

Análisis de desempeño de una Red SDWAN corporativa 
Performance analysis of an enterprise SD-WAN Network

Hugo Iván Ticona Gregorio  

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Recibido: 21/07/2024 Revisado: 15/08/2025 Aceptado: 22/09/2025 Publicado: 31/12/2025

RESUMEN

SD-WAN es una nueva tecnología que ha cambiado el paradigma de cómo construir las redes WAN. Características como alto desempeño, reducción de costos, facilidad de operación y mantenimiento, son algunas de las bondades con las que viene desplazando a otras tecnologías. La investigación estudió la variable averías presentadas en una red SD-WAN conformada por 65 oficinas y 132 enlaces usados para interconectarlas. Se obtuvo que el 34% de las averías tuvieron su origen en conmutaciones del tráfico causadas por saturación de los canales de comunicaciones, el 62% de las averías causaron impacto parcial y el 86% de las averías se concentraron en la capa Underlay. Finalmente, con la prueba de U de Mann Whitney, se determinó que existe diferencias significativas entre los Tiempos de Reparación de las averías localizadas en la capa Overlay y Underlay, lo que refuerza la ventaja de que SD-WAN cuente con una gestión centralizada lo que facilita el diagnóstico y reparación en la capa Overlay SD-WAN.

PALABRAS CLAVES: Averías, SD-WAN, Redes de comunicaciones, Underlay, Overlay

ABSTRACT

SD-WAN is a new technology which has changed the paradigm of how to build WAN Networks. Characteristics as high performance, cost reduction, ease of operation and maintenance, are some of the benefits with which is replacing other technologies. The research studied the variable fault reports presented in an SD-WAN network made up of 65 offices and 132 links used to interconnect them. As a result, it was found that 34% of the fault reports had their origin in traffic switching caused by saturation of the communication channels, 62% of the faults caused a partial impact and 86% of the faults were concentrated in the Underlay layer. Finally, with the Mann Whitney U test, it was determined that there are significant differences between the Repair Times of faults located in the Overlay and Underlay layers, which reinforces the advantage of SD-WAN having centralized management due to it makes easy the task of diagnostic and repairing over the Overlay SD-WAN layer.

KEY WORDS: Failures, SD-WAN, Network Communications, MPLS, Underlay, Overlay

INTRODUCCION

Para Li(2016) la pugna constante entre demanda y tecnología ha generado cambios dinámicos en el sector de servicios de comunicaciones. Hushyar et al. (2021) y Heuermann (2019) coinciden que las Proveedoras de Servicios de Comunicaciones se convertirán en Proveedores de Servicios Digitales dada la irrupción de creadoras de contenido como Google, Facebook o Netflix cuyos servicios han erosionando el modelo de negocio de las empresas proveedoras de comunicaciones.

Menéndez (2018) en su estudio sobre la transformación de las empresas proveedoras de servicios de comunicaciones en proveedoras de servicios digitales, concluyó que la adaptación tecnológica, flexibilidad, cultura organizacional y procesos son factores relevantes para facilitar dicha transformación, empleó entrevista a expertos y evaluación de casos.

En el 2003, la compañía VMWARE desarrolló la virtualización, un pilar fundamental para lo que más adelante sería las Redes Definidas por Software o Software Defined Networks (Nadeau & Grey, 2013). La tecnología Cloud computing vía la virtualización provee recursos virtuales de computadora a demanda, de forma rápida y protegida a través de infraestructura ubicada en la Internet, siendo una de sus bondades, una importante reducción de costos (Manvi & Shyam, 2021).

Liu et al. (2022), indica que las redes tradicionales como MPLS poseen deficiencias como la falta de un control global de red, la dificultad para implementar y gestionar los dispositivos de la red, el uso innecesario del ancho de banda de los enlaces de la red para envío de actualizaciones de enrutamiento y que por ello SD-WAN se presenta como la mejor solución a dicho contexto, dado su disruptivo planteamiento de separar los planos de control y de datos (Control plane & Data Plane).

