

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 65

FECHA	Jueves, 26 de abril de 2018
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

TIPO DE DOCUMENTO	Pasantía
--------------------------	----------

FACULTAD	Ingeniería
-----------------	------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------

PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica
---------------------------	-------------------------------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Fonseca Castro	Diana Catalina	1098407958

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Criollo	Edgar Hernando
Luna Ceballos	Diego Fernando

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 2 de 65

TÍTULO DEL DOCUMENTO

Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia.

SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Ingeniero Electrónico

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

2018

NÚMERO DE PÁGINAS

65

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Protocolo de Internet (versión 4 y 6).	Internet protocol.
2. Plan de transición.	Transition plan.
3. Mecanismos de migración.	Migration mechanisms.
4. Soporte IPv6	IPv6 support.
5. Infraestructura de red.	Network infrastructure.
6. Coexistencia de protocolos.	Coexistence of protocols.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 65

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En la actualidad la mayoría de redes funcionan bajo la versión 4 de IP, desafortunadamente el número de direcciones entregadas en ésta no fue suficiente para suplir la demanda que trajo consigo el uso creciente de la tecnología, por lo tanto, se originó la necesidad de implementar una nueva versión.

La versión 6 de IP evita problemas de crecimiento de la red ya que se puede adquirir un gran número de direcciones, además permite un óptimo rendimiento en los servicios ofrecidos, pues se tiene la capacidad para comunicarse con otras redes que no solo trabajen bajo IPv6, sino con IPv4, o con las dos de manera simultánea, por lo menos mientras se realiza el proceso de migración donde se debe asegurar la coexistencia de las dos versiones.

En este proyecto se diseña un plan de transición del protocolo IPv4 a IPv6 en redes de datos teniendo en cuenta los lineamientos del Min TIC, éste permite a la entidad tener una mirada holística de la infraestructura de red interna y saber qué tan preparada se encuentra para realizar la migración, determinando el porcentaje de compatibilidad de *hardware* y *software* con el nuevo protocolo, conociendo cuáles son las necesidades y cambios importantes a realizar antes de empezar con el proceso y definir un previo plan de trabajo que permita organizar las actividades específicas, objetivos y responsables para cada una de ellas; de esta manera, la guía entregada por el Min TIC ayuda a definir el primer paso en el proceso de transición.

Currently most networks operate under version 4 of IP, unfortunately the number of addresses delivered in this was not enough to meet the demand that brought with it the growing use of technology, and therefore, the need arose to implement a new version.

Version 6 of IP prevents problems of network growth since it can acquire a large number of addresses, also allows an optimal performance in the services offered, because it has the ability to communicate with other networks that not only work under IPv6, but with IPv4, or with both simultaneously, at least while the migration process is carried out, where the coexistence of the two versions must be ensured.

In this project a transition plan from IPv4 protocol to IPv6 is designed in data networks taking into account the guidelines of the Min TIC, this allows the entity to have a holistic view of the internal network infrastructure and know how prepared it is for perform the migration, determining the percentage of hardware and software compatibility with the new protocol, knowing what are the important needs and changes to be made before starting the process and defining a previous work plan that allows to organize the specific activities, objectives and responsible for each of them; In this way, the guide delivered by the Min TIC helps define the first step in the transition process.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 65

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		x
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 5 de 65

(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 65

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 65

Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 basado en las recomendaciones realizadas por el Min TIC Colombia.pdf	Texto
2.	
3.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Fonseca Castro Diana Catalina	

12.1.50

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

PLAN DE TRANSICIÓN DEL PROTOCOLO DE RED IPv4 A IPv6 BASADO EN LAS RECOMENDACIONES REALIZADAS POR EL MIN TIC COLOMBIA

DIANA CATALINA FONSECA CASTRO.
Estudiante Ingeniería Electrónica.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Ingeniería Electrónica.
Facultad de Ingeniería.
Fusagasugá, Colombia
2018

PLAN DE TRANSICIÓN DEL PROTOCOLO DE RED IPv4 A IPv6 BASADO EN LAS RECOMENDACIONES REALIZADAS POR EL MIN TIC COLOMBIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniera
Electrónica

DIANA CATALINA FONSECA CASTRO.
Estudiante Ingeniería Electrónica.

Asesor Interno:
Ing. Edgar Hernando Criollo.

Asesor Externo:
Ing. Diego Fernando Luna Ceballos.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Ingeniería Electrónica.
Facultad de Ingeniería.
Fusagasugá, Colombia
2018

Resumen

La comunicación entre redes de datos se da gracias a la transmisión de información a través de dispositivos identificados por direcciones de longitud fija especificadas por el Protocolo de Internet (IP por sus siglas en inglés); en la actualidad la mayoría de redes funcionan bajo la versión 4 de este protocolo, desafortunadamente el número de direcciones IP entregadas en esta versión no fueron suficientes para suplir la demanda que trajo consigo el uso creciente de la tecnología, por lo tanto, se originó la necesidad de implementar una nueva versión que disponga de un número mayor de direcciones IP disponibles.

La nueva versión del Protocolo de Internet, versión 6, evita problemas de crecimiento de la red ya que se puede adquirir un gran número de direcciones por entidad, además permite un óptimo rendimiento en los servicios ofrecidos, pues se tiene la capacidad para comunicarse con otras redes que no solo trabajen bajo IPv6, sino con IPv4 o con las dos de manera simultánea, por lo menos mientras se realiza el proceso de migración donde se debe asegurar la coexistencia de las dos versiones.

En este proyecto se diseña un plan de transición del protocolo IPv4 a IPv6 en redes de datos teniendo en cuenta los lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Min TIC), a través de tres pasos bien definidos, primero, la elaboración y validación del inventario de *hardware* y *software* en la entidad. Segundo, el desarrollo de un plan diagnóstico de la infraestructura de red sobre la que se trabaja. Tercero, un plan de trabajo que describa el paso a paso a seguir en el proceso de adopción de IPv6. Todo esto con base en la información y necesidades existentes en la Alcaldía de Fusagasugá, entidad tomada como referencia en el desarrollo de las actividades planteadas. [1]

El proceso sugerido por el Min TIC para el desarrollo de la etapa de planificación en la transición a IPv6 permite a la entidad tener una mirada holística de la infraestructura de red interna y saber qué tan preparada se encuentra para realizar la migración, determinando el porcentaje de compatibilidad de *hardware* y *software* con el nuevo protocolo, conociendo cuáles son las necesidades y cambios importantes a realizar antes de empezar con el proceso y definir un previo plan de trabajo que permita organizar las actividades específicas, objetivos y responsables para cada una de ellas; de esta manera, la guía entregada por el Min TIC ayuda a definir el primer paso en el proceso de transición.

Contenido

Resumen	10
Introducción	15
1. El problema	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos:	17
1.3. Justificación	17
1.4. Alcances y limitaciones	18
2. Marco teórico	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Fundamentos teóricos	22
2.2.1. Red de datos	22
2.2.2. Protocolo de Internet versión 4 o IPv4	23
2.2.3. Protocolo de Internet versión 6 o IPv6	23
2.2.4. Direcciones IPv6	23
2.2.5. Plan de direccionamiento IPv6	24
2.2.6. Políticas de enrutamiento IPv6	29
2.2.7. Mecanismos de transición.	30
3. Diseño metodológico	32
3.1. Metodología	32
4. Actividades	33
4.1. Inventario de activos informáticos Alcaldía de Fusagasugá	33
4.1.1. Equipos de cómputo	33
4.1.2. Equipos de impresión	37
4.1.3. Equipos de comunicación	41
4.1.4. Servidores	44
4.1.5. Aplicativos	45
4.2. Plan de diagnóstico	47
4.2.1. Análisis de la topología actual de la red y su funcionamiento.	47
4.2.2. Validación previa de la infraestructura de red.	50

<u>4.2.3. Compatibilidad y grado de avance en la adopción de IPv6 en la red de datos.</u>	52
<u>4.2.4. Direccionamiento actual y sugerencias para IPv6</u>	54
<u>4.3. Plan de trabajo</u>	54
<u>5. Conclusiones</u>	62

Índice de figuras

Figura 1. Topologías comunes en redes de datos. Tomada y modificada de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/02_introduccion.pdf	22
Figura 2. Formato básico de una dirección IPv6. Tomado de https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipv6-overview-10/index.html	23
Figura 3. Fases del ciclo PHVA en la transición a IPv6. *	32
Figura 4. Cantidad de equipos con las diferentes versiones de Sistemas Operativos. *	35
Figura 5. Descripción soporte IPv6 en Equipos de Cómputo. *	36
Figura 6. Tecnología de los Equipos de Impresión. *	38
Figura 7. Porcentaje de Switches con soporte IPv6. *	42
Figura 8. Porcentaje de soporte IPv6 en Servidores. *	45
Figura 9. Soporte IPv6 en Aplicativos. *	46
Figura 10. Diagrama de red LAN Centro Administrativo Municipal de Fusagasugá. Elaborado por Oficina TIC, noviembre de 2016.	48
Figura 11. Diagrama proceso entrega final del servicio de Internet en la red LAN del CAM. *	50

Índice de tablas

Tabla 1. Estructura dirección IPv6. *	25
Tabla 2. Bits en cada paquete de datos. *	25
Tabla 3. Segmentos de red por Ciudad. *	26
Tabla 4. Segmentos de red por oficinas en la Ciudad 1. *	27
Tabla 5. Segmentos de red por oficinas en la Ciudad 2. *	27
Tabla 6. Segmentos de red por departamentos de la oficina 1 en la Ciudad 1. *	28
Tabla 7. Plantilla inventario Equipos de Cómputo. *	33
Tabla 8. Descripción Equipos de Cómputo. *	34
Tabla 9. Plantilla inventario Equipos de Impresión. *	37
Tabla 10. Descripción Equipos de Impresión sugeridos. *	39
Tabla 11. Plantilla Inventario Equipos de Comunicación. *	41
Tabla 12. Descripción Switches. *	42
Tabla 13. Descripción de Switches sugeridos. *	43
Tabla 14. Plantilla inventario Servidores. *	44
Tabla 15. Descripción Servidores. *	44
Tabla 16. Plantilla Inventario Aplicativos. *	46
Tabla 17. Descripción Servicio de Internet oficinas externas. *	48
Tabla 18. Descripción equipos Rack1. *	51
Tabla 19. Cantidad puntos de red y categoría cable UTP por dependencia. *	52
Tabla 20. Porcentaje de compatibilidad con IPv6 de Hardware. *	52
Tabla 21. Características equipos propiedad del ISP. *	53
Tabla 22. Plantilla cronograma sugerido para plan de transición. *	55

Introducción

El Protocolo de Internet (IP por sus siglas en inglés) es un conjunto de reglas para las comunicaciones de datos digitales, su objetivo principal es la transmisión de bloques de datos entre fuentes y destinos que son computadores conectados a la red e identificados por direcciones de longitud fija. Dichas etiquetas utilizadas por el protocolo IP son llamadas formalmente direcciones IP y se representan con un conjunto de números asignados a cada dispositivo que pertenece a una red de datos; las direcciones IP no son siempre las mismas para cada equipo, puede que se asigne una diferente cada vez que el mismo dispositivo se conecta a la red, de esta manera son llamadas direcciones IP dinámicas; por el contrario, si es necesario que la etiqueta sea siempre la misma se llama IP fija. [2]

Los sistemas de Internet se basan en protocolos que permiten compartir información entre dispositivos, para esto, actualmente se utiliza en la mayoría de los casos el Protocolo de Internet versión 4 (IPv4, por sus siglas en inglés). Éste protocolo dispone aproximadamente de 40 millones de direcciones IP muchas de las cuales ya se ocuparon [3] [4]. Por ello, alrededor de los años 90 el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés) desarrolló el Protocolo de Internet versión 6 (IPv6, por sus siglas en inglés), el cual dispone de más o menos 340 billones de direcciones IP [5].

Como el agotamiento de direcciones IP es un problema que aqueja a todos los países del mundo, se han venido desarrollando planes de implementación por parte de los entes gubernamentales pertinentes; en Colombia, por ejemplo, la migración a IPv6 ha sido promovida por parte del Min TIC a través de la Circular 002 de 2011 denominada: **circular para la promoción de la adopción del IPv6 en Colombia** [6]. De acuerdo con esto, las organizaciones en calidad de entidades públicas se ven en la necesidad de iniciar con el proceso de migración de IPv4 a IPv6.

En este documento se presenta una propuesta para la planeación de la transición del protocolo de Internet, contemplando únicamente las fases de diagnóstico y planeación descritas en el documento denominado: **guía para la transición a IPv6 en Colombia**. [1]

1. El problema

1.1. Planteamiento del problema

El creciente uso de la tecnología ha hecho que se incrementen las comunicaciones a través de redes de datos, según el Min TIC, se han registrado decenas de millones de nuevos usuarios en Internet en los últimos años; lo que ha generado que sea mayor la demanda de direcciones IP requeridas, tanto así, que desde los años 90 ha nacido la preocupación por el agotamiento de las direcciones IP que funcionan bajo el protocolo IPv4. [4]

Tan sólo en Latinoamérica, según el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC), en el 2014 la provisión de direcciones IPv4 para la región se agotó y comenzaron a regir políticas restrictivas para la entrega de direcciones IPv4 en el continente. Además, entran en vigor las políticas de "agotamiento gradual" y "nuevos miembros" que establecen modificaciones en los procedimientos y requerimientos para la entrega de recursos IPv4 [7]. También se activa la política de "Transferencias de bloques IPv4 dentro de la región LACNIC" que habilita y regula la transferencia de recursos entre entidades de la región. [8]

Para dar solución a esto, en los años 90 el IETF decide adoptar el nuevo protocolo IPv6, cuya principal característica es brindar un elevado número de direcciones IP que garantice la suficiencia para cubrir los requerimientos de las nuevas tecnologías. Este nuevo protocolo se plantea como una solución definitiva a largo plazo, pues se propone una adopción paulatina de IPv6 en coexistencia con IPv4, lo que facilitaría a prestadores de servicios de Internet, empresas, universidades, hogares y otros usuarios no interrumpir su servicio ni alterar su infraestructura de red. [9]

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar el plan de transición del protocolo IPv4 a IPv6 en redes de datos, acorde a los lineamientos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Min TIC).

1.2.2. Objetivos específicos:

- Elaborar y validar el inventario de activos de información.
- Analizar y desarrollar el plan de diagnóstico.
- Generar el plan de trabajo para la adopción del protocolo IPv6.

