksheetFunction.Match(UCase(key), DataWorkSheet.
17         Range("C5:C1000"), 0)
18     celdaASN = MatchASN + 1
19     'Escribo el valor en el excel
20     Cells(celdaASN + 3, iteradorMeses + 1).Value = dictASs(key)
21     GoTo SiguienteASN
22
23     NuevoASN:
24     ValorHito = "Crear nuevo ASN"
25     'Ingreso el nuevo ASN
26     ultimoRegistro = Sheets("Prefijos_IPv6").Cells(Rows.Count, 3).End(xlUp).
27         Row
28     ultimoRegistro = ultimoRegistro + 1
29     DataWorkSheet.Range("C" & ultimoRegistro).Value = UCase(key)
30     'Ingreso el valor que no dio Match
31     GoTo MatchASN      'verifico nuevamente la información
32
33     SiguienteASN:
34     ValorHito = "Siguiente ASN"
35     On Error GoTo -1      'Desactivo Errores con Resume Next
36 Next key
37 'Marco con 0 las columnas que no salieron
38 ultimoRegistro = Sheets("Prefijos_IPv6").Cells(Rows.Count, 3).End(xlUp).Row
39 For it = 5 To ultimoRegistro
40     If Cells(it, iteradorMeses + 1).Value = Empty Then
```

Código 2.8: Continuación código extracción de información de prefijos IPv4/IPv6.

```
1      Cells(it , iteradorMeses + 1).Value = 0
2      End If
3      Next
4      GoTo InicioPrograma
5      FinPrograma:
6      End Sub
```

A partir de este código, se organiza la información en un archivo de Excel llamado *ProcesamientoData.xlsm* que contiene toda la información respecto a los prefijos IPv4/IPv6 desde diciembre del 2017 hasta noviembre del 2022. La Tabla 2.3 presenta el procesamiento de los últimos tres meses del período (septiembre, octubre, noviembre del 2022) y los nueve primeros ASs de la lista.

Tabla 2.3: Datos procesados acerca prefijos IPv4, basado en [46].

ASN	N°	Septiembre_2022	Octubre_2022	Noviembre_2022
27814	1	16	16	16
263174	2	6	6	6
13335	3	2605	2650	2750
61468	4	86	86	86
26613	5	705	684	681
23487	6	451	452	453
263238	7	0	0	0
19582	8	0	0	0
52458	9	0	0	0

Similarmente, se realiza el proceso de extracción de información acerca de velocidad efectiva de transmisión (throughput) de ASs.

2.3.1.2 Extracción información acerca throughput de ASs

Se realiza una macro con Visual Basic para tabular eficientemente la información respecto a la velocidad efectiva de transmisión (throughput) de ASs, presentada en un archivo de Excel. Este archivo contiene toda la información respecto a: ASs, throughput (promedio) entrante/saliente correspondiente a los dos routers de Quito y Guayaquil del NAP.EC, todo en hojas de cálculo separadas para cada router. El script se adjunta como en el Anexo 5 debido a la gran extensión que presenta. A continuación, se describe las secciones principales del código.

1. Crear una instancia de la aplicación de Excel, a través de un objeto *FileDialog*¹¹ y seleccionar un archivo Excel .
2. El usuario selecciona el archivo de Excel correspondiente al resumen de throughput acorde al mes del período a analizar.
3. Almacenar la columna de ASs y la columnas de throughput entrante/saliente en arrays de cada hoja de cálculo (correspondientes a los routers de Quito y Guayaquil) del archivo Excel seleccionado.
4. Comparar los ASs del archivo Excel seleccionado con los ASs en la hoja de Excel (Quito/Guayaquil) y escribir el valor correspondiente al throughput entrante/saliente correspondiente en la hoja de cálculo solamente si existe coincidencia.
5. Si no hay coincidencia de ASN, crear un nuevo registro y escribir el valor correspondiente al throughput entrante/saliente.
6. Repetir pasos 1 al 5, hasta terminar el proceso de extracción de información de todos los meses del período.

En función de este código, se organiza la información en un archivo de Excel llamado *ProcesamientoData.xlsm* que contiene toda la información respecto a las capacidad de los enlaces de todos los ASs conectados directamente en el NAP.EC. El período está comprendido desde noviembre del 2017 hasta noviembre del 2022.

La Tabla 2.4 presenta el procesamiento del último mes (noviembre del 2022) y los nueve primeros ASs de la lista respecto a la velocidad de transmisión efectiva de cada AS conectado al NAP de UIO. Los datos tabulados, representan el throughput de cada enlace, medido en [Mbps].

¹¹El objeto **FileDialog** en Excel es una herramienta que permite a los usuarios seleccionar un archivo o carpeta en su sistema de archivos local, utilizando una ventana de diálogo estándar proporcionada por el sistema operativo. Esto es especialmente útil en situaciones en las que se necesita que el usuario seleccione un archivo específico para realizar una tarea en una macro o en un complemento [47].

Tabla 2.4: Datos procesados acerca throughput de ASs conectados en el NAP de UIO, basado en [46].

ASN	N°	Entrante_Noviembre_2022	Saliente_Noviembre_2022
263174	1	27	136
26613	2	4998	19700
23487	3	29900	19600
263238	4	0	0
19582	5	0	0
52458	6	0	0
0	7	0	0
27740	8	136	316
19114	9	20000	6237

Una vez presentada la sección correspondiente a la fase de extracción de información respecto al tráfico de Internet en Ecuador por parte del analista de datos, se presenta las siguientes fases de procesamiento y presentación de la información. Los datos son tabulados dentro de un archivo de Excel, para después procesar la información del archivo y cargar dentro de Power BI¹². La motivación de utilizar Power BI radica en su capacidad para procesar grandes cantidades de datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Al utilizar Power BI, se puede explorar la información de manera visual y descubrir patrones y tendencias que de otra manera pasarían desapercibidos. Además, hoy en día, el dominio de herramientas de visualización de datos como Power BI es esencial para competir en un mercado en el que los datos (transformados en información) son el activo más importante para la mayoría de organizaciones.

2.3.2 Procesamiento y presentación de la información

Para la fase de procesamiento de la información, recopilada por el analista de datos, se utiliza Power Query Editor (PQE) de Power BI. PQE es una característica de Power BI que permite a los usuarios conectarse y extraer datos de varias fuentes. Proporciona una interfaz fácil de usar para operaciones de transformación, limpieza y modelado de datos [49]. Una vez cargada la información se procede con la presentación de las gráficas dentro de un dashboard en Power BI. Esta sección se presenta detalladamente en el Capítulo 3.

¹²**Power BI:** es una herramienta de visualización de datos e inteligencia empresarial desarrollada por Microsoft. Permite a los usuarios conectarse a varias fuentes de datos, transformar y dar forma a los datos y crear visualizaciones, informes y paneles interactivos. Power BI está diseñado para proporcionar información y ayudar a los usuarios a tomar decisiones informadas mediante la presentación de datos en un formato fácil de comprender [48].

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS

Esta sección presenta los resultados obtenidos del procesamiento de la información acerca de los ASs, prefijos IPv4/IPv6 y throughput de cada AS en Ecuador desde diciembre del 2017 hasta noviembre del 2022 (período de observación). A su vez, se realiza un análisis antes, durante y después de pandemia causada por la COVID-19. Toda la información presentada se basa en datos empíricos y estadísticos proporcionados por AEPROVI [46]. En el Anexo 5.2 se encuentran disponibles todas las gráficas generadas en PowerBI.

3.1.1 Análisis sistemas autónomos en Ecuador

La Figura 3.1 presenta la evolución del throughput en Ecuador en el período de observación.

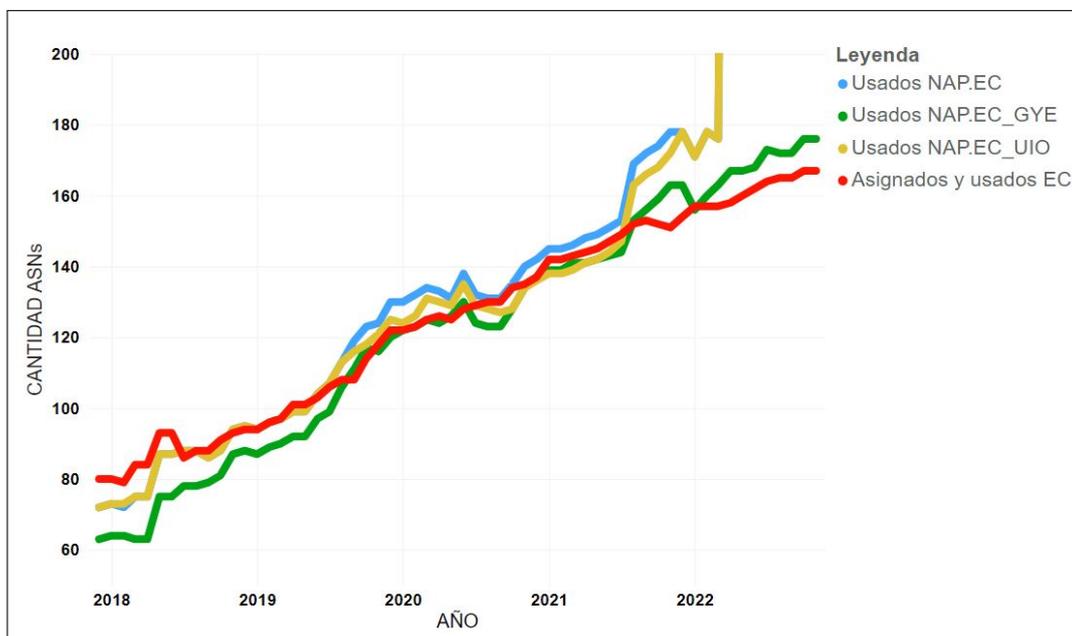


Figura 3.1: Evolución cantidad ASs en Ecuador, basado en [46].

El incremento de ASs dentro del IXP del NAP.EC denota que hay una creciente cantidad de ISPs y ASs que se están interconectando en el IXP. Esta interconexión permite que el tráfico de Internet se distribuya de manera eficiente, sea entregado directamente entre los ISPs en lugar de pasar por una ruta más larga y costosa a través de proveedores de tránsito.

Al existir más ASs conectados en el IXP del NAP.EC, se produce un aumento en el volumen

de tráfico, dado que existen más dispositivos y redes interconectados. Además, la interconexión directa también mejora la QoS para los usuarios finales, a causa de que el tráfico es entregado rápidamente y con menor latencia. A continuación, se presenta la evolución de crecimiento de ASs en Ecuador antes, durante y después de la pandemia causada por la COVID-19.

Análisis antes de la COVID-19: La Figura 3.2 presenta la evolución de la cantidad de ASs en Ecuador antes de pandemia. El período de observación se considera desde diciembre de 2017 hasta febrero 2020.

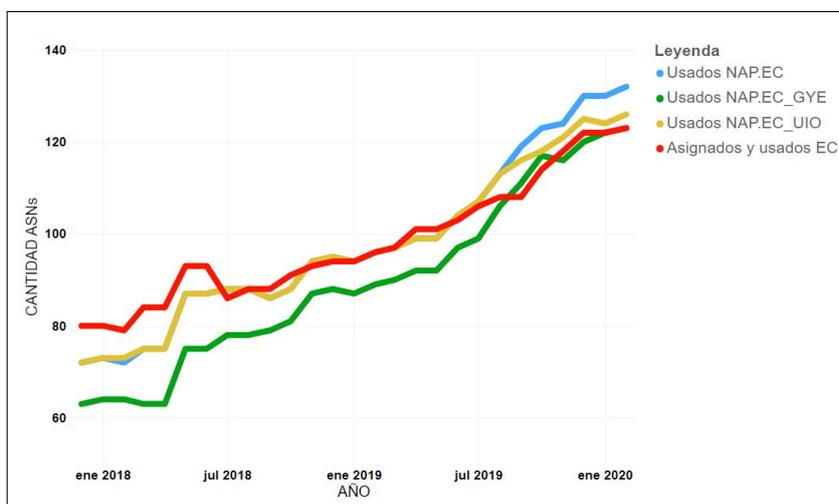


Figura 3.2: Evolución cantidad ASs en Ecuador antes de la COVID-19, basado en [46].

Análisis durante la COVID-19: La Figura 3.3 presenta la evolución de la cantidad de ASs en Ecuador durante pandemia. El período de observación se considera desde marzo del 2020 hasta octubre del 2021.

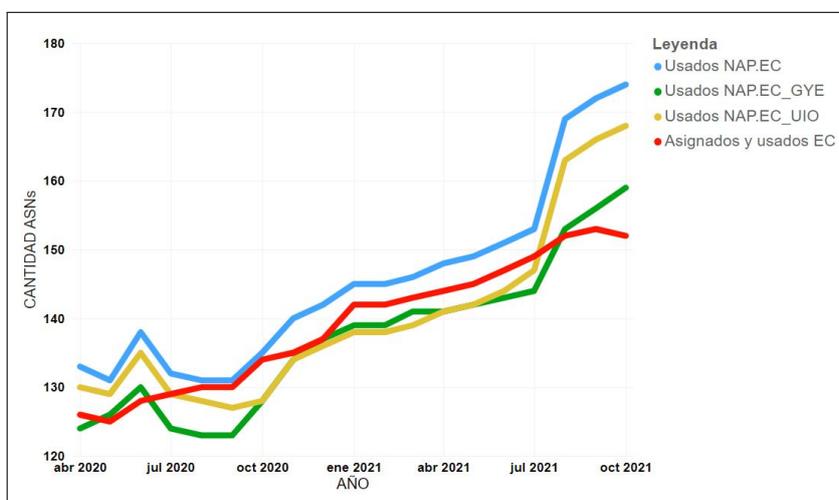


Figura 3.3: Evolución cantidad ASs en Ecuador durante la COVID-19, basado en [46].

Análisis después de la COVID-19: La Figura 3.4 presenta la evolución de la cantidad de ASs en Ecuador después de pandemia. El período de observación se considera desde noviembre del 2021, hasta febrero del 2022.

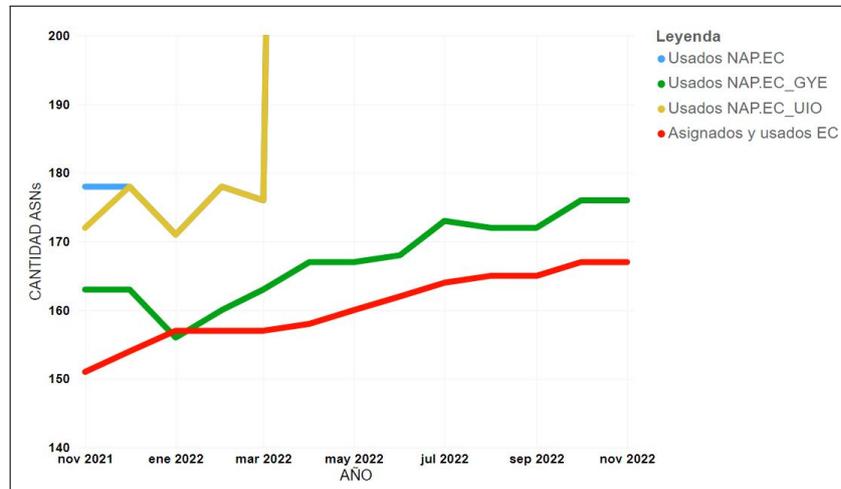


Figura 3.4: Evolución cantidad ASs en Ecuador después de la COVID-19, basado en [46].

La Ecuación 3.1 representa la fórmula de tasa de crecimiento neto¹ que permite conocer cuantitativamente el crecimiento de la cantidad de ASs en Ecuador durante cada período de pandemia

$$\frac{V_f - V_i}{V_f} \times 100\%, \quad (3.1)$$

Dónde:

- V_i : Representa el número de ASs en un período de tiempo inicial.
- V_f : Representa el número de ASs en un período de tiempo final.