Todorov (2018) afirma que SD-WAN ha introducido un cambio profundo en las redes de comunicaciones no visto desde la irrupción de MPLS (Multiprotocol Label Switching) en 1999, resalta su ventaja en reducción de costo de implementación y administración; así como, la oportunidad de funcionar en conjunto con su competidor directo MPLS, el cual provee conexiones privadas y de alta confiabilidad, pero a mayor costo. Al respecto

Luciani (2019), afirma que es muy probable que MPLS no sea reemplazado del todo por SD-WAN; sin embargo, si causaría una drástica reducción en número por el alto costo que implica implementarlas y operarlas.

Las redes SD-WAN derivan de las redes definidas por software (SDN) y se enfocan en interconectar oficinas con una óptima distribución y priorización de tráfico entre los enlaces, de forma segura, con una importante reducción de costo y con una gestión centralizada que facilita la implementación y mantenimiento (Stuart, 2021). Los servidores de Control, localizados en la Control Plane, se encargan de la administración del enrutamiento del sistema y de acuerdo con su aplicación pueden estar ubicados en datacenters controlando tráfico LAN (Local Area Network) o en nubes públicas para controlar dispositivos que se encuentran en distintas ciudades o países (Ibrahem, 2022).

Existen diversos fabricantes de equipamiento para SD-WAN, cada uno de ellos con alguna ventaja particular de aplicación. Cuzco et al. (2022) condujo un estudio para identificar las principales marcas de equipamiento SDWAN que están siendo usadas en Ecuador,

resaltando que las marcas encontradas son las que figuran como líderes en los cuadrantes de Gartner: Cisco, Fortigate y VMWare.

Las ventajas de SD-WAN respecto a las redes tradicionales, viene motivando la migración de MPLS a SD-WAN, se ha encontrado investigación donde se busca capitalizar esas bondades. Rodríguez (2021), Marín (2021), Romero y Cuenca (2020), Arévalo (2020) y García y Narváez (2018) han realizado diseños e implementaciones de redes SD-WAN, teniendo todos ellos como característica común, buscar aprovechar las mejoras en el desempeño de la red, optimización del balanceo de tráfico, seguridad en la comunicación y reducción de costo respecto de las redes tradicionales.

Moser (2021) condujo una investigación que analizó el desempeño de una red SD-WAN con topología Hub and Spoke implementada con equipamiento Cisco Meraki, sus pruebas se orientaron a medir respuesta del sistema ante caída de uno de sus enlaces, el balanceo de carga y priorización de tráfico. es decir, la resiliencia del sistema, la velocidad con la que el plano de control reacciona ante ese tipo de evento, como resultado pudo comprobar las bondades del uso de las características que provee SD-WAN.

Stuart (2021) indica que los dispositivos SD-WAN instalados en las oficinas cliente, nombrados Edge, se conectan a la red a través de enlaces que conforman la parte underlay SD-WAN, estos enlaces pueden usar diferente tipo de tecnología y que sobre la conexión establecida se establecen los túneles, las lógicas de balanceo, la seguridad y encaminamiento inteligente.

Objetivos

La presente investigación busca estudiar la variable averías en redes de comunicaciones SD-WAN desde la perspectiva del tiempo de reparación (TR) que contabiliza el tiempo neto que hay entre el inicio de la avería y cese de la misma, así como encontrar líneas de investigación para trabajos futuros donde se pretenda mejorar los procesos de resolución de averías SD-WAN.

Los objetivos trazados fueron:

1. ¿Cuál es la proporción de averías localizadas en la overlay respecto a la underlay?
2. ¿Cuál es el % de averías causadas por saturación o congestión de un canal de comunicación?
3. Validar la hipótesis que existe diferencias significativas entre los valores de los TR de las averías SD-WAN con indisponibilidad total y parcial.
4. Existe diferencias significativas entre los valores de los TR de las averías SD-WAN según la localización de las averías.

METODOLOGÍA

El estudio es de tipo descriptivo, transversal y correlacional. La población y muestra de estudio fueron las 307 averías que se presentaron en un periodo de tres meses en una red SD-WAN con topología Hub and Spoke que interconecta 65 oficinas y que su parte underlay está conformado por 205 enlaces compuestos por MPLS, Acceso Dedicado de Internet, Broadband y 5G.

