



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2789>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

Analysis of SD-WAN technologies used in Ecuador

Análise das tecnologias SD-WAN usadas no Ecuador

Wilson Xavier Cusco-Pérez ^I

wuscop@est.ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3595-0076>

Javier Bernardo Cabrera-Mejía ^{II}

jcabreram@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2027-0211>

Jorge Lugo-García ^{III}

jorge.lugo.82@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1314-7621>

Correspondencia: wuscop@est.ucacue.edu.ec

***Recibido:** 28 de marzo del 2022 ***Aceptado:** 30 de abril de 2022 * **Publicado:** 26 de mayo de 2022

- I. Estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Jefe de Investigación, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- III. Docente, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador

Resumen

La tecnología de Red de Área extensa definida por software (SD-WAN) resulta cada vez más valiosa para las redes informáticas actuales, principalmente en las redes empresariales. Esta tecnología aporta beneficios a las redes en cuanto agilización y flexibilización por cuanto separa de la gestión del tráfico a ciertos dispositivos electrónicos físicos y traslada esta gestión a un software. El objetivo de este documento es el análisis de la tecnología SD-WAN para la determinación de los factores principales que requieren las empresas para su implementación, para ello luego de un estudio de sobre la tecnología, sus principales características y requerimientos, se realizaron encuestas a 7 empresas locales que ya han implementado SD-WAN con diferentes proveedores de servicio para establecer los factores a tomar en cuenta al momento de implementar la tecnología SD-WAN en una red empresarial entre los que se encontraron el proveedor elegido por la empresa, la experticia de su personal interno, los dispositivos con que cuentan y los que se deban incorporar, los costos de inversión y los plazos, además la gestión de la seguridad y eficiencia de la red en el tiempo de la transición tecnológica.

Palabras clave: SD-WAN; redes empresariales; implementación tecnológica; seguridad; gestión de redes.

Abstract

Software Defined Wide Area Network (SD-WAN) technology is becoming increasingly valuable to today's computer networks, primarily enterprise networks. This technology brings benefits to networks in terms of speeding up and making it more flexible, since it separates certain physical electronic devices from traffic management and transfers this management to software. The objective of this document is the analysis of SD-WAN technology for the determination of the main factors that companies require for its implementation, for this, after a study of the technology, its main characteristics and requirements, surveys were carried out on 7 local companies that have already implemented SD-WAN with different service providers to establish the factors to take into account when implementing SD-WAN technology in a business network, among which were the provider chosen by the company, the expertise of its internal staff, the devices they have and those that must be incorporated, the investment costs and the deadlines, as well as the management of the security and efficiency of the network in the time of the technological transition.

Keywords: SD-WAN; enterprise networks; technological implementation; security; network management.

Resumo

A tecnologia de rede de longa distância definida por software (SD-WAN) está se tornando cada vez mais valiosa para as redes de computadores atuais, principalmente redes corporativas. Essa tecnologia traz benefícios às redes em termos de agilização e flexibilização, pois separa determinados dispositivos eletrônicos físicos do gerenciamento de tráfego e transfere esse gerenciamento para o software. O objetivo deste documento é a análise da tecnologia SD-WAN para a determinação dos principais fatores que as empresas necessitam para sua implantação, para isso, após um estudo da tecnologia, suas principais características e requisitos, foram realizados levantamentos em 7 locais empresas que já implementaram SD-WAN com diferentes provedores de serviços para estabelecer os fatores a serem levados em consideração ao implementar a tecnologia SD-WAN em uma rede de negócios, entre os quais o provedor escolhido pela empresa, a experiência de sua equipe interna, os dispositivos têm e os que devem ser incorporados, os custos de investimento e os prazos, bem como a gestão da segurança e eficiência da rede no momento da transição tecnológica.

Palavras-chave: SD-WAN; redes de negócios; implementação tecnológica; segurança; Gerenciamento de rede.