1.3. Justificación

La migración hacia IPv6 es un proceso que han venido promoviendo en diferentes países los entes gubernamentales encargados del tema, en Colombia el Min TIC, en Ecuador el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, en Argentina el Ministerio de Comunicaciones, entre otros. El trabajo realizado se enfoca en la creación de políticas y directrices para hacer que entidades públicas realicen el proceso de migración con un mínimo de afectación en la operación de sus sistemas TIC y en un tiempo prudencial. En Colombia, el Min TIC, a través de la circular para la promoción de la adopción del IPv6 en Colombia, indica que el país debe generar un entorno propicio que garantice la transición a IPv6 para el desarrollo de la sociedad de la información, la conectividad digital, la solidez y firmeza de los servicios digitales y la apropiación de las TIC. Por ello, es importante que entidades del estado inicien las fases de diagnóstico y planificación de la transición; pues negarse a la actualización del protocolo IPv4 implicaría evitar el continuado crecimiento de Internet, paralizar la innovación, realizar inversiones inadecuadas, impedir el desarrollo del Internet de las cosas en el país, dificultar el crecimiento de la seguridad y protección de la red, limitar el uso de algunos servicios y aplicaciones, entre otras cosas. [10]

El protocolo IPv6 no sólo permitirá que un mayor número de usuarios tenga conectividad, sino que hará más seguro el tráfico que circula en la red a través de Ipsec, protocolo de cifrado y autenticación que forma parte integral de IPv6 e incluye control de acceso, integridad sin conexión, autenticación de origen de datos y confidencialidad a través de cifrado. [11]

1.4. Alcances y limitaciones

Este proyecto busca proponer un “plan para la transición” de IPv4 a IPv6 en redes de datos, teniendo en cuenta las instrucciones brindadas por Min TIC en la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia” y sus directrices específicas al momento de hacer la planeación de la transición en la entidad; según esta guía, se deben realizar actividades concretas para obtener un plan de diagnóstico que incluya el inventario de activos de información, un informe de la infraestructura de red de comunicaciones y sugerencias con respecto a los dispositivos que no soportan el nuevo protocolo, además de una propuesta con el plan del proceso de transición.

Se crea un documento estándar que pueda ser aplicado a cualquier institución interesada en utilizar la normatividad emitida por Min TIC para el proceso de transición a IPv6, vale la pena mencionar que el presente documento se limita al desarrollo de **la fase de planeación de la migración a IPv6**, lo que implica que no habrá descrito ningún proceso que tenga que ver con el diseño de la red necesaria para la migración o con la implementación del nuevo protocolo. Todo esto con base en la información y necesidades presentes en la red de datos de la Alcaldía de Fusagasugá, entidad en donde se desarrolla la primera fase del plan de transición a IPv6.

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes

La transición a IPv6 ha sido impulsada por el Min TIC con la publicación de la Circular para la promoción de la adopción del IPv6 en Colombia en el año 2011, desde entonces se ha liderado un proceso de acompañamiento a entidades públicas en cada una de las etapas del proceso de migración. A pesar de la escasa documentación de este tipo de procesos realizados con el Min TIC, se encuentra evidencia de transiciones a IPv6 realizados de manera autónoma en diversas instituciones educativas y otras organizaciones particulares. Se toman como referencia cuatro monografías, que, por su contenido similar al propuesto en la guía de transición, son de importancia para este proyecto.

2.1.1. “Diseño de la transición del protocolo ipv4 hacia ipv6 en la agencia colombiana para la reintegración- ACR con base en consideraciones de seguridad en implementación de ipv6.” Diego Ferney Ramírez Pulido, Jaime Guzmán Pantoja, Jesús Alirio Beltrán Díaz. [12]

Se propone la transición a IPv6 en la ACR basándose en lineamientos dados por Gobierno En Línea (GEL 3.0), por Min TIC en la Circular 002 del 6 de Julio de 2011 y en la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia.” De acuerdo con esto, se realizan paso a paso las sugerencias propuestas en los documentos ya mencionados, es decir, se hace un plan diagnóstico y seguido se propone una estrategia para llevar a cabo la transición.

Durante el diagnóstico se hizo un inventario de *hardware* y *software* dentro de la entidad y se sugiere seguir la Metodología de Diagnóstico COBIT; por otra parte, la estrategia propuesta para la implementación está desglosada en cuatro etapas, recolección de información, análisis de la misma para establecer prioridades, adopción de requerimientos en cuanto a indicadores de gestión, actualizaciones, capacitación y sensibilización a funcionarios, por último una etapa de auditoría para revisar la efectividad del proceso de transición.

Finalmente se concluye que el proceso de transición permitirá que se trabajen a la par el protocolo versión 4 y el protocolo versión 6, lo que no afectará de manera abrupta los procesos cotidianos en la ACR. Por otra parte, se recomienda ir realizando una transición parcial, diseñar un segmento de red para realizar pruebas y así evitar problemas en aplicaciones críticas de la entidad.

2.1.2. “Propuesta de diseño para la transición del protocolo de Internet versión 4 (IPv4) al protocolo de Internet versión 6 (IPv6) en la empresa MARKET MIX S.A.S.” Leidy Jesneth Melo Moreno. [13]

Se desarrolla un modelo para la migración de los protocolos de Internet, de IPv4 a IPv6, que sirva de guía para las personas que pretendan desarrollar este proceso dentro de una PYME (Pequeña y Mediana Empresa); teniendo en cuenta el análisis y la propuesta de una estrategia basados en la operatividad y necesidades la empresa MARKET MIX S.A.S.

Como primer paso se realiza la recolección de información que tenga relación con IPv4 dentro de la entidad, para ello se revisa la topología y el diagrama lógico de la red de comunicaciones; seguido a ello se muestra la metodología para la transición dividida en cuatro fases. La primera hace referencia a la investigación sobre información existente del tema, la segunda implica el diseño general del sistema, teniendo en cuenta protocolos de enrutamiento y otros aspectos técnicos; la siguiente fase involucra la revisión de requisitos de arquitectura y la identificación de los recursos que dependen de IPv4; la última fase es la adquisición de *hardware* y *software*, el formato general de la interfaz, el modelo propuesto para la infraestructura y la adquisición de un bloque de direcciones IPv6.

Finalmente, se proponen las metodologías *DOUBLE STACK* y *TUNELIZACIÓN*, de esta manera se asegura la coexistencia de los dos protocolos y se asegura que fluya tráfico en las dos direcciones.

2.1.3. “Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 en la Universidad Industrial de Santander.” Edwin Rolando Camargo Acevedo. [14]

Se sugiere un plan de acción para que la red de comunicaciones de la UIS realice el proceso de transición de IPv4 a IPv6; para ello se desglosan unos ítems específicos que se deben tener en cuenta a la hora de examinar la situación actual de la red, además de los requerimientos a la hora de realizar la migración.

En este caso se empieza analizando la estructura física de la red, su diagrama esquemático, el o los proveedores de acceso, los sistemas operativos con los que trabajan todos los equipos de la universidad y los sistemas de información. Así mismo, se examinan ventajas y limitaciones en el desempeño actual de la red, qué tan homogénea y compatible es la red con el nuevo protocolo; además se determinan los requisitos en cuestión de personal, tiempo, *hardware*, sistemas operativos y aplicaciones; todo ello teniendo en cuenta los escenarios

en los que se dará el proceso de migración, en este caso PILA DUAL, TÚNELES e IPv6 NATIVO, con ayuda y asesoría de las redes de alta velocidad con la que la UIS cuenta, como UNIRED, RENATA y CLARA.

De acuerdo con lo anterior se concluye que el proceso de transición a IPv6 en la UIS se puede empezar de manera satisfactoria ya que la institución está en condiciones propicias para adoptar el nuevo protocolo, pese a eso se debe entender que ésta es una labor lenta y compleja que debe verse como un proceso evolutivo en el que se presentan situaciones adversas y se requiere una pequeña inversión económica que puede verse reflejada en nuevos equipos y el personal adecuado para la implementación.

2.1.4. “Propuesta de un plan de implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca-Ecuador” Dennys Xavier Landy Rivera. [15]

El objetivo de la propuesta es realizar un análisis de los mecanismos y requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de transición en la red de datos de la universidad mencionada, para ello deciden estructurar cuatro actividades concretas, analizar la situación actual del cableado estructurado de la red, investigar distintos mecanismos de transición, analizar ventajas y desventajas de la migración y desarrollar el plan de implementación para la migración de IPv4 a IPv6.

Se vieron necesarias acciones que ayudaran con el análisis de la red existente para poder plantear una solución adecuada; de acuerdo con esto, se realiza el levantamiento de información IPv4 de la red de la Universidad Politécnica, se identifica la topología de la red, el tráfico en ella y la distribución del cableado. Adicionalmente se revisa el diagrama lógico, las características de los equipos de cómputo y comunicaciones y se examina si soportan o no el nuevo protocolo. Después de identificar y caracterizar la red se diseña la solución para la transición a IPv6 haciendo revisión de las metodologías de implementación, simulando cada una de éstas, y analizando el enrutamiento más adecuado de acuerdo con las características de la red, se plantean varios escenarios en los que se puede adoptar el nuevo protocolo y se estudian ventajas y desventajas de cada uno.

Finalmente, se desarrolla el plan de implementación, tal vez este resulta ser el más importante ítem, pues se brinda una detallada guía con el paso a paso en la implementación de la transición, se realiza un cronograma estricto con cada actividad que hace parte de las estrategias nombradas anteriormente y se establece un plan

de contingencia para evitar y asumir posibles dificultades en el proceso de migración. De esta manera se llega a concluir que el proceso de implementación se podría realizar en la universidad Politécnica ya que la red por completo soportaba el nuevo protocolo, sin embargo, se recomienda hacer un análisis preciso del costo monetario que puede acarrear la transición, pues el nuevo protocolo exige personas capacitadas en el tema, además de realizar capacitaciones a todo el personal de la universidad.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Red de datos

También llamada red de computadoras, red de comunicaciones o red informática, es el conjunto de elementos de *hardware* y *software* informático conectados a través de dispositivos físicos que permitan el envío y la recepción de datos con el fin de compartir información, recursos y servicios. De acuerdo con el alcance de transmisión de los datos, puede ser red de área local o LAN, red de área metropolitana o MAN, red de área extensa o WAN, entre otras. Por otra parte, algunas clases de redes de datos de acuerdo con su topología o diseño, pueden ser la red en anillo, árbol, estrella, malla y bus, como se ve en la Figura 1. [16]

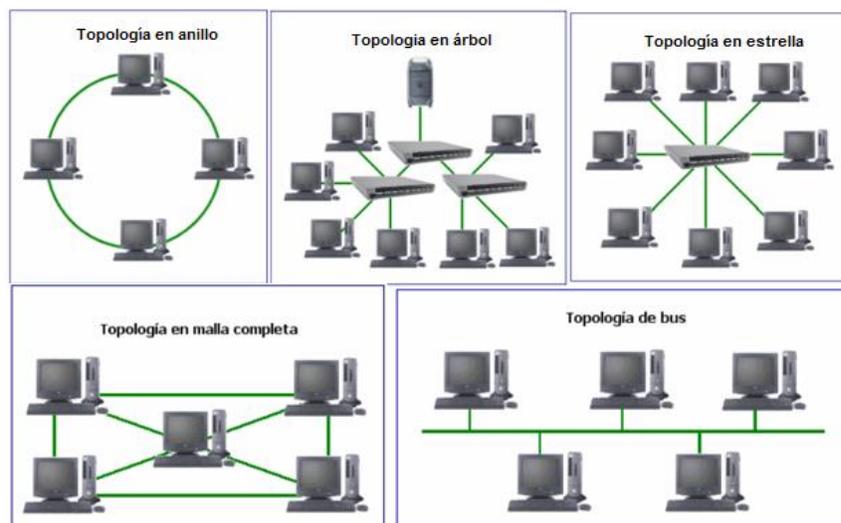


Figura 1. Topologías comunes en redes de datos. Tomada y modificada de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/02_introduccion.pdf

2.2.2. Protocolo de Internet versión 4 o IPv4

Sistema de identificación que se utiliza en Internet para enviar información entre dispositivos, la cuarta es la versión más utilizada del protocolo. Éste asigna una serie de cuatro números, cada uno de ellos comprendido entre 0 y 255, por lo tanto, cada dirección es de 32 bits y sólo permite aproximadamente 4.000 millones de direcciones únicas, las cuales entraron en proceso de agotamiento desde hace varios años. [3]

2.2.3. Protocolo de Internet versión 6 o IPv6

Protocolo de Internet de última generación, diseñado en los años 90 por el IETF para sustituir a IPv4. A diferencia de la anterior versión, en esta las direcciones se componen de 128 bits, lo que permite la existencia de aproximadamente 340 billones de direcciones IP únicas. [5]

2.2.4. Direcciones IPv6

Las direcciones IPv6 tienen un tamaño de 128 bits, distribuidos en ocho campos de dieciséis bits representados por cuatro números hexadecimales cada uno y separados por dos puntos. En la figura 2 se puede observar el formato de una dirección IPv6, los cuarenta y ocho primeros bits, es decir, los tres primeros campos contienen el prefijo de sitio, éste describe la topología pública y es el segmento que suelen asignar al sitio los ISP o RIR (Registro Regional de Internet). Los siguientes dieciséis bits lo ocupa el ID de subred y describe la topología privada, es asignado por el administrador de la red. Los últimos sesenta y cuatro bits, o cuatro campos de la derecha, contienen el ID de interfaz y se puede configurar manual o automáticamente.

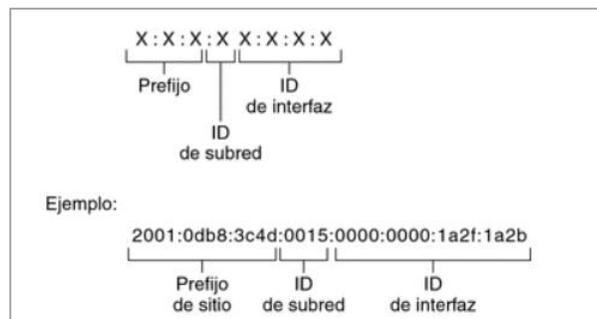


Figura 2. Formato básico de una dirección IPv6. Tomado de <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipv6-overview-10/index.html>

2.2.4.1. Clases de direcciones IPv6

- **Direcciones de unidifusión.**

Identifica una interfaz de un solo nodo. Pueden ser de unidifusión global, de transición o local de vínculo, las primeras son globalmente exclusivas de Internet y en IPv4 serían las mismas IP públicas; las direcciones de transición son las que llevan incrustadas en ellas una dirección IPv4 con el fin de facilitar técnicas de migración como los túneles en el proceso de transición; finalmente, las direcciones locales de vínculo se utilizan en las relaciones de red local, no son válidas ni se reconocen fuera del ámbito corporativo u organizativo, en IPv4 equivaldrían a las IP privadas.

- **Direcciones de multidifusión.**

Identifica un grupo de interfaces, en general en nodos distintos. Los paquetes que se envían a una dirección multidifusión se dirigen a todos los miembros del grupo de multidifusión.

