

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **ORQUESTACIÓN DE REDES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**JAIME SANTIAGO ESPINOZA RODRÍGUEZ**

**[jaimespinoza@epn.edu.ec](mailto:jaimespinoza@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ**

**[carlos.herrera@epn.edu.ec](mailto:carlos.herrera@epn.edu.ec)**

**DMQ, abril 2023**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, JAIRME SANTIAGO ESPINOZA RODRÍGUEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**JAIME SANTIAGO ESPINOZA RODRÍGUEZ**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JAIME SANTIAGO ESPINOZA RODRÍGUEZ, bajo mi supervisión.

---

**CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JAIME SANTIAGO ESPINOZA RODRÍGUEZ

CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Carmen y Gonzalo por su gran apoyo en mi vida académica. A mis hermanos y compañeros por estar presentes apoyándome en este proceso en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios, a mi madre, padre y hermanos. A otros familiares que estuvieron presentes como mi tía Mariana y a excelentes profesores que me instruyeron con sus enseñanzas.

Agradezco especialmente a mi profesor Carlos Herrera por su gran ayuda con su dirección y apoyo para realizar este trabajo de la mejor manera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Objetivo general .....	2
1.2	Objetivos específicos. ....	2
1.3	Alcance .....	2
1.3.1	Fase de estudio de la orquestación de redes .....	2
1.3.2	Fase de estudio de dos alternativas de soluciones de la orquestación de redes.....	2
1.3.3	Fase comparación de las dos alternativas de soluciones de la orquestación de redes .....	2
1.4	Marco teórico .....	3
1.4.1	Definición de Orquestación de Redes.....	3
1.4.2	Diferencia entre Automatización y Orquestación de Redes.....	4
1.4.3	Tipos de Orquestación de Redes.....	6
1.4.4	Beneficios y casos de uso de la orquestación de redes .....	8
1.4.5	Orquestación de Redes Móviles Privadas .....	10
1.4.6	Seguridad en la Orquestación de Redes .....	11
2	METODOLOGÍA .....	13
2.1	Orquestación de Redes con Cisco.....	13
2.1.1	Orquestador de Servicios de Red.....	13
2.1.2	Mínimos requerimientos para un NSO [5].....	15
2.1.3	Importancia de la NSO en la garantía de servicio.....	16
2.1.4	Crosswork NSO .....	17
2.1.5	Base de datos de configuración en tiempo real (CDB) .....	20
2.1.6	Orquestación multidominio .....	21
2.1.7	Paquetes de funciones principales de NSO.....	21
2.2	Orquestación de Redes con Juniper .....	22
2.2.1	Orquestación de Servicios de Contrail.....	23
2.2.2	Arquitectura y componentes clave .....	24
2.2.3	Formas de implementación de CSO .....	28
2.2.4	Soluciones de CSO para Redes de Internet.....	29
2.2.5	Gestión y Orquestación inteligente .....	32
2.2.6	Características de CSO .....	33
2.2.7	Beneficios de CSO.....	34

2.2.8 Especificaciones .....	35
2.2.9 Entorno operativo recomendado.....	35
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
3.1 Comparación de alternativas de soluciones a la Orquestación de Redes37	
3.1.2 Similitudes y diferencias de las dos alternativas de solución.....	37
3.2 Conclusiones.....	40
3.3 Recomendaciones.....	41
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## RESUMEN

En el presente trabajo de Integración Curricular se describe los conceptos básicos de la Orquestación de Redes. La base del desarrollo de este documento es establecer de forma clara las principales características, tipos de orquestación y requisitos para su aplicación. Con estos conceptos se puede puntualizar en dos soluciones a la Orquestación, que son estudiadas en el capítulo 2.

El capítulo 1 tiene como objetivo presentar la definición de la Orquestación de Redes, se plantea la diferencia que ésta tiene con la Automatización de Redes, se puntualiza los diferentes tipos de orquestación y se indican los mínimos requisitos para que la misma pueda ser aplicada.

En capítulo 2 se detalla dos soluciones a la Orquestación, estableciendo a Cisco y Juniper como las plataformas que son el objeto de este estudio. Dentro de las plataformas antes mencionadas se indica sus soluciones, como son: el Orquestador de Servicios de Red para Cisco y la Orquestación de Servicio de Contrail para Juniper.

