

Recepción: 26 de enero de 2015**Aceptación:** 25 de febrero de 2015**Publicación:** 11 de marzo de 2015

EMPLEO DE PATH-CONTROL TOOLS EN UNA RED EMPRESARIAL MODERNA MEDIANTE POLÍTICAS DE ENRUTAMIENTO

THE USE OF PATH-CONTROL TOOLS IN A MODERN BUSINESS NETWORK THROUGH POLICY-BASED ROUTING

Gustavo D. Salazar Chacón¹Gustavo X. Chafla Altamirano²

1. Ingeniero Electrónico con especialización en Automatización y Control, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Magíster en Redes de Comunicaciones, Pontificia Universidad Católica del Ecuador-PUCE. Instructor Certificado Cisco Systems, Innovativa-ESPE. E-mail: gsalazar_david@hotmail.com
2. Doctor en Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Principal Pontificia Universidad Católica del Ecuador-PUCE. E-mail: gxchafla@puce.edu.ec

RESUMEN

La correcta implementación de un conjunto de herramientas denominadas “path-control tools” utilizadas para mejorar el desempeño de una red de información convergente en entornos de enrutamiento complejo debe formar parte de todo diseño de redes empresariales resilientes, es por ello que el trabajo investigativo empieza con un análisis de las necesidades y complicaciones que tienen dichas redes, así como de las técnicas más importantes a ser usadas como base de una política de enrutamiento creada a partir de modelos de diseño estructurado para permitir automatización de la red, así como una conectividad eficiente de extremo a extremo en negocios en pleno crecimiento alineados a los requerimientos corporativos, sin descuidar a la seguridad de la información, eje transversal de toda infraestructura de transmisión de información en el siglo XXI.

ABSTRACT

The correct implementation of a networking tools-set called "path-control tools" used to improve the performance of a converged information network in complex routing environments should be part of any enterprise resilient network design, that is why the research begins with a needs analysis of those networks, as well as the most important techniques to be used as a basis for policy-based routing created from structured models to allow network automation and efficient end-to-end connectivity of a growing business, without neglecting the information security, transversal axis of all information infrastructure design in the 21st century.

PALABRAS CLAVE

IoT; Herramientas de Control de Camino; BGP-PBR; IIN; Ciclo de Vida PPDIOO.

KEY WORDS

IoT; Path-Control Tools; BGP-PBR; IIN; PPDIOO Life Cycle.

INTRODUCCIÓN

La información; hoy en día; es uno de los bienes intangibles más importantes que posee una empresa; ya que su éxito; así como sus planes de negociación se basan en cómo y cuánta información pueda manipular; convirtiéndose en un factor esencial para cualquier compañía que tenga planeado un desarrollo a la par de los avances tecnológicos.

Dentro de esa evolución empresarial; a medida que el negocio crece; se encuentra la necesidad de expansión a distintos lugares geográficos; es así que un diseño estructurado de redes convergentes; tanto a nivel lógico como físico es necesario; más aún cuando la conectividad entre la matriz y sus sucursales se realiza mediante proveedores de servicios; a esto se debe incluir los requerimientos que cada uno de los departamentos y filiales pueden demandar; obligando a desarrollar planes de implementación de redes; así como políticas de seguridad y enrutamiento corporativos.

El presente artículo se enfoca en analizar las herramientas que permitan disminuir los problemas de desempeño que existen en las redes empresariales debido a la enorme escalabilidad tanto a nivel local como remoto que requieren; con un enfoque mayor a la forma de interconectividad con los ISPs (Proveedores de Servicios de Internet) a través del protocolo BGP (*Border Gateway Protocol*) configurado mediante técnicas de Enrutamiento Basado en Políticas.

Las herramientas empleadas se denominan "*Path Control Tools*"; que junto con procesos de filtraje y detección de nivel de servicios conforman un enrutamiento basando en políticas o PBR; técnicas que permiten conseguir mayor disponibilidad; adaptabilidad; predictibilidad; automatización de procesos y resiliencia.

El desarrollo de la investigación parte desde el punto de vista de diseño de dominios de enrutamiento complejo en base a modelos de redes inteligentes (IIN); hasta llegar a implementar una infraestructura de estudio. Dicha implementación permitió verificar la mejora del rendimiento; generando así un uso adecuado de los recursos de tráfico como ancho de banda medidos y controlados a través de herramientas de monitoreo y gestión de red; logrando aumentar la satisfacción del cliente; de la empresa y del proveedor de servicios.

METODOLOGÍA PARA DISEÑO DE REDES COMPLEJAS

Las redes de información se encuentran en todo lugar; comenzando por la infraestructura tradicional de redes de computadoras administradas por los departamentos de IT (*Information Technology*); hasta conexiones con teléfonos IP y celulares; impresoras; cámaras IP; tabletas e incluso artículos que antiguamente no formaban parte de la red como refrigeradoras; microondas; hornos; radios; automóviles; semáforos; sensores inalámbricos (*Wireless Sensor Networks*) y demás dispositivos que tienen un rol determinado en las actividades humanas; donde todos y cada uno de ellos están enlazados a través de Internet.

Hoy en día hay más procesos; datos; dispositivos electrónicos y en general cosas conectadas a Internet que personas en el mundo; lo que lleva a una evolución de las comunicaciones; evolución que se sustenta en cómo se diseñan las redes que forman parte del todo llamado “Red de Redes”. A esta tendencia de conectividad extrema se la denomina “*The Internet of Everything*” o IoE (Cisco Systems; 2015).

