

REPÚBLICA DEL PERÚ



Resolución de Presidencia del Consejo Directivo Ad Hoc N° 157-2018-SINEACE/CDAH-P

San Isidro, 19 SET. 2018

VISTO:

El expediente N°OTI0002018000213 que contiene el Informe N° 000030-2018-SINEACE/P-ST-OTI, de la Oficina de Tecnologías de la Información; y,

CONSIDERANDO:

Que, el literal c) del artículo 27° de la "Norma que define la estructura funcional no orgánica transitoria del Ente Rector del Sineace", aprobada mediante Resolución de Presidencia del Consejo Directivo Ad Hoc N°093-2015-COSUSINEACE/CDAH-P, y sus modificatorias, establece que "son funciones de la Oficina de Tecnologías de la Información: (...); c) Formular mecanismos que promuevan el cumplimiento de las normas y estándares emitidos por el Ente Rector del Sistema Nacional de Informática";

Que, mediante Decreto Supremo N° 081-2017-PCM, se aprobó la formulación de un Plan de Transición al Protocolo IPV6 en las entidades de la Administración Pública, con el objetivo de disponer el diseño del referido Plan de Transición, a implementarse de manera progresiva en toda la infraestructura tecnológica: software, hardware, servicios, entre otros, en las entidades de la Administración Pública;

Que, el empleo del Protocolo IPV6 está previsto para la configuración de los equipos de cómputo, servidores de datos, laptops, tablets, telefonía móvil y otros dispositivos que se conectan a través de internet, siendo que la transición a este protocolo es competencia de la Oficina de Tecnologías de la Información del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa – Sineace, corresponde emitir el acto resolutivo para dicho efecto;

Con el visto bueno de Secretaría Técnica; Oficina de Tecnologías de la Información; Oficina de Asesoría Jurídica; de conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 28740, Ley del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa; Ley N° 30220, Ley Universitaria; con las facultades otorgadas mediante la Resolución Ministerial N° 396-2014-MINEDU y modificatorias; y, Resolución Ministerial N°331-2017-MINEDU.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar el Plan de Transición al Protocolo IPV6 del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa – Sineace, el cual forma parte integrante de la presente resolución.





Artículo 2°.- Encargar a la Oficina de Tecnologías de la Información cumplir con comunicar la aprobación del presente Plan a la Secretaría del Gobierno Digital (SEGDI) de la Presidencia del Consejo de Ministros.

Artículo 3°.- Disponer publicación y difusión de la presente en el portal web de la institución (www.sineace.gob.pe).



Regístrese, Comuníquese y Cúmplase.

CAROLINA BARRIOS VALDIVIA
Presidenta del Consejo Directivo Ad Hoc
Sineace

OFICINA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

PLAN DE TRANSICIÓN AL PROTOCOLO IPv6 EN EL SINEACE



JUNIO 2018



INTRODUCCIÓN

En el marco de la Política de Gobierno Electrónico, que procura "contar con una red informática que integre a todas las dependencias y a los funcionarios públicos, incluyendo hardware, software, sistemas, bases de datos, entre otros"; así como el plan de desarrollo de la sociedad de la información en el Perú, que como estrategia señala "proponer e implementar servicios públicos gubernamentales que utilicen soluciones de comunicación innovadoras soportadas por el protocolo de internet IPv6"; y teniendo en cuenta que el protocolo para el intercambio de información entre redes o dispositivos conectados es el Internet Protocol (IP), que a su vez cuenta con la versión 4 y la versión 6, es que la entidad requiere garantizar para el corto y mediano plazo las acciones y medidas necesarias para que los equipos cuenten con capacidad de IPv6.

El registro de direcciones de internet para américa latina y el caribe es gestionado por LACNIC, que es la organización responsable de la asignación y administración de los recursos de numeración de internet conocidos como IPv4 e IPv6, y ha señalado que el agotamiento de las direcciones IP en américa latina y el caribe se encuentra en su tercera y última fase. En tal sentido, debiéndose priorizar el despliegue a protocolo IPV6, se debe trabajar y definir una estrategia que incorpore un periodo de transición necesario para pasar del IPv4 al IPv6.

Teniendo en cuenta que una dirección IP identifica a un dispositivo dentro de una red IP, y siendo su uso imprescindible para la comunicación entre dispositivos, acceso a servicios a través de internet u otros; de conformidad con lo señalado por LANIC, es necesario el uso de las direcciones basadas en el protocolo IPV6, como mecanismo para asegurar la provisión y acceso a servicios digitales basados en este último.

Por estas consideraciones y en virtud de la normativa vigente en esta materia, se hace necesario que la entidad desarrolle un Plan de Transición al Protocolo IPv6 ante el inminente agotamiento de las direcciones IPV4, de tal manera que pueda asegurar la comunicación y accesibilidad a dispositivos o servicios que utilizan el sistema de direccionamiento IPv6.

BASE LEGAL

- Ley N° 27658. Ley Marco de Modernización de la Gestión del Estado
- Decreto Supremo N° 081-2013-PCM. Aprueba la Política Nacional de Gobierno Electrónico
- Decreto Supremo N° 066-2011-PCM. Aprueba la Agenda Digital Peruana 2.0
- Decreto Supremo N° 081-2017-PCM. Aprueba la formulación de un Plan de Transición al Protocolo IPv6 en las entidades de la Administración Pública.



OBJETIVOS DEL PLAN DE TRANSICIÓN

1. Objetivo general

Diseñar el plan de transición del protocolo IPv4 a IPv6 en la infraestructura de redes y comunicaciones, hardware, software y aplicaciones del Sineace; acorde a lo dispuesto por la Presidencia de Consejo de Ministros – PCM, a través del Decreto Supremo N° 081-2017-PCM, publicado con fecha 09/08/2017.

2. Objetivos específicos

- Mapear las etapas y actividades a considerar para realizar el proceso de transición de IPv4 a IPv6
- Contar con un cronograma de trabajo para desarrollar la misma
- Estimar un presupuesto base para la implementación de las actividades a desarrollar

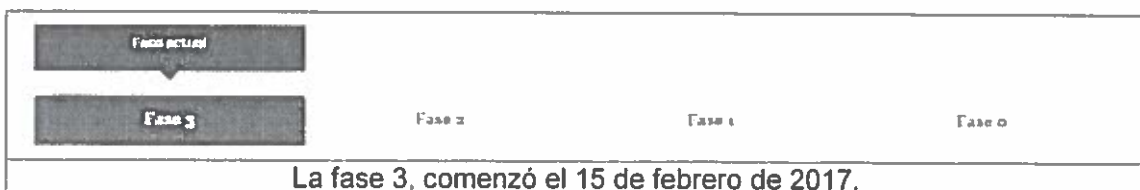
ALCANCE DEL PLAN DE TRANSICIÓN

El presente plan incorpora a toda la infraestructura tecnológica, software, hardware, servicios, entre otros de propiedad y uso en la entidad. Su implementación debe realizarse de manera progresiva, a fin de garantizar la adopción del protocolo IPv6, de tal manera que se asegure la comunicación y accesibilidad a dispositivos o servicios que utilizan este nuevo sistema de direccionamiento.

DIAGNÓSTICO

1. Generalidades

- El Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe - LACNIC es una organización no gubernamental internacional establecida en Uruguay en el año 2002. La función de LACNIC es la asignación y administración de los recursos de numeración de Internet (IPv4, IPv6), Números Autónomos y Resolución Inversa para la región¹.
- LANIC no va a tener suficientes direcciones para cubrir las necesidades de direccionamiento IPv4.
- La finalización del Protocolo IPv4 tiene cuatro fases:



- Agotamiento de direcciones IPv4

¹ <http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

i. Una dirección IPv4 está formada por 32 bits, puede direccionar:
 $2^{32} = 4.294.967.296$

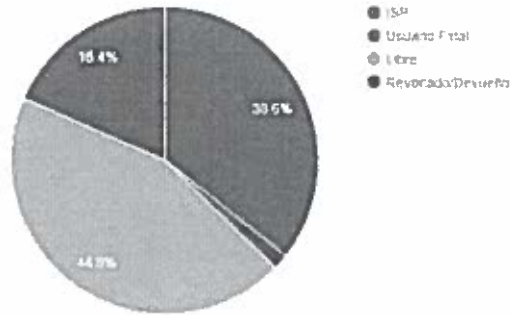
Reporte de Asignaciones IPv4 - Fase 3

El estado del bloque IPv4 correspondiente a esta fase se detalla a continuación:

- Última actualización: 2018-06-14
- Direcciones IPv4 totales: 3957024
- Direcciones IPv4 devueltas/recobradas en esta fase: 932152
- Direcciones IPv4 asignadas en esta fase: 1863648
- Direcciones IPv4 disponibles en este bloque: 3173376

Estado del bloque IPv4 Fase 3

En la siguiente gráfica se muestra la forma en que se han distribuido los bloques IPv4 correspondiente a la Fase 3



<http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>

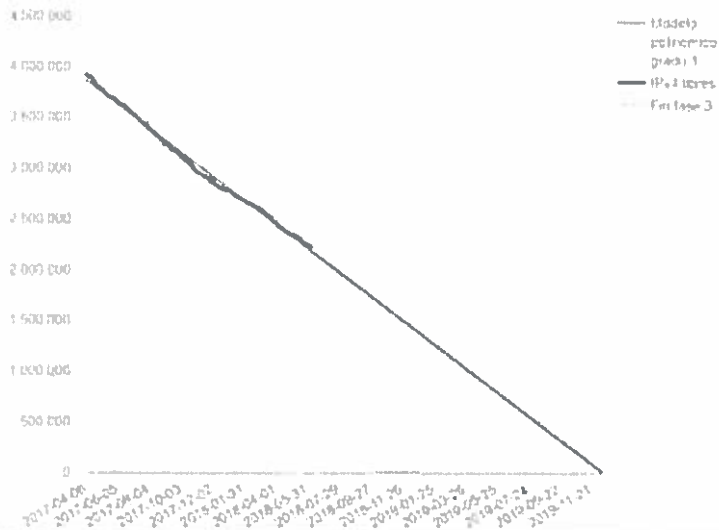
Proyección de agotamiento - Fase 3

Teniendo en cuenta el comportamiento de las asignaciones desde febrero de 2017, momento en que se inició esta fase, se generó a continuación una proyección lineal con la posible fecha de agotamiento.

Fecha de operación: 2018-06-14

Fin de la fase 3 modelo 1: 2019-12-17 Factor de error: 0.9942604232508

Agotamiento IPv4 fase 3



<http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>



2. Protocolo IPv6

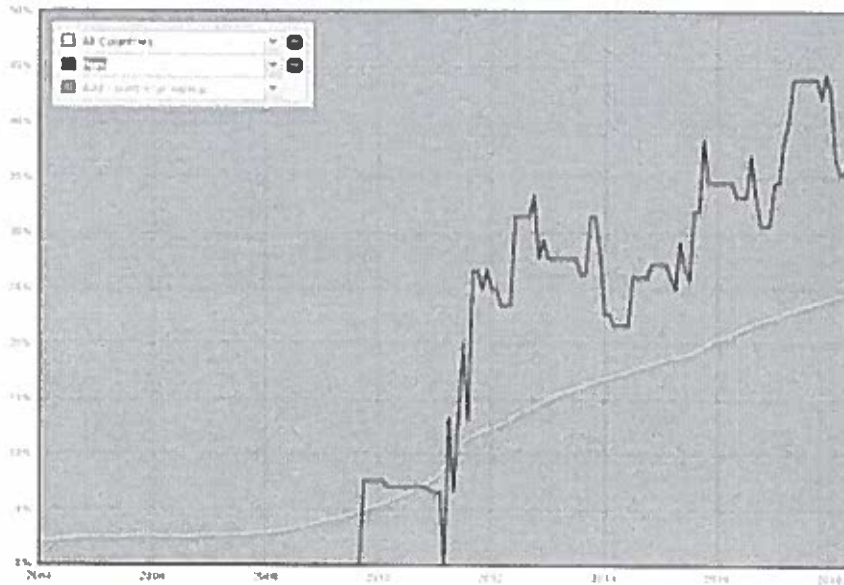
- a. Una dirección IPv6 está formada por 128 bits, puede direccionar: $2^{128} = 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$
- b. Es un protocolo suficientemente maduro como para soportar la operación de internet en sustitución del IPv4
- c. Ha sido diseñado para que sea transparente para los usuarios, especialmente para la configuración de redes y dispositivos – autoconfiguración.
- d. Tiene tantas direcciones que no precisa el uso de traductores de direcciones (NAT), recuperándose la conectividad de extremo a extremo:
 - i. Incrementa la seguridad en internet
 - ii. Las direcciones no son dinámicas, cada usuario recibe un prefijo de 48 bits (/48)
 - iii. Se dificultan los ataques, ubicar un agujero de seguridad en una subred IPv6 (/64), llevaría unos cinco mil millones de años.
 - iv. Mejora la movilidad IP, permitiendo que las aplicaciones se mantengan conectadas sin interrupción
 - v. Se mejora el uso de sistema multidifusión (multicast), aprovechando la capacidad de las redes
 - vi. Se viabiliza el internet de las cosas, porque podemos tener millones de dispositivos, sensores y todo tipo de objetos conectados
- e. Situación actual IPv6² en Perú, comparado con todos los países



RIPE NCC
EUROPEAN NETWORK COORDINATION CENTRE

IPv6 Enabled Networks

URL: http://v6asns.ripe.net/v6?s=_ALL-PE
This graph shows the percentage of networks (ASes) that announce an IPv6 prefix for a specified list of countries or groups of countries.



Methodology
For every date we sampled we took all BGP table dumps from the Routing Information Service (RIS) and counted the percentage of ASes that announced an IPv6 prefix, relative to the total number of ASes in this routing table. We removed routes that were visible in less than 10 RIS BGP feeds [1]. We mapped the ASes to country using the RIR data files. To assess the accuracy of that mapping we compared it to geotagging all announced IPv4 space for an AS (operation was done with the MaxMind geolocation database). We found that in 89% of ASes all IPv4 address space geotagged to the same country, as RIR lists. An extra 5% of ASes geotagged to multiple countries, but the largest fraction of address space geotagged to the same country, as RIR lists. Some countries do not show up in the graph, either because there are no ASes in the RIR data for that country, or the ASes listed for the country are not announcing any IPv6 routes.



² http://v6asns.ripe.net/v6?s=_ALL

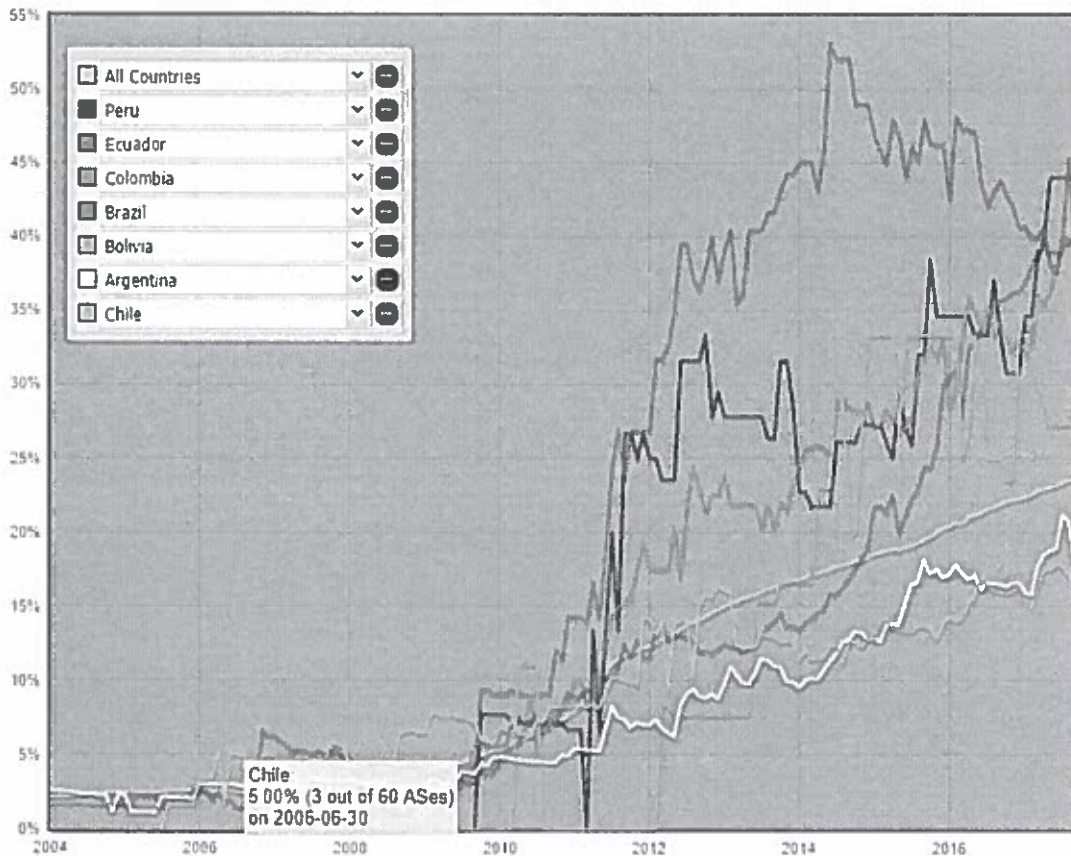
f. Situación en países fronterizos



IPv6 Enabled Networks

permalink: http://v6asns.ripe.net/v/6?s=_ALL;s=PE;s=EC;s=CO;s=BR;s=BO;s=AR;s=CL

This graph shows the percentage of networks (ASes) that announce an IPv6 prefix for a specified list of countries or groups of countries



Methodology

For every date we sampled, we took all BGP table dumps from the Routing Information Service (RIS) and counted the percentage of that announced an IPv6 prefix, relative to the total number of ASes in this routing table. We removed routes that were visible in less than 10 RIS BGP feeds [1]. We mapped the ASes to country using the RIR stats files. To assess the accuracy of that mapping we compared to geolocating all announced IPv4 space for an AS. Geolocation was done with the MaxMind geolocation database. We found that in all cases all IPv4 address space geolocated to the same country as RIR stats. An extra 5% of ASes geolocated to multiple countries, the largest fraction of address space geolocated to the same country as RIR stats. Some countries do not show up in this graph, either because there are no ASes in the RIR stats for that country, or the ASes listed for the country are not announcing any address space.

[1] This change was made August 2017 and we reran the full dataset with this filter. Previous to this change the percentage of IPv6 enabled networks was slightly larger, by at most a few tenths of percents.



g. A nivel mundial la cantidad de redes con IPv6 (cifra de ASN), es de casi 30% de acuerdo a las estadísticas de RIPE. En América Latina es de 36.34% (2016 de 5548 ASNs), en ARIN es de 28.66%, en RIPE 28.31%, en APNIC 30.28% y en AfriNIC: 2.70%



3. Contexto para la transición

- a. Internet continúa creciendo, con el internet de las cosas se conectarán millones de dispositivos, sensores y todo tipo de objetos.
- b. Existen múltiples actores que intervienen en el proceso: proveedores de infraestructura, fabricantes de computadores y otros dispositivos electrónicos, proveedores de acceso o ISP, proveedores de contenido, empresas, usuarios, autoridades gubernamentales, universidades y redes académicas.
- c. Cuanto antes se inicie el proceso de planificación y transición progresiva, se obtendrán mayores ventajas económicas en virtud que se pueden sustituir equipamientos y sistemas de manera planificada. Adicionalmente, se puede trabajar un proceso menos traumático, sin incertidumbres o sorpresas al momento donde el cambio deba ser eminente.
- d. Las dificultades y los tiempos tienen un alto grado de incertidumbre y se circunscriben a cada una de las organizaciones, de la situación y actualización del parque de hardware, software, equipos de comunicaciones y aplicaciones que utilicen, del país donde estas se encuentren.
- e. Se aprobó la normativa³ para que las entidades del estado cuenten con un plan de migración e implementen el protocolo IPv6, en un lapso de 04 años.

4. Riesgos de no implementar IPv6:

- a. Aumenta la utilización de alternativas al Network Address Translation - NAT, como solución para supervivencia del protocolo IPv4.
- b. No se incentiva y hace lento el proceso de inclusión digital
- c. Contribuye a limitar el número de nuevos usuarios
- d. Dificulta el surgimiento de nuevas redes
- e. Limita el desarrollo de nuevas aplicaciones

METODOLOGÍA

La metodología a utilizar es la de Planear, Hacer, Verificar y Actuar; esto en virtud que el plan de transición está alineado con:

1. La mejora continua, en un proceso cíclico que incorpora las etapas de planear, hacer, verificar y actuar.
2. Provocar mayor efectividad, al incorporar la revisión de las actividades que se planearon de acuerdo con la definición inicial y lograr se concrete con la solución.
3. Usar como metodología una herramienta conocida por los colaboradores de la institución, como es el caso de la utilizada para el Sistema de Gestión de la Calidad – SGC.

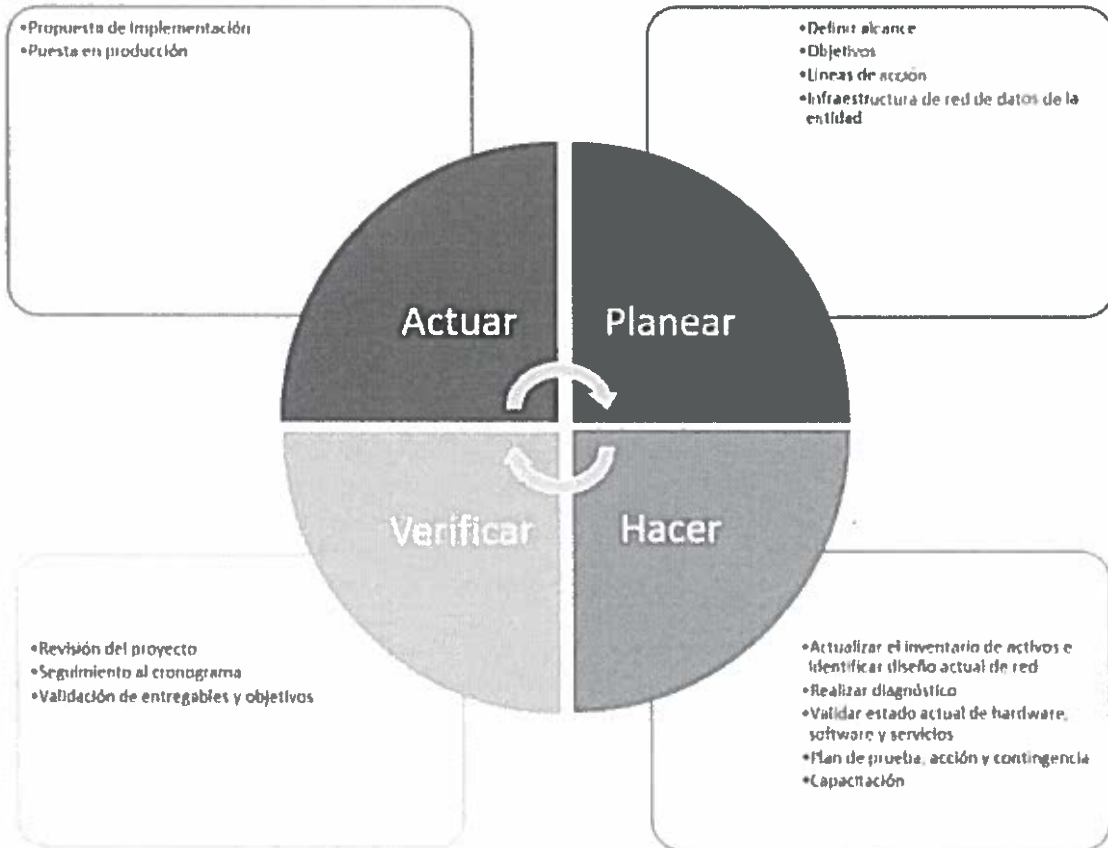
En el siguiente gráfico se puede apreciar las actividades generales incluidas en el ciclo señalado.



³ DECRETO SUPREMO_DS N° 081-2017-PCM - Decreto Supremo que aprueba la formulación de un Plan de Transición al Protocolo IPV6 en las entidades de la Administración Pública



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"



PLAN DE MIGRACIÓN

La implementación del protocolo IPv6 es un proceso que se propone distribuir en las siguientes etapas:

1. Sensibilización

En esta etapa se realizará una inducción básica a los colaboradores de la entidad sobre:

- ¿Por qué de este proceso?
- ¿Qué implica ello?
- ¿De qué manera afecta o puede afectar el soporte informático de los servicios disponibles al interior de la entidad?

Adicionalmente, se requiere una sensibilización técnica para los colaboradores de la Oficina de Tecnologías de la Información - OTI, que incorpora temas como:

- Requerimientos
- Riesgos de la migración
- Alternativas para realizar el proceso



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

2. Inventario de activos informáticos

Que consiste en la recolección de la información para los cuales se propone los siguientes formatos:

a. Equipos de cómputo

Usuario	Rol	Dependencia		Equipo				Año Fab.	Disco duro		Procesador		S.O.	IP	
		Dir/Ofi	Und	Tipo	Marca	Modelo	Memoria		HDD	Sólido	Fabricante	Clase		Actual	S.IPv6

b. Equipos de comunicación

Equipo			Año Fab.	Puertos				IP	
Tipo	Marca	Modelo		10/100	10/100/1000	RJ-45	FCh	Actual	S.IPv6

c. Equipos de impresión

Usuario	Rol	Dependencia		Equipo				Año Fab.	Disco duro		Procesador		S.O.	IP	
		Dir/Ofi	Und	Tipo	Marca	Modelo	Memoria		HDD	Sólido	Fabricante	Clase		Actual	S.IPv6

d. Servidores

Equipo				Año Fab.	Ubicación	Disco duro		Procesador		Sist. Operativo		Funcionalidad	IP	
Tipo	Marca	Modelo	Memoria			HDD	Sólido	Fabricante	Clase	S.O.	Versión		Actual	S.IPv6

e. Software base

Software	Tipo	Sist. Operativo		Dependencia	Responsable		Licencias		S.O.	IP	
		S.O.	Versión		Aplicativo	BD	Concurrentes	Nombradas		Actual	S.IPv6

f. Aplicativos

Aplicación	Tipo	Sist. Operativo		Dependencia	Responsable		Licencias		S.O.	IP	
		S.O.	Versión		Aplicativo	BD	Concurrentes	Nombradas		Actual	S.IPv6

La intención de este trabajo es:

- Identificar aquellos que pueden ser dados de baja en virtud de su índice de obsolescencia tecnológica sustentada en la fecha de adquisición, características técnicas, estado de operación y reporte de incidentes técnicos.
- Identificar aquellos modelos y tecnologías que soportan IPv6. En caso de no ser así, se debe consultar al fabricante por modelo alternativas de uso o identificar los costos de reposición para elaborar un plan de compras.
- Verificar los sistemas operativos utilizados (S.O). Es importante indicar que versiones posteriores a Windows XP en versiones profesional tienen soporte IPv6, aunque alguna puede ser que no lo tengan activado por lo que este procedimiento y la configuración debe ser realizada manualmente⁴.
- Con el software y aplicativos que trabajan sobre sistemas operativos compatibles con IPv6, se recomienda seguir trabajándolos sobre protocolo IPv4 hasta la definición de la estrategia de migración.

⁴ R. G. C. O. C. O. J. P. M. M. R. A. V. M., Guillermo Cicileo, «ip6f.org.» Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.ip6f.org/pdf/ip6fparatodos.pdf>.



3. Diagnóstico de soporte IPv6

Al respecto se propone realizar las siguientes acciones:

- Análisis de la topología actual de la red y su funcionamiento, diagrama de red LAN / WAN
- Validación de la infraestructura de red, en relación al medio (UTP / Fiber chanel)
- Compatibilidad y grado de avance en la adopción de IPv6 en la red de datos⁵.
- Revisión de direccionamiento actual y propuesta para IPv6, en virtud de cómo se entregan las direcciones IP

4. Plan de renovación del parque

Con la información levantada se debe elaborar un plan de compras para reemplazar la infraestructura y software que no podrá ser utilizada al implementar el protocolo IPv6, calendarizando y planificando el presupuesto correspondiente. Es importante considerar en este punto que la entidad viene trabajando un estudio de factibilidad, donde se debe incorporar el resultado de este plan; adicionalmente la norma especifica una ventana de tiempo de 04 años para la implementación del mismo.

5. Estrategia de migración

a) Capacitación a personal

- La capacitación en el nuevo protocolo es fundamental.
- Experiencias externas⁶ señalan que deben programarse, para técnicos de TI, cursos de 08 horas de duración y talleres prácticos, como mínimo en los siguientes temas:
 - Introducción y aspectos básicos de IPv6
 - Host y enrutamiento en IPv6
 - Servicios y aplicaciones sobre IPv6
 - Seguridad en IPv6
 - Mecanismos de transición IPv4 a IPv6
- Desarrollar 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, así como esta puede afectar las operaciones de la entidad en mayor o menor grado.

b) Análisis de riesgos del impacto en la red

- El proceso de transición genera cambios que pueden impactar no sólo la red de datos, sino el desarrollo de las operaciones diarias:
 - Pérdida y/o fuga de información
 - Daño físico en los equipos
 - No disponibilidad de repuestos
 - Incompatibilidad de hardware
 - Inestabilidad de aplicaciones
 - Problemas de funcionamiento en los sistemas operativos
 - Fallas de instalación y conexión de los equipos de la red
 - Otros



⁵ El proceso de transición de IPv4 a IPv6 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 debe analizar el soporte IPv6 en los equipos de comunicación, servidores y equipos de cómputo.

⁶ Min TIC, «Transición de IPv4 a IPv6 para Colombia,» Bogotá, 2015.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

- c) Plan de contingencia
- Se debe proyectar una respuesta a cada uno de los riesgos detectados, a fin de tener claro cuál es el procedimiento y que hacer en caso alguno se presente.
 - Debemos implementar:
 - Batería de pruebas
 - Probar con una sección de la red
 - Verificar que los resultados sean los esperados
- d) Contacto con el ISP
- Contactar al (o los) proveedor(es) del servicio de internet para realizar un trabajo en conjunto y nos apoye en el proceso de migración.
- e) Solicitud de pool de direcciones
- Esta se realiza ante el ISP o entidad regional, de corresponder.
 - La recomendación es utilizar bloques IPv6 y revisar las políticas de registro.
- f) Actualización de software para habilitar IPv6
- Realizar el procedimiento correspondiente en nodos y dispositivos finales
 - Actualización de:
 - Sistemas operativos en equipos de comunicación
 - Firmware en dispositivos de red
 - En general habilitar IPv6 en los dispositivos que lo soportan
- g) Elaborar planes de direccionamiento y enrutamiento
- 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 64⁷.
 - El plan de enrutamiento⁸ 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 son:
 - Enrutamiento dinámico:
 - Protocolos de vector distancia ó RIPNG (RIP Next Generation). Si es posible evitar el uso de RIPNG, se evitarían tiempos de convergencia largos y problemas de conocimiento parcial de topología. También este imposibilita el uso de técnicas modernas de ingeniería de tráfico.
 - Protocolos de vector camino ("path vector") ó BGPv4

⁷ L. Jaquez, «CCNA AL DÍA,» 17 marzo 2015. [En línea]. Available: <http://ccnaaldia.blogspot.com.co/2015/03/subnetting-ipv6.html>

⁸ 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>.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"**"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"**

- Protocolos de estado de enlaces: ISIS o u OSPFv3
- 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.
- Enrutamiento estático:
 - En caso de utilizar direccionamiento estático para IPv4, se puede utilizar las mismas configuraciones para IPv6.
- Revisar los existentes en IPv4, coordinarlos para IPv6

h) Definir mecanismos de transición⁹

- La versión 6 del protocolo de internet permite coexistencia con la versión 4. A continuación se señalan las principales categorías que facilitarían la migración y que pueden ser utilizados solos o combinados:
 - Doble pila
 - Con este mecanismo, tanto en nodos como en enrutadores, se dispone de soporte IPv4 e IPv6. Se 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 ambas pilas habilitadas
 - La desventaja de este mecanismo es que necesita tener tablas de enrutamiento y soporte para ambos protocolos.
 - Túneles
 - En 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.
 - Formas de implementario:
 - 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.
 - 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



⁹ 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.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

será necesario descargar de la red el software correspondiente e instalarlo.

i) Migración de servicios¹⁰

a. DNS

La entidad tiene sus propios rangos de direcciones IPv4 y administramos nuestros 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.
- Asimismo, 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.
- Una de las herramientas más poderosas que brinda IPv6 es la autoconfiguración de dispositivos. Para reflejar esta información en el DNS sin perder la dinámica que brinda esta opción, 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.

b. 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.



¹⁰ R. G. C. O. C. O. J. P. M. M. R. A. V. M. Guillermo Cicileo, «[ipv6tf.org](http://www.ipv6tf.org/),» Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://www.ipv6tf.org/pdf/ipv6paratodos.pdf>.



c. 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.

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.

d. Directorio Activo

La implementación más utilizada para este tipo de directorios es LDAP y un software de código abierto ampliamente difundido es open LDAP, 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.

e. 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.

PRESUPUESTO

T/C	3.25			
	Costo	Cantidad	US\$	S/.
Taller	500.00	3.00	1,500.00	4,875.00
Capacitación	1,200.00	7.00	8,400.00	27,300.00
Especialista	10,000.00	3.00	30,000.00	97,500.00
Total				129,675.00

Nota: El costo de de la renovación y equipos necesarios para la migración dependen del análisis y serán incorporados en el proyecto de inversión pública que viene trabajando el Sineace.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Actividades	2018		2019		2020		2021		2022	
	sem 1	sem 2	sem 1	sem 2	sem 1	sem 2	sem 1	sem 2	sem 1	sem 2
1. Sensibilización										
1.1 Taller 1		X								
1.2 Taller 2		X								
1.3 Taller 3		X								
2. Inventario:										
2.1 Eq. De cómputo			X							
2.2 Eq. De comunicación			X							
2.3 Eq. De impresión			X							
2.4 Servidores			X							
2.5 Software base			X							
2.6 Aplicaciones			X							
3. Diagnóstico de soporte IPv6										
3.1 Contratación de especialista					X					
3.2 Servicio de especialista					X					
4. Plan de renovación del parque										
4.1 Dimensionamiento					X					
4.1.1 Elaboración de TOR					X					
4.2 Proceso de adquisición							X			
4.3 Implementación								X		
5. Estrategia de migración										
5.1 Capacitación					X					
5.2 Definir mecanismo de transición					X					
5.3 Análisis de riesgos							X			
5.4 Elaboración de plan de contingencias								X		
5.5 Contacto con ISP / Pool de direcciones									X	
5.6 Contratación de especialista							X			
5.7 Servicio de especialista								X		
5.8 Elaboración de plan de direccionamiento y enrutamiento									X	
5.9 Pruebas									X	
5.10 Piloto									X	
6. Migración de servicios										
6.1 Contratación de especialista									X	
6.2 Servicio de especialista									X	
6.3 Puesta en producción									X	
Costo referencial acumulado (\$/.)	129,675.00	4,875.00		27,300.00	32,500.00		32,500.00		32,500.00	32,500.00

Nota: El costo de la renovación y equipos necesarios para la migración dependen del análisis y serán incorporados en el proyecto de inversión pública que viene trabajando el Sineace.

