

Conceptualización de SDN y NFV

Conceptualization of SDN and NFV

Ramiro A. Ríos

Resumen—Frente a la creciente adopción de los servicios ofrecidos por computación en la nube y con el advenimiento del Internet de las cosas, así como la conexión de más y más dispositivos a la red, es necesario explorar las nuevas soluciones que se vienen planteando para disponer de plataformas tecnológicas más flexibles y de fácil expansión que soporten los actuales y nuevos servicios. La exploración de esas nuevas propuestas tecnológicas, necesariamente debe partir de sus fundamentos teóricos, razón por la cual en este documento se pretende clarificar en los lectores los conceptos de SDN y NNFV, términos que a menudo se confunden. Para la conceptualización de estos dos términos, se han planteado tres preguntas directrices: ¿Qué significan SDN y NNFV? ¿Por qué son necesarios SDN y NNFV? y ¿Qué ventajas ofrecerían SDN y NNFV para las redes de datos? Sus respuestas, basadas en un análisis selectivo de documentos relevantes, proporcionarán la información suficiente para comprender y diferenciar el ámbito de estos dos temas; y, ayudarán a identificar las características de la nueva arquitectura de redes que será implantada en el futuro próximo, en las redes de los operadores de telecomunicaciones, con la finalidad de hacer frente a los desafíos tecnológicos originados por el aumento de la demanda en los servicios de red.

Palabras clave: NNFV, SDN, virtualización

Abstract—Due to the increasing demand of cloud computing services, along with the advent of the Internet of Things and the growing number of network connected devices, it becomes compulsory to explore different forthcoming solutions in order to have more flexible, easy-expandable technology platforms available and also capable of tolerating and supporting new and current services. Exploring these technological approaches must necessarily start off from theoretical foundations. Consequently, this document intent is to clarify the concepts of SDN and NNFV, which are usually misinterpreted, among the readers. Three leading questions have been established in order to conceptualize these terms: What do SDN and NNFV mean? Why are SDN and NNFV necessary? What kind of advantages do SDN and NNFV offer for data networking? The answers, based on selectively analyzing relevant documentation, will provide enough information to understand and distinguish the scopes of both terms. Additionally, clarifying these terms will aid in the effort to identify the features of a new network architecture, which might as well be implanted within mobile network operators. This new network architecture will be considered to face the technological challenges that resulted by the increasing demand of network services.

Keywords: NNFV, SDN, virtualization

Ramiro A. Ríos is with Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Av. General Rumiñahui s/n, P.O.BOX:171-5-231B Ecuador
e-mail: rarios@espe.edu.ec

Manuscript received September 19, 2016; revised October 12, 2016.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los proveedores de servicios tecnológicos buscan mantener a sus clientes satisfechos y leales, procurando responder apropiadamente, con sus plataformas tecnológicas, lo que los usuarios demandan de sus proveedores de telecomunicaciones: la calidad esperada de redes y servicios, y la posibilidad del lanzamiento, lo más rápido posible, de servicios solicitados.

Por otro lado, es importante reconocer que “La masividad de los dispositivos móviles, el nuevo contenido audiovisual, la virtualización de servidores y la integración de los servicios en la nube son algunas de las tendencias que están impulsando a la industria a repensar las arquitecturas tradicionales de red ...que fueron diseñadas basadas en una arquitectura jerárquica, que tiene sentido en un ambiente cliente- servidor, ... este tipo de arquitectura no se adapta bien a las necesidades dinámicas de las soluciones de cómputo y almacenamiento requeridas por los actuales Centros de Datos, en los que el patrón de tráfico ha cambiado de forma significativa, porque el acceso a las aplicaciones es diferente, las bases de datos y servidores están creando un fuerte tráfico de máquina a máquina (Este-Oeste) antes de enviarle la información al cliente final creando el conocido patrón (Norte-Sur). Al mismo tiempo, los usuarios están modificando el patrón de tráfico presionando para ingresar con cualquier tipo de dispositivo al contenido y a las aplicaciones de las empresas, conectándose a toda hora y desde cualquier lugar. Adicionalmente, muchos administradores de Centros de Datos están empezando a adoptar modelos de computación como Computación en la Nube, pensando en armado de nubes privadas, ya sea tomando recursos de una nube pública o trabajando en un mix entre privado y público. Como resultado de esto, surge un tráfico adicional sobre los vínculos WAN. Además, hoy el manejo de la Big Data o Mega Datasets requiere un procesamiento en paralelo de cientos de servidores y todos estos requieren estar conectados entre sí, ... lo que está constantemente demandando nuevos recursos en la red del Centro de datos.”[1]