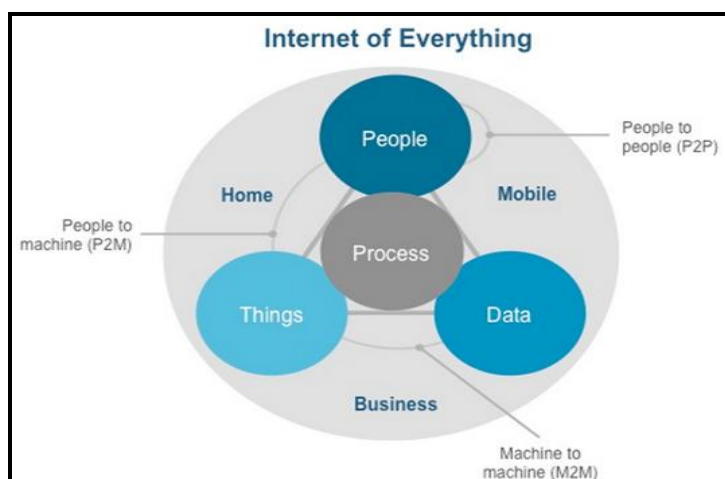


Gráfico 1 El internet del Todo – IoE. **Fuente:** Evans; 2012

Debido a ello; las redes pueden volverse muy complejas y difíciles de manejar; incluso en infraestructuras empresariales pequeñas; principalmente por los variados tipos de información y cantidad de flujos de datos que circulan por su infraestructura (*Big Data*). Arquitecturas de red y metodologías de diseño ayudan a sobrellevar estas dificultades y alcanzar con éxito los objetivos corporativos planteados; especialmente en la actualidad; donde tendencias como BYOD (*Bring Your Own Device*) y la era Post-PC están en pleno auge (Gartner; 2015).

EVOLUCIÓN DE LAS REDES Y DEL TRÁFICO EXISTENTE EN UNA EMPRESA MODERNA

Las redes de información tienen un gran impacto en la vida de los seres humanos; pues dan soporte a la manera en que se comunican; aprenden; trabajan e incluso se entretienen; siendo además quienes permitieron dar el salto tecnológico en las corporaciones e industrias; redefiniendo los requisitos de una empresa contemporánea.

Una empresa moderna es aquella que logra integrar seguridad; movilidad; alto rendimiento; alta disponibilidad; economía y productividad en un mismo entorno; lo que quiere decir que la convergencia de redes va más allá del típico concepto de integración de voz; datos y video. Esto se logra con las tres C: Maximizar la *Capacidad*; Controlar la *Complejidad* y Disminuir los *Costos* (Kiran; 2012).

Con el paso del tiempo; los requerimientos empresariales fueron evolucionando y son cada vez más exigentes; lo cual tiene un impacto directo en las redes de información.

Los puntos más afectados en una infraestructura de red empresarial por los requerimientos comerciales de un determinado negocio son los siguientes:

- *Retorno de la Inversión (ROI)*: Las compañías esperan un retorno de la inversión realizada debido a las mejoras en la infraestructura de red; sea éste a corto o mediano plazo. Por tal motivo; las soluciones planteadas de diseño o rediseño dependiendo del caso; deben estar alineadas y trabajar junto con las soluciones y gestión de negocios; ya que la premisa no es tan simple como decidir entre ahorrar dinero o incrementar la productividad a través de mejoras tecnológicas; se requiere de un estudio y proceso de diseño adecuado tanto a nivel técnico como económico.
- *Regularización*: Es imprescindible que las empresas; cualquiera que estas fuesen; se rijan a las regularizaciones impuestas por la industria y el país donde ejerce. Como ejemplo es posible citar dos: *HIPAA*¹ – *Heath Insurance Portability and Accountability Act* para la industria de seguros de salud y *PCI DSS*² – *Payment Card Industry Data Security Standard* para la industria de las tarjetas de crédito en Estados Unidos de Norteamérica.
- *Competitividad*: Para ser competitivos en el mercado; las empresas deben usar medios tecnológicos y nTICs (Nuevas Tecnologías de la Información y comunicación) para así aprovechar sus ventajas y sacar mayores ganancias que el resto de sus competidores. Las TICs constituyen un instrumento fundamental para la organización; ya que generan un ahorro de tiempo y recursos usados en el desarrollo de los procesos; agilitándolos; así como permitiendo un contacto más directo con los clientes; mejorando la gestión y servicios corporativos en todo nivel.
- *Crecimiento de aplicaciones*: Los requisitos por parte de los clientes o usuarios son cada vez más demandantes; por lo que la empresa debe diseñar arquitecturas que las soporten; pero siempre considerando un costo adecuado y no sobrepasar el presupuesto para ello. En la Tabla 1 se muestra los requerimientos tecnológicos de aplicaciones comunes en una red para que funcionen correctamente.

¹ HIPAA - <http://www.hhs.gov/ocr/privacy/index.html>

² PCI DSS - https://www.pcisecuritystandards.org/security_standards/index.php

Tabla 1 Requerimientos de Aplicaciones Comunes. **Fuente:** Bruno; Jordan; 2011

Requerimientos	Transferencia de Archivos	Aplicaciones Interactivas	Voz	Video
Tiempos de Respuesta	Razonable	Menor a 1 segundo	✓ Round-trip menor a 250 [ms]. ✓ Retardos mínimos y en lo posible sin jitter.	✓ Retardos menores a 80 [ms]. ✓ Mínimo Jitter
Throughput / Tolerancia a pérdida de paquetes	Alto / Medio	Bajo / Bajo	Bajo / Bajo	Alto / Medio
Tiempo muerto (Alta disponibilidad tiene tiempos muertos bajos)	Razonable	Bajo	Bajo	Mínimo

Ciclo de Vida de una Red de Información: PPDIOO

La red de información es un activo estratégico para el desarrollo corporativo e industrial; por lo tanto; contar con *disponibilidad; seguridad y confiabilidad* debe ser parte integral de la red. Mantener una infraestructura con esas características requiere de conocimientos y habilidades por parte del personal del IT empresarial; pues las redes modernas son unos verdaderos retos de diseño al llegar a ser muy difíciles de manejar; especialmente porque soportan varios tipos de tráfico; entre ellos: voz; video; tráfico empresarial y transaccional de gran importancia; protocolos de red; entre muchos más.

Este flujo de tráfico tan variado genera un impacto enorme tanto en aspectos de seguridad como de desempeño; por lo que se necesita de un plan efectivo de diseño *correctamente documentado* (Gráfico 2); el cual es el resultado de buenos procedimientos durante la creación de la red; su implementación y pruebas de funcionalidad.