- **Direcciones de difusión por proximidad.**

Identifica un grupo de interfaces, en general en nodos distintos. Los paquetes que se envían a una dirección de difusión por proximidad se dirigen al nodo de miembros del grupo de difusión que se encuentre más cerca del remitente. [17]

2.2.5. Plan de direccionamiento IPv6

El plan de direccionamiento para IPv6 es bastante similar al realizado en una red con IPv4, a diferencia que para hacer la segmentación se utilizan específicamente los 16 bits del campo de subred, es decir, todo el cuarto “hexteto” (en IPv6 es el término no oficial que se utiliza para referirse a un segmento de 16 bits o cuatro valores hexadecimales), de la dirección asignada por el ISP, además se debe tener en cuenta, por recomendación del RFC 4291, que las subredes cuenten con máscara 64. A continuación se desarrolla un ejemplo de segmentación en IPv6 para aclarar el procedimiento a seguir: [18]

Una compañía nacional desea segmentar su red IPv6 con dirección asignada por el ISP 2001:B36A:C2FE::/48; la compañía cuenta con Oficinas en 20 ciudades del país, en cada ciudad hay 10 oficinas y cada una de ellas tiene máximo 11 departamentos.

Para designar los prefijos por ciudad, oficina y departamento se debe recordar que la segmentación se realiza con los bits del cuarto “hexteto”, es decir:

2001:B36A:C2FE:0000:0000:0000:0000

Tabla 1. Estructura dirección IPv6. *

2001:B36A:C2FE:	Representación del prefijo asignado por el ISP (/48).
0000:	Hexteto usado para segmentar (16 bits)
0000:0000:0000:0000	Identificador de <i>host</i> .

- Designación de prefijos para cada ciudad.

Para 20 ciudades se necesitan 5 bits, $2^5=32$ ciudades. Sólo interesan prefijos para 20 ciudades, los demás quedan para futuro crecimiento. Se recomienda que cuando se realice la segmentación en IPv6 no se tomen bits individuales de un paquete, sino que se tome el paquete de bits completo, esto para evitar que el proceso se vuelva muy complejo.

Tabla 2. Bits en cada paquete de datos. *

Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3	Paquete 4
1111	10000	0000	0000

Lo que significa que en realidad se tienen $2^8=256$ prefijos para diferentes 256 ciudades. De acuerdo con esto, el prefijo sería: $48+8= /56$, porque se usan completos los paquetes 1 y 2 y los segmentos de red para las ciudades quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3. Segmentos de red por Ciudad. *

Nro. Ciudad	Segmento de red.
1	2001:B36A:C2FE: 0000 ::/56
2	2001:B36A:C2FE: 1000 ::/56
3	2001:B36A:C2FE: 2000 ::/56
4	2001:B36A:C2FE: 3000 ::/56
5	2001:B36A:C2FE: 4000 ::/56
6	2001:B36A:C2FE: 5000 ::/56
7	2001:B36A:C2FE: 6000 ::/56
8	2001:B36A:C2FE: 7000 ::/56
9	2001:B36A:C2FE: 8000 ::/56
10	2001:B36A:C2FE: 9000 ::/56
11	2001:B36A:C2FE: A000 ::/56
12	2001:B36A:C2FE: B000 ::/56
13	2001:B36A:C2FE: C000 ::/56
14	2001:B36A:C2FE: D000 ::/56
15	2001:B36A:C2FE: E000 ::/56
16	2001:B36A:C2FE: F000 ::/56
17	2001:B36A:C2FE: 0100 ::/56
18	2001:B36A:C2FE: 0200 ::/56
19	2001:B36A:C2FE: 0300 ::/56
20	2001:B36A:C2FE: 0400 ::/56

- Designación de prefijos para cada oficina:

Como son 10 oficinas por ciudad se debe usar para esta tarea el tercer paquete de bits, ya que los dos primero están siendo usados para las ciudades.

Para 10 oficinas se necesitan 4 bits, $2^4=16$ oficinas, de acuerdo con esto, el prefijo para los segmentos de cada oficina sería: $56+4= /60$ y la distribución para las oficinas de las ciudades 1 y 2 sería la siguiente:

Tabla 4. Segmentos de red por oficinas en la Ciudad 1. *

Nro. Oficina (Ciudad 1)	Segmento de red.
1	2001:B36A:C2FE:0000::/60
2	2001:B36A:C2FE:0010::/60
3	2001:B36A:C2FE:0020::/60
4	2001:B36A:C2FE:0030::/60
5	2001:B36A:C2FE:0040::/60
6	2001:B36A:C2FE:0050::/60
7	2001:B36A:C2FE:0060::/60
8	2001:B36A:C2FE:0070::/60
9	2001:B36A:C2FE:0080::/60
10	2001:B36A:C2FE:0090::/60

Tabla 5. Segmentos de red por oficinas en la Ciudad 2. *

Nro. Oficina (Ciudad 2)	Segmento de red.
1	2001:B36A:C2FE:1000::/60
2	2001:B36A:C2FE:1010::/60
3	2001:B36A:C2FE:1020::/60
4	2001:B36A:C2FE:1030::/60
5	2001:B36A:C2FE:1040::/60
6	2001:B36A:C2FE:1050::/60
7	2001:B36A:C2FE:1060::/60
8	2001:B36A:C2FE:1070::/60
9	2001:B36A:C2FE:1080::/60
10	2001:B36A:C2FE:1090::/60

- Designación de prefijos para cada departamento:

Para este requerimiento no es necesario realizar ningún cálculo porque la recomendación es que cada subred debe tener un /64. De igual manera, para los 11 departamentos sería, $2^4=16$ departamentos, teniendo en cuenta tomar por completo el paquete de bits, por ello cada departamento tendrá un prefijo /64 (60+4). A continuación, se pueden ver los segmentos de red asignados a los 11 departamentos de la Oficina 1 en la Ciudad 1:

Tabla 6. Segmentos de red por departamentos de la oficina 1 en la Ciudad 1. *

Nro. Departamento	Segmento de red.
1	2001:B36A:C2FE:0000::/64
2	2001:B36A:C2FE:0001::/64
3	2001:B36A:C2FE:0002::/64
4	2001:B36A:C2FE:0003::/64
5	2001:B36A:C2FE:0004::/64
6	2001:B36A:C2FE:0005::/64
7	2001:B36A:C2FE:0006::/64
8	2001:B36A:C2FE:0007::/64
9	2001:B36A:C2FE:0008::/64
10	2001:B36A:C2FE:0009::/64
11	2001:B36A:C2FE:000A::/64

2.2.5.1. Numeración de servidores

Para escoger el identificador de interfaz dentro de la red LAN que le corresponde a cada servidor se realiza generalmente numeración estática. La razón es apuntar a la máxima disponibilidad y evitar tener que realizar cambios ante problemas con la dirección de red. En el momento de escoger la dirección IPv6 estática a utilizar para un servidor se debe escoger una dirección fácil de recordar, como por ejemplo 2001:B36A:C2FE::1, esta opción facilita la operación pues hace más fácil el análisis de problemas ya que el espacio IPv6 es muy extenso y realizar barridos para buscar direcciones válidas en forma bruta o secuencial puede llevar un tiempo muy largo a menos que se cuente con registros de DNS. Por lo tanto, si un servidor tiene su registro en el DNS accesible públicamente, es menos importante utilizar direcciones aleatorias. [19]

2.2.5.2. Numeración de computadores.

Para la numeración de terminales existen tres opciones que un administrador de red debe analizar:

- Numeración manual. En este caso se debe numerar manualmente cada una de las terminales.
- Numeración automática sin estado o sin servidor (“*stateless*” o “*serverless*”) utilizando el mecanismo “anuncios de encaminadores” (o “*route advertisements*”). Este mecanismo utiliza paquetes ICMPv6 y grupos de multicast locales a la interfaz. A través de este mecanismo se puede configurar la dirección IPv6, la longitud del prefijo y la ruta por defecto. Estas

configuraciones se implementan en DHCPv6, particularmente a través de la opción sin estado (“*stateless* configuration”). Al no mantener estados, el administrador de la red no tendrá control sobre cuáles son las terminales que se conectan a la red IPv6. Cualquiera con acceso al medio común tendrá acceso.

- Numeración automática con estados (“*stateful*”). En este caso la configuración de la dirección IPv6 se hace a través de DHCPv6 igualmente que con IPv4. De esta forma es posible definir un *pool* de direcciones o incluso asignar direcciones particulares para cada terminal. Utilizando DHCPv6 en su configuración con estados es posible realizar un control de acceso más estricto. Un parámetro que no se obtiene aún por parte de DHCPv6 es la ruta por defecto, por esto, aún cuando se utiliza DHCPv6 en modo con estados, es necesario utilizar el mecanismo de anuncio de encaminadores para obtener la ruta por defecto. [19]

2.2.6. Políticas de enrutamiento IPv6

El plan de enrutamiento para IPv6 no debe variar en demasía sobre lo que ya se hace en IPv4. En general para una empresa tiene sentido que en IPv6 se mantenga la misma topología que en IPv4, pues el mantener dos topologías significaría incrementar el costo de operación del encaminamiento de la red y el aumento de incidentes.

Las opciones de enrutamiento en IPv6 son:

- Enrutamiento estático.
- Enrutamiento dinámico, en éste existen distintas categorías, como protocolos de vector distancia ó RIPNG (RIP *Next Generation*), protocolos de vector camino (“*path vector*”) ó BGPv4 y protocolos de estado de enlaces: ISIS o u OSPFv3.

Con todas estas opciones, se debe considerar especialmente el enrutamiento ya existente en la compañía. En caso de estar utilizando OSPFv2 para la red IPv4, tiene sentido utilizar OSPFv3 en IPv6, al igual que utilizar BGPv4 para el encaminamiento externo. En caso de utilizar direccionamiento estático para IPv4, se puede utilizar las mismas configuraciones para IPv6.

Si es posible evitar el uso de RIPNG, se evitarían tiempos de convergencia largos y problemas de conocimiento parcial de topología. También el uso de RIPNG imposibilita el uso de técnicas modernas de ingeniería de tráfico. [19]

2.2.7. Mecanismos de transición.

La versión 6 del Protocolo de Internet ha sido diseñada para que su implementación se realice en coexistencia con IPv4. A continuación, se describen algunas de las principales categorías de mecanismos que facilitarían dicha migración; estos pueden ser utilizados solos o en combinación y la migración puede ser realizada paso a paso, comenzando con un solo nodo, de igual manera puede darse el caso en el que la red completa sea migrada a IPv6 mientras que el proveedor de servicios siga utilizando IPv4, o puede darse el caso contrario.

2.2.7.1. Doble pila.

Tanto en nodos como en enrutadores se tendrá un soporte IPv4 e IPv6, por lo tanto, tienen la habilidad de enviar y recibir paquetes de los dos protocolos. Un nodo trabajando con este mecanismo puede operar de las siguientes maneras:

- Con la pila IPv4 habilitada pero la pila IPv6 deshabilitada.
- Con la pila IPv6 habilitada pero la pila IPv4 deshabilitada.
- Con las dos pilas habilitadas.

La desventaja de este mecanismo es que necesita tener tablas de enrutamiento y soporte para ambos protocolos. [20]

2.2.7.2. Túneles.

Por medio de este mecanismo se utiliza la infraestructura de enrutamiento IPv4 para llevar los paquetes IPv6, hasta que toda la infraestructura se encuentre con el nuevo protocolo.

Cada túnel puede ser implementado de diferente manera:

- Enrutador a enrutador. Los enrutadores IPv6/IPv4 interconectados por una infraestructura IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 entre ellos.

- *Host a enrutador*: Los *host* IPv6/IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 a un enrutador IPv6/IPv4 por medio de una infraestructura IPv4.
- *Host a host*. Los *host* IPv6/IPv4 que están conectados por una infraestructura IPv4 pueden tunelizar paquetes IPv6 entre ellos mismos.
- *Enrutador a host*. Los enrutadores IPv6/IPv4 pueden tunelizar hacia sus destinos finales que son *host* IPv6/IPv4. [20]

3. Diseño metodológico

3.1. Metodología

La metodología utilizada es el ciclo continuo PDCA, o en español PHVA, normalmente este proceso se utiliza en procedimientos técnicos y gerenciales para hacer cumplir los requisitos de calidad de una empresa ya que permite el mantenimiento y mejora continua dentro de cualquier organización.

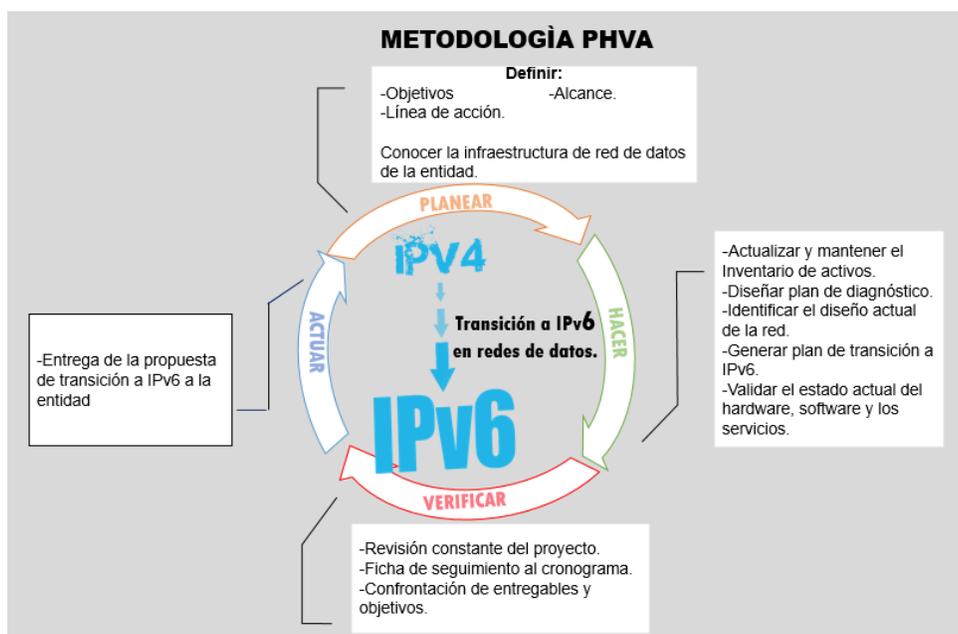


Figura 3. Fases del ciclo PHVA en la transición a IPv6. *

En la figura 3 se pueden observar las actividades generales determinadas en el proceso de planeación de la transición a IPv6, teniendo en cuenta que más adelante se desglosaría cada una de ellas en el cronograma de actividades, siempre definiendo las fases de Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

La aplicación de la metodología PHVA en el plan de transición a IPv6 en redes de datos se fundamenta en la mejora continua de servicios a través de un proceso cíclico en el que se establecen las fases de Planear, Hacer, Verificar y Actuar; lo que haría que el proceso de migración tenga una mayor efectividad al realizarse la revisión de las actividades que se planearon de acuerdo con la definición previa del problema y los objetivos a alcanzar, para finalmente dar una solución concreta y mejorada.

