RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Shirly Jasney Trigos Ramírez Darlyn Milena Fuentes Restrepo
FACULTAD	Facultad de Ingenierías
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería de Sistemas
DIRECTOR	Antón García Barreto
CODIRECTOR (si aplica)	Darwin Navarro Pino
TÍTULO DE LA TESIS	Adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña.
TITULO EN INGLES	Adoption of IPv6 at the Francisco de Paula Santander University, Ocaña branch.

RESUMEN
(70 palabras)

Adoptar ipv6 en la universidad francisco de paula Santander Ocaña es una necesidad clave para mejorar la conectividad y cumplir con los lineamientos del MINTIC, este estudio analiza barreras y facilitadores en la transición de ipv4 a ipv6 mediante un mapeo sistemático de la literatura, se propone un plan estratégico que garantice una migración eficiente, asegurando escalabilidad, seguridad y cumplimiento normativo en la infraestructura de red institucional.

RESUMEN EN INGLES

.
Adopting IPv6 at the Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña is a key necessity to improve connectivity and comply with MINTIC guidelines, this study analyzes barriers and facilitators in the transition from ipv4 to ipv6 through a systematic mapping of the literature, a strategic plan is proposed to ensure an efficient migration, guaranteeing scalability, security, and regulatory compliance in the institutional network infrastructure.

PALABRAS CLAVES	Ipv6, conectividad, transformación digital, infraestructura de red.
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Ipv6, connectivity, digital transformation, network infrastructure.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 50	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 2	CD-ROM:

Adopción de Ipv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña

Shirly Jasney Trigos Ramírez

Darlyn Milena Fuentes Restrepo

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña

Ingeniería de Sistemas

Msc. Antón García Barreto

Ing. Darwin Navarro Pino

15 Marzo del 2025

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro principalmente, a mis papás, por su amor incondicional, por su ejemplo y dedicación, por permitirme avanzar paso a paso sin importar las dificultades.

A mis hermanos, por hacer mis días duros más fáciles con sus risas y compañía.

A mi mejor amiga, por estar conmigo en cada momento, por su apoyo en cada obstáculo, por sus palabras en cada llamada llenas de motivación y por creer en mí como nadie más lo ha hecho.

A mi abuela Ceci, por ser mi motor y la razón por la que siempre busqué dar lo mejor de mí para hacerla sentir orgullosa.

Y finalmente, a mí, por no rendirme, por confiar, por tener la disciplina y el amor necesario para terminar con éxito este proyecto y con ello, cumplirme a mí misma.

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios por haberme brindado la fortaleza y las virtudes necesarias para afrontar cada desafío a lo largo de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sabios consejos, que han sido la base para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mi novio, por ser mi fuente de aliento en los momentos de duda y por recordarme, con su cariño y confianza, que siempre puedo dar un paso más.

A mi familia, porque cada una de sus palabras de aliento me llenó de fuerza y motivación para seguir avanzando.

A mis mascotas, porque, sin necesidad de palabras, su compañía incondicional me hizo sentir que podía con todo.

Índice

Capítulo 1. Adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña....9

1.1. Planteamiento del Problema....9

1.2. Formulación del Problema....12

1.3. Objetivos....13

1.3.1. Objetivo General....13

1.3.2. Objetivos Específicos....13

1.4. Justificación....13

1.5. Delimitaciones....14

1.5.1. Delimitación Operativa....14

1.5.2. Delimitación Conceptual....15

1.5.3. Delimitación Geográfica....15

1.5.4. Delimitación Temporal....15

Capítulo 2. Marco Referencial....16

2.1 Marco Histórico....16

2.2 Marco Contextual....19

2.3 Marco Conceptual....20

2.4 Marco Teórico....23

2.5 Marco Legal....27

Capítulo 3. Diseño Metodológico....29

3.1 Tipo de Investigación....29

3.2 Población.....29

3.3 Muestra.....30

Capítulo 4. Resultados.....31

4.1 Análisis de la Adopción de IPv6 en los últimos Siete Años 31

4.2 Plan Estratégico del Proceso de Adopción de IPv6 34

Capítulo 5. Conclusiones.....37

Referencias 39

Apéndice…….49

Listado de Figuras

Figura 1. Primera Evidencia del Plan Estratégico. 35

Figura 2. Segunda Evidencia del Plan Estratégico. 36

Listado de Tablas

Tabla 1. Documentos Encontrados.....32

Listado de Apéndice

Apéndice A. Certificados obtenidos en el 18CCC en la ciudad de Manizales – Caldas 49

Apéndice B. Evidencias de Participación en el 18 Congreso Colombiano de Computación en Manizales – Caldas 50

Apéndice C. Publicación del Artículo de Investigación en la Revista Springer. 50

Capítulo 1. Adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña.

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad se ha incrementado el uso de la tecnología y esto ha hecho que de manera directa se aumente el uso de las redes de datos y las comunicaciones, “el agotamiento de las direcciones IP usando el protocolo IPv4 es un problema al que nos enfrentamos hoy en día”. (Zander et al., 2017).

Es por esto que el IETF adopta un nuevo protocolo de direccionamiento (Protocolo IPv6), este por su parte tiene un elevado número de direcciones IP para lograr cubrir con las necesidades de conexión de red que con el paso de los días van aumentando, es una solución a largo plazo al que todas las empresas (universidades, entidades públicas y privadas, hogares, proveedores de servicios, etc.) deben migrar para no perjudicar el servicio de su infraestructura de red. Como lo destaca (Fahmi et al., 2021) en su artículo sobre la relación de IPv6 frente a IPv4, “Existe la necesidad de cambiar de IPv4 a IPv6 debido al agotamiento de las direcciones IPv4 en el mundo, lo cual es necesario para migrar a IPv6 en la actualidad”.

“El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), es la entidad encargada de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”. (MINTIC Colombia - Acerca del MinTIC, s. f.).

A raíz de este problema el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTIC) en Colombia ha presentado una guía para apoyar a las entidades con los lineamientos técnicos que se deben seguir en el proceso de migración de IPV4 a IPv6

exitosamente, con las fases que se requieren y permitir la adopción controlada y segura bajo una normatividad del protocolo de red.

En la Resolución 2710 del 3 de octubre de 2017 MinTIC se establece en el artículo 3 el plazo de adopción, donde resuelve que las entidades estatales de orden nacional deben terminar el proceso de adopción y transición de IPv6 como máximo el 30 de junio de 2022 y en caso de las entidades territoriales finalizar hasta el 31 de diciembre del año 2022. (Compilación Jurídica del MINTIC - Resolución 2710 de 2017 MTIC, s. f.)

Este es el problema central (La falta de adopción de IPv6 en la infraestructura de red de la Universidad (Compilación Jurídica del MINTIC - Resolución 2710 de 2017 MTIC, s. f.)). A día de hoy la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña no ha adoptado IPv6 en su infraestructura de red en base a los lineamientos establecidos por ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones del país; “Hacer esta transición es importante para gestionar y garantizar la calidad del uso de TI en las instituciones de educación superior” (Rivera & Xavier, 2013) tanto por el agotamiento de direcciones como el crecimiento exponencial de dispositivos en el campus, la mejora de la calidad de la conexión de los servicios de TI en el entorno y así garantizar una infraestructura de red óptima para los estudiantes y el personal universitario dando soporte a las nuevas aplicaciones y servicios con mayor seguridad y con todo esto contar con una proyección y una preparación para el futuro garantizando la escalabilidad y los cambios de infraestructura en el mundo; Todo esto teniendo en cuenta la coexistencia de los protocolos IP (doble, mantener tanto IPv4 como IPv6 teniendo una transición gradual para la interoperabilidad y accesibilidad global y el respaldo a dados problemas. (Jing et al., 2021).

Ante esta problemática hay posibles causas que la respaldan, para empezar, “el desconocimiento de los lineamientos de MinTIC con relación al direccionamiento IP versión 6

por parte de la universidad" (Romero Muñoz, 2020), si la universidad no está al tanto de la normatividad se le va hacer muy difícil que tome las medidas necesarias para cumplir este requisito o no abordar adecuadamente la implementación del protocolo, lo que genera ese incumplimiento en las directrices del ministerio en la universidad. (Compilación Jurídica del MINTIC - Resolución 2710 de 2017 MTIC, s. f.).

Con lo anterior, otra causa es la falta de coordinación interna en la universidad, la ausencia de un equipo dedicado a la supervisión de la implementación del protocolo IPv6 y el cumplimiento de los lineamientos de MinTIC y la poca colaboración entre los departamentos de TI genera esa desorganización que no permite la adopción de manera adecuada con los requerimientos y el tiempo estipulado. (Ramírez et al., 2011).

"El temor a posibles problemas tras la actualización de los servicios IPv6" (Mendoza Ramírez & Quintana Burgos, 2011). La universidad se puede encontrar con situaciones no planeadas en los servicios esto se debe a que algunas aplicaciones aunque se active el protocolo v6 en los servidores donde se encuentran alojados no lo activan de manera automática y por lo general hay que realizar configuraciones en la infraestructura para evitar el problema, también se pueden encontrar con que los servidores ejecutan solo IPv4 lo que puede producir problemas en la universidad y algunos clientes pueden generar confusión en los servidores al hacer uso de varios tipos de servicios, El Centro Criptológico Nacional de España, en su publicación sobre Seguridad en IPv6, aclara que: "Dado que el proceso de transición de IPv4 a IPv6 es lento y los dos protocolos van a coexistir, es importante identificar los posibles riesgos de esta situación, a la vez que vigilar los cambios que se llevan a cabo entre un protocolo y otro" (CCN-CERT-Seguridad y mecanismos de transición en IPv6, s. f.) al tener dos caminos desde el punto de vista de ataques y de la seguridad de la red, se complica un poco más y la mitigación de huecos en la

seguridad debe ser mayor, “hay que proteger los nuevos servicios y tener en cuenta a la hora de la fase implementación medidas de protección de datos de los usuarios finales y de la red” (Balaji Raykar & Sridhar, 2022).

