

Perspectivas de aplicación e investigación en Software Defined Networking SDN



Application and research perspectives in software defined networking SDN

Miguel Fabricio Bone Andrade¹, Jaime Darío Rodríguez Vizuete², Sandra María Sosa Calero³, & Luis Alfonso Núñez Freire⁴

Recibido: 22-10-2020 / Revisado: 23-10-2020 / Aceptado: 13-12-2020/ Publicado: 02-01-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i1.1538>

Introduction: The infrastructure of communications networks have evolved to become the support of companies, currently there is an increase in companies of companies that take greater importance on technology, currently there is an increase in companies of companies that take greater importance on technology, as well as telecommunications are a fundamental part of the growth of companies worldwide and economic development. For this reason, there are great efforts for research into new communications network hardware and software technologies. **Objective:** the objective of the research is to answer the questions: What are the perspectives of research in SDN? What are the prospects for SDN applications. **Method:** A 3-stage process is planned: Theoretical analysis: detailed information gathering, to conceptualize SDN, application perspectives and research in SDN. Analysis of research perspectives in SDN. And it established the prospects for SDN applications. **Result:** Several perspectives on SDN research lines are presented, the most important

¹ Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. miguel.bone@utelvt.edu.ec <https://orcid.org/0000-0002-8635-1869>

² Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. jaime.rodriguez.vizuete@utelvt.edu.ec <https://orcid.org/0000-0003-1397-718X>

³ Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. sandra.sosa.calero@utelvt.edu.ec <https://orcid.org/0000-0002-9568-1907>

⁴ Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. luis.nunez@utelvt.edu.ec <https://orcid.org/0000-0001-9759-2003>

of which are the quality of service, the management and automation of the network, the virtualization of the network and the means of simulation of the SDN networks. And within the perspectives of SDN applications, cybersecurity applications, self-aware networks to improve service quality and energy efficiency, intelligent routing mechanisms and home networks stand out. **Conclusions** One of the main lines of research presented in SDN is network security, there is also SDN applied to cybersecurity. SDN becomes a very large niche to carry out research and thus find a way to improve it and apply it in a greater number of realities typical of communications networks.

Keywords: SND, Software Defined Networks, SDN Applications, Future SDN.

Resumen.

Introducción: La infraestructura de redes de comunicaciones han evolucionado para convertirse en el soporte de empresas, actualmente existe un aumento de empresas de compañías que toman mayor importancia sobre la tecnología, así también las telecomunicaciones son una parte fundamental del crecimiento de las empresas a nivel mundial y del desarrollo económico. Por lo cual existen grandes esfuerzos para la investigación en nuevas tecnologías de software y de hardware de redes de comunicaciones. **Objetivo:** el objetivo de la investigación es contestar las interrogantes ¿Cuáles son las perspectivas de investigaciones en SDN? ¿Cuáles son las perspectivas de aplicaciones de SDN? **Método:** Se planifica un proceso de 3 etapas: Análisis teórico: recopilación detallada de información, para conceptualizar SDN, las perspectivas de aplicaciones e investigación en SDN. Análisis de las perspectivas de investigaciones en SDN. Y establecer las perspectivas de aplicaciones de SDN. **Resultado:** Se presentan varias perspectivas sobre las líneas de investigación de SDN de las cuales destacan es la calidad de servicio, la gestión y automatización de la red, la virtualización de la red y los medios de simulación de las redes SDN. Y dentro de las perspectivas de las aplicaciones de SDN destacan, aplicaciones de ciberseguridad, redes autoconscientes para mejorar la calidad de servicio y la eficiencia energética, mecanismos de enrutamiento inteligente y redes domésticas. **Conclusión** Una de las principales líneas de investigación que se presentan en SDN es la seguridad de la red, también se encuentra el SDN aplicado a ciberseguridad. SDN se convierte en un nicho muy grande para realizar investigaciones y encontrar de esta manera la forma de perfeccionarlo y también aplicar en un mayor número de realidades propias de las redes de comunicaciones.

Palabras claves: SND, Redes Definidas por Software, Futuro de SDN. Aplicaciones de SDN.

Introducción.