Las averías fueron clasificadas desde 3 perspectivas:

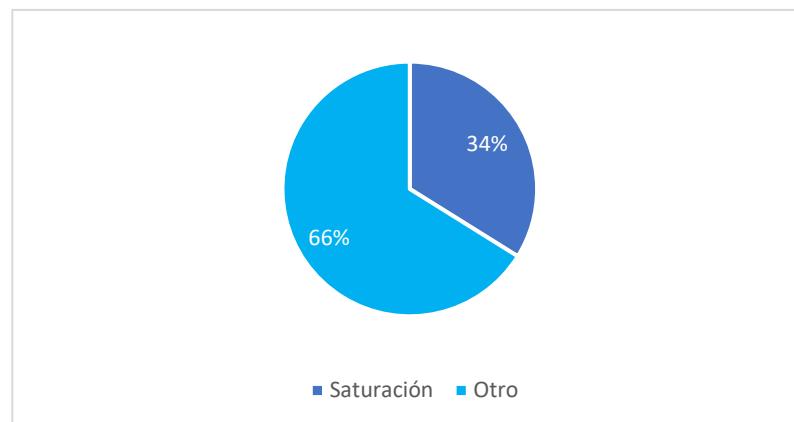
1. Por su impacto: indisponibilidad Total o Parcial,
2. Por su causa: si fueron causadas por saturación u otra causa.
3. Por su localización: Overlay o Underlay.

Posteriormente se procesó la información y con ayuda de Excel y SPSS26. Para la prueba de Normalidad se usó Kolgomorov – Smirnov y para realizar la prueba de las hipótesis se usó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

RESULTADOS

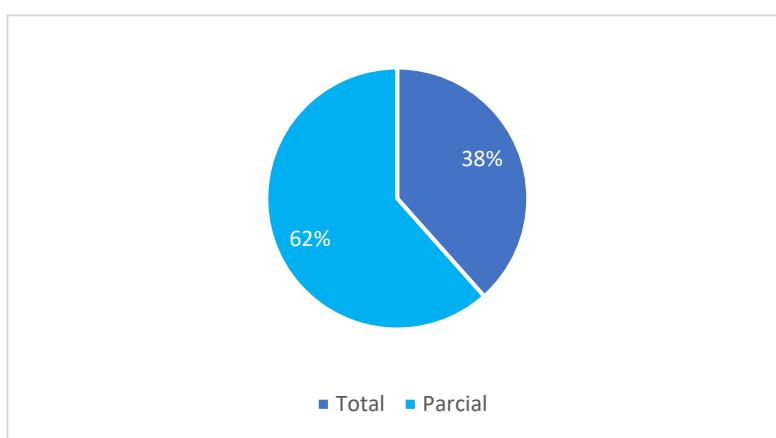
Las Figuras 1,2 y 3 representan la distribución de las averías según su impacto, causa y localización.

Figura 1. Distribución de averías según el impacto de la avería



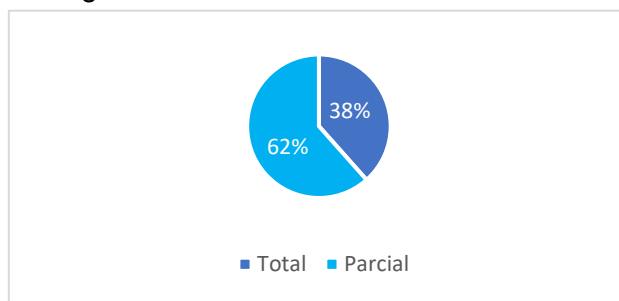
Fuente: Estadística de averías red SDWAN

Figura 2. Distribución de averías según su causa



Fuente: estadística de averías red SDWAN

Figura 3. Distribución de averías según su localización



Fuente: Estadística de averías red SDWAN

De la prueba de Normalidad a la variable Tiempo de Reparación de averías SD-WAN se concluye que no siguen una distribución Normal, dado que su valor de significancia es menor a 0.05 tal como se muestra en la prueba Kolmogorov - Smirnov, Tabla 1

Tabla 1. Prueba de Normalidad Kolmogorov - Smirnov

	Kolmogorov - Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
TTR	0.295	307	0.000
a. Corrección de significación de Lilliefors			

Fuente: Elaboración del autor, SPSS

Prueba de Hipótesis

Dado que la muestra no es Normal, se aplicó la prueba de U de Mann Whitney, la comparación se hará con las medianas por ser datos no paramétricos.

Se probará las 2 hipótesis relacionadas a tipo de afectación y localización de la avería.