La solución propuesta para cubrir las demandas citadas se encuentra enmarcada con el nombre genérico de redes inteligentes, y se fundamenta en SDN y NNFV.

Este documento servirá para clarificar en los lectores los conceptos de SDN y NNFV, y permitirá comprender que se tratan de términos con significados y connotaciones diferentes, desvaneciendo la confusión existente en algunas personas, tal como se declara en [2] “Para muchos, los dos términos son intercambiables, pero la realidad es que representan dos aspectos diferentes del futuro de las redes”; y en [3] “Cuando se habla de redes basadas en software, se confunde a menudo

entre NFV y SDN, dando lugar a un intercambio erróneo de los dos términos”.

La conceptualización de esos dos términos se inicia con el planteamiento de tres preguntas orientadoras: ¿Qué significan SDN y NFV? ¿Por qué son necesarios SDN y NFV? y ¿Qué ventajas ofrecerían SDN y NFV para las redes de datos?; las respuestas que nacen del análisis selectivo de los documentos relevantes que constan en las Referencias, brindan la información suficiente para comprender y diferenciar el ámbito de estos dos temas; y, ayudan a caracterizar una nueva arquitectura de redes cuyos beneficios serían costos reducidos de gestión y mantenimiento de red; aumento de las capacidades de servicio; y agilidad en el despliegue de servicios logrando un menor tiempo de comercialización de nuevos servicios para clientes finales.

II. MARCO TEÓRICO

Para conceptualizar SDN y NFV, es necesario comenzar presentando las definiciones de términos básicos relacionados con ellos, como son: virtualización, red virtual, y virtualización de red.

II-A. Virtualización

“La virtualización es la emulación transparente de un recurso de TI (los consumidores del recurso de TI no pueden hacer una distinción entre los recursos emulados y sus contrapartes físicas) que proporciona a sus consumidores beneficios que no estaban disponibles en su forma física.

La virtualización permite ejecutar múltiples máquinas virtuales sobre una única máquina física. Estas máquinas virtuales comparten los recursos físicos a través de múltiples ambientes.”[4]

II-B. Red virtual

“La red virtual encamina información entre las interfaces de red de las instancias VM (Máquina Virtual) y las interfaces de red físicas, proveyendo la conectividad necesaria.”[5]

II-C. Virtualización de Red (Network Virtualization)

Es la capacidad de simular en software una plataforma de hardware, en este caso un dispositivo de red, con la cual se “... proporcionan redes de extremo a extremo que se abstraen de los detalles de la red física subyacente de una manera similar a cómo la virtualización de servidores proporciona recursos informáticos que son abstraídos de los detalles de los servidores subyacentes basados en x86.” [6]

El hardware físico relativamente no cambia, pero el software computacional o “instancia virtual” reside en un servidor en otro lugar en la red. La ventaja es que una sola plataforma de hardware puede soportar múltiples dispositivos o máquinas virtuales, que son fáciles de activar o desactivar según sea necesario, consecuentemente una solución virtualizada sería más portátil, escalable y rentable que una solución tradicional basada hardware.

III. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DIRECTRICES

III-A. ¿Qué significan SDN y NFV?