Es por esto que tal vez la universidad se abstenga de adoptar el protocolo, pues al generar problemas habría que cambiar parte de la configuración actual de la infraestructura de red, puede que el enrutador IPv4 no pueda actualizarse a IPV6 lo que lleva a ese cambio de equipos que genera gastos económicos y la adquisición de IPv6 puede verse afectada tras las limitaciones económicas (Dimitriadou & Lanitis, 2023; Rivera & Xavier, 2013); La falta de recursos limita directamente la inversión para la ejecución de la migración a IPv6 ya que podrían necesitar cambios en el hardware y en el software y actualizaciones de los sistemas existentes en la infraestructura asegurando la compatibilidad con el direccionamiento versión 6, para hacer esto “es necesario contar con personal técnico capacitado en las universidades que tenga los conocimientos para realizar estos cambios”(Su et al., 2016), es fundamental contar con presupuesto económico y así garantizar una óptima implementación del protocolo siguiendo todos los lineamientos y obtener los resultados esperados en la planeación y en las pruebas de funcionalidad (Mamushiane et al., 2021).

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida la implementación de IPv6 siguiendo los lineamientos establecidos por el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTIC), contribuye a mejorar la conectividad y eficiencia de la infraestructura de red de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una estrategia para la adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña siguiendo los lineamientos establecidos por el MinTIC para mejorar la conectividad.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la adopción de IPv6 en los últimos siete años (2017-2023) a través de un mapeo sistemático de la literatura, con el fin de identificar las barreras y facilitadores en la transición de IPv4 a IPv6, evaluando cómo se encuentra, cómo se ha trabajado el tema a nivel mundial y en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Desarrollar un plan estratégico del proceso de adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña teniendo en cuenta la coexistencia de los protocolos IPv4 - IPv6.

1.4. Justificación

Cumplir con el objetivo de adoptar IPv6 en la infraestructura de red de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (UFPSO) es una necesidad urgente como institución educativa y en las organizaciones hoy en día (Zander et al., 2017), que surge del problema del agotamiento de las direcciones IPv4 lo que afecta a la conectividad a nivel nacional y global. Esta propuesta se alinea con las directrices del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) de Colombia, asegurando el cumplimiento de las políticas del país y contribuyendo con su desarrollo tecnológico; De igual manera, al adoptar IPv6, la UFPSO mejorará significativamente su infraestructura de red, lo que beneficiará tanto a los estudiantes como al personal universitario en la conectividad con el mundo exterior ayudando

con la reducción de la brecha digital y la mejora de la calidad de los servicios en el entorno universitario y su escalabilidad a futuro (Pabón et al., 2019).

El agotamiento de direcciones IP es un problema crítico que afecta a nivel global por lo que es necesario que las entidades del país realicen la transición de IPv4 a IPv6 ya que en el contexto académico como en el mundo empresarial el cumplimiento normativo y el apoyo de las futuras tecnologías es algo fundamental para el cumplimiento de sus objetivos (Compilación Jurídica del MINTIC - Resolución 2710 de 2017 MTIC, s. f.).

Del mismo modo, el análisis apoyará el desarrollo de estrategias para que la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) se mantenga a la vanguardia tecnológica, aprovechando experiencias internacionales exitosas. Además, servirá como recurso para futuros proyectos de investigación sobre la implementación y seguridad de IPv6, fortaleciendo la infraestructura de red y el proceso de transformación digital de la universidad.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Delimitación Operativa

La adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña abarca la implementación gradual del nuevo protocolo en la infraestructura de red existente, comenzando por los servidores principales, dispositivos de red (routers y switches), servicios críticos como DNS y DHCP, y equipos de los usuarios de la División de Sistemas. En la realización del proyecto los obstáculos que se pueden presentar son los recursos financieros pues la universidad debe contar con presupuesto para equipos necesarios para la transición, además debe tener en cuenta la interoperabilidad de los dos protocolos durante esta fase de transición y así generar coexistencia de IPv4 - IPv6, y tiempo adicional y recurso para la fase de prueba del

funcionamiento de IPv6 para validar que el proceso cumple con los resultados, como también el acceso de información relevante y actualizada para realizar el mapeo sistemático.

1.5.2. Delimitación Conceptual

Dentro del proyecto se tiene en cuenta temas importantes como: IPv6, IPv4, Transición de IPv4 a IPv6, interoperabilidad y coexistencia de IPv4-IPv6, Lineamientos y Normativas de IPv6 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) en Colombia; Estos son conceptos fundamentales para comprender y llevar a cabo una transición exitosa de IPv4 a IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.5.3. Delimitación Geográfica

La propuesta se centra en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, ubicada en Colombia, en el municipio de Ocaña del departamento de Norte de Santander.

1.5.4. Delimitación Temporal

El desarrollo del proyecto de investigación se llevó a cabo en un periodo de 2 meses, durante los cuales se realizó un mapeo sistemático de la literatura para analizar la adopción de IPv6 en los últimos años e identificar barreras y facilitadores en la transición de IPv4 a IPv6. Asimismo, se elaboró un plan estratégico para la adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, considerando la coexistencia de ambos protocolos.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

Desde sus inicios en la década de 1980, el protocolo IPv4 impulsó el crecimiento de Internet, permitiendo la conectividad de millones de dispositivos. En aquella época, su capacidad de direccionamiento de 32 bits, que permite hasta 4.3 mil millones de direcciones, parecía suficiente para cubrir las necesidades globales. Sin embargo, con el crecimiento exponencial de dispositivos conectados, como computadoras, teléfonos inteligentes y dispositivos del Internet de las Cosas (IoT), la comunidad tecnológica empezó a anticipar un agotamiento de las direcciones IP disponibles. Este problema, que parecía lejano en un principio, se convirtió en una realidad en 2011, cuando la Internet Assigned Numbers Authority (IANA) anunció oficialmente que el espacio de direcciones IPv4 se había agotado, lo cual alertó a instituciones y gobiernos de todo el mundo sobre la urgencia de una solución sostenible y a largo plazo (Internet Assigned Numbers Authority, s. f.).

En respuesta, el Internet Engineering Task Force (IETF) diseñó IPv6, un protocolo de 128 bits que expande el espacio de direcciones a un número prácticamente ilimitado, asegurando la conectividad global para los próximos años. Además de resolver el problema de las direcciones, IPv6 ofrece mejoras en la eficiencia, seguridad y autoconfiguración, factores clave en un contexto donde la privacidad y la ciberseguridad son cada vez más importantes. Sin embargo, la transición hacia IPv6 ha sido lenta, especialmente en países en desarrollo, debido a barreras económicas, técnicas y organizativas. Muchos países adoptaron un enfoque de doble pila, en el que IPv4 e IPv6 coexisten, permitiendo una transición gradual y evitando interrupciones en los servicios de conectividad. Este proceso es particularmente relevante en redes educativas y de investigación, donde se requiere una infraestructura robusta y segura que

permita la interoperabilidad sin comprometer la seguridad de la información (Wu et al., 2011).En Colombia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) ha liderado el proceso de transición hacia IPv6 para asegurar que el país se alinee con los estándares internacionales y garantice la sostenibilidad de su infraestructura digital. La Resolución 2710 de 2017 establece plazos específicos para que las entidades públicas completaran la transición, fijando como fecha límite el 30 de junio de 2022 para las entidades de nivel nacional y el 31 de diciembre de 2022 para las entidades territoriales. Además, el MinTIC publicó una guía técnica que incluye fases de implementación, recomendaciones de seguridad y estrategias de interoperabilidad para facilitar el cambio a IPv6 en el sector público. A pesar de estos esfuerzos, la adopción de IPv6 en Colombia ha sido desigual, con avances más notables en instituciones gubernamentales centrales y un progreso limitado en zonas periféricas, donde las limitaciones financieras y la falta de conocimiento técnico han ralentizado el proceso (MinTIC, 2017).

En el ámbito regional, Norte de Santander ha buscado integrarse al desarrollo tecnológico promovido por el gobierno nacional, aunque enfrenta retos relacionados con el acceso a recursos, la capacitación y la modernización de su infraestructura tecnológica. En ciudades como Ocaña, la integración de tecnologías de la información en sectores clave, como la educación, es un paso fundamental para reducir la brecha digital y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. No obstante, la infraestructura de red en la región aún depende principalmente de IPv4, limitando la capacidad de crecimiento y el acceso a servicios digitales avanzados. En este contexto, la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) se encuentra en una posición única para liderar la adopción de IPv6 en la región y servir como modelo para otras instituciones, promoviendo una infraestructura de red moderna que soporte tanto la investigación como la educación digital avanzada.