4. Actividades

4.1. Inventario de activos informáticos Alcaldía de Fusagasugá

El proceso de recolección de la información necesaria en el inventario de *hardware* y *software* se realiza en cada una de las dependencias del Centro Administrativo de Fusagasugá y oficinas externas; de manera consecutiva se organiza la información de acuerdo con las plantillas sugeridas por el Min TIC en la “Guía de transición de IPv4 a IPv6 para Colombia”, con base en esto, se establece la información concerniente a EQUIPOS DE CÓMPUTO, EQUIPOS DE COMUNICACIÓN, SERVIDORES, APLICATIVOS Y EQUIPOS DE IMPRESIÓN, teniendo en cuenta que se agrega la plantilla que ayude en la descripción de los equipos de impresión, pues es notoria la importancia de éstos en la red de datos de la entidad, debido a su uso en actividades cotidianas.

4.1.1. Equipos de cómputo

La tabla 7 es un ejemplo de la plantilla utilizada para organizar la información correspondiente a los equipos de cómputo en el inventario de activos informáticos de la Alcaldía de Fusagasugá.

Tabla 7. Plantilla inventario Equipos de Cómputo. *

N°	NOMBRE USUARIO	DEPENDENCIA U OFICINA	EQUIPO	MARCA	TAMAÑO MEMORIA	FABRICANTE PROCESADOR	CLASE PROCESADOR	TAMAÑO DISCO DURO	SISTEMA OPERATIVO Y VERSIÓN	ROL	VERSIÓN IP	SOPORTE IPV6
1	JOHN BONILLA	PISO 1 OFICINA DE PROYECTOS	PC ESCRITORIO	HP 800G1	8 GB	INTEL	i5	1 TB	WINDOWS 8 PROFESSIONAL	USUARIO	4	SI
2	CARLOS ALBERTO OVALLE BAUTISTA	PISO 1 OFICINA DE PROYECTOS	PC ESCRITORIO	HP 800G1	8 GB	INTEL	i5	1 TB	WINDOWS 8 PROFESSIONAL	USUARIO	4	SI
3	NATALIA BERNAL	PISO 1 OFICINA DE PROYECTOS	PC ESCRITORIO	LENOVO C260	2 GB	INTEL	PENTIUM	500 GB	WINDOWS 10 HOME	USUARIO	4	SI

En ésta se condensa información técnica de cada equipo que ayuda a determinar qué tan funcional es el computador, de acuerdo con las características de memoria,

disco duro y procesador; se agregan las casillas “Nombre Usuario, Dependencia y Soporte IPv6” pues se ve la necesidad de tener clara la ubicación de cada dispositivo dentro de la organización y determinar si soporta o no el nuevo protocolo de Internet.

Descripción de cantidades y ubicación de los equipos.

De acuerdo con la información recopilada con la plantilla descrita en la Tabla 7, la entidad cuenta con 388 equipos de cómputo, de los cuales 75 son computadores de escritorio y 313 portátiles, éstos tienen como fechas de adquisición entre el año 2005 y 2017, distribuidos en dependencias como se muestra a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8. Descripción Equipos de Cómputo. *

DEPENDENCIA	EQUIPOS ESCRITORIO	EQUIPOS PORTÁTILES	DEPENDENCIA	EQUIPOS ESCRITORIO	EQUIPOS PORTÁTILES
Despacho Alcalde	2	1	Secretaría de Gobierno	9	11
Secretaría de Planeación	21		Secretaría de Salud	14	
Oficina de Proyectos	9		Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente	5	2
Secretaría de Infraestructura	10		Secretaría de Desarrollo Social	10	3
Oficina TIC	2		Secretaría de Desarrollo Económico	3	
Dirección de asuntos jurídicos y contratación	15	1	Secretaría de Cultura / Biblioteca	32	42
Secretaría General	6		Protección al consumidor	2	
Secretaría de Hacienda	30	1	Inspección Segunda de Policía	3	
Recursos Físicos	3		Ediles	1	
Oficina de Turismo	3		Corregimientos	2	5
Oficina Control Interno	3	1	Comisaría Segunda de Familia	2	1
Dirección de Gestión Humana	7		Programación Económica	2	
Ventanilla Correspondencia	4		Pendiente entrega (Equipos nuevos)	109	7
SISBEN	4				
TOTAL			388		

La entidad en el primer semestre del año 2017 planea realizar un diagnóstico de los equipos antiguos con el propósito de identificar cuáles deben ser reportados al

comité de bajas para determinar su destino final, debido al índice de obsolescencia tecnológica basado en las fechas de adquisición, características técnicas, estado de operación y reporte de incidentes técnicos. Por consiguiente, la cantidad de equipos de cómputo activos en la entidad tiende a disminuir.

Sistemas Operativos y versiones.

La mayoría de los equipos de cómputo cuenta con Sistema Operativo WINDOWS con versiones XP PROFESSIONAL, VISTA PROFESSIONAL, VISTA BUSSINES, VISTA HOME BASIC, 7 PROFESSIONAL, 7 HOME PREMIUM, 7 STUDENT, 8 PROFESSIONAL, 8.1 PROFESSIONAL, 10 PROFESSIONAL Y 10 HOME PREMIUM; a continuación en la Figura 4 se puede observar a detalle la cantidad de equipos con cada una de las versiones.

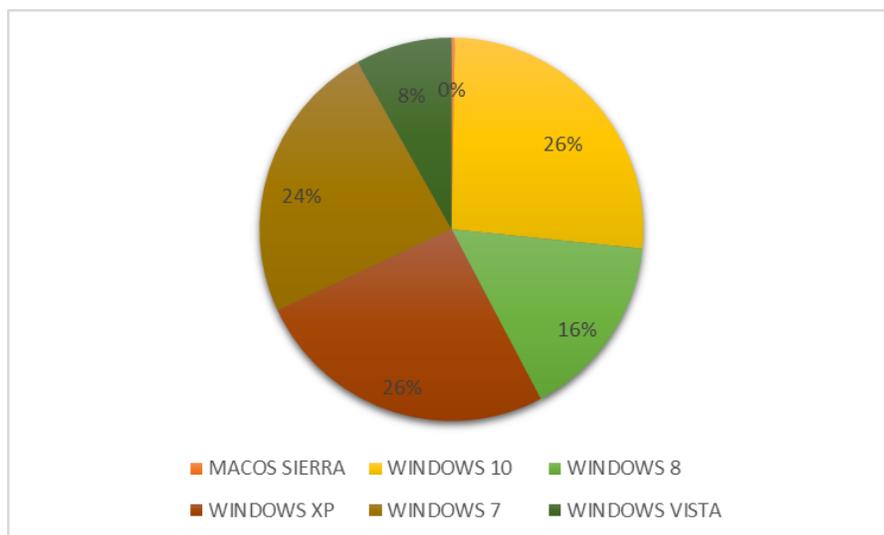


Figura 4. Cantidad de equipos con las diferentes versiones de Sistemas Operativos. *

Se puede apreciar que más de la mitad de los computadores tienen Sistemas Operativos actuales como Windows 10, Widows 8 y Windows 7, sin embargo, aún existe gran cantidad de equipos que trabajan bajo Windows XP, lo que se considera una desventaja para la red de datos, debido a la obsolescencia de este Sistema Operativo.

Soporte IPv6.

La mayoría de sistemas operativos desde el año 2001 tienen soporte de IPv6. Es cierto que en algunos casos, inicialmente no se trataba de un soporte “comercial”, sino versiones de prueba, aunque se incorporaban a sistemas operativos de

“producción”. Tal es el caso del soporte de IPv6 en Windows 2000 e incluso en la primera versión de Windows XP, antes del lanzamiento del denominado *Service Pack 1* (SP1). Cada vez es más frecuente que diversas plataformas o sistemas operativos, no solo incorporen IPv6, sino que además sea activado por defecto por el fabricante, sin requerir intervención alguna por parte del usuario. [19]

Teóricamente, todos los equipos de cómputo de la Alcaldía de Fusagasugá soportan IPv6, pues Microsoft implementó este protocolo desde la versión Windows XP en adelante, sin embargo, no todas las versiones traen activo este soporte, este tipo de protocolo generalmente viene en las versiones PROFESSIONAL. En la mayoría de equipos se debe realizar la activación y configuración de manera manual, una referencia de cómo realizar este proceso se encuentra en [21]

La figura 5 muestra el porcentaje de computadores que soportan IPv6 y los que no, de acuerdo con las características del Sistema Operativo con el que trabajan. Adicionalmente, los equipos con sistema Operativo Windows XP y Windows Vista (34%), requieren de una actualización o en su defecto un cambio, ya que la vida útil de dichos equipos ya estaría caduca además que sus características técnicas, como memoria RAM y Disco Duro, los hacen equipos obsoletos.

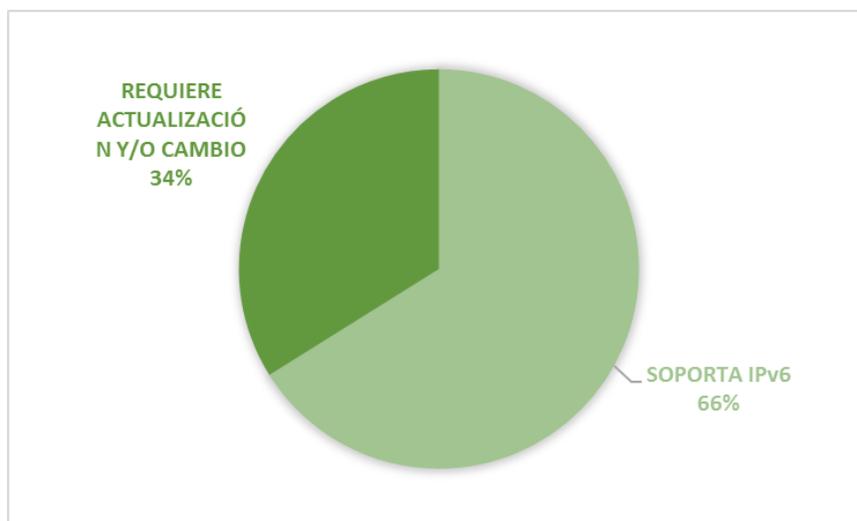


Figura 5. Descripción soporte IPv6 en Equipos de Cómputo. *

Sugerencias para la transición a IPv6.

Si bien todos los equipos existentes pueden estar en el proceso de transición a IPv6, se sugiere realizar actualizaciones y/o cambios en los equipos cuyas versiones sean Windows XP o Windows Vista, pues son versiones desarrolladas hace una década o

más y probablemente presenten problemas con algunas configuraciones necesarias, además, Microsoft ya no brinda ningún tipo de soporte para Windows XP, lo que eventualmente puede presentar un gran inconveniente en el proceso de migración a IPv6.

La cantidad de equipos con sistema operativo Windows XP y Windows Vista no supera el 35% del total, además el cambio de éstos no es necesario de manera simultánea ni para el momento exacto en el que se empieza la migración, ya que los métodos de transición lo posibilitan así; debido a esto se hace factible el hecho de reemplazar dichos dispositivos por nuevos equipos que cuenten con versiones recientes de sistemas operativos Windows, Macintosh o Linux, que muy probablemente no presentarían ninguna dificultad en la transición.

4.1.2. Equipos de impresión

A pesar de que la “Guía para la transición a IPv6 en Colombia” no sugiere la recolección de información concerniente a equipos de impresión, se diseña una plantilla con los datos relevantes a la hora de determinar si dichos equipos soportan el protocolo IPv6, pues la actividad cotidiana en la entidad requiere del buen funcionamiento de éstos en la red.

Un ejemplo del uso de la plantilla del inventario para los equipos de impresión en la entidad se puede ver a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9. Plantilla inventario Equipos de Impresión. *

N°	DEPENDENCIA	MARCA Y MODELO	TIPO DE IMPRESORA Y TECNOLOGÍA UTILIZADA	AÑO ADQUISICIÓN	VERSIÓN IP	SOPORTA IPV6
1	COMISARIA SEGUNDA DE FAMILIA	HP LASER JET PRO MFPM521D N	IMPRESORA MUTIFUNCIONAL TIPO LASER	28/12/2014	4	NO
2	COMISARIA SEGUNDA DE FAMILIA	EPSON L210	IMPRESORA INYECCIÓN DE TINTA CONTINUA	01/06/2014	4	NO
3	EDILES	HP LASER JET PRO 400 MFP M425 DN	IMPRESORA MUTIFUNCIONAL TIPO LASER	28/12/2014	4	NO

En la entidad existen 50 impresoras y 34 multifuncionales con tecnologías de trabajo descritas a continuación.

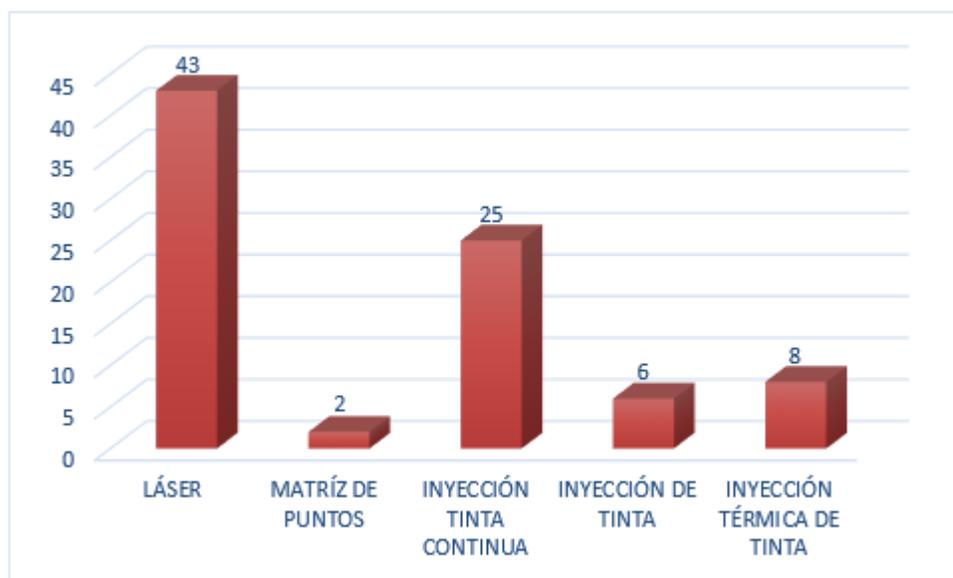


Figura 6. Tecnología de los Equipos de Impresión. *

En la figura 6 se puede ver que la mayoría de estos equipos trabajan con tecnologías de impresión actuales como el método láser e inyección de tinta continua, si bien éste mecanismo de trabajo no influye directamente para determinar si soporta o no IPv6, sí da un indicio de qué tan moderno es el *software* con el que trabajan.

Soporte IPv6.

Una vez analizadas las fichas técnicas de las impresoras, se encontró que fabricantes como HP señalan en ciertos modelos y tecnologías de impresoras láser que soportan IPv6, pero al consultar ingenieros de soporte de la Oficina TIC de la Alcaldía de Fusagasugá se concluyó que en el *software* de administración de la impresora no se encuentra la opción para habilitar y configurar el protocolo IPv6; por tal razón se deduce que aún hace falta claridad en temas de implementación del protocolo por parte de los fabricantes para indicar al usuario final cómo se activa.