En el capítulo 3 se expone varias diferencias que existen entre estas dos alternativas de solución para la Orquestación de Redes, basando esta diferenciación en los modos de operación y características principales de cada una.

**PALABRAS CLAVE:** Orquestación, Automatización, Cisco, Juniper.



## **ABSTRACT**

In this curricular integration work, a detailed study is detailed on what Network Orchestration is. The rationale for this document is to clearly establish the main characteristics, types of orchestration and requirements for its application. With these concepts, two solutions to orchestration can be specified, which are studied in chapter 2.

In chapter 1 the definition of network Orchestration is presented, the difference that it has with Network Automation is presented, the different types of Orchestration are specified and the minimum requirements are indicated so that it can be applied.

In chapter 2 two solutions to orchestration are detailed, they present Cisco and Juniper as the platforms that are the object of this study. Within the aforementioned platforms, their solutions are indicated, such as: the Network Services Orchestrator for Cisco and the Contrail Service Orchestration for Juniper.

In chapter 3 several differences that exist between these two solution alternatives for Network Orchestration are exposed, based on this differentiation in the modes of operation and main characteristics of each one.

**KEYWORDS:** Orchestration, Automation, Cisco, Juniper.

# 1 INTRODUCCIÓN

El proceso de automatización de redes resulta indispensable en esta nueva era tecnológica, en donde las organizaciones trabajan con amplias redes en las que se usa muchos dispositivos de red y se beneficia a grandes cantidades de usuarios. La Orquestación de Redes por ende es imprescindible, ya que esto permite que tanto los componentes de hardware y software entren en coordinación para realizar acciones de un controlador de red para configurar dispositivos, aplicaciones y servicios, alcanzando así objetivos específicos en torno a estas tareas [1].

La Orquestación de Redes no debe ser confundida con la Automación de Redes. Al referirse a la automatización se plantea la mecanización de tareas de administración de bajo nivel. Por otro lado, la orquestación automatiza tareas de administración que tienen muchas dependencias. De este proceso se sostiene la escalabilidad de redes de ser necesario, además, varios dispositivos pueden tener atribuidos servicios de red, permitiendo implementar recursos según se necesite, haciendo que las redes sean ágiles y receptivas.

Se debe tomar en cuenta que la configuración manual de los dispositivos de amplias redes resulta una tarea prácticamente imposible. A cambio de eso, se utiliza controladores de red y dispositivos programables, los cuales ejecutarán de forma sistemática lo que se esté necesitando. Así, los controladores de red son diseñados especialmente para realizar la orquestación de las ejecuciones que se requiere realizar. Estos elementos cuentan con un gran conocimiento de partes fundamentales para la Orquestación de las Redes, como son la configuración, arquitectura, elementos de infraestructura, patrones de tráfico de la red, usuarios y sus dispositivos [2].

En síntesis, la Orquestación de Redes ofrece un controlador de red que cumple la función de convertir las necesidades comerciales en requisitos de red, siendo luego estos requisitos cumplidos gracias a la configuración de la red, la cual, además, supervisa y garantiza la satisfacción de dichas necesidades comerciales [1].

## **1.1 Objetivo general**

Estudiar la Orquestación de Redes en base a las plataformas Cisco y Juniper.

## **1.2 Objetivos específicos.**

1. Estudiar los conceptos básicos de la Orquestación de Redes.
2. Estudiar los componentes de los servicios de la Orquestación de Redes.
3. Estudiar dos alternativas de soluciones de la Orquestación de Redes.
4. Comparar las dos alternativas de las soluciones de la Orquestación de Redes.

## **1.3 Alcance**

Se desarrolla el estudio de los componentes básicos para el cumplimiento de servicios y los procesos de despliegue y actualización de la red con procesos de orquestación. Además, se estudia los componentes de los servicios de la Orquestación de Redes. Se toma dos alternativas de soluciones para realizar un análisis de su funcionamiento y alcance. Además, se realiza la comparación estas dos alternativas de soluciones para la orquestación de redes.

### **1.3.1 Fase de estudio de la Orquestación de Redes**

En esta fase se realizará el estudio de los conceptos básicos para el cumplimiento de servicios y los procesos de despliegue y actualización de la red con procesos de orquestación. Además, se estudiará los componentes de los servicios de la Orquestación de Redes.