Introducción

Un Red de Área Amplia (WAN), consiste en una red de telecomunicaciones, que permite interconectar múltiples Redes de Área Local (LAN), que se distribuyen en distintas áreas geográficas. Las empresas emplean una red WAN para poder establecer la conexión de sus diferentes sucursales con la sede central y para acceder a los servicios en la nube que les proporciona un proveedor de computación en la nube o Cloud Computing. La vertiginosa evolución de las redes empresariales y las tecnologías de la información, implica el aumento constante en la demanda de WAN de mayor capacidad y calidad.

Dado que los costos de construcción, administración y depuración de WAN son extremadamente altos y las WAN tradicionales han mostrado desventajas en muchos aspectos, como la dificultad en garantizar la calidad del servicio y la posibilidad de actualizar la red fácilmente, se hace necesario la construcción de WAN con nuevos diseños (Yang, Cui, Li, Liu, & Xu, 2019).

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

Además, en la actualidad la necesidad de conectividad en las organizaciones modernas se considera una prioridad, más aún en aquellas requieren innovar para poder alcanzar competitividad, por ello también se convirtió en obligación para las empresas contar con un acceso al servicio de internet por medio de banda ancha como medio de apalancamiento a la transformación digital (Carballo, 2020). Las principales tecnologías de red adoptadas por las empresas son: El modo de transferencia asíncrona (ATM), el Frame Relay (FR), Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS) y Red Privada Virtual (VPN). De ellas la MPLS es la que garantiza mayor calidad de eficiencia y calidad de servicio, pero con un alto costo, en cambio la VPN es la que mayormente se implementa por su relación costo beneficio, pero se aleja de la calidad de servicio que ofrece MPLS (Troia, Sapienza, Varé, & Maier, 2021).

Asimismo, se debe tomar en cuenta no solo los costos sino los tiempos de implementación de estas tecnologías tradicionales que suelen ser considerable, aunado a esto se tiene el aumento de la complejidad en la gestión de las redes por el aumento de tráfico de los datos y la intrincada topología. Existen Redes definidas por Software (SDN) permiten separar a la infraestructura física de transporte de red de la administración del tráfico, logrando una adaptación dinámica, de las necesidades reales de las organizaciones, para implementar de forma preprogramada el flujo del tráfico de red y de forma automatizada.

Cuando se habla de una Red de Área Amplia Definida por Software (SD-WAN), se hace referencia a una red capaz de transformar la WAN tradicional, basada en una red estática centrada en hardware, en una WAN ágil y flexible con base en el software, separando de manera eficaz la gestión del tráfico de red de la infraestructura física de transporte que subyace (Vargas, 2020).

La tecnología SD-WAN entra dentro de la tipología de un servicio de red extensa que actúa sobre la capa lógica de una red WAN, en otras palabras, constituye un programa de gestión donde parte del hardware de red se ve virtualizado, de forma más específica, SD-WAN suministra una red de superposición virtual donde es posible una conectividad generada e inducida entre diversas interfaces de red. Entre las principales características de la tecnología SD-WAN, se tiene, primero es una tecnología agnóstica, es decir que no exige un enlace específico para su conexión generando un ambiente de alta disponibilidad, segundo ejecuta siempre una selección dinámica del mejor camino para la transmisión de datos, tercero soporta servicios adicionales como elementos para su optimización a para mejorar la seguridad, y cuarto permite la automatización de la red de modo que ante fallos la red responda sin la necesidad de intervención humana (Moreno, 2021).

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

SD-WAN presenta varias ventajas con respecto a tecnologías tradicionales como MPLS, menores costos, configuración de WAN más simple, fácil acceso a los servicios en la nube y uso eficiente de WAN (Gordeychik, Kolegov, & Nikolaev, 2018). Es en la lógica de control de red, también llamada plano de control, que ahora se implementa en un controlador lógicamente centralizado; donde se diferencia a SD-WAN de la alternativa VPN, permitiendo brindar un buen grado de calidad de servicio y confiabilidad al mismo costo de un acceso de VPN, ya que el controlador centralizado, que monitorea de forma constante las condiciones de la red puede adaptar la elección de las conexiones (Suárez, 2020).