Afectación

Clasifica la avería SD-WAN según el impacto que genera: indisponibilidad Total o Parcial.

H₀: No hay diferencias entre las medianas de la variable TR de las averías SD-WAN con afectación Total y Parcial.

H₁: Hay diferencias entre las medianas de la variable TR de las averías SD-WAN con afectación Total y Parcial.

Tabla 2. Prueba U Mann Whitney

	TTR
U de Mann-Whitney	10032.000
W de Wilcoxon	27987.000
Z	-1.515
Sig. asintótica(bilateral)	0.130
a. Variable de agrupación: Afectación	

Fuente: Elaboración propia

Se acepta la H₀ dado que la significancia es mayor que 0.05 y se rechaza la hipótesis de investigación.

Localización

Hace referencia a si la avería SD-WAN se localizó en la parte Underlay u Overlay.

H₀: No hay diferencia entre las medianas de la variable TR de las averías SD-WAN según su localización en Overlay y Underlay.

H₁: Hay diferencia entre las medianas de la variable TR de las averías SD-WAN localizadas en la Overlay y Underlay

Tabla 3. Prueba U de Mann Whitney

	TTR
U de Mann-Whitney	3142.500
W de Wilcoxon	4132.500
Z	-4.967
Sig. asintótica(bilateral)	0.000
a. Variable de agrupación: Localización	

Fuente: Elaboración propia

Se rechaza la H₀ dado que el valor de significancia es menor que 0.05, y se concluye que existe diferencias estadísticamente significativas entre las medianas del TR de las averías SD-WAN localizadas en la Overlay y Underlay.

DISCUSIÓN

- Por el nivel de impacto que producen, el 62% de las averías causó afectaciones parciales que se manifestaron como intermitencias constantes o presentadas por intervalos de tiempo. El 38% de las averías causó impacto total.
- El 34% de los reportes de averías estuvieron relacionados a saturación de un enlace miembro de la interfaz SD-WAN. La saturación se produce cuando el tráfico del canal ocupa toda su capacidad. El 66% estuvo relacionado a otras causas.
- El 82% de las averías estuvieron localizadas en la capa underlay, lo cual muestra que esta capa del sistema SD-WAN, desempeña un papel crítico y concentró la mayor parte de las averías SD-WAN.
- No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas del Tiempo de Reparación de las averías SD-WAN con afectación total o parcial de la red objeto de estudio, por lo que la media del Tiempo de Reparación de las averías SD-WAN no se ve influido por el tipo de Impacto de la avería.
- Existe diferencias significativas entre las medianas de los Tiempo de Reparación de las averías localizadas en la capa Overlay y Underlay SD-WAN de la red objeto de estudio. Los Tiempos de Reparación de averías de la capa Overlay SD-WAN son menores que las averías ubicadas en la Overlay.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado en la red SD-WAN de aplicación se puede concluir lo siguiente:

- Las averías con impacto parcial representan un grupo importante, 66%, de las averías estudiadas, por lo que en proyectos de mejora que persigan el objetivo de reducir el Tiempo de Reparación en redes SD-WAN que tenga similar conformación, se sugiere considerar iniciativas que se enfoquen en mejorar las destrezas en el diagnóstico de este tipo de averías.
- La congestión del canal de comunicaciones es un factor a tener en cuenta en el diseño y la operación & Mantenimiento de una red SD-WAN. Genera falsas alarmas y conmutaciones innecesarias, considerando que en SD-WAN, el estado del enlace es un factor que activa las conmutaciones de tráfico, la congestión incrementa los valores del delay y la pérdida de paquetes que son usados como parámetros de control para gobernar las conmutaciones.
- Continua siendo fundamental el conocimiento de las tecnologías de interconexión de oficinas como Acceso Dedicado de Internet, MPLS, 4G y otras ya que conforman la capa Underlay del SD-WAN, es decir dichas tecnologías no han quedado obsoletas con SD-WAN sino que conforman su capa Underlay de SD-WAN, aunque las decisiones de enrutamiento se realizan en la capa Overlay, es decir las tecnologías anteriores sólo cumplen función de proveer caminos y es SD-WAN quien elige cual camino se usa para enrutar el tráfico.
- El Tiempo de Reparación de averías SD-WAN localizados en la capa Overlay presentaron una diferencia estadísticamente significativamente de menor valor que los de las averías localizadas en la Overlay. Para poder asegurar el cumplimiento de esta premisa la capacitación en las funcionalidades para el diagnóstico que provee las controladoras de gestión del sistema SD-WAN es importante, dado que las averías en la Overlay se diagnostican de forma remota a lo que ayuda la componente visual que caracteriza a los sistemas SD-WAN.

REFERENCIAS

- Arévalo, R. (2020). *Análisis de factibilidad técnica y económica para la implementación de SDWAN considerando su eficiencia operacional frente al servicio de Mpls en la empresa Puntonet.* (Tesis de Maestría). ESPE Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Cuzco, W., Cabrera, J. y Lugo, J. (2022). Análisis de las tecnologías SD-WAN usadas en Ecuador. Dominio de las Ciencias, 8(2), 870-886. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2789>
- García, J. y Narvaez, G. (2018). Mejoramiento en el uso de los enlaces WAN para clientes corporativos en una empresa de telecomunicaciones usando la solución de Cisco Intelligent WAN. (Tesis de Maestria). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Heuermann, A. (2019). OTTs Versus Telcos: Network Neutrality and Operator Strategies. In: Krüssel, P. (eds) Future Telco. Management for Professionals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77724-5_22
- Hushyar, K., Braun, H. & Eslambolchi, H. (2021). Telecom Extrem Tranformation, the road to a Digital Service Provider. Boca Raton, USA. CRC Press.
- Ibrahim, M. (2022). Development of a toolkit based on sofware for building simulation models of modern cloud computing infraestructures in software-defined distributed networks. (Master Thesis). Tomsk Polytechnic University. Database:
- Li, Z. (2016). *Telecommunication 4.0, Reinvention of the Communication Network.* China. Springer.
- Liu, F., Kibalya, G., Santhosh Kumar, S.V.N., Zhang, P. (2022). Challenges of Traditional Networks and Development of Programmable Networks. In: Aujla, G.S., Garg, S., Kaur, K., Sikdar, B. (eds) Software Defined Internet of Everything. Internet of Things. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-89328-6_3
- Luciani, C. (2019). From MPLS to SD-WAN: Opportunities, Limitations and Best Practices. (Master Thesis). KTH Royal Institute of Tehcnology School of

- Electrical Engineering and Computer Science.
- Manvi, S. & Shyam, G. (2021). *Cloud Computing: Concept and Technologies*. Boca Raton. USA. CRC Press
- Marin, L. (2020). *Diseño y Simulación de una red WAN definida por Software, median la tecnología SD-WAN, para optimizar la disponibilidad de red y aplicar control por aplicativos*. (Tesis de Maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16888>
- Menendez, C.(2018). *Transformación de las Telcons para el segmento corporativo de servicio de voz y datos a proveedor de servicios digitales*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/16149>
- Moser, G. (2021). *Performance Analysis of an SD-WAN Infrastructure Implemented Using Cisco System Technologies*. (Master Thesis). KTH Royal Institute of Technlogoy School of Electrical Engineering and Computer Science. Database: <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1632279&dswid=-7774>
- Nadeau, T. Gray, K. (2013). *SDN: Software Defined Networks*. Sebastopol, USA. O'reilly Media Inc.
- Romero, E. y Cuenca, J. (2020). Implementación de SD-WAN Corporativo para el uso eficiente de las telecomunicaciones para el Holding Quito Motors. DOI: 10.23857/pc.v5i1.1886
- Rodríguez, M. (2021). *Diseño de Implementación de un Sistema de Seguridad Gestiónada con SD-WAN para una red MPLS que provee Servicios de Internet y Datos para la Universidad Politécnica Salesiana*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17647>
- Stuart, F. (2021). *Learning SD-WAN with Cisco, Transform Your Existing WAN into a Cost-effective Network*. Bedfordshire, UK. Apress.
- Todorov, M. (2018). Analysis of Software-Defined Wide-Area Networking. (Master Thesis). Aalborg University. Database [https://projekter.aau.dk/projekter/en/studentthesis/analysis-of-softwaredefined-widearea-networking\(032d50de-a425-4aa6-ab50-756d56e110e8\).html](https://projekter.aau.dk/projekter/en/studentthesis/analysis-of-softwaredefined-widearea-networking(032d50de-a425-4aa6-ab50-756d56e110e8).html)