Para la UFPSO, el proceso de adopción de IPv6 representa tanto una necesidad como un desafío. La transición permitiría mejorar la capacidad de conectividad en el campus y ofrecer una red más segura y eficiente, alineada con los requerimientos normativos del MinTIC. Sin embargo, el desconocimiento de los lineamientos y la falta de un equipo técnico especializado han sido obstáculos importantes, limitando la comprensión de los beneficios del nuevo protocolo y la implementación de medidas efectivas de transición. A esto se suma la necesidad de una coordinación adecuada entre los departamentos de TI y administrativo, un elemento crítico para asegurar una adopción exitosa y minimizar riesgos de seguridad y problemas de compatibilidad (Rivera & Xavier, 2013; Romero Muñoz, 2020).

Actualmente, la adopción de IPv6 es crucial para la UFPSO, no solo para cumplir con las regulaciones nacionales, sino también para garantizar una infraestructura de red capaz de soportar el crecimiento de dispositivos conectados y el desarrollo de nuevas tecnologías. La transición a IPv6 permitiría a la universidad modernizar su red y alinear sus capacidades tecnológicas con los estándares internacionales, contribuyendo así a la competitividad tecnológica de la región. Esta implementación también fortalecería la seguridad de la red, una consideración esencial en un contexto donde la ciberseguridad y la privacidad de los datos son prioritarios en las instituciones de educación superior (Pabón et al., 2019).

La migración a IPv6 facilita, además, el desarrollo de proyectos de investigación y aplicaciones tecnológicas en el campus, permitiendo a la UFPSO liderar la transformación digital en la educación superior en la región. En conclusión, la adopción de IPv6 no solo es una medida de cumplimiento normativo, sino un paso estratégico para que la universidad y la región puedan avanzar en su desarrollo tecnológico, consolidándose como un entorno de conectividad avanzada que fomente el progreso académico y social de sus estudiantes y personal.

2.2. Marco Contextual

La investigación se llevará a cabo en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO), una institución de educación superior situada en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia. La UFPSO se ha consolidado como uno de los principales centros educativos en la región, con una amplia oferta académica que abarca programas de pregrado y posgrado en áreas como ingenierías, educación, artes y humanidades, ciencias agrarias y del ambiente y ciencias administrativas y económicas.

La universidad cuenta con un campus que ha ido creciendo en instalaciones y equipamiento, aunque el acceso a tecnologías avanzadas y recursos de conectividad sigue siendo un reto constante. En este contexto, la UFPSO ha venido desarrollando su infraestructura de red para atender las necesidades de su comunidad universitaria, que incluye a estudiantes, docentes y personal administrativo, cada uno con diferentes niveles de acceso y uso de recursos tecnológicos. Las aulas, bibliotecas, laboratorios y oficinas administrativas forman parte de este ecosistema, donde la conectividad se ha vuelto esencial para la realización de actividades académicas, el acceso a materiales digitales y el desarrollo de investigaciones.

Socialmente, la UFPSO cumple una función importante en el municipio de Ocaña, en la región de Norte de Santander y sus alrededores ya que la institución no solo ofrece educación superior, sino que también participa en iniciativas de desarrollo comunitario y en proyectos de extensión que buscan apoyar a las comunidades vecinas en temas de educación, tecnología y desarrollo social. La población estudiantil proviene en gran medida de áreas rurales, con realidades socioeconómicas variadas que influyen en su acceso a recursos tecnológicos. Esto hace que la universidad tenga el compromiso de mantener una infraestructura de red sólida que permita una inclusión digital efectiva para todos sus miembros.

El proceso de implementación de IPv6 en la UFPSO estará enfocado en optimizar el uso de los recursos tecnológicos actuales y en preparar la infraestructura de red para soportar un mayor volumen de dispositivos conectados, garantizando una mejor calidad en los servicios de conectividad.

2.3. Marco Conceptual

Protocolo de Internet (IP): Es un conjunto de reglas indispensables para enviar y recibir datos en las redes informáticas, comunicándose de manera organizada entre dispositivos ya sea en una red local o global. Este protocolo trabaja en la Capa de red o Capa 3 del modelo OSI donde cada dispositivo que esté conectado a una red recibe una dirección IP única la cual actúa como un identificador que a su vez permite ubicar al dispositivo para que sus datos puedan ser transmitidos. (IBM, 2024)

IP divide los datos en paquetes, los envía a su destino de manera correcta y luego los une para que la información se muestre en su totalidad.

IPv4: Desde los años 70, IPv4 ha sido utilizado como el sistema de direccionamiento en internet. Este protocolo permite asignar direcciones únicas a los dispositivos que estén conectados en una red para poder comunicarse entre sí. Las direcciones se constituyen de 32 bits y usualmente se expresan con una serie de cuatro números separados por puntos, como 192.168.0.1. Este protocolo reserva bloques de direcciones para redes grandes, medianas y pequeñas lo que hace que el agotamiento de direcciones sea más acelerado (Carballar, 2022).

IPv6: Es la nueva versión del Protocolo de Internet, se creó con el fin de dar solución a la creciente problemática de agotamiento de direcciones IPv4. Las direcciones de IPv6 son de 128 bits, lo que prácticamente se puede interpretar como una cantidad ilimitada de direcciones en

comparación con las que ofrece IPv4. Esto permite la conectividad de más dispositivos y también mejora la escalabilidad de las redes.

IPv6 también ofrece mejoras en la eficiencia del enrutamiento, en la seguridad de la red y en el soporte para auto configuración de dispositivos haciendo que la gestión de las redes sea más flexible y robusta (IEvangelist, 2023).

Agotamiento de direcciones IPv4: (Castillo, 2014) En su artículo dice que el agotamiento de direcciones IP se refiere a la situación en la que la cantidad de direcciones únicas del protocolo IPv4 se vuelve insuficiente para satisfacer la alta demanda de dispositivos que necesitan conexión a internet. Ese protocolo permite aproximadamente 4.3 mil millones de direcciones únicas, aunque esta cifra parece gigantesca no todas pueden ser utilizadas debido a que existen unas reservas para direcciones privadas, entre otras.

Cuando surgió la creación de las direcciones IPv4 en los años 80 no se tuvo en cuenta el crecimiento exponencial que tendrían las redes, la demanda de direcciones ha superado su capacidad debido a la expansión de las tecnologías como los dispositivos móviles, IoT, y redes de datos. A causa de la escasez se optó por la nueva alternativa que es adoptar IPv6, este nuevo protocolo permite una cantidad casi que ilimitada de direcciones, aunque su implementación global aún enfrenta algunos retos de compatibilidad e infraestructura.

Transición de IPv4 a IPv6: Es un proceso en el cual se quiere responder a la necesidad de expandir las direcciones IP disponibles, ya que el sistema de 32 bit de IPv4 se ha agotado debido al rápido crecimiento de conexión entre dispositivos. En cambio, IPv6 con su sistema de 128 bits permite una cantidad casi ilimitada de direcciones y a su vez ofrece mejoras en la seguridad de las redes, autoconfiguración y eficiencia en el enrutamiento.

La transición de un protocolo a otro requiere de soluciones de coexistencia lo que podría implicar el uso de túneles y sistemas dual-stack, para que ambos protocolos puedan operar simultáneamente. En cierto modo, este cambio a IPv6 implica desafíos técnicos y de infraestructura, ya que los dos protocolos no son compatibles directamente, lo que conlleva a tener la necesidad de actualizar equipos y redes gradualmente (MINTIC Colombia, s. f.)

Coexistencia entre IPv4 e IPv6: La coexistencia entre IPv4 e IPv6 permite que las dos versiones trabajen juntas en una red mientras se hace la transición a IPv6, necesidad que surge por la escasez de direcciones IPv4. Para que ambos protocolos puedan tener cierta convivencia se emplean técnicas como dual-stack y los túneles MPLS (Conmutación de Etiquetas de Protocolos Múltiples).

Dual-stack permite que los dispositivos de red soporten los dos protocolos, seleccionando de manera automática el protocolo adecuado para cada conexión. En cambio, los túneles MPLS encapsulan el tráfico IPv6 para transportarlo a infraestructuras IPv4, ayudando a que la conexión entre redes IPv6 e IPv4 sea efectiva sólo cuando se dispone de una red IPv4 como intermediaria.

La coexistencia entre estos protocolos nos ayuda a obtener una transición escalonada y adaptable a nuevas tecnologías para así evitar una interrupción total en los servicios de red (Charlene, 2022).

Lineamientos y Normativas de IPv6 del MinTIC: En Colombia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) estableció un conjunto de políticas y buenas prácticas específicas para la adopción de IPv6 con el objetivo de asegurar que las entidades que hacen parte del Gobierno Colombiano hagan parte del crecimiento del ecosistema digital. MinTIC apoya este proceso con capacitaciones y recomendaciones para la correcta configuración de infraestructuras, compatibilidad de dispositivos y actualización de las

redes. Asimismo, recomiendan estrategias de transición como el uso de tecnología de coexistencia como dual-stack y túneles, también establece plazos y metas para que las entidades adopten este protocolo de manera organizada, minimizando interrupciones en el servicio mientras se mejora la seguridad y escalabilidad de las redes (MINTIC, s. f.).

Seguridad en IPv6: La seguridad es fundamental para preservar la infraestructura de red y los datos que transitan por ellas por medio de direcciones IP. IPv6 trae incorporado características como IPsec, la cual proporciona autenticación, integridad y cifrado de datos, algo que en IPv4 debía agregarse de manera externa.

Las políticas de MinTIC recomiendan ejecutar estos mecanismos para evitar ataques de interceptación y manipulación del tráfico de la red. También sugieren que se realicen monitoreos y controles de acceso a las redes, particularmente en puntos de transición con IPv4, donde las diferencias entre los dos protocolos podrían generar vulnerabilidades (Contreras, 2022).