III-A1. SDN: Es la sigla de la denominación inglesa de Redes definidas por Software: Software Defined Networking. SDN significa la destrucción del paradigma de la red tradicional de datos que ha estado en gran medida centrada en hardware, requiriendo configuración dispositivo por dispositivo; y, de la arquitectura tradicional de los dispositivos de red, mostrado en la Figura 1(a), en el cual “... los controles están en el nivel de los elementos de red, y, por tanto, basados en sistemas propietarios desarrollados por los fabricantes de equipos” [7]; y, la propuesta de uno nuevo, representado en la Figura 1(b), en el que se “prevé una separación entre los planos de control (la inteligencia de un elemento de red, por ejemplo, el software responsable de definir los procesos de enrutamiento, políticas de seguridad, ingeniería de tráfico) y el plano de datos (responsable por realizar el encaminamiento de los paquetes, esto es, la base del envío de información); es decir, el principal cambio que trae es una alteración de la capa de red en la cual se controla el tráfico, que pasa a estar distribuida entre el hardware y la capa de software. Así, los elementos de red pasan a ser responsables, tan solo del encaminamiento físico de los paquetes, en tanto que todo el control del enrutamiento es ejecutado por medio de software, en una capa superior”[7].

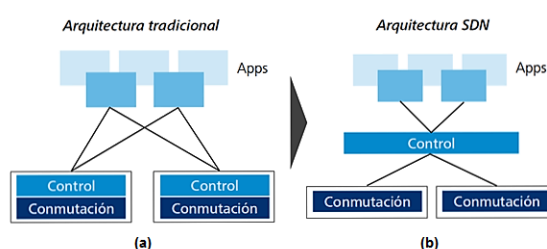


Figura 1. Desacoplo de la capa de control y datos - Fuente: [8]

Con este nuevo modelo, se esperan obtener “... redes menos complejas y al mismo tiempo más flexibles, cuyas políticas de tráfico puedan ser redefinidas rápidamente en la capa de control conforme surjan las demandas de negocios, sin la necesidad de la configuración de cada switch y enrutador individualmente. Se hace factible la interacción de los aplicativos con los elementos de red, permitiendo que el comportamiento de la infraestructura se defina automáticamente con base en la aplicación.

La Open Networking Foundation (ONF) define SDN de la siguiente forma: “Software-Defined Networking (SDN) es una arquitectura emergente que es dinámica, manejable, rentable y adaptable, haciéndola ideal para la naturaleza de banda ancha dinámica de las aplicaciones actuales. Esta arquitectura desvincula las funciones de control y reenvío de la red, permitiendo al control de la red hacerse programable directamente y quedando abstraída la infraestructura subyacente para las aplicaciones y los servicios de red.”[9]

Por tanto, se crea el concepto de redes programables. A partir de esa arquitectura, los elementos de red (routers,

switches, firewall, etc.) pasan a tener APIs (Interfaces de Programación de Aplicaciones) en su sistema operativo que crearán la posibilidad de que las aplicaciones no desarrolladas por los fabricantes de hardware interactúen con el plano de control del sistema, tomando decisiones de ingeniería de tráfico basados en patrones no usuales, como temperatura, costo del enlace, consumo de energía, entre otros.”[7]

Y así, “en el contexto de SDN la frase virtualización de red se refiere a la creación de redes virtuales, lógicas que son desvinculadas del hardware de red subyacente y que pueden ser controladas mediante programación.”[9]

III-A.2. NFV: Es la sigla de la denominación inglesa de Virtualización de Funciones de Red: Network Functions Virtualization, concepto que cobró impulso en 2012, cuando un grupo de 13 operadores de telecomunicaciones de todo el mundo escribió un informe que fue publicado por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

“NFV introduce una serie de diferencias en la forma en que se realiza la provisión de servicios de red en comparación con la práctica actual en redes no virtualizadas, en las que las NFs¹ son implementadas como una combinación de software y hardware específico de proveedor, a menudo referido como nodos de la red o elementos de red.”[10] El modelo de red actual se muestra en la Figura No. 2(a).

“NFV está orientada a desacoplar las funciones de la red del hardware subyacente.”[11]. “Se trata de la implementación en software de las funciones de red, que se puede ejecutar sobre una amplia gama de hardware estándar de la industria de servidores, y que se puede mover a, o instanciar en, varios lugares de la red como se requieran, sin la necesidad de la instalación de nuevos equipos. La premisa básica de la virtualización de las funciones de red es la migración de estas funciones de hardware dedicado hacia dispositivos genéricos - como servidores x86 comunes - y la concentración de diferentes funciones en un dispositivo único versátil.”[12] La nueva propuesta que trae NFV se esquematiza en la Figura No. 2(b).