La infraestructura de redes de comunicaciones ha evolucionado para convertirse en el soporte de empresas, lo cual se convierte en una tecnología fundamental para solucionar la saturación

que se exteriorizan en los medios de transmisión y luego adaptados a una necesidad específica tomando en cuenta características propias y los servicios que proporcionan. (Santillán Lima, Llanga Vargas, & Chafra, 2017) En la actualidad las empresas están dando mayor importancia a la tecnología, ya que las telecomunicaciones y las redes aportan de una manera fundamental al desarrollo económico y crecimiento de las empresas a nivel mundial, por ello existen grandes esfuerzos para la investigación en nuevas tecnologías de software y de hardware de redes de comunicaciones.

Debido a esto el presente trabajo de investigación propone una visión de las perspectivas futuras de las Redes Definidas por Software, SDN (Software Defined Networking) por sus siglas en inglés. Según el modelo de referencia propuesto por la ONF, la red SDN se divide en tres capas: infraestructura, control y aplicaciones donde cada capa tiene bien especificadas sus funcionalidades, las cuales son descritas con precisión entre otros por (Xia, et al. 2015). SDN se convierte en un modelo emergente que está cambiando la manera en que se dirigen las redes al dividir la red en el plano de datos y el plano de control, también se destaca que las redes se convierten en redes programables. Esta separación genera automatización, flexibilidad, orquestación y por lo cual existe ahorro en gastos operativos y de capital. (Thimmaraju et al., 2018).

La SDN nace en el mundo académico en 2008 como una solución de las dificultades que enfrentan los encargados de la gestión de redes. El problema de los dispositivos de red actuales es que normalmente los fabrican proveedores individuales y combinan las funciones esenciales de reenvío de paquetes junto con software de control patentado para controlar esas funciones. Las interfaces propietarias se utilizan generalmente para configurar los dispositivos para políticas de nivel superior. Por lo cual, la administración de las funciones de red están estrechamente vinculadas a los dispositivos de hardware individuales, que a su vez se relacionan con proveedores individuales e interfaces propietarias. (Alshnta, Abdollah, & Al-Haiqi, 2018).

En la última años, los requerimientos de la red han evolucionado rápidamente en respuesta a la creciente dimensión del tráfico de la red y los requisitos de calidad; por lo que, aumenta la exigencia de los objetivos de un extremo a otro (Hamdan et al, 2020). Los diseños de red convencionales son complejos y estáticos, para permitir que las redes sean adaptativas, se ha explorado un nuevo modelo de red emergente denominado SDN (Latif et al., 2020; Chica et al., 2020; Li, Meng, & Kwok, 2016; Nayyer et al., 2019;); SDN separa el plano de control de la red del plano de reenvío de datos (McKeown et al., 2008).

SDN nos da una nueva estructura que admite a la red ser controlada de manera centralizada e inteligente, también da la posibilidad mediante software de ser programada, Lo cual ayuda a que los encargados administren la red de manera integral, eficiente y constante, independientemente de la tecnología de red subyacente.

SDN se da a conocer como una arquitectura gestionable, dinámica, adaptable, de costo eficiente. Lo cual la hace ideal para la naturaleza dinámica de las aplicaciones actuales y las altas demandas de ancho de banda (de la Torre, Paliza, & Fleites, 2019). SDN desacopla el control de la red y la funcionalidad de reenvío de información lo cual permite que el control de la red sea programable por lo cual se logra que los servicios de red y las aplicaciones se separen de la infraestructura de red subyacente (Darabseh, et al. 2015) (Haleplidis, et al., 2015)

Metodología.

Para llegar a responder las incógnitas planteadas en la presente investigación, se realiza un proceso metodológico de tres etapas:

- 1) Análisis teórico: se realizará una recopilación mediante la investigación documental, para de conceptualizar SDN, sus perspectivas de aplicaciones e investigaciones que se pueden realizar a futuro en SDN, mediante el estudio de artículos científicos de impacto publicados en varias conferencias y revistas al respecto.

En la tabla 1 se pueden observar con mayor detalle los aspectos utilizados para el estudio teórico de la investigación realizada.