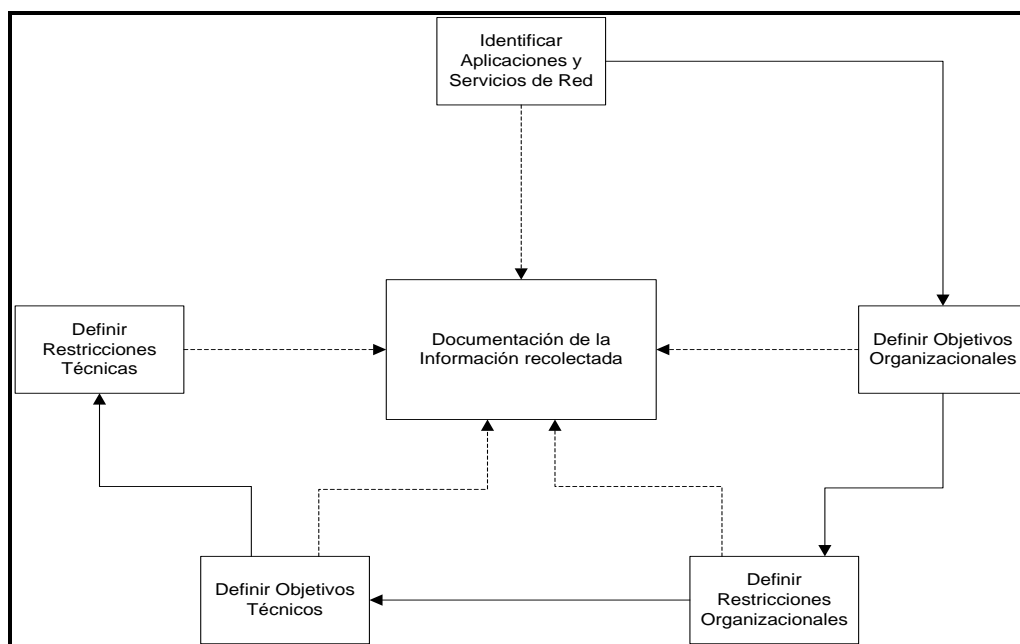


Gráfico 2 Flujo grama para documentación correcta sobre la arquitectura de una red de información empresarial. **Fuente:** Bruno; Jordan; 2011

Una planificación estructurada siempre será recomendada; especialmente en entornos empresariales; ya que una corporación enfoca su trabajo en alcanzar objetivos; sustentados por la red a través de un *ciclo de vida* que muchos expertos de la industria la sintetizaron en seis fases describiendo claramente el proceso de desarrollo de un proyecto de *networking*.

El ciclo de vida PPDIOO (acrónimo que proviene de la primera letra de cada fase en inglés que lo compone) provee cuatro beneficios principales:

- Disminuye el costo total de propiedad al validar requerimientos tecnológicos y planificación para cambios en la infraestructura.
- Incrementa la disponibilidad de la red al generar un diseño de red robusto y valida la operación cuando ya la infraestructura esté funcional.
- Mejora la agilidad de los negocios al establecer estrategias empresariales y tecnológicas.
- Acelera la velocidad de las aplicaciones y servicios al mejorar la disponibilidad; confiabilidad; seguridad; escalabilidad y desempeño general.

Las fases del ciclo de vida PPDIOO son las siguientes:

- 1) *Preparar (Prepare)*: Establece e identifica los requerimientos de la organización y del negocio en sí; desarrolla una estrategia tecnológica y propone una arquitectura conceptual de alto nivel. En esta fase suele crearse un caso de estudio de negocio con el fin de justificar la estrategia definida.
- 2) *Planificar (Plan)*: Identifica los requerimientos de la red; caracterizando las necesidades y realizando análisis controlados como Ingeniería de Tráfico focalizado en el ambiente operacional. Un *plan de proyecto* se desarrolla para manejar las diversas tareas; responsabilidades; limitaciones y recursos para las fases de diseño e implementación.
- 3) *Diseñar (Design)*: El diseño de la red se basa siempre en los requerimientos técnicos y empresariales claramente identificados en las fases anteriores.

Un buen diseño debe proveer una alta disponibilidad; confiabilidad; seguridad; escalabilidad y desempeño a la red; características adecuadas para cumplir los objetivos empresariales antes mencionados.

Luego de que la fase de diseño se aprueba; la implementación comienza.

- 4) *Implementar (Implement)*: La instalación y configuración de los equipos se da en esta fase y así implementar el diseño. Cabe recalcar que es importante seguir las especificaciones planteadas en el plan de proyecto.
- 5) *Operar (Operate)*: Se refiere a las operaciones diarias de la red requeridas para mantenerla saludable una vez se puso en marcha; así como al envío de notificaciones en caso de detectar anomalías (Chequeos preventivos y correctivos). Entre las operaciones de esta fase están:
 - Monitoreo y manejo remoto de los dispositivos y componentes de la red
 - Mantenimiento de las políticas de enrutamiento y seguridad.
 - Manejo sistematizado de actualizaciones
 - Identificar y corregir fallas de red.
- 6) *Optimizar (Optimize)*: La fase optimización de la red implica una administración proactiva; identificando y resolviendo problemas antes que afecten el funcionamiento de la red. Es posible también plantear una reingeniería y así desarrollar un nuevo diseño de infraestructura con el fin de tener un mejor desempeño global; con lo cual se completa el ciclo de vida y empieza nuevamente otro.

Este modelo se aproxima a los ciclos planteados por ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) y FCAPS (creado por ISO – Organización Internacional de Estandarización – como el acrónimo de *Fault; Configuration; Accounting; Performance y Security Management*); por lo que es considerado un referente en la industria a pesar que fue Cisco Systems quien lo propuso e ideó.

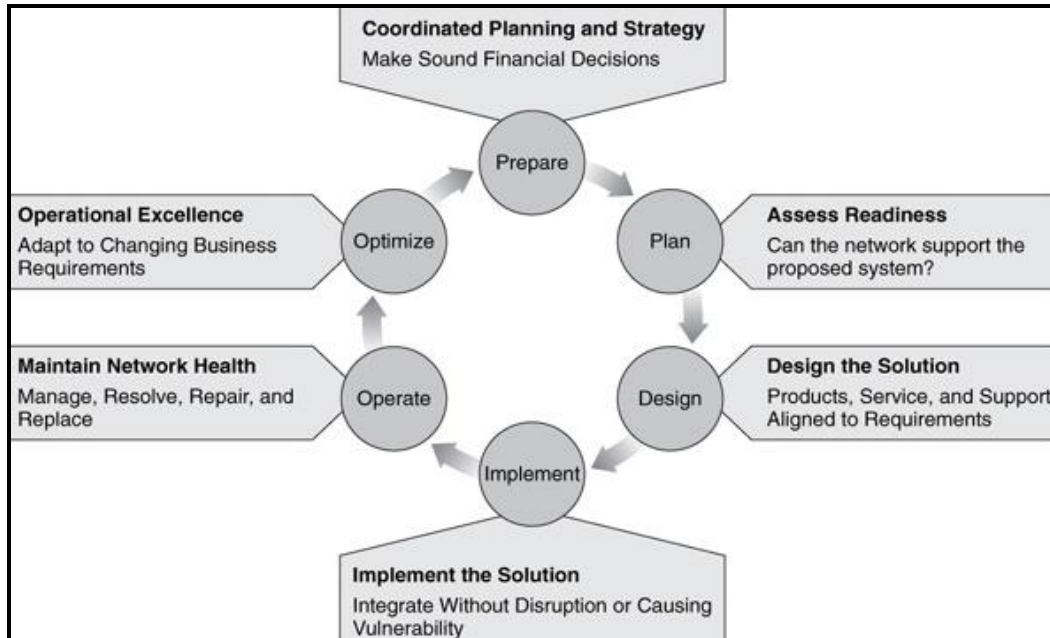


Gráfico 3 Ciclo de Vida de una Red: PPDIOO. **Fuente:** Bruno; Jordan; 2011

ENRUTAMIENTO BASADO EN POLÍTICAS Y CONTROL DE CAMINO

En los tiempos donde el video; aplicaciones interactivas y en tiempo real; movilidad; y conectividad extrema se vuelven más necesarios; una visión de futuro que incluya el desarrollo de redes inteligentes o IIN (*Intelligent Information Networks*) a través de una estrategia que integre a la red de información con el negocio mismo y sea un sustento para éste es un requisito indispensable.

REDES INTELIGENTES IIN

Una red IIN tiene las siguientes características:

- *Inteligencia en todas las capas de la infraestructura de red:* La inteligencia o adaptabilidad y capacidad de autodecisión de una red para enfrentar cualquier problema que se pueda presentar es la característica que define a IIN; característica que debe estar presente en todos los componentes de la infraestructura.
- *Integración completa de los recursos de la red:* Las redes convergentes modernas; que incluyen tráfico de voz; datos; video; aplicaciones en tiempo real; etc.; requieren que los departamentos de IT y cualquier otro departamento de la empresa que esté relacionado con tecnología se encuentren más íntimamente relacionados con la infraestructura de red.
- *Participación activa de la red en la entrega de servicios de calidad:* Con la inteligencia agregada a la red; las IIN pueden activamente manejar; monitorear y optimizar la entrega de servicios y aplicaciones a través de todo el ambiente IT.

Por todas estas características; IIN ofrece más que una conectividad básica; ancho de banda seguro para usuario y acceso a las diversas aplicaciones; lo que IIN ofrece es una funcionalidad de extremo a extremo; un control centralizado y unificado que permite transparencia y agilidad en los negocios (automatización de la red).

La visión tecnológica presentada por IIN genera un acercamiento evolucionario hacia la programabilidad en las redes a través de *tres fases*; mediante las cuales sus características pueden alcanzarse:

Fase 1. Transporte Integrado: Todo tipo de tráfico (datos; voz; video; etc.) se consolida en una misma red en un entorno *todo IP (All IP Networks)*. Con la integración de todo tipo y flujo de tráfico en una red modular basada en estándares; las organizaciones pueden simplificar el manejo de la red; construyendo eficiencia; dejando abierta la posibilidad de tener nuevas clases de aplicaciones IP especialmente en temas de comunicaciones unificadas y tele presencia.

Fase 2. Servicios Integrados: Cuando se implementa la *convergencia en la red*; los recursos de IT pueden ser compartidos; agrupados o virtualizados con el único propósito de hacer que la empresa consiga sus objetivos; siempre procurando solventar las necesidades corporativas.

Los servicios integrados ayudan a unificar elementos de una infraestructura empresarial como centros de almacenamientos de datos y la red en sí; elementos que antes eran considerados totalmente separados. El concepto de Virtualización colaboró con ello; permitiendo el uso transparente y eficiente de toda la

capacidad que la red puede dar; lo que implica; sin lugar a dudas una mejora en la *continuidad del negocio*; al limitar posibles elementos de falla (ya no se concibe puntos únicos de falla en redes modernas); al proveer un acceso compartido a todos los servicios que provee una red IIN.

Fase 3. Aplicaciones Integradas: Esta fase se enfoca en que la red se percate que las aplicaciones están demandando más ancho de banda o cualquier requerimiento adicional necesario para su adecuado funcionamiento con el único fin de optimizar el desempeño en la entrega del servicio. Tecnologías AON (*Application-Oriented Networks*) encajan en esta fase; por ejemplo: caché de contenidos; balanceo de carga; seguridades a nivel de aplicación; además de tecnologías que permiten integrar inteligencia como manejo de mensajes y optimización; ya sea por hardware o software.

CONTROL DE TRÁFICO EN UNA RED

Tener un control de tráfico en una red implica administrar a conveniencia los mensajes intercambiados entre dispositivos intermediarios L3 (Capa 3) del modelo OSI (*Open System Interconnection*); ya sean estos mensajes de enrutamiento o de control y especialmente tener completo campo de acción sobre las decisiones que tomarán esos equipos de infraestructura (enrutadores o un conmutadores multicapa) para definir el mejor camino hacia un determinado destino; tecnología que se vuelve más relevante en redes modernas donde se incluyen *caminos redundantes* y es ahí donde radica la importancia de manipular la forma en que el tráfico fluirá por una red de datos convergente.

La adaptabilidad en las redes se consigue con la manipulación de las actualizaciones provenientes de los protocolos de enrutamiento IGP (*Interior Gateway Protocols*) que corren en las infraestructuras; que junto con sistemas de monitoreo activo dinámico e implementación de políticas de enrutamiento se convierten en el punto de partida de la programabilidad total mencionada en la redes IIN gracias a técnicas novedosas de enrutamiento como SDN (*Software-Defined Network*); técnica que está revolucionando y revolucionará el mundo de las telecomunicaciones.

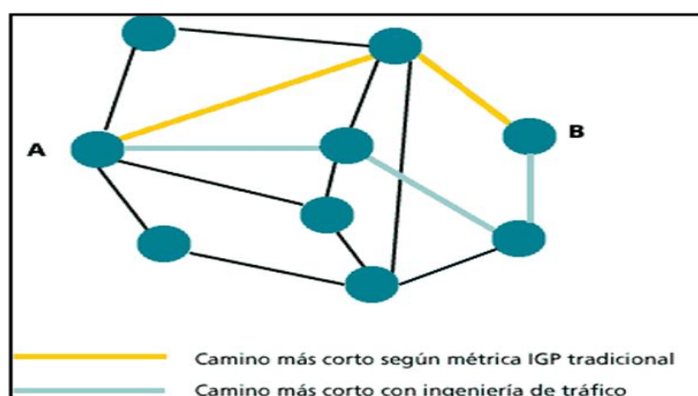


Gráfico 4 Camino más corto para llegar desde el punto A hacia B bajo métrica IGP tradicional vs. Camino más corto con ingeniería de tráfico. **Fuente:** Barberá; 2000

HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CAMINO Y ENRUTAMIENTO BASADO EN POLÍTICAS

Existen muchas herramientas basadas en programación que pueden ser usadas para tener un control de tráfico así como para filtrar la información de enrutamiento entre equipos L3; las cuales aplicadas en conjunto generan técnicas eficientes al momento de implementar una infraestructura y obtener un desempeño adecuado para servicios y aplicaciones modernas.

Las herramientas de uso más frecuente tanto para entornos IPv4 e IPv6 se visualizan en el Gráfico 5 y Tabla 2:

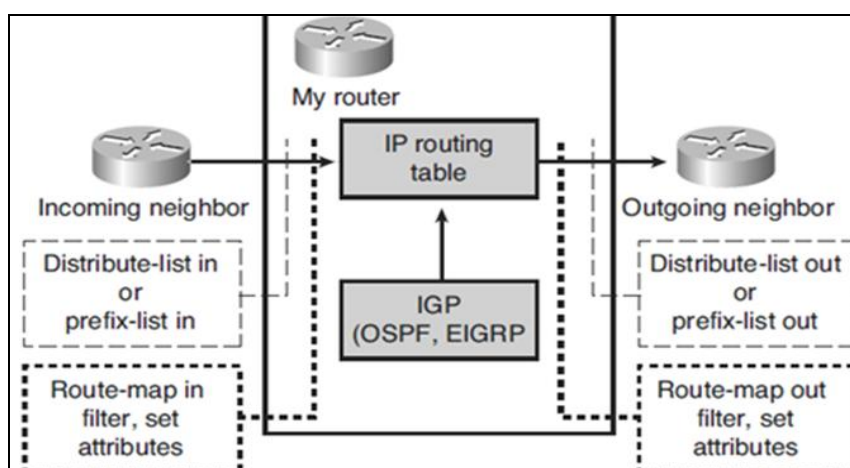


Gráfico 5 Distintos métodos utilizados para filtrar mensajes de enrutamiento. **Fuente:** Cisco Networking Academy – CCNP Route; 2012

Tabla 2 Herramientas de Control de Camino y PBR. **Fuente:** Odom; 2010

Herramientas de Control de Camino	Descripción de la Técnica	Efecto en la Red	Implementación Multi-Vendor
Interfaces Pasivas	Son aquellas interfaces que evitan que actualizaciones de enrutamiento sean enviadas y/o recibidas hacia otros dispositivos; a pesar que el protocolo de enrutamiento usado les pida que lo hagan.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora en la seguridad. ✓ Evita desperdicio de Ancho de Banda. ✓ Mejora el procesamiento de equipos de enrutamiento ✓ Disminuye retardos en la elección del mejor camino en enrutadores. 	Sí
Listas de Distribución (<i>Distribute-Lists</i>)	Técnica utilizada para controlar la forma de propagación de las actualizaciones de enrutamiento. Lo hace de forma conjunta con listas de control de acceso (ACL).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora en la seguridad. ✓ Evita desperdicio de Ancho de Banda. ✓ Genera flexibilidad en el anuncio de rutas dentro de un sistema autónomo. 	Sí
Listas de Prefijo (<i>Prefix-lists</i>)	Usado como alternativa a las ACLs (listas de control de acceso). Su nombre se debe a que el criterio de	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora en la seguridad. ✓ Evita desperdicio de Ancho de Banda. ✓ Facilidad de 	Sí

	<p>filtraje es el uso de la longitud de prefijo o máscara de subred de las actualizaciones de enrutamiento.</p>	<p>programación (menor dificultad que al crear ACLs).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtrado flexible al basar su criterio en rangos de direcciones IPv4 o IPv6 	
<p>Listas de compensación (Offset-Lists)</p>	<p>Esta técnica va más allá de un simple filtraje de actualizaciones de enrutamiento; es también capaz de manipular la métrica de esas actualizaciones; dando lugar a un control de camino real; sin embargo; a pesar de tener esos avances sólo puede ser usada por protocolos de enrutamiento tipo Vector distancia (EIGRP o RIP).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control de métricas en las actualizaciones de enrutamiento IGP vector-distancia. ✓ Manipulación de decisión del mejor camino a un destino. ✓ Genera criterio básico para políticas de enrutamiento. 	<p>Sí; aunque mayormente implementado en equipos Cisco Systems y Juniper Networks.</p>
<p>Acuerdos de servicios de red (IP SLAs)</p>	<p>Técnica que realiza un <i>monitoreo de tráfico activo</i> con el fin de obtener datos estadísticos del desempeño de una red. Ese monitoreo lo realizan al enviar <i>datos de red simulados</i> por la infraestructura (datos que como los generados por peticiones hacia servidores DNS; FTP; DHCP; pings; etc.) y de esa manera medir el desempeño de la red entre distintas locaciones y saber el nivel de servicio de una determinada aplicación o servicio IP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificación de QoS: La mediciones de jitter; latencia y pérdida de paquetes proveen de una continua; confiable y predecible medición de QoS (Calidad de Servicio) en entornos con VoIP (Voice over IP) y MPLS. ✓ Monitoreo de extremo a extremo en una infraestructura. ✓ Asistencia en la resolución de problemas en la red: Al generar mediciones estadísticas confiables y consistentes; es posible identificar casi de inmediato problemas en la red y mejorar la respuesta en la solución de problemas. 	<p>No; implementado únicamente en equipos Cisco Systems y el objeto a rastrear (puede o no ser Cisco).</p>
<p>Enrutamiento Basado en Políticas (Policy-Based Routing)</p>	<p>El uso de PBR hace que se implementen políticas para que ciertos paquetes (que cumplen con un criterio definido) tomen caminos distintos a los elegidos por los protocolos de</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Selección de un ISP redundante en base al tipo de tráfico (infraestructuras <i>Multihomed</i>). ✓ Facilidad de marcaje del tráfico al momento 	<p>Sí. Normalmente implementado a través de <i>Route-maps</i> o mapas de ruta.</p>

enrutamiento; decisión basada en diversos campos del paquete como dirección de origen; tipos de protocolo o aplicaciones y no en base al criterio típico de un enrutador; dando así *flexibilidad y programabilidad simple* a la red.

PBR es una herramienta poderosa para implementar soluciones en casos donde por motivos legales; contractuales o políticos; el tráfico corporativo deba tomar caminos específicos dentro de una infraestructura empresarial.

de implementar QoS. PBR permite definir los campos *Precedence* o ToS (Tipo de Servicio) en el encabezado IP.

- ✓ Ahorro de costos por conectividad; al distribuir el tráfico en base al criterio del administrador; mejorando el uso de enlaces y balanceando el consumo del ancho de banda.
- ✓ Otorga características de IIN a la red.

BGP Y PBR

Internet es una colección de sistemas autónomos (AS) interconectados entre ellos para generar la comunicación que hoy día podemos mantener hacia cualquier lugar del mundo. El protocolo que se encarga de proveer el enrutamiento entre esos AS es BGP; por tal motivo es considerado como el “Protocolo de Internet”.

El Gráfico 6 muestra el uso de BGP:

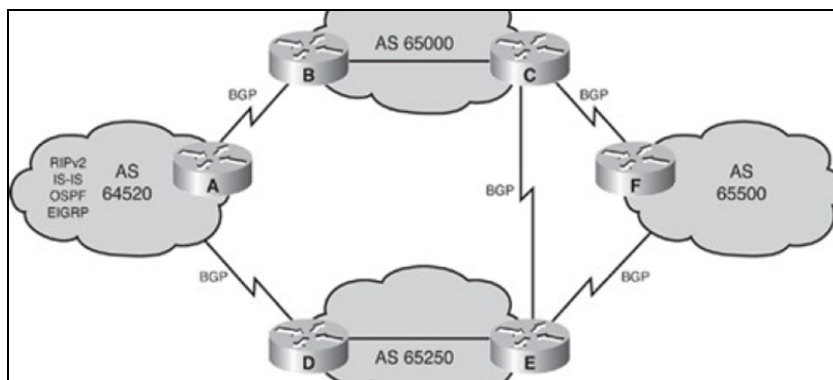


Gráfico 6 BGP empleado para el enrutamiento entre distintos AS. **Fuente:** Teare; 2010

El objetivo principal de este protocolo es proveer un enrutamiento entre diversos dominios garantizando un intercambio simple de información libre de bucles entre distintos AS. Los enrutadores configurados con BGP intercambian información de camino hacia un determinado destino pero no de la misma manera que los protocolos de enrutamiento dinámico IGP; pues BGP es un *protocolo de vector-camino exterior (path vector protocol)*; además la relación de vecindad se establece manualmente (vecinos de distintos AS - EBGP y vecinos del mismo AS - IBGP) y la elección del mejor camino se basa en los atributos definidos por el administrador de la red; lo que convierte a BGP como un protocolo basado en políticas por excelencia; además de ser el único de los protocolos de enrutamiento que usa TCP en la capa de transporte del modelo OSI. OSPF y EIGRP operan directamente sobre

IP; e incluso; EIGRP emplea un protocolo conocido como RTP (*Reliable Transport Protocol*); el cual cumple las funciones de TCP; mientras que RIP usa UDP.

Una aplicación adicional de PBR implementado con *route-maps* permite variar; configurar o adecuar los diversos atributos de un camino BGP.

Una de los condicionantes principales para el uso de BGP es entenderlo bien; pues en caso que no; mejor evitar usarlo y que al menos una de las situaciones enlistadas a continuación ocurra:

- El AS corporativo tiene múltiples conexiones a otros AS o múltiples ISPs (redundancia de proveedores de servicio – *Multihomed* o *Dual-Multihomed*).
- El AS corporativo permite que un flujo de datos transite a través de él para alcanzar otro AS (Típico caso de la infraestructura interna de un ISP; en el cuál su red se usa de tránsito).
- Política de enrutamiento y selección de rutas para el tráfico entrante y saliente del AS corporativo debe ser manipulado.

Los casos en que NO se debería usar BGP se dan en las siguientes condiciones:

- Una única conexión a Internet o hacia otro AS.
- Pocos recursos como memoria o procesamiento en los enrutadores de borde; imposibilitando administrar las constantes actualizaciones de BGP.

IMPLEMENTACIÓN DE RED DE ESTUDIO

Con el propósito de poner en práctica los conceptos y teoría explicados en este artículo se diseñó una infraestructura empresarial en un entorno de laboratorio; la cual además de contar con conectividad de extremo a extremo; su enrutamiento se basó en políticas siguiendo los lineamientos planteados por el ciclo de vida PPDIOO.

Se implementó en su totalidad la red; emulando lo mejor posible a una infraestructura corporativa convergente real que consta de una matriz y dos sucursales conectadas mediante dos ISPs (Entorno *Dual-Multihomed*); implementación que permitió verificar los resultados de tener una red inteligente; robusta; flexible; capaz de identificar problemas de conectividad y solventarlo con un mínimo de pérdida de comunicación; además de tener entornos de conexión WAN seguros usando túneles IPsec.

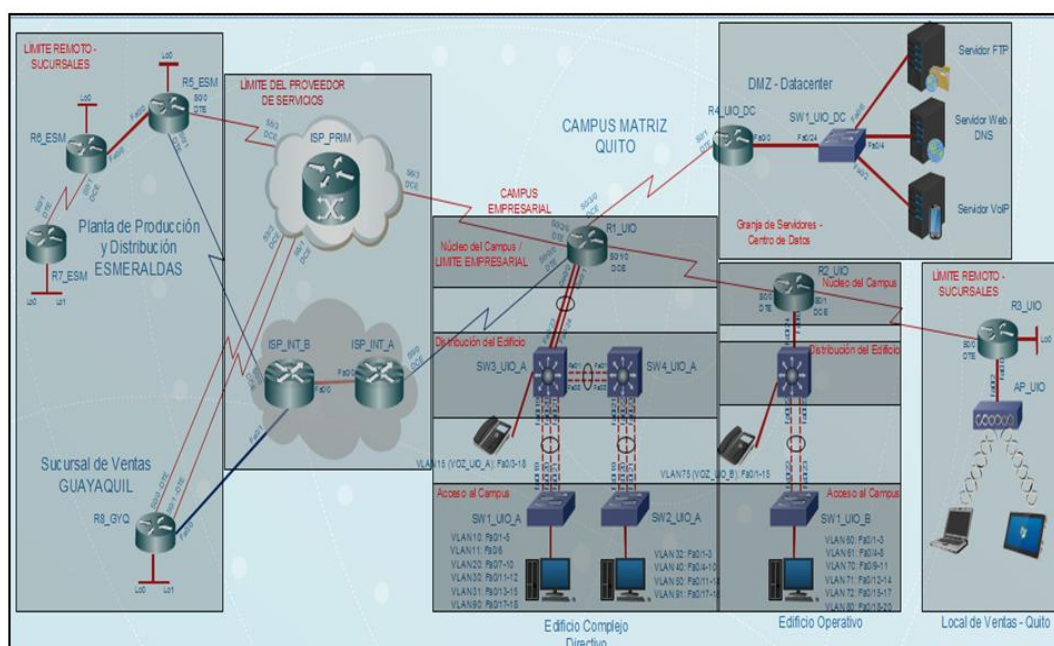


Gráfico 7 Topología Lógica – Red de estudio: Herramientas de control de Camino; IIN y PBR. **Fuente:** Elaboración Propia



Gráfico 8 Implementación de la Red de estudio bajo el ciclo de vida PPDIOO. **Fuente:** Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Uno de los puntos críticos que se consideró en el diseño de la red fue el enrutamiento tanto dentro de los sistemas autónomos (usando IGP) como para la conexión entre sedes corporativas (EGP - BGP).

Al terminar la implementación se pudo verificar que el uso de las herramientas de control de camino y políticas de enrutamiento son indispensables para mejorar el desempeño de redes modernas que cuentan con ese tipo de conectividad; pues comenzando por la complejidad intrínseca que supone administrar redes de gran tamaño especialmente al no contar con un sistema de gestión común; posible generación de procesos caóticos al incorporar nuevos dispositivos; uso de diversos protocolos de enrutamiento en un mismo sistema autónomo; falta de interoperabilidad de equipos; falta de conocimiento sobre IPv6; ausencia de calidad de servicio y demás desafíos que enfrentan los departamentos de IT; disminuyen considerablemente el desempeño de la red y en casos extremos pueden derrumbar negocios.

Entre las herramientas analizadas e implementadas están: contar con un buen esquema de direccionamiento IP (IPv4 e IPv6) que facilite la sumarización (longitudes de prefijo CIDR – Superredes); usar el protocolo de enrutamiento adecuado para las necesidades empresariales; tener interfaces pasivas; contar con listas de distribución (*distribution-lists*); listas de prefijo (*prefix-lists*); manejo coherente de distancias administrativas; *offset-list* e IP SLAs.

Luego de haber implementado dichas herramientas en la red de estudio; tanto el uso de la memoria y el procesamiento (ciclos de CPU) de los enrutadores y conmutadores L3 empleados disminuyó; lo que implica una mejora significativa en el desempeño de la red y con ello una mejor calidad de experiencia del usuario.

En base al monitoreo realizado en la red se pudo determinar un mejor uso de capacidades de almacenamiento de entre el cinco (5%) y diez por ciento (10%) y en mejoras de procesamiento de envío de datos cercanas al veinticinco por ciento (25%) en los equipos analizados. La temperatura de ellos disminuyó en hasta tres por ciento (3%) aminorando el uso de ventiladores y consumo de energía eléctrica. Además; el consumo de ancho de banda en los enlaces críticos considerados cuellos de botella en la red de estudio disminuyó en hasta el treinta por ciento (30%) y en promedio ha disminuido entre el quince (15%) y veinte por ciento (20%) el consumo de AB total en la infraestructura planteada; comprobando así que un enrutamiento coherente alineado a las políticas empresariales es posible siempre que se usen las herramientas correctas y se sigan modelos de diseño mundialmente reconocidos.

CONCLUSIONES

- Las redes empresariales modernas están evolucionando a pasos gigantesco; evolución requerida para cubrir todas las demandas actuales del negocio; clientes y empleados; por ello se necesita de una planificación adecuada basada en modelos de diseño jerárquico empresarial que permita tener entornos escalables; flexibles; resilientes y modulares; dando con ello los primeros pasos hacia la programabilidad total de la red y obtener redes Inteligentes IIN (*Intelligent Information Networks*).
- Implementar los servicios complejos que necesita una empresa del siglo XXI (IoT; BYOD; *BigData*; tráfico multimedia; VoIP; aplicaciones corporativas; empleados a distancia; entre muchos otros) y sustentar así su negocio de forma eficaz; eficiente y segura; resulta ser una tarea compleja; que con una base teórica correcta y manejando principios adecuados de políticas de enrutamiento y servicios de red integrados mediante el ciclo de vida PPDIOO planteado como un acercamiento estructurado frente a un diseño/reingeniería de red; se demostró que son la clave del éxito de un proyecto en tecnologías de la información y *networking* y por ende de toda la empresa al otorgar un equilibrio de costo-beneficio y tener un ROI (*return of investment*) de la inversión al modernizar una infraestructura tanto a nivel de software y más aún de hardware.
- La red de estudio fue implementada siguiendo los lineamientos básicos de diseño con éxito. Tener la oportunidad de hacerlo fue una excelente manera de poner a prueba los conceptos investigados. Construir redes en entornos controlados como laboratorios suele ser una etapa en el diseño de una red empresarial real y forma parte del ciclo de vida de esas redes. Muchas corporaciones poseen entornos de laboratorio que sirven como cajas de arena "*sandbox*" antes de implementar una tecnología; hardware o proceso en una infraestructura.
- El futuro del *networking* depende de la adaptación que tengan las infraestructuras a la continua evolución y mayores demandas por parte de los usuarios. La transición a IPv6; virtualización de servicios y *cloud-computing* cubren temas como movilidad; seguridad y mejor desempeño; sin embargo las aplicaciones empresariales y en sectores determinantes para la continuidad de un negocio como los centros de datos; el flujo de información es tan intenso que se necesita romper ciertos paradigmas tradicionales y abstraer las redes a un nivel superior que el tratado en los modelos TCP/IP u OSI donde se centra el análisis en el plano de datos de los equipos y no en el de control. Muchos investigadores señalan a SDN (*Software-Defined Network*) como una solución viable para redes de gran escala y proveedores de servicio pues de esa manera se consigue simplificar la implementación y configuración de una red a la vez que el performance de la misma mejora; sin contar que esta técnica se pensó bajo la premisa de independizar los procesos de decisión del hardware y centralizar la operación de varios dispositivos (separación de los planos de control y de datos) donde la flexibilidad de operación y configuración son los principios de esta tecnología. En entornos de redes de empresas pequeñas a medianas; las redes IIN manejadas con PBR y herramientas de control de camino son una opción viable.

REFERENCIAS

Álvarez; M. *Historia del pensamiento administrativo*. 2ª ed. Pearson Education; 2005.

Barberá; José. *MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI* [Recurso Electrónico]. Congreso Mundo Internet 2000. Madrid; España. Disponible en: <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>.

Bruno; A; Jordan; S. *CCDA Official Cert Guide*. Indianapolis; USA. Cisco Press. 2011. ISBN: 1-58714-257-0.

Cisco Networking Academy. *Routing Protocols Companion*. Indianapolis; USA. Cisco Press. 2014. ISBN: 1-58713-323-7.

Cisco Networking Academy. *CCNP – Route*. 2012.

El arte de las redes centradas en las aplicaciones; Informe técnico Cisco Systems; NetworkWorld [Recurso Electrónico]. Disponible en: http://www.cisco.com/web/LA/iwan/pdfs/wp_network_world_art_of_application_spa.pdf.

Evans; Dave. *How the Internet of Everything Will Change the World... for the Better #IoE* [Blog]. Disponible en: <http://blogs.cisco.com/ioe/how-the-internet-of-everything-will-change-the-worldfor-the-better-infographic>.

Froom; Richard; et al. *Implementing Cisco Switched Networks – Foundation Learning Guide*. Indianapolis; USA. Cisco Press. 2010. ISBN: 978-1-58705-884-4.

Gartner. *Bring Your Own Device. BYOD is here and you can't stop it* [En línea]. Disponible en: <http://www.gartner.com/technology/topics/byod.jsp>.

Graziani; Rick. *IPv6 Fundamentals: A Straightforward Approach to Understanding IPv6*. Indianapolis; USA. Cisco Press. 2013. ISBN: 1-58714-313-5.

Internet of Everything [En línea]. Cisco Systems; 2015. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/r/en/us/internet-of-everything-ioe/tomorrow-starts-here/index.html>.

Kiran; Shashi. *How Cisco Switching Innovations Help Deliver Cloud-Ready Networking* [Blog]. Disponible en: <http://blogs.cisco.com/news/cisco-switching-leadership-and-innovations/>.

Odom; Wendell; et al. *CCIE Routing and Switching Certification Guide*. 4ª ed. Indianapolis; USA. Cisco Press. ISBN: 1-58705-980-0.

Porter; Michael; *On Competition*. USA. Harvard Business Press Books. 2008.

Shamim; Faraz; et al. *Troubleshooting IP Routing Protocols*. Indianapolis; USA. Cisco Press. ISBN: 1-58714-372-0.

Teare; Diane; *Implementing Cisco IP Routing*. Indianapolis; USA. Cisco Press. ISBN: 978-1-58705-884-4