Con NFV es posible que las funciones de red virtualizadas - VNF (Virtualised Network Function)², se instalen en distintos puntos de la red, de acuerdo con la criticidad y los requisitos de rendimiento exigidos por las aplicaciones del cliente y según la conveniencia del proveedor de servicios”[5]

Los beneficios que acarrea el desacoplamiento del software respecto al hardware propuesto en NFV, sintetizando a [10], son:

1. Las evoluciones del hardware y software son independientes uno de otro. Esto le permite progresar al software por separado del hardware, y viceversa.
2. Ayuda a reasignar y compartir los recursos de infraestructura, por lo que juntos, el hardware y el software, pueden desempeñar diferentes funciones en diversos mo-

¹Network Function (NF) - Función de red (NF): Según [5], bloque funcional dentro de una infraestructura de red que tiene interfaces externas bien definidas y comportamiento funcional bien definido.

²Virtualised Network Function (VNF): Función de red virtualizada (VNF): Según [5], aplicación de una NF que se puede implementar en una Infraestructura de virtualización de funciones de red (NFVI).

mentos. Suponiendo que el conjunto de hardware o de recursos físicos ya está en marcha e instalado en algunos NFVI-PoPs³, la instanciación de software de la función de red actual puede llegar a ser más automatizada. Dicha automatización aprovecha las diferentes tecnologías de nube y de red disponibles en la actualidad. Además, esto ayuda a los operadores de redes a desplegar nuevos servicios de red más rápido sobre la misma plataforma física.

3. El desacoplamiento de la funcionalidad de la función de red en componentes de software instanciables proporciona una mayor flexibilidad para escalar el rendimiento real de VNF de una manera más dinámica y con granularidad más fina, por ejemplo, de acuerdo con el tráfico real para el cual el operador de red necesita capacidad de provisión.

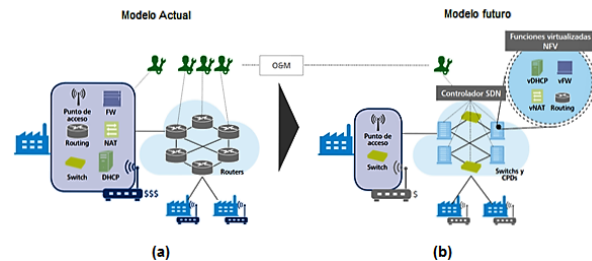


Figura 2. Evolución del modelo de red hacia SDN-NFV - Fuente [8]

III-B. ¿Por qué son necesarios SDN y NFV?

Son numerosas las razones, tanto de índole técnico como de índole económico, que hacen de SDN y NFV tecnologías atractivas para las nuevas arquitecturas de redes de los operadores de telecomunicaciones y tecnologías de información, entre las que se destacan las siguientes:

1. El nuevo escenario que se aproxima rápidamente, planteado por la gran transformación que está viviendo el mercado de telecomunicaciones y la tecnología de información, caracterizada por el crecimiento explosivo del uso de dispositivos móviles, la adopción cada vez más frecuente de la computación en la nube, y el Internet de las cosas (IoT Internet of Things); demanda de arquitecturas de redes ágilmente escalables que no son ofrecidas por el paradigma actual, con el cual se ha alcanzado alta robustez de la arquitectura de las redes disponibles. [7] [12]

Así por ejemplo, una de las fuentes de presión sobre las organizaciones de networking para ser más eficientes y ágiles, es la adopción generalizada de virtualización de servidores. Como parte de la virtualización de servidores, las máquinas virtuales (VMs) se mueven dinámicamente entre servidores en cuestión de segundos o minutos. Sin embargo, si el movimiento de una

³NFVI-PoP - NFV Infrastructure Point of Presence: Según [5], N-PoP donde una función de red es o podría ser desplegada como función de red virtual (VNF).

VM cruza un límite de capa 3, puede tardarse varios días en reconfigurar la red con enfoque tradicional de networking, para dar soporte a la máquina virtual en su nueva ubicación; es por eso que se dice que dicha red no es lo suficientemente ágil, es relativamente estática como para reprogramarse, reconfigurarse y reajustarse a los nuevos despliegues, y tiene relativamente un alto nivel de gastos de operación (OPEX).[6]

Otro ejemplo de la necesidad de mejorar la agilidad de la red se tiene en la concepción de que “las aplicaciones no son solo software. Las aplicaciones dependen de los servidores y de la interacción entre los servidores y la red de suministro. Cuando se implementan nuevas aplicaciones o se mueven servidores virtuales o aplicaciones dinámicas ponen en marcha nuevas instancias, las redes deben responder inmediatamente y proporcionar el tipo de conectividad adecuado.”[9]

2. Lo complejo y desafiante que representa para los operadores de redes activar y desactivar servicios de una manera rápida, ante una demanda en aumento, gran diversidad de servicios y complejidad cada vez mayor de las infraestructuras. [11]
3. La reducción de Gastos de capital [13] (CAPEX⁴) debido a:
 - a) La reducción de los costes de hardware por el uso de servidores comerciales que pueden ser ofrecidos por una amplia variedad de proveedores, incrementada por la competencia en el mercado por el aumento del volumen de la demanda de este tipo de equipos.
 - b) La eliminación de la prima que las organizaciones podrían estar pagando a los vendedores de hardware propietario especializado en ejecutar las funciones de red, a causa de la implementación en software de los servicios de red.
 - c) La supresión de la necesidad de las organizaciones de comprar y almacenar repuestos para mantener un equipo especializado costoso; tomando en cuenta que en un ambiente SDN - NFV, una sola arquitectura de servidor común puede ser usada para construir en las organizaciones la redundancia y disponibilidad que se requiera dentro de su entorno de centro de datos, así, en el caso de un fallo, la infraestructura virtualizada compartida simplemente puede mover cargas de trabajo para asegurar la capacidad y el rendimiento en curso.
 - d) La capacidad de utilizar una infraestructura compartida desde proveedor(es) en la nube para ejecutar las funciones requeridas por una organización convierte el gasto de capital en un operativo para incrementar la eficiencia del capital. Al alquilar en vez de comprar el equipo directamente, las organizaciones pueden aprovechar las ventajas de

⁴CAPEX Capital Expenditure (Gasto de Capital): Coste asociado a la compra de algo que se convertirá en un Activo financiero (por ejemplo: diseño, desarrollo, adquisición, instalación, entrenamiento staff, manuales, documentación, herramientas y facilidades para mantenimiento, repuestos de aseguramiento).

los modelos de pago por uso como se crece y evitar un excesivo, costoso y despilfarrador aprovisionamiento.

- e) Un beneficio adicional de la utilización de hardware comercial menos costoso, consiste en que una organización puede potencialmente tener ciclos de cambio de hardware más cortos para mejorar el rendimiento global de la red. Al actualizar la red cada 2 a 3 años, en lugar de la tradicional 5 a 7, una organización puede seguir abordando eficazmente las cambiantes demandas en su red e incrementando el valor captado durante la vida útil de esos servidores.
4. La reducción de Gastos operacionales [13] (OPEX⁵) a consecuencia de:
 - a) La eliminación de la necesidad de implementar, administrar y mantener hardware especializado para funciones especializadas, en razón de que el Software permite a las organizaciones moverse con rapidez y facilidad, y escalar la funcionalidad para hacer frente a las necesidades cambiantes y maximizar la utilidad del hardware básico. Un solo servidor puede ser utilizado para proporcionar una variedad de capacidades.
 - b) La reducción en los costos de espacio, energía y refrigeración que las organizaciones pueden tener con el uso de un hardware más eficiente, estandarizado, que a menudo aprovecha las técnicas perfeccionadas por los proveedores de servicios en la nube para sus centros de datos masivos, y que agiliza sus operaciones.
 - c) La simplificación y mayor flexibilidad del despliegue, y la menor complejidad en la gestión que las funciones virtuales proporcionan a las organizaciones a través de hardware y software estandarizados, permiten rápida y fácilmente desplegar plantillas y procedimientos de automatización y de operación para mover o redistribuir funcionalidad ágilmente a lo largo de la organización.
 5. Acelera la prestación de servicios y en consecuencia la salida al mercado [13], en virtud de que:
 - a) Las funciones virtualizadas se pueden instalar y suministrar fácilmente para permitir a una organización desplegar rápidamente servicios cuando y donde más se necesitan.
 - b) Las funciones virtualizadas son propicias para permitir a las organizaciones probar nuevos servicios, sin incurrir en mucho riesgo. Frameworks estandarizados y la capacidad de recuperación dinámica de fallas utilizando un framework de orquestación permite a las organizaciones reducir drásticamente el riesgo de la implementación de nuevos productos de los vendedores. Los bajos costes y la flexibilidad de poder mover y escalar la funcionalidad, según