Beneficios de IPv6: Este protocolo ofrece beneficios importantes para las empresas al permitir una mejor escalabilidad, seguridad y eficiencia en la red. La abundancia de direcciones IP por parte de este protocolo evita la complejidad de técnicas como NAT (Traducción de Direcciones de Red), facilitando también la comunicación continua entre dispositivos, ayudando a mejorar el rendimiento y permitiendo que los puntos de falla sean menos.

IPv6 optimiza la administración de las redes mediante la autoconfiguración, lo que disminuye la necesidad de intervención manual. Además, la integración nativa de IPsec proporciona mayor seguridad en la transmisión de los datos («Red RENATA», 2023).

2.4. Marco Teórico

La adopción de IPv6 como protocolo en instituciones de educación superior se ha convertido en un elemento fundamental para mejorar la infraestructura de red y atender la

creciente demanda de conectividad y seguridad. IPv6 ofrece un sistema de direccionamiento con 128 bits, que amplía significativamente el espacio de direcciones IP frente a IPv4 y resuelve el problema del agotamiento de direcciones, lo cual es esencial para soportar el crecimiento de dispositivos conectados en campus universitarios (Zander et al., 2017). Además, este protocolo permite mejoras en la eficiencia y seguridad de las redes, convirtiéndose en una opción imprescindible para instituciones que buscan una infraestructura digital moderna y escalable (Jing et al., 2021).

La transición a IPv6, sin embargo, no se limita a reemplazar el antiguo protocolo. Implica un proceso complejo de diseño, implementación y evaluación para que la red institucional funcione de manera eficiente y segura. Para cumplir con los objetivos de esta transición, es necesario que las instituciones aborden factores como la compatibilidad con IPv4, la capacitación del personal y la inversión en infraestructura. En el contexto educativo, los beneficios de IPv6 incluyen una mejor gestión de datos y mayor capacidad para soportar múltiples conexiones de alta demanda, lo cual se traduce en una mejor experiencia digital para estudiantes y personal docente (MINTIC Colombia - Acerca del MinTIC, s. f.; Rivera & Xavier, 2013).

En un estudio sobre la transición de IPv4 a IPv6 en entornos educativos, (Fahmi et al., 2021) desarrollaron una propuesta para analizar la efectividad de las redes educativas al implementar este protocolo. Su investigación, basada en la evaluación de redes universitarias en Indonesia, destaca que la actualización a IPv6 no solo depende de la infraestructura, sino también de un control técnico continuo para minimizar las interrupciones y reforzar la seguridad. La UFPSO enfrenta retos similares, como la falta de un equipo especializado y la carencia de conocimientos técnicos específicos, lo cual ralentiza el proceso y plantea la necesidad de contar

con recursos humanos capacitados para llevar a cabo esta transición de forma adecuada (Mamushiane et al., 2021).

La literatura también muestra casos exitosos de implementación de IPv6, en los cuales se subraya la importancia de la seguridad y la eficiencia de red como elementos clave en el éxito del protocolo. En un estudio sobre redes de instituciones académicas, (Jing et al., 2021) destacaron que IPv6 permite una transmisión de datos más ágil gracias a sus encabezados simplificados y que la integración de los dos protocolos de internet proporcionan una capa de seguridad adicional en la protección de datos, algo crucial en ambientes universitarios. A su vez, (Balaji Raykar & Sridhar, 2022) resaltan que IPv6 facilita la segmentación de la red y la configuración de accesos seguros, lo cual es esencial para proteger la información y garantizar la estabilidad de la red en una universidad que maneja datos sensibles de estudiantes y personal académico.

A nivel normativo, el respaldo del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) en Colombia proporciona un marco para impulsar esta transición. La Resolución 2710 de 2017 establece plazos y directrices para la implementación de IPv6 en instituciones públicas, lo que permite que las universidades cuenten con un marco regulatorio claro para modernizar sus infraestructuras y asegurar la sostenibilidad de sus redes (MinTIC, 2017). Esta regulación ayuda a orientar los recursos de forma que las instituciones puedan cumplir con los estándares de conectividad y seguridad exigidos por el contexto actual, adaptándose a los cambios tecnológicos y fomentando una infraestructura de red segura y estable.

En investigaciones a nivel global, (Ángel & Domínguez, 2013) analizaron cómo diferentes países han implementado IPv6 en sus instituciones educativas, encontrando que esta

transición suele estar impulsada por políticas gubernamentales de modernización digital y la necesidad de expandir el espacio de direcciones IP para soportar el crecimiento de redes académicas. En países como Estados Unidos y Alemania, la adopción de IPv6 en instituciones académicas ha permitido expandir la capacidad de conexión, optimizar la seguridad y mejorar la eficiencia de las redes. Sin embargo, un reto común a nivel internacional es la falta de preparación técnica del personal, lo cual refuerza la importancia de destinar recursos a la capacitación en IPv6 para asegurar una transición exitosa y sin interrupciones.

Por otra parte, a nivel nacional (Boude Figueredo & Sarmiento, 2016) sostienen que en Colombia la implementación de tecnologías avanzadas en instituciones educativas depende en gran medida del apoyo gubernamental y de los recursos financieros. En el caso de IPv6, este respaldo es clave para que las universidades puedan actualizar su infraestructura sin comprometer la calidad de los servicios y, al mismo tiempo, para reducir la brecha digital que persiste en algunas regiones del país. Así, el apoyo del estado y la disponibilidad de recursos juegan un papel esencial en la adopción de este protocolo, especialmente en instituciones como la UFPSO, que buscan mantenerse a la vanguardia tecnológica y ofrecer una infraestructura de red moderna a sus estudiantes y personal.

La adopción de IPv6, en este sentido, no solo responde a una normativa vigente, sino que representa una oportunidad para fortalecer la infraestructura tecnológica de la UFPSO, permitiendo que se posicione como una institución educativa avanzada en términos de conectividad, seguridad y capacidad de expansión. IPv6 ofrece a la universidad la posibilidad de consolidar sus servicios digitales, preparándose para un futuro en el que la conectividad sea cada vez más esencial en la educación y la investigación.

2.5. Marco Legal

En el ámbito legislativo colombiano, se han implementado normativas que buscan modernizar las tecnologías de información y comunicaciones, reconociendo su papel clave en el desarrollo de las instituciones educativas. La Constitución Política de Colombia, en el Artículo 67 establece que la educación es un derecho y un servicio público, lo anterior implica que el Estado debe garantizar el acceso a las tecnologías que faciliten el aprendizaje y el desarrollo educativo en todos los niveles resaltando la importancia de dotar a las instituciones con una infraestructura digital sólida que asegure el acceso a redes y servicios de internet para estudiantes y docentes (Artículo 67, 1991).

Por otro lado, la Ley 1341 de 2009, conocida como la Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), brinda un marco normativo fundamental para el uso y desarrollo de estas tecnologías en Colombia. Esta ley impulsa el acceso a internet en el sector público y privado, promoviendo así la infraestructura digital y asegurando que todos los ciudadanos, incluyendo a quienes integran el ámbito educativo puedan tener acceso a estas herramientas. Para la adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, esta normativa fomenta la conectividad y la innovación en las redes de las instituciones educativas, adecuándose a los estándares tecnológicos nacionales (Ley 1341, 2009).

Además, la Resolución 2710 de 2017 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) es particularmente relevante ya que regula la transición de IPv4 a IPv6 en las entidades públicas de Colombia estableciendo los lineamientos técnicos y fijando los plazos específicos para que las instituciones gubernamentales realicen la migración hacia IPv6 con el fin de superar las limitaciones de IPv4 y proporcionar una infraestructura de red moderna y segura. Para una institución pública como la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña,

cumplir con esta normativa es esencial para alinearse con los requisitos de conectividad que exige el MinTIC (Resolución MinTIC 2710, 2017).

El Decreto 1078 de 2015, también llamado Decreto Único Reglamentario del Sector TIC, unifica las normas aplicables al sector y refuerza la necesidad de asegurar la interoperabilidad de las redes de telecomunicaciones en el sector público. Este decreto, junto con la Resolución 2710, define aspectos clave para la gestión y administración de las redes de telecomunicaciones, asegurando que las instituciones públicas, incluyendo las educativas, adopten tecnologías que permitan un acceso seguro y eficiente a la red (Decreto 1078, 2015).

En el plano internacional, LACNIC (Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry) desempeña un rol importante en América Latina y el Caribe, al apoyar la adopción de IPv6 a través de políticas y directrices para la asignación de direcciones IP. Estas recomendaciones son fundamentales para instituciones como la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, ya que proporcionan el respaldo necesario para que la transición hacia IPv6 sea adecuada y logre mantener la interoperabilidad de las redes a nivel global (LACNIC - Registro de Direcciones IP en LAC, s. f.). Y a su vez las recomendaciones de la IETF (Internet Engineering Task Force) proporcionan los estándares internacionales para la implementación de IPv6, asegurando que el proceso de transición sea seguro y cumpla con las mejores prácticas en el manejo de redes. La IETF subraya la importancia de realizar una migración planificada y controlada de IPv4 a IPv6 para evitar vulnerabilidades y asegurar la eficiencia y seguridad en la red (IETF, s.f.).

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

Se optó por una metodología de investigación documental, ya que este enfoque permite analizar, comparar y sintetizar el conocimiento existente sobre la adopción de IPv6. La investigación documental se fundamenta en la revisión exhaustiva de teorías y estudios previos, utilizando fuentes primarias y secundarias de alta calidad, tales como bases de datos académicas, repositorios especializados y publicaciones científicas. Esta metodología facilita la recopilación de información relevante, lo que permite construir una base teórica sólida que respalde la pregunta de investigación y contextualice el fenómeno en estudio.