- $(V_f - V_i)$: Representa el cambio absoluto en el número de ASs durante el periodo de tiempo que se está considerando.
- $\frac{V_f - V_i}{V_f}$: Es la relación entre el cambio absoluto del número de ASs y el número de ASs al final dentro del periodo de tiempo. Multiplicado por 100, representa la tasa de crecimiento neto de los ASs en Ecuador durante el periodo de tiempo considerado.

La Tabla 3.1 presenta un resumen de la evolución de la cantidad de ASs utilizados. La evolución de ASs asignados y utilizados en el Ecuador durante pandemia aumentó 36.25 %

¹Es una medida que se utiliza para calcular el cambio en una variable en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta tanto el crecimiento como la disminución. Se utiliza comúnmente en finanzas, negocios y economía para medir el crecimiento de una empresa, una industria o una economía en general [50].

y después de pandemia aumentó 42,50 % ambas situaciones comparadas con la situación antes de pandemia en el país.

El aumento del 36.25 % en los ASs asignados y utilizados en el Ecuador durante pandemia se justifica por la necesidad de una infraestructura digital robusta (infraestructura de red sólida y confiable) para satisfacer las necesidades de un gran número de personas que trabajan y estudian desde casa por consecuencia de las medidas de prevención presentadas por el COE Nacional. En particular, las plataformas de videoconferencia y colaboración en línea como Microsoft Teams y Zoom, tuvieron un impacto significativo en el tráfico de Internet durante pandemia. Como resultado, muchos ISPs invirtieron en la expansión de su infraestructura y en la mejora de QoS para satisfacer la creciente demanda.

Tabla 3.1: Tasa crecimiento neto cantidad ASs en Ecuador, basado en [46].

CARACTERÍSTICA	PANDEMIA CORONAVIRUS COVID-19			
	ANTES	DURANTE	DESPUÉS	EVENTO PUNTUAL
NAP.EC QUITO	75,000 %	133,333 %	144,444 %	829,167 %
NAP.EC GUAYAQUIL	95,238 %	152,381 %	158,730 %	179,365 %
NAP ECUADOR	83,333 %	141,667 %	144,444 %	829,167 %
UTILIZADOS ECUADOR	53,750 %	90,000 %	96,250 %	108,750 %

Además, la presencia de más ASs en el IXP del NAP.EC también es un indicador de la madurez del mercado de Internet en Ecuador, a causa de que existen más ISPs y ASs activos en el país. Durante pandemia el crecimiento de ASs en el NAP.EC fue del 58,33 % comparado con la situación del país antes de pandemia.

Dentro del período de observación, la Tabla 3.1 presenta un **evento puntual** que es el incremento del 754,17 % en la cantidad de ASs utilizados en el NAP.EC de Quito, comparada con la situación del país antes de pandemia. Esto se debió en gran parte a la presencia de la CDN de Cloudflare en Ecuador. Al habilitar más CDNs a través del canal de peering en el NAP.EC, Cloudflare permitió una distribución más eficiente del contenido a través de la red. Esto llevó a un aumento en la cantidad de ASs utilizados en el IXP por parte de todos los ASs conectados directamente en el NAP.EC. La CDN de Cloudflare ofrece una amplia gama de servicios, incluyendo el enrutamiento inteligente de tráfico, la optimización de contenido, la protección contra ataques DDoS y la entrega de contenido estático y dinámico a través de su red de servidores distribuidos en todo el mundo. La creciente demanda de estos servicios por parte de los ISPs y otros actores en el mercado de las telecomunicaciones es otro factor importante que contribuyó al aumento de ASs utilizados en el NAP.EC [51].

3.1.2 Análisis prefijos IPv4/IPv6 en Ecuador

La Figura 3.5 presenta la evolución de la cantidad de prefijos IPv4 e IPv6 en Ecuador. Se tuvo en total 31 ASs, conectados directamente en el NAPE.C durante el período de observación desde diciembre 2017 hasta noviembre 2022.

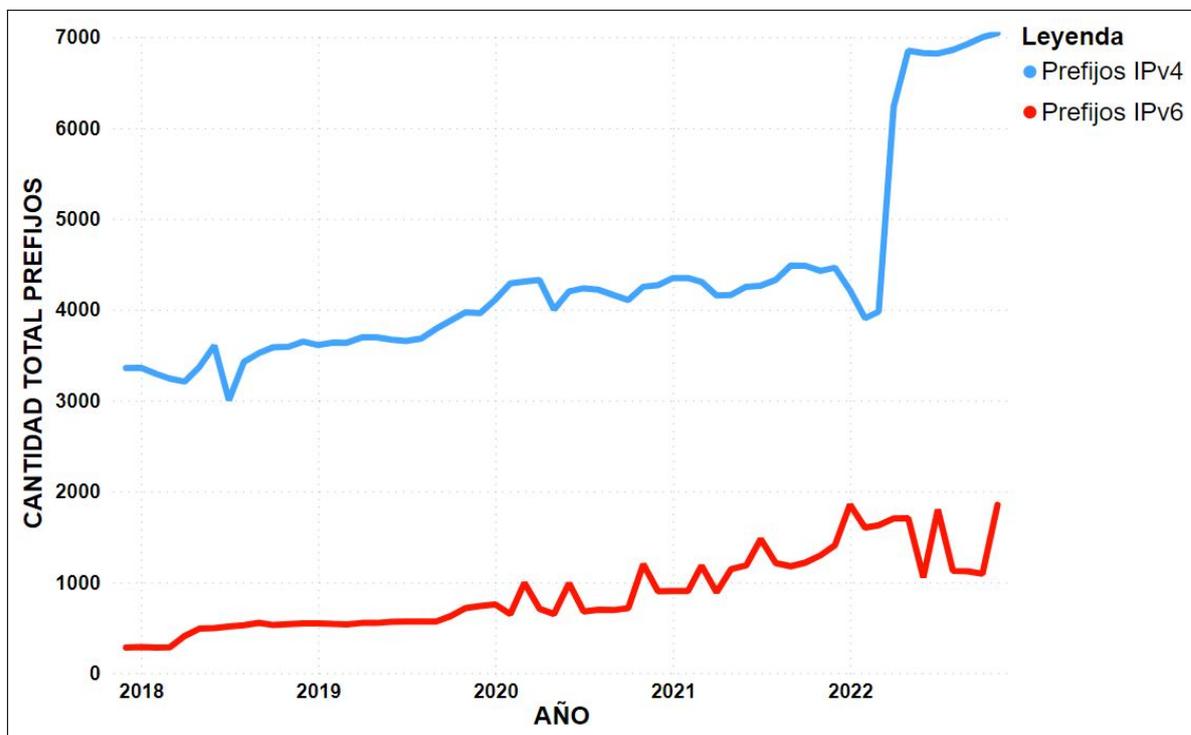


Figura 3.5: Evolución cantidad prefijos IPv4/IPv6 en Ecuador, basado en [46].

Se observa una tendencia de crecimiento en la cantidad de prefijos IPv4 e IPv6. Este crecimiento se debe a medida que se agregan más redes y se conectan más dispositivos a Internet, a causa de que cada dispositivo utiliza/requiere una dirección IP única para conectarse a Internet. Esto incrementa la cantidad de prefijos necesarios para identificar a cada uno de ellos. Este aumento de dispositivos conectados a Internet se origina por la creciente demanda de servicios en línea, como teletrabajo, educación virtual, interacción social entre otros. Esto a su vez genera un aumento en el tráfico de datos que circula a través de la red.

La creciente demanda de servicios en línea no solo aumenta la cantidad de dispositivos conectados a Internet, sino que también genera la creación de nuevas aplicaciones y servicios que requieren la creación de nuevas redes y la asignación de nuevas direcciones IP. Todo esto, a su vez, aumenta la cantidad de prefijos necesarios para identificar y enrutar el tráfico generado por estos dispositivos y servicios.

El crecimiento de la economía digital en Ecuador es un ejemplo de cómo la creciente demanda de servicios en línea genera la creación de nuevas aplicaciones y servicios. Este crecimiento genera un aumento en el número de empresas y organizaciones que utilizan Internet para ofrecer servicios y productos, lo cual demanda la creación de nuevas redes y la asignación de nuevas direcciones IP. Por consiguiente la cantidad de prefijos necesarios para identificar y enrutar el tráfico generado por estos dispositivos y servicios aumenta [52].

La Tabla 3.2 presenta la tasa crecimiento neto de la distribución actual de las direcciones IPv4 e IPv6 asignadas y utilizadas en Ecuador.

Tabla 3.2: Tasa crecimiento neto cantidad prefijos IPv4/IPv6 en Ecuador, basado en [46].

CARACTERÍSTICA	PANDEMIA CORONAVIRUS COVID-19		
	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
PREFIJOS IPv4	28,041 %	53,424 %	75,927 %
PREFIJOS IPv6	49,686 %	119,318 %	187,996 %

Durante pandemia, la cantidad de prefijos IPv4 utilizados y asignados aumentaron 25,38 % y después de pandemia aumentaron 47,89 % ambas situaciones comparadas con la situación antes de pandemia.

Uno de los factores del crecimiento de prefijos IPv4, es la mayor demanda de direcciones IP en Ecuador debido al aumento del número de dispositivos conectados a Internet y al mayor uso de servicios en línea. A medida que más dispositivos requieren acceso a Internet, se necesita una mayor cantidad de direcciones IP. Esto impulsa el crecimiento de prefijos IPv4.

Los prefijos IPv6 durante pandemia aumentaron 69,63 % y después de pandemia aumentaron 138,31 % ambas situaciones comparadas con la situación antes de pandemia.

El crecimiento de prefijos IPv6 es el resultado de concientización sobre la importancia de esta tecnología, la cual permite aumentar el número de direcciones IP disponibles. Los ISPs y las empresas deben adoptar IPv6 como una solución a largo plazo para resolver la escasez de direcciones IPv4.

3.1.2.1 Evolución en pandemia de prefijos IPv4/IPv6

En cada etapa de pandemia se realiza un análisis desde el punto de vista de tres ISPs con ASs: 26613, 19169 y 23487 y un CDN: 13335 (Cloudfare) conectados al IXP del NAP.EC. Los cuatro ASs seleccionados representan una muestra representativa de los ISPs y CDNs en Ecuador. Estos cuatro ASs (es decir el 12,90 % de participantes dentro del NAP.EC)

generaron aproximadamente el 62,37% del tráfico total de Internet en Ecuador (son datos empíricos y estadísticos provenientes del NAP.EC). La inclusión del CDN es debido a que tiene una función importante en el almacenamiento y distribución de contenido web en todo el mundo.

La Figura 3.6 y la Tabla 3.3 presentan la tasa crecimiento neto de los cuatro ASs representativos respecto a la distribución de prefijos IPv4 antes, durante y después de pandemia.

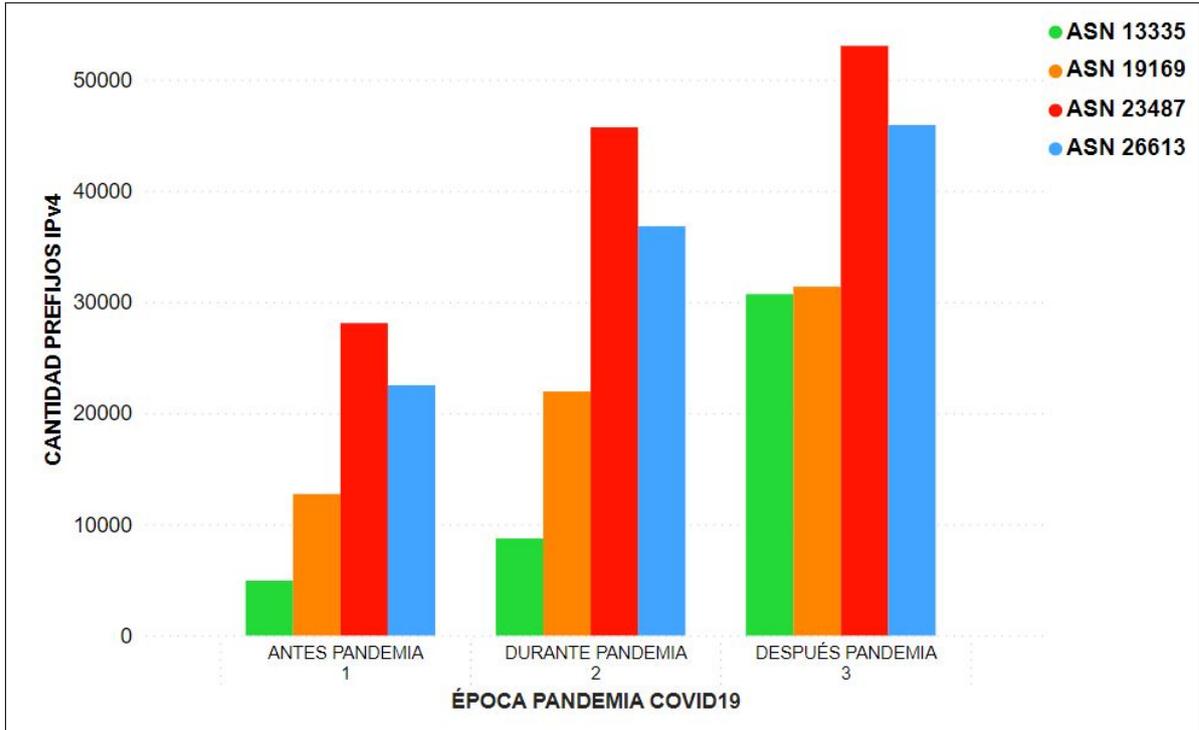


Figura 3.6: Evolución cantidad prefijos IPv4 de ASs más representativos, basado en [46].

Tabla 3.3: Tasa crecimiento neto cantidad prefijos IPv4 de ASs más representativos, basado en [46].

ASN	PANDEMIA CORONAVIRUS COVID-19		
	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
13335	15,76 %	125,45 %	1792,12 %
19169	43,24 %	145,59 %	450,59 %
23487	3,05 %	72,76 %	115,90 %
26613	14,33 %	111,91 %	208,51 %

La Figura 3.7 y la Tabla 3.4 presentan la tasa de crecimiento neto de los cuatro ASs representativos respecto a la distribución de prefijos IPv6 antes, durante y después de pandemia.

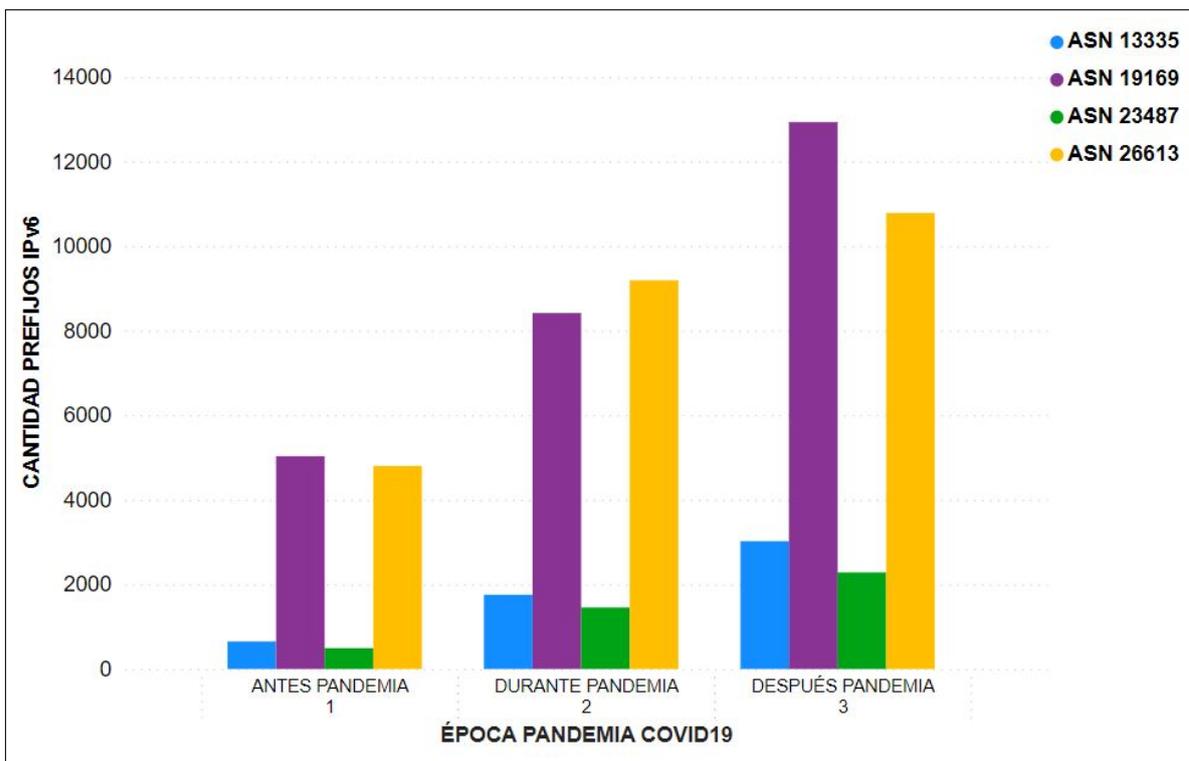


Figura 3.7: Evolución cantidad prefijos IPv6 de ASs más representativos, basado en [46].

