Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Seguridad Informática
Recibido: 20/06/2019 | Aceptado: 18/07/2019 | Publicado: 20/07/2019

Automatización de configuraciones en dispositivos de redes de varios fabricantes usando herramientas de DevOps

Automation of configurations in multi-vendor network devices using DevOps tools

Pablo Yunier Medina Martínez [1*], Dainerys Castañeiro Rodríguez[2]

[1] Dirección de Redes y Servicios Telemáticos, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. pmedina@uci.cu
[2] Centro de Informática Médica. Departamento de Desarrollo de Aplicaciones, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. dainerysc@uci.cu

[*] Autor para correspondencia: pmedina@uci.cu

Resumen
En las redes heterogéneas la gestión de configuración de los dispositivos es compleja pues depende de los sistemas operativos de red desarrollados por diferentes fabricantes. La configuración de dispositivos generalmente se hace manual, ejecutando comandos directamente en la interfaz de línea de comandos. Configurar varios dispositivos es un proceso lento y susceptible a errores. Otro problema es la inexistencia o incumpliendo de políticas de configuraciones, ni repositorios de configuraciones de respaldo y registro histórico de cambios. Existe un grupo de aplicaciones de fabricantes que resuelven estos problemas para los dispositivos propios. Otras herramientas de terceros tienen soporte para dispositivos de diferentes fabricantes. En ambos casos el costo es realmente alto. Como parte de la cultura DevOps existen un grupo grande de herramientas, muchas de ellas libres, entre las que se encuentran varias relacionadas con la gestión de configuración y la gestión de cambios de ficheros. Al hacer un análisis de las herramientas libres se comprobó que Ansible y Git permiten dar solución a los problemas planteados en esta investigación. Como resultado se comprobó que Ansible cuenta con varios módulos para la administración de dispositivos de red de varios fabricantes. Permite crear una capa de abstracción entre los administradores de red y los diferentes sistemas operativos de red y la automatización de las configuraciones. Con esto se logra agilizar el proceso y disminuir la ocurrencia de errores. Por su parte Git permite crear un repositorio con las configuraciones y ficheros asociados que sirve como respaldo y registro histórico.

Palabras clave: DevOps, gestión de configuración, gestión de cambios, dispositivos heredados, Ansible, Git

Abstract
In heterogeneous networks the configuration management of the devices is complex because it depends on network operating systems developed by different manufacturers. Device configuration is usually done manually, executing

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

commands directly in the command line interface. Configuring several devices is a slow process and susceptible to errors. Another problem is the non-existence or non-compliance of configuration policies, or repositories of backup configurations and historical record of changes. There is a group of applications from manufacturers that solve these problems for their own devices. Other third-party tools have support for devices from different manufacturers. In both cases the cost is really high. As part of the DevOps culture there is a large group of tools, many of them free, among which are several related to configuration management and file change management. When making an analysis of the free tools it was proved that Ansible and Git allow to solve the problems raised in this investigation. As a result, it was proven that Ansible has several modules for managing network devices from several manufacturers. It allows to create an abstraction layer between the network administrators and the different network operating systems and the automation of the configurations. With this, the process is streamlined and the occurrence of errors reduced. On the other hand, Git allows to create a repository with the configurations and associated files that serves as a backup and historical record.

Keywords: *DevOps, configuration management, change management, multi-vendor devices, Ansible, Git*

Introducción

Una correcta configuración de los dispositivos de interconexión de redes es fundamental para un funcionamiento adecuado de los servicios que se brindan sobre esta infraestructura. (Martínez Manzanilla 2015). La configuración de los dispositivos depende del sistema operativo de red (NOS, del inglés network operating system) que estos ejecuten. Cada uno de los fabricantes líderes del mercado ha desarrollado uno propio que permite a los operadores de red emitir un conjunto de comandos a través de la interfaz de línea de comandos (CLI, del inglés console line interface). (Armstrong 2016).

La evolución y actualización de estos NOS ha permitido la incorporación de funcionalidades cada vez más avanzadas. (Coulibaly 2000). Cisco, uno de los fabricantes líderes del mercado, siguiendo la evolución en el mercado de redes de los últimos años, desarrolló un nuevo sistema operativo llamado NX-OS, que se integra con tecnologías de código abierto y se presta a la automatización de las configuraciones de forma nativa. (Armstrong 2016).

Sin embargo, en los dispositivos heredados, aquellos que ejecutan versiones de los sistemas operativos de red que no tienen este soporte para la automatización de las configuraciones, el proceso de configuración no ha cambiado mucho en los últimos años. Para estos dispositivos el método principal sigue siendo la configuración a través de la CLI de forma local o remota. Este es un proceso que consiste en ingresar manualmente los comandos correspondientes para configurar los diferentes parámetros y servicios que brindará el dispositivo en la consola. (Martínez Manzanilla 2015). Como todo proceso manual, es susceptible a errores humanos no intencionales. Por otro lado, requiere de mucho de tiempo y esfuerzo administrativo, a medida que las infraestructuras de redes se vuelven más grandes,

cuando se requieren cambios frecuentes de la configuración y se agudiza con las redes compuestas por dispositivos de varios fabricantes, o sea heterogéneas.

Las redes heterogéneas son en muchos casos la solución viable en instituciones donde por limitaciones de presupuesto la adquisición del equipamiento se ha llevado a cabo poco a poco y las posibilidades de adquisición con los proveedores es limitada. A pesar de que una red de este tipo complejiza su gestión también puede verse como una forma de no depender exclusivamente de un solo proveedor e incluso en ahorrar recursos. (Fabbi and Curtis 2010), (Ciscato and Bhalla 2017).

En el caso de Cuba, es muy común la existencia de este tipo de redes precisamente por las dos razones descritas anteriormente. A esto debe sumarse que muchas veces estas redes heterogéneas no se realiza ninguna gestión de la configuración, ni un respaldo actualizado de estas configuraciones. Constituyendo esto un problema aún más grave cuando fueron diseñas, instaladas y configuradas por un personal que ya no está disponible en la empresa.

Por tanto, las redes heterogéneas presentan los siguientes problemas:

- Complejidad de la administración y configuración de dispositivos: Al ser de diferentes fabricantes tienen diferentes NOS, incluso puede ser que dentro de un mismo fabricante existan versiones diferentes. Esto implica que se deban usar conjuntos de comandos diferentes o que no todos los dispositivos cuenten con las mismas funcionalidades. El proceso manual de configuración es lento y susceptible a errores por parte del personal que administra.
- La inexistencia o, en el mejor de los casos, incumplimiento de una política base para la configuración de los dispositivos. Esto contribuye a que no exista homogeneidad en la configuración de determinados parámetros o servicios en los dispositivos correspondientes y que no se apliquen o cumplan las guías de buenas prácticas brindadas por los fabricantes o de regulaciones establecidas en la configuración de los dispositivos.
- La inexistencia de un repositorio como respaldo y registro histórico de las configuraciones de los dispositivos de redes que permita restaurar configuraciones en caso de pérdidas, realizar análisis estadísticos o auditorías sobre los cambios a lo largo del tiempo.

Para la gestión de los dispositivos de red los fabricantes desarrollan sus propios sistemas de gestión de red con diversas funcionalidades. Tomando como ejemplo a fabricantes como Cisco y Huawei, se pueden mencionar los siguientes sistemas:

- Cisco Prime Infrastructure: Es la solución para administrar la red de manera más eficiente y efectiva para que pueda alcanzar los más altos niveles de rendimiento de red inalámbrica y cableada, garantía de servicio y

experiencia de usuario final centrada en la aplicación. (Cisco 2018). Incluye la solución Cisco Prime LAN Management Solution (LMS) que ofrece una potente administración del ciclo de vida de la red al simplificar la configuración, el cumplimiento de políticas, el monitoreo, la resolución de problemas y la administración de las redes de Cisco. (Cisco 2017). Dentro de sus principales funcionalidades de gestión están:

- Monitorización y solución de problemas: Permite identificar de manera proactiva los problemas y agilizar la resolución de los mismos.
- Inventario: Lleva un completo inventario con los detalles de todos los dispositivos como chasis, módulos, interfaces, etc.
- Gestión de configuración: Permite el mantenimiento y actualización de los dispositivos a través de respaldo de configuración, gestión de la imagen del software, cumplimiento de políticas y gestión de cambios. Hace uso de plantillas basadas en las buenas prácticas de configuración de Cisco. Flujos de trabajo para reducir los errores.
- Gestión de cumplimiento y auditoría: El motor de cumplimiento actualizable ofrece un amplio modelo de políticas de la industria, corporativas, de TI y de tecnología y una visibilidad rápida del estado de cumplimiento en la red.
- Informes completos: Permite obtener información actualizada sobre la red a través de informes flexibles sobre el inventario, seguimiento de usuario, cumplimiento de políticas, tráfico de puertos y otras áreas críticas.

- Huawei eSight Platform: Es una solución de nueva generación para la gestión centralizada de las redes y los centros de datos además de otros servicios. Permite monitorizar y gestionar dispositivos de diferentes tipos y de otros fabricantes. Por último, provee una plataforma abierta flexible para que las empresas puedan configurar sus sistemas de gestión de redes propios. (Huawei 2017). Entre sus principales funcionalidades de gestión están:
  - Vista unificada de la topología de toda la red para ayudar a los administradores a monitorizar el estado de los dispositivos y enlaces críticos en toda la red.
  - Alarmas centralizadas que identifica los diferentes niveles de severidad.
  - Monitorizar el rendimiento de los dispositivos como CPU, uso de la memoria, conectividad, tiempo de respuestas, tráfico de los puertos, etc. Permite ver el rendimiento histórico.
  - Configuración unificada que permite la configuración y despliegue de configuraciones por lotes. Soporta el uso de plantillas de configuración, actualización del software del dispositivo. Permite el

respaldo, comparación y estandarización de las configuraciones lo cual garantiza la identificación de errores y restauración de la configuración anterior.

- Reportes unificados que muestran estadísticas sobre el rendimiento, cumplimiento de políticas, recursos y capacidad del sistema ayudando a los administradores en la toma de decisiones.

Existen otras empresas que brindan soluciones de software que son independientes del fabricante y con soporte para varios dispositivos de red. Entre ellos están.

- SolarWinds: Proporciona una serie de productos diseñados especialmente para facilitar el trabajo de los profesionales de TI de una forma sencilla. (SolarWinds 2018). Entre los productos para la gestión de redes están:
  - Network Configuration Manager: Para la gestión de cambios rápidos en redes complejas con dispositivos de varios fabricantes. Tiene, entre otras funcionalidades, el despliegue automatizado de configuraciones estandarizadas utilizando la herramienta de configuración automática, la detección de cambios fuera de los procesos, la auditoría y corrección de configuraciones, permitir el respaldo de configuraciones, la detección de vulnerabilidades, la gestión del ciclo de vida de los dispositivos desde el descubrimiento e inventario hasta el reporte de fin de vida.
  - Newark Performance Monitor: Para la monitorización de la disponibilidad, el rendimiento y los fallos de los dispositivos independientemente del fabricante.
- ManageEngine: Desarrolla OpManager, un software de monitoreo para redes con dispositivos de varios fabricantes que posee funcionalidades propias de la gestión de configuraciones. (SolarWinds 2018). Entre las funcionalidades fundamentales están:
  - Monitoreo en tiempo real del rendimiento de los dispositivos.
  - Detección, identificación y solución de problemas de red con alertas basadas en umbral. Permite establecer múltiples umbrales para cada métrica de rendimiento y recibir notificaciones.
  - Network Configuration Management: Es un plugin que permite la configuración, los cambios automáticos basado en políticas y el chequeo del cumplimiento de políticas con soporte para más de 30 tipos de dispositivos de diferentes fabricantes.

La principal desventaja para la aplicación de estas soluciones en la gestión de configuración en redes heterogéneas es el costo elevado por el pago de licencias para su uso. En el caso de las propietarias normalmente no permitirían dar soporte a los dispositivos de otros fabricantes.

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

Una alternativa, a las descritas anteriormente, que permita resolver los problemas identificados en las redes heterogéneas podría ser con la utilización de herramientas DevOps libres.

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de las diferentes herramientas DevOps libres que resuelvan los problemas de las redes heterogéneas relacionados con la gestión de configuraciones y gestión de cambios de los ficheros relacionados con este proceso, aplicando la automatización de las configuraciones y minimizando la ocurrencia de errores.

Materiales y métodos

DevOps viene de la contracción de las palabras en inglés development, de desarrollo, y operations, de operaciones. Es una cultura que "integra los dos mundos de desarrollo y operaciones, utilizando desarrollo automatizado, implementación y monitoreo de infraestructura. Es un cambio organizativo en el que, en lugar de grupos divididos distribuidos que realizan funciones por separado, los equipos multifuncionales trabajan en entregas continuas de características operativas. Este enfoque ayuda a entregar valor de forma más rápida y continua, reduciendo los problemas debido a la falta de comunicación entre los miembros del equipo y la aceleración de la resolución del problema." (Ebert et al. 2016)

DevOps cuenta con una gran variedad de herramientas las cuales se pueden agrupar por características o funcionalidades. A continuación, se listan algunos de los grupos y una representación de las herramientas que contienen:

- Configuración y aprovisionamiento: Ansible, Salt, Puppet.
- Gestión de cambios de software (SCM, siglas inglés de Software Change Management): Git, GitLab.
- Seguridad: Snort, Tripwire
- Colaboración: Trello, Slack
- Gestión de repositorios: Nexus, Docker Hub

Para mayor información se puede consultar (XebianLabs 2018).

El gran desarrollo alcanzado en los NOS de diversos fabricantes de dispositivos de redes ha permitido que se puedan utilizar las características propias del software para poder utilizar herramientas de DevOps. Entre estas características están:

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

- La posibilidad de comunicación con los NOS a través de interfaces de programación de aplicaciones, (API del inglés Application Programming Interface), en el caso de los más actuales o de comandos ejecutados remotamente a través de conexiones por el protocolo SSH (del inglés Secure Shell), en el caso de los dispositivos heredados, permitirá la utilización de herramientas DevOps para la configuración de los dispositivos.
- Por otro lado, al tener los ficheros de configuración un formato de texto, es posible manejar los cambios realizados en estos a través de aplicaciones DevOps que están en el grupo de Gestión de cambios de software lo cual permitirá llevar un control de versiones.

De las herramientas DevOps para la configuración y el aprovisionamiento de dispositivos de diferentes fabricantes Puppet tiene módulos para los dispositivos de Cisco con NX-OS, de Juniper con Junos OS y los dispositivos Cloud Engine de Huawei, entre otros. De forma similar, Ansible también cuenta con diversos módulos para la interacción con dispositivos de varios fabricantes entre los que se encuentran Cisco, Huawei, Juniper, Aruba. Una de las diferencias entre ellos es que Ansible es libre de pago, mientras que Puppet es una herramienta empresarial de pago.

Herramienta de configuración y aprovisionamiento Ansible.

Ansible, desarrollada por la empresa Red Hat, es una herramienta de código abierto para la gestión de configuración, despliegue y orquestación. Una de las diferencias principales con otras herramientas similares es su arquitectura sin agentes. La gestión remota de los clientes se logra por defecto, sin necesidad de instalar ningún software, mediante una conexión remota por SSH usando las credenciales que aporta el administrador. (Ansible 2018). Este tipo de conexión existe de forma nativa en varias plataformas, incluyendo por supuesto los dispositivos de redes. Esto hace que Ansible sea una opción que se ajusta muy bien a los requerimientos de gestión de configuraciones en equipos de interconexión, sobre todos en aquellos heredados que no cuentan con soporte nativo para la automatización en sus NOS, o sea a los que no se le puede instalar clientes que ejecuten acciones enviada por los servidores.

Ansible lleva a cabo la automatización y la orquestación a través de Playbook. Los Playbooks son definiciones con un formato específico donde se definen tareas de automatización que describe cómo una pieza particular de automatización debe ser ejecutada. Cada tarea llama a un módulo, que es una pieza de código pequeña para realizar una tarea específica. Ante la necesidad de cubrir alguna de las áreas de la infraestructura tecnológica que no esté cubierta con los más de 450 módulos que tiene Ansible, existe la posibilidad de extenderlo a través de la programación de nuevos módulos. (Ansible 2018). Esta es una ventaja al permitir agregar nuevos módulos para los dispositivos de red heredados de fabricantes que no estén cubiertos por los módulos de red disponibles.

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

Ventajas de Ansible:

- Es de código abierto, por tanto, su uso es sin costo.
- No requiere la instalación de clientes en los dispositivos a gestionar.
- Utiliza conexiones SSH estándar para la comunicación con los dispositivos a administrar
- La definición de las tareas a automatizar se hace a un alto nivel por lo que no se requiere grandes conocimientos de programación.
- Tiene módulos para la automatización de configuraciones para varios fabricantes de dispositivos de red.
- Existe la comunidad oficial Ansible Galaxy para compartir módulos creados por otros usuarios.
- Se pueden programar nuevos módulos para los dispositivos que no están incluidos.

Desventajas de Ansible:

- El uso de Ansible es completamente a través de la interfaz de comandos, pues en su versión libre no cuenta con interfaz gráfica de usuario.
- El proceso para su uso puede requerir de alguna capacitación para ajustar la curva de aprendizaje.
- La mayoría de los administradores de redes no tienen una formación en programación por lo que programar nuevos módulos requiere de personal calificado.

Herramienta de gestión de cambios Git

Git es un sistema de control de versiones distribuido, libre y de código abierto, diseñado para manejar cualquier proyecto por pequeño o grande que sea, con rapidez y eficiencia. Tiene como características principales la ramificación y fusión. El modelo de ramificación es lo que realmente lo distingue de las demás SCM. Esto significa que el código puede tener múltiples ramas localmente que pueden ser totalmente independientes entre sí. La creación, fusión y eliminación de estas líneas de desarrollo lleva segundos. Esto significa que se pueden probar nuevas ideas durante el desarrollo utilizando una rama y trabajando en esta, de forma tal que, si todo funciona bien, puede combinarla con la rama principal del proyecto en caso contrario puede borrarla. También se puede tener una rama que contenga solo lo que se destina a poner en producción, otra en la que se combine trabajo para realizar pruebas y otra más pequeña para el trabajo diario. Finalmente puede elegir que rama va a actualizar en un repositorio remoto. (Git 2018)

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

Otra de las características de Git es ser distribuido, lo que permite usarlo como respaldo pues por cada clonación de un proyecto se tiene una copia exacta que puede ser restaurada si por algún motivo se perdiera o corrompiera en el servidor. Permite además trabajar con diferentes flujos de trabajo, entre ellos el centralizado estilo Subversion o con un gestor de integración encargado de realizar las actualizaciones en el repositorio destinado para ello.

El aseguramiento de los datos garantiza la integridad criptográfica del código. Es imposible cambiar cualquier archivo, fecha, mensaje de confirmación o cualquier otro dato en un repositorio de Git sin cambiar los identificadores (ID) de todo lo que sigue. Esto significa que si tiene un ID de confirmación se puede asegurar que el código es exactamente el mismo y que no se cambió nada en su historial.

Ventajas de Git:

- Es libre y de código abierto.
- Facilita la realización de pruebas creando ramas, de forma rápida, en un mismo proyecto sin temor de dañar el código de la rama principal.
- Permite varios flujos de trabajo.
- El aseguramiento de los datos garantiza la integridad criptográfica del código.

Desventajas de Git:

- La mayoría de los administradores de redes no tienen una formación en programación por lo que la adopción de esta nueva forma de gestión de cambios puede ser difícil al principio.
- El proceso para su uso puede requerir de alguna capacitación para ajustar la curva de aprendizaje.

Resultados y discusión

Luego de realizar el análisis de las características, ventajas y desventajas de las herramientas DevOps Ansible y Git, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Debido a que Ansible cuenta con módulos para automatizar tareas de configuración en dispositivos de red de diferentes fabricantes, se consigue añadir una capa de abstracción entre el administrador de red y los diferentes NOS de los dispositivos de redes.

  Por ejemplo, para configurar una VLAN con su respectivo identificador y descripción en tres dispositivos de los fabricantes Cisco, Arista y Juniper, es necesario el valor estos parámetros y los datos para conectarse a cada uno de los dispositivos. En un proceso manual el administrador debería conectarse uno a uno a estos

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

dispositivos a través de la CLI y configurar los parámetros usando los comandos específicos para cada NOS. Este proceso es susceptible a errores tipográficos, por ejemplo. Al usar Ansible con sus respectivos módulos para cada fabricante, se crea una capa de abstracción que evita tener que conocer los comandos específicos por dispositivo de red. Por otro lado, se agiliza el proceso de configuración al realizar las tareas en paralelo, garantizando además la homogeneidad en los parámetros y evitando errores. La siguiente figura ejemplifica la capa de abstracción creada por Ansible.

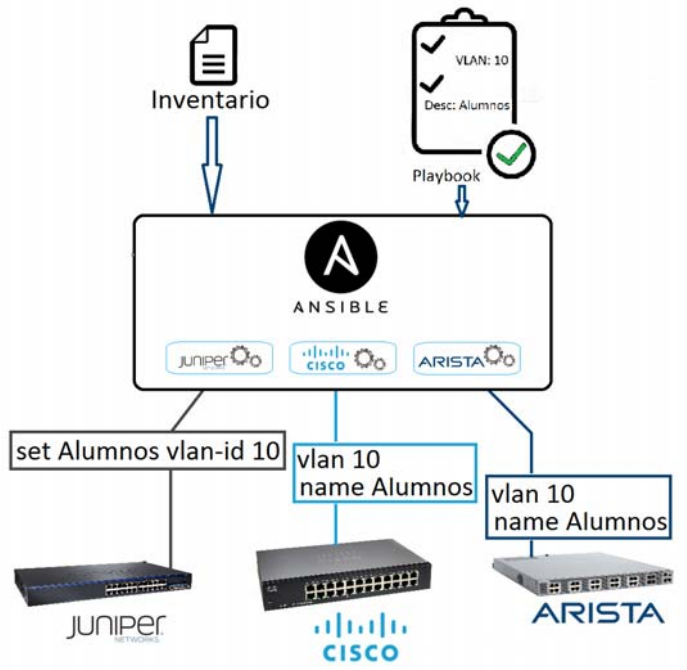

Figura 1. Capa de abstracción entre requerimientos de configuración y los NOS de los dispositivos de red.

- Posibilidad de usar plantillas de configuración basadas en las buenas prácticas proporcionadas por los fabricantes o en regulaciones establecidas para la configuración. De esta forma se podría automatizar tanto la configuración de los dispositivos basado en esas plantillas, así como la comprobación del cumplimiento de estas.
- Otros resultados de usar Git como herramienta de control de cambios son:
    - Se obtiene un repositorio con los ficheros asociados al proceso de configuración que tiene entre otras funciones servir de respaldo para la recuperación ante un incidente.

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas
Vol. 12, No.7, Mes Julio, 2019
ISSN: 2306-2495 | RNPS: 2343
Pág. 48-59
http://publicaciones.uci.cu

- Posibilidad de aplicar diferentes flujos de trabajo. Por ejemplo, se pudiera aplicar el flujo de trabajo en la cual un operario hace la solicitud de cambio a una configuración determinada, pero solo el administrador de la red aprobaría el cambio y actualizaría el repositorio desde el cual se obtienen los datos para que el servidor de Ansible ejecute las tareas correspondientes.
- Llevar un registro histórico con los cambios realizados que permita, además de restaurar a una configuración anterior en caso de algún error de una forma rápida, poder hacer comparaciones entre configuraciones, obtener estadísticas de los cambios, realizar auditorías, entre muchas otras acciones.

Conclusiones

Luego de analizar los resultados obtenidos como parte de esta investigación se confirmó que:

- Utilizando la herramienta DevOps libre, Ansible, es posible resolver el problema de la complejidad de la gestión de configuraciones de los dispositivos de redes heterogéneas a través de la capa de abstracción que agrega. La automatización de estas configuraciones agiliza el proceso y disminuye la ocurrencia de errores de las configuraciones. Por otro lado, facilita la aplicación de plantillas de configuración, basadas en buenas prácticas o regulaciones, en los dispositivos de redes, así como la comprobación del cumplimiento de las mismas.

- Utilizando la herramienta DevOps libre, Git, es posible resolver el problema de mantener un repositorio con un estricto control de cambios de los ficheros asociados al proceso de configuración que permite ser usado como respaldo de las configuraciones y registro histórico.

- Si bien el uso de software libre disminuye los costos por concepto de pago de licencias de uso, se requiere de una capacitación o incorporación de personal al equipo para la adopción de la cultura DevOps. Sin embargo, esto se compensa con las ventajas de adoptar esta cultura en una mayor velocidad de respuesta a cambios que se requieran en la infraestructura de red para soportar nuevos requerimientos de los servicios que esta soporta.

Referencias

- ANSIBLE, R. H. Ansible is Simple IT Automation. In., 2018, vol. 2018.
- ARMSTRONG, S. *DevOps for Networking*. Edtion ed.: Packt Publishing Ltd, 2016. ISBN 1786460564.
- CISCATO, D. AND V. BHALLA. Divide Your Network and Conquer the Best Price and Functionality. In., 2017, vol. 2018.
- CISCO. Cisco Prime LAN Management Solution. In., 2017.
- CISCO. Cisco Prime Infrastructure. In., 2018.
- COULIBALY, M. M. Cisco IOS Releases: The Complete Reference. In.: Cisco Press, 2000.
- EBERT, C., G. GALLARDO, J. HERNANTES AND N. SERRANO DevOps. IEEE Software, 2016, 33(3), 94-100.
- FABBI, M. AND D. CURTIS. Debunking the Myth of the Single-Vendor Network. In., 2010, vol. 2018.
- GIT. Git. In., 2018, vol. 2018.
- HUAWEI. eSight Unified Management Platform. In., 2017, vol. 2018.
- MARTÍNEZ MANZANILLA, A. G. An ontology-based approach toward the configuration of heterogeneous network devices. Doctoral, 2015.
- SOLARWINDS. Software de administración de TI y herramientas de monitoreo | SolarWinds. In., 2018, vol. 2018.
- XEBIANLABS. Periodic Table of DevOps Tools. In., 2018, vol. 2018.