⁵OPEX - Operational expenditure (Gastos operacionales): costos operacionales del activo (por ejemplo: mano de obra, operaciones, mantenimiento, almacenamiento, contrataciones, penalizaciones).

sea necesario, impulsa la innovación de servicios. Pruebas de Conceptos y ensayos se pueden ejecutar más rápido en ambientes de menor escala; se puede activar el prototipado de “falla rápida”, por lo que la organización puede ajustar y afinar sus ofertas para tener confianza en los despliegues a gran escala.

- c) La capacidad de ejecutar servicios virtuales en la parte superior de las capas físicas de las redes significa que las organizaciones no tienen que incurrir en tiempo o costes de actualizar sus sistemas existentes para agregar nuevos servicios.

6. Agilidad y flexibilidad para atender los requerimientos de los clientes [13]:

- a) Debido a que las organizaciones no tienen que amortizar el costo de equipos costosos o manejar adquisiciones de bienes de capital, se puede rápida y fácilmente abordar las demandas de los clientes. Ahora, se pueden suministrar un par de servidores para ofrecer servicios que se utilizarán una sola vez o por un corto plazo.
- b) La capacidad de reducir, mover, escalar y configurar servicios con facilidad, conforme las demandas de los clientes o los cambios del negocio, ofrece a las organizaciones la capacidad de crear servicios en cualquier parte del mundo y a cualquier hora.

III-C. ¿Qué ventajas ofrecerían SDN y NFV para las redes de datos?

Resumiendo lo citado en [7] y [12]:

1. Identifican una nueva arquitectura de redes, con estándares abiertos, considerada significativamente menos compleja, más flexible, más eficiente y potencialmente más barata, propuesta por los diferentes actores del sector de telecomunicaciones y la tecnología de información: fabricantes, investigadores y entidades de estandarización.
2. Mejoran el rendimiento, simplifican la compatibilidad, y también facilitan los procedimientos de operación y mantenimiento de la red, ya sea virtual o no, cuando esos dos conceptos complementarios, sin ninguna relación de dependencia, se combinan.
3. NFV:
 - Brinda más agilidad, versatilidad y elasticidad a las redes de datos.
 - Conceptualmente, reduce el costo total de propiedad y los costos operativos relacionados a la implementación, gestión y mantenimiento de la infraestructura de la red.
4. Según [11]:
 - Las redes definidas por software (SDN):
 - a) Son fundamentalmente una manera de simplificar las redes.
 - b) Brindan a los operadores de redes un control centralizado más flexible y aparentemente más receptivo del tráfico de la red a través de una red programable, por la abstracción del control de los reenvíos.

■ La Virtualización de Funciones de Red (NFV):

- a) Facilita opciones de implementación más flexibles y optimizadas, y un control más dinámico.
- b) Genera gran expectativa respecto de la Optimización de la red, el dinamismo del servicio y los ahorros operativos y de capital, por el concepto de administración de los servicios de la red con una respuesta más rápida a las demandas.