Tabla 3.4: Tasa crecimiento neto cantidad prefijos IPv6 de ASs más representativos, basado en [46].

ASN	PANDEMIA CORONAVIRUS COVID-19		
	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
13335	57,78 %	105,56 %	232,22 %
19169	9,23 %	73,85 %	166,15 %
23487	50,83 %	102,50 %	155,83 %
26613	6,12 %	19,69 %	33,26 %

El ASN 19169 tiene un incremento del 102.35 % en la cantidad de prefijos IPv4 y un incremento del 64.62 % en la cantidad de prefijos IPv6 utilizados y asignados durante pandemia en comparación con la situación anterior. En general, se observa un aumento de al menos el 70 % en cada AS. Esto se debe a que pandemia ha dejado en evidencia la creciente dependencia de las redes digitales para la continuidad de los negocios, el empleo, la educación, la atención médica y otros servicios esenciales. Como resultado, los ISPs se han visto obligados a aumentar las capacidades de usuarios dentro de sus redes para poder manejar picos de tráfico inesperados, así como para escalar sus sistemas fácilmente en caso de ataques o eventos de alta demanda.

3.1.3 Análisis throughput sistemas autónomos en Ecuador

Las Figuras 3.8 y 3.9 presentan el promedio del throughput de los ASs del NAP.EC correspondiente a las ciudades de Quito y Guayaquil, basados en la información generada por los 31 ASs, conectados directamente en el NAP.EC durante el período de observación desde diciembre 2017 hasta noviembre 2022.

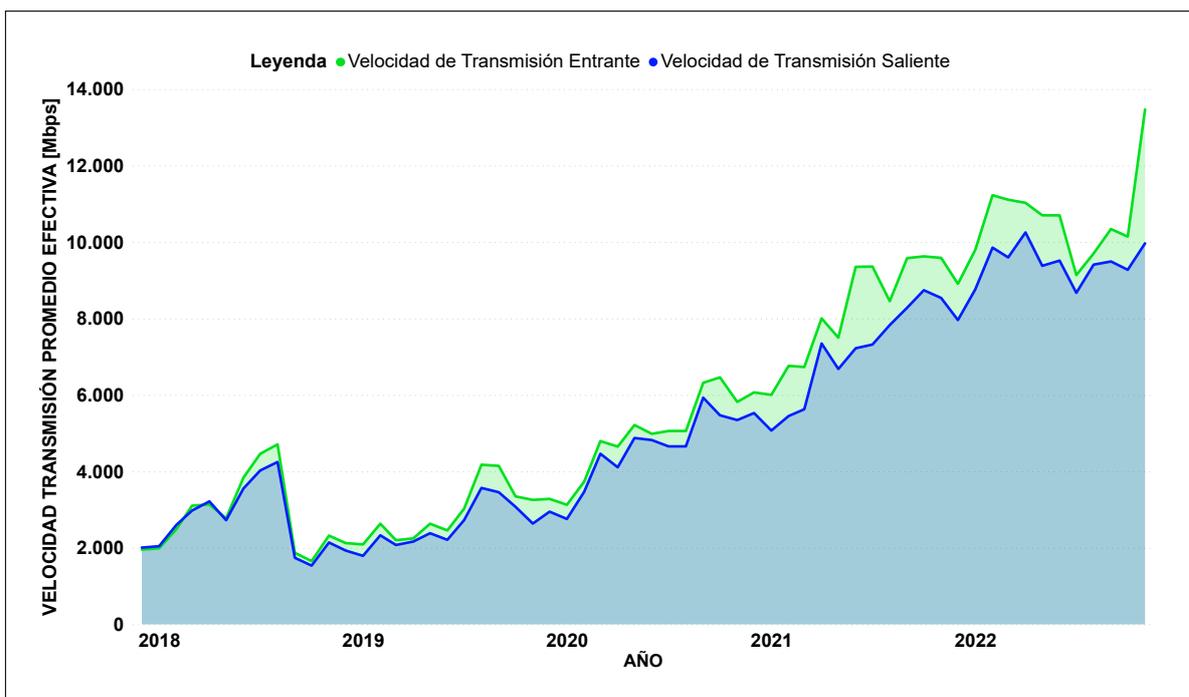


Figura 3.8: Evolución throughput del NAP.UIO, basado en [46].

Para el router ubicado en el NAP de Quito se observa un crecimiento del 212 % aproximadamente del throughput (entrante y saliente) dentro de cada interfaz serial del router durante todo el período de observación. Esto a causa de que en los últimos años, ha existido una mayor adopción de tecnologías en línea, como servicios de streaming de video y música, aplicaciones de mensajería instantánea, redes sociales, entre otros. Estos servicios en línea generaron gran porcentaje de crecimiento de tráfico de Internet y contribuyeron al aumento de entrada y salida de datos en las interfaces seriales del router.

De manera análoga, para el router ubicado en el NAP de Guayaquil se observa un crecimiento del 91 % aproximadamente del throughput (entrante y saliente) dentro de cada interfaz serial del router durante todo el período de observación.

Se observa que la cantidad de tasa de transmisión de datos (promedio) del NAP de Guayaquil comparado con la información del NAP de Quito, es menor. Esto se debe a que en el

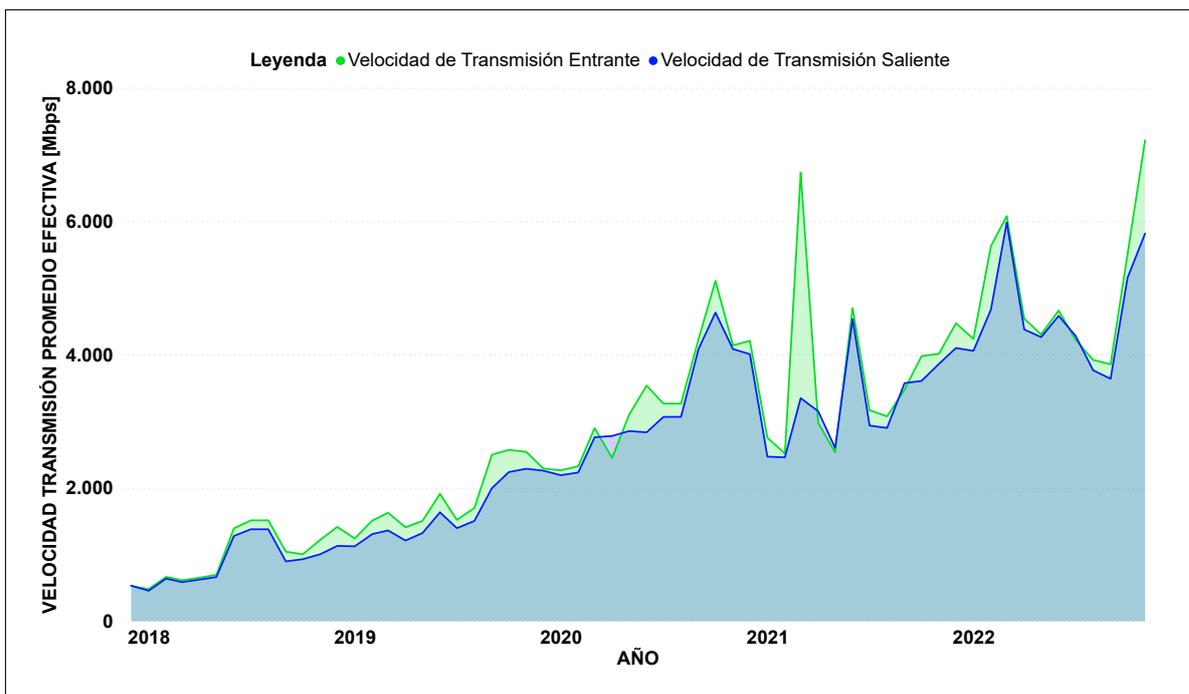


Figura 3.9: Evolución throughput del NAP.GYE, basado en [46].

NAP de Quito se encuentran más ASs conectados directamente acorde a la topología del NAP.EC (véase la Figura 1.8), generando mayor cantidad de tráfico de Internet dentro de cada interfaz serial del router del NAP de Quito.

La Tabla 3.5 presenta el crecimiento de throughput en los dos routers del NAP.EC.

Tabla 3.5: Tasa crecimiento neto throughput routers NAP.EC Quito/Guayaquil, basado en [46].

ROUTER	PANDEMIA CORONAVIRUS COVID-19					
	ANTES		DURANTE		DESPUÉS	
	TRÁFICO ENTRADA	TRÁFICO SALIDA	TRÁFICO ENTRADA	TRÁFICO SALIDA	TRÁFICO ENTRADA	TRÁFICO SALIDA
NAP.EC GYE	34,067 %	31,786 %	109,423 %	99,301 %	246,143 %	208,215 %
NAP.EC UIO	9,109 %	7,282 %	58,364 %	50,834 %	127,278 %	100,493 %

Durante la pandemia, el promedio de throughput de entrada aumentó 75.35 % y 49.25 % en los NAPs de Guayaquil y Quito respectivamente, ambas situaciones comparadas con la situación antes de pandemia. Esta situación se originó debido al aumento de la cantidad de dispositivos conectados como teléfonos móviles, tabletas, laptops y dispositivos IoT (dispositivos conectados a Internet). Esto contribuye al aumento del throughput promedio de entrada y salida de datos en las interfaces del router. Además, durante la pandemia muchas empresas y escuelas se vieron obligadas a adoptar el teletrabajo y la educación telemática para permitir a los empleados y estudiantes trabajar y estudiar desde casa. El aumento de la demanda de ancho de banda generó un desafío para los ISPs, quienes tuvieron que

escalar/cambiar sus capacidades de enlaces para poder proporcionar una mayor tasa de transferencia de datos y mejorar la QoS para el usuario final.

3.1.3.1 Evolución en pandemia throughput de ASs

Al igual que en la Sección 3.1.2.1, en cada etapa de pandemia se realiza un análisis desde el punto de vista de tres ISPs con ASs: 26613, 19169 y 23487 y un CDN: 3549 (Centurylink) conectados al IXP del NAP tanto al NAP de Quito como el NAP de Guayaquil.

Las Figuras 3.10 y 3.11 presentan la tasa de crecimiento neto de los cuatro ASs representativos respecto al throughput de entrada (medido en [Mbps]) durante toda la etapa de pandemia en los dos routers del NAP de Quito y Guayaquil.

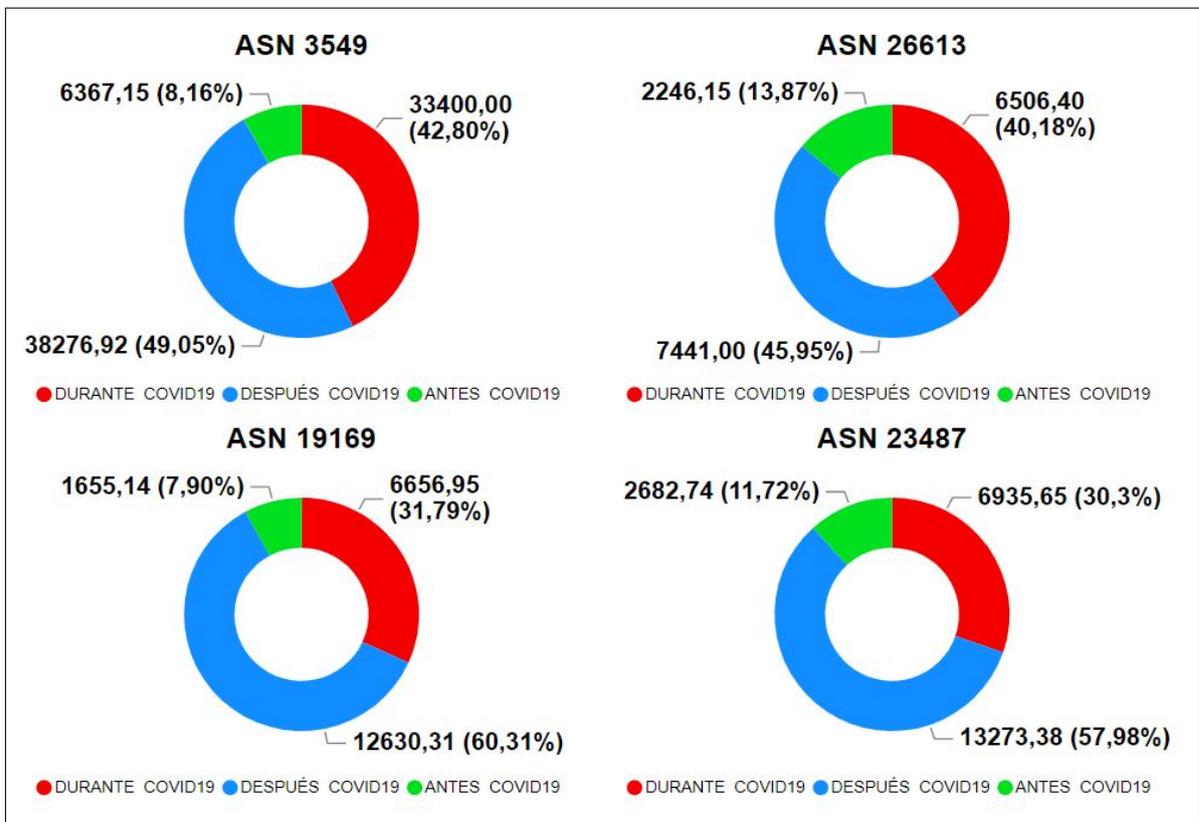


Figura 3.10: Evolución throughput entrada NAP de Quito, basado en [46].

Para el router ubicado en el NAP de Quito durante pandemia, el promedio de throughput de entrada aumentó 424,51 %, 189,69 %,302,40 % y 158.53 % para los ASs: 3549, 26613, 19169 y 23487 respectivamente, todas las mediciones comparadas con la situación antes de pandemia.