En la actualidad, dentro de la nación ecuatoriana, se van sumando cada vez más organizaciones que utilizan SD-WAN, como medio para un mayor aprovechamiento de la red y de los nuevos servicios (Romero & Cuenca, 2020). Por ello es necesario el estudio de las diferentes ofertas en el mercado ecuatoriano sobre proveedores de infraestructura SD-WAN, representados por las empresas CISCO, VMWARE, FORTINET, al evaluar un conjunto básico de características SD-WAN como la latencia, la seguridad, la gestión de enlaces y la calidad del servicio (Rajagopalan, 2020).

Metodología

Este estudio se enmarcó dentro de la línea de investigación energía eléctrica y Tecnologías de la Información para la innovación y el desarrollo sostenible, específicamente en la ciencia de los ordenadores, analítica de datos y algoritmos computacionales, y presentó como objetivos:

General

Analizar la tecnología SD-WAN para la determinación de los factores principales que requieren las empresas para su implementación.

Específicos

Realizar un estudio de las investigaciones existentes sobre la tecnología SD-WAN, sus características y requerimiento de implementación

Realizar encuestas en empresas locales portadoras de servicio para determinar cuál de las tecnologías son las más adoptadas a nivel de una empresa.

Sugerir de acuerdo con los análisis previos cuales serían los factores importantes para realizar una actualización de tecnología con redes inteligentes denominadas SD-WAN.

Tipo de Investigación

Este estudio resultó tanto documental como de Campo, el primero que se define como la recopilación de información sobre libros, expedientes, informes de laboratorio o trabajos de campo publicados relacionados con el tema de estudio, tanto de forma general como particular (Baena, 2017), se estableció entonces por medio de la revisión documental a estudios relacionados con la tecnología SD-WAN y su implementación; la segunda tipología, se entiende como aquella donde los instrumentos utilizados son la encuesta, la entrevista y la observación (Cabezas, Naranjo, & Torres, 2018), para el estudio se hizo uso de la encuesta.

Diseño de Investigación

Esta investigación se estableció como cuantitativa debido a su relación con el instrumento que se aplicó que es la encuesta, este diseño es utilizado para describir una realidad de la manera más fiel posible, y al mismo tiempo explicar las causas de un fenómeno determinado (Hernández & Mendoza, 2018).

Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación fue exploratorio puesto se pretendió exponer el fenómeno de estudio y su actuación en el contexto natural donde se desarrolla (Hernández, et al., 2018) para el estudio se buscó la determinación de factores para una tecnología de data reciente en el Ecuador y Latinoamérica.

Población y Muestra

La población estuvo conformada por representantes de las 7 empresas en el Ecuador que ya han implementado la tecnología SD-WAN con distintos proveedores, estas fueron: Quito Motor, Jardín Azuayo, Puntonet, Telconet, Tv Cable, Etapa y Centro Sur, por ende, la población estuvo conformada por 7 personas a las que se les aplicó la encuesta.

La muestra resultó ser no probabilista intencional, puesto que es del mismo tamaño que la población al resultar esta factible y manejable para la aplicación del instrumento.

Instrumentos

Los instrumentos son los aplicados en las técnicas de la Revisión Documental y de la encuesta, la misma se realizó a la población descrita de forma presencial donde de forma estructurada se les efectuó un total de siete interrogantes sobre la tecnología SD-WAN, su contexto tecnológico y de aplicación.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta realizadas a las 7 organizaciones donde ya se ha implementado la tecnología SD-WAN, inicialmente ante la pregunta ¿Qué lo llevo a implementar la tecnología SD-WAN? ante las opciones: aumento en el número de dispositivos en uso y el flujo de datos, reducción de costos en gestión y ampliación de la Red, agilidad en la Red y seguridad en la Red, los encuestados, eligieron dos aspectos como los más relevantes, el primero con un 57% resulta en el continuo y acelerado aumento en el número de dispositivos en uso y en el flujo de datos que imposibilitaba a sus anteriores redes a seguir un ritmo de actualización sin que esto implicara grandes costos e inversiones en infraestructura que no podrían alcanzar estos márgenes de crecimiento. En la figura 1 se observan los resultados de la primera pregunta aplicada.