Por ello, ninguno de los equipos de impresión es compatible con IPv6, no existe el soporte que permita configurar de manera automática y/o manual el nuevo protocolo.

Sugerencias para la transición a IPv6.

A continuación, se describen los equipos de impresión que se sugieren para la entidad, teniendo en cuenta no sólo el soporte IPv6, sino que sean equipos con características de impresión eficientes como la tecnología y velocidad de trabajo, la conexión hacia la red a través de WiFi, puertos y precios.

Tabla 10. Descripción Equipos de Impresión sugeridos. *

Equipo	Referencia	Características técnicas	Precio.
Impresora Multifuncional	HP Laserjet Pro M426FDW	Impresión láser. Fotocopiadora, escáner y fax. Velocidad: 38 ppm. Conexión Ethernet LAN 10/100/1000 con IPv4 e IPv6. USB 2.0 de alta velocidad. Puerto USB para impresión directa. Servidor de impresión para la conexión a una red inalámbrica. Comunicación de campo cercano (NFC) HP y WiFi Direct para imprimir desde dispositivos móviles. El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://www.incheca.com/pdf/manual_usuario/hp_m426_m427.pdf	\$1'546.900
Impresora Multifuncional	HP Laserjet Enterprise M527DN	Impresión láser. Fotocopiadora y escáner. Velocidad: 43 ppm. Conexión Ethernet LAN 10/100/1000 con IPv4 e IPv6. USB 2.0 de alta velocidad. Puerto USB de fácil acceso. Accesorio de impresión inalámbrica directa (Wi-Fi Direct) y NFC (comunicaciones de campo cercano) HP para la impresión desde dispositivos móviles. El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c04650566	\$6'057.900
Impresora Multifuncional	LEXMARK CX725 DHE	Impresión láser. Fotocopiadora, escáner y fax. Velocidad: 47 ppm. Puertos: USB 2.0 de alta velocidad (Tipo B). Gigabit Ethernet (10/100/1000). MarkNet interno N8360 802.11b/g/n inalámbrico, NFC. Protocolo de soporte de red: TCP/IP IPv4, TCP/IP IPv6, TCP, UDP. El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://www.lexmark.com/es_CO/products/mfp-color/40C9501.shtml	\$8'595.746
Impresora Multifuncional	LEXMARK CX860 DE	Impresión láser. Fotocopiadora, escáner y fax. Velocidad: 60 ppm. Puertos: USB 2.0 de alta velocidad (Tipo B) Gigabit Ethernet (10/100/1000). Dos puertos frontales USB 2.0 de alta velocidad (Tipo A). MarkNet interno N8360 802.11b/g/n inalámbrico, NFC.	\$23'354.53 9

		<p>Protocolo de soporte de red: TCP/IP IPv4, TCP/IP IPv6, TCP, UDP.</p> <p>El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://www.lexmark.com/es_CO/products/mfp-color/42K0070.shtml</p>	
Impresora.	HP LaserJet Enterprise M506 DN	<p>Impresión Láser.</p> <p>Velocidad: 43 ppm.</p> <p>Conexión Ethernet LAN 10/100/1000 con IPv4 y IPv6.</p> <p>USB 2.0 de alta velocidad.</p> <p>Puerto USB de fácil acceso.</p> <p>El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c04648059</p>	\$1'611.900
Impresora.	HP Laserjet Enterprise M604 DN	<p>Impresión Láser.</p> <p>Velocidad: 50 ppm.</p> <p>Conexión Ethernet LAN 10/100/1000 con IPv4 y IPv6.</p> <p>USB 2.0 de alta velocidad.</p> <p>Puerto USB de fácil acceso.</p> <p>Funcionalidad integrada de impresión inalámbrica directa (WiFi Direct) y NFC (comunicación de campo cercano) HP para la impresión desde dispositivos móviles.</p> <p>Accesorio de servidor inalámbrico para HP Jetdirect 2900nw para conectividad inalámbrica.</p> <p>El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c04479771</p>	\$2'706.900
Impresora.	LEXMARK CS720DE	<p>Impresión Láser.</p> <p>Velocidad: 40 ppm.</p> <p>Puertos: USB 2.0 de alta velocidad (Tipo B). Gigabit Ethernet (10/100/1000). MarkNet interno N8360 802.11b/g/n inalámbrico, NFC.</p> <p>Protocolo de soporte de red: TCP/IP IPv4, AppleTalk™, TCP/IP IPv6, TCP, UDP.</p> <p>El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://www.lexmark.com/es_CO/products/laser-color/40C9100.shtml</p>	\$2'216.945
Impresora.	LEXMARK CS820 DE	<p>Impresión Láser.</p> <p>Velocidad: 60 ppm.</p> <p>Puertos: USB 2.0 de alta velocidad (Tipo B). Gigabit Ethernet (10/100/1000). MarkNet interno N8360 802.11b/g/n inalámbrico, NFC.</p> <p>Protocolo de soporte de red: TCP/IP IPv4, TCP/IP IPv6, TCP, UDP.</p> <p>El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://www.lexmark.com/es_CO/products/laser-color/21K0200.shtml</p>	\$4'499.555
Escáner.	HP ScanJet Pro 4500 fn1	<p>Cama plana, alimentador automático de documentos (ADF).</p> <p>Resolución de Hasta 600 dpi.</p> <p>USB 2.0 y USB 3.0 (SuperSpeed), puerto de red Fast Ethernet 10/100/1000Base-TX incorporado.</p> <p>Protocolos de red admitidos: TCP/IP, IPv4, IPv6, servicios web; Detección: Bonjour, detección de servicios web;</p>	\$2'771.900

		Configuración de IP: IPv4 (DHCP, Manual), IPv6 (DHCPv6); Gestión: HTTPS, HTTP El fabricante proporciona información en la siguiente URL http://h20195.www2.hp.com/v2/GetPDF.aspx/4aa6-3018ese.pdf	
Escáner.	Epson WorkForce DS-520	Escáner con alimentación automática. Resolución de escaneado: 600 ppp x 600 ppp (horizontal x vertical). Ethernet (1000 Base-T/ 100-Base TX/ 10-Base-T). Protocolo compatible: TCP/IPv4, TCP/IPv6, DHCP, DNS, SNMP, SLP, HTTP El fabricante proporciona información en la siguiente URL https://www.epson.es/products/scanners/business-scanners/epson-workforce-ds-520#specifications	\$1'359.000

4.1.3. Equipos de comunicación

Para organizar la información necesaria de los equipos de comunicación se adjunta una casilla de “Ubicación” a la plantilla sugerida por la Guía de transición a IPv6, además se eliminan las casillas de “Sistema Operativo” y “Rol”, pues es información que no aplica a los equipos con los que cuenta la entidad. Siendo así, la plantilla utilizada queda como se puede ver en la Tabla 11.

Tabla 11. Plantilla Inventario Equipos de Comunicación. *

N°	EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	PUERTOS ETHERNET	VERSIÓN IP	SOPORT A IPv6
1	SWITCH	TREND NET	TEG-224WS	PISO 1 OFICINA DE CONTROL INTERNO	24 Fast Ethernet x 10/100Mbps. 2 Puertos Gigabit x 10/100/1000Mbps. 2 x 1000Base de ranura Mini-GBIC (compartidos con puertos Gigabit 25-26)	4	NO
2	SWITCH	TREND NET	TEG-224WS PLUS	PISO 1 OFICINA DE CONTROL INTERNO	24 Fast Ethernet x 10/100Mbps. 2 Puertos Gigabit x 10/100/1000Mbps. 2 ranuras RJ45 Puerto o Mini-GBIC.	4	NO
3	SWITCH	3COM	4400 SE	PISO 1 SISBEN	24 Fast Ethernet x 10/100/1000 MBPS	4	NO

La red de datos del Centro Administrativo Municipal de Fusagasugá cuenta con un *Router* y un *Firewall* de propiedad de la empresa prestadora del servicio de Internet MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S, quien tiene control absoluto de dichos equipos; además, posee quince (15) *switches* de disponibilidad total de la alcaldía, distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 12. Descripción *Switches*. *

CANTIDAD DE SWITCHES	MARCA Y MODELO.	UBICACIÓN
3	Trendnet, TEG-424WS. Trendnet TEG-224WS PLUS. 3 COM 4400.	1 ^{er} Piso. Oficina de control interno (2) SISBEN.
2	Trendnet TEG-224WS PLUS. 3 COM SUPERSTACKII.	2 ^o Piso. Oficina de Turismo (2).
5	Trendnet TEG-424WS (3). HP CN49FP75HM (2).	3 ^{er} Piso. Dirección de Asuntos Jurídicos y Contratación. Cuarto de equipos (4)
2	3 COM 4400 (2).	4 ^o Piso. Secretaria de Planeación (2).
1	Trendnet TEG-224WS PLUS	5 ^o Piso. Despacho alcalde.
1	3 COM 4400.	Secretaria de Gobierno
1	Trendnet TEG-224WS PLUS.	Secretaría de Salud.
15	TOTAL SWITCHES	

Soporte IPv6.

De acuerdo con la información brindada por los ingenieros de soporte de la Alcaldía de Fusagasugá, del total de *switches*, sólo los dos dispositivos HP CN49FP75HM que se encuentran en el cuarto de equipos y que son los encargados de las conexiones en las oficinas de Hacienda, son compatibles con IPv6, son los equipos de comunicación más actualizados con los que cuenta la entidad y representan tan sólo el 13% del total de dispositivos.

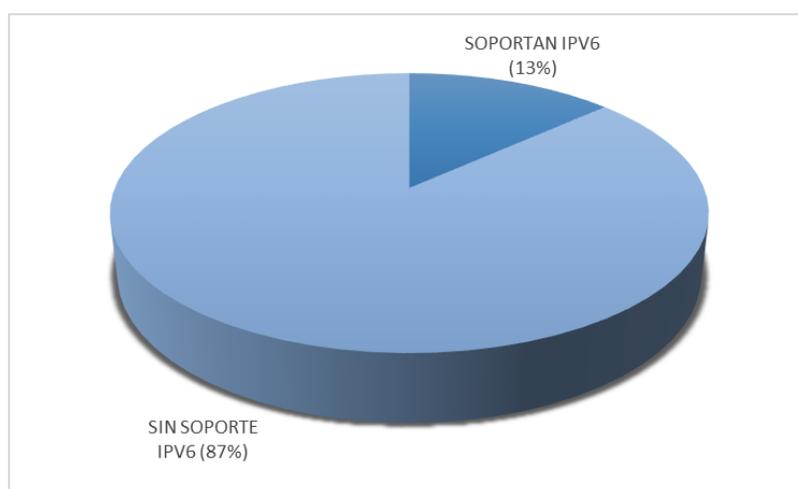


Figura 7. Porcentaje de *Switches* con soporte IPv6. *

De acuerdo con la Figura 7, la mayoría de los *switches* no soportan IPv6, lo que representa un gran inconveniente para la transición pues se deben adquirir nuevos equipos para que la red quede trabajando totalmente con la versión 6.

Sugerencias para la transición a IPv6.

Si bien la sección de la red de datos de la entidad que está funcionando con los *Switches* que no son compatibles con el protocolo versión 6 debe seguir funcionando de la manera en la que está, se sugiere empezar la migración con los dispositivos que sí poseen el soporte del nuevo protocolo; aun así, se indica que poco a poco se vayan adjuntando a la red nuevos dispositivos que faciliten el proceso de migración, algunas sugerencias se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Descripción de *Switches* sugeridos. *

EQUIPO	REFERENCIA	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Switch	TRENDNET TL2-G244 (Versión v2.0R)	Capa 2 administrable . 24 puertos Gigabit. 4 ranuras SFP compartidas y un puerto de consola. Capacidad de conmutación de 48 Gbps . Compatible con IPv6 .
Switch	TRENDNET TL2-PG284 (Versión v1.0R)	Capa 2 administrable . 28 puertos . 20 puertos PoE Gigabit. 4 puertos Gigabit PoE+. 4 ranuras SFP. 1 puerto de consola. Capacidad de conmutación de 56 Gbps . Compatible con IPv6 .
Switch	HP 3810M 24G PoE+	Totalmente administrable . 24 puertos . PoE. PoE+ IPv6 Host / Management IPv6 Routing 40 GbE 10 GbE Fiber 1 GbE Gigabit Copper 1 GbE Gigabit Fiber
Switch	HP 2540 24G PoE+ 4SFP+	Totalmente administrable . 28 puertos . 10 GbE Fiber 10 GbE Copper DAC 1 GbE Gigabit Copper 1 GbE Gigabit Fiber PoE PoE+ IPv6 Host / Management IPv6 Routing .

4.1.4. Servidores

La plantilla sugerida en la Guía para la transición a IPv6 se ajusta perfectamente a las necesidades de información concerniente a los Servidores que actualmente están ejecutándose en la entidad, de acuerdo con esto, en la tabla 14 se puede ver un ejemplo del modo de uso de la plantilla para Servidores.

Tabla 14. Plantilla inventario Servidores. *

N°	MARCA Y MODELO	UBICACIÓN	SISTEMA OPERATIVO	VERSIÓN SO	FUNCIONALIDAD	VERSIÓN IP	SOPORTA IPV6
1	DELL POWER EDGE 2950 SERVER 01	CUARTO EQUIPOS TECNOLOGICOS , PISO 3 CENTRO ADMINISTRATIVO MUNICIPAL, CALLE 6 No. 6-24	WINDOWS	Server 2012 R2 de 64 Bits	Servidor de Dominio de Red ALCALDI AFUSA Directorio Activo (Administración de usuarios de red LAN) Servicios, políticas y directivas de usuarios y grupos. Servidor de Impresoras.	4	SI
2	HP 8300 SERVER 02	CUARTO EQUIPOS TECNOLOGICOS , PISO 3 CENTRO ADMINISTRATIVO MUNICIPAL, CALLE 6 No. 6-24	WINDOWS	7 Professional de 64 Bits	Repositorio de Datos del Aplicativo Sistema de Información Catastral Municipal - SIC@M De uso exclusivo de la Secretaria de Planeación y la Secretaria de Hacienda.	4	SI
3	DELL POWER EDGE R420 SERVER 03	CUARTO EQUIPOS TECNOLOGICOS , PISO 3 CENTRO ADMINISTRATIVO MUNICIPAL, CALLE 6 No. 6-24	WINDOWS	Server 2012 R2	Plataforma de trámites y servicios en línea. Sistema de Información para el Registro de Incidencias. Permite gestionar los fallos en los equipos de cómputo de los funcionarios de la Alcaldía. Permitiendo mayor control y calidad de la atención a los usuarios.	4	SI

En la alcaldía de Fusagasugá existen en funcionamiento cinco (5) equipos servidores con las siguientes características.