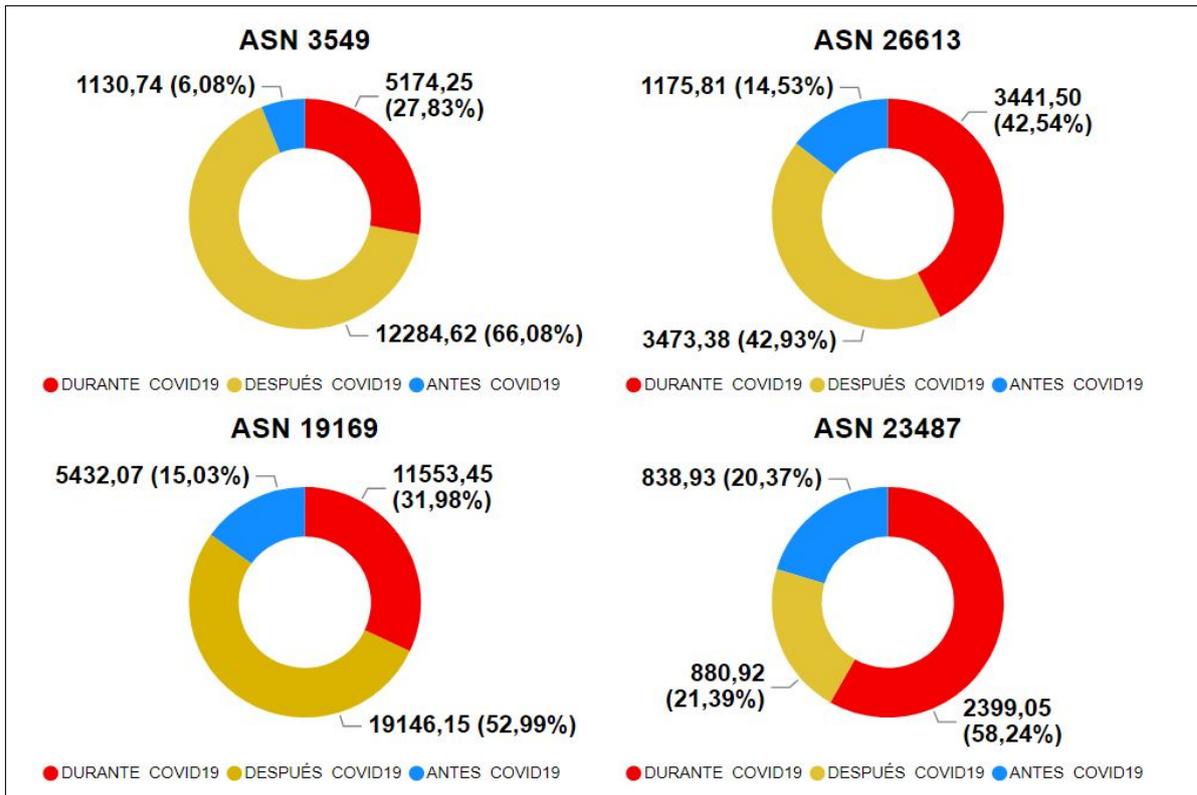


Figura 3.11: Evolución throughput entrada NAP de Guayaquil, basado en [46].

Para el router ubicado en el NAP de Guayaquil, durante pandemia, el promedio de throughput de entrada aumentó 357,59 %, 192,69 %, 112,68 % y 185,96 % para los ASs: 3549, 26613, 19169 y 23487, respectivamente. Todas las mediciones comparadas con la situación antes de pandemia.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran claramente un aumento en el tráfico de Internet durante pandemia COVID-19 en todas las métricas consideradas: cantidad de ASs, cantidad de prefijos IPv4 e IPv6 y velocidad de transmisión efectiva. Este aumento del tráfico se atribuye a diversos factores, como el aumento del teletrabajo y la educación en línea, así como también a la mayor demanda de entretenimiento y servicios en línea debido al confinamiento y las restricciones de movilidad.

Estos resultados son de gran importancia para entender el comportamiento de Internet durante una situación excepcional como pandemia COVID-19 y para planificar futuras estrategias de gestión del tráfico y de la infraestructura de red. Además, estos resultados también pueden impactar para la industria de las Telecomunicaciones y/o ISPs, quienes podrían utilizarlos para mejorar la calidad y capacidad de sus servicios en momentos de alta demanda.

3.2 CONCLUSIONES

- ❑ La medición del crecimiento del tráfico de Internet en Ecuador puede ser abordada desde diferentes perspectivas. En este estudio, se utilizaron datos empíricos (datos que se obtienen mediante la observación/experiencia directa, que se pueden medir y verificar objetivamente) obtenidos a través de las tablas BGP de todos los routers del NAP.EC para analizar el aumento del tráfico de Internet desde la perspectiva de un IXP. Se consideraron factores como el crecimiento en el número de ASs, la distribución de prefijos IPv4/IPv6 utilizados y asignados en Ecuador, y el throughput de cada enlace de los AS conectados al NAP. Este enfoque permitió obtener una visión más precisa y detallada del comportamiento del tráfico en el país, además de facilitar la identificación de patrones y tendencias en el crecimiento del tráfico a nivel local.
- ❑ La pandemia impactó significativamente en la forma en que las personas trabajan y relacionan en todo el mundo. Durante casi un año desde su inicio, la vida cotidiana continuó con relativa normalidad gracias al aumento de la digitalización y el uso de Internet. Durante este tiempo, el Internet desempeñó un papel crítico en el soporte de la educación, el trabajo y el entretenimiento en línea. Esto evidenció la importancia de las comunicaciones y servicios de Internet en la vida moderna. El aumento del 93,16 % tráfico de Internet en Ecuador (desde el punto de vista de crecimiento de prefijos IPv4/IPv6) después de pandemia reflejó la importancia del acceso a la tecnología digital en la sociedad actual. Asimismo, la pandemia ha evidenciado la necesidad imperante de fortalecer la infraestructura de Internet para satisfacer las crecientes demandas de la población. En este sentido, la ingeniería de tráfico se presenta como una herramienta fundamental para mejorar la capacidad y eficiencia de las redes, garantizando así una conectividad estable y de calidad en todo momento.
- ❑ El crecimiento de Internet en Ecuador no planificado durante la época de pandemia presentó desafíos y oportunidades para el desarrollo del país, incluyendo la necesidad de mejorar la conectividad en zonas rurales, la inversión en infraestructura y la capacitación de la población en el uso y aprovechamiento de las TICs.
- ❑ Los ISPs y CDNs contribuyeron al crecimiento del tráfico de Internet en Ecuador mediante la conexión dentro del IXP. Así las CDNs cumplen un rol importante en cuanto a la mejora de QoS y la experiencia del usuario final (FUX). El almacenamiento del contenido en servidores cercanos al usuario final reduce la latencia y la congestión

de la red. Esto mejora la velocidad de carga (transmisión desde un dispositivo a Internet) y reduce el tiempo de espera para acceder a los recursos en línea. Además, la utilización de CDNs también disminuye los costos de transmisión de datos, además beneficia tanto a los usuarios finales como a los ISPs.

- ❑ El Internet se ha convertido en parte de la vida cotidiana de las personas haciendo que el día a día sea más fácil, rápido y sencillo, proporcionando acceso a una gran cantidad de información, contribuyendo al desarrollo personal, social y económico del país. Por tal razón, es importante para cada ISP fortalecer su propia infraestructura de red a través de la inversión de hardware y software de alta calidad, como routers y switches, para mejorar la capacidad y eficiencia de su red, como también el despliegue de nuevas tecnologías como la fibra óptica, para mejorar la velocidad y confiabilidad de la conexión a Internet.

3.3 RECOMENDACIONES

- ❑ Es esencial buscar información acerca del tráfico local en lugar de tráfico global para asegurarse que las definiciones y la forma de medir el tráfico sean relevantes para el contexto en el que se está trabajando. El filtrado y el alcance de la búsqueda de información de las publicaciones/bibliografía acerca de la forma de medir el tráfico en Internet varía según los objetivos de estudio.
- ❑ Es importante reflexionar acerca de la importancia de la educación virtual y el uso de Internet dentro de la formación de los estudiantes. El análisis correcto de Internet junto con el uso de las TICs en Ecuador nos permite identificar áreas donde se necesitan más recursos para mejorar la educación y la alfabetización digital. Esto ayuda a los usuarios a aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece Internet.
- ❑ Se sugiere optar por herramientas de código abierto para la fase de carga y presentación de datos, como Tableau, Apache Superset o Metabase. Esto se debe a que el uso de herramientas con licencias de pago, como Power BI, puede limitar la capacidad de compartir libremente informes y paneles con el público en general. En particular, Siemens Healthineers ha proporcionado acceso a Power BI, lo que ha permitido desarrollar el TIC. Se agradece el compromiso de la empresa con el desarrollo profesional de sus empleados, lo que se refleja en la provisión de herramientas y recursos avanzados.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Joskowicz, “Breve historia de las telecomunicaciones,” *Instituto de Ingeniería Eléctrica de la república de Uruguay*, págs. 43-46, 2013.
- [2] E. Comercio, “El Internet en Ecuador: una breve reseña histórica,” *El Comercio*, sep. de 2021, Consultado el 15 de noviembre de 2022. dirección: <https://www.elcomercio.com/tendencias/internet-ecuador-resea-historica.html>.
- [3] AEPROVI, *Presentación e Historia - AEPROVI*. dirección: <https://aeprovi.org.ec/index.php/es/napec/presentacion> (visitado 19-09-2022).
- [4] R. Líderes, “Crecimiento del tráfico de internet en Ecuador se dispara por Covid-19,” *Revista Líderes*, agosto de 2020, Consultado el 15 de noviembre de 2022. dirección: <https://www.revistalideres.ec/lideres/crecimiento-trafico-internet-ecuador-covid.html>.
- [5] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, *Internet, Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones*. dirección: <https://www.arcotel.gob.ec/internet-boletin-estadistico-del-sector-de-telecomunicaciones/> (visitado 19-09-2022).
- [6] *Coronavirus disease (COVID-19) definition*, Organización Mundial de la Salud, Recuperado el 17 de febrero de 2023, de <https://www.who.int/health-topics/coronavirus/who-recommendations-to-reduce-risk-of-transmission-of-emerging-pathogens-from-animals-to-humans-in-live-animal-markets>, 2020.
- [7] S. Ogonaga y S. Chiriboga, “COVID19 EN ECUADOR: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PROVINCIAS Y CIUDADES MÁS AFECTADAS.” 2020.
- [8] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, *Cuentas y usuarios del servicio de acceso a Internet, 2022*. dirección: <https://www.arcotel.gob.ec/internet-boletin-estadistico-del-sector-de-telecomunicaciones/> (visitado 19-09-2022).
- [9] Z. Feng, “Tecnologías de Acceso a Internet,” *CAICT: Beijing, China*, 2017.
- [10] M. González, “Introducción a las Telecomunicaciones: Tecnologías de Acceso a Internet,” *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*, 2017.
- [11] N. Brownlee, C. Loosley et al., “1 Fundamentals of Internet Measurement: A Tutorial _,” 2001.

- [12] Mariela Rocha, *Border Gateway Protocol*. dirección: <https://www.lacnic.net/innovaportal/file/3139/1/bgp-rosario-lacnic30.pdf> (visitado 30-04-2018).
- [13] H. I. Proaño Ayabaca, "Sistemas autónomos para proveedores de servicio de Internet," B.S. thesis, QUITO/EPN/2001, 2001.
- [14] C. M. Arkko J. y L. Vegoda, "IPv4 Address Blocks Reserved for Documentation," RFC Editor, RFC 5737, ene. de 2010, págs. 1-56. dirección: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5737.html>.
- [15] G. Huston, *Autonomous System (AS) Number Reservation for Documentation Use*, Internet Requests for Comments, RFC, 2010. dirección: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5737.html>.
- [16] J. Rexford, Z. Wang y X. Xiao, "The borders of the border gateway protocol," en *Proceedings of the 1996 ACM SIGCOMM Conference*, ACM, 1996, págs. 231-242.
- [17] E. W. Eddy, *Transmission Control Protocol (TCP)*, Internet Requests for Comments, RFC, ago. de 2022. dirección: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9293>.
- [18] Y. Rekhter y T. Li, *A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)*, Internet Engineering Task Force (IETF), 2006. dirección: <https://tools.ietf.org/html/rfc4271> (visitado 20-02-2023).
- [19] M. Foster, "The Differences Between Transit and Transport Providers," *Global Telecoms Business*, vol. 12, n.º 5, págs. 32-33, 2012. dirección: <https://www.globaltelecomsbusiness.com/article/b1f5tg63v4zvnw/the-differences-between-transit-and-transport-providers>.
- [20] J. Padilla, *Análisis del comportamiento del tráfico en Internet durante la pandemia del Covid-19: el caso de Colombia*, 2020.
- [21] Beatričė Raščiūtė, *What Is Internet Exchange Point? A Beginner's Guide to IXP*. dirección: <https://www.ipxo.com/blog/internet-exchange-point-duplicate/> (visitado 19-09-2022).
- [22] G. Peng, "CDN: Content distribution network," *arXiv preprint cs/0411069*, 2004.
- [23] N. Brownlee y C. Loosley, "Fundamentals of internet measurement: A tutorial," *CMG Journal of Computer Resource Management*, vol. 102, págs. 203-217, 2001.
- [24] IETF, *About the IETF*, <https://www.ietf.org/about/>, [Accedido el 24 de febrero de 2023], 2021.

- [25] LACNINC, *About LACNIC*. dirección: <https://www.lacnic.net/1004/2/lacnic/about-lacnic> (visitado 19-09-2022).
- [26] AEPROVI, *Quiénes somos - AEPROVI*. dirección: <https://aeprovi.org.ec/index.php/es/quienes-somos> (visitado 19-09-2022).
- [27] D. Clark, V. Ramakrishnan y R. K. Sitaraman, "Peering and Internet Exchange Point Design," *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, n.º 10, págs. 120-127, 2001. DOI: 10.1109/35.956753.
- [28] AEPROVI, *Topología*. dirección: <https://aeprovi.org.ec/index.php/es/napec/topologia> (visitado 19-09-2022).
- [29] Ulises Séptimo, *¿Qué es una topología lógica?* Dirección: <https://sites.google.com/site/redesensodistribuidos/tipos-de-topologias/topologias-logicas/queesunatopologialogica> (visitado 21-05-2015).
- [30] AEPROVI, *Políticas sobre el enrutamiento*. dirección: <https://aeprovi.org.ec/index.php/es/napec/politicas-enrutamiento> (visitado 19-09-2022).
- [31] AEPROVI, *Políticas sobre el intercambio de tráfico (peering policies)*. dirección: <https://aeprovi.org.ec/index.php/es/napec/politicas-peering> (visitado 19-09-2022).
- [32] Object Management Group, Inc, *Charter: Current BPMN Specification*. dirección: <https://www.bpmn.org/> (visitado 21-05-2015).
- [33] D. Robinson, "The ETL Process: A Comprehensive Guide," *Talend*, 2021, Accedido el 18 de febrero de 2023.
- [34] I. Cisco Systems, "Cisco IOS IP Routing: BGP Command Reference," 2022. dirección: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/iproute_bgp/command/reference/irg_book/irg_bgp5.html.
- [35] I. Cisco Systems, "¿Qué es la distancia administrativa?," 3 de abril de 2020. dirección: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/15986-admin-distance.html.
- [36] *Fast ethernet vs gigabit ethernet*, ago. de 2022. dirección: <https://www.cdw.com/content/cdw/en/articles/networking/fast-ethernet-vs-gigabit-ethernet.html>.
- [37] C. Winters, "What Is Twitch and How Does It Work?" *Lifewire*, 2022, Accedido el 18 de febrero de 2023.

- [38] G. van Rossum y F. L. Drake, *The Python Language Reference Manual*, 2nd. Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2011, ISBN: 978-1466296343. dirección: <https://www.python.org/doc/>.
- [39] HURRICANE ELECTRIC INTERNET SERVICES, *About Hurricane Electric*. dirección: https://www.he.net/about_us.html (visitado 19-09-2022).
- [40] T. Xing, P. Li, S. Zhang y W. Shang, *Internet Resource Allocation Who Gets What and Why*, 2018. DOI: 10.1016/j.procs.2018.04.098. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091731181X>.
- [41] G. Antoniou, "Scalable Computing: Practice and Experience," *Scalable Computing: Practice and Experience*, vol. 17, n.º 3, págs. 219-220, 2016.
- [42] T. Ylonen y C. Lonvick, "The secure shell (SSH) authentication protocol," inf. téc., 2006.
- [43] A. Moreiras y R. Patara, "GUIDES FOR UNDERSTANDING INTERNET INFRASTRUCTURE IP ADDRESSES AND ASNs ALLOCATION TO INTERNET SERVICE PROVIDERS," *LACNIC*, 2017.