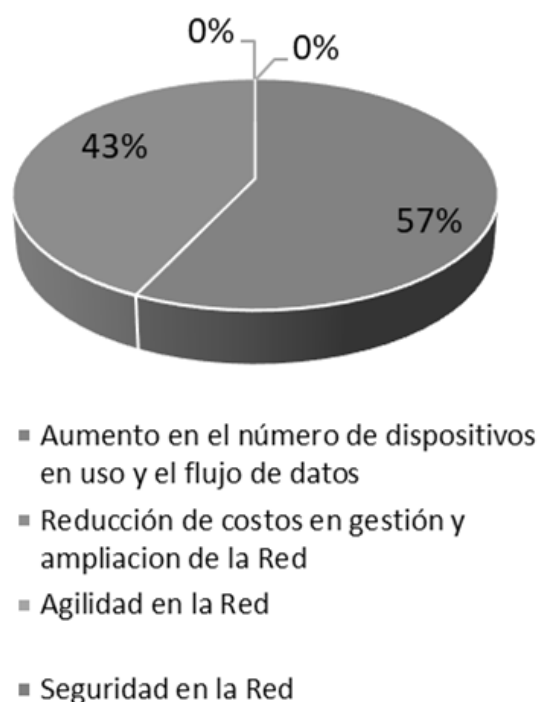


Figura 1. Razones de la implementación de la tecnología SD-WAN. **Fuente.** Elaboración propia.

Entonces se toma la decisión basándose en el hecho de que la tecnología SD-WAN es de mucha más fácil gestión que las tecnologías tradicionales lo que coincide con lo aportado por la revisión bibliográfica (Cadena, 2022).

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

El segundo aspecto elegido, fue la reducción de costos tanto para la gestión de la red como para su ampliación, se buscaba un rápido despliegue de nuevas sedes, por cuanto con SD-WAN se logra tanto una independencia de la capa de transporte como el auto suministro, con la independencia se logra una conexión 4G desde el día uno sin tener que esperar una acceso por cable de fibra o MPLS y con el auto suministro solo al conectar el equipo al servicio de internet este se provisiona a la red sin la necesidad en la mayoría de los casos de que tenga que acudir un técnico.

Se quiere el mejoramiento de la forma como se gestiona y administra las redes, facilitando procesos, abaratando sus costos, reduciendo el personal involucrado en el proceso, en conclusión, llevar a cabo un mejor manejo de los recursos disponibles (Cordero, 2020).

La siguiente interrogante fue ¿Con que operador contrato el servicio de la implementación de SD-WAN? ante esta pregunta el 57% de las empresas respondieron que con el operador CISCO, el 29% con el operador FORTINET y el 14% con el operador VMWARE. La figura 2 ilustra esta situación.

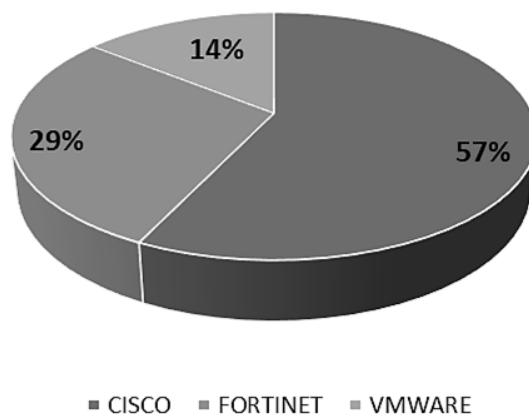


Figura 2. Operadores para implementar la tecnología SD-WAN en el Ecuador.
Fuente. Elaboración propia.