El enfoque documental posibilita no solo la identificación de tendencias, barreras y facilitadores en la transición de IPv4 a IPv6, sino también la integración y correlación de datos dispersos provenientes de diversas fuentes. De esta manera, se logra establecer un análisis comparativo que enriquece la comprensión del desarrollo y evolución del protocolo a nivel global y local, en particular en el contexto de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Además, la sistematización de la información recopilada permite evidenciar las aportaciones y limitaciones de investigaciones anteriores, lo que resulta esencial para plantear estrategias fundamentadas y orientar futuras investigaciones en el área (Mora, 2018).

3.2. Población

La población para este estudio incluye todos los componentes de la infraestructura de red de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, al igual que el personal técnico a cargo de su mantenimiento y operación. Esto porque al incluir tanto a los equipos de red como al personal de TI logramos obtener una visión completa del sistema permitiéndonos asegurar que los resultados sean representativos de la realidad y necesidades actuales de la universidad.

3.3. Muestra

Para este trabajo se tomará una muestra específica de la infraestructura de red y del equipo técnico, lo que significa que evaluaremos los componentes y elementos clave de la red, los esenciales para su correcto funcionamiento permitiéndonos identificar los patrones y posibles retos en el proceso de transición hacia IPv6 y obtener observaciones y aprendizajes útiles que puedan aplicarse a toda la infraestructura.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Análisis de la Adopción de IPv6 en los últimos Siete Años

Para el desarrollo del primer objetivo se realizó un mapeo sistemático de la literatura con el objetivo de analizar la adopción de IPv6 en el periodo 2017–2023, identificando las barreras y facilitadores en la transición de IPv4 a IPv6, y evaluando cómo se ha trabajado el tema tanto a nivel mundial como en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

En una primera fase se detectaron las palabras clave fundamentales para la investigación, entre las que se incluyen “IPv6”, “Colombia”, “adoption”, “universities” y “digital transformation”. A partir de estos términos se formularon cinco preguntas de investigación orientadas a determinar: los principales países en los que se estudia la adopción de IPv6, los autores más influyentes, la evolución temporal de las publicaciones, las palabras clave predominantes en la temática, y la cantidad de publicaciones realizadas en el periodo analizado.

Posterior a la primera fase se definieron los criterios de inclusión para la selección de los documentos. Estos criterios consistieron en:

CI1) La publicación de artículos durante los últimos siete años (2017–2023);

CI2) La relación con áreas como informática, ingeniería, ciencias de la computación, redes IP y protocolos de enrutamiento.

CI3) La consideración de artículos y revisiones.

CI4) que los documentos se encontraran en etapa de publicación final

CI5) que aborden estudios sobre la adopción o transición de IPv6.

Con estos parámetros se elaboraron cadenas de búsqueda específicas para cada base de datos (ACM Digital Library, SCOPUS, IEEE Xplore y ScienceDirect) utilizando operadores

booleanos (“AND”, “OR”) y agrupando los términos por categorías, tal como se detalla en el artículo.

La recolección inicial de documentos arrojó un total de 1541 registros. En la primera etapa de selección se analizaron los títulos y resúmenes de estos documentos aplicando los criterios de inclusión, lo que permitió reducir la muestra a 437 documentos. En una segunda etapa se realizó una lectura detallada del título, resumen y conclusiones de los documentos preseleccionados, quedando finalmente 92 documentos que se utilizaron para la extracción y clasificación de datos, representando aproximadamente el 5.97% del total inicial.

Tabla 1

Documentos Encontrados

Etapas	Descripción	N° de Documentos
Encontrados	Total de documentos encontrados por los motores de búsqueda.	**1541** ACM Digital Library: 403 SCOPUS: 786 IEEE XPLORE: 57 SCIENCEDIRECT: 295
Etapa 1	Documentos encontrados aplicando los criterios de inclusión.	**437** ACM Digital Library: 68 SCOPUS: 185 IEEE XPLORE: 43 SCIENCEDIRECT: 141

Etapa 2	Documentos seleccionados para recopilar datos y clasificarlos.	**92** ACM Digital Library: 5 SCOPUS: 67 IEEE XPLORE: 12 SCIENCEDIRECT: 8

Para la extracción de la información se utilizó una hoja de cálculo que permitió organizar datos esenciales de cada documento, tales como título, autores, revista o evento, ISSN/ISBN, DOI, base de datos de origen, año de publicación, palabras clave, problemática abordada y metodología empleada. Esta sistematización facilitó el mapeo y posterior análisis cuantitativo y cualitativo de la información, permitiendo evidenciar patrones y tendencias en la literatura sobre la adopción de IPv6

El análisis se complementó con el uso de la herramienta VOSviewer, que posibilitó la generación de mapas de red y de términos. A través de estos mapas se identificaron los países líderes en la producción científica, destacándose Estados Unidos como el principal referente, y se determinaron las redes de colaboración entre autores, en las que resaltaron figuras como Dhamdhere, A; Elmokashfi, A; y Livadariu, I. Asimismo, se evidenció la evolución en la cantidad de publicaciones, con el año 2018 como el más activo, y se identificaron términos de gran relevancia, tales como “internet protocols”, “ipv6”, “internet of things” y “network security”, así como nuevos términos emergentes entre 2020 y 2023, por ejemplo “dual stack” e “ipv6 networks”

En lo que respecta a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se realizó una comparativa entre las características actuales de IPv4 y los beneficios potenciales de la adopción

de IPv6. Esta comparación destacó mejoras significativas en cuanto al espacio de direcciones, seguridad, gestión de red y eficiencia en el uso de multicasting, evidenciando que la transición a IPv6 permitiría optimizar la conectividad y garantizar la escalabilidad de la infraestructura de red en la institución.

La conclusión del mapeo sistemático demostró que, a pesar de una actividad sostenida en la producción científica sobre la adopción de IPv6, aún existen importantes desafíos y oportunidades en la transición del protocolo. Los hallazgos resaltan la necesidad de migrar a IPv6 para mejorar la conectividad, aumentar la seguridad y cumplir con las normativas tecnológicas vigentes, tanto a nivel global como en contextos específicos como el de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Con un respaldo de 74 referencias, el mapeo sistemático constituye una base sólida para orientar futuras investigaciones y estrategias en el área.

4.2. Plan Estratégico del Proceso de Adopción de IPv6

Para el segundo objetivo se desarrolló el plan estratégico para la adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, lo cual fue una iniciativa fundamental para garantizar una transición tecnológica eficiente y alineada con los estándares nacionales según lo requería el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). Este plan tuvo como propósito establecer un marco de trabajo que asegurara la coexistencia de los protocolos IPv4 e IPv6, minimizando el impacto en los servicios académicos y administrativos de la institución.

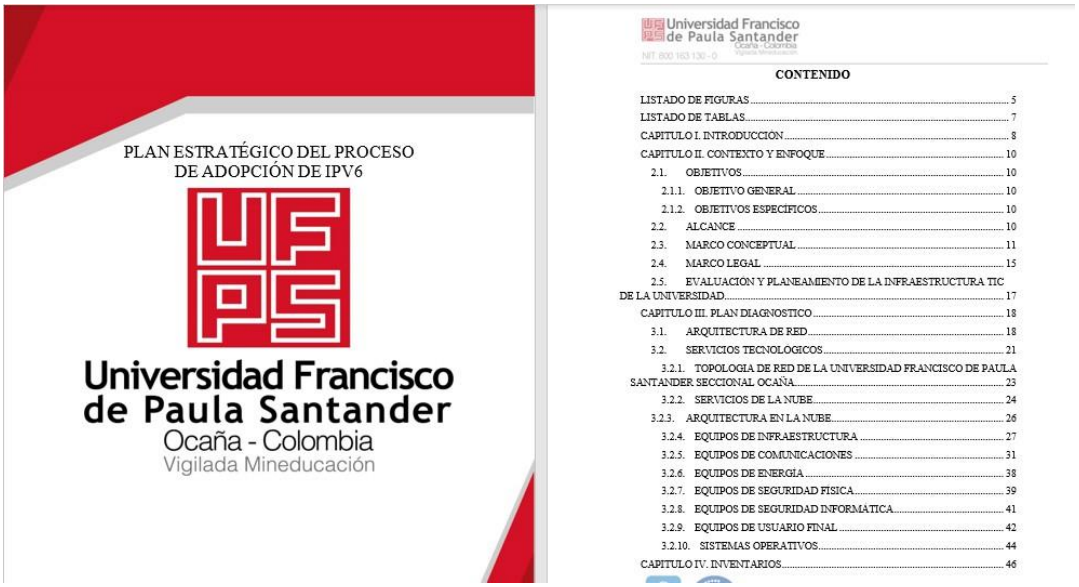
El proceso comenzó con un diagnóstico exhaustivo de la infraestructura tecnológica de la universidad, lo que permitió identificar tanto las fortalezas como las áreas de mejora necesarias para la implementación del nuevo protocolo. Entre las fortalezas se destacó la compatibilidad de

muchos dispositivos de red con IPv6, mientras que como principal debilidad se identificó la necesidad de actualizar algunos equipos y sistemas operativos obsoletos. Con base en estos hallazgos, se formuló un plan estratégico que incluyó la actualización de hardware, la implementación de software compatible con IPv6 y la capacitación del personal técnico para gestionar el cambio de manera efectiva.

La estrategia de migración se estructuró en fases para asegurar una transición progresiva y alineada con las recomendaciones de MinTIC. Se siguieron por completo los lineamientos establecidos por el ministerio, utilizando las plantillas proporcionadas para el inventario de equipos de comunicaciones, servidores y aplicaciones, así como sus recomendaciones. En una etapa inicial, se prioriza la implementación de entornos dual-stack, permitiendo que los protocolos IPv4 e IPv6 operaran simultáneamente. Esta decisión garantizó la interoperabilidad durante la migración y minimizó interrupciones en los servicios críticos, como el correo electrónico institucional y el acceso a plataformas educativas. Además, se diseñó un plan de direccionamiento IPv6 basado en los bloques de direcciones asignados por LACNIC, asegurando una distribución eficiente de los prefijos y facilitando la segmentación de la red. Se incluyó también un plan de manejo de excepciones para abordar casos en los que ciertos equipos o aplicaciones no pudieran soportar IPv6 de inmediato, estableciendo medidas transitorias y estrategias de actualización progresiva. Para optimizar la implementación, se realizó una evaluación de la infraestructura actual de la universidad, lo que permitió identificar necesidades de actualización en equipos de red, servidores y sistemas de seguridad, asegurando que la adopción de IPv6 se realizará de manera controlada y efectiva.

Figura 1

Primera Evidencia del Plan Estratégico



PLAN ESTRATÉGICO DEL PROCESO
DE ADOPCIÓN DE IPV6

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación

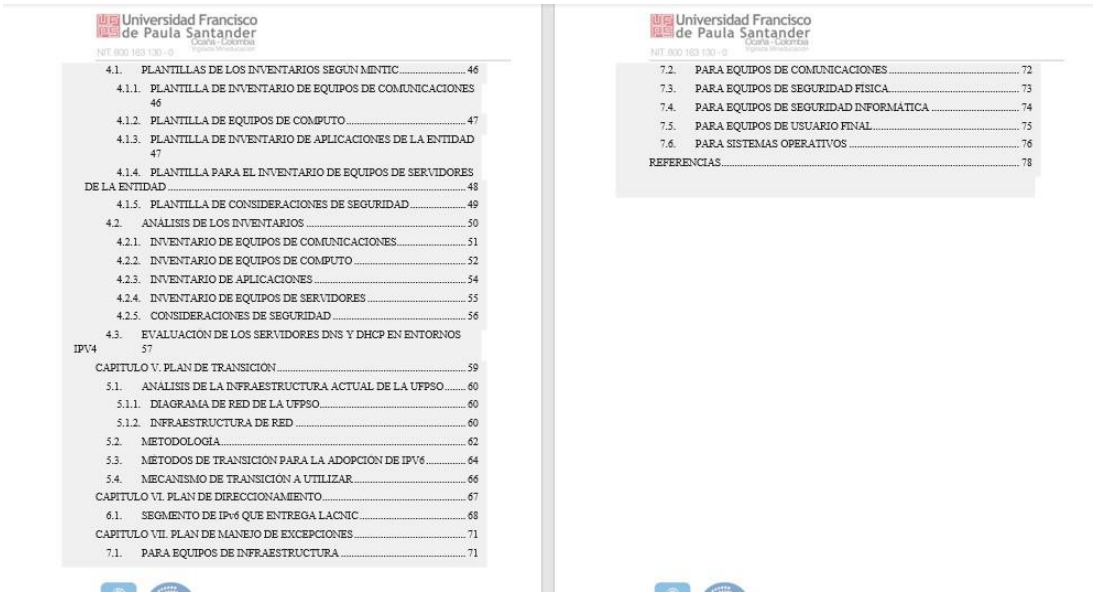
Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS 5
LISTADO DE TABLAS 7
CAPITULO I. INTRODUCCION 8
CAPITULO II. CONTEXTO Y ENFOQUE 10
2.1. OBJETIVOS 10
2.1.1. OBJETIVO GENERAL 10
2.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 10
2.2. ALCANCE 10
2.3. MARCO CONCEPTUAL 11
2.4. MARCO LEGAL 15
2.5. EVALUACION Y PLANEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA TIC DE LA UNIVERSIDAD 17
CAPITULO III. PLAN DIAGNOSTICO 18
3.1. ARQUITECTURA DE RED 18
3.2. SERVICIOS TECNOLOGICOS 21
3.2.1. TOPOLOGIA DE RED DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA 23
3.2.2. SERVICIOS DE LA NUBE 24
3.2.3. ARQUITECTURA EN LA NUBE 26
3.2.4. EQUIPOS DE INFRAESTRUCTURA 27
3.2.5. EQUIPOS DE COMUNICACIONES 31
3.2.6. EQUIPOS DE ENERGIA 38
3.2.7. EQUIPOS DE SEGURIDAD FISICA 39
3.2.8. EQUIPOS DE SEGURIDAD INFORMATICA 41
3.2.9. EQUIPOS DE USUARIO FINAL 42
3.2.10. SISTEMAS OPERATIVOS 44
CAPITULO IV. INVENTARIOS 46

Figura 2

Segunda Evidencia del Plan Estratégico



Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

4.1. PLANTILLAS DE LOS INVENTARIOS SEGUN MINTIC 46
4.1.1. PLANTILLA DE INVENTARIO DE EQUIPOS DE COMUNICACIONES 46
4.1.2. PLANTILLA DE EQUIPOS DE COMPUTO 47
4.1.3. PLANTILLA DE INVENTARIO DE APLICACIONES DE LA ENTIDAD 47
4.1.4. PLANTILLA PARA EL INVENTARIO DE EQUIPOS DE SERVIDORES DE LA ENTIDAD 48
4.1.5. PLANTILLA DE CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD 49
4.2. ANALISIS DE LOS INVENTARIOS 50
4.2.1. INVENTARIO DE EQUIPOS DE COMUNICACIONES 51
4.2.2. INVENTARIO DE EQUIPOS DE COMPUTO 52
4.2.3. INVENTARIO DE APLICACIONES 54
4.2.4. INVENTARIO DE EQUIPOS DE SERVIDORES 55
4.2.5. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD 56
4.3. EVALUACION DE LOS SERVIDORES DNS Y DHCP EN ENTORNOS IPV4 57
CAPITULO V. PLAN DE TRANSICION 59
5.1. ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA UFPSO 60
5.1.1. DIAGRAMA DE RED DE LA UFPSO 60
5.1.2. INFRAESTRUCTURA DE RED 60
5.2. METODOLOGIA 62
5.3. METODOS DE TRANSICION PARA LA ADOPCION DE IPV6 64
5.4. MECANISMO DE TRANSICION A UTILIZAR 66
CAPITULO VI. PLAN DE DIRECCIONAMIENTO 67
6.1. SEGMENTO DE IPv6 QUE ENTREGA LACNIC 68
CAPITULO VII. PLAN DE MANEJO DE EXCEPCIONES 71
7.1. PARA EQUIPOS DE INFRAESTRUCTURA 71

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

7.2. PARA EQUIPOS DE COMUNICACIONES 72
7.3. PARA EQUIPOS DE SEGURIDAD FISICA 73
7.4. PARA EQUIPOS DE SEGURIDAD INFORMATICA 74
7.5. PARA EQUIPOS DE USUARIO FINAL 75
7.6. PARA SISTEMAS OPERATIVOS 76
REFERENCIAS 78

Link de evidencia del Plan Estratégico:

https://drive.google.com/file/d/1XAMjloQPtTa3DN1wrd-u1pvscidPD7OI/view?usp=drive_link

Capítulo 5. Conclusiones

La adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña representa una necesidad inminente en un mundo donde la conectividad y la infraestructura digital son esenciales para el desarrollo académico y tecnológico. A lo largo de este trabajo se analizaron las barreras y facilitadores que han influido en la transición de IPv4 a IPv6 en los últimos siete años, permitiendo asi comprender la evolución del protocolo a nivel mundial y su impacto en las instituciones educativas. Los hallazgos reflejaron una tendencia general de adopción a nivel gradual evidenciándose que países como Estados Unidos y Alemania lideran la investigación y la implementación de IPv6, mientras que en Colombia la producción académica en esta temática sigue siendo limitada.

El análisis de la literatura permitió identificar los principales retos que han dificultado la transición a IPv6 en la universidad, entre los que destacan el desconocimiento de los lineamientos del MinTIC, la falta de un equipo especializado en la implementación del protocolo, la ausencia de coordinación interna y las limitaciones económicas. Estos factores han generado un rezago en la adopción de IPv6, a pesar de las regulaciones establecidas en la Resolución 2710 de 2017, la cual fija plazos específicos para que las entidades públicas realicen esta transición.

El desarrollo del plan estratégico para la adopción de IPv6 en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña (UFPSO) mostró que una migración exitosa requiere un enfoque progresivo y bien estructurado, donde la coexistencia de IPv4 e IPv6 sea gestionada de manera eficiente a través de estrategias como dual-stack y túneles de transición. Se evidenció

requisitos normativos, sino que también optimice la infraestructura de red para mejorar la conectividad y la seguridad de los servicios de TI en el campus.

Desde el punto de vista tecnológico, la adopción de IPv6 en la universidad permitirá una mejora significativa en la administración de la red, optimizando la asignación de direcciones IP. Además, el protocolo ofrece ventajas en términos de seguridad, al contar con características de cifrado y autenticaciones nativas que fortalecen la protección de los datos y la privacidad de los usuarios. Esto es crucial en un entorno educativo donde la seguridad de la información y la estabilidad de la infraestructura de red son aspectos fundamentales.