5. En [13] se asegura:

- a) NFV es complementaria a SDN, trabajando juntas mejoran la capacidad de gestión global de la red.
- b) NFV y SDN tienen ligeramente diferentes objetivos y se basan en diferentes métodos para alcanzarlos. SDN separa los esquemas de control y reenvío (forwarding) para ofrecer una visión centralizada de la red, mientras que NFV se centra principalmente en la optimización de los propios servicios de red.
- c) La tecnología SDN permite el encaminamiento flexible del tráfico dentro de una infraestructura, NFV mejora la eficiencia y maximiza la agilidad global de la red.
- d) Las arquitecturas NFV habilitan funciones de red que se definen de forma dinámica, permitiendo la construcción y gestión de la(s) función(es) que mejor soporta(n) el entorno de la organización. Las funciones de red virtualizadas (VNFs) pueden ser implementadas y reasignadas para compartir diferentes recursos de la infraestructura física y virtual para adaptarse a los requerimientos de crecimiento, rendimiento y capacidad de una organización. Esto hace que sea fácil para los proveedores de servicios y empresas desplegar más rápidamente nuevos servicios, al tiempo que maximiza sus inversiones en las plataformas existentes
- e) NFV desacopla servicios de red desde el hardware que los distribuye. Como resultado, las funciones, tales como la Network Address Translation (NAT), firewalls, detección de intrusiones, servicio de nombres de dominio (DNS) y el almacenamiento en caché, se pueden generar en software e implementarse en dispositivos de uso general. Esto les da a las organizaciones mucha más flexibilidad en la forma de diseñar, implementar y administrar sus servicios de red.

IV. DISCUSIÓN

1. Las redes actuales de los operadores de red están pobladas con una amplia y creciente variedad de dispositivos de hardware propietarios, lo que conlleva una serie de aspectos adversos al querer poner en marcha un nuevo servicio de red, tales como:
 - a) Necesidad de encontrar espacio y energía para dar cabida a otra variedad de equipos propietarios, lo que cada vez es más difícil; agravada por los crecientes costos de la energía.

- b) Se requieren habilidades especiales para diseñar, integrar y operar equipos basados en hardware cada vez más complejo.
 - c) Los equipos basados en hardware alcanzan rápidamente el final de la vida útil, por lo que es necesario que el ciclo de planeación-diseño-integración-implementación se produzca con mayor frecuencia, con poco o ningún beneficio de ingresos.
 - d) Los ciclos de vida de hardware son cada vez más cortos ya que la innovación de la tecnología y los servicios se aceleran, impidiendo la implantación de nuevos servicios de red que generen ingresos, y limitando la innovación en un mundo cada vez más conectado por las redes.
2. NFV y SDN representan un cambio de paradigma en la creación de redes, representa un paso adelante para los diversos grupos de interés en el entorno de red de telecomunicaciones, apunta a transformar la manera en que los operadores de red estructuran redes.
 3. Este nuevo paradigma se fundamenta en la evolución de la tecnología de virtualización de TI estándar, mediante la cual se consolidan muchos tipos de equipos de red sobre una industria estándar de gran cantidad de servidores, switches y almacenamiento, los cuales estarían localizados en centros de datos, nodos de red y en las instalaciones del usuario final.
 4. La Virtualización de las Funciones de Red plantea grandes desafíos tecnológicos que deberán ser atendidos conforme se van migrando las funciones de red actuales hacia la nube NFV, tales como:
 - a) Desafíos de escalabilidad: Se estima que cientos de miles de dispositivos virtualizados necesitan ser soportados. Una sencilla implementación asignando una máquina virtual por dispositivo requeriría una enorme cantidad de recursos de la nube.
 - b) El reto de mantener la noción de cliente, cuando las funcionalidades que le corresponden están dispersas a través de diferentes grupos de servidores.
 - c) El desafío de que las funcionalidades requeridas por el cliente sean instanciadas coherentemente sobre una base bajo demanda y en diferentes grupos de servidores.
 - d) Protección del flujo de contenido que sea emitido por un servicio desde la red, a través de cifrado, por cada cliente.
 - e) Garantía de la existencia de un aislamiento completo entre los clientes.
 - f) La necesidad de una capacidad de procesamiento significativa de la Infraestructura NFV.

V. CONCLUSIÓN

Ha quedado evidenciado que SDN y NFV son dos conceptos diferentes, que definen un nuevo paradigma, que se complementan para ofrecer a los operadores de servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información, grandes ventajas frente al modelo actual. Desde un punto de vista tecnológico, dan la alternativa de disponer arquitecturas de

redes ágiles en su despliegue, crecimiento y gestión, con las cuales se puede enfrentar con éxito el nuevo escenario de demanda de servicios y acceso de múltiples equipos de usuario final; y desde el punto de vista económico, atractivos ahorros de recursos monetarios relacionados con la energía consumida, los espacios requeridos para la infraestructura, los costes de adquisición de equipos y más. Sin embargo, aún existen desafíos que deberán ser solventados, como son la escalabilidad, el manejo de la noción de cliente, y principalmente aquellos relacionados con la seguridad de los datos sensibles que manejan las organizaciones, cuando se contraten servicios de nubes públicas para la implantación de estas nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

- [1] C. Spera, "Software Defined Network: el futuro de las arquitecturas de red," *Logicalis Now*, pp. 42–45, 2013. [Online]. Available: <http://www.la.logicalis.com/globalassets/latin-america/logicalisnow/revista-20/lnow20-nota-42-45.pdf>
- [2] I. Brocade Communications Systems, "NFV AND SDN ARE NOT THE SAME . HERE ' S WHY ." 2014. [Online]. Available: <https://www.brocade.com/content/dam/common/documents/content-types/whitepaper/brocade-sdn-nfv-defined-wp.pdf>
- [3] Y. Gittik, "White Paper Distributed Network Functions Virtualization An Introduction to D-NFV," no. March, 2014. [Online]. Available: <http://crezer.net/Newsletter/archivos/Distributed-NFV-White-Paper.pdf>
- [4] G. A. A. Santana, *Data Center Virtualization Fundamentals*. Indianapolis: Cisco Press, 2014.
- [5] ETSI European Telecommunications Standards Institute, "Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework," vol. 1, pp. 1–21, 2013.
- [6] Citrix.es, "SDN 101 : Introducción a Software Defined Networking," 2014. [Online]. Available: https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/oth/sdn-101-an-introduction-to-software-defined-networking-es.pdf
- [7] PromonLogicalis, "Como o novo universo trazido pelas redes definidas por software ira impactar os negócios," 2013. [Online]. Available: http://www.br.promonlogicalis.com/globalassets/latin-america/advisor-sdn_websafe.pdf
- [8] Deloitte, "Predicciones de Tecnología, Medios de Comunicación y Telecomunicaciones 2015," 2015. [Online]. Available: http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/tecnologia-media-telecomunicaciones/Deloitte_ES_TMT_Predicciones-2015.pdf
- [9] Citrix.es, "SDN 102 : Software Defined Networks y el papel de los servicios de red en la entrega de aplicaciones," 2015. [Online]. Available: https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products-solutions/sdn-102-software-defined-networks-and-the-role-of-application%2ddelivery-network-services-es.pdf
- [10] ETSI European Telecommunications Standards Institute, "GS NFV 002 - V1.2.1 - Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework," vol. 1, pp. 1–21, 2014. [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/002/01.02.01_60/gs_NFV002v010201p.pdf
- [11] Cisco, "Can Software-Defined Networking (SDN) Enhance Operator Monetization ?" pp. 2013–2015, 2014.
- [12] PromonLogicalis, "NFV: Los beneficios y los desafíos que acompañan el proceso de virtualización de funciones de red.pdf," 2014. [Online]. Available: <http://www.br.promonlogicalis.com/globalassets/latin-america/advisors/pt/advisor-nfv---final---cuadros.pdf>
- [13] SDN Central LLC, *SDx Central Network Functions Virtualization Report*, 2015. [Online]. Available: <https://www.sdxcentral.com/wp-content/uploads/2015/04/SDxCentral-NFV-Report-2015-A.pdf>