El primer proveedor es el que cuenta con mayor presencia en el mercado ecuatoriano tanto en agentes autorizados a nivel nacional para la venta y gestión de sus productos y servicios como por la cantidad de servicios ofrecidos y capacidad de respuesta ante dificultades técnicas, el segundo operador ha venido ampliando su presencia en el mercado sobre todo al acompañar en su mejoramiento tecnológico a ciertas universidades nacionales de carácter privado y el tercer operador solo cuenta

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

con un proveedor nacional y por tanto su capacidad de respuesta se ve limitada (Revista Gestión Digital, 2019).

Sobre la pregunta ¿Qué dificultades enfrentaron sus operadores durante el proceso de implementación? Se obtuvieron las siguientes respuestas: la primera dificultad manifestada por los entrevistados, que obtuvo un 14%, fue el encontrar el proveedor adecuado a las necesidades de la empresa, debido a que debían evaluar aspectos como costos, seguridad y adaptabilidad a su anterior sistema, la segunda dificultad expresada, que también alcanzó un 14%, fue la de buscar maneras de mantener un nivel de seguridad adecuado una vez se comenzara la transición, ya que por ejemplo en una red del tipo MPLS solo el 0,01% de los paquetes enviados se pierde debido al acuerdo de nivel de servicio, lo cual es una mejor entrega en paquetes que con la tecnología SD-WAN que presenta una pérdida de entre el 1% y el 2%, pero este nivel de entrega exigía un costo oneroso a las empresas, pudiendo mitigarse las pérdidas en SD-WAN mediante las correcciones de errores de reenvío, que implica añadir bits de paridad a la data enviada, y de esta forma, cuando el receptor recibe los datos pueda detectarse la pérdida y el paquete inicial ser recuperado. La tercera que alcanzó un 43% entre los operadores, ya que compromete las anteriores, es la falta de personal interno que contara con la experiencia necesaria para tomar decisiones fundamentadas en torno a la implementación de la tecnología SD-WAN, esto se compagina con la cuarta dificultad, que presentó un 29%, que implicaba los problemas de integración de ciertos elementos de red anterior que se traducían en falta de soporte de varios elementos de la red, requería soluciones inmediatas que se condicionaban a lo que podía realizar el proveedor escogido, lo que implicó un tiempo de aprendizaje y adaptación más largo de lo estimado (Ramos, 2019).

La figura 3 muestra los valores para las 4 dificultades.

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

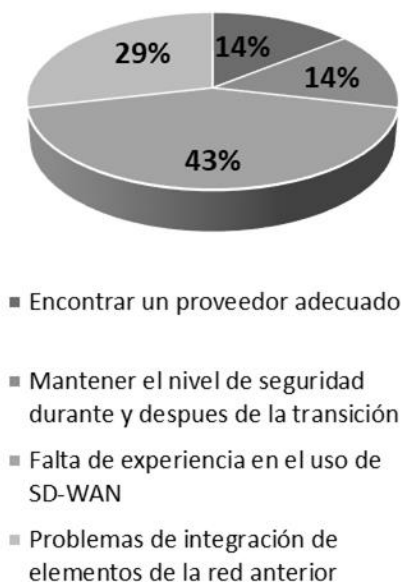
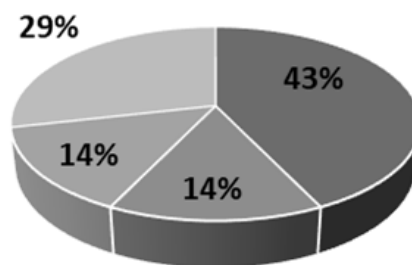


Figura 3. Dificultades para implementar la tecnología SD-WAN enfrentadas por los operadores.
Fuente. Elaboración propia.

Para la interrogante sobre ¿Cuáles son las ventajas de la implementación de SD-WAN? los interrogados pudieron indicar la reducción de costos del ancho de banda, que alcanzó en la encuesta un 43%, ya que pasa a ser mejor gestionado por la tecnología, la disminución de costos de gestión y operación ya que se descartaban ciertas infraestructuras físicas y el control se centraliza, también se marcó con 14% que ahora se puede hacer uso de múltiples conexiones WAN de distintos Proveedores de Servicios, además con un porcentaje de 14% también se señaló, que una vez implementado adecuadamente se puede reducir la topología WAN existente lo que también reduce costos, y por último con 29% en las respuestas se tiene, una mejora significativa en la seguridad en como consecuencia del control centralizado y gestionado en conjunto con las directrices del proveedor de servicios (Velásquez, 2021). La figura 4 expresa de forma gráfica estos resultados obtenidos.

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

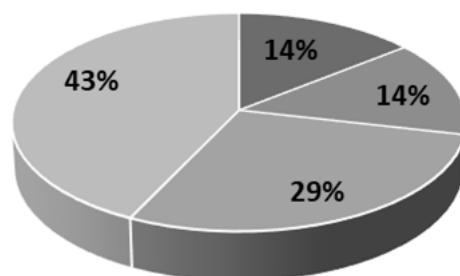


- Reducción de costos del ancho de banda
- Uso de múltiples conexiones WAN
- Reducción de la topología WAN
- Mejora en la seguridad

Figura 4. Ventajas por la implementación de la tecnología SD-WAN. **Fuente.** Elaboración propia.

El siguiente punto examinado fue ¿Cuáles son las diferencias funcionales entre los principales proveedores de SD-WAN consultados para la implementación?, sobre esto los encuestados señalaron lo siguiente, aunque todos los proveedores ofrecen el acceso remoto integrado al servicio SD-WAN solo CISCO lo ofrecía dentro de un paquete y los demás como un servicio adicional, por ello esa diferencia obtuvo un 14%, a si también solo FORTINET incorpora tanto el Next Generation Firewall o NGFW y el Acceso a la red de confianza cero (ZTNA), de nuevo la valoración alcanzada por esta diferencia funcional fue de 14%, por otra parte solo CISCO cuenta con varias sedes en el país y con personal calificado en el territorio con la capacidad viajar con relativa facilidad para dar respuesta a las inquietudes de los clientes sobre todo durante el proceso de implementación, aunque FORTINET ha venido afianzando su presencia en el país, aún no cuenta con tanta infraestructura como CISCO, en cambio VMWARE a nivel europeo y asiático, comienza su expansión por Latinoamérica, ante esto los encuestados dieron un porcentaje de respuesta del 29%, como refleja la figura 5.

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador



- Acceso remoto integrado al servicio SD-WAN dentro de la oferta por CISCO
- Incorporar tanto NGFW como ZTNA por FORTINET
- Mayor cantidad de sedes y personal calificado en el territorio por CISCO
- Menores Precios por CISCO

Figura 5. Diferencias funcionales entre los proveedores de la tecnología SD-WAN.

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se tienen entonces contrastes resaltantes en los precios, obteniendo esta diferencia funcional un 43%, siendo menores los ofrecidos por CISCO, seguidos por los de FORTINET y los más elevados lo de VMWARE, y aunque este último ofrece casi todo lo que ofrecen los anterior cuenta con poco personal dentro del país (Cooney, 2021).

En cuanto a la consulta de ¿Cómo afecta la red subyacente a la implementación de SD-WAN? el 29% manifestó que lo hace medianamente, el 71% que afecta mucho y ninguno manifestó que afecta poco, ya que si tiene un efecto significativo a la hora de la implementación, por cuanto, de esta se establece no solo un entramado que desenmarañar sobre que puede ser utilizado y que no en la nueva red, sino también que de esta sigue dependiendo el ancho de banda, la escalabilidad de la red y su seguridad, entonces si tiene repercusiones, no será igual contar con una red hibrida, una MPLS o donde solo se tenga VPN (Sokappadu, Hardin, Mungur, & Armoogum, 2019). La figura 6 refleja los resultados obtenidos.

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

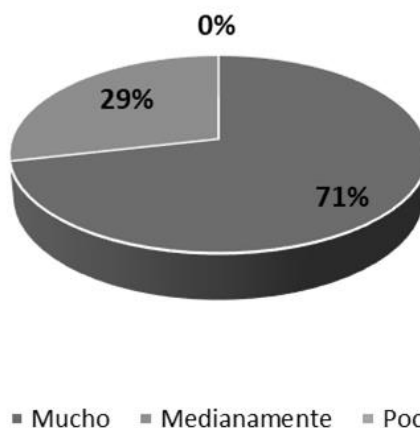


Figura 6. Afectación de la red subyacente en la implementación de la tecnología SD-WAN.
Fuente. Elaboración propia.

Finalmente se tiene la última interrogante sobre si ¿Compromete la SD-WAN la seguridad del sistema, de qué forma?, un 29% de las empresas coinciden en que durante un periodo de transición pudo haber estado comprometida la seguridad del sistema mientras se lograba su completa adecuación, pero el 71% considera que al contar con una solución SD-WAN con seguridad incorporada, al contrario mejorarse y controlarse, nadie considera que a largo plazo se ve comprometida la seguridad del sistema por la implementación de la SD-WAN. (Nurul, Colomo, & Chockalingam, 2021)

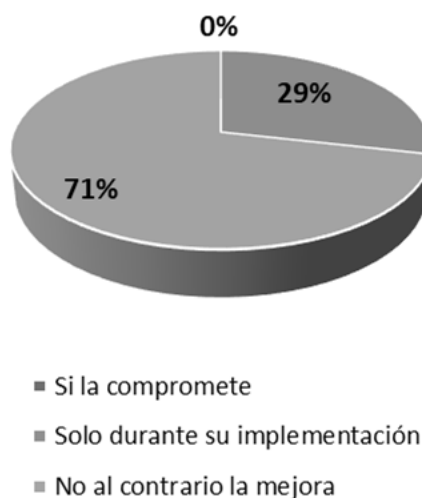


Figura 7. Seguridad del Sistema en la tecnología SD-WAN.
Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones

En el marco de una era tecnológica cada vez más concentrada en la nube, la tecnológica SD-WAN representa un cambio en el esquema de juego, al servir de impulso para un mejor retorno de las inversiones en red para las redes empresariales. Se erige como una nueva manera sin precedentes, para implementar fácilmente políticas en grandes WAN a una fracción del costo de las soluciones tradicionales.

Para el diseño de una red para una empresa utilizando la tecnología SD-WAN, se debe que considerar tanto el proveedor, la experticia del personal interno a llevar a cabo el proceso, el tipo de equipamiento con que se cuenta y el que se deba incorporar para que pueda soportar dicha tecnología, los costos de inversión y los plazos, además de cómo gestionar la seguridad de la red durante y después de la transición.

Cuando se implementa de manera correcta la tecnología SD-WAN bajo buenas prácticas de seguridad e incorporando servicios de seguridad de red como ZTNA y SIEM se puede lograr la disminución de riesgos informáticos a que se exponen las empresas y adicionalmente contar con una alta disponibilidad en los accesos a los servicios publicados por medio de los enlaces de Internet.

En función al costo beneficio y al soporte brindado tanto a nivel de software como hardware la empresa proveedora para la tecnología SD-WAN en el Ecuador que más destaca es CISCO, seguida de la empresa FORTINET y en último lugar la empresa VMWARE.

Se hace necesario seguir estudiando la red SD-WAN y es de vital importancia para la red de área amplia de las próximas generaciones, al integrarse esa con el aprendizaje automático para redes y la virtualización de funciones de red, junto con nuevos protocolos de transporte, se tiene el marco de las comunicaciones tecnológicas del futuro no solo a nivel empresarial sino global.

Referencias

1. Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3era ed.). México: Grupo Editorial Patria. Retrieved 06 15, 2021, from http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
2. Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

3. Cadena, D. (2022). *Desarrollo de un prototipo de una red SD-WAN (Software-Defined Wide Area Network) utilizando tecnología Fortinet. Tesis de Grado*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (FIEE). Tecnologías de la Información, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22388>
4. Carballo, C. (2020). SD-WAN, una oportunidad para la transformación. *XVIII Convención y Feria Internacional Informática 2020*. Havana, Cuba.
5. Cooney, M. (2021). *Cisco, Fortinet, HPE-Aruba y VMware lideran el creciente mercado de SD-WAN*. Obtenido de <https://www.computerworld.es/tendencias/cisco-fortinet-hpearuba-y-vmware-lideran-el-creciente-mercado-de-sdwan>
6. Cordero, M. (2020). *Diseño y elaboración de plan para migración de redes WAN a SD-WAN*. Universidad Latina de Costa Rica, Licenciatura en electrónica con énfasis en telecomunicaciones, Heredia, Costa Rica. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12411/280>
7. Gordeychik, S., Kolegov, D., & Nikolaev, A. (2018). SD-WAN Internet Census. *Computer Science*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.1808.09027>
8. Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., & Moreno, L. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/Ccyli.2018.15>
9. Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Editorial Mc Graw Hill Education.
10. Moreno, S. (2021). *Comparación de aspectos operativos y económicos entre SD-WAN y MPLS para establecer la mejor opción de una empresa corporativa a nivel nacional e internacional. Tesis de Grado*. Universidad Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35794>
11. Nurul, M., Colomo, R., & Chockalingam, S. (2021). Secure Access Service Edge: A Multivocal Literature Review. *2021 21st International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA)*, (págs. 188-194). Cagliari, Italy. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ICCSA54496.2021.00034>
12. Rajagopalan, S. (2020). An Overview of SD-WAN Load Balancing for WAN Connections. *2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace*

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

- Technology (ICECA)*, (págs. 1-4). Coimbatore, India.
doi:<https://doi.org/10.1109/ICECA49313.2020.9297574>
13. Ramos, J. (2019). *Implementación y evaluación de un sistema SD-WAN para un entorno empresarial virtualizado*. Universidad de Zaragoza, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Área de Ingeniería Telemática. Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Zaragoza, España. Obtenido de <https://zagan.unizar.es/record/84996#>
14. Revista Gestión Digital. (27 de junio de 2019). *Cisco y Telefónica Ecuador anuncian nuevo modelo de red*. Obtenido de <https://www.revistagestion.ec/index.php/empresas/cisco-y-telefonica-ecuador-anuncian-nuevo-modelo-de-red>
15. Romero, E., & Cuenca, J. (2020). Implementación de SD-WAN Corporativo para el uso eficiente de las telecomunicaciones para el Holding Quito Motors. *Polo del Conocimiento*, 5(1), 163-179. doi:<https://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i1.1881>
16. Sokappadu, B., Hardin, A., Mungur, A., & Armoogum, S. (2019). Software Defined Networks: Issues and Challenges. *2019 Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, (págs. 1-5). Port Louis, Mauritius. doi:<https://doi.org/10.1109/NEXTCOMP.2019.8883558>
17. Suárez, D. (2020). *Redes wan definidas por software SD-WAN. Tesis de Grado*. Universitat Oberta de Catalunya, Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/116386/8/astifrTFG0620memoria.pdf>
18. Troia, S., Sapienza, F., Varé, L., & Maier, G. (2021). On Deep Reinforcement Learning for Traffic Engineering in SD-WAN. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(7), 2198-2212. doi:10.1109/JSAC.2020.3041385
19. Vargas, J. (2020). *Evolución de red en sucursales a SD-WAN. Tesis de Grado de Ingeniería Informática*. Universitat Oberta de Catalunya, Administración de Redes y Sistemas, Catalunya, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10609/116646>
20. Velasquez, M. (2021). Ciberseguridad en la implementación de SD-WAN. *Revista PGI*(8), 124–127. Obtenido de https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/inf_fcpn_pgi/article/view/67
21. Yang, Z., Cui, Y., Li, B., Liu, Y., & Xu, Y. (2019). Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN): Architecture, Advances and Opportunities. 2019 28th International Conference

Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador

on Computer Communication and Networks (ICCCN), (págs. 1-9). Valencia, Spain.
doi:<https://doi.org/10.1109/ICCCN.2019.8847124>

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|