Tabla 15. Descripción Servidores. *

MARCA Y MODELO	UBICACIÓN	SISTEMA OPERATIVO	DESCRIPCIÓN
DELL POWER EDGE 2950 SERVER01	Cuarto equipos tecnológicos, piso 3 Centro Administrativo Municipal.	WINDOWS Server 2012 R2 de 64 Bits	Servidor de Dominio de Red. Directorio Activo. Servidor de Impresoras.
HP 8300 SERVER02	Cuarto equipos tecnológicos, piso 3 Centro Administrativo Municipal.	WINDOWS 7 Professional de 64 Bits	Repositorio de Datos del Aplicativo Sistema de Información Catastral Municipal - SIC@M
DELL POWER	Cuarto equipos tecnológicos, piso	WINDOWS Server 2012 R2	Plataforma de trámites y servicios en

EDGE R420 SERVER03	3 Centro Administrativo Municipal.		línea. Sistema de Información para el Registro de Incidencias.
DELL POWER EDGE R430 SERVER04	Cuarto equipos tecnológicos, piso 3 Centro Administrativo Municipal.	WINDOWS Server 2012 R2	Bases de Datos.
HP 8200 SERVER05	Cuarto equipos tecnológicos, piso 3 Centro Administrativo Municipal.	LINUX UBUNTU 14.04	Bases de Datos.

Soporte IPv6.

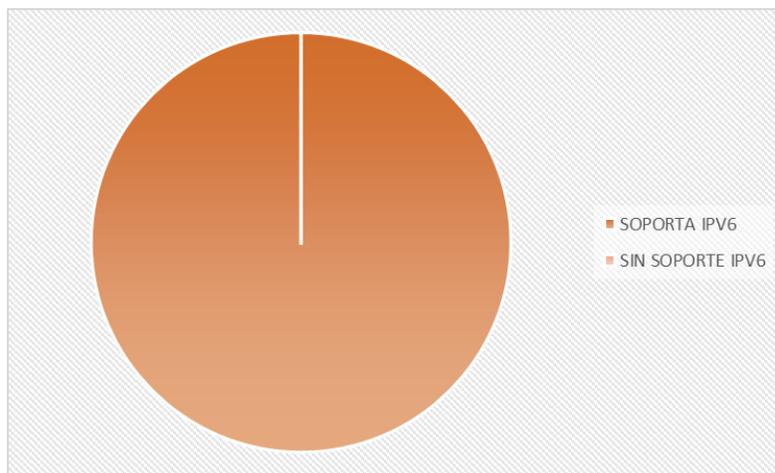


Figura 8. Porcentaje de soporte IPv6 en Servidores. *

El total de servidores tiene soporte IPv6 debido a que los Sistemas Operativos en los que se encuentran operando son compatibles con el nuevo protocolo, por lo que sugieren una fácil implementación de cualquier mecanismo de transición, Doble Pila y/o Tunelización.

4.1.5. Aplicativos

La tabla 16 muestra un ejemplo del uso de la plantilla que relaciona la información concerniente a los aplicativos con que trabaja la entidad.

Tabla 16. Plantilla Inventario Aplicativos. *

N°	APLICATIVO	TIPO	SISTEMA OPERATIVO	DEPENDENCIA	RESPONSABLE APLICATIVO	RESPONSABLE BASES DE DATOS	VERSIÓN IP	SOPORTA IPV6
1	SISBENNET (Aplicativo sisben)	CLIENTE - SERVIDOR LOCAL	WINDOWS XP PROFESIONAL	SECRETARIA DE PLANEACION	OFICINA DEL SISBEN	SECRETARIA DE PLANEACION	4	SI
2	SINFA MODULO ALMACÉN E INVENTARIOS	CLIENTE - SERVIDOR LOCAL	WINDOWS SERVER 2012	OFICINA DE RECURSOS FISICOS	OFICINA DE RECURSOS FISICOS	SECRETARIA DE HACIENDA OFICINA DE RECURSOS FISICOS	4	SI
3	www.fusagasugacundinamarca.gov.co	EN LINEA INTERNET	LINUX	COMUNICACIONES - JURIDICA - HACIENDA - MOVILIDAD - TICS	COMUNICACIONES	COMUNICACIONES - CONTRATISTA NEXURA INTERNACIONAL	4	-

Soporte IPV6.

La Alcaldía de Fusagasugá utiliza en total 37 aplicativos en las diferentes oficinas y secretarías, de éstos, no se tiene potestad alguna sobre 11, ya que hacen parte de entidades gubernamentales a nivel Nacional y son éstas quienes tienen administración total sobre dichos aplicativos, de los restantes se puede decir que 15 de ellos soportan IPV6, pues de acuerdo a la información brindada por la Oficina TIC para la elaboración del Inventario de activos, éstos se encuentran desarrollados sobre servidores con Sistemas Operativos compatibles con este protocolo.

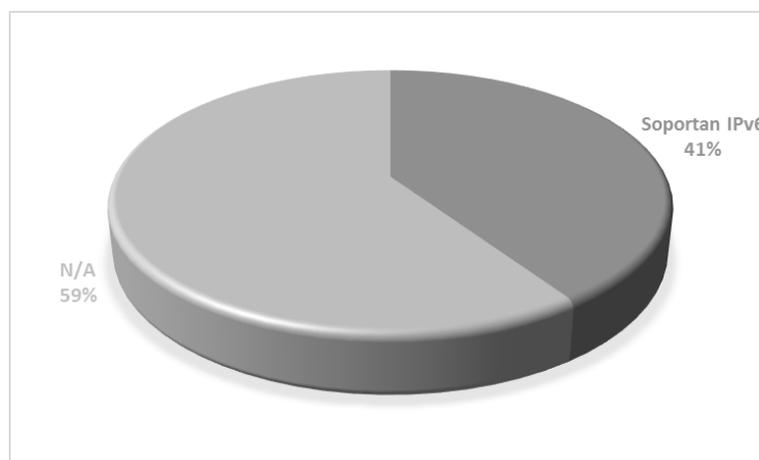


Figura 9. Soporte IPv6 en Aplicativos. *

De acuerdo con la figura 9, menos de la mitad de aplicativos tienen un soporte IPv6 demostrado, lo que implica que es un tema de especial cuidado, pues la mayoría de

éstos se tendría que desarrollar sobre un Sistema Operativo compatible con la nueva versión del protocolo IP y se debe tener en cuenta que no se tiene potestad sobre todos los aplicativos con los que se trabaja.

Sugerencias para la transición a IPv6.

Con los aplicativos que se ejecutan sobre servidores con Sistemas Operativos compatibles con IPv6 no se tiene problema alguno en la implementación de técnicas para la coexistencia de los dos protocolos, por el contrario, como no se tiene potestad alguna sobre alguno de los aplicativos, se recomienda trabajarlos como “nodos IPv4 Only”, en donde se implementen métodos de traducción para que puedan soportar la técnica Doble Pila, esto mientras dura el proceso de migración y se tiene una comunicación directa con las entidades responsables de dichos aplicativos para saber cuando éstos empiecen a trabajar sobre IPv6, si es el caso de que aún no estén implementados y/o trabajando ya con el nuevo protocolo.

4.2. Plan de diagnóstico

4.2.1. Análisis de la topología actual de la red y su funcionamiento.

La red de datos del Centro Administrativo Municipal (CAM) de Fusagasugá actualmente funciona bajo la topología de estrella extendida, como se observa en el diagrama mostrado en la figura 10, el *Router* principal Cisco 2800 de propiedad del ISP MEDIA COMMERCE PARTNERS está conectado directamente a la red WAN y al *firewall* encargado del filtrado de información, este *Router* se encarga de otorgar las IP a todos los equipos de la red por medio de DHCP, excepto a los servidores y sistemas de información, pues estos poseen direcciones IP estáticas. Seguido al Cisco 2800, toda la red está interconectada por medio del *switch* principal, a éste se enlazan los servidores y demás *switches* que llevan el servicio de Internet a los centros de cómputo.

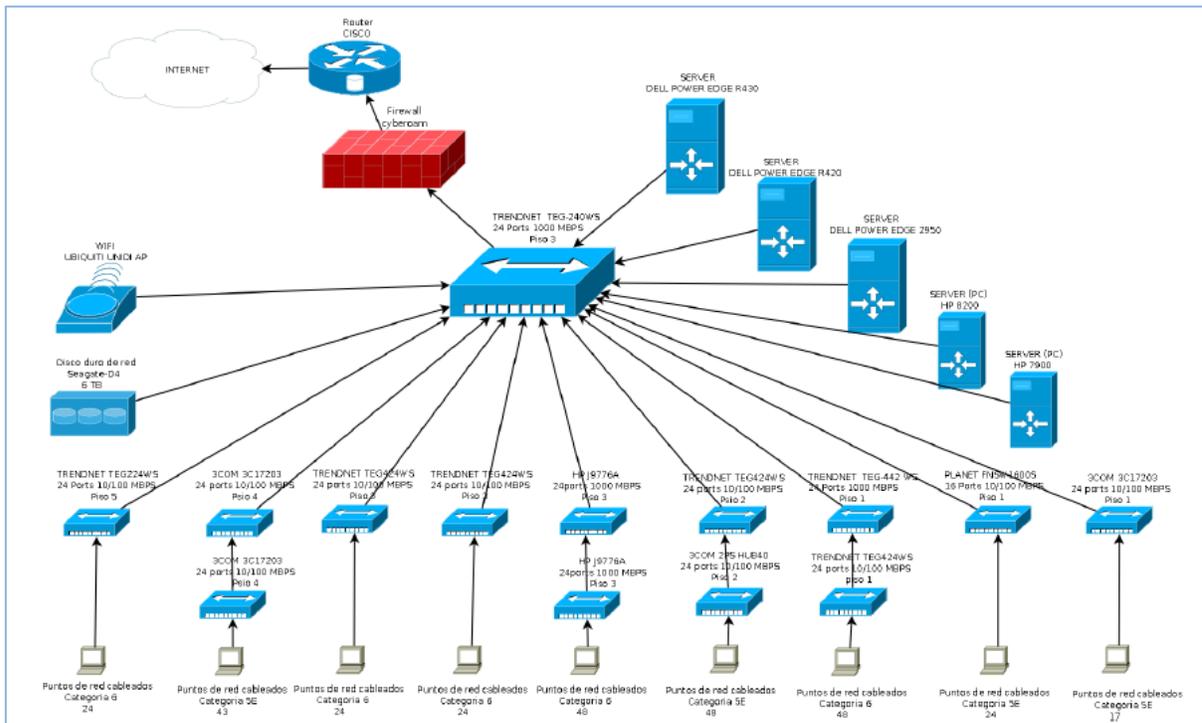


Figura 10. Diagrama de red LAN Centro Administrativo Municipal de Fusagasugá. Elaborado por Oficina TIC, noviembre de 2016.

En cuanto a las oficinas externas, todas ellas funcionan de manera independiente y diferente, no existe alguna interconexión con la red de datos del CAM; a continuación, se describe la manera en la que cada oficina recibe el servicio de Internet a través de ASDL de reuso o dedicado.

Tabla 17. Descripción Servicio de Internet oficinas externas. *

Oficina	Proveedor.	Ancho de Banda	Tecnología.
Oficina Asesora para Comunicaciones	ETB	10 MB	ADSL Reuso
Secretaría de Desarrollo económico	Movistar Telefónica Telecom	5 MB	ADSL Reuso
Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente	Movistar Telefónica Telecom	5 MB	ADSL Reuso
Secretaría de Cultura	ETB	6 MB	ADSL Reuso
Secretaría de Desarrollo Social	ETB	10 MB	ADSL Reuso

Secretaría de tránsito	Movistar Telefónica Telecom	5 MB	ADSL Reuso
Secretaría de Gobierno	Media Commerce Partners S.A.S.	40 MB	Dedicado

Debido al sesgo que existe en la interconexión del CAM y las sedes externas, el primer paso para que toda la red de la Alcaldía de Fusagasugá esté trabajando bajo IPv6, es crear enlaces para unificar las redes y, de esta manera trabajar en un solo proceso de migración con equipos e infraestructura tecnológica propia, pues no es conveniente empezar un proceso de transición independiente en cada sede ya que están implicados proveedores diferentes.

En cuanto a la red del CAM, la topología en estrella extendida facilitará la implementación de los mecanismos de migración, Doble pila y Tunelización, ya que en la red sólo existe un nodo principal, además no hay creadas subredes ni VLAN's, lo que implica una configuración directa entre *router* y *hosts*, teniendo en cuenta que para los dos mecanismos es necesarios que por lo menos el equipo de enrutamiento cuente con soporte IPv6.

En Doble pila, por ejemplo, se requiere que los *hosts* y los *routers* soporten ambas versiones de IP y, por tanto, servicios y aplicaciones tanto IPv4 como IPv6; en este orden de ideas se debe tener en cuenta que el *Router* principal de la red, CISCO 2800 soporta IPv6 [22], pero es de administración del ISP MEDIA COMMERCE PARTERS, lo que involucra un proceso compartido en las configuraciones necesarias para la implementación. Si bien una desventaja de este mecanismo es que obliga a que cada máquina retenga una dirección IPv4, este no es un inconveniente en la entidad, pues disponen de un número de IP's mayor al necesario. Por otra parte, a medida que se difunde IPv6, la técnica de doble pila tendrá que ser aplicada donde específicamente ayuda al proceso de transición, por ejemplo en servidores, un servidor de doble pila puede soportar clientes sólo IPv4 convencionales, nuevos clientes sólo IPv6, y por supuesto clientes de doble pila. [23]

En cuanto al proceso de Tunelización, permite, por ejemplo, interconectar las nubes IPv6 a través de un servicio IPv4 nativo por medio de un túnel. Los paquetes IPv6 son encapsulados por un *Router* de extremo antes de ser transportados a través de la red IPv4, siendo desencapsulados en el extremo de la red IPv6 receptora [23]; lo que implica que el *Router* principal y algunos *hosts* soporten IPv6, es decir los dispositivos que harán de nodos que encapsulan y/o desencapsulan la información para ser enviada a los demás dispositivos.

De esta manera, conservar la topología de la red facilitaría el proceso de transición a IPv6, pero seguirían presentándose desventajas como que si el *switch* principal de la red falla, toda la red lo hará.

4.2.2. Validación previa de la infraestructura de red.

El empalme físico de la infraestructura de red se encuentra en el tercer piso del CAM en el cuarto de equipos, allí se hallan todos los dispositivos necesarios en la distribución del servicio de Internet, repartidos en tres *racks*; en uno de ellos están todos los equipos que se requieren en la conversión del canal de fibra óptica al cable de par trenzado, además de los equipos de enrutamiento y distribución para la entrega del servicio al usuario final. A continuación, se observa el diagrama que ilustra este proceso y se relacionan los dispositivos y características de los mismos.

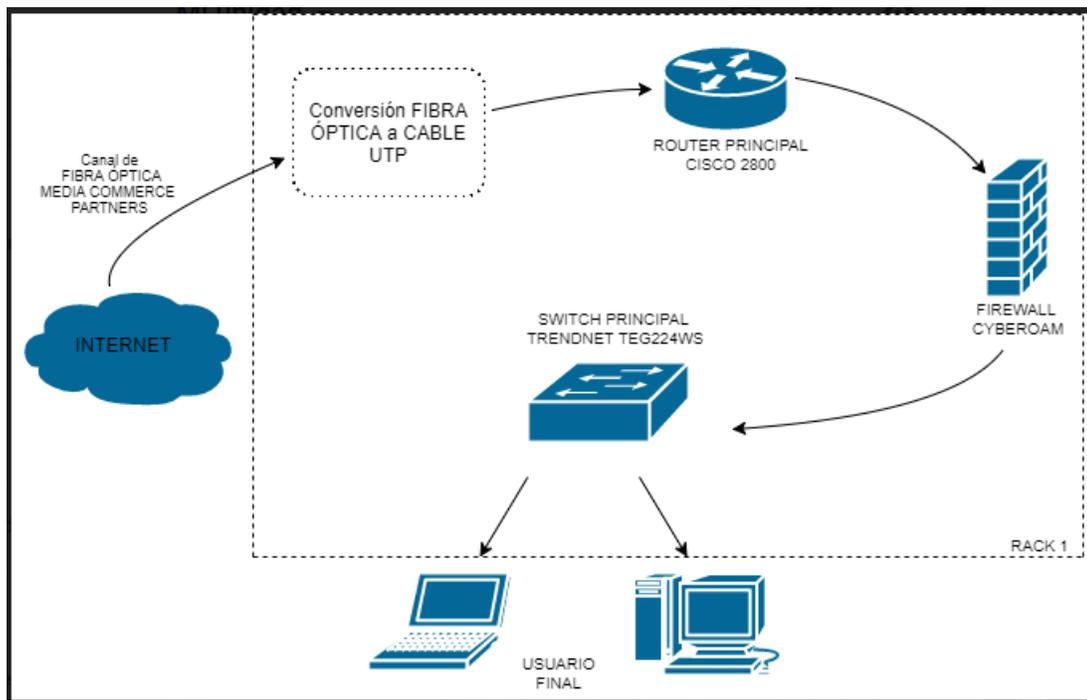


Figura 11. Diagrama proceso entrega final del servicio de Internet en la red LAN del CAM. *

Tabla 18. Descripción equipos Rack1. *

Rack	Dispositivo	Marca/ Referencia	Especificaciones	Propietario
1	Caja de terminación para fibra óptica	V-Kom VKDO-GP20	Una entrada de fibra óptica, adaptadores SC,FC y LC, máximo 12 adaptadores SC, FC y adaptador 24 LC	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S
	Convertor de medio	V-Kom VKS-100-25A	10/100baseTx a 100baseFx, una fibra y alcance máximo 20 Km	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S
	Router	Cisco Serie 2800	100-240 V, 3A, 50/60 Hz, 64 MB de memoria Flash y 254MB DRAM	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S
	Firewall	Cyberoam future-ready CR25iNG	Seguridad en UTM, tecnología en la 8 capa 'identidad del usuario', 2 puertos USB, 1 puerto RJ45 y configurable por interfaz	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S
	Switch	Trendnet TEG224WS	24 Fast Ethernet x 10/100Mbps, 2 Puertos Gigabit x 10/100/1000Mbps, 2 x 1000Base de ranura Mini-GBIC	Alcaldía de Fusagasugá
	UPS	POWERWARE MODELO 9120	Capacidad 700-3000VA, Tensión de entrada 120/220 Vac, Frecuencia 50/60 Hz, autonomía de 5-20 minutos	Alcaldía de Fusagasugá

En cuanto a los dos *racks* adicionales que se encuentran en el cuarto de equipos, en uno de ellos se dispone de los servidores y equipos donde corren algunos sistemas de información, descritos en el inventario de activos, además de las UPS necesarias para éstos. En el otro *rack*, los *switches* y UPS habilitados sólo para la Oficina de Hacienda, también detallados en el inventario de activos.

Del *switch* principal ubicado en el cuarto de equipos, hasta cada uno de los usuarios finales ubicados en las diversas oficinas de CAM, se distribuye cable UTP categoría 5E y 6 asignado por dependencias como se ve en la Tabla 19. En cada una de las oficinas se ajustan *switches* secundarios para redistribuir la red y crear los puntos de red necesarios.

Tabla 19. Cantidad puntos de red y categoría cable UTP por dependencia. *

Lugar	Dependencia	Cantidad de puntos	Categoría
1 Piso	Ventanilla única de correspondencia.	4	5E
	Oficina de desarrollo social.	5	5E
	Programación económica	9	6
	Comunicaciones	4	5E
	SISBEN	14	5E
	Secretaría de salud	13	5E/6
2 Piso	Oficina de proyectos	5	5E
	Secretaría de Hacienda	45	6
	Unidad de control interno disciplinario.	3	5E
	Secretaría General	9	5E
	Recursos físico	3	5E
	Dirección de gestión humana	2	5E
	Oficina de turismo	4	5E
	Recepción / PBX	1	5E
3 Piso	Dirección de asuntos jurídicos y contratación.	20	6
	Secretaría de infraestructura	11	6
	Secretaría de educación	17	5E/6
	Oficina TIC	5	6
4 Piso	Secretaría de Planeación	25	5E
5 Piso	Despacho Alcalde	19	6

Como se observa en la tabla 19, el cableado del CAM trabaja las categorías más recientes en el mercado, cable estándar para GIGABIT ETHERNET, lo que indica condiciones aceptables en la capacidad de transmisión de datos y lo que representaría una ventaja en cuanto a que no existe la necesidad de hacer cambios físicos en canaletas, conectores y demás elementos de las conexiones de red.

4.2.3. Compatibilidad y grado de avance en la adopción de IPv6 en la red de datos.

El proceso de transición de IPv4 al nuevo protocolo interviene específicamente en la capa 3 del modelo OSI, por lo que el nivel físico o capa 1 no está sujeto a cambios drásticos y/o necesarios en la migración, de acuerdo con ello se analiza el soporte IPv6 en los equipos de comunicación, servidores y equipos de cómputo.

Tabla 20. Porcentaje de compatibilidad con IPv6 de *Hardware*. *

Dispositivos.	Porcentaje Soporte Ipv6
Equipos de comunicación.	13%
Servidores	100%
Equipos de cómputo	100%

En la tabla 20 se puede observar el porcentaje de dispositivos compatibles con IPv6, de acuerdo con ello, el total de servidores y equipos de cómputo soportarían la migración, teniendo en cuenta que el 34% de estos últimos tienen sistemas operativos XP y se recomienda su actualización para garantizar completa compatibilidad; en cuanto a los equipos de comunicación, específicamente *switches*, existe un inconveniente con el porcentaje restante al 13%, pues cada uno de estos equipos que no soportan el protocolo obliga a que los equipos de cómputo conectados a cada uno de ellos sigan en IPv4, lo que no impediría de manera total el proceso de migración gracias a que los métodos de transición funcionan con la coexistencia de los dos protocolos; sin embargo, sí se debe tener claro que son equipos que con el tiempo quedarán obsoletos para la red funcionando en IPv6.

A continuación, se muestran las características de los equipos de red que son propiedad del ISP, si bien tienen soporte IPv6, se debe tener en cuenta que son propiedad y administrados por MEDIA COMMERCE PARTNERS, hecho que representa una desventaja en cuanto a que se debe organizar un proceso compartido en la implementación de los métodos de transición.

Tabla 21. Características equipos propiedad del ISP. *

Dispositivo	Marca/ Referencia	Especificaciones básicas	Compatibilidad IPv6	Propietario
Router	Cisco/ Serie 2800	100-240 V, 3A, 50/60 Hz, 64 MB de memoria Flash y 254MB DRAM	Contiene: IPv6 for Cisco IOS Software [24]	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S
Firewall	Cyberoam/ CR25iNG	Seguridad en UTM, tecnología en la 8 capa 'identidad del usuario', 2 puertos USB, 1 puerto RJ45 y configurable por interfaz	Dual Stack Architecture, soporte para IPv4 e IPv6, gestión sobre IPv6, ruta IPv6: estática y de origen, Tunelización IPv6 (6in4, 6to4, 6rd, 4in6), servicios DNSv6 y DHCPv6, Seguridad de firewall sobre tráfico IPv6, alta disponibilidad para redes IPv6	MEDIA COMMERCE PARTNERS S.A.S

Adicional a esto, se debe tener en cuenta que aproximadamente el 30% de los aplicativos utilizados por la Alcaldía de Fusagasugá, descritos en el inventario de activos, no son potestad de la entidad, lo que implica que deben seguir funcionando sólo sobre IPv4, por lo menos mientras los entes encargados de su manejo realizan la migración.

De acuerdo con las observaciones anteriores, se puede decir que la red de datos de la Alcaldía de Fusagasugá es un 88% compatible con el protocolo IPv6, teniendo en cuenta que los porcentajes de soporte con IPv6 son, 95 para dispositivos propios, 100 para equipos de administración del ISP y 70 para aplicativos. En cuanto al grado de avance en la adopción de IPv6, la entidad se encuentra en 10%, pues hasta el momento sólo se ha desarrollado el proceso de planeación para la transición.

4.2.4. Direccionamiento actual y sugerencias para IPv6

El Centro Administrativo Municipal entrega a su red direcciones IP dinámicas a través del protocolo DHCP, éste distribuye las 1.022 direcciones privadas que hacen parte del *pool* adquirido por la alcaldía con su proveedor de servicio, de esta manera se asignan direcciones de manera aleatoria a cada uno de los *host* que hacen parte de la red, de manera contraria, se asignan direcciones estáticas a equipos servidores; por otra parte, no existe una segmentación de red establecida, no se encuentran determinadas subredes por áreas o departamentos.

Si se desea seguir entregando las IP a través de DHCP, se debe tener en cuenta que para la red trabajando en IPv6 este protocolo debe configurarse como DHCPv6, el cual permite a los servidores DHCP pasar parámetros de configuración como direcciones de red IPv6 a nodos IPv6. Ofrece la capacidad de asignación automática de direcciones de red reutilizables y flexibilidad de configuración adicional. Este protocolo es una contraparte con estado de "Autoconfiguración de direcciones IPv6, *Stateless*", y se puede usar por separado o simultáneamente con este último para obtener parámetros de configuración automática. [25]

Si, por el contrario, se desea segmentar la red y establecer subredes, se debe tener presente que para IPv6 el procedimiento de segmentación es casi idéntico al realizado en IPv4, como se puede ver en la sección 2.2.5.

4.3. Plan de trabajo

La transición a IPv6 es un proceso que puede tardar años debido a que implica una paulatina migración asegurando la coexistencia de las dos versiones del Protocolo de Internet, esto con el fin de poder brindar y recibir servicios desde redes que trabajen solamente bajo IPv4, que sean IPv6 nativas, o las dos de manera simultánea; de esta forma se busca que la red interna sufra el menor impacto posible y no se afecten las actividades cotidianas en la entidad. Por ello es necesario definir un plan de trabajo que definitivamente sea flexible a cambios durante el proceso de

implementación, que permita la ejecución de un *rollback*, abierto a la omisión o adhesión de nuevas actividades, pero que sea guía desde una mirada holística para asegurar que el proceso de implementación de IPv6 sea efectivo. De acuerdo con ello, se plantean las siguientes actividades como previo plan de trabajo en la ejecución del proyecto.

4.3.1. Definición de actividades, objetivos y responsables.

Es necesaria la determinación de tareas que ayuden en la realización de las actividades que a continuación se sugieren dentro del plan de transición, además de la creación de objetivos concretos que permitan a los responsables mantener la línea de acción dentro de los alcances de cada actividad. Por ello se recomienda la creación de un cronograma de actividades que no sólo sea una guía, sino que permita el cumplimiento óptimo en el tiempo de las diferentes tareas.

Tabla 22. Plantilla cronograma sugerido para plan de transición. *

N°	Actividad	Objetivo	Tareas	Responsables	Duración	Fecha Inicio	Fecha Finalización	% Cumplimiento	Observaciones

4.3.2. Estimación de costos.

Dentro del proceso de implementación se ve la necesidad de invertir económicamente no sólo en dispositivos, sino en personal capacitado para garantizar que la migración se realice de manera correcta, por ello, una de las actividades primordiales al iniciar con el proceso de transición es la estimación de costos, teniendo en cuenta el *hardware*, *software* y recurso humano.

4.3.3. Capacitación a personal de la entidad.

La guía para la transición a IPv6 en Colombia es clara en el proceso de capacitación que sugiere durante la migración, a continuación, se describen los aspectos a tener en cuenta según el Min TIC en dicho documento.

“La capacitación en el protocolo IPv6 es fundamental para el conocimiento previo no solo de la parte técnica de IPv6 sino también en la concientización a las Entidades sobre el papel y los beneficios de esta transición en las infraestructuras de las organizaciones.” [1]

La recomendación académica para la programación de cursos de capacitación en el protocolo IPv6 para las Entidades, debe contener como mínimo los siguientes temas:

- a. Introducción y aspectos básicos de IPv6.
- b. *Host* y enrutamiento en IPv6.
- c. Servicios y aplicaciones sobre IPv6.
- d. Seguridad en IPv6.

Para cada uno de estos temas, se requiere que los funcionarios capacitados pertenezcan a las áreas de TI de las organizaciones, adquieran los conocimientos que describen la funcionalidad, la aplicabilidad y los componentes técnicos del nuevo protocolo a través de prácticas y procedimientos de configuración en laboratorios destinados para ello; cada uno de estos temas puede corresponder a un curso de 8 horas semanales de duración.

Se recomienda organizar cursos presenciales de 24 horas que contenga los conceptos básicos y herramientas de tecnología para la comprensión del protocolo IPv6 y los elementos necesarios para apoyar a la Entidad en el proceso de diagnóstico, implementación y monitoreo del nuevo protocolo.

De esta manera, el plan de capacitación debe ser presencial, orientado a funcionarios de las áreas de TI de las Entidades y con jornadas académicas de 4 horas.

Adicionalmente, se requiere desarrollar la sensibilización a los Directivos de la Entidad sobre la importancia del uso de IPv6 y su impacto dentro de la infraestructura tecnológica y del negocio de cada organización y como esta puede afectar en menor o mayor grado las operaciones normales de cada Entidad.

Adicional a lo sugerido por Min TIC, se cree importante organizar dos planes de capacitación diferentes, uno específico para las personas laborando en TI con los ítems descritos anteriormente, agregando la temática concerniente a los mecanismos de transición, debido a su importancia en el proceso; además de, un plan específico para todas las personas que laboran en la entidad, con el fin de dar a conocer el proceso de migración, justificando la necesidad de realizarlo en el desarrollo y competitividad de la red, con ello se crea una conciencia de cambio en toda la entidad que ayude a trabajar en conjunto en la mitigación de errores o inconvenientes que se puedan presentar.