### **1.3.2 Fase de estudio de dos alternativas de soluciones de la Orquestación de Redes**

Se llevará a cabo el estudio de dos tecnologías que permitan implementar la orquestación de redes, tomando en cuenta el alcance en el mercado que éstas poseen. Por tal motivo, el estudio de estas alternativas de soluciones de la orquestación de redes se centrará en las plataformas Cisco y Juniper.

### **1.3.3 Fase comparación de las dos alternativas de soluciones de la Orquestación de Redes**

En este caso, luego del estudio realizado a las dos tecnologías para servicios de Orquestación, se enfatizará las diferencias que existen entre ellas, así como también las ventajas y desventajas que poseen al realizar una orquestación de redes.

## **1.4 Marco teórico**

En esta parte del documento se describe detenidamente el concepto, la importancia, beneficios y funcionamiento de la orquestación de redes. Se realiza una comparación entre la automatización y Orquestación de Redes, dos conceptos los cuales sus similitudes que tienen en su esencia pueden ser confundidos.

Se puntualiza los elementos que necesita la Orquestación para poder ser llevada a cabo. Además, se apunta los principales tipos de Orquestación y sus características. También, se enfoca en el alto valor de la seguridad de las redes, haciendo énfasis en la Automatización y Orquestación de las mismas.

### **1.4.1 Definición de Orquestación de Redes**

La Orquestación de Redes se entiende básicamente como la acción de automatizar redes por medio de distintos tipos de dispositivos de infraestructura, dominios de red y además sistemas de múltiples proveedores en una red. Más puntualmente, la orquestación resultaría ser una automatización con base en políticas o impulsada por eventos a través de interfaces programables o dentro de una única solución de infraestructura de red integrada de extremo a extremo [1].

La Orquestación comprende la configuración, administración y coordinación de forma automatizada de sistemas, aplicaciones y servicios de carácter informático. Esto permite manejar tareas y flujos de trabajo complejos de manera más eficiente. La exigencia de combinar varias diferentes acciones automatizadas y sus configuraciones en diferentes grupos de sistemas y computadoras es cada más grande. Aquí es donde el proceso de la orquestación puede ayudar.

En la Figura 1.1 se observa un diagrama en el que un controlador lleva a cabo acciones para configurar dispositivos. Este controlador actúa similar a un cerebro, el cual traduce las necesidades comerciales en requisitos de la red, configurando la misma para hacer que los requisitos se cumplan, al mismo tiempo que supervisa este proceso dando la garantía de satisfacción de las necesidades comerciales [1].



**Figura 1.1.** Diagrama de Orquestación de Redes [2].

#### **1.4.2 Diferencia entre Automatización y Orquestación de Redes**

En palabras simples, la Orquestación de Redes es claramente un nivel más avanzado que la automatización. Se puede sentenciar que la automatización de las redes maneja tareas individuales de bajo nivel como por ejemplo “si esto, entonces esto”, por el contrario, en la orquestación de redes existe la administración de secuencias de alto nivel de tareas interdependientes en múltiples sistemas [1].

La orquestación y la automatización son dos conceptos distintos pero relacionados. Con la ayuda de procesos automatizados, puede hacer que sus procesos comerciales sean más eficientes al reducir o eliminar por completo la intervención manual en las estructuras de tecnologías de la información (TI) y utilizar software en su lugar. De esta manera, los costos, la complejidad y los errores pueden reducirse significativamente.

Automatizar, en esencia suele ser algo lineal. Dado que este proceso es más consciente de la red, lleva a cabo flujos de trabajo que están basados en configuración y estados del dispositivo. La programación se realiza por medio de líneas de comandos o marcos basados en scripts de terceros. En contraste, la Orquestación se realiza a través de la arquitectura de desarrollo web RESTful, utilizando interfaces programáticas como las llamadas API [1]. En la Figura 1.2, se indica de manera ilustrativa la diferencia entre Automatización y Orquestación de Redes.



**Figura 1.2.** Diferencia entre Automatización y Orquestación de Redes [3].

La automatización generalmente se refiere a la ejecución automática de tareas individuales. La orquestación, por otro lado, se trata de automatizar procesos o flujos de trabