Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO

PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de

Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI

Uso de APIs y programabilidad en SDWAN Viptela

Autor: María Gabriela Vintimilla Sarmiento

Director: Dr. Gustavo David Salazar Chacón

Quito, marzo 2023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, María Gabriela Vintimilla Sarmiento, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún postgrado o calificación profesional y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Pontificia Universidad Católica del Ecuador podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

Firmado electrónicamente por:
MARIA GABRIELA VINTIMILLA SARMIENTO

_____

María Gabriela Vintimilla Sarmiento

Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 2991647
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director del Trabajo de Posgrado Titulado: "**Uso de APIs y programabilidad en SDWAN Viptela**", presentado por la maestrante María Gabriela Vintimilla Sarmiento, titular de la Cédula de Identidad Nº 1721781548 para optar al Grado de Magíster en Tecnologías de la Información con mención en Administración, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Educación.

En la ciudad de Quito, a los 17 días de marzo de 2023

Firmado electrónicamente por:
GUSTAVO DAVID SALAZAR CHACON

_____

Gustavo David Salazar Chacón

C.I. 1716104797

gsalazar787@puce.edu.ec

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 07 % índice de similitud con otras fuentes.

Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 2991647
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 17-mar.-2023 14:17 CET
Identificador: 2039338266
Número de palabras: 8365
Entregado: 1

Tesis - MTI Por María Gabriela Vintimilla Sarmiento

Índice de similitud	Similitud según fuente
7%	Internet Sources: 8% Publicaciones: 2% Trabajos del estudiante: 3%

2% match (Internet desde 08-oct.-2022)
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129910/Documento_completo.pdf?isAllowed=y&sequence=1

2% match (Internet desde 25-dic.-2021)
https://www.computerweekly.com/es/definicion/WAN-definida-por-software-o-SD-WAN?_ga=2.147866612.2142300031.1614012782-996182596.1544045663&_gl=1%2A1qgqvd9%2A_ga%2AOTk2MTgyNTk2LjE1NDQwNDU2NjM.%2A_ga_RRBYR9CGB9%2AMTYxNDAxMjc3Ny4zN

1% match (trabajos de los estudiantes desde 14-feb.-2017)
Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2017-02-14

1% match (Internet desde 02-oct.-2022)
https://cloud.ibm.com/apidocs/machine-learning-cp

1% match (Internet desde 24-ene.-2008)
http://www.bekonnekt.com/download/pdf/tabelle_bekonnekt/italiano/tabella_bkpikirmm2.pdf

1% match (Internet desde 11-dic.-2022)
https://www.slideshare.net/MARIAESTHERGAMBOA1/15562942-proceso

FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN DE POSGRADO PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI Uso de APIs y programabilidad en SDWAN Viptela Autor: María Gabriela Vintimilla Sarmiento Director: Dr. Gustavo David Salazar Chacón Quito, marzo 2023 FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN DE POSGRADO PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN Yo, María Gabriela Vintimilla Sarmiento, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún postgrado o calificación profesional y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración dejo constancia de que la Pontificia Universidad Católica del Ecuador podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes. _____ María Gabriela Vintimilla Sarmiento Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca ii Apartado postal 17-01-2184 Telf.: (593) 2 2991647 Quito – Ecuador www.puce.edu.ec FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN DE POSGRADO APROBACIÓN DEL TUTOR En mi carácter de Director del Trabajo de Posgrado Titulado: "Uso de APIs y programabilidad en SDWAN Viptela", presentado por la maestrante María Gabriela Vintimilla Sarmiento, titular de la Cédula de Identidad Nº 1721781548 para optar al Grado de Magíster en Tecnologías de la Información con mención en Administración, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Educación. En la ciudad de Quito, a los xx días de marzo de 2023 _____ Gustavo David Salazar Chacón C.I. 1716104797 gsalazar787@puce.edu.ec NOTA: xx Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: xx % índice de similitud con otras fuentes. Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca iii Apartado postal 17-01-2184 Telf.: (593) 2 2991647 Quito – Ecuador www.puce.edu.ec FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN DE POSGRADO TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca iv Apartado postal 17-01-2184 Telf.: (593) 2 2991647 Quito – Ecuador www.puce.edu.ec DEDICATORIA A mi motor, Emi v ÍNDICE DE CONTENIDOS INTRODUCCIÓN ..... 1 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 4 1.1. Formulación del problema ..... 4 1.2. Objetivos de la Investigación..... 4 Objetivo General ..... 4 Objetivos Específicos ..... 5 1.3. Justificación de la Investigación ..... 5 CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ..... 7 2.1. Antecedentes de la Investigación..... 7 2.2. Bases Teóricas. ..... 8 2.2.1. SDN (Software Define Network) ..... 8 2.2.2. SD-WAN ..... 11 2.2.3. SDWAN Viptela..... 12 2.2.4. API y REST-API: ..... 14 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA ..... 16 3.1. Tipo de Investigación..... 16 3.2. Diseño de Investigación ..... 16 3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos ..... 17 3.4. Técnica de Análisis de Datos ..... 17 vi CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCION ..... 19 4.1. Desarrollo..... 20 4.1.1. Registro en el entorno virtual de Sandbox reservable de Cisco SD-WAN 20.4. ..... 20 4.1.2. Reserva de la infraestructura en el entorno de Cisco SD-WAN Sandbox ... 21 4.1.3. Diagrama de red. ..... 21 4.1.4. Reconocimiento de componentes SD-WAN con

Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 2991647
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec

DEDICATORIA

A mi motor, Emi.

A mis padres por siempre ayudarme y motivarme para cumplir mis metas.

A ti Chris, por estar conmigo en los momentos más difíciles, por darme fuerza y motivación para seguir, no solo con este proyecto de titulación, sino con todo lo que se presentó en este tiempo. Gracias.

Av. 12 de octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 2991647
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRIA EN TECNOLIGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN

Y ADMINISTRACIÓN DE TI

Uso de APIs y programabilidad en SDWAN Viptela

Autor: Maria Gabriela Vintimilla Sarmiento

Director -Tutor: Gustavo David Salazar Chacón

Fecha: marzo 2023

RESUMEN

Sin duda, el mundo que conocemos y las actividades que llevábamos a cabo de manera habitual antes de la declaratoria de pandemia mundial por el COVID-19 no volverán a ser las mismas. La mística de la humanidad ha sido que de toda crisis se desarrollan nuevas visiones y oportunidad de innovación y desarrollo, construcción de sociedades, ciudades y ecosistemas más sostenibles, es así que la innovación tecnológica ha aportado significativamente para la optimización de los recursos empresariales durante y después de la pandemia del COVID-19.

El distanciamiento social, el uso de medidas e instrumentos de prevención biológica han desarrollado en la sociedad nuevas formas de usar el espacio público, los medios de transporte y la manera de trabajar; es por ello que los conceptos desarrollados en el presente trabajo de titulación destacan el cambio vivencial de las empresas que, a través de la tecnología han mejorado el rendimiento, reduciendo sus costos operacionales, y brindando un mejor estilo de vida laboral para sus empleados con el aprovechamiento del teletrabajo, el mismo que se

potencializó exponencialmente en los últimos tiempos.

La puesta en valor de este trabajo de titulación se centra en demostrar como la incorporación de SD-WAN a través de Cisco VIPTELA, agrega inteligencia de negocio, reduce de manera significativa los costos y en el tiempo de despliegue entre una empresa que con una matriz y 2 sucursales a través del entorno emulado de Cisco DevNet, el cual nos permite, realizar pruebas de conectividad e incorporar programabilidad de nuevas funcionalidades a través del uso de las APIs para obtener información personalizada para agilizar la toma de decisiones sin tener que afectar el ambiente de producción que se encuentra desplegado y utilizado por los usuarios.

Palabras clave: SD-WAN, DevNet, APIs, VIPTELA, transformación digital.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRIA EN TECNOLIGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI

TITULO DEL TRABAJO EN INGLÉS

Autor: María Gabriela Vintimilla Sarmiento

Director -Tutor: Gustavo David Salazar Chacón

Fecha: marzo 2023

ABSTRACT

Definitely, the world we know and the habitually activities that we carried out in the past before the declaration of the global pandemic COVID-19, will never be the same. The mystique of humanity has been that after each crisis, the world develops a new vision, opportunities for innovation, construction of more sustainable societies, cities and ecosystems, this is how technological innovation has significantly contributed to the optimization of business resources during and after COVID-19. pandemic.

Social distancing, the use of biological prevention measures and instruments, have been developed in the society new ways of using public space, transport and the way of working; that is why the concepts developed in this degree work highlight the change experienced by companies that have improved their performance through technology, reducing their operating costs and providing a better working life style to their employees with the use of teleworking,

which has grown exponentially in recent times.

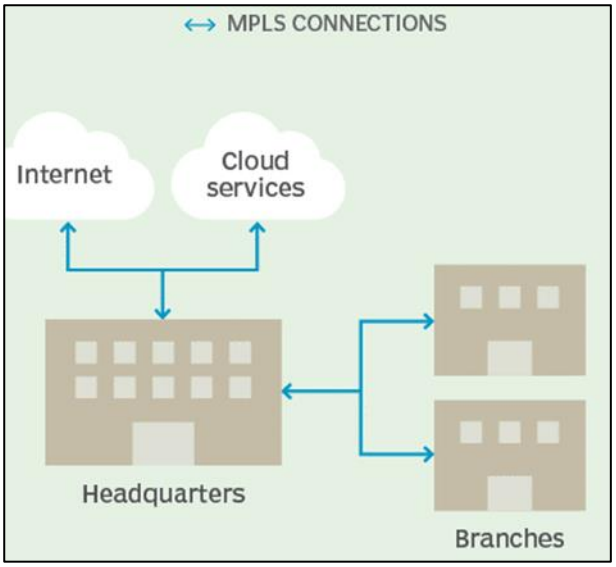
The value of this degree work is focused on demonstrating how the incorporation of SD-WAN through Cisco VIPTELA adds business intelligence, significantly reduces costs and deployment time between a company with a main site and 2 branches through the emulated environment of Cisco DevNet, which allows us to perform connectivity tests and incorporate programmability of new functionalities through the use of APIs to obtain personalized information to speed up decision-making without having to affect the production environment that is deployed and used by users.

Keywords: SD-WAN, DevNet, APIs, VIPTELA, digital transformation.

INTRODUCCIÓN

Las redes WAN (Wide Area Network) o redes de área amplia tienen como objetivo conectar múltiples ubicaciones como oficinas centrales y sucursales, proporcionando una red privada punto a punto.

Figura 1 *Configuración WAN punto a punto tradicional*



Nota. Tomado de *How SD-WAN architectures improve network flexibility and efficiency*, por John Fruehe, 2019, TechTarget Networking (https://www.techtarget.com).

La administración de una WAN es a través de puntos finales de WAN y es bastante compleja. Históricamente, estas conexiones se basaban en conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS), una tecnología más costosa con ancho de banda limitado, pero con excelente calidad de servicio (QoS), como la mayor parte del tráfico WAN es de contenido web, uso compartido de archivos y correo electrónico, estos costosos enlaces a menudo se desperdician en un tráfico de mayor volumen que no requiere una alta QoS.

Mover estos datos fuera de los enlaces MPLS reduce el costo de transporte de los datos y libera ancho de banda para aplicaciones más críticas.

Las redes SD-WAN (Software Defined WAN) o redes definidas por software optimizan las conexiones WAN al simplificar la administración y la configuración a través de un controlador centralizado, mejorando así la gestión de los enlaces remotos. Una SD-WAN no está diseñada para transportar o enrutar datos, su principal objetivo es mantener la configuración y gestión de los puntos WAN.

Ventajas de implementar una SD-WAN:

- Mejor eficiencia para las conexiones MPLS.
- Más flexibilidad para implementar nuevos servicios de forma remota.
- Mejor redundancia.
- Costo incremental mínimo.
- Uso de múltiples transportes en una conexión. (Fruehe, 2019)

SD-WAN también está evolucionando para simplificar la forma en que los equipos de DevOps de los clientes usan las API (*Application Programming Interface*) de los proveedores para crear funciones dentro de la plataforma. Los equipos pueden usar API para implementar ciertos servicios de automatización que aborden una necesidad comercial específica.

La automatización SD-WAN ofrece algunos beneficios y mejoras significativas. Pero, para que el mercado realmente se beneficie de la automatización, todos los elementos de SD-WAN deberán comunicarse entre sí a través de la integración de API. Esta comunicación permitirá que el sistema realice cambios automatizados en los dispositivos de borde de la WAN y refleje los cambios en la configuración de los recursos de la nube, como Microsoft Azure, AWS y Google Cloud.

La automatización básica de SD-WAN es la corrección de errores y la selección de rutas, por ejemplo, si una configuración prevista no funciona o crea problemas de red, el aprendizaje

automático puede identificar el problema y automatizar la corrección o notificar al equipo de TI.

La ventaja de la automatización de SD-WAN es que agregar complejidad a la red será más simple, bastará con arrastrar, soltar y orquestar los elementos, en redes sin inteligencia automatización realizar cambios en la topología a menudo requiere de una planificación prolongada.

La automatización también ayuda a mantener bajos los costos al eliminar la necesidad de contratar servicios de proveedores adicionales.

SD-WAN automatiza muchas tareas locales y de red en la nube que suelen realizar los humanos. El futuro permitirá una red inteligente de autoaprendizaje capaz de tomar decisiones, mientras equilibra varias cargas de trabajo en tiempo real. (Sturt, 2021)

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

El aumento de carga administrativa para mantener múltiples enlaces de comunicación, personal especializado para su administración, configuración, monitoreo y elevados costos en equipos tradicionales que se necesitan para comunicar una matriz con su sucursal o sucursales, obliga a las empresas a mejorar la comunicación entre ellas.

En la actualidad, para que las empresas se mantengan competitivas, vigentes en sus procesos de negocio, considerando la tendencia de la industria 4.0, la proliferación de las nubes públicas y privadas, millones de dispositivos conectados, y la exigencia que esto demanda en la flexibilidad, agilidad, velocidad de despliegue, hacen que las empresas estén en constante cambio, y una de ellas es la inversión de capital en investigación y desarrollo, como es el caso de la transformación digital mediante el despliegue de SD-WAN, con tecnología probada en el mercado con CISCO – VIPTELA.

1.2. Objetivos de la Investigación

Objetivo General

- Demostrar la factibilidad de uso de API tipo RESTful en una infraestructura SD-WAN empresarial que conecta una matriz con dos sucursales través del entorno emulado de Cisco DevNet utilizando Viptela.

Objetivos Específicos

- Conceptualizar a una REST API dentro del contexto de redes de nueva generación.
- Establecer los formatos de datos más relevantes en el uso de APIs con SDWAN.
- Definir a SDWAN Viptela y detallar sus componentes.
- Realizar una prueba de concepto en un entorno controlado de SDWAN y el uso de APIs en esa infraestructura.

1.3. Justificación de la Investigación

Las tendencias de las industrias 4.0, en la actualidad, conllevan a que las empresas, de manera transversal optimicen sus procesos, ante lo cual en la presente investigación se pretende desarrollar una alternativa de transformación digital implementado una solución integral de SD-WAN con Cisco Viptela, para incidir positivamente en el rendimiento de la red, con la implementación de estrategias de innovación aplicadas sobre una infraestructura de comunicaciones ya existentes, lo que impacta significativamente en la viabilidad económica de este proyecto, como un beneficio inmerso es la reducción de la carga administrativa, puesto que el control, la configuración y la administración está provista mediante una sola consola, la misma que contine todas las características y el despliegue de los servicios de los podrá desarrollar de manera efectiva e inmediata.

Adicionalmente los costos de una arquitectura tradicional, con respecto a la implementación de la propuesta planteada en esta investigación son mucho más elevados en equipos tradicionales y la cantidad de personal para administrar y configurar la red que necesita invertir la empresa para interconectar la matriz con sus sucursales, considerando que será necesario la externalización de servicios de conectividad de enlaces y por ende de internet.

A continuación de manera general se describen entre otros los beneficios que se podrá obtener la empresa al implementar Cisco Viptela:

- Reducción de costos al reemplazar los enlaces MPLS por internet.
- Facilidad de gestión con una sola consola inteligente, que simplifica el trabajo del equipo de IT, tanto para las tareas de soporte como para las nuevas implementaciones y su correspondiente despliegue.
- Segmenta la red de manera inteligente, priorizando el tráfico según las necesidades de cada aplicación o servicio de la empresa.
- Minimiza el costo de despliegue de nuevas sucursales por la escalabilidad y facilidad de expansión gracias a tu tecnología “Plug & Play”.
- Facilidad de integración con plataformas externas y plataformas en nube, mejorando positivamente la operación de la empresa y abriendo la puerta a un sin número de posibilidades para futuras tecnologías.
- Mejor velocidad de conexión entre sucursales.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Durante muchos años, las arquitecturas de enrutamiento y circuitos WAN que conectan redes a grandes distancias se constituyeron de un plano de control, un plano de datos y un plano conmutación, todos encerrados y comunicándose entre sí dentro del mismo chasis físico, también conocido como caja.

La idea principal de la arquitectura SDN es dividir el plano de control y de datos y sacarlos de un solo dispositivo y al igual que SDN, SD-WAN desacopla los planos de control y datos y rediseña la forma en que construye redes y servicios sobre ellos.

En el caso de SD-WAN, el plano de control es un componente de software que normalmente se ejecuta de forma centralizada en un entorno de nube. El plano de datos, que incluye los módulos de E/S, comprende los dispositivos de borde que se implementan en las sucursales. El plano posterior de conmutación son los propios circuitos WAN reales.

La arquitectura de SD-WAN permite virtualizar y simplificar el despliegue de las redes de área extendida (WAN) mediante el uso de una solución centralidad, de fácil uso, donde su principal recurso, es la implementación de sus características a través de políticas que ayuda a abstraer la complejidad y el diseño de la red. (Oswal, 2017)

Con una estructura de superposición común para redes distribuidas, desde la empresa hasta el perímetro de IoT, entiéndase este límite hasta equipos Bussines to Bussines (B2B), es posible lograr la simplicidad de la administración general en todo su contexto. Por lo que el soporte en sitio se simplifica, ya que, las empresas pueden ver, proteger y administrar desde un único centro de control. Eso se traduce en una mayor visibilidad, control, ahorro de tiempo, recursos

y costos. (Narayanan, 2020)

La estrategia de explotar las bondades de SD-WAN esta apalancado por la capacidad de conmutación y el ancho de banda que este soporte, muy diferente del licenciamiento convencional ya que está basado en la cantidad conexiones simultaneas o la capacidad que el appliance o virtual appliance tiene para conmutar todo el tráfico de red.

Otra de las características clave de SD-WAN es su capacidad para usar múltiples conexiones de banda ancha de bajo costo, incluidos redes 4G/5G, en lugar de enlaces MPLS, que son más costosos para conexiones remotas. El failover inteligente ayuda a garantizar una alta disponibilidad para sitios remotos y los túneles seguros ayudan a proteger los datos en tránsito.

SD-WAN prevé una visión de alto nivel para todos los activos de red conectados, lo que a su vez permite identificar las potenciales amenazas rápidamente y así la solución de problemas se realiza casi de manera inmediata. Las soluciones SD-WAN también suelen ofrecer paneles de administración centralizados basados en la nube, lo que facilita su despliegue y la gestión incluso para las instalaciones más grandes.

Es por esto, que la tecnología de las redes WAN definidas por software puede ofrecer beneficios para las empresas en cada paso del camino de transformación digital. A medida que el "teletrabajo" pasa de ser un fenómeno de la pandemia a una nueva realidad, las organizaciones deberán adaptarse y SD-WAN es un primer paso lógico en la transición hacia la modernización de la WAN y la mejora de la seguridad general. (Liu, 2022)

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. SDN (Software Define Network)

Según la ONF (Open Networking Foundation), SDN es la separación física del plano de control de la red del plano de reenvío, y donde un plano de control puede controlar, monitorear y la programar varios dispositivos a la vez a través de peticiones/respuestas desde una API.

(Salazar, 2021)

SDN es una arquitectura que abstrae diferentes capas de una red para hacer que las redes sean ágiles y flexibles, con el objetivo de mejorar el control de la red al permitir que las empresas y los proveedores de servicios respondan rápidamente a los cambiantes requisitos comerciales.

En una red definida por software se puede dar forma al tráfico desde un controlador centralizado sin necesidad de tocar conmutadores individuales en la red.

A diferencia de la arquitectura de red tradicional, en la que los dispositivos de red individuales toman decisiones de tráfico en función de sus tablas de enrutamiento configuradas.

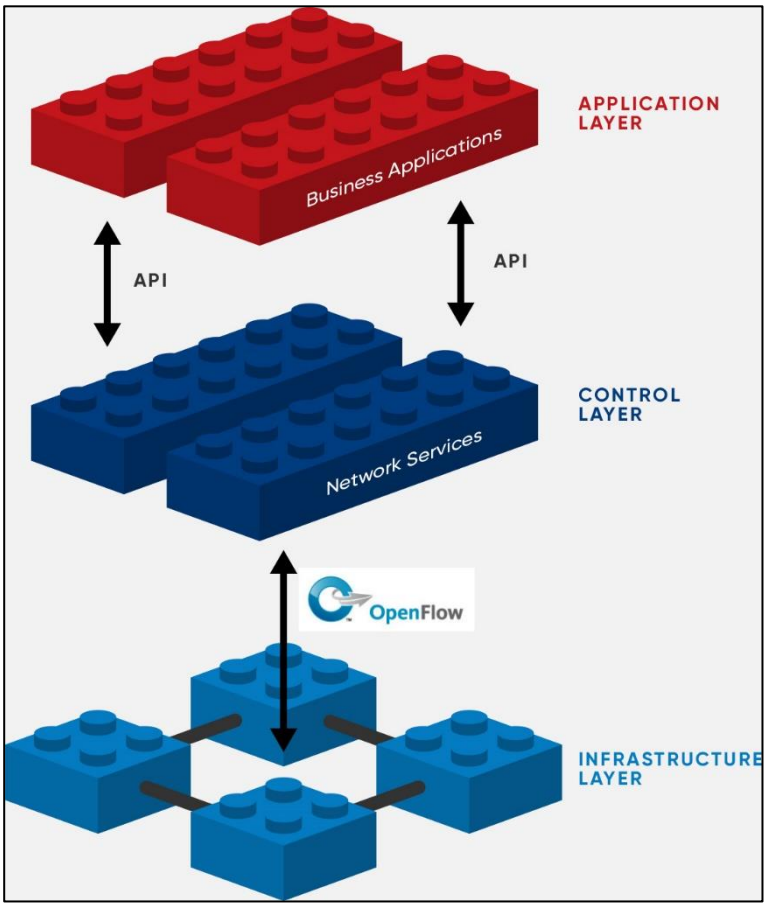
Arquitectura de SDN

La arquitectura de SDN comprende tres capas:

- La capa de aplicación,
- La capa de control y
- La capa de infraestructura.

Estas capas se comunican mediante interfaces de programación de aplicaciones (API) hacia el norte y hacia el sur.

Figura 2 *Arquitectura SDN*



Nota. Tomado de *Software-Defined Networking (SDN) Definition*, ONF (https://opennetworking.org/).

Capa de aplicación

Contiene las aplicaciones o funciones de red típicas que utilizan las organizaciones. Esto puede incluir sistemas de detección de intrusos, balanceo de carga o firewalls. Una red tradicional usaría un dispositivo especializado, como un firewall o un balanceador de carga. En SDN este dispositivo es reemplazado por una aplicación que usa un controlador para administrar el comportamiento del plano de datos.

Capa de control

Representa el software del controlador SDN centralizado que actúa como el cerebro de la red. Este controlador reside en un servidor y administra las políticas y los flujos de tráfico en

toda la red.

Capa de infraestructura

Está formada por los conmutadores físicos de la red. Estos conmutadores reenvían el tráfico de la red a sus destinos.

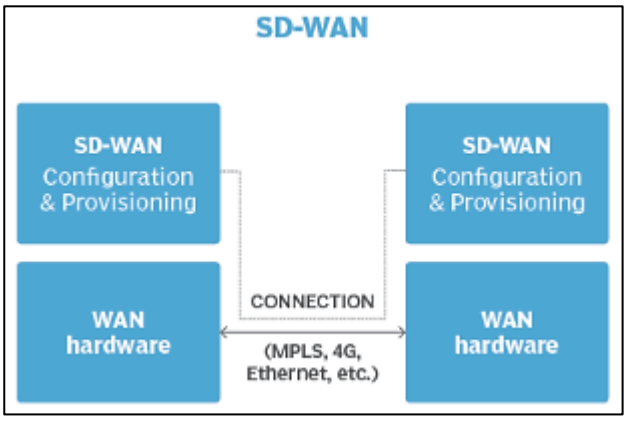
2.2.2. SD-WAN

La red de área amplia definida por software (SD-WAN) es una tecnología que utiliza conceptos de redes definidas por software (SDN) para distribuir el tráfico de red a través de una red de área amplia (WAN). Una SD-WAN sigue políticas configuradas para determinar automáticamente la forma más efectiva de enrutar el tráfico de aplicaciones entre las sucursales y los sitios del centro de datos.

Las SD-WAN son administradas por un controlador centralizado, que envía información de políticas a todos los dispositivos conectados.

La mayoría de las formas de tecnología SD-WAN crean una superposición virtual que es independiente del transporte al abstraer las conexiones WAN públicas o privadas subyacentes, como la conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS), la banda ancha de Internet, la fibra, la conexión inalámbrica o la evolución a largo plazo (LTE). Esta superposición permite a las empresas mantener sus enlaces WAN existentes, mientras que la tecnología SD-WAN centraliza el control de la red y permite una gestión ágil y en tiempo real del tráfico de aplicaciones a través de estos enlaces. (Irei, 2021)

Figura 3 *Superposición de SD-WAN*



Nota. Tomado de *SD-WAN explained: Ultimate guide to SD-WAN architecture*, por Sandra Gittlen, 2021, TechTarget Networking (https://www.techtarget.com).

Arquitectura de SD-WAN

La arquitectura SD-WAN se basa en superposiciones virtualizadas que facilitan el cambio y la replicación de políticas entre dispositivos periféricos distribuidos, permitiendo la configuración, administración, monitoreo y aseguramiento de la mayoría de los aspectos de la WAN, incluidos los dispositivos de borde y los flujos de tráfico. Al abstraer la capa de transporte del hardware al software, SD-WAN facilita la priorización del tráfico, lo que permite que TI use enlaces públicos y privados de menor costo, como banda ancha e inalámbrica, junto con conexiones de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) más costosas. La automatización, la centralización y la flexibilidad que ofrece SD-WAN dan como resultado un entorno WAN más ágil para medianas y grandes empresas. (Gittlen, 2021)

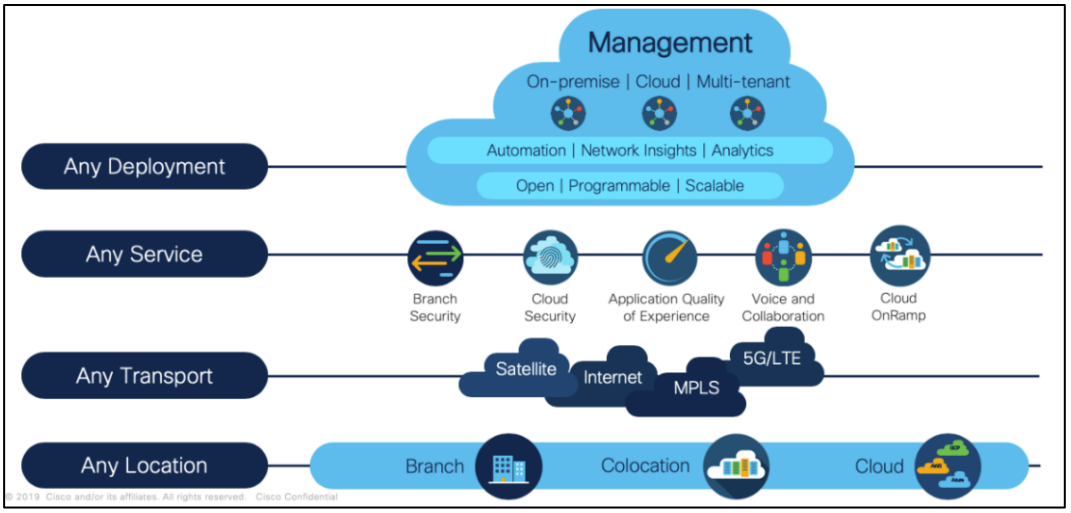
2.2.3. SDWAN Viptela

En las primeras etapas de SD-WAN, los ingenieros de Viptela desarrollaron una arquitectura SD-WAN flexible basada en controladores y administración de la nube (vManage y vSmart) y enrutadores de borde de función de red virtualizados (vEdge). Su versión de SD-WAN siguió la misma arquitectura definida por software que la Arquitectura de red digital (DNA) de Cisco,

separando los planos de datos, control y administración para una máxima flexibilidad. La arquitectura de Viptela la convirtió en una extensión natural de la visión de redes basadas en la intención de Cisco.

Arquitectura de SD-WAN Viptela

Figura 4 *Arquitectura de SD-WAN con Cisco Viptela*



Nota. Tomado de *Rapid Evolution of Cisco SD-WAN is a Revolution for Enterprises with a Cloud-First Strategy*, por Anand Oswal, 2019, Cisco (https://blogs.cisco.com/)

Componentes:

Los componentes que constituyen la arquitectura de SD-WAN son esenciales para que funcione la infraestructura, pero también es esencial la forma de interconectarlos:

- vManage (Plano de administración):
    - Interfaz gráfica.
    - Administración centralizada.
    - Creación de plantillas y políticas.
    - Brinda herramientas de tshoot y monitoreo.
    - Provee interfaces para programabilidad.

- vSmart (Plano de control):
    - Cerebro de la solución.
    - Controla y Administra los relacionado a enrutamiento y políticas.
    - Facilita el cifrado de datos entre los WAN Edge Routers (Dispositivo del plano de datos).
    - Utiliza el protocolo OMP (Overlay Management Protocol) para propagar información a los WAN Edge Routers.

- Edge Router – WAN Edge Router (Plano de datos):
    - Asegura el plano de control con otro WAN Edge.
    - Implementa políticas en el plano de datos.

- vBond (Plano de orquestación):
    - Primer punto de autenticación entre WAN Edge Router y el resto de los controladores.
    - Es el único dispositivo que no puede estar detrás del NAT.
    - Facilita el NAT transversal.

2.2.4. API y REST-API:

API es el acrónimo de *"Application Programming Interface"*, es un software que permite a otras aplicaciones acceder a sus datos e interactuar con ellos, se usa para controlar, administrar, orquestar y generar telemetria y consiste en un conjunto de reglas que describen como una aplicación puede interactuar con otra aplicación y el mecanismo que permite que esa interacción tenga efecto. (Salazar, 2021)

Las APIs vienen a ser como un intermediario entre el usuario y la solicitud de información o

request de datos.

REST o *Representational State Transfer*, establece una comunicación similar a HTTP o HTTPS, usando métodos similares para extraer información de la infraestructura (*get, post, put, delete*) y retornando información en formatos como XML y JSON.

El componente *vManage* de la solución SD-WAN de Cisco Viptela es el encargado de la administración entre la infraestructura y el administrador de la red, mejorando la experiencia de administración, este componente empleará el concepto de REST-APIs para establecer la interfaz entre la red SD-WAN y el manejo de esta para conseguir los objetivos empresariales planteados. (Salazar, 2021)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizado en este proyecto de titulación es cualitativo, puesto que, en un ambiente simulado de Cisco DevNet, en el cual se encuentra implementado un escenario SD-WAN con Cisco Viptela de una empresa y sus sucursales, se podrá estudiar y comprender el funcionamiento de una red SD-WAN, sus beneficios y componentes, así como también el uso de APIs.

Una metodología cualitativa está centrada en los sujetos, entiéndase "sujeto", al escenario SD-WAN con Cisco Viptela de una empresa con sus sucursales, el cual se basa en indagación inductiva de casos de uso y éxito desplegada por el fabricante CISCO, dentro de su ámbito comercial, buscando, el denominador común, dentro de la información obtenida como parte de este trabajo de titulación.

A partir de los datos obtenidos, y considerando que existen arquitecturas tecnológicas provistas por los mismos fabricantes, se aspira obtener una simulación exitosa utilizando SD-WAN con Cisco Viptela entre una empresa matriz y sus sucursales, mediante conexiones y configuraciones necesarias enfocándose en los resultados positivos de la simulación.

Esto implica comprender el funcionamiento de la tecnología SD-WAN, verificar sus beneficios y encaminarse a la transformación digital.

3.2. Diseño de Investigación

En esta etapa, se establecerán los términos y condiciones que permitirán la recolección de la información base, a partir de la experiencia expresada en el numeral anterior, que defina las limitaciones y los beneficios de un proyecto de implementación de SD-WAN con Cisco Viptela para una empresa TIPO (empresa con matriz y sucursales distantes geográficamente), así como

los puntos clave a considerar, que otorgará a estas empresas TIPO nuevas capacidades alineadas a la trasformación digital y el aprovechamiento de los recursos latentes de la empresa con el fin de mantener un gasto eficiente de los recursos económicos.

La obtención de información de la simulación, gira en torno las pruebas, la configuración y los resultados que se obtienen de un ambiente emulado, es por ello que, para el estudio se utilizará la investigación descriptiva (describir lo que ocurre en el proceso), así como la investigación exploratoria (el objeto de la investigación debe ser explorado).

En el entorno del proceso investigativo, la visión es generar un ambiente de prueba de concepto controlado, con el fin de plantear la solución a la problemática y comprobar su factibilidad.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para desarrollar la caracterización de la metodología a implementarse en este proyecto de titulación, se tomará como base la información técnica disponible en torno a SD-WAN y en específico de la solución Viptela, así como el tiempo que se dispone para este proceso.

En el contexto de la investigación descriptiva y exploratoria, la técnica que se adecua al presente proyecto será a partir del **análisis** de los diseños investigación - acción, y diseños documentales, y el método es el análisis de los casos de uso, e implementaciones exitosas, de la solución objeto del presente trabajo, así como la prueba de concepto en un ambiente controlado, con el uso de la plataforma de testing a través de Cisco DevNet.

3.4. Técnica de Análisis de Datos

Como parte de la técnica de recolección de datos que se desprenderá del análisis de documentación técnica oficial disponible por parte del fabricante, serán desarrolladas tareas de descubrimiento y configuraciones sobre el entorno emulado, se efectuará las interpretaciones de los resultados generados con la arquitectura de conectividad TIPO, esquema de red,

configuración de equipos y enlaces, entre otros.

En esencia se desarrollará la comprobación de la factibilidad del uso, a través de APIs de tipo RESTful con la prueba de concepto sobre la plataforma de pruebas y laboratorio, que se dispone mediante Cisco DevNet, así como una prueba de conectividad a través de PING y visualización de VManage en un navegador WEB.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCION

La tecnología SD-WAN analizada en los capítulos anteriores será puesto a prueba en el entorno de emulación de CISCO DevNet, el cual utiliza infraestructura de alto nivel.

En este entorno virtual se explorará la solución SD-WAN de Cisco y cómo encaja en la arquitectura DNA y Network Intuitive. También explora la API REST que se expone con el componente de administración de Cisco SD-WAN vManage utilizando Postman.

Los objetivos para cumplir en este entorno de emulación son:

- Comprender la solución SD-WAN de Cisco.
- Comprender la API REST de Cisco SD-WAN.
- Usar la opción Código en Postman para generar código Python, que se usará para automatizar las tareas de configuración y administración.
- Crear una función de Python que inicie sesión y se autentique en una instancia de Cisco SD-WAN vManage.
- Crear funciones de Python para realizar operaciones GET y POST.
- Crear una aplicación CLI basada en Python que use la API REST de vManage para obtener datos, analizarlos, extraer información pertinente y mostrársela al usuario.

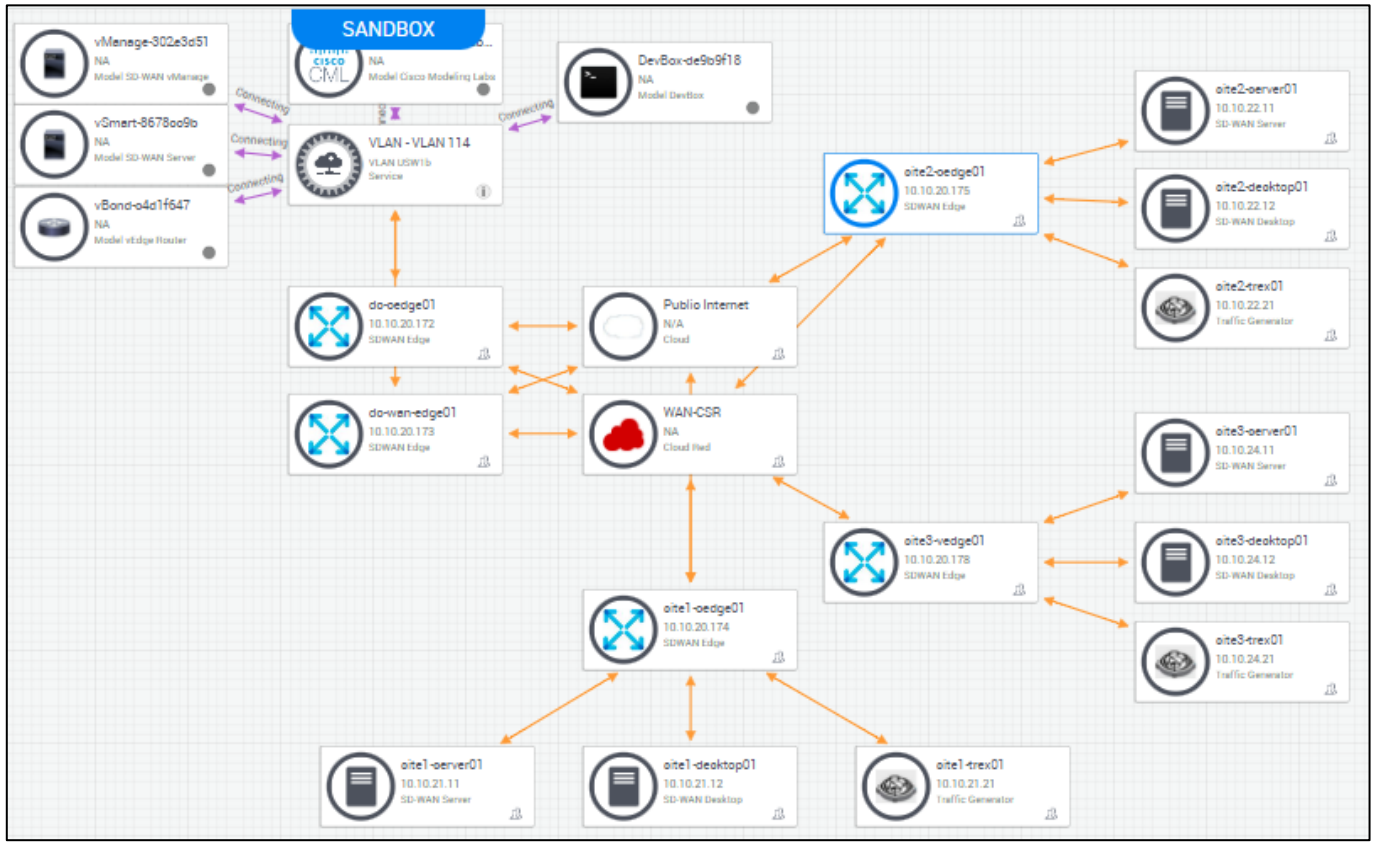
Para lo cual se necesita:

- Infraestructura de laboratorio de aprendizaje Sandbox reservable de Cisco SD-WAN 20.4.
- Un clon local del repositorio de GitHub que contiene la versión final de la aplicación.
- Python 3.7 o posterior y un entorno virtual de Python.
- Una instalación local de Postman.

4.1. Desarrollo

4.1.1. Registro en el entorno virtual de Sandbox reservable de Cisco SD-WAN 20.4.

Figura 5 *Entorno virtual de Sandbox DevNet*

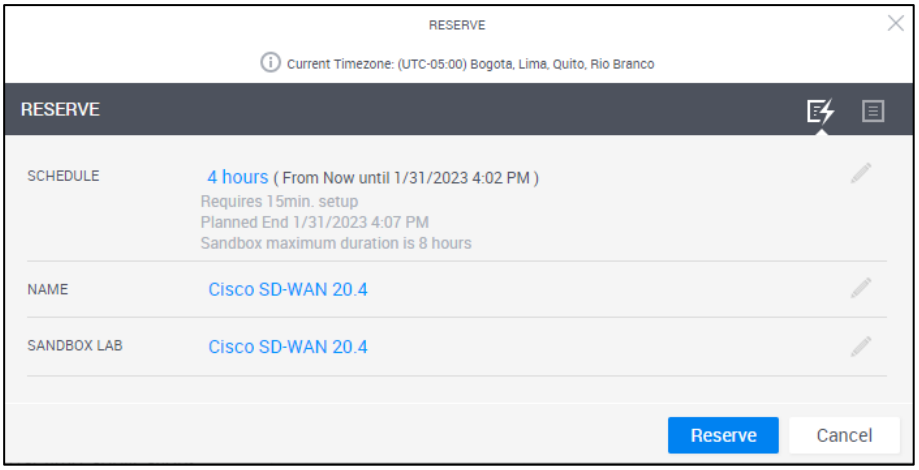


Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.2. Reserva de la infraestructura en el entorno de Cisco SD-WAN Sandbox

Este entorno emulado de Cisco SD-Wan permite desarrollar, depurar y probar sus aplicaciones SD-WAN de muestra, la reserva del ambiente emulado tiene un tiempo de horas.

Figura 6 *Reserva del entorno emulado de Cisco SD-WAN Sandbox*



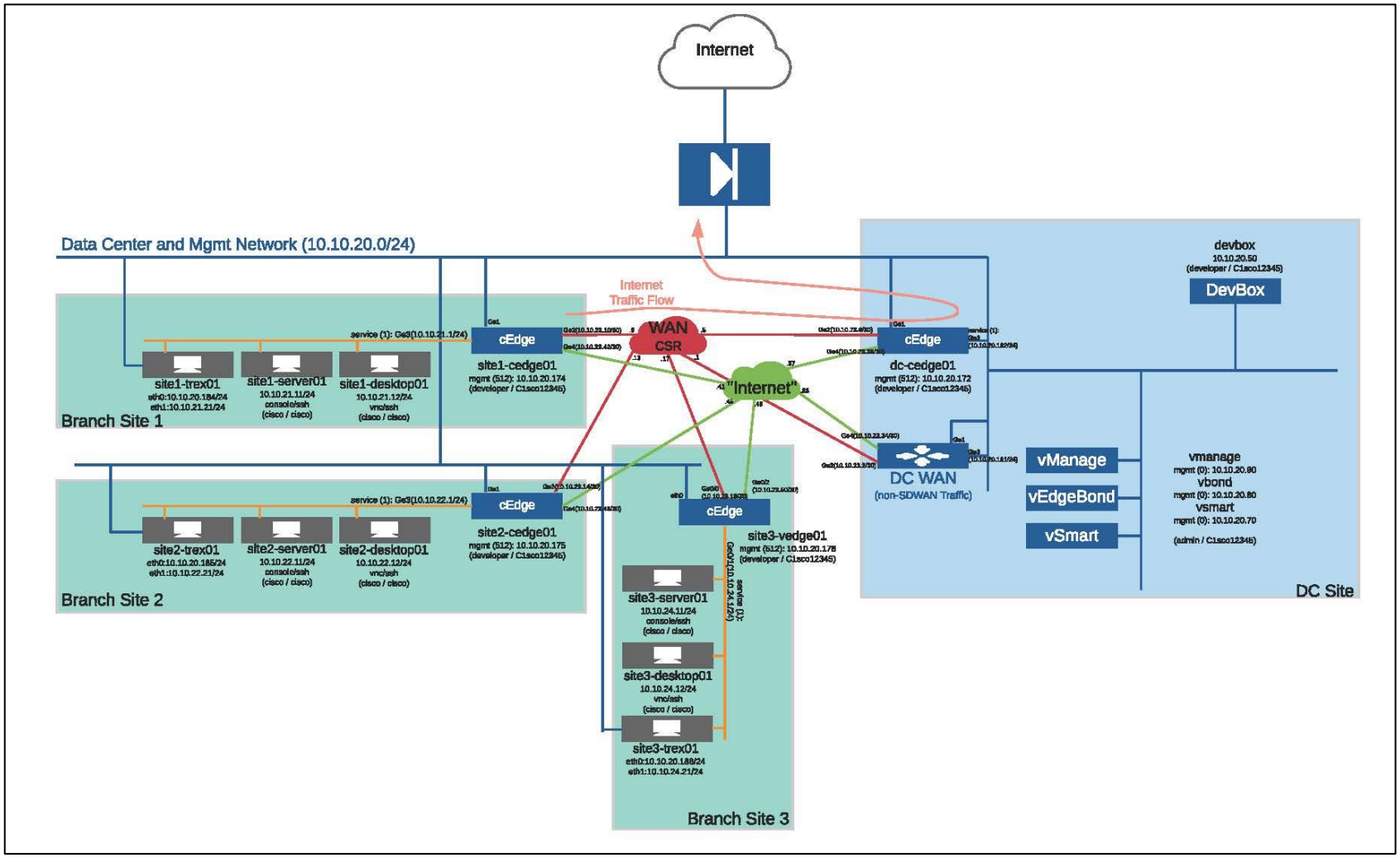
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.3. Diagrama de red.

El emulado de Cisco SD-Wan está preconstruido con plantillas y políticas para los siguientes casos de uso:

- Una topología que incluye 1 enrutador DC/Regional Hub IOS-XE SD-WAN (CSR1000v), 2 enrutadores de sucursal IOS-XE SD-WAN (CSR1000v) con 1 enrutador en cada sucursal y 1 enrutador de sucursal vEdge Cloud. Todos estos enrutadores tienen las plantillas configuradas para 2 circuitos de transporte MPLS e Internet público.
- Control de política activada centralizada hub-n-spoke.

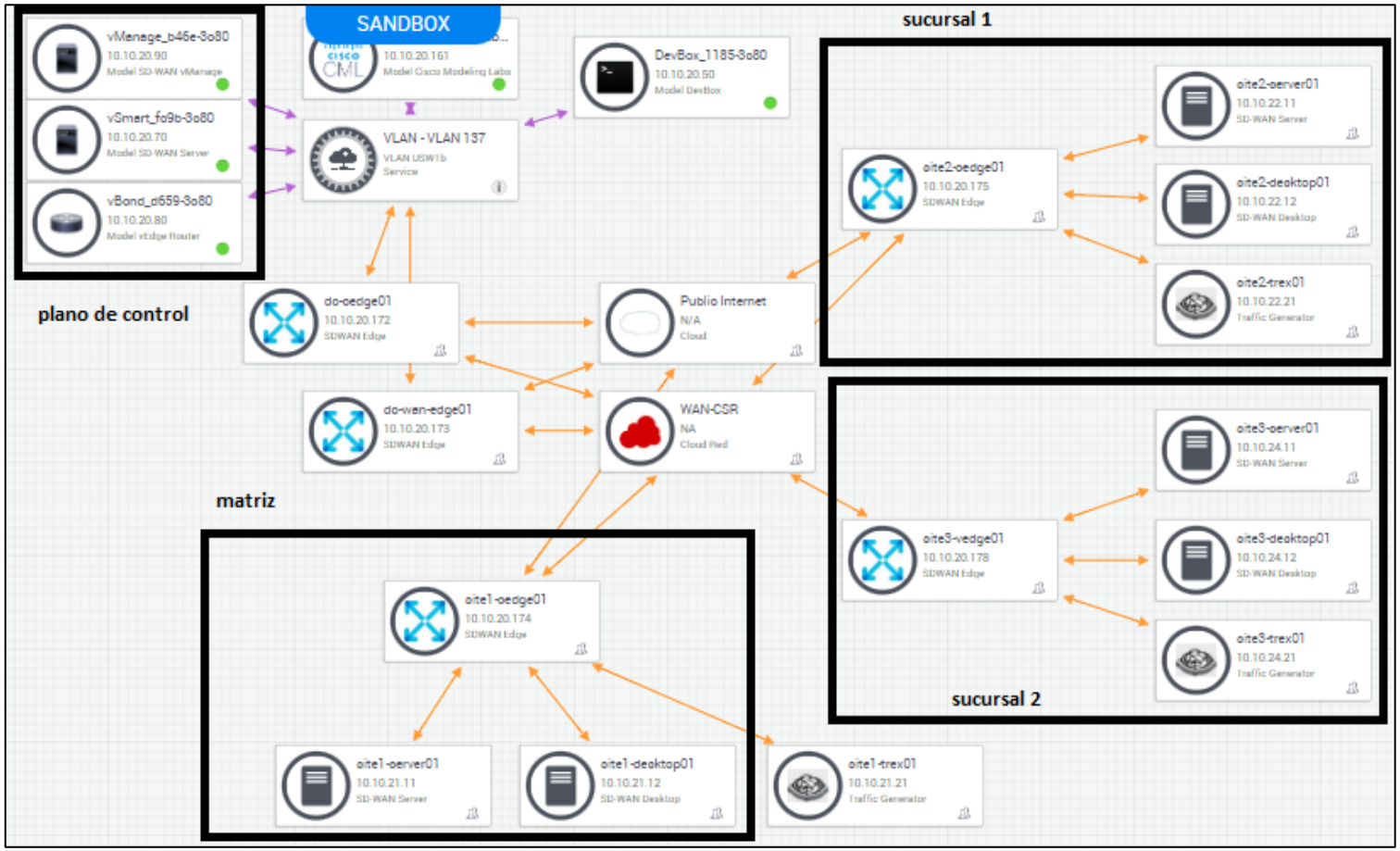
Figura 7 *Topología de Red del ambiente emulado de Sandbox*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.4. Reconocimiento de componentes SD-WAN con Cisco Viptela

Figura 8 *Reconocimiento de componentes SD-WAN con Cisco Viptela*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

Plano de orquestación: conformado por vManage y vBond. El vManage incluye aprovisionamiento, supervisión y resolución de problemas centralizados, es el componente donde se definen las políticas y las plantilla. vBond orquesta tanto el plano de control como el plano de gestión y es el primer punto de autenticación para todos los componentes de la estructura. vBond distribuye la lista de componentes vSmart y vManage a los enrutadores vEdge, es el único componente que necesita una dirección IP pública. Esta dirección puede residir detrás del reenvío de puertos. Al igual que vManage, vBond funciona tanto en entornos de uno como de múltiples inquilinos.

Plano de control: conformado por vSmart. Facilita el descubrimiento de estructuras, difunde información del plano de control entre vEdges, distribuye políticas de plano de datos a enrutadores vEdge e implementa políticas de plano de control.

Plano de datos: conformado por vEdges. Asegura el plano de datos, estableciendo conexiones seguras desde el plano de control (vSmart) con el protocolo de gestión. Admite protocolos de enrutamiento tradicionales (OSPF, BGP) y protocolos de redundancia de primer salto (VRRP).

vManage, vSmart y vBond son virtuales y pueden ejecutarse en entornos de virtualización. Los vEdges pueden ser virtuales, pero los dispositivos de hardware también están disponibles en una amplia gama de configuraciones según la cantidad de puertos y el rendimiento

4.1.5. Direccionamiento de red y credenciales de acceso

Tabla 1 *Direccionamiento de red y credenciales de acceso de los equipos dentro del emulador*

Componente	Dirección IP	Puerto	Método	Usuario	Contraseña
vManage	10.10.20.90	443	HTTPS	admin	C1sco12345
vManage	10.10.20.90	22	SSH	admin	C1sco12345
vBond	10.10.20.80	22	SSH	admin	C1sco12345
vSmart	10.10.20.70	22	SSH	admin	C1sco12345
devbox	10.10.20.50	22	SSH	developer	C1sco12345
dc-cedge01	10.10.20.172	22	SSH	developer	C1sco12345
dc-wan-edge01	10.10.20.173	22	SSH	developer	C1sco12345
site1-cedge01	10.10.20.174	22	SSH	developer	C1sco12345
site2-cedge01	10.10.20.175	22	SSH	developer	C1sco12345
site3-vedge01	10.10.20.178	22	SSH	developer	C1sco12345

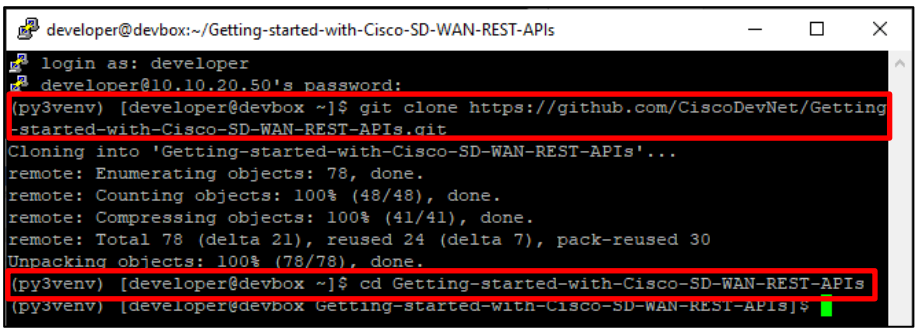
4.1.6. Creación de un clon local del repositorio de GitHub.

Este clon contiene la versión final de la aplicación. Dentro del entorno emulado de Cisco SD-WAN ingresar al servidor 10.10.20.50 a través de SSH y ejecutar los siguientes comandos:

git clone https://github.com/CiscoDevNet/Getting-started-with-Cisco-SD-WAN-REST-APIs.git

cd Getting-started-with-Cisco-SD-WAN-REST-APIs

Figura 9 *Creación de un clon local del repositorio de GitHub*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.7. Configuración de un entorno virtual con Pyton.

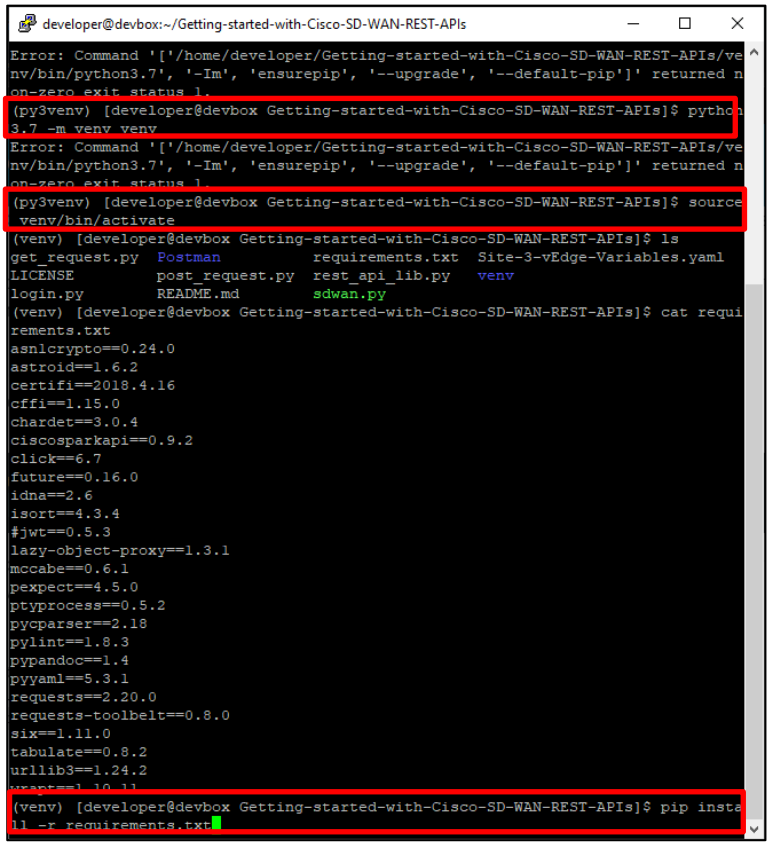
Para esto ejecutar los siguientes comandos:

python3.7 -m venv venv

source venv/bin/activate

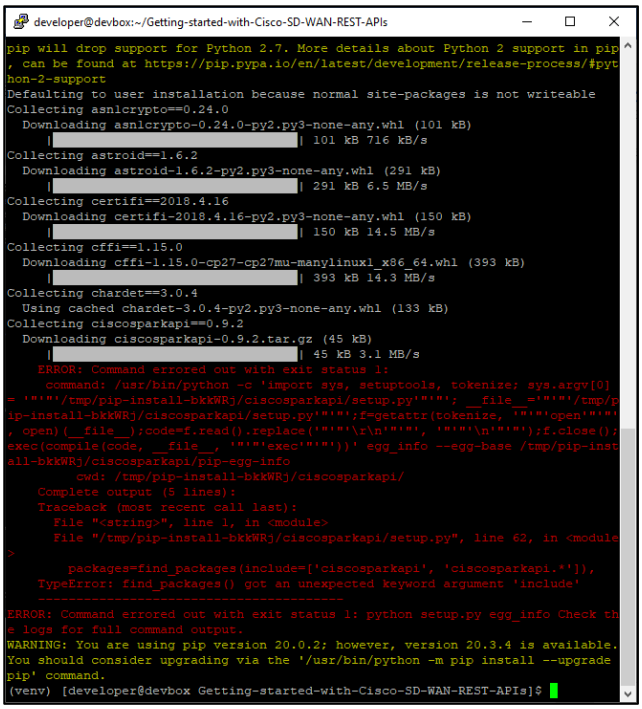
pip install -r requirements.txt

Figura 10 *Configuración de un entorno virtual con Pyton*



Nota: Tomado *de Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

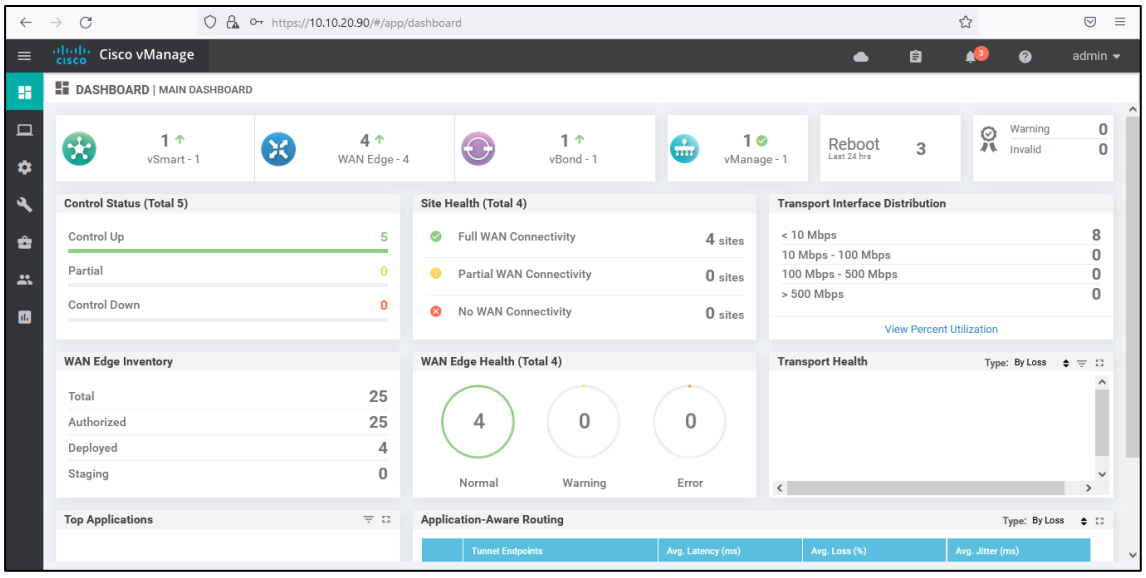
Figura 11 *Instalación de un entorno virtual con Pyton*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.8. Acceso a Cisco vManage: el acceso a Cisco vManage es mediante Web, es una interfaz REST API sobre la cual expone toda su funcionalidad.

Figura 12 *Interfáz Cisco vManage*



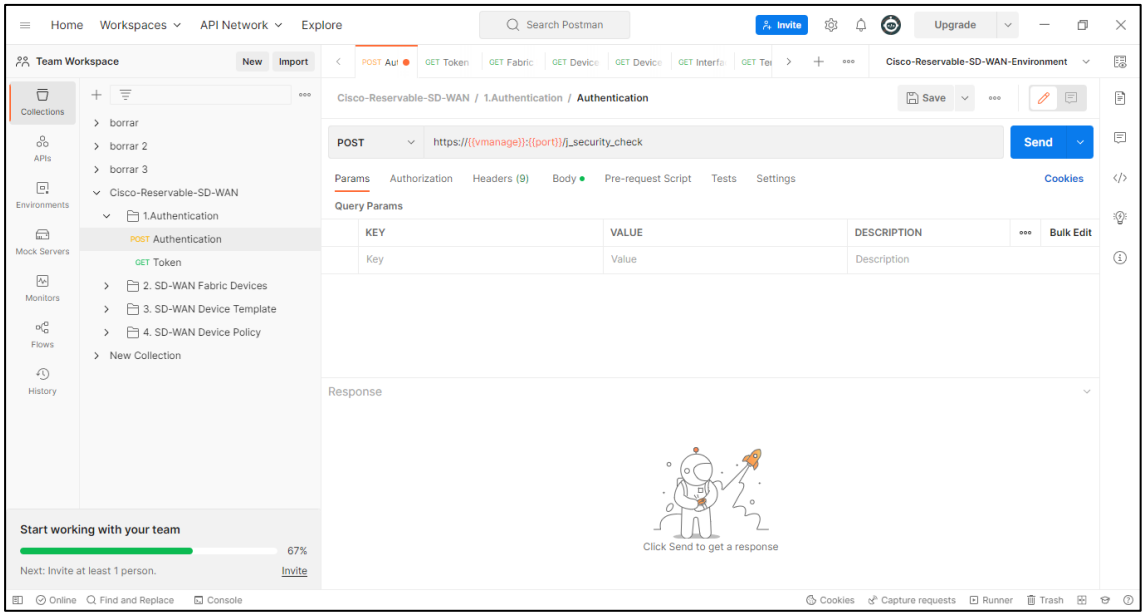
Nota: Tomado *de Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet (https://devnetsandbox.cisco.com/)

4.1.9. Instalación y configuración de Postman.

Postman es una plataforma API para construir y usar API, simplifica cada paso del ciclo de vida de la API y agiliza la colaboración para que pueda crear mejores API, más rápido.

Una vez instalada la plataforma Postman se observa su interfaz como la imagen a continuación:

Figura 13 *Interfaz de plataforma Postman*

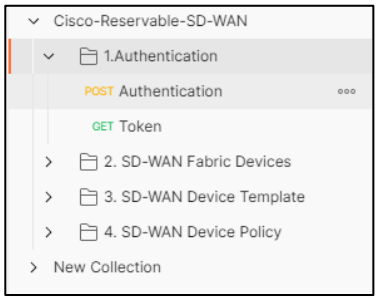


Nota: *Tomado de aplicación Postman, Postman for Windows Version 10.9.3*

4.1.10. Creación de Authentication call

El primer paso para interactuar con una API suele ser la autenticación. La autenticación garantiza que solo los usuarios legítimos tengan acceso a la API. La primera "API call" se llama *Authentication*, y está dentro de la carpeta *Authentication*.

Figura 14 *Authentication call - API call*



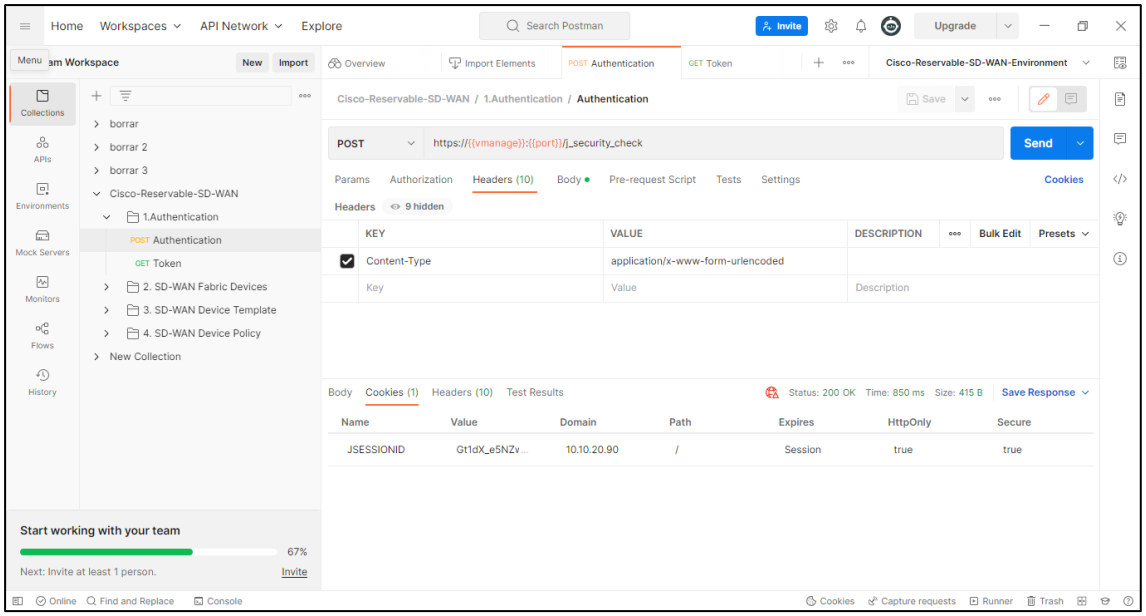
Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

Como se puede observar *Authentication call* es un *POST call.* Para definir el punto final de *Authentication call*, se utiliza la variable de entorno {{vmanage}}. Este valor será reemplazado por 10.10.20.90, el cual está definido en el entorno sandboxs y pertenece a la IP del vManage y por el puerto 8443.

El recurso al que está enviando el *API call* es j_security_check.

Después de reemplazar las variables, el punto final resultante para la autenticación es https://{ip_address}.com/j_security_check.

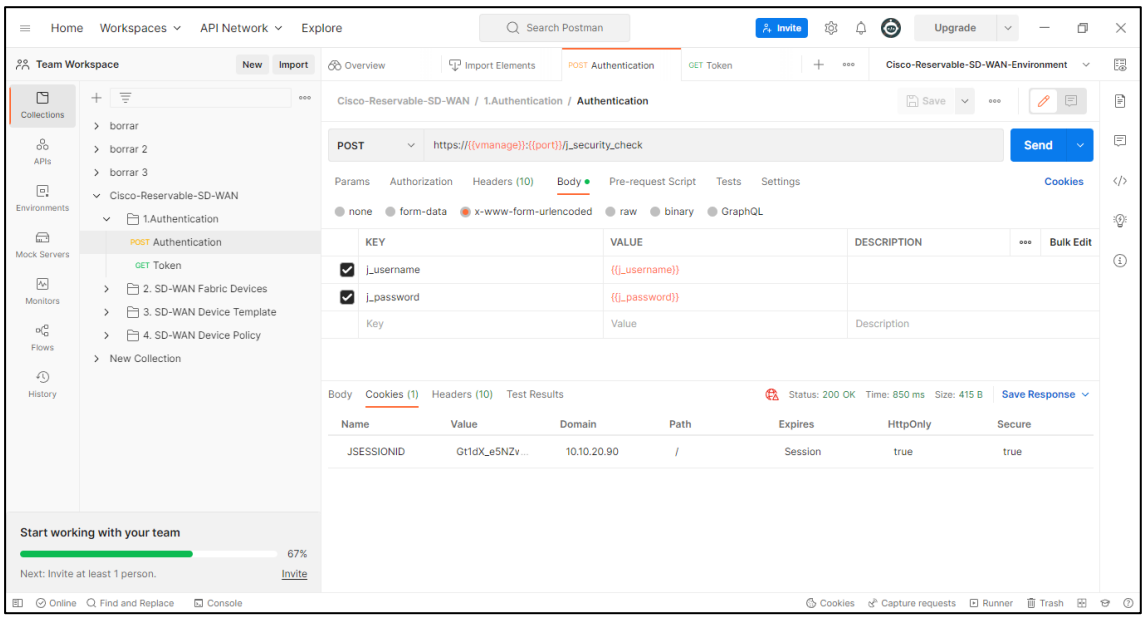
Figura 15 *Authentication call – Headers tab*



Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

Bajo la pestaña de *Header* se define la cabecera *Content-Type*, para Cisco SD-WAN *authentication*, el tipo es *application/x-www-form-urlencoded.*

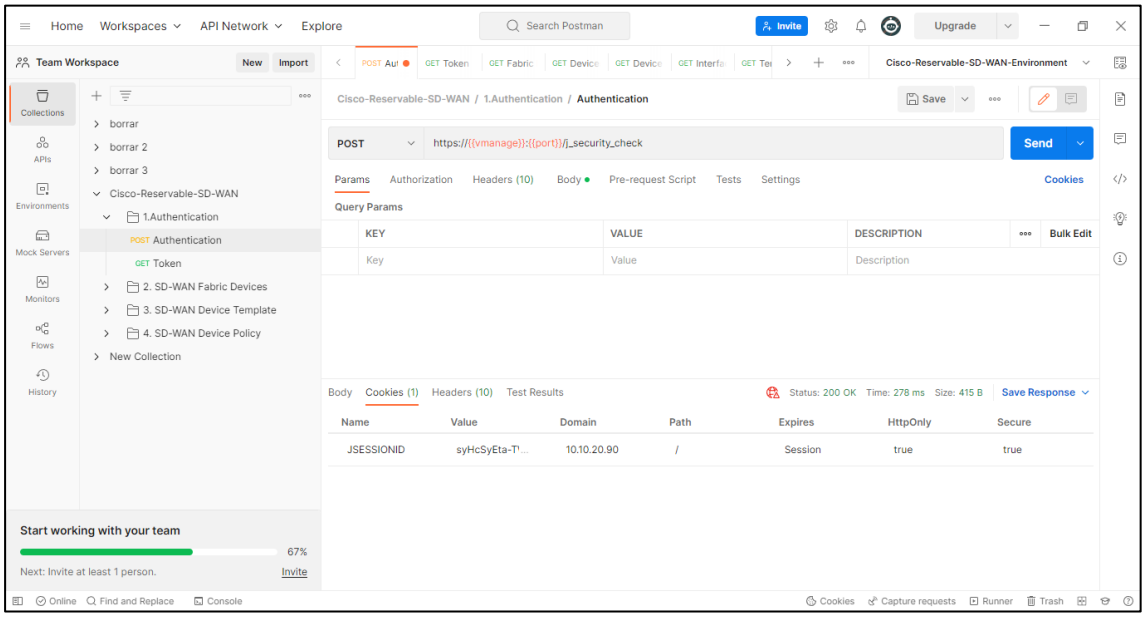
Figura 16 *Authentication call – Body tab*



Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

El usuario y el password están codificados en el cuerpo del URL o en la petición y son enviados como claves en valores pares (j_username aynd j_password).

Figura 17 *Authentication call – Param tab*

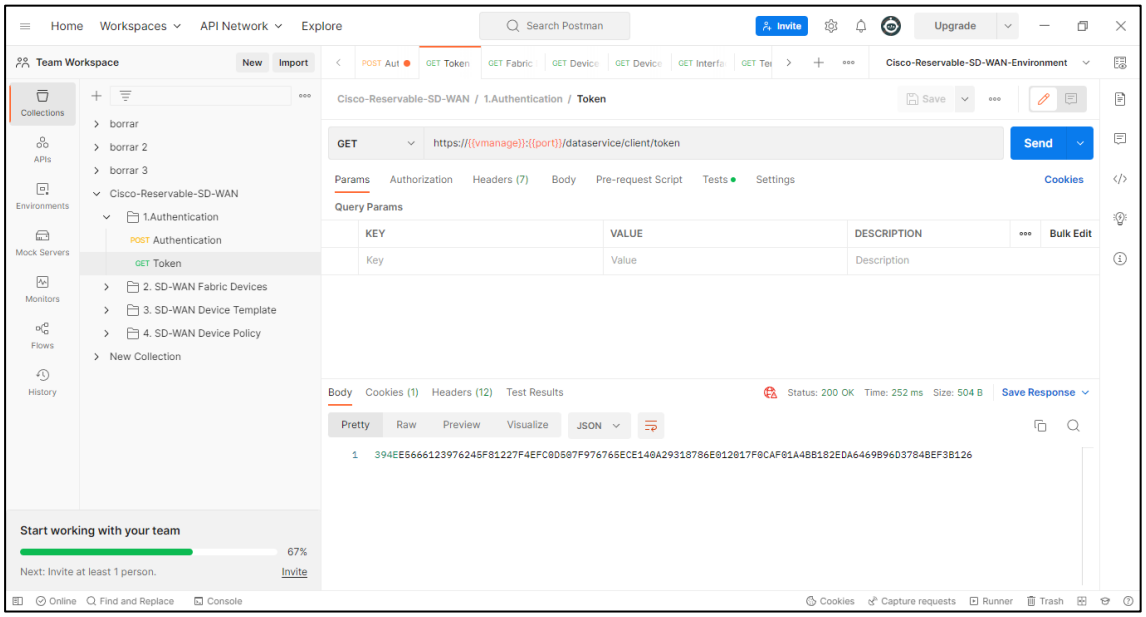


Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

Estos son todos los parámetros que necesita para autenticarse en la instancia de vManage: el endpoint, el método, el Header y el Body.

El estado 200 OK significa que el usuario se autenticó correctamente.

Figura 18 *Token – Param tab*



Nota: Tomado *de aplicación Postman,* Postman for Windows Version 10.9.3

Esta característica agrega protección contra la falsificación de solicitudes entre sitios (Cross-Site Request Forgery - CSRF) que podría ocurrir al usar las API REST de Cisco SD-WAN. El sistema brinda esta protección al requerir un token CSRF con *API Request.*

4.1.11. Creación de APIs call

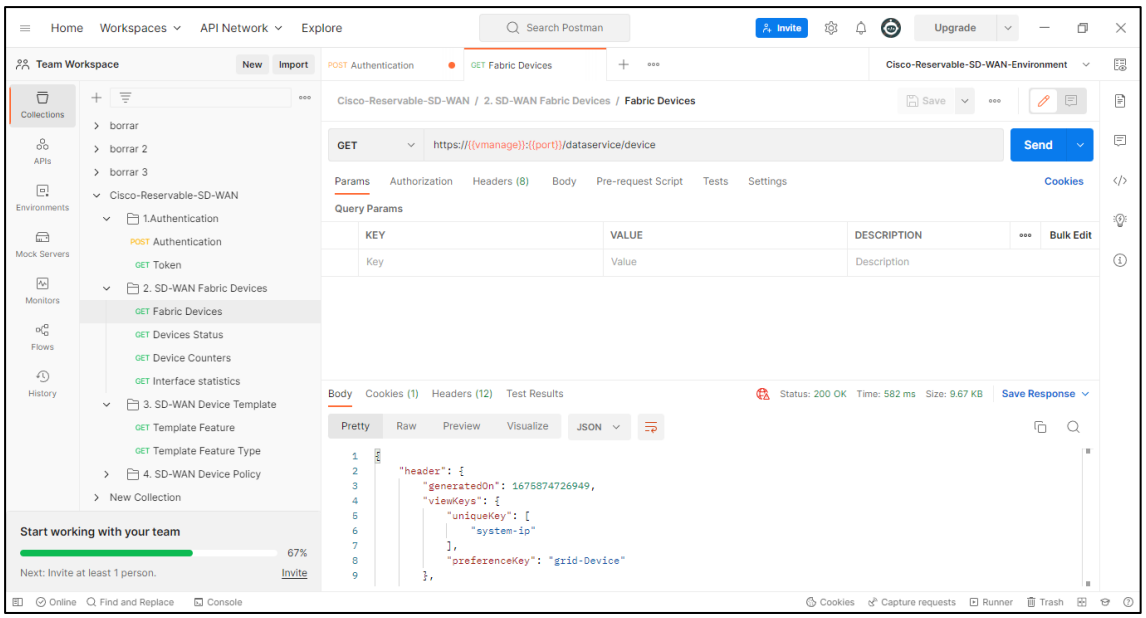
Después de la autenticación y de obtener correctamente la cookie JSESSIONID, se puede obtener cualquier dato de la API REST de Cisco SD-WAN. En la carpeta llamada SD-WAN Fabric Devices que tiene varias llamadas a la API.

Figura 19 *Fabric Device - contiene varias APIs call*

Nota: Tomado *de aplicación Postman,* Postman for Windows Version 10.9.3

Aquí existen algunas de las llamadas API disponibles en el entorno de Cisco sandbox que se pueden usar en Postman para generar código, el mismo que se puede reutilizar en secuencias de comandos de programación de redes y automatización.

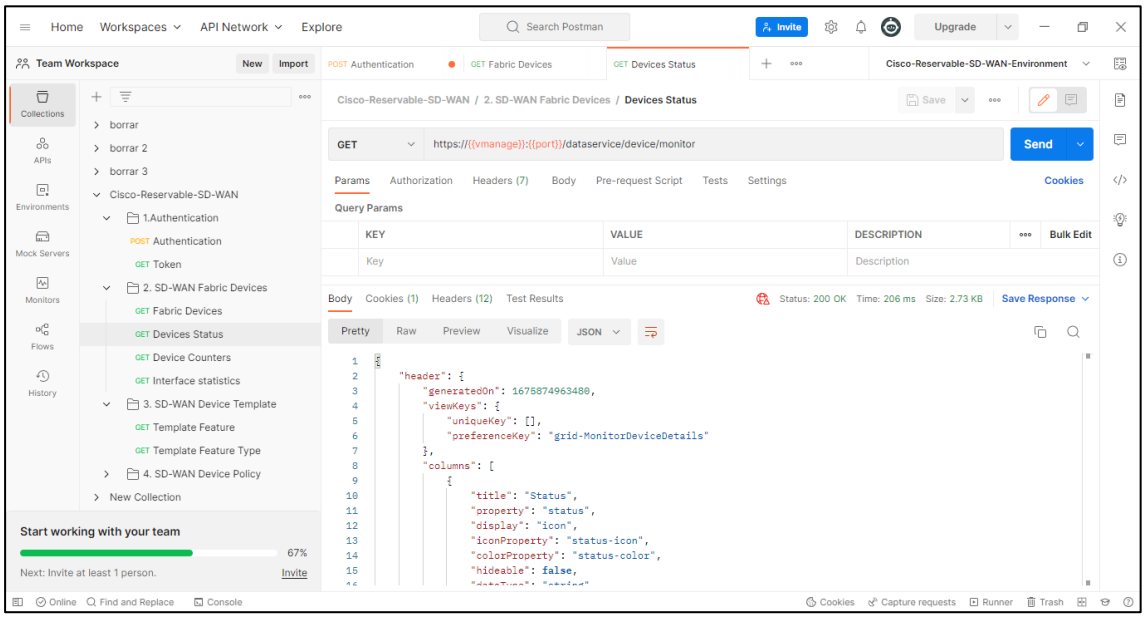
Figura 20 *Fabric Devices - Params tab*



Nota: Tomado *de aplicación Postman,* Postman for Windows Version 10.9.3

La llamada a la API Fabric Devices utiliza el método GET y el punto de enlace /dataservice/device para obtener una lista con formato JSON de todos los dispositivos que forman parte de la estructura SD-WAN.

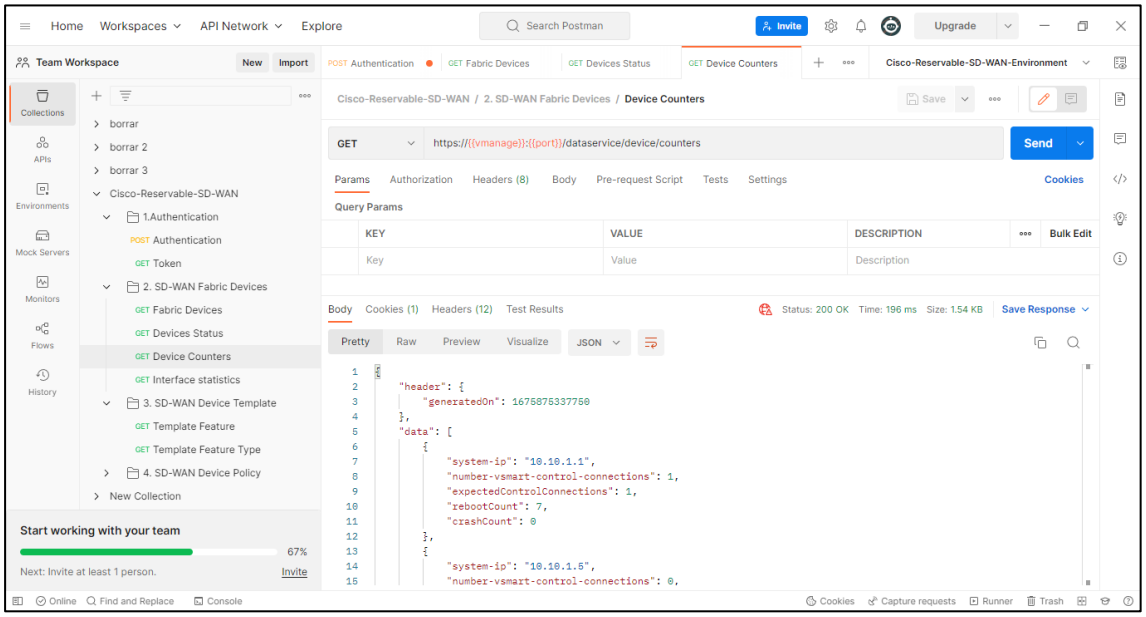
Figura 21 *Devices Status - Params tab*



Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

La API Device Status usa el método GET en el extremo /dataservice/device/monitor para obtener información específica sobre el estado de todos los dispositivos en la estructura.

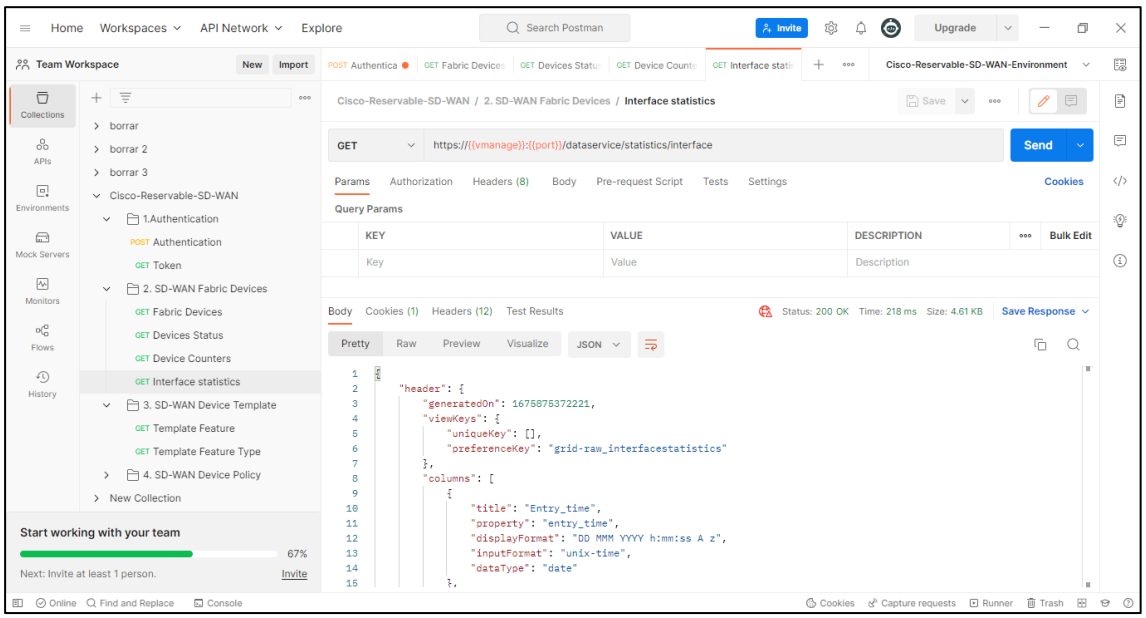
Figura 22 *Device Counters - Params tab*



Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

La API Device Counters usa el método GET en el extremo /dataservice/device/counters para obtener información específica sobre la cantidad de dispositivos en la estructura.

Figura 23 *Interface statistics - Params tab*



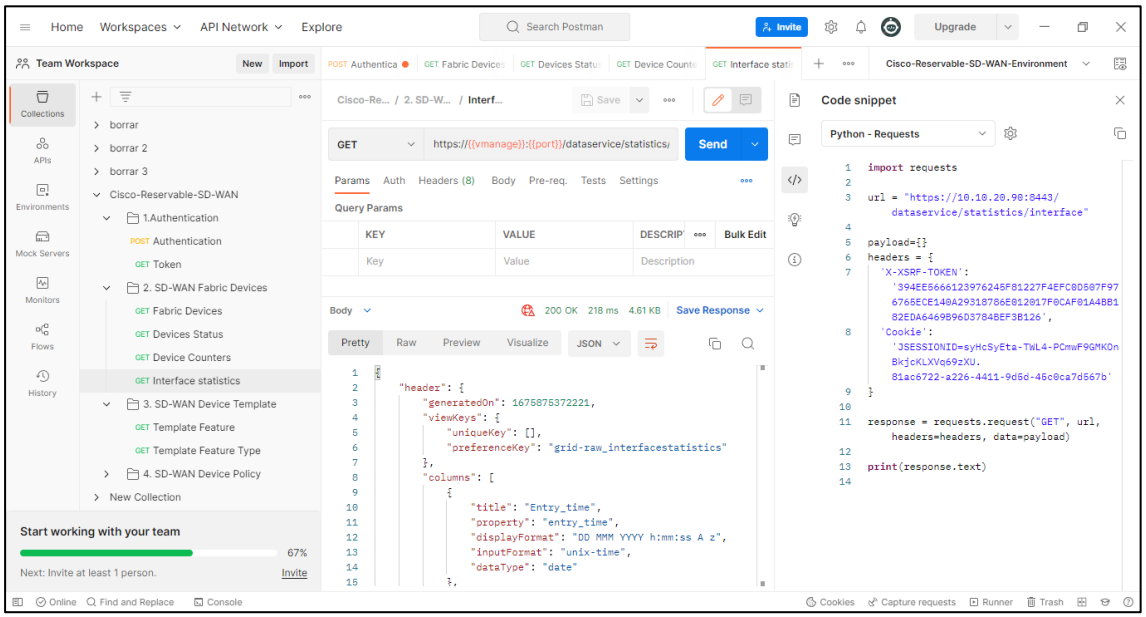
Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

La API Interface Statistics usa el método GET en el extremo /dataservice/statistics/interface para obtener información específica sobre las interfaces de los dispositivos en la estructura.

4.1.12. Generar código con Postman

Después de interactuar con la extracción de datos mediante Postman, es posible realizar la generación de código. Una vez que crea el *API call*, se puede generar código en varios lenguajes de programación que recrean la misma *API call*.

Figura 24 *Generación de código de un API call*



Nota: Tomado de aplicación *Postman*, Postman for Windows Version 10.9.3

Se puede seleccionar entre varios lenguajes de programación, incluidos Python, Ruby, Go, C#, C, NodeJS, JavaScript y PHP.

Si se selecciona Python como lenguaje de programación, la *API call Interface Statistics* se reproducirá en Python utilizando la biblioteca de solicitudes.

CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA PROPUESTA

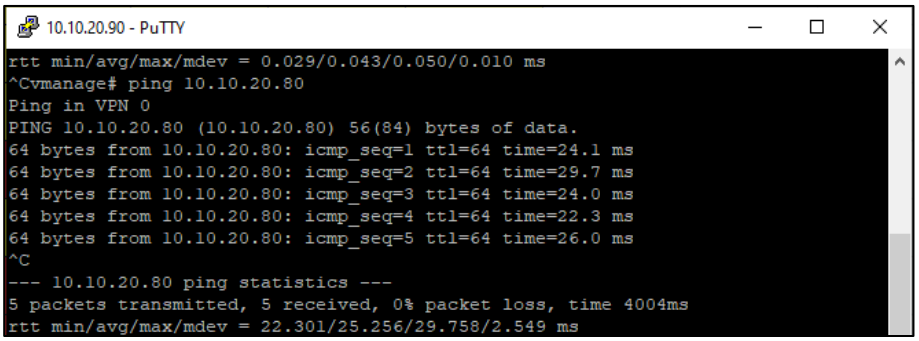
5.1 Resultados de conectividad PING entre dispositivos

Tabla 2 *Resultados de conectividad entre los dispositivos que integran la infraestructura en el entorno emulado de Cisco DevNet*

Equipo origen / Equipo destino	vManage 10.10.20.90	vBond 10.10.20.80	vSmart 10.10.20.70	dc-cedge01 10.10.20.172	dc-wan-edge01 10.10.20.173	site1-cedge01 10.10.20.174	site2-cedge01 10.10.20.175	site3-vedge01 10.10.20.178
vManage 10.10.20.90	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
vBond 10.10.20.80	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
vSmart 10.10.20.70	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
dc-cedge01 10.10.20.172	ok	ok	ok	X	X	X	X	X
dc-wan-edge01 10.10.20.173	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
site1-cedge01 10.10.20.174	ok	ok	ok	X	X	X	X	X
site2-cedge01 10.10.20.175	ok	ok	ok	X	X	X	X	X
site3-vedge01 10.10.20.178	ok	ok	ok	X	X	X	X	X

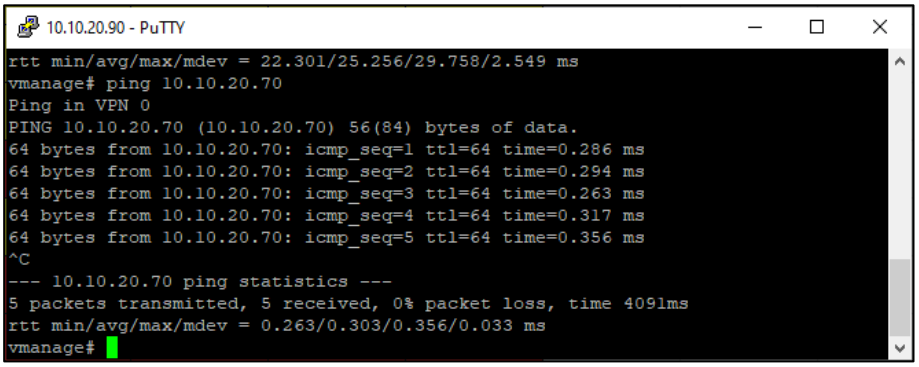
5.1.1 Equipo origen vManage

Figura 25 *Ping desde vManage hacia vBond*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

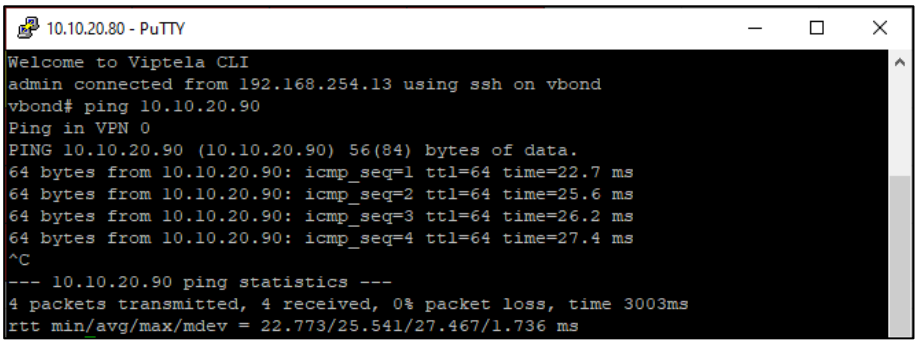
Figura 26 *Ping desde vManage hacia vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

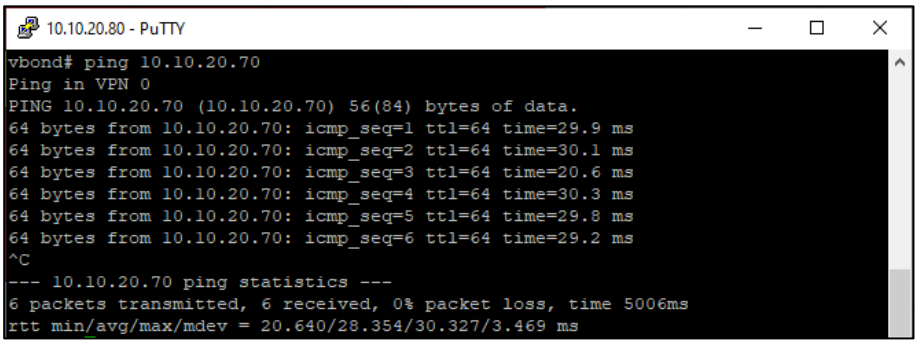
5.1.2 Equipo origen vBond

Figura 27 *Ping desde vBond hacia vManage*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

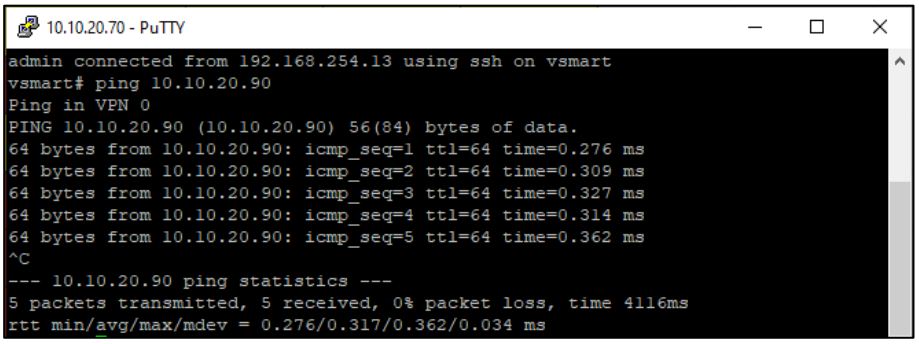
Figura 28 *Ping desde vBond hacia vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

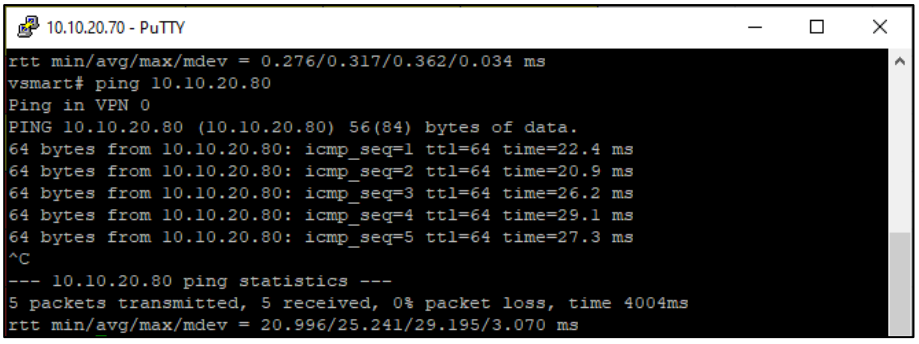
5.1.3 Equipo origen vSmart

Figura 29 *Ping desde vSmart hacia vManage*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

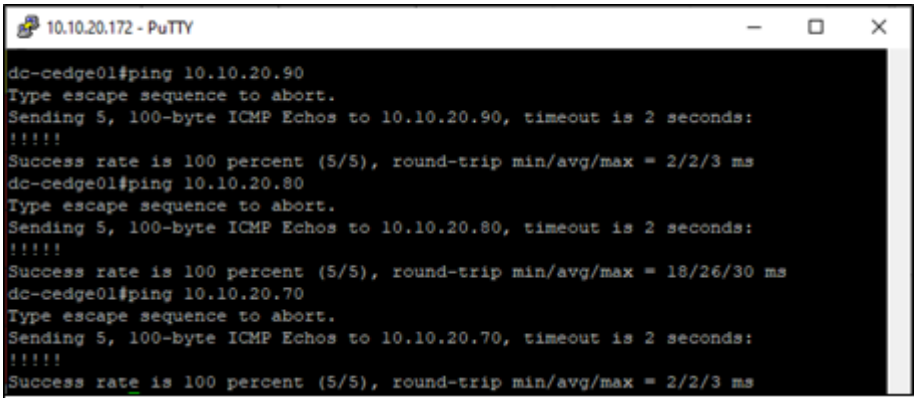
Figura 30 *Ping desde vSmart hacia vBond*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5.1.4 Equipo origen dc-cedge01

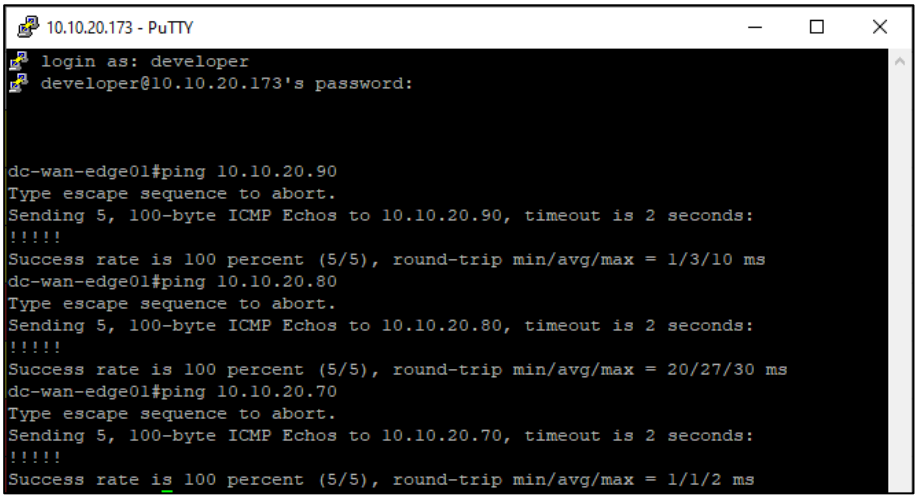
Figura 31 *Ping desde dc-cedge01 hacia vManage, vBond, vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5.1.5 Equipo origen dc-wan-edge01

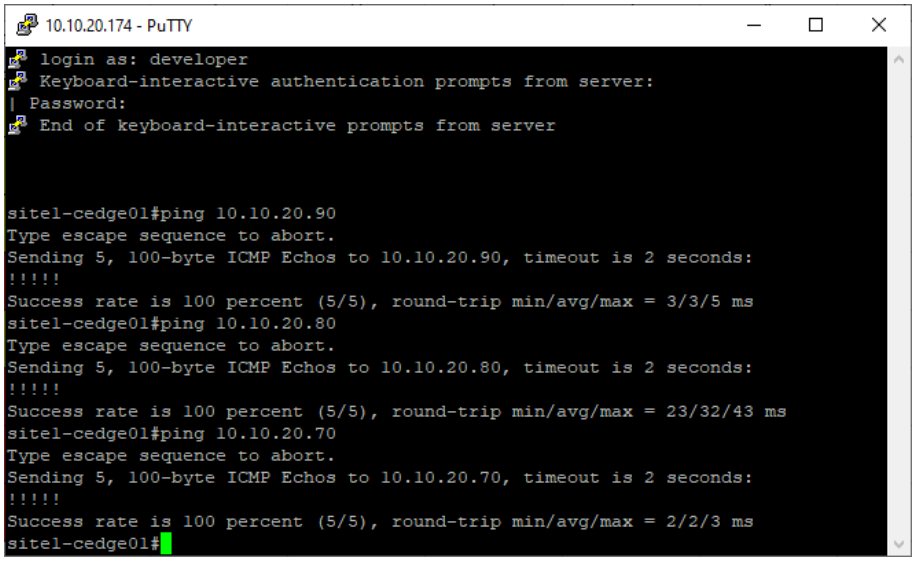
Figura 32 *Ping desde dc-wan-edge01 hacia vManage, vBond, vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5.1.6 Equipo origen site1-cedge01

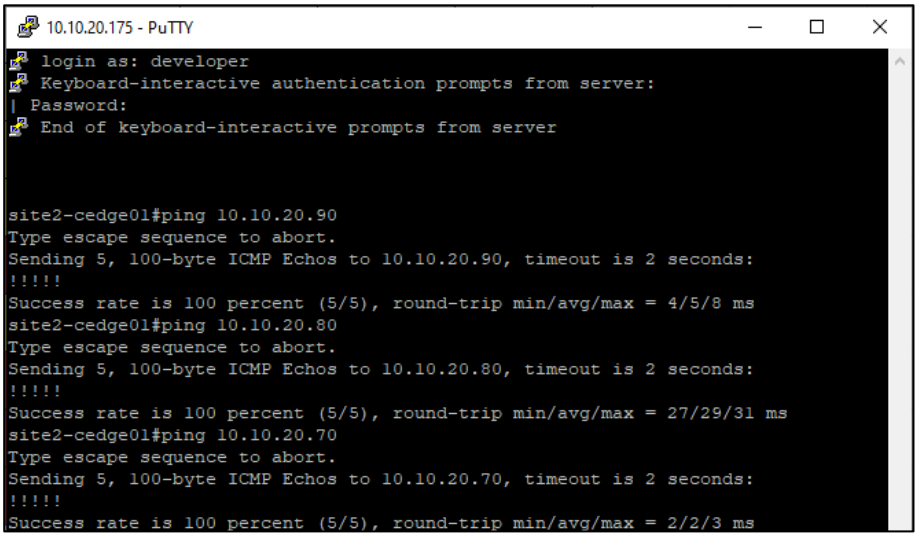
Figura 33 *Ping desde site1-cedge01 hacia vManage, vBond, vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5.1.7 Equipo origen site2-cedge01

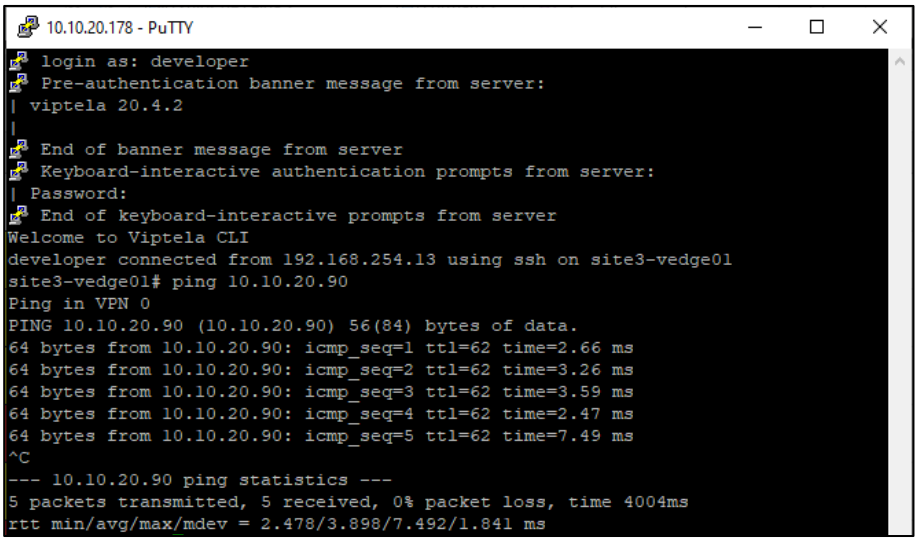
Figura 34 *Ping desde site2-cedge01 hacia vManage, vBond, vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

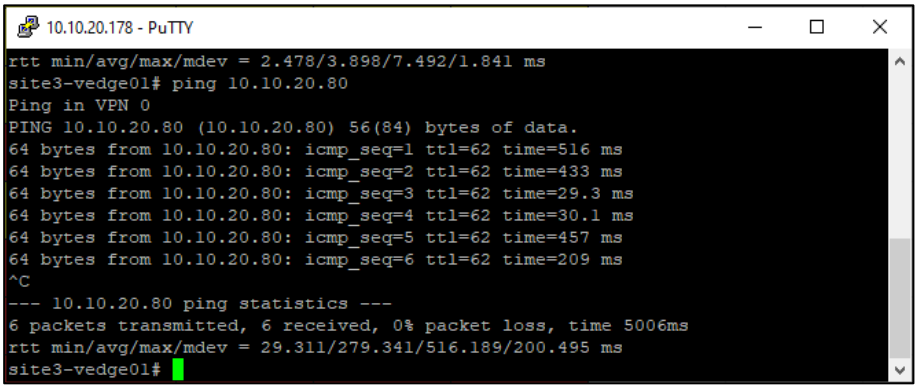
5.1.8 Equipo de origen site3-vedge01

Figura 35 *Ping desde site3-vedge01 hacia vManage*



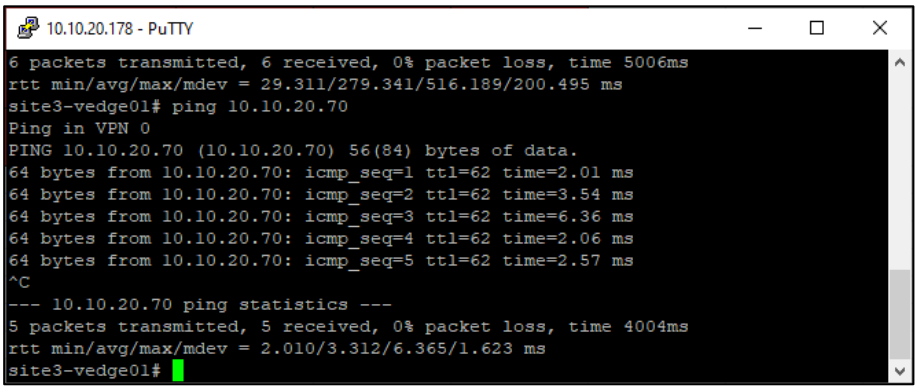
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 36 *Ping desde site3-vedge01 hacia vBond*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 37 *Ping desde site3-vedge01 hacia vSmart*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5.2 Código generado en Python

En este laboratorio, interactúa con la API REST de Cisco SD-WAN desde la perspectiva de un tercero, utilizando Postman, comienza con la autenticación y luego usa una GET call para obtener información sobre los dispositivos que forman parte de la estructura de Sandbox de SD-WAN de DevNet.

5.2.1. Código Python de API call Authentication

```
import requests

url = "https://10.10.20.90:8443/j_security_check"

payload='j_username=admin&j_password=C1sco12345'
headers = {
  'Content-Type': 'application/x-www-form-urlencoded',
  'Cookie': 'JSESSIONID=syHcSyEta-TWL4-
PCmwF9GMKOnBkjcKLXVq69zXU.81ac6722-a226-4411-9d5d-45c0ca7d567b'
}

response = requests.request("POST", url, headers=headers,
data=payload)

print(response.text)
```

5.2.2. Código Python de API call Fabric Device

```
import requests

url = "https://10.10.20.90:8443/dataservice/device"

payload={}
headers = {
  'X-XSRF-TOKEN':
'394EE5666123976245F81227F4EFC0D507F976765ECE140A29318786E012017F0C
AF01A4BB182EDA6469B96D3784BEF3B126',
  'Cookie': 'JSESSIONID=syHcSyEta-TWL4-
PCmwF9GMKOnBkjcKLXVq69zXU.81ac6722-a226-4411-9d5d-45c0ca7d567b'
}

response = requests.request("GET", url, headers=headers,
data=payload)

print(response.text)
```

5.2.3. Código Python de API call Device Status

```
import requests

url = "https://10.10.20.90:8443/dataservice/device/monitor"

payload={}
headers = {
  'Cookie': 'JSESSIONID=syHcSyEta-TWL4-
PCmwF9GMKOnBkjcKLXVq69zXU.81ac6722-a226-4411-9d5d-45c0ca7d567b'
}

response = requests.request("GET", url, headers=headers,
data=payload)

print(response.text)
```

5.2.4. Código Python de API call Device Counters

```
import requests

url = "https://10.10.20.90:8443/dataservice/device/counters"

payload={}
headers = {
  'X-XSRF-TOKEN':
'394EE5666123976245F81227F4EFC0D507F976765ECE140A29318786E012017F0C
AF01A4BB182EDA6469B96D3784BEF3B126',
  'Cookie': 'JSESSIONID=syHcSyEta-TWL4-
PCmwF9GMKOnBkjcKLXVq69zXU.81ac6722-a226-4411-9d5d-45c0ca7d567b'
}

response = requests.request("GET", url, headers=headers,
data=payload)

print(response.text)
```

5.2.5. Código Python de API call Interface statistics

```
import requests

url = "https://10.10.20.90:8443/dataservice/statistics/interface"

payload={}
headers = {
  'X-XSRF-TOKEN':
'394EE5666123976245F81227F4EFC0D507F976765ECE140A29318786E012017F0C
AF01A4BB182EDA6469B96D3784BEF3B126',
  'Cookie': 'JSESSIONID=syHcSyEta-TWL4-
PCmwF9GMKOnBkjcKLXVq69zXU.81ac6722-a226-4411-9d5d-45c0ca7d567b'
}

response = requests.request("GET", url, headers=headers,
data=payload)

print(response.text)
```

5.3 Telemetría como estudio a futuro

Se puede realizar telemetría de la información obtenida para crear una aplicación CLI basada en Python que use la API REST de vManage personalizada que pueda obtener los datos sobre dispositivos en la estructura, plantillas de configuración y qué dispositivos están asociados con qué plantillas, analizar los datos y extraer información pertinente para mostrársela al usuario.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo del presente trabajo de titulación se ha podido detallar de una manera personalizada los conceptos de SD-WAN, los componentes que tiene la arquitectura del entorno emulado de Cisco DevNet los cuales se encuentran conformados con el plano de administración, el plano de control, el plano de datos, el plano de orquestación y el equipo con sistema Operativo Linux DevBox, en el cual se realizó la se desarrolla la base tecnológica para la instalación de GITHUB y el lenguaje de programación Python; describiendo paso a paso la forma de interactuar en éste entorno de emulación para llegar al objetivo de esta investigación.
- Los beneficios que brinda el entorno de emulación, en este caso de Cisco DevNet, se centran en las facilidades que los usuarios de TI tienen para realizar pruebas previas a una implementación, y definiendo con claridad el alcance de cualquier proyecto, o para conocer el funcionamiento y configuración de nuevas tecnologías. Siendo importante para el desarrollo de mejores soluciones, promoviendo un ahorro significativo en los recursos empresariales, por lo cual, esto ha quedado desarrollado en este trabajo de titulación, para que los profesionales de la rama de telecomunicaciones y tecnologías de la información tomen como base las premisas señaladas que apalancan la innovación en los ecosistemas digitales.
- Como se evidencia en el desarrollo de este trabajo de titulación, las pruebas de conectividad realizadas entre los equipos fueron exitosas, posteriormente a esto, se interactuó con la interfaz REST API que proporciona el vManage de Cisco Viptela, utilizando Postman, una de las aplicaciones más populares de clientes REST API; se usaron llamadas GET para obtener información sobre los dispositivos que forman parte de la estructura del entorno emulado de Cisco DevNet; en las pruebas de concepto

realizadas se demostró la factibilidad del uso de APIs tipo REST obteniendo el código Python de cada llamada GET. La funcionalidad más importante de las interfaces de programación de aplicaciones es la comunicación con otros servicios, la cual permite simplificar el desarrollo de las aplicaciones, el diseño, la administración y gestión otorgando oportunidades de innovación.

- En este proyecto de titulación se han desarrollado los conceptos de una REST API, su arquitectura de desarrollo web permite que una API se apoye totalmente en el estándar HTTP dentro del contexto de redes de nueva generación. Se obtuvieron las APIs más relevantes (Autenticación, información de fábrica, estado los dispositivos y las estadísticas de las interfaces) de las que el vManage intercambia datos, en este caso el formato de intercambio de datos es en lenguaje Python; el uso de estas APIs permitirá la gestión y administración de las redes SD-WAN, con el fin de optimizar los recursos para las empresas que se proyecten en la mejora de los procesos alineados a la transformación digital.
- Una de las limitaciones de este trabajo de titulación es el desarrollo en el entorno de emulación de un solo fabricante, "Cisco DevNet", dejando de lado el análisis comparativo del mismo desarrollo para otros fabricantes, brindando oportunidades de mejora al alcance de este trabajo de titulación.
- El tipo de investigación utilizado en este proyecto de titulación fue cualitativo, esta metodología centrada en sujetos, entiéndase "sujeto", al entorno de emulación provisto por Cisco DevNet el cual contiene una arquitectura SD-WAN con Cisco Viptela entre la matriz de una empresa con sus sucursales, con la aplicación de esta metodología basada en indagación inductiva se validó el funcionamiento de la red SD-WAN, sus componentes y los beneficios que otorga, reducción de costos operacionales, mejorando los tiempos de respuesta ante fallos manteniendo una visibilidad global de las redes de

comunicaciones en una empresa y potenciándolo aún más con la utilización de APIs, siendo este planteamiento un camino válido para la transformación digital.

- La manipulación de APIs, en la actualidad, es sin duda uno de los mejores recursos que las organizaciones deben desarrollar para alcanzar la trasformación digital tan anhelada, donde existe todavía mucho camino por recorrer, puesto que hoy permiten delinear el entorno cambiante de los requerimientos de los clientes, cambios de la industria o simplemente la variabilidad de las condiciones económicas de los mercados, por lo que se considera una herramienta con mucha potencialidad.
- En esencia, el uso de entornos de emulación, la personalización de la información que puede ser plasmada con el manejo de APIs, particularmente aplicados en ecosistemas de redes definidas por software, brinda a las organizaciones nuevas capacidades de comunicación a menores costos operacionales manteniendo una visibilidad integral de todos los componentes que hacen posible operar de manera centralizada las organizaciones que por su naturaleza deben estar distantes geográficamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda disponer de tiempo para hacer uso del entorno de emulación de Cisco DevNet, ya que la reserva de este sitio únicamente nos permite acceder por 4 horas, pasado este tiempo es necesario volver a reservar y e iniciar la configuración desde cero.
- Una de las alternativas más sencillas para conocer sobre el funcionamiento, componentes de la infraestructura de SD-WAN y explotar todas las funcionalidades que ofrecen las APIs del vManage es la utilización del ambiente de emulación de Cisco DevNet, pero puede ser ampliada en entornos de emulación como DevOps, con el fin de identificar ventajas y desventajas entre diferentes arquitecturas de emulación.
- Se recomienda ampliar el uso de las APIs y promover su explotación para futuros trabajos de investigación, ya que no solo se pueden obtener de los equipos de comunicación para personalizar entornos de administración y monitoreo, sino de un sinfín de aplicaciones, de los cuales permitirá el mejoramiento de la experiencia de usuario.
- Con los resultados analizados en este proyecto de titulación, las empresas podrían monetizar servicios a través de APIs, dando valor agregado a plataformas existentes y con la posibilidad de aplicar mecanismos personalizados de seguridad y monitoreo, enfocándose hacia la transformación digital.
- Se recomienda orientar a los estudiantes, docentes, y a la comunidad estudiantil en general a enfocar esfuerzos para el desarrollo sostenido de este recurso prácticamente ilimitado, ya que se pueden emplear APIs en plataformas digitales de prácticamente todas las verticales de negocio, acelerando así la innovación digital y contribuyendo al mejoramiento continuo. Cuando se tiene en cuenta esto, la tecnología se acoplará al

modelo de negocio de la empresa a medida que este cambie o se transforme.

- Se recomienda la implementación de tecnologías SD-WAN no solo para arquitecturas de empresas tipo matriz y sucursal (como se ha desarrollado en el entorno de emulación), sino para otro ámbito de aplicaciones como la interconexión optimizada para entornos de nube híbrida, pública o privada, permitiendo la evolución de las arquitecturas en redes empresariales.

REFERENCIAS

Fruehe, J. (2019). *How SD-WAN architectures improve network flexibility and efficiency*. https://www.techtarget.com/

Sturt, R. (2021). *The role of automation in SD-WAN*. https://www.techtarget.com/

Oswal, A. (2017). *SD-WAN: A Vehicle for the Future of Networking*. https://blogs.cisco.com/

Narayanan, S. (2020). *From the enterprise to the IoT edge, we have you covered with SD-WAN*. https://blogs.cisco.com/

Salazar, G. (2021). *Hybrid Networking SDN y SD-WAN: Interoperabilidad de arquitecturas de redes tradicionales y redes definidas por software en la era de la digitalización*. Universidad Nacional de La Plata

Rosencrance, L. (2022). *Software-defined networking (SDN).* https://www.techtarget.com/

Irei, A. (2021). *SD-WAN (software-defined WAN).* https://www.techtarget.com/

Gittlen, S. (2021). *SD-WAN explained: Ultimate guide to SD-WAN architecture.* https://www.techtarget.com/

Oswal, A. (2019). *Rapid Evolution of Cisco SD-WAN is a Revolution for Enterprises with a Cloud-First Strategy*. https://blogs.cisco.com/

Salazar-Chacón, G. D., & Marrone, L. (2020, November). OpenSDN Southbound Traffic Characterization: Proof-of-Concept Virtualized SDN-Infrastructure. In 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON) (pp. 0282-0287). IEEE.

Salazar-Chacón, G. D., & García, A. R. R. (2021, April). Segment-Routing Analysis: Proof-of-Concept Emulation in IPv4 and IPv6 Service Provider Infrastructures. In 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS) (pp. 1-7). IEEE.

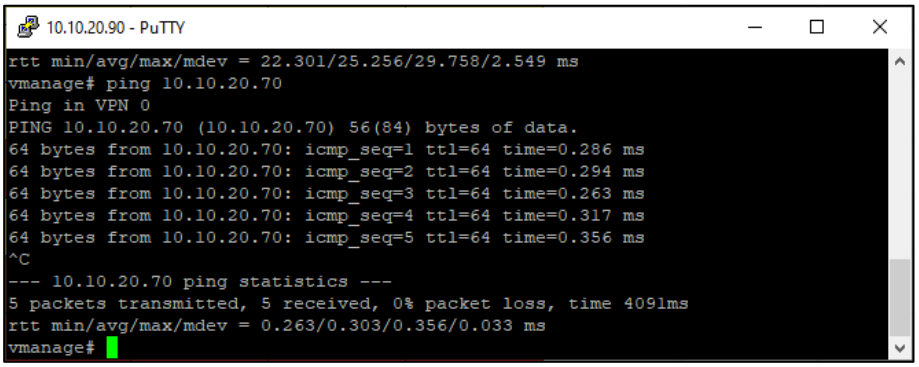
Ch, G. D. S., Naranjo, E. F., & Marrone, L. (2018, November). SDN-Ready WAN networks: Segment Routing in MPLS-Based Environments. In 2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON) (pp. 173-178). IEEE.

Salazar-Chacón, G., Naranjo, E., & Marrone, L. (2020). Open networking programmability for VXLAN Data Centre infrastructures: Ansible and Cumulus Linux feasibility study. Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, (E32), 469-482.

ANEXOS

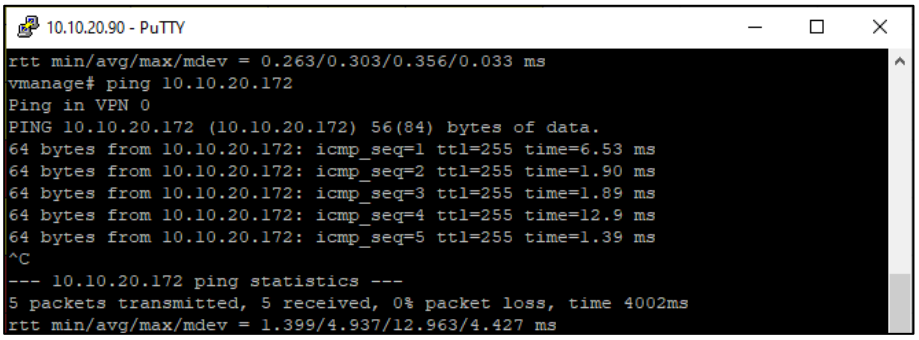
1. Respuesta de conectividad, equipo origen vManage

Figura 38 *Ping desde vManage hacia vSmart*



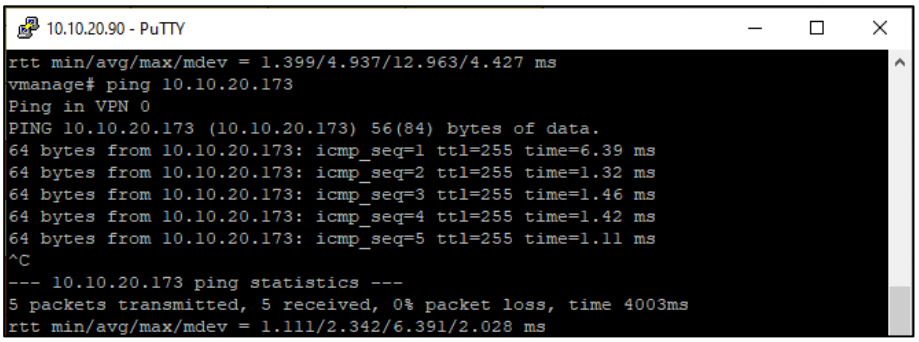
Nota: *Tomado de Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs, Cisco DevNet*

Figura 39 *Ping desde vManage hacia dc-cedge01*



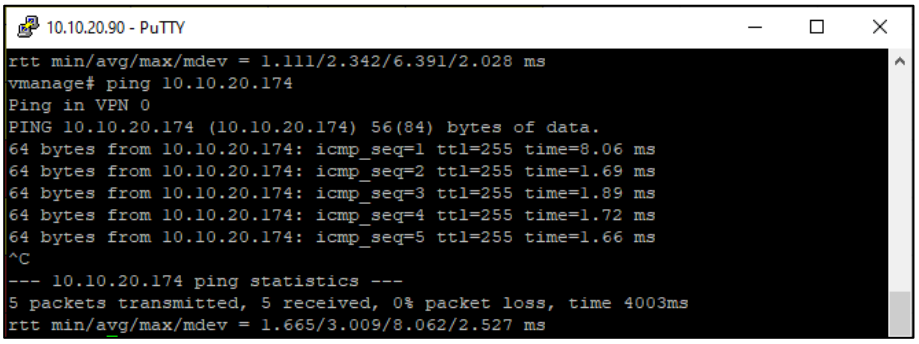
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 40 *Ping desde vManage hacia dc-wan-edge01*



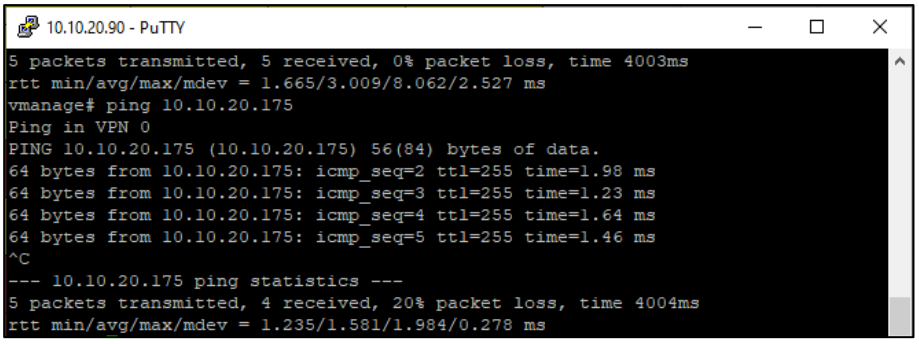
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 41 *Ping desde vManage hacia Site1-cedge01*



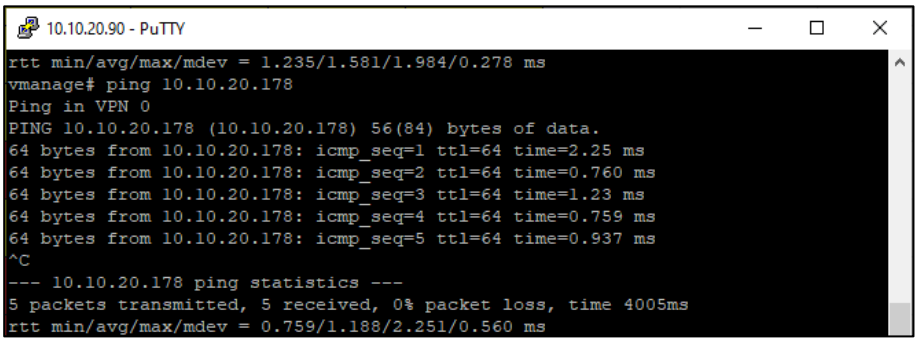
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 42 *Ping desde vManage hacia Site2-cedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

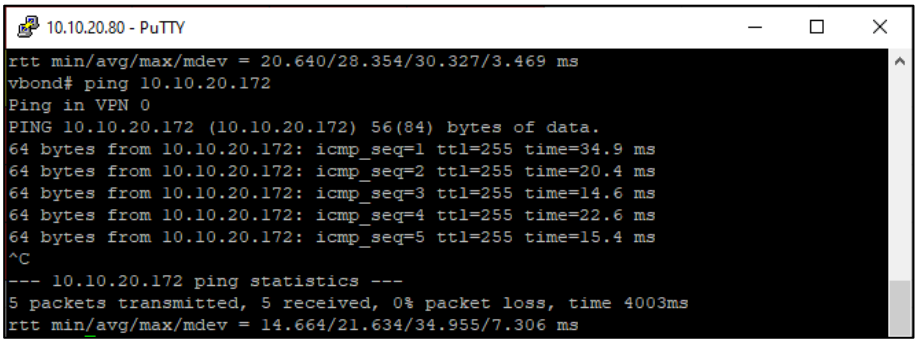
Figura 43 *Ping desde vManage hacia Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

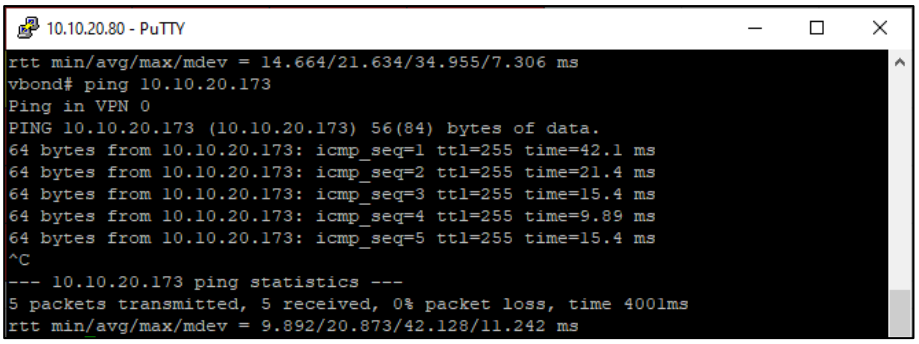
2. Respuesta de conectividad, equipo origen vBond

Figura 44 *Ping desde vBond hacia dc-cedge01*



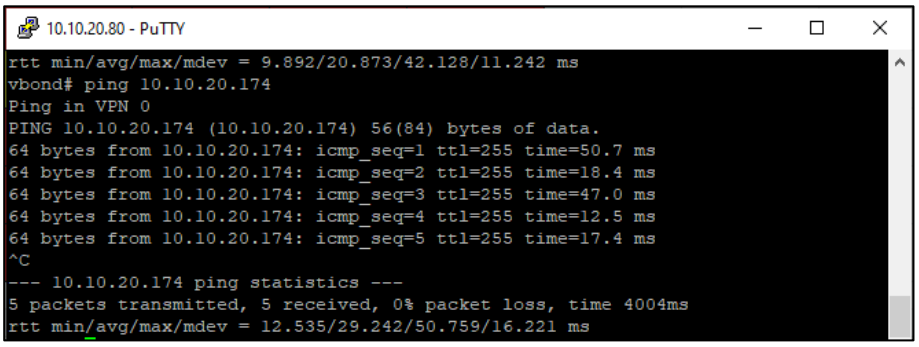
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 45 *Ping desde vBond hacia dc-wan-edge01*



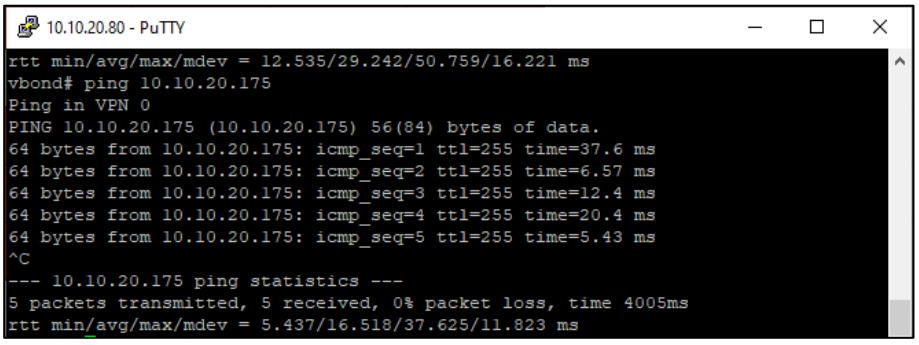
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 46 *Ping desde vBond hacia Site1-cedge01*



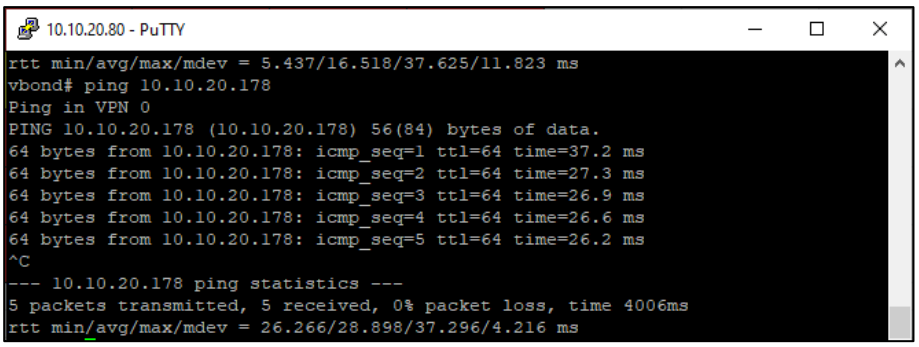
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 47 *Ping desde vBond hacia Site2-cedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

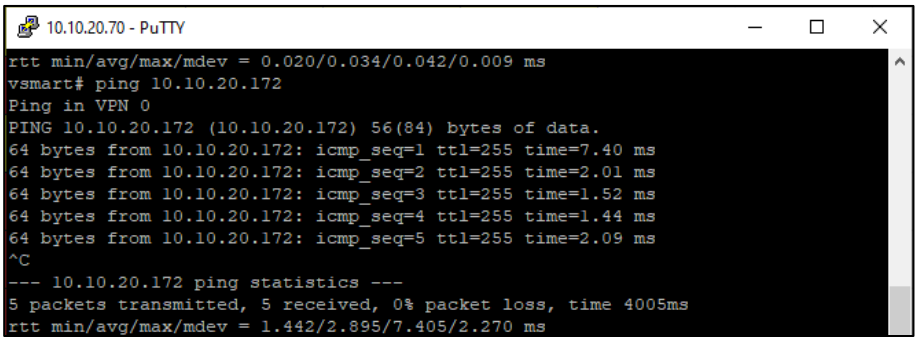
Figura 48 *Ping desde vBond hacia Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

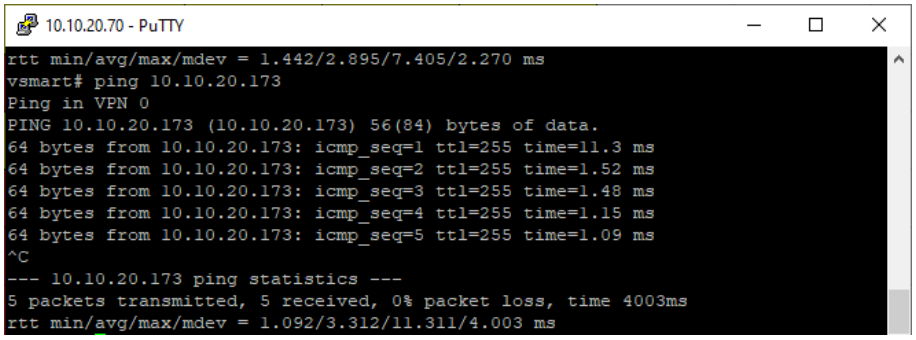
3. Respuesta de conectividad, equipo origen vSmart

Figura 49 *Ping desde vSmart hacia dc-cedge01*



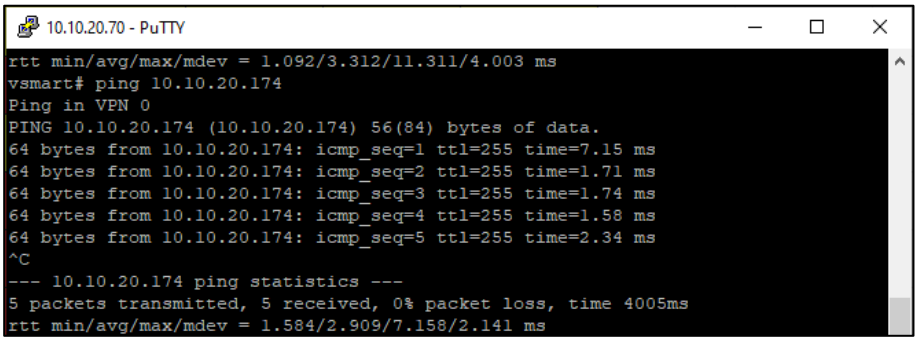
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 50 *Ping desde vSmart hacia dc-wan-edge01*



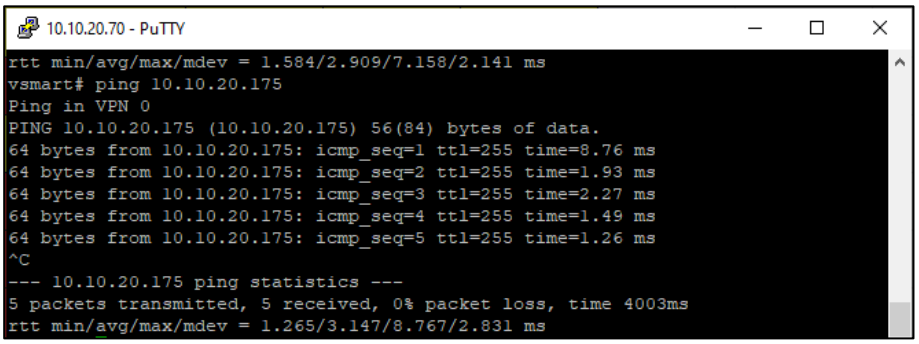
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 51 *Ping desde vSmart hacia Site1-cedge01*



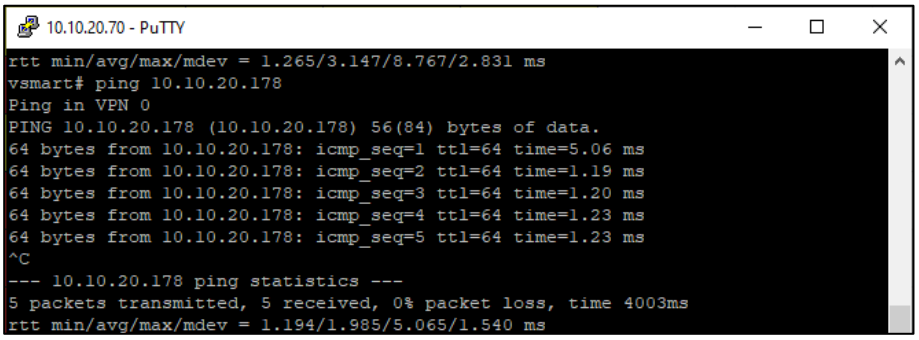
Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

Figura 52 *Ping desde vSmart hacia Site2-cedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

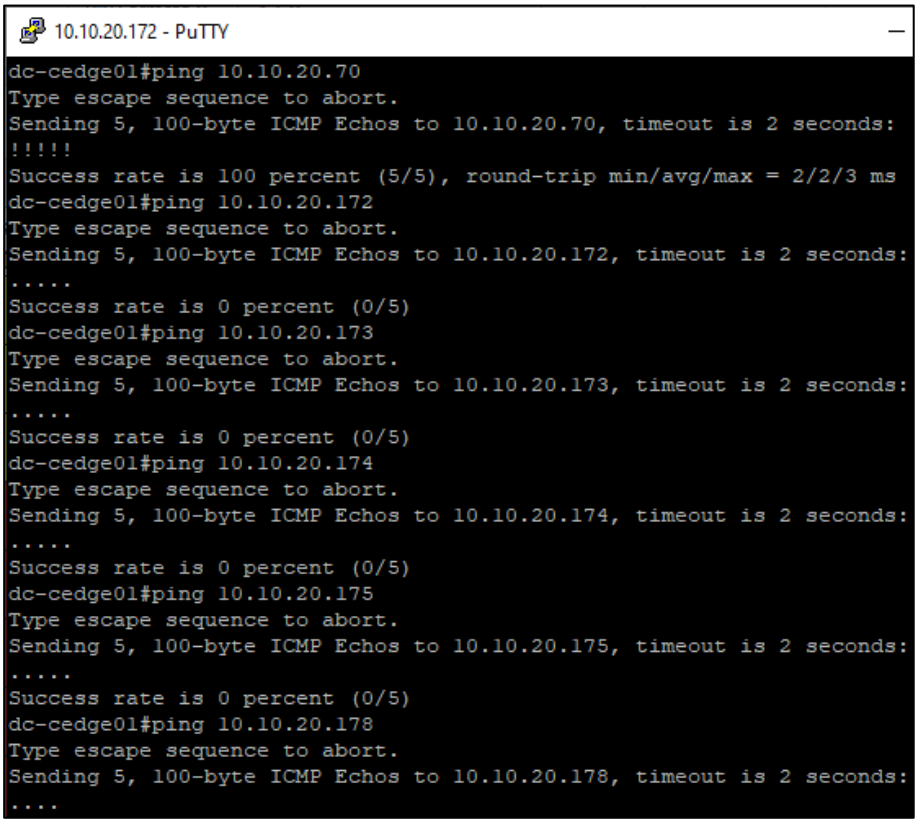
Figura 53 *Ping desde vSmart hacia Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

4. **Respuesta de conectividad, equipo origen dc-cedge01**

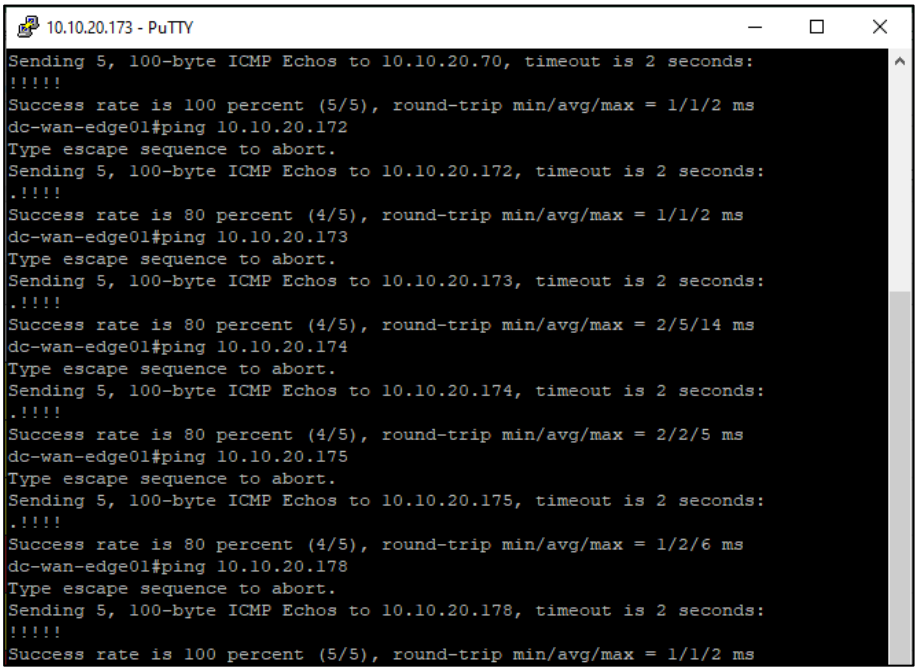
Figura 54 *Ping desde dc-cedge01 hacia dc-wan-edge01, Site1-cedge01, Site2-cedge01, Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

5. **Respuesta de conectividad, equipo origen dc-wan-edge01**

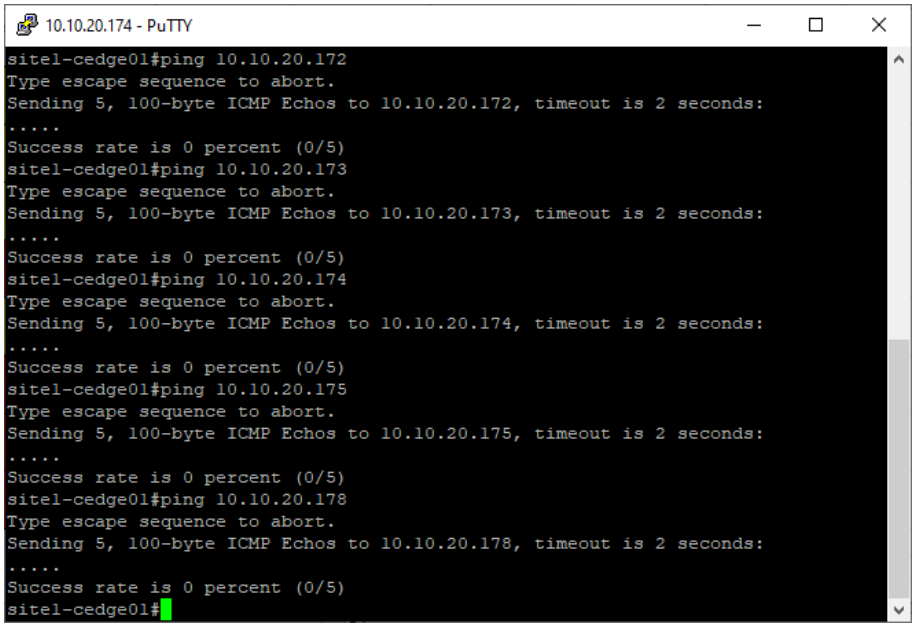
Figura 55 *Ping desde dc-wan-edge01 hacia dc-cedge01, dc-wan-edge01, Site1-cedge01, Site2-cedge01, Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

6. Respuesta de conectividad, equipo origen site1-cedge01

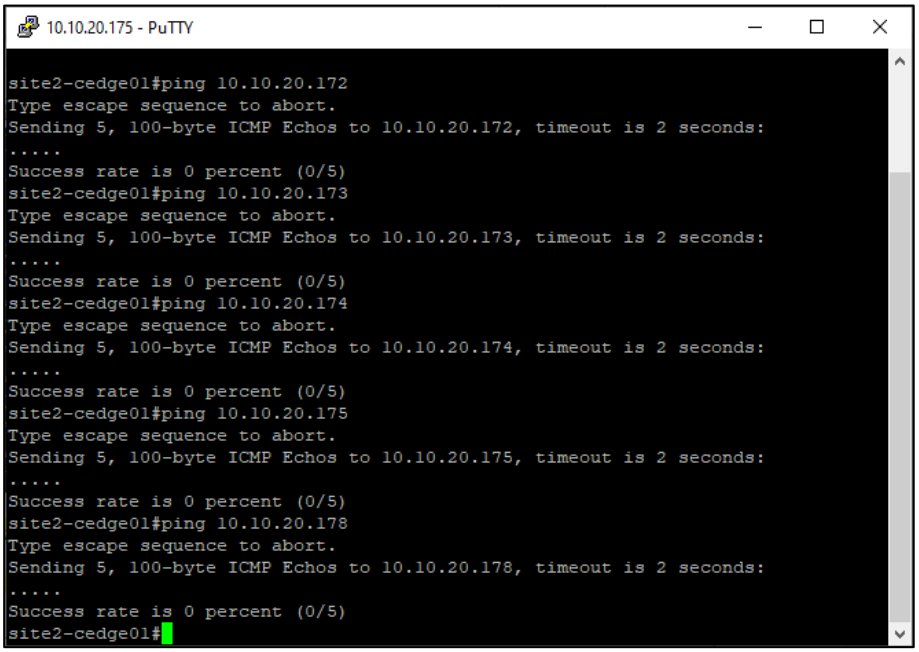
Figura 56 *Ping desde site1-cedge01 hacia dc-cedge01, dc-wan-edge01, Site1-cedge01, Site2-cedge01, Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

7. Respuesta de conectividad, equipo origen site2-cedge01

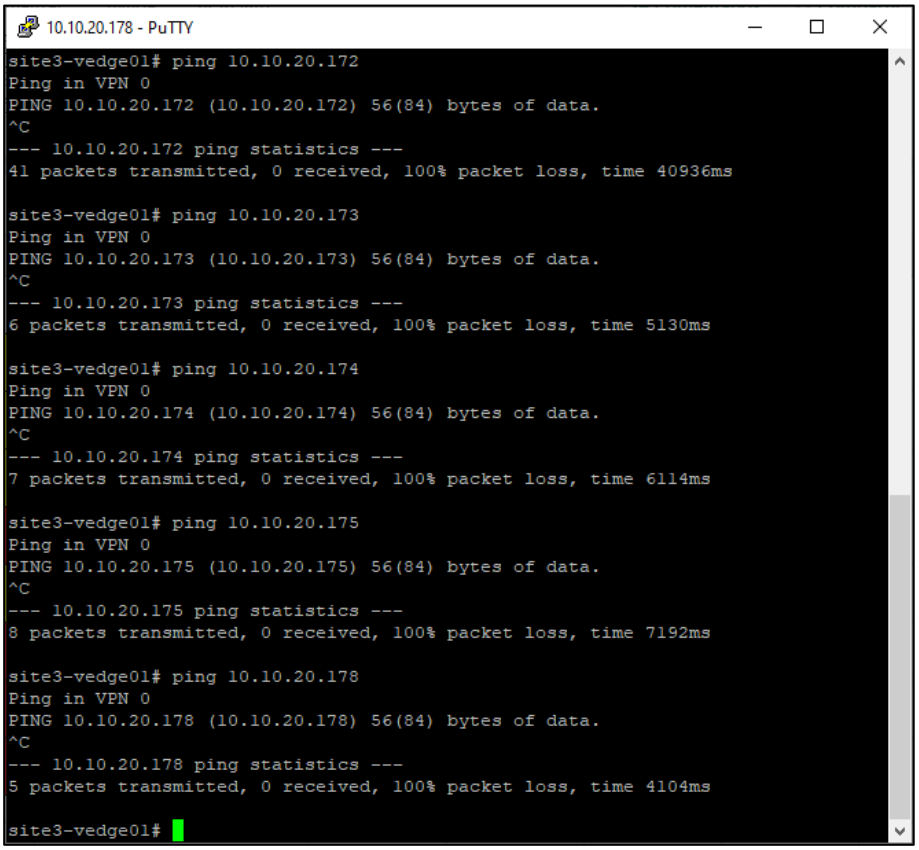
Figura 57 *Ping desde site2-cedge01 hacia dc-cedge01, dc-wan-edge01, Site1-cedge01, Site2-cedge01, Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet

8. Respuesta de conectividad, equipo de origen site3-vedge01

Figura 58 *Ping desde site3-vedge01 hacia dc-cedge01, dc-wan-edge01, Site1-cedge01, Site2-cedge01, Site3-vedge01*



Nota: Tomado de *Learning Labs Cisco DevNet Sandbox labs*, Cisco DevNet