Tabla 1. Metodología

ITENS	DESCRIPCIÓN
Preguntas a investigar	Esta investigación responde a: ¿Cuáles son las perspectivas de investigaciones en SDN? ¿Cuáles son las perspectivas de aplicaciones de SDN?
Estrategias de investigación	Área: Redes de comunicaciones, Aplicaciones SDN, Telecomunicaciones Propósito de la búsqueda: Establecer las perspectivas de investigación y aplicaciones de SDN
Fuentes de información	Artículos científicos de alto impacto
Motores de búsqueda	Scopus, Google Académico.
Criterios de búsqueda	Aplicaciones de SDN, SDN , Investigación en SDN
Criterios de Inclusión	Artículos que poseen información sobre Aplicaciones de SDN, SDN, Investigación en SDN

Criterios de Exclusión	Se excluyen los artículos no concernientes a Aplicaciones de SDN, SDN, Investigación en SDN
Evaluación del contenido de los criterios	Exactitud, objetividad, cobertura, relevancia de acuerdo a las preguntas de investigación. Se investiga en la cadena de autores que han realizado contribuciones a los ítems vistos.
Análisis de la información	Se proporciona una visión general de SDN y de las perspectivas de las aplicaciones de SDN e Investigación en SDN, dando de esta manera una mejor visión a jóvenes investigadores o investigadores que estén interesados en SDN

- 2) Análisis de las perspectivas de investigaciones en SDN. Se analizó las investigaciones futuras que proponen los diversos investigadores en SDN, dando las implicaciones que tendrán en el futuro de SDN
- 3) Establecer las perspectivas de aplicaciones de SDN. Se establecerán las futuras aplicaciones que se pueden dar a SDN

Todo esto nos permite aportar una referencia a los investigadores e identificar el estado actual de SDN

Resultados.

En la sociedad prevalece la información a modo del capital transcendental de las empresas y de la humanidad, varios investigadores como Edvinsson y Malone (1998), Stewart, (1998), Roos et al, (2001) y Román, (2004). Afirman que el capital Intelectual “está constituido por todos las ideas y conocimientos que poseen el personal de una empresa, estos conocimientos al ser puestos en práctica contribuyen al aumentar la competitividad de la empresa dentro del mercado en que se desenvuelve”. Lo que demuestra de los conocimientos e ideas plasmadas en datos digitales.

Estas ideas y conocimientos deben ser transmitidos y compartidos y las telecomunicaciones se convierten en la principal herramienta ello, por ello es necesario prender la revolución tecnológica que puede generar las redes de comunicaciones y más específicamente SDN en nuestra sociedad. De la misma manera se debe conocer el estado de las aplicaciones e investigaciones de las redes definidas por software para que los investigadores tengan un marco de referencia de nuevas investigaciones y nuevas aplicaciones de SDN.

Perspectivas de investigaciones de SDN

Alshnta, Abdollah, & Al-Haiqi, (2018). Afirma que es evidente que muchas tareas individuales de gestión de red pueden ser el objetivo de una solución basada en SDN, como

el uso de Internet, la seguridad y la Calidad de la Experiencia (QoE Quality of Experience). En la investigación realizada por dichos autores la mayoría de los trabajos analizados se centraron en estas tareas y produjeron diferentes arquitecturas y prototipos para probar el concepto de su diseño y demostrar su implementación. Aunque estos trabajos tienen en común la base SDN, son independientes entre sí y, muy probablemente, incompatibles. Cada uno por sí solo también es incomprensible en términos de toda la gama de tareas de administración de red. Por lo cual el nicho de investigación propone es realizar más estudios para analizar, evaluar y combinar estas soluciones en un marco unificado, una especie de producto integral para redes domésticas definidas por software.

Otros temas de investigaciones futuras son los propuestos por Amin, Reisslein, & Shah, (2018) los cuales indican la necesidad de investigar sobre los problemas de redes SDN híbridas:

- Como lo es la gestión automatizada de la red: este ítem se debe enfocar su investigación en depurar y verificar las especificaciones
- Gestión de actualizaciones de la red: Una tarea importante que requiere atención y cuidado es la gestión de las actualizaciones de la red.
- Lenguaje de políticas de red. EL desarrollo de lenguajes de políticas de red para SDN necesita especial atención de los investigadores.
- Seguridad. Otro aspecto fundamental es la seguridad de la red informática. Por lo cual es importante tener mecanismos que garanticen la seguridad de los datos en SDN.
- Eficiencia energética. El tener una amigable con el medio ambiente garantizando eficiencia energética es una área de investigación muy importante.
- Virtualización de redes. Se debe invertir en investigar en este tema ya que mejora el tiempo de implementación, reduce los costos de la red, y maximiza la eficiencia de la red (Afolabi, et all., 2018)
- Redes inalámbricas. Las redes inalámbricas tienen características únicas, como características de propagación de señales complejas, un medio compartido propenso a errores, interferencia, así como problemas de terminales ocultos y expuestos. Las redes inalámbricas se caracterizan por cambios frecuentes en la topología de la red y un ancho de banda limitado.
- Controladores SDN distribuidos. Se debe investigar en un controlador que dote de confiabilidad, escalabilidad y simplicidad a la red. Así como sincronización rápida de la red, así también debe proporcionar una vista coherente de toda la red (Aslan, & Matrawy, 2016)
- Medidas de red. La supervisión y medición de la red SDN proporcionan información trascendental para optimizar el rendimiento de la red y sus operaciones (Megyesi, P., Botta, A., Aceto, G., Pescapé, A., & Molnar, S., 2017)
- Herramientas de simulación. La comunidad de investigación híbrida SDN actualmente depende de estas mismas herramientas SDN, que generalmente solo

tienen capacidades limitadas para simular dispositivos heredados. Por ejemplo, Mininet puede simular dispositivos heredados hasta cierto punto, pero no proporciona el conjunto completo de funcionalidades para simulando dispositivos heredados. Los siguientes desafíos deben ser abordado para herramientas de simulación para redes SDN híbridas: Actualmente, las VLAN no se pueden construir entre legacy y dispositivos SDN. La implementación de políticas de red no es una tarea sencilla en redes SDN híbridas; es un desafío adaptarse puro Simulaciones de red SDN con Mininet para reflejar correctamente las políticas en redes SDN híbridas. ¿Cómo se puede comunicar un controlador SDN con dispositivos legacy?

Hu, Z., Wang, M., Yan, X., Yin, Y., and Luo, Z., (2015) manifiesta que de acuerdo con el análisis de antecedentes y la encuesta técnica anteriores, encontramos una gran mejora en las SDN basadas en seguridad en la literatura. En concordancia Zhang, H., Cai, Z., Liu, Q., Xiao, Q., Li, Y., & Cheang, C. F. (2018) al realizar su investigación titulada “Una encuesta sobre medición consciente de la seguridad en SDN” manifiesta que aunque SDN tiene beneficios desde la perspectiva de la seguridad de la red, todavía encontramos varios puntos débiles notables que traen nuevos vectores de ataque. Estos puntos débiles deberían ser los temas de investigación futuros:

- Primero, debido a la escala excesiva de la red, es imposible que un controlador cubra todos los servicios de red y maneje todos los estallidos de mal funcionamiento de la red. Esto viene a la coordinación entre controladores, que debería ser una dirección de investigación importante e interesante. Una vez que una red contiene varias áreas, la dificultad de detectar amenazas de red mediante tecnologías de medición SDN aumenta exponencialmente. Por lo tanto, los investigadores deberían presentar nuevos enfoques ingeniosos adecuados para resolver este problema.
- En segundo lugar, la mayoría de las tecnologías de medición actuales tienen su propio ámbito de aplicación. Y juzgar el estándar para estas métricas adquiridas es vago durante todo el proceso. Esto requiere un marco de seguridad SDN completo que pueda manejar tantas amenazas de seguridad como sea posible. Por ejemplo, cada caso de seguridad debe establecer una condición de activación, el marco de medición SDN debe integrarse con muchos módulos de medición para ofrecer métricas de red esenciales. Al analizar las métricas logradas y hacer coincidir el umbral preestablecido, podemos detectar amenazas de red casi en tiempo real.
- En tercer lugar, todo método de medición tiene sus ventajas aparentes para llamar la atención, pero siempre va acompañado de desventajas. Tomemos la puntualidad como ejemplo; La medición en tiempo real está condenada a patrones de medición activos y consume más recursos de cálculo y almacenamiento. Sin embargo, los recursos y el rendimiento son rivales permanentes para los investigadores. Por lo tanto, tomar todo en consideración y proponer un método de equilibrio también debería ser otra dirección de investigación.

Aplicaciones de SDN

A continuación, se resaltan aplicaciones específicas para el manejo de redes domésticas, existiendo casos específicos como los que se detallan a continuación:

- Calidad de servicio y calidad de la experiencia del usuario QoE. Esta aplicación se enfoca en la percepción de la eficacia de la red al transmitir video y contenidos multimedia, para poder optimizar el ancho de banda para diferentes usos de red y de esta manera mejorar la experiencia del usuario. (Abuteir, Fladenmuller y Fourmaux, 2016; Bakhshi y Ghita, 2016 ; Bozkurt y Benson, 2016)
- Dispositivos IoT, en el hogar inteligente (Hernando, Fariña, Triana, Piñar, & Cambronero, 2017; Nobakht, Sivaraman, & Boreli, 2016) Esta perspectiva por su relevancia está aumentando en los hogares modernos con el auge del paradigma de IoT. Todos los dispositivos habilitados para la red en el hogar eventualmente están formando un Internet de las cosas y, en consecuencia, su administración puede considerarse un problema de red el cual puede ser solucionado con la aplicación de SDN
- Seguridad de la red doméstica. Luo, Wu, Li y Guo, (2016) proponen un mecanismo de mitigación de ataques de múltiples etapas para redes domésticas utilizando SDN. En contra parte Stewart, Vasu, & Keller, (2017) proponen un sistema de ciberseguridad hogareña de colaboración colectiva basado en la comunidad. Finalmente Taylor, Shue y Najd, (2016) dan a conocer una solución de proxy de seguridad a nivel del hogar para las aplicaciones de videoconferencia.

Sun, W., Wang, Z., & Zhang, G. (2020) al combinar múltiples métodos de aprendizaje automático, propone un mecanismo de enrutamiento inteligente garantizado por QoS en redes definidas por software, dicho mecanismo es un algoritmo de clasificación de flujo de datos (MACCA2-RF & RF). MACCA2-RF & RF consta de dos clasificadores básicos, un módulo de resultado de juicio de resultados de clasificación errónea y un módulo de decisión. Bajo la condición de seleccionar una pequeña cantidad de paquetes de datos, MACCA2-RF & RF puede clasificar de manera rápida y precisa los flujos de datos para obtener los requisitos de QoS. Teniendo en cuenta los diferentes requisitos de QoS, los parámetros y umbrales del enlace se establecen nuevamente.

Para realizar el enrutamiento eficiente que garantiza QoS en SDN, se proponen el algoritmo de selección de ruta garantizada QoS y el algoritmo de cambio de ruta local, que puede ajustar dinámicamente la ruta de enrutamiento de acuerdo con los requisitos de QoS de los flujos de datos y el estado del enlace, antes y después de la congestión. En base a lo anterior, se propuso un mecanismo de enrutamiento inteligente garantizado QoS en SDN llamado QI-RM. Según los resultados de la simulación, el QI-RM puede proporcionar una ruta para garantizar QoS para todo tipo de flujos de datos y garantizar los requisitos de QoS para todo tipo de flujos de datos. Además, el QI-RM propuesto en este documento se puede aplicar no solo en IoT,

sino también en otras redes con gran cantidad de flujos de datos y varios tipos de requisitos de QoS. (Sun, Wang, & Zhang, 2020)

Gelenbe, E., Domanska, J., Frohlich, P., Nowak, M. P., & Nowak, S. (2020) Proponen en su investigación “Redes autoconscientes que optimizan la seguridad, la calidad del servicio y la energía” una aplicación de SDN, en la que presentan un enfoque para introducir autoconciencia en SDN a través de un CPN que tiene objetivos de rendimiento específicos que persigue y que se implementa a través de un algoritmo RL que se incorpora a los controladores SDN. Luego, se ilustró mediante una implementación específica en un banco de pruebas de red de múltiples saltos donde el controlador SDN tiene como objetivo optimizar la QoE, incluida la QoS, la seguridad y la energía. Se han mostrado resultados experimentales con respecto a la capacidad de respuesta del sistema y su capacidad para reaccionar rápidamente a una degradación repentina en el retraso de la red o en los niveles de seguridad.