El estudio también dejó en evidencia que la adopción de IPv6 no solo es una exigencia normativa, sino una oportunidad estratégica para la universidad. Implementar este protocolo permitirá mejorar la calidad de la conexión en el campus, favorecer la expansión de servicios digitales y fortalecer la competitividad tecnológica de la institución. A largo plazo, una infraestructura de red basada en IPv6 garantizará la escalabilidad de los sistemas y facilitará la integración con nuevas tecnologías como IoT y Cloud Computing, posicionando a la UFPSO como una institución a la vanguardia en transformación digital.

Por todo lo mencionado anteriormente la transición de IPv4 a IPv6 es un proceso que requiere planificación, inversión y compromiso institucional. La universidad debe adoptar un enfoque estratégico que incluya la capacitación del personal, la optimización de la infraestructura y la alineación con las directrices del MinTIC. Solo así podrá garantizarse una conectividad robusta y sostenible, que responda a las necesidades de los estudiantes y el personal académico, y que impulse la modernización tecnológica de la institución.

Referencias

Aatish, C., Pooja, R., Singh, S.M.: An IPv6 E-learning tool with integrated network configuration simulator. In: Proceedings of 2017 3rd IEEE International Conference on Sensing, Signal Processing and Security, ICSSS 2017, pp. 259–263 (2017).

Al-Dubai, A., Wadhaj, I., Gharebi, W., Thomson, C.: Performance investigation of RPL routing in pipeline monitoring WSNs. In: Proceedings - 20th International Conference on High Performance Computing and Communications, 16th International Conference on Smart City and 4th International Conference on Data Science and Systems, HPCC/SmartCity/DSS 2018, pp. 1070–1075 (2019).

Alghatrifi, I., Khalid, H.: A systematic review of UTAUT and UTAUT2 as a baseline framework of information system research in adopting new technology: a case study of IPV6 adoption. In: International Conference on Research and Innovation in Information Systems, ICRIIS (2019). https://doi.org/10.1109/ICRIIS48246.2019.9073292.

Ángel, F. M., & Domínguez, J. F. C. (2013). Centro de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Revista Vínculos, 10(2), Article 2. https://doi.org/10.14483/2322939X.6563

Artículo 67, Pub. L. No. Artículo 67 (1991). http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_pr002.html#:~:text=ARTICULO%2067.,y%20valores%20de%20la%20cultura.

Bajpai, V., y J. Schonwalder. «A longitudinal view of dual-stacked websites - failures, latency and happy eyeballs». IEEE/ACM Trans. Netw. 27 (2019). https://doi.org/10.1109/TNET.2019.2895165.

Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L.A., Cuesta-Quintero, F.R.: Smart farm: defining of infrastructure based on internet of things, IPv6 and software defined networks [Granja inteligente: Definición de infraestructura basada en internet de las cosas, IpV6 y redes definidas por software]. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao 183–197 (2019).

Benseny, J., D. Lagutin, H. Hämmäinen, y D. Trossen. «Feasibility of IP-over-ICN». Telecommun. Syst. 73 (2020). https://doi.org/10.1007/s11235-019-00593-5.

Balaji Raykar, D., & Sridhar, V. (2022). Elicitation of Personal Data Categories for Implementing Data Protection: An Exploratory Study in an Educational Institution. Proceedings of the 15th Innovations in Software Engineering Conference, 1-10. https://doi.org/10.1145/3511430.3511443

Boude Figueredo, O. R., & Sarmiento, J. A. (2016). Herramientas web 2.0: Efecto en los aprendizajes de los jóvenes colombianos. Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales, Extra 11, 143-163.

Carballar, J. A. (2022, noviembre 25). Qué es IPv4. Carballar.com. https://carballar.com/que-es-ipv4

Castillo, Y. (2014). Agotamiendo IPv4 en la región latinoamericana. Prisma Tecnológico, 5(1), Article 1.

CCN-CERT - Seguridad y mecanismos de transición en IPv6. (s. f.). Recuperado 9 de noviembre de 2024, de https://www.ccn-cert.cni.es/es/comunicacion-eventos/comunicados-ccn-cert/3930-seguridad-y-mecanismos-de-transicion-en-ipv6?format=html

Charlene. (2022). https://community.fs.com/es/article/how-to-achieve-ipv4-and-ipv6-coexistence-dual-stack-or-mpls-tunnel.html

Compilación Jurídica del MINTIC - Resolución 2710 de 2017 MTIC. (s. f.). Recuperado 9 de noviembre de 2024, de https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/resolucion_mintic_2710_2017.htm?resaltar=ipv6

Contreras, I. F. (2022). 1.3 05/11/2015 Versión ajustada Ing. Fernando Contreras.

Dawadi, B. R., D. B. Rawat, S. R. Joshi, P. Manzoni, y M. M. Keitsch. «Migration cost optimization for service provider legacy network migration to software-defined IPv6 network». Int. J. Netw. Manag., 2021. https://doi.org/10.1002/NEM.2145.

Dewar, R. -. B., Y. Medina-Cárdenas, y L. M. Santos Jaimes. «IPSec de IPv6 en la universidad de Pamplona». Scientia Et Technica 2 (2008).

Decreto 1078 (2015). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77888

Dimitriadou, E., & Lanitis, A. (2023). A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms. Smart Learning Environments, 10(1). Scopus. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3

Feldner, B., y P. Herber. «A qualitative evaluation of IPv6 for the industrial internet of things». Proc. Comput. Sci. 134 (2018). https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.195.

Fahmi, Muladi, Ashar, M., Wibawa, A. P., & Purnawansyah. (2021). IPv6 vs IPv4 Performance Simulation and Analysis using Dynamic Routing OSPF. 452-456. Scopus. https://doi.org/10.1109/IC2IE53219.2021.9649228

Gardasevic, G., Vasiljevic, D., Buratti, C., Verdone, R.: Experimental characterization of joint scheduling and routing algorithm over 6TiSCH. In: 2018 European Conference on Networks and Communications, EuCNC 2018, pp. 424–428 (2018).

Guevara Albán, G. P., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento, 4(3), 163-173.

Hasan, A. H., M. Anbar, y T. A. Alamiedy. «Deep learning approach for detecting router advertisement flooding-based DDoS attacks». J. Ambient. Intell. Humaniz. Comput. 14 (2023). https://doi.org/10.1007/s12652-022-04437-0.

Hassan, A. M., y A. I. Awad. «Urban transition in the era of the internet of things: social implications and privacy challenges». IEEE Access 6 (2018). https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2838339.

Hsu, A., F. Li, y P. Pearce. «Fiat lux: Illuminating IPv6 apportionment with different datasets». Perform. Eval. Rev. 51 (2023). https://doi.org/10.1145/3606376.3593542.

Imran, K., N. Anjum, A. Alghamdi, A. Shaikh, M. Hamdi, y S. Mahfooz. «A secure and efficient cluster-based authentication scheme for internet of things (IoTs)». Comput. Mater. Continua 70 (2021). https://doi.org/10.32604/cmc.2022.018589.

IBM. (2024). https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.2?topic=protocols-internet-protocol

IETF, s.f. (s. f.). Recuperado 9 de noviembre de 2024, de https://www.ietf.org/

IEvangelist. (2023, mayo 10). Introducción al Protocolo de Internet, versión 6 (IPv6)—.NET. https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/fundamentals/networking/ipv6-overview

Internet Assigned Numbers Authority. (s. f.). Recuperado 10 de noviembre de 2024, de https://www.iana.org/

Jing, S., Guo, L., Wang, Q., Li, E., Zhao, C., & Xiao, B. (2021). Research and Deployment of IPv4/IPv6 Dual Stack Network in Large-scale Campus Network. 2021 IEEE Conference on Telecommunications, Optics and Computer Science (TOCS), 128-132. https://doi.org/10.1109/TOCS53301.2021.9688812

Li, Y., y L. Iannone. «Assessing locator/identifier separation protocol interworking performance through RIPE Atlas». Comput. Netw. 132 (2018). https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.12.014.

Livadariu, I., Elmokashfi, A., Dhamdhere, A.: Measuring IPv6 adoption in Africa. In: Odumuyiwa, V., Adegboyega, O., Uwadia, C. (eds.) AFRICOMM 2017. LNICST, vol. 250, pp. 345–351. Springer, Cham (2018). https://doi.org/10.1007/978-3-319-98827-6_32.

Livadariu, I., A. Elmokashfi, y A. Dhamdhere. «On IPv4 transfer markets: analyzing reported transfers and inferring transfers in the wild». Comput. Commun. 111 (2017). https://doi.org/10.1016/j.comcom.2017.07.012.

Lobo, J., y R. -. B. Dewar. «Implementación de la seguridad del protocolo de internet versión 6». Gerencia tecnológica informática 11 (2012).

LACNIC - Registro de Direcciones IP en LAC. (s. f.). Recuperado 10 de noviembre de 2024, de https://www.lacnic.net/

Ley 1341 (2009). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913

Mamushiane, L., Shozi, T., & Manqele, L. (2021). IPv6 adoption in South Africa: Barriers, benefits and government intervention. 2021 IST-Africa Conference, IST-Africa 2021. Scopus.