- [44] C. De Launois, L. Andersson, R. Austein, G. Huston, M. Lepinski y S. Weiler, *An Infrastructure to Support Secure Internet Routing*, Request for Comments, 2012. dirección: <https://tools.ietf.org/html/rfc6480>.
- [45] L. Padin, *Macros en excel*. USERSHOP, 2008.
- [46] C. Espinosa, *Tablas de BGP del NAPEC: ASN, prefijos y throughput*, Email message, Data collected from Dec 2017 to Nov 2022, nov. de 2022.
- [47] Microsoft, *FileDialog Object (Excel)*, Accessed: February 19, 2023, Microsoft Corporation, 2021. dirección: <https://docs.microsoft.com/en-us/office/vba/api/excel.filedialog>.
- [48] *What is Power BI?* 1/18/2023. dirección: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>.
- [49] Microsoft, *Power Query Editor documentation*, 2022. dirección: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-query/power-query-what-is-power-query>.
- [50] E. F. Brigham y J. F. Houston, *Fundamentals of Financial Management*, 14th ed. South-Western Cengage Learning, 2015, ISBN: 9781305080209.
- [51] A. McDonald, M. Bernhard, L. Valenta et al., "403 forbidden: A global view of cdn geoblocking," en *Proceedings of the Internet Measurement Conference 2018*, 2018, págs. 218-230.

- [52] G. Atzeni y O. Carboni, "Digital economy and productivity growth," *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 26, n.º 1-2, págs. 22-37, 2017.

5 ANEXOS

En el siguiente repositorio se encuentra todos los archivos generados en el presente TIC:

https://github.com/davidjponce/Analisis_Trafico_Internet_EC

5.1 ANEXO I

5.1.1 Políticas sobre el enrutamiento - NAP.EC

1. El protocolo de enrutamiento utilizado es Border Gateway Protocol 4, BGP-4 (RFC 4271, 4760 y sus respectivas actualizaciones).
2. Una sola sesión BGP por conexión con un servidor de rutas.
3. No se aceptan conexiones con números de sistema autónomo (ASN) de uso privado (RFC 1930, 6996, 7300) o de documentación (RFC 5398).
4. El AS_PATH de los prefijos no debe contener ASN de uso privado o de documentación. La longitud máxima permitida para el AS_PATH es de 10 ASN.
5. Se descartan rutas por defecto y rangos de direcciones IPv4 e IPv6 de uso especial (redes privadas, de documentación, de uso experimental o de investigación, rangos reservados por IANA, RFC 1918, RFC 4193, RFC 5735, RFC 5737, RFC 6598, RFC 6890).
6. Se aceptan prefijos IPv4 con máscaras entre 12 y 24 bits.
7. Se aceptan prefijos IPv6 con máscaras entre 29 y 48 bits.
8. No se permite ebgp multi-hop.
9. Los proveedores deben anunciar los mismos prefijos sobre todas sus conexiones a NAP.EC.
10. Se maneja un número máximo para la cantidad de prefijos recibidos desde los participantes.

11. Si el participante desea configurar un máximo para el número de prefijos recibidos desde NAP.EC, debe consultar y coordinar el valor adecuado con la administración de NAP.EC.
12. A todos los prefijos recibidos se les asigna un valor de cero para el atributo MED.
13. Los prefijos en estado RPKI “invalid” son descartados. Cuando un participante es informado de la presencia de este escenario con algún prefijo, debe dejar de anunciarlo o solucionar el error inmediatamente. Si el recurso IP está bajo administración de otra organización (socia o cliente), el participante de NAP.EC que anuncia dicho prefijo tiene la obligación de reenviar el comunicado a los contactos técnicos adecuados y realizar el seguimiento respectivo hasta que el problema en el enrutamiento sea resuelto. En caso que el participante no solucione el problema oportunamente o los problemas sean reiterados, la conexión será dada de baja hasta que el problema sea resuelto.
14. A los prefijos recibidos se asigna una preferencia local de: 100 en caso de origen RPKI 'valid' y 50 en caso de origen RPKI 'not-found'. 'Todos' los prefijos son anunciados desde NAP.EC con comunidad “no-export”.
15. En NAP.EC no se filtran aplicaciones, ni prefijos “públicos válidos”, esto debe cumplirse también en el lado del participante.

5.2 ANEXO II

A continuación, se presenta todas las gráficas generadas en el informe del dashboard de PowerBI.

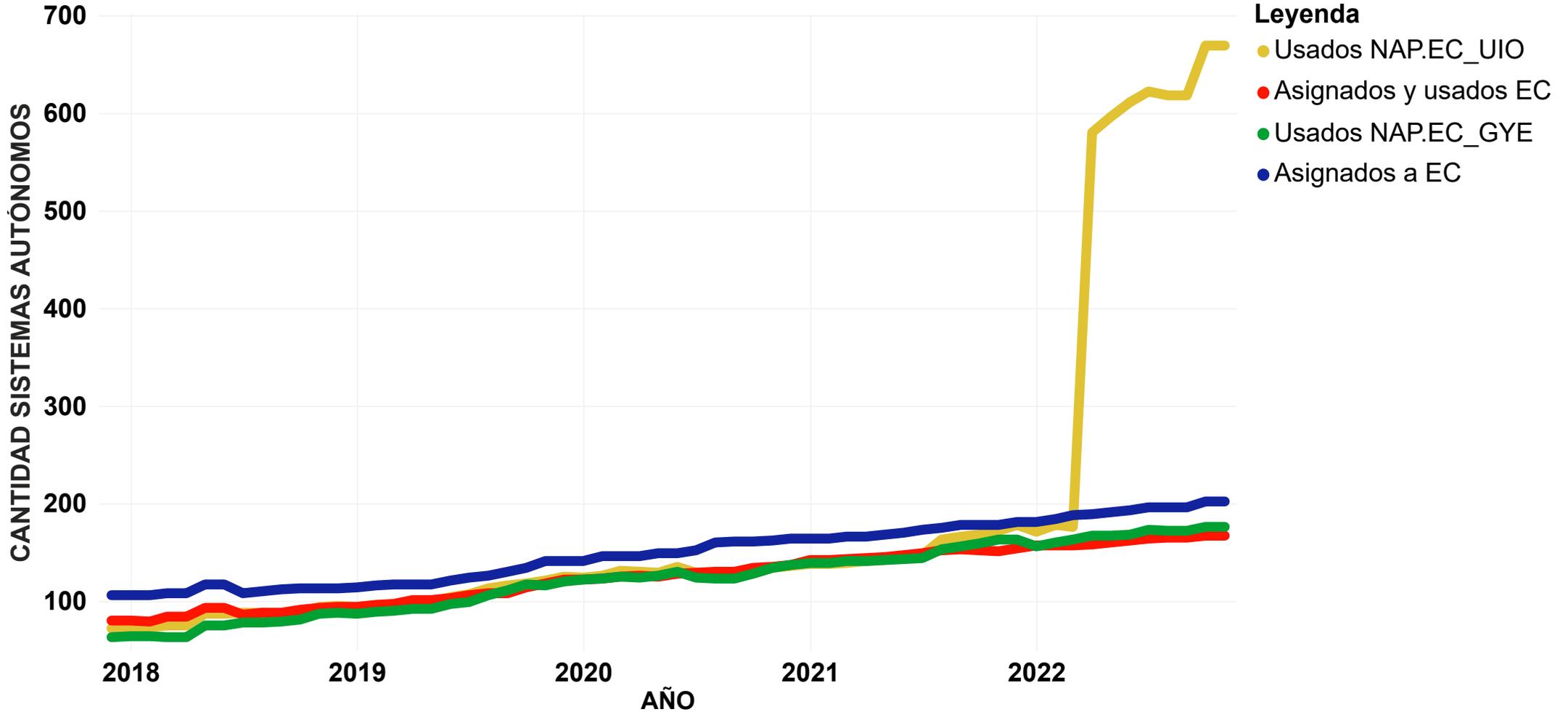
EVOLUCIÓN CANTIDAD SISTEMAS AUTÓNOMOS EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA COVID-19

DESPUÉS PANDEMIA COVID-19

DURANTE PANDEMIA COVID-19



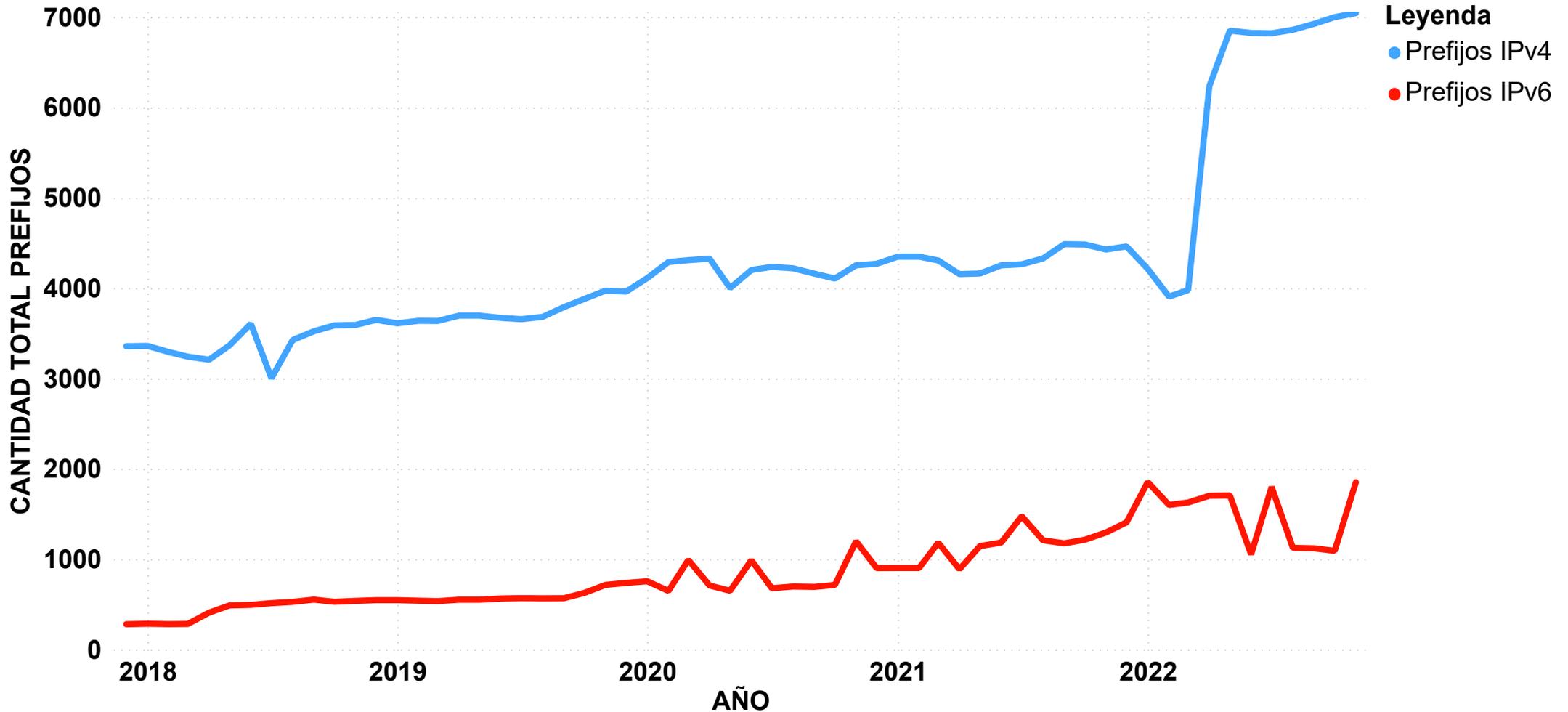
EVOLUCIÓN CANTIDAD TOTAL PREFIJOS IPv4/IPv6 (GENERAL) EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA COVID-19

DESPUÉS PANDEMIA COVID-19

DURANTE PANDEMIA COVID-19



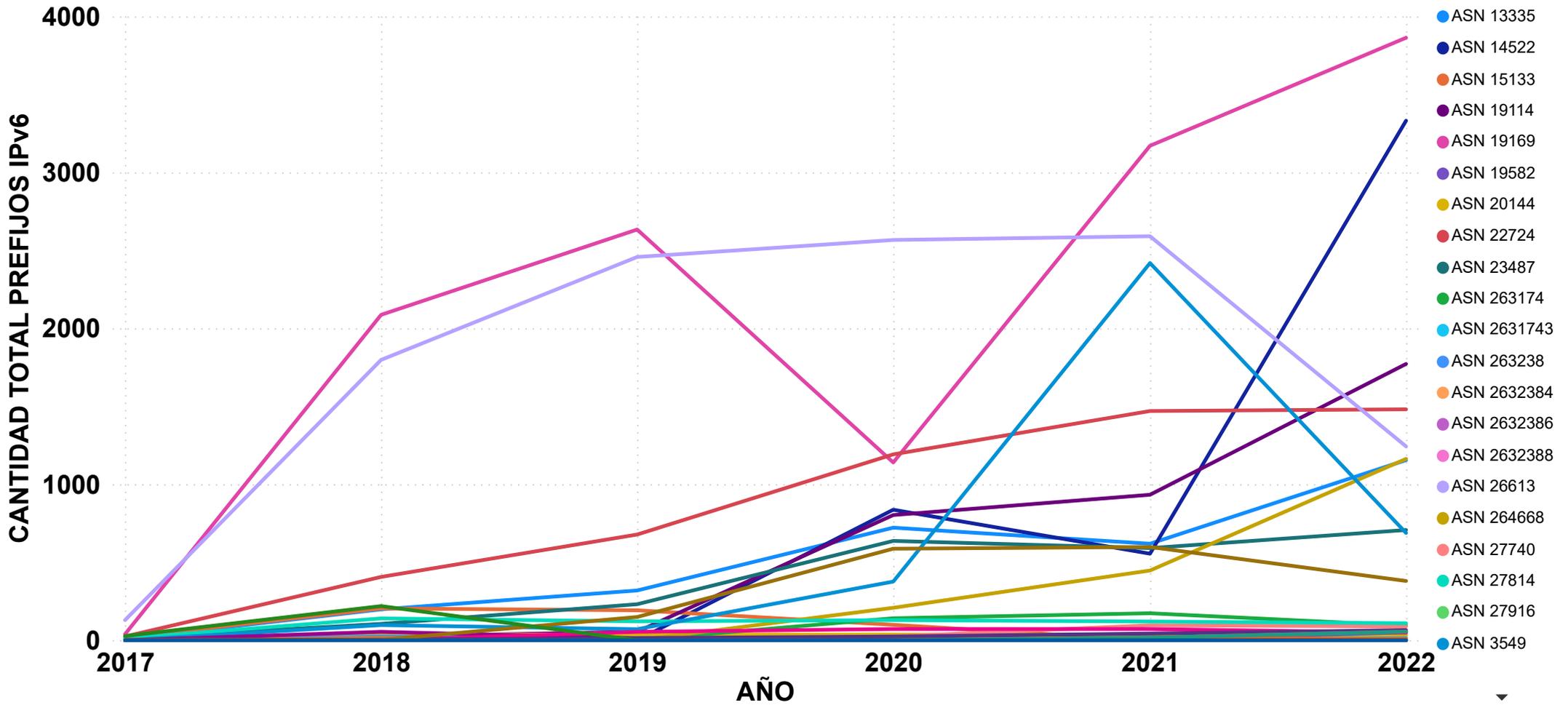
EVOLUCIÓN CANTIDAD PREFIJOS IPv6 TODOS LOS ASNs EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA COVID-19

DESPUÉS PANDEMIA COVID-19

DURANTE PANDEMIA COVID-19



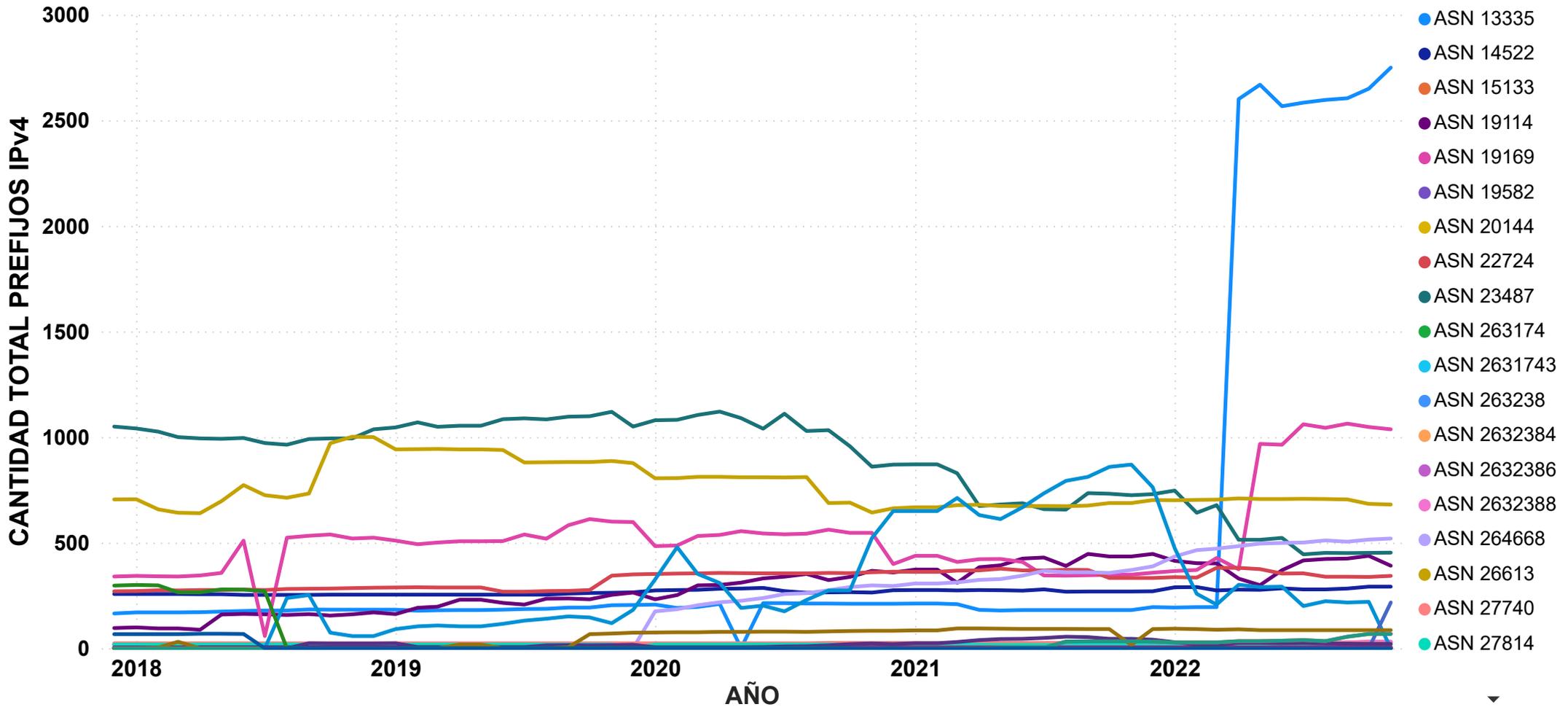
EVOLUCIÓN CANTIDAD PREFIJOS IPv4 TODOS LOS ASNs EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA COVID-19

DESPUÉS PANDEMIA COVID-19

DURANTE PANDEMIA COVID-19



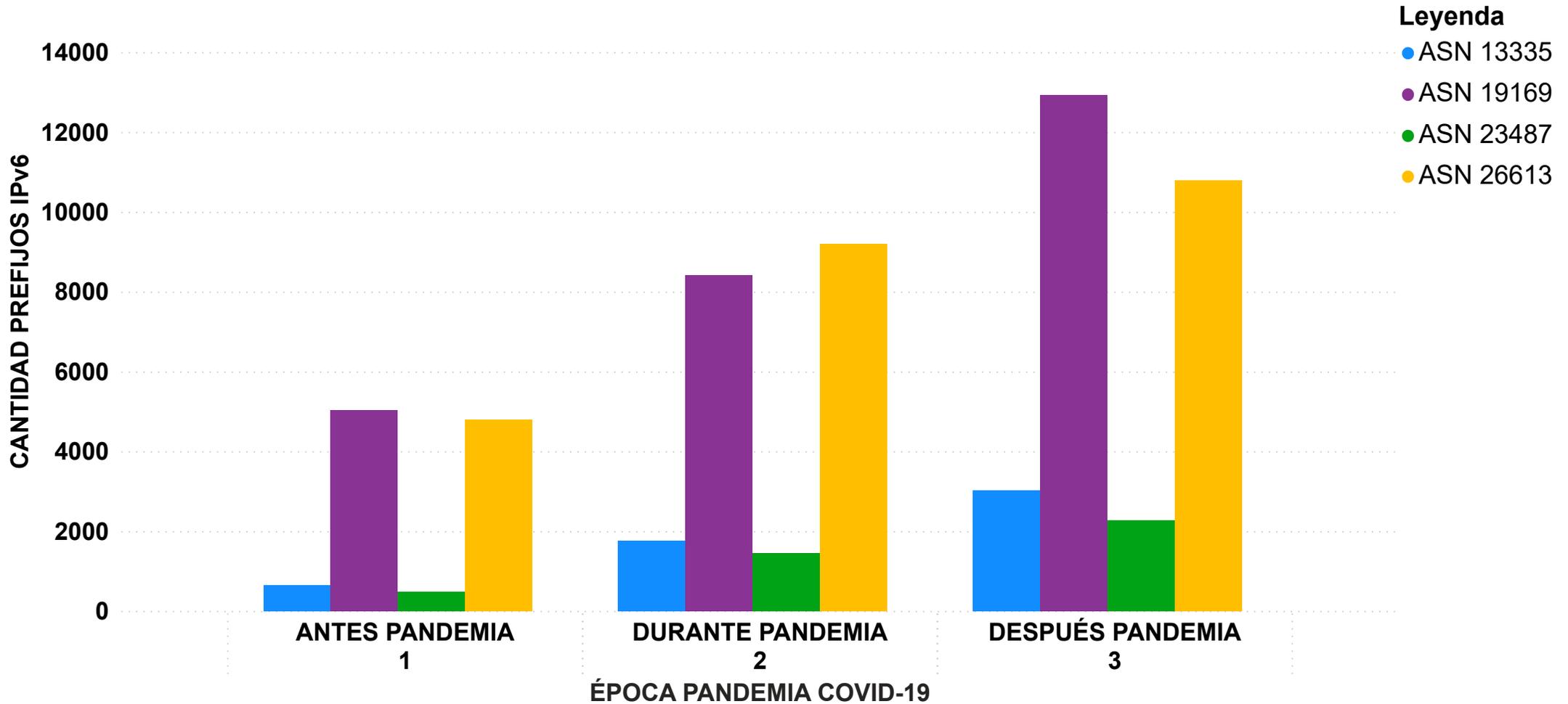
EVOLUCIÓN CANTIDAD PREFIJOS IPv6 ASNs REPRESENTATIVOS EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA

DESPUÉS PANDEMIA

DURANTE PANDEMIA



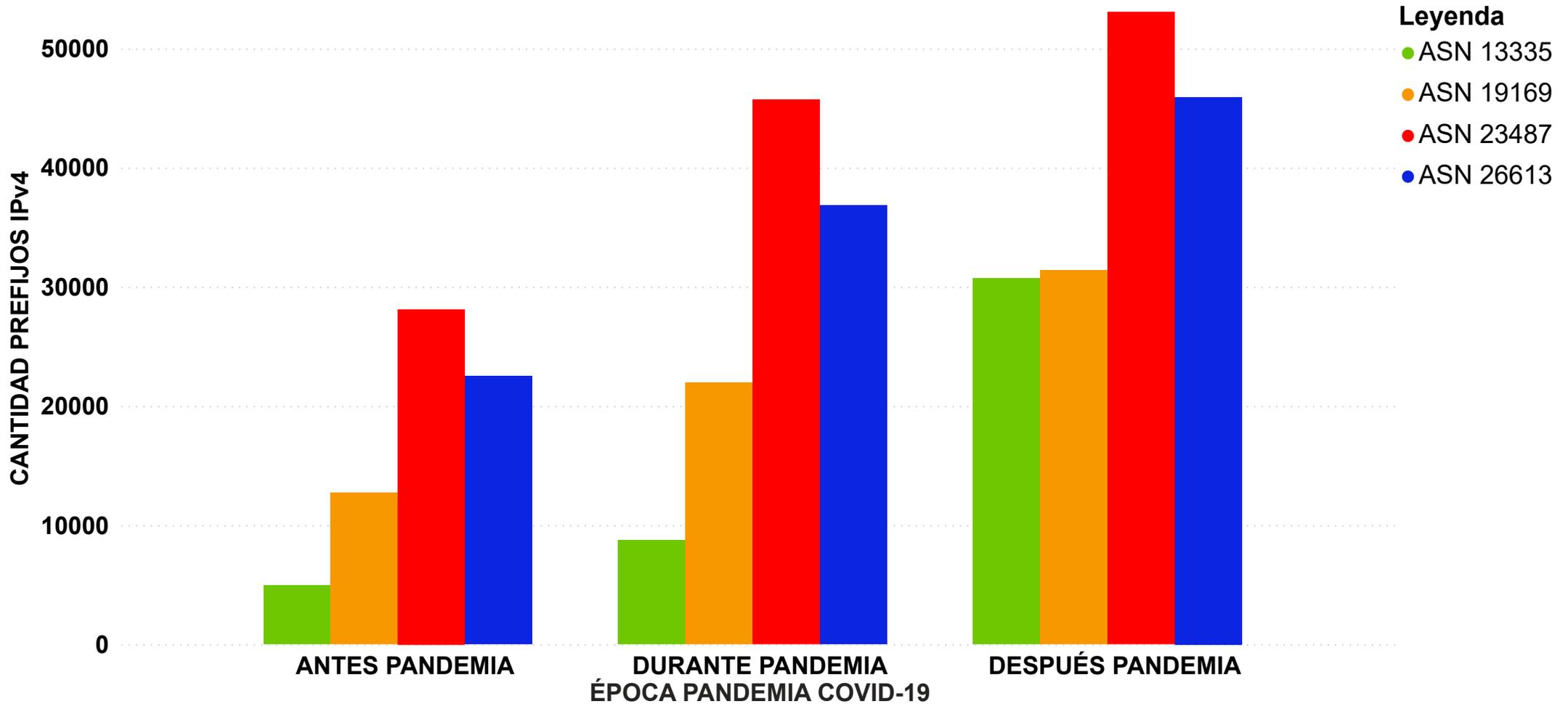
EVOLUCIÓN CANTIDAD PREFIJOS IPv4 ASNs REPRESENTATIVOS EN ECUADOR DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES PANDEMIA

DESPUÉS PANDEMIA

DURANTE PANDEMIA



EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA DE BITS EN EL ROUTER NAP.GYE DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

TRÁFICO

ENTRANTE

SALIENTE

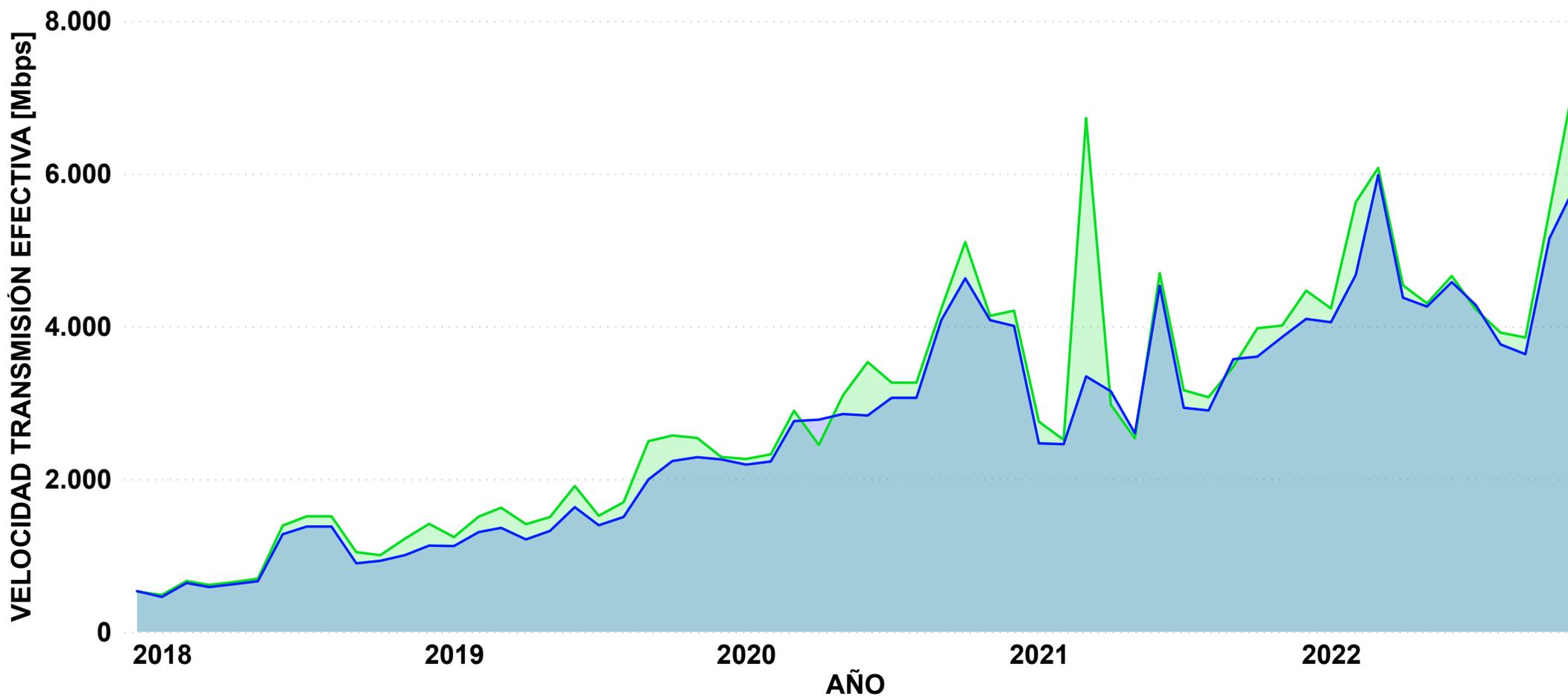
FILTRO COVID-19

ANTES COVID-19

DURANTE COVID-19

DESPUÉS COVID-19

Legenda ● Velocidad Transmisión Entrada ● Velocidad Transmisión Salida



EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA DE BITS EN EL ROUTER NAP.UIO DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

TRÁFICO

ENTRANTE

SALIENTE

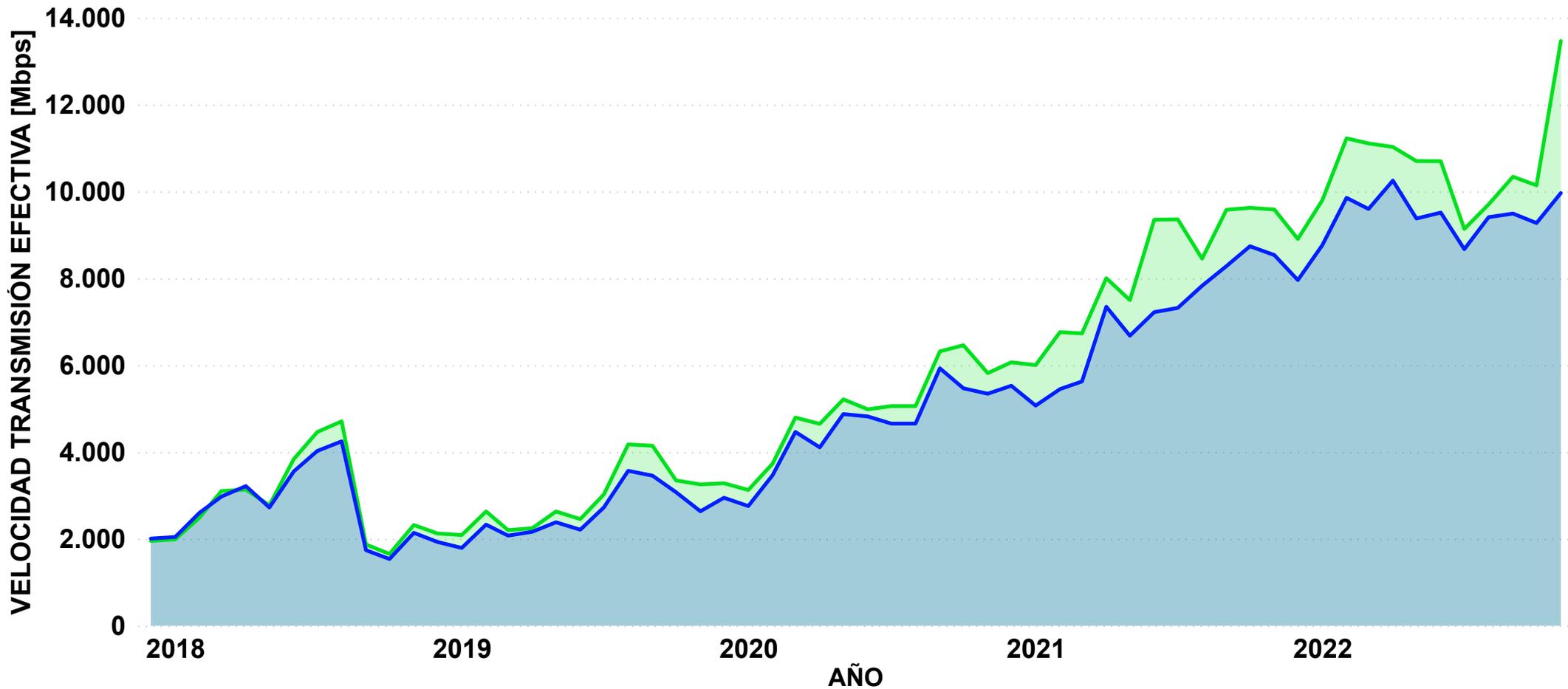
FILTRO COVID-19

ANTES COVID-19

DURANTE COVID-19

DESPUÉS COVID-19

Leyenda ● Velocidad Transmisión Entrada ● Velocidad Transmisión Salida



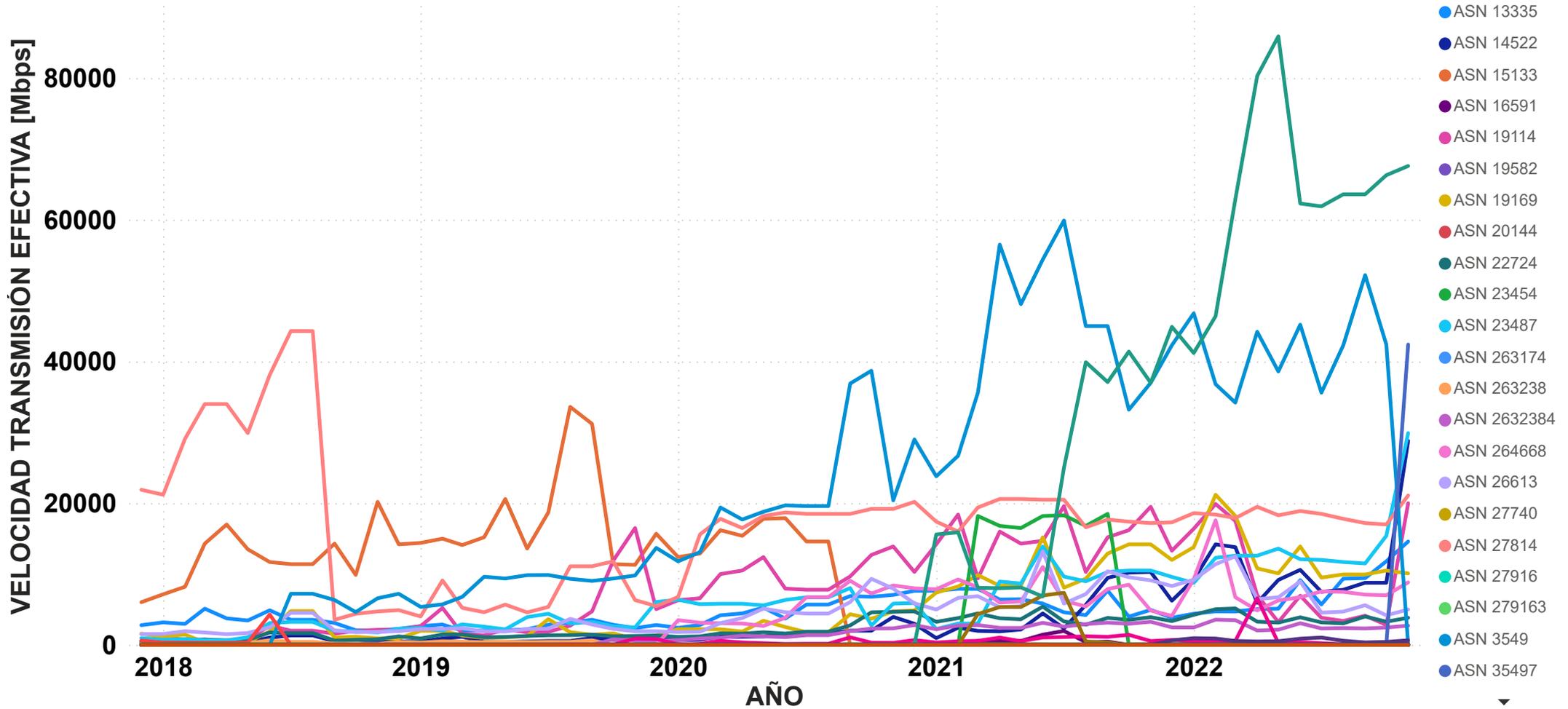
EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA ENTRANTE DE BITS EN EL ROUTER NAP.UJO DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES
COVID-19

DESPUÉS
COVID-19

DURANTE
COVID-19



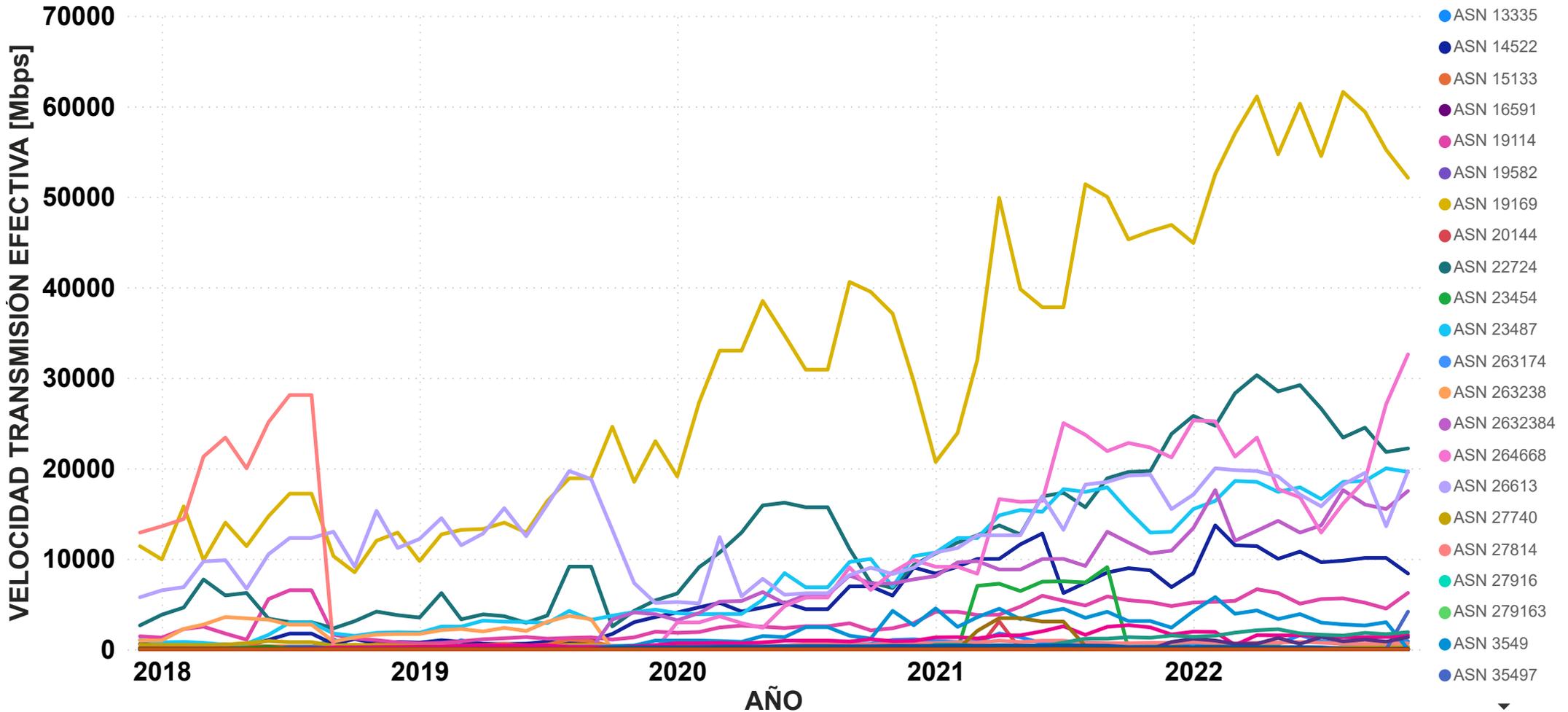
EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA SALIENTE DE BITS EN EL ROUTER NAP.UIO DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES COVID-19

DESPUÉS COVID-19

DURANTE COVID-19



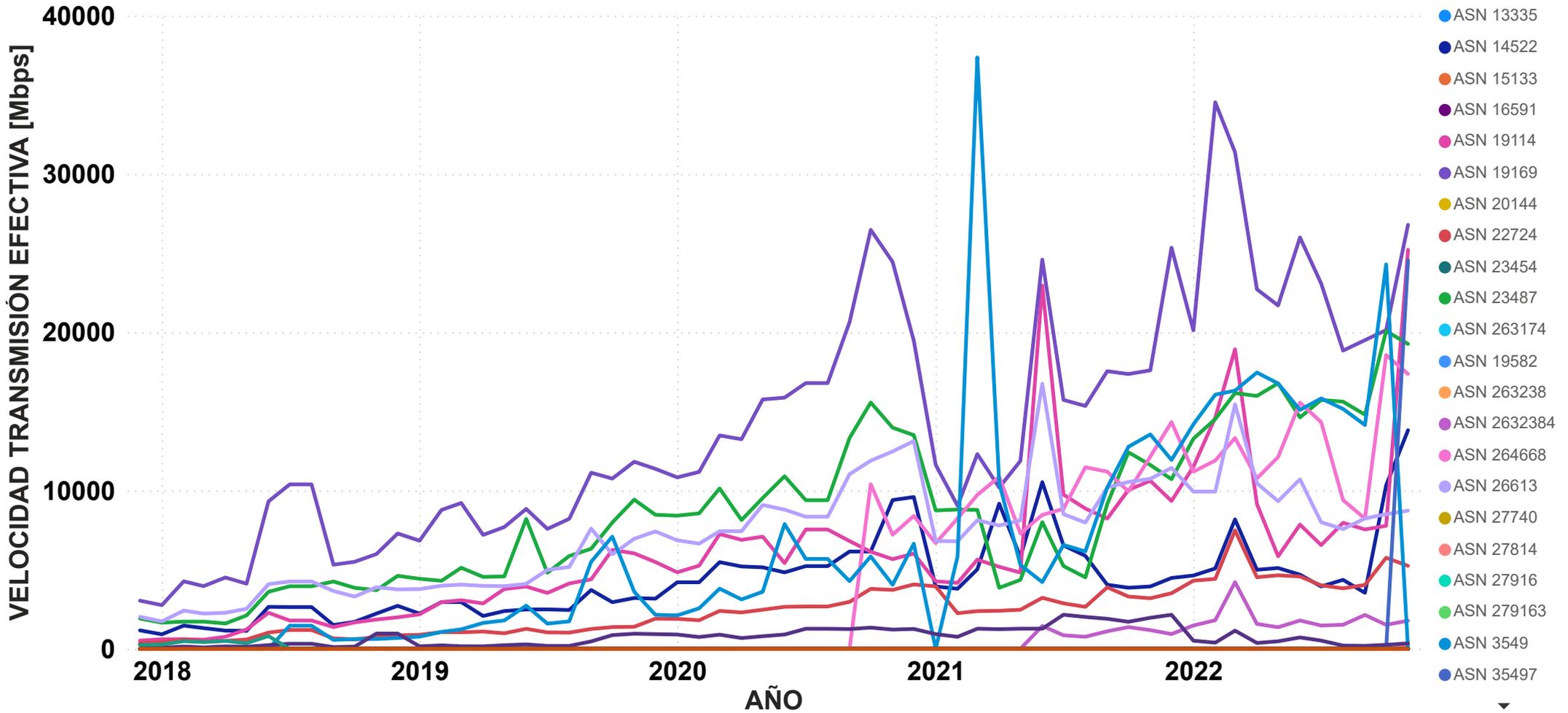
EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA ENTRANTE DE BITS EN EL ROUTER NAP.GYE DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA NOVIEMBRE 2022

FILTRO COVID-19

ANTES
COVID-19

DESPUÉS
COVID-19

DURANTE
COVID-19



EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA ENTRANTE DE BITS ASNs REPRESENTATIVOS ROUTER NAP.UIO

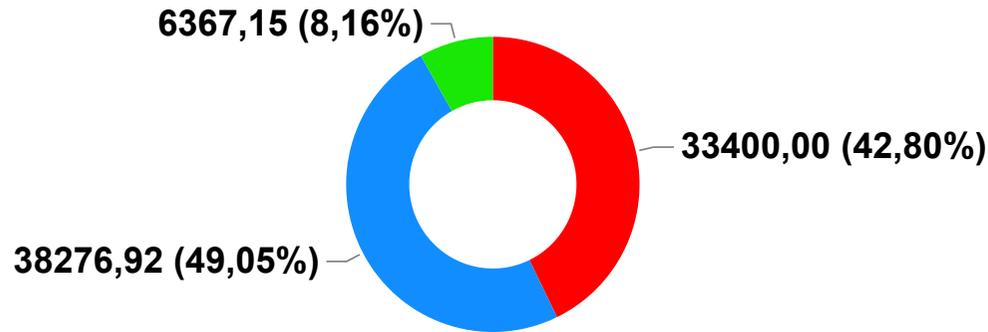
FILTRO COVID-19

ANTES
COVID-19

DESPUÉS
COVID-19

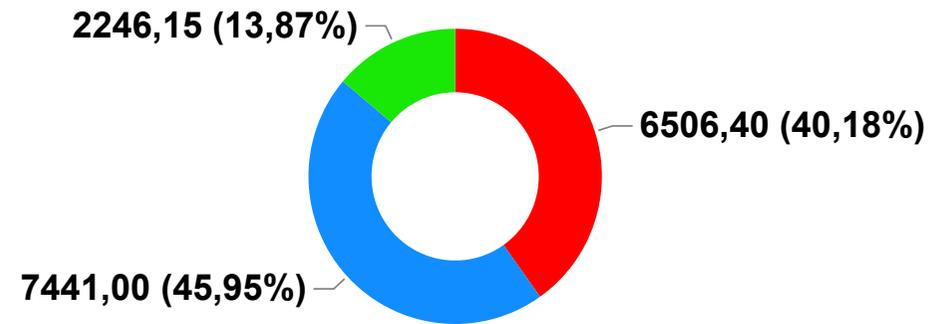
DURANTE
COVID-19

ASN 3549



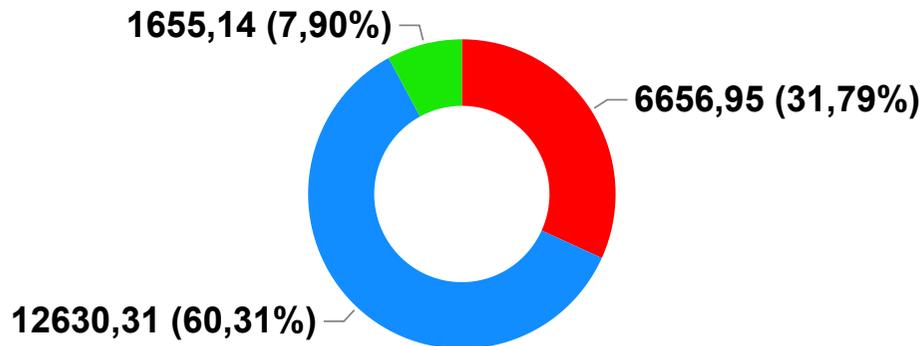
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 26613



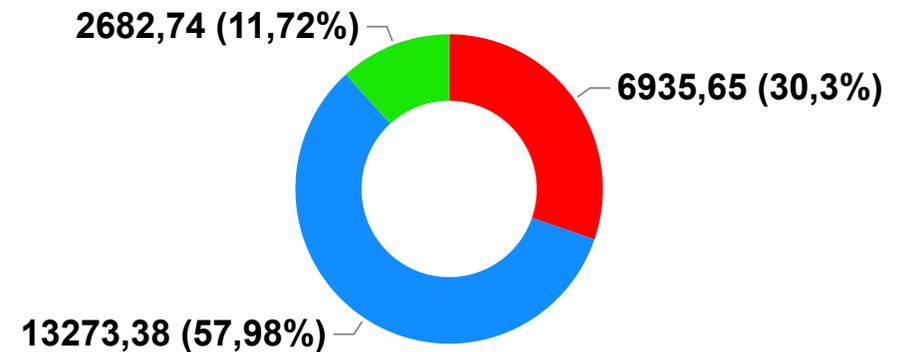
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 19169



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 23487



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA SALIENTE DE BITS ASNs REPRESENTATIVOS ROUTER NAP.UIO

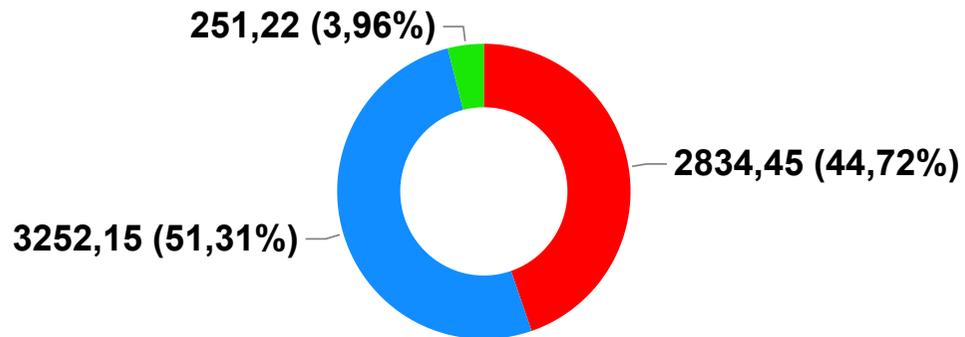
FILTRO COVID-19

ANTES COVID-19

DESPUÉS COVID-19

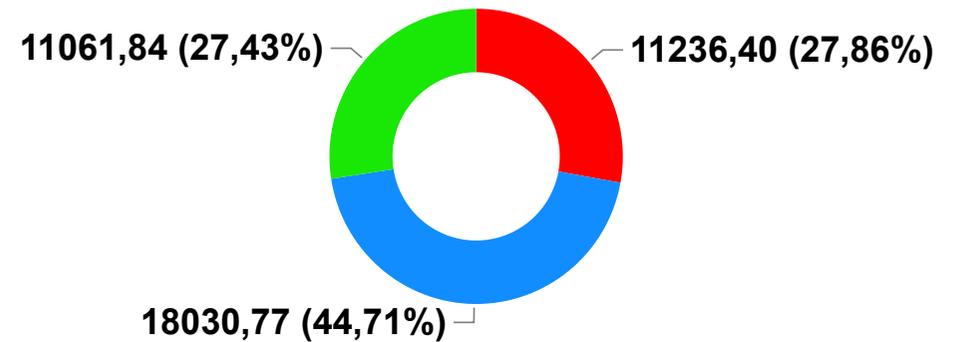
DURANTE COVID-19

ASN 3549



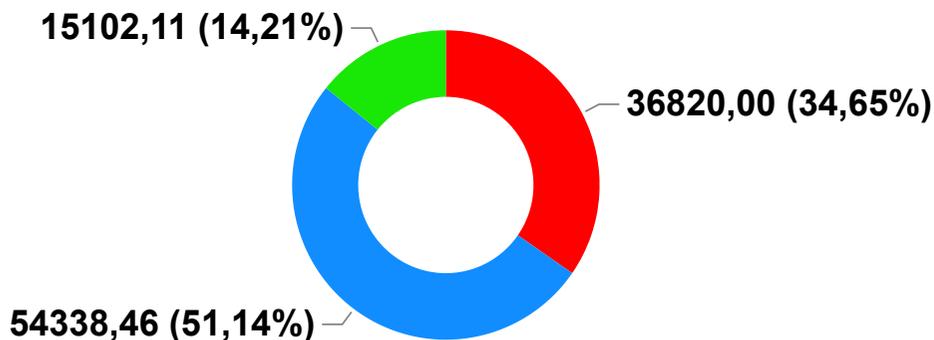
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 26613



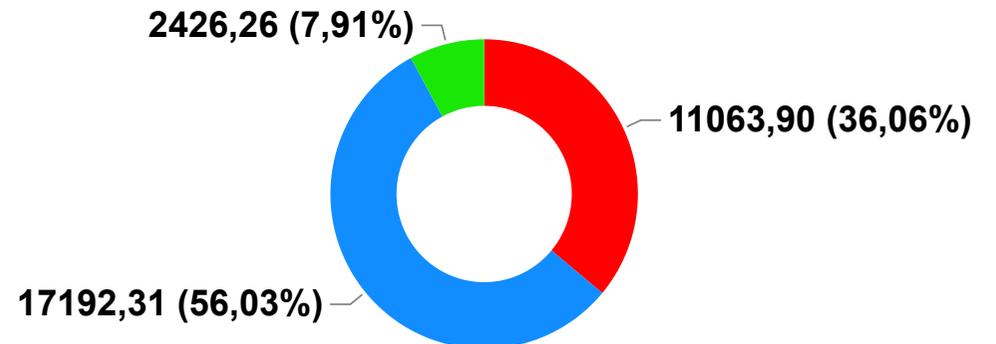
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 19169



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 23487



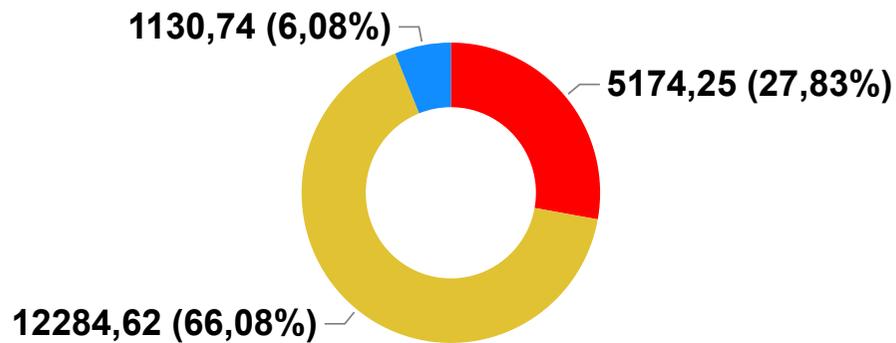
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA ENTRANTE DE BITS ASNs REPRESENTATIVOS EN EL ROUTER NAP.GYE

FILTRO COVID-19

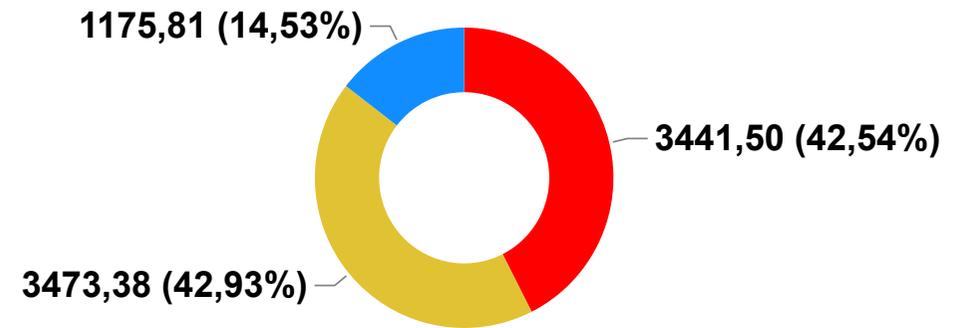
ANTES COVID-19	DESPUÉS COVID-19	DURANTE COVID-19
-------------------	---------------------	---------------------

ASN 3549



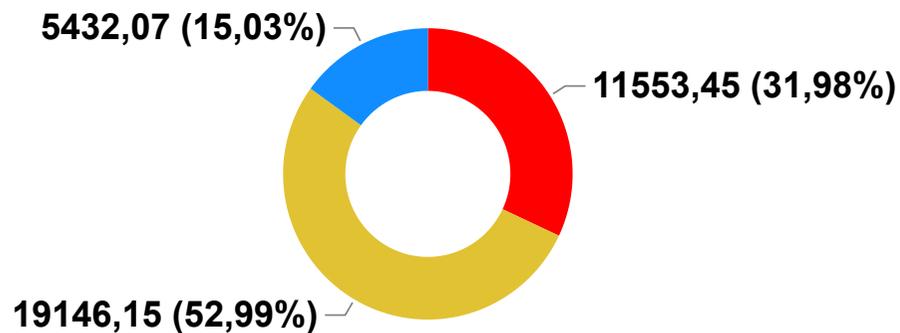
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 26613



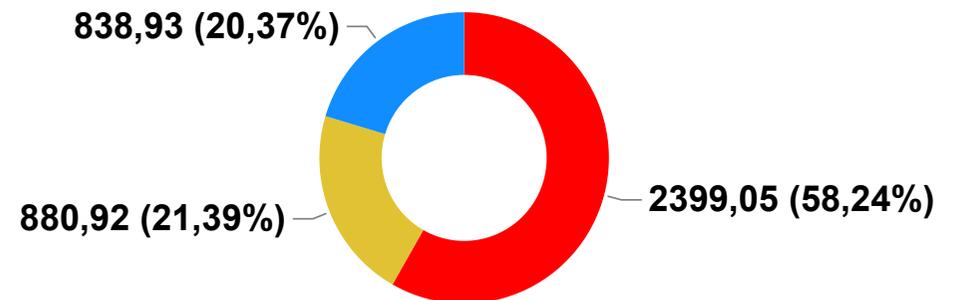
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 19169



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 23487



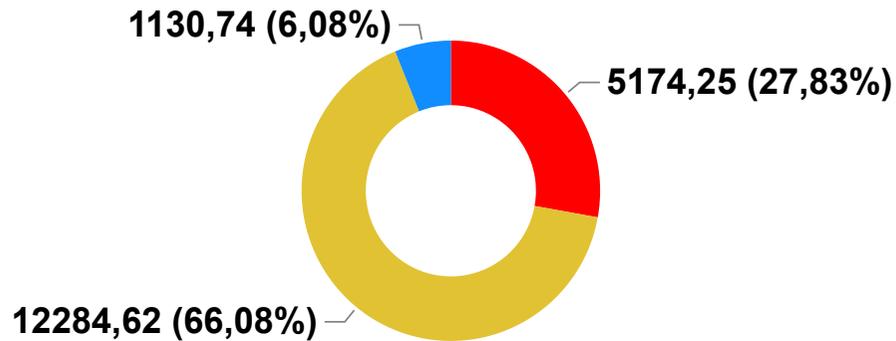
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

EVOLUCIÓN VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EFECTIVA SALIENTE DE BITS ASNs REPRESENTATIVOS EN EL ROUTER NAP.GYE

FILTRO COVID-19

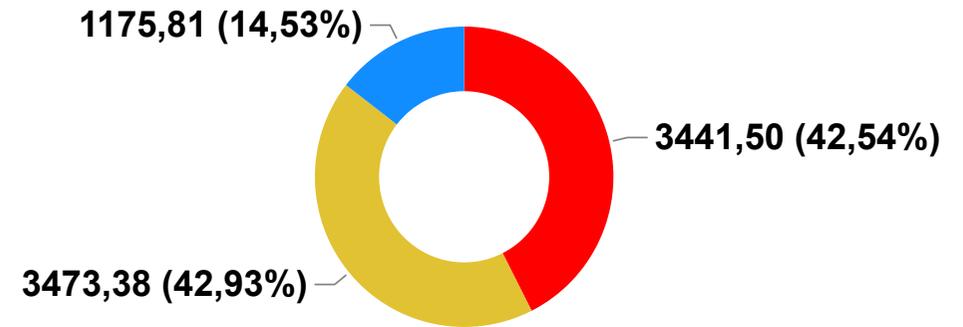
ANTES COVID-19	DESPUÉS COVID-19	DURANTE COVID-19
----------------	------------------	------------------

ASN 3549



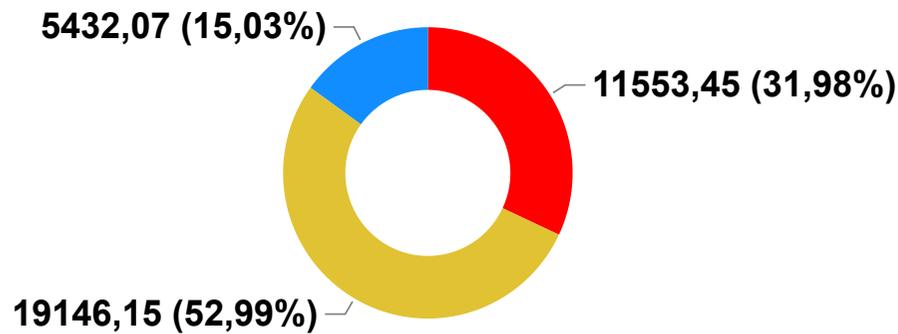
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 26613



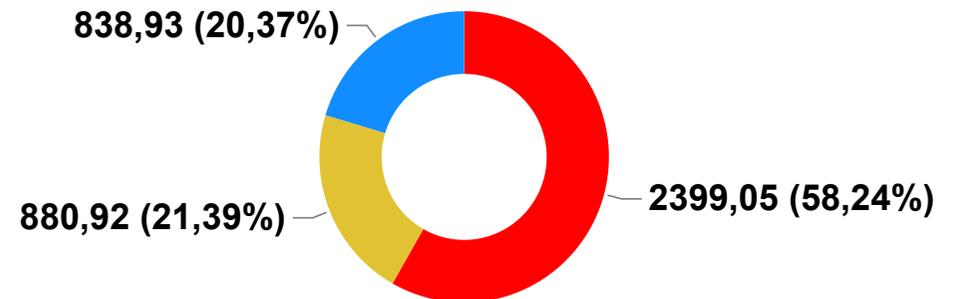
● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 19169



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19

ASN 23487



● DURANTE COVID-19 ● DESPUÉS COVID-19 ● ANTES COVID-19