Finalmente, Yurekten & Demirci (2021) dan a conocer un enfoque que se basa en soluciones establecidas en SDN para prevenir o mitigar ataques categorizados como escaneo, suplantación de identidad, DoS, rastreo, malware e ingeniería social y ataques a aplicaciones web. Para cada categoría, revisan los estudios en la literatura y se resumen el enfoque de defensa en cada uno. Además, se ofrecen una evaluación exhaustiva de los enfoques de defensa.

Conclusiones.

- Una de las principales líneas de investigación que se presentan en SDN es la seguridad de la red, la seguridad se convierte en algo fundamental ya que las redes de comunicaciones albergan información sensible de los usuarios, así como también de grandes empresas que tienen su capital intelectual como uno de sus bienes más preciados.
- Otros aspectos fundamentales para investigar sobre SDN es la calidad de servicio, la gestión y automatización de la red, la virtualización de la red y los medios de simulación de las redes SDN.
- Dentro de las perspectivas de las aplicaciones de SDN destacan, aplicaciones de ciberseguridad, redes autoconscientes para mejorar la calidad de servicio y la eficiencia energética, mecanismos de enrutamiento inteligente y redes domésticas.
- SDN se convierte en un nicho muy grande para realizar investigaciones y encontrar de esta manera la forma de perfeccionarlo y también aplicar en un mayor número de realidades propias de las redes de comunicaciones.

Referencias bibliográficas.

- Abuteir, R. M. , Fladenmuller, A. , & Fourmaux, O. (2016). An SDN approach to adaptive video streaming in wireless home networks. In 2016 International wireless communications and mobile computing conference (IWCMC) (pp. 321–326)
- Afolabi, I., Taleb, T., Samdanis, K., Ksentini, A., and Flinck, H. (2018) “Network slicing & softwarization: A survey on principles, enabling technologies & solutions,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, in print, vol. PP, no. 99, pp. 1–1.
- Alshnta, A. M., Abdollah, M. F., & Al-Haiqi, A. (2018). SDN in the home: A survey of home network solutions using Software Defined Networking. *Cogent Engineering*, 5(1), 1469949.
- Alshnta, A. M., Abdollah, M. F., & Al-Haiqi, A. (2018). SDN in the home: A survey of home network solutions using software defined networking. *Cogent Engineering*, 5(1), 1-40. doi:10.1080/23311916.2018.1469949
- Amin, R., Reisslein, M., & Shah, N. (2018). Hybrid SDN Networks: A Survey of Existing Approaches. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1–1. doi:10.1109/comst.2018.2837161
- Aslan, M., & Matrawy, A., (2016) “Adaptive consistency for distributed SDN controllers,” in Proc. IEEE Int. Telecommun. Network Strategy and Planning Symp. (Networks), pp. 150–157.
- Bakhshi, T. , & Ghita, B. (2016). User-centric traffic optimization in residential software defined networks. In 2016 23rd International conference on telecommunications (ICT) (pp. 1–6)
- Bozkurt, I. N. , & Benson, T. (2016). Contextual router: Advancing experience oriented networking to the home. In Proceedings of the symposium on SDN research (p. 15: 1–15:7).
- Chica, J. C. C., Imbachi, J. C., & Botero, J. F. (2020). Security in SDN: A comprehensive survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 102595.
- Darabseh, A., Ayyoub, M. A., Jararweh, Y., Benkhelifa, E., & Mladen Vouk, A. R. (2015). SDSecurity: A Software Defined Security experimental framework. Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW).
- de la Torre, D. I., Paliza, F. Á., & Fleites, A. R. (2019). Combinación de mecanismos MPLS en una arquitectura SDN. *Telemática*, 18(1), 1-10.