Mendoza Ramírez, G. E., & Quintana Burgos, S. A. (2011). IPV6: Estudio sobre las barreras para su implementación. http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062649.pdf. https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2604

MINTIC. (s. f.). MINTIC Colombia. Recuperado 11 de noviembre de 2024, de https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-272625.html

MINTIC Colombia. (s. f.). MINTIC Colombia. Recuperado 11 de noviembre de 2024, de https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-propertyvalue-133049.html

MINTIC Colombia—Acerca del MinTIC. (s. f.). MINTIC Colombia. Recuperado 9 de noviembre de 2024, de https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-propertyvalue-111081.html

Mora, C. B. (2018). Manual para la Presentación de Referencias Bibliográficas de Documentos Impresos y Electrónicos.

Nikkhah, M., A. Mangal, C. Dovrolis, y R. Guerin. «A statistical exploration of protocol adoption». IEEE/ACM Trans. Netw. 25 (2017). https://doi.org/10.1109/TNET.2017.2711642.

Nikolina, K.: Overview of the progress of IPv6 adoption in Croatia. In: Proceedings of the 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022, pp. 405–408 (2022).

Novo, O.: Making constrained things reachable: a secure IP-agnostic NAT traversal approach for IoT. ACM Trans. Internet Technol. (2018). https://doi.org/10.1145/3230640.

Popoviciu, C. «User centric metrics for a realistic assessment of broadband services». Front. Commun. Netw., 2023. https://doi.org/10.3389/FRCMN.2023.1243047.

Pabón, L. M., Sandoval, R. I., Pérez, H. E., & Araque, E. R. (2019). Standardization of labor competencies of the telecommunications sector in Colombia: Elaboration of competition standards for IPv6. 2019-July. Scopus. https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.365

Ramesh, R., Evdokimov, L., Xue, D., Ensafi, R.: VPNalyzer: systematic investigation of the VPN ecosystem. In: 29th Annual Network and Distributed System Security Symposium, NDSS 2022 (2022). https://doi.org/10.14722/NDSS.2022.24285.

Ramírez, G. E. M., Burgos, S. A. Q., & Mendoza, G. V. (2011). IPV6: ESTUDIO SOBRE LAS BARRERAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN.

Red RENATA. (2023, junio 23). Red RENATA. https://www.renata.edu.co/por-que-ipv6-es-importante-para-su-empresa/

Resolución MinTIC 2710 (2017). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://mintic.gov.co/portal/715/articles-61192_recurso_1.pdf

Rivera, L., & Xavier, D. (2013, abril 1). Propuesta de un Plan de Implementación para la migración a IPV6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana Sede-Cuenca. https://www.semanticscholar.org/paper/Propuesta-de-un-Plan-de-Implementaci%C3%B3n-para-la-a-en-Rivera-Xavier/30afc314160bb3d9416abab0089db7a7c5a0fede

Romero Muñoz, N. Y. (2020). Diseñar la Arquitectura Networking y realizar el estudio de impacto para el proceso de migración de IPv4 a IPv6 en el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario INPEC, de acuerdo a la guía metodológica de MINTIC. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77444

Sahoo, V.K., Singh, V., Gourisaria, M.K., Acharya, A.K.: URL classification on extracted feature using deep learning. In: Tistarelli, M., Dubey, S.R., Singh, S.K., Jiang, X. (eds.) CVMI 2022. LNNS, vol. 586, pp. 415–428. Springer, Singapore (2023). https://doi.org/10.1007/978-981-19-7867-8_33.

Santiago, J.E.S., Venegas, C.A.S., Velásquez, J.C.H., Santiago, C.P.: Proposal for the implementation of IPv6 in an operational IPv4 infrastructure. In: Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (2019). https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.300.

Santos, B. P., O. Goussevskaia, L. F. M. Vieira, M. A. M. Vieira, y A. A. F. Loureiro. «Mobile matrix: routing under mobility in IoT, IoMT, and social IoT». Ad Hoc Netw. 78 (2018). https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.05.012.

Shabana Parveen, M., y P. T. V. Bhuvaneswari. «Investigation of RPL in 6LoWPAN based elderly care monitoring system». J. Intell. Fuzzy Syst. 42 (2022). https://doi.org/10.3233/JIFS-211943.

Shah, J. L. «Secure neighbor discovery protocol: review and recommendations». Int. J. Bus. Data Commun. Netw. 15 (2019). https://doi.org/10.4018/IJBDCN.2019010105.

Shah, J. L., y H. F. Bhat. «Towards a secure IPv6 autoconfiguration». Inf. Secur. J. 29 (2020).

Subratie, K., S. Aditya, V. Daneshmand, K. Ichikawa, y R. Figueiredo. «On the design and implementation of IP-over-P2P overlay virtual private networks». IEICE Trans. Commun. E103B (2020). https://doi.org/10.1587/transcom.2019CPI0001.

Suleiman, M.F., Cordry, J.: Analysis of organizations IPv6 deployment strategies in Nigeria and evaluating suitable transition mechanisms. In: Proceedings of 2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference, IAEAC 2017, pp. 695–704 (2017).

Syamsuar, D., P. Dell, D. Witarsyah, y A. Luthfi. «Organizational resistance to technology diffusion: the case of IPv6». Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol. 12 (2022). https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.6.16073.

Su, J.-M., Tseng, S.-S., & Lin, T.-W. (2016). Building the virtual experiment learning activities to facilitate IPv6 online training. Advances in Intelligent Systems and Computing, 387, 311-318. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23204-1_31

Verma, A., y V. Ranga. «Security of RPL based 6LoWPAN networks in the internet of things: a review». IEEE Sens. J. 20 (2020). https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.2973677.

Wang, X., y S. Zander. «Extending the model of internet standards adoption: a cross-country comparison of IPv6 adoption». Inf. Manag. 55 (2018). https://doi.org/10.1016/j.im.2017.10.005.

Wu, J., Zhang, H., Li, X., Chen, M., & Bao, C. (2011). The China Education and Research Network (CERNET) IVI Translation Design and Deployment for the IPv4/IPv6 Coexistence and Transition (Request for Comments RFC 6219). Internet Engineering Task Force. https://doi.org/10.17487/RFC6219

Yamamoto, M., Nakazato, J., Tsukada, M., Esaki, H.: Iterative resolution with IPv6 packets failing. In: Proceedings - International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN (2023). https://doi.org/10.1109/ICCCN58024.2023.10230170.

Yan, H., et al.: Design and ground test of an ipv6 node for space network. In: 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications, ICCC 2020, pp. 373–377 (2020).

Zembruzki, L., Jacobs, A.S., Granville, L.Z., Pfitscher, R.J.: Examining the centralization of email industry: a landscape analysis for IPv4 and IPv6. In: Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications, 2023-July, pp. 360–366 (2023).

Zander, S., Andrew, L. L. H., & Armitage, G. (2017). Collaborative and privacy-preserving estimation of IP address space utilisation. Computer Networks, 119, 56-70. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.03.010

Apéndice

Este apéndice contiene los certificados y evidencias obtenidas a través de la participación en el evento y publicación del artículo. Estos hechos se relacionan con el proceso de investigación. Este análisis se desarrolló con los Mg. Atón García Barreto y Dewar Rico Bautista, los Ing.

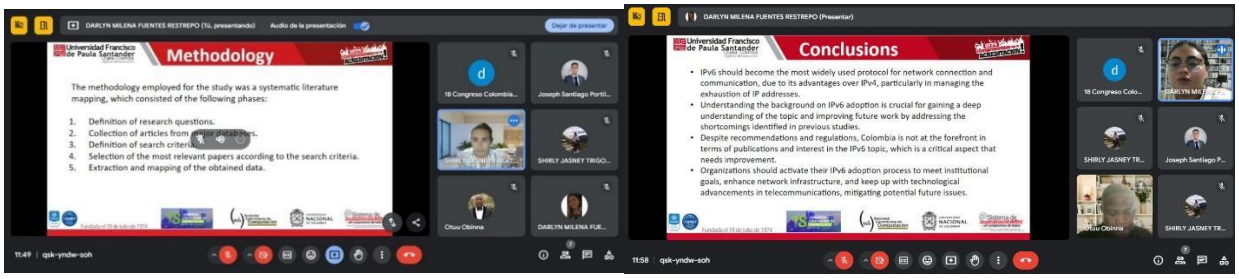
Darwin Navarro Pino y Edwin Barrientos Avendaño quienes nos guiaron hasta la presentación del artículo llamado “Análisis de la Adopción de IPv6 en los Últimos Siete Años: Un Mapeo Sistemático” en el 18° Congreso Colombiano de Computación (18CCC), realizado entre del 4 al 6 de Septiembre de 2024 en Manizales – Caldas. Aunque el evento estaba programado de manera presencial, el paro de transportadores que afectó al país en esos días nos obligó a realizar la ponencia de manera virtual.

Apéndice A. *Certificados obtenidos en el 18CCC en la ciudad de Manizales – Caldas.*



Como se mencionó anteriormente el evento se realizó en la ciudad de Manizales – Caldas, pero debido a que la semana del 4 al 6 de Septiembre en Colombia hubo paro de transportadores tuvimos que realizar la ponencia de manera virtual, lo cual no nos impidió exponer de manera acertada nuestro artículo.

Apéndice B. *Evidencias de Participación en el 18 Congreso Colombiano de Computación en Manizales – Caldas.*



En las siguientes imágenes se muestra la evidencia de que hicimos la presentación del artículo de manera virtual y que las dos tuvimos interacción con el evento.

Apéndice C. *Publicación del Artículo de Investigación en la Revista Springer.*



En el siguiente enlace se puede dar veracidad de la publicación de el artículo de investigación “Análisis de la Adopción de IPv6 en los últimos Siete Años: Un Mapeo Sistemático”:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75236-0_20