4.3.4. Análisis del impacto en la red, descripción planes de contingencia y creación de protocolos de prueba por actividad.

El proceso de transición a IPv6 trae consigo cambios que pueden generar gran impacto no sólo en la red de datos sino en el desarrollo cotidiano de las actividades a las que se dedica la entidad, por ello es importante analizar previamente los siguientes riesgos que son algunos de muchos que se pueden correr y de esta manera buscar cómo evitarlos y/o determinar el modo de actuar cuando sucedan.

- Pérdida y/o fuga de información.
- Daños físicos en los equipos.
- No disponibilidad de repuestos.
- Incompatibilidad de *hardware*.
- Inestabilidad de las aplicaciones.
- Problemas de funcionamiento en los sistemas operativos.
- Fallas de instalación y conexión de los equipos de red.

Es importante analizar qué pasaría si suceden los anteriores inconvenientes antes de empezar con el proceso de implementación y de esta manera describir los planes de contingencia que se deben llevar a cabo en cada caso, realizar pruebas con una sección de la red y determinar que dichos planes den los resultados esperados.

4.3.5. Contacto con el ISP para informar acerca del proceso y acordar trabajo en conjunto.

Desde que inicia el proceso de transición es conveniente contactar con el proveedor del servicio de Internet para empezar un trabajo en conjunto, de él no se necesita sólo la asignación del *pool* de direcciones, en muchas ocasiones se tienen dispositivos de la entidad en gestión del ISP o dispositivos de éste en alquiler a las entidades, lo que obliga directamente a crear en conjunto una comunicación que no impida el proceso de migración.

4.3.6. Solicitud *pool* de direcciones ante el ISP o entidad regional.

Se recomienda utilizar bloques IPv6 propios, solicitados al ISP o recibidos directamente del RIR (Regional Internet Registry); es conviene revisar nuevamente las políticas del registro; por ejemplo, en el caso de un proveedor de banda ancha que está utilizando direcciones IPv4 privadas (RFC1918) para sus clientes y desea reemplazar ese direccionamiento privado por direcciones IPv6 públicas

(denominadas IPv6 globales), podrá hacer un requerimiento al registro pidiendo las direcciones IPv6 necesarias para ese cambio.

4.3.7. Actualización *software* en nodos y dispositivos finales para habilitar IPv6.

Cada vez es más frecuente que diversas plataformas o sistemas operativos, no solo incorporen IPv6, sino que además sea activado por defecto por el fabricante, sin requerir intervención alguna por parte del usuario; aun así, se debe definir la actualización de los sistemas operativos en equipos de comunicación y de los firmware en dispositivos de red y hacerlo con versiones originales del fabricante para evitar posibles huecos de seguridad. De acuerdo con ello, se tendría la facilidad de habilitar Ipv6 en los dispositivos que lo soportan.

4.3.8. Establecer planes de direccionamiento y enrutamiento

Para definir los planes de direccionamiento y enrutamiento se deben revisar los existentes en IPv4 y coordinarlos para IPv6 lo más similares posibles a los ya configurados, se recomienda revisar la sección 2.2.5 y 2.2.6.

4.3.9. Migración de servicios.

- DNS.

Muchas entidades suelen tener sus propios rangos de direcciones IPv4 y administran sus propios servidores de nombres, tanto de los dominios directos como inversos. En el caso de IPv6 esto será similar, por lo que se mostrará cómo configurar este servicio.

La aplicación más utilizada para DNS es BIND y tiene soporte IPv6, una primera consideración será que el servidor de nombres tenga direcciones IPv6 configuradas y sea alcanzable dentro de la red interna tanto por IPv4 como IPv6. Esto permitirá que el DNS responda en forma nativa en IPv6.

Así como en IPv4 se tienen los registros “A” para definir direcciones IP asociadas a un nombre, en IPv6 se utilizan los registros “AAAA”, que funcionan de una manera análoga. En general, se definen los dos tipos de registro dentro de la misma zona.

Por otro lado, también será necesario definir los inversos en la zona correspondiente, que para IPv6 es ip6.arpa. Los registros que se utilizan son los mismos registros PTR que en IPv4. Es importante tener en cuenta que se deben completar todos los grupos

de ceros que se omiten habitualmente en la escritura de una dirección IPv6 y además, cada dígito hexadecimal de la dirección debe incluirse en la representación reversa, separado por puntos. Esto hace más compleja la edición manual de las zonas reversas. De esta forma se define toda la información correspondiente a los servidores y equipos que tengan una IP asignada en forma estática.

Ahora bien, una de las herramientas más poderosas que brinda IPv6 es la autoconfiguración de dispositivos. ¿Cómo se puede reflejar esta información en el DNS sin perder la dinámica que brinda esta opción? Para esto, se utiliza la opción de actualización dinámica que proveen las versiones actuales de BIND. Mediante esta técnica, es posible que un nodo o el servidor DHCPv6 sean quienes agregan los registros correspondientes en las zonas directa e inversa. [19]

- Correo electrónico.

Para implementar un servicio SMTP tanto entrante como saliente con IPv6, simplemente es necesario que el servidor cuente con direcciones IPv6, ya que el *software* para este servicio está preparado para utilizar la nueva versión del protocolo. [19]

- Servicios WEB.

Uno de los servicios fundamentales en redes es el servidor web, afortunadamente el servidor más utilizado en los sistemas de código abierto es Apache, que está preparado para manejar IPv6 sin problemas.

Un punto a tener en cuenta aquí es que el servidor debería estar configurado para responder requerimientos tanto en IPv4 como en IPv6. Muchas veces esto es hecho simplemente utilizando un único *socket* IPv6 y utilizando para ello las direcciones IPv4 mapeadas (direcciones del tipo ::ffff:a.b.c.d).

Para un buen funcionamiento de este servicio, es necesario definir los registros correspondientes en el DNS para cada uno de los servidores web instalados en la institución. Esto consiste en definir los registros AAAA y también los reversos dentro de la jerarquía ip6.arpa. [19]

-Directorio Activo.

La implementación más utilizada para este tipo de directorios es LDAP y un *software* de código abierto ampliamente difundido es openLDAP, que soporta IPv6 en modo nativo. Al igual que se mencionó para los servidores web, se debería permitir el acceso en doble pila bajo cualquiera de las dos versiones del protocolo IP. [19]

- Monitoreo.

Normalmente las redes empresariales ponen al servicio de sus usuarios diversos sistemas de información sobre el tráfico que pasa por la red, pudiendo medirse características tales como los servicios utilizados, IP de origen y destino del tráfico e incluso sistemas autónomos entre los cuales se realiza mayor intercambio de información, a su vez, los administradores de la red, necesitan tener control sobre los enlaces que forman la infraestructura de la red.

Existen muchos paquetes de *software* que se utilizan habitualmente. Algunos de ellos que soportan IPv6 son: MRTG, Cacti, Nagios, Ntop, Ethereal. [19]

4.3.10. Plan de seguridad.

Cuando se configura IPv6 en una red, se está habilitando el acceso a través de una nueva capa de red. Esto hace que las reglas de seguridad perimetral existentes para IPv4, ya no sean válidas para IPv6. Pero la seguridad no es solamente la configuración del cortafuegos u otro equipamiento, también son procesos y procedimientos que han sido elaborados a través de los años que deben ser revisados y analizados. Lo importante es considerar que IP es la denominación del Protocolo Internet que involucra a los dos IPv4 e IPv6, lo que implica que esta distinción debe realizarse en los procedimientos correspondientes.

El otro caso de interés es sobre el filtrado de multicast y en particular de multicast local al enlace. En IPv6 no existe dirección de difusión (o "*broadcast*"), y elementos como la autoconfiguración de direcciones, la detección de direcciones duplicadas y el descubrimiento de vecinos dependen del uso de multicast. El filtrado de multicast local al enlace por parte de un cortafuegos impide su funcionamiento en IPv6.

4.3.11. Implementación mecanismos de transición.

Dado que no todos los ISP o demás redes con las que tiene contacto la entidad disponen de IPv6, es necesario utilizar los denominados mecanismos de transición y coexistencia; básicamente, estos mecanismos permiten que IPv4 e IPv6 coexistan, e incluso que cuando IPv6 no está disponible de forma "nativa", se pueda utilizar a través de la red IPv4, fundamentalmente mediante "túneles".

Dado que se habla de mecanismos de transición automáticos, generalmente no se requiere configuración alguna y el sistema operativo se ocupará automáticamente de detectar si existe conectividad IPv6 en la red (por ejemplo, proporcionada por el ISP),

y en caso contrario, de activar 6to4 o Teredo. Si se necesita utilizar Miredo, solo será necesario descargar de la red el *software* correspondiente e instalarlo. [19]

5. Conclusiones

El plan de transición a IPv6 diseñado de acuerdo con los lineamientos dados por Min TIC ayudó no sólo en el levantamiento de la información necesaria para conocer y entender el funcionamiento actual de la red de datos de la entidad, sino que sirvió para encontrar las falencias a nivel de red que pueden retrasar el proceso de migración, y sugerir estrategias para superarlas. De esta manera se obtuvo una mirada holística de la red de comunicaciones de la entidad, que efectivamente permitió obtener el diagnóstico e indicar qué tan lista se encuentra la entidad para empezar con la etapa de implementación de IPv6.

El despliegue del inventario de activos de información resultó un primer paso valioso en la determinación del porcentaje de compatibilidad y el grado de avance de la red en la implementación de IPv6, por ello se puede decir que es una de las actividades más importantes de la fase de planeación, pues con ésta se determinó en primera instancia que la entidad está apta para comenzar con el proceso de migración, ya que se encontró que gran parte de equipos funcionando en la red son compatibles con el protocolo versión 6, además que los que no lo están no retrasan el proceso gracias a los mecanismos de implementación y coexistencia sugeridos.

El diseño del plan de trabajo abrió el camino al proceso de implementación en la entidad, sugiriendo actividades específicas de acuerdo a las necesidades de la misma, si bien las técnicas de levantamiento de información, diagnóstico y determinación de actividades previas son procesos arbitrarios, es importante hacer más propias las tareas específicas de cada actividad del plan de trabajo, pues deben ir encaminadas a superar las falencias encontradas y buscar la manera de mitigar inconvenientes de acuerdo con ellas.

Si bien la transición a IPv6 es un proceso cuya despliegue es relativamente rápido debido a que actúa directamente en capa 3 y actualmente se cuenta con soporte y activación del IPv6 en la mayoría de equipos de red, se debe tener en cuenta que la migración completa de la red es un proceso paulatino que, normalmente, tarda años y que esto es conveniente debido a que garantiza la comunicación con las redes que trabajen tanto en la versión 4 como en la 6, lo que hace posible que se den y reciban de manera óptima los servicios en la entidad.

Bibliografía

- [1] Min TIC, «Guía para la Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia,» Bogotá, 2015.
- [2] Unión Internacional de Telecomunicaciones, «Manual sobre redes basadas en el protocolo Internet (IP) y asuntos conexos,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/ITU-T/special-projects/ip-policy/final/IPPolicyHandbook-S.pdf>. [Último acceso: 17 octubre 2016].
- [3] Wikipedia, «IPv4,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/IPv4>. [Último acceso: 10 noviembre 2016].
- [4] Grupo de Investigación de Teleinformática UNAL Colombia, «Agotadas direcciones de internet en el mundo,» 12 febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/agotadas-direcciones-de-internet-en-el-mundo.html>. [Último acceso: 15 septiembre 2016].
- [5] Wikipedia, «IPv6,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/IPv6>. [Último acceso: 10 noviembre 2016].
- [6] http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-5932_documento.pdf.
- [7] LACNIC, «Manual de Políticas (v2.6 01/08/2016),» [En línea]. Available: <http://www.lacnic.net/web/lacnic/manual-11>. [Último acceso: 7 octubre 2016].
- [8] LACNIC, «No hay más direcciones IPv4 en América Latina y Caribe,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.lacnic.net/web/anuncios/2014-no-hay-mas-direcciones-ipv4-en-lac>. [Último acceso: 7 octubre 2016].
- [9] Min TIC, «Guía Aseguramiento del Protocolo IPv6,» 2015.
- [10] Min TIC, «Circular Número 002,» Bogotá, 2011.
- [11] F. Contreras, «Guía para el aseguramiento del protocolo IPv6.,» MinTIC, Bogotá, 2015.
- [12] G. P. J. B. D. J. A. RAMÍREZ PULIDO Diego Ferney, «Diseño de la transición del protocolo IPv4 hacia IPv6 en la Agencia Colombiana para la Reintegración ACR con base en consideraciones de seguridad en implementación de IPv6.,» Bogotá, 2015.
- [13] L. J. MELO MORENO, «Propuesta de diseño para la transición del protocolo de internet versión 4 (IPv4) al protocolo de internet versión 6 (IPv6) en la empresa

MARKET MIX S.A.S.,» Bogotá, 2015.

- [14] C. A. E. Rolando, «Plan de transición del protocolo de red IPv4 a IPv6 en la Universidad Industrial de Santander,» Bucaramanga, 2006.
- [15] D. X. L. Rivera, «Propuesta de un plan de implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca,» Cuenca, 2013.
- [16] P. G. Díaz, «Redes de computadoras. Introducción,» [En línea]. Available: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/02_introduccion.pdf. [Último acceso: 17 octubre 2016].
- [17] «Guía de administración del sistema: servicios IP,» ORACLE, [En línea]. Available: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipv6-overview-10/index.html>. [Último acceso: 7 OCTUBRE 2017].
- [18] L. Jaquez, «CCNA AL DÍA,» 17 marzo 2015. [En línea]. Available: <http://ccnaaldia.blogspot.com.co/2015/03/subnetting-ipv6.html>. [Último acceso: 05 10 2017].
- [19] R. G. C. O. C. O. J. P. M. M. R. A. V. M. Guillermo Cicileo, «ipv6tf.org,» Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>. [Último acceso: 5 Octubre 2017].
- [20] E. F. Morales, «MIGRACIÓN DEL PROTOCOLO IPv4 A IPv6 EN UNA RED, LOS BENEFICIOS Y SEGURIDAD QUE CONLLEVA ESTE CAMBIO,» 2009. [En línea]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0246_EO.pdf. [Último acceso: 4 octubre 2016].
- [21] G. Cicileo, «Ipv6 para todos,» Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>. [Último acceso: Septiembre 2017].
- [22] «cisco.com,» [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product_data_sheet0900aecd8016fa68.html%C3%A7. [Último acceso: 1 octubre 2017].
- [23] J. A. A. Sarria, «IPv4 to 6,» [En línea]. Available: <http://ipv4to6.blogspot.com.co/p/estrategias-de-transicion-ipv6.html.%20>. [Último acceso: 1 octubre 2017].
- [24] «www.cisco.com,» [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product_data_sheet0900aecd8016fa68.html%C3%A7.

[Último acceso: 1 octubre 2017].

[25] N. W. Group, «Tools IETF,» [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3315>. [Último acceso: 5 10 2017].