- Gelenbe, E., Domanska, J., Frohlich, P., Nowak, M. P., & Nowak, S. (2020). Self-aware networks that optimize security, QoS, and energy. *Proceedings of the IEEE*, 108(7), 1150-1167. doi:10.1109/JPROC.2020.2992559
- Haleplidis, E., Pentikousis, K., Denazis, S., Salim, J. H., Meyer, D., & Koufopavlou O. (2015) "Software-defined networking (SDN): Layers and architecture terminology," 2070-1721.
- Hamdan, M., Hassan, E., Abdelaziz, A., Elhigazi, A., Mohammed, B., Khan, S., ... & Marsono, M. N. (2020). A comprehensive survey of load balancing techniques in software-defined network. *Journal of Network and Computer Applications*, 102856.
- Hernando, A. B. G. , Fariña, A. D. S. , Triana, L. B. , Piñar, F. J. R. , & Cambroner, D. F. (2017). Virtualization of residential IoT functionality by using NFV and SDN. In 2017 IEEE international conference on consumer electronics (ICCE) (pp. 86–87).
- Hu, Z., Wang, M., Yan, X., Yin, Y., and Luo, Z., (2015) "A comprehensive security architecture for SDN," in *Proceedings of the 2015 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, ICIN 2015*, pp. 30–37, IEEE, Paris, France.
- Latif, Z., Sharif, K., Li, F., Karim, M. M., Biswas, S., & Wang, Y. (2020). A comprehensive survey of interface protocols for software defined networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 156, 102563.
- Li, W., Meng, W., & Kwok, L. F. (2016). A survey on OpenFlow-based Software Defined Networks: Security challenges and countermeasures. *Journal of Network and Computer Applications*, 68, 126-139.
- Luo, S. , Wu, J. , Li, J. , & Guo, L. (2016, May). A multi-stage attack mitigation mechanism for software-defined home networks. *IEEE Transactions Consum Electronic* , 62(2), 200–207. doi:10.1109/TCE.2016.7514720
- McKeown, N., Anderson, T., Balakrishnan, H., Parulkar, G., Peterson, L., Rexford, J., ... & Turner, J. (2008). OpenFlow: enabling innovation in campus networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 38(2), 69-74.
- Megyesi, P., Botta, A., Aceto, G., Pescapé, A., & Molnar, S. (2017) "Challenges and solution for measuring available bandwidth in software defined networks," *Computer Communications*, vol. 99, no. Supplement C, pp. 48–61.
- Nayer, A., Sharma, A. K., & Awasthi, L. K. (2019). Issues in software-defined networking. In *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking* (pp. 989-997). Springer, Singapore.

- Nobakht, M. , Sivaraman, V. , & Boreli, R. (2016). A host-based intrusion detection and mitigation framework for smart home IoT using OpenFlow. In 2016 11th International conference on availability, reliability and security (ARES) (pp. 147–156).
- Santillán Lima, J. C., Llanga Vargas, A., & Chafla, G. (2017). Metodología para diseño de infraestructura de telecomunicaciones para campus universitarios medianos, caso La Dolorosa-UNACH. *Revista Ciencia UNEMI*, 10.
- Stewart, C. E. , Vasu, A. M. , & Keller, E. (2017). CommunityGuard: A crowdsourced home cyber-security system. In *Proceedings of the ACM International workshop on security in software defined networks & network function virtualization* (pp. 1–6).
- Sun, W., Wang, Z., & Zhang, G. (2020). A QoS-guaranteed intelligent routing mechanism in software-defined networks. *Computer Networks*, 107709.
- Taylor, C. R. , Shue, C. A. , & Najd, M. E. (2016). Whole home proxies: Bringing enterprise-grade security to residential networks. In 2016 IEEE International conference on communications (ICC) (pp. 1–6).
- Thimmaraju, K., Shastry, B., Fiebig, T., Hetzelt, F., Seifert, J. P., Feldmann, A., & Schmid, S. (2018). Taking control of sdn-based cloud systems via the data plane. In *Proceedings of the Symposium on SDN Research* (pp. 1-15).
- Xia, W., Wen, Y., Foh, C. H., Niyato, D., & Xie, H. (2015). A survey on SoftwareDefined Networking. *IEEE Communication Survey & Tutorial*, 17(1), 27-51.
- Yurekten, O., & Demirci, M. (2021). SDN-based cyber defense: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 115, 126-149. doi:10.1016/j.future.2020.09.006
- Zhang, H., Cai, Z., Liu, Q., Xiao, Q., Li, Y., & Cheang, C. F. (2018). A survey on security-aware measurement in SDN. *Security and Communication Networks*, 2018.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Bone Andrade , M. F., Rodríguez Vizuete, J. D., Sosa Calero, S. M., & Núñez Freire, L. A. (2021). Perspectivas de aplicación e investigación en Software Defined Networking SDN. *ConcienciaDigital*, 4(1), 121-133. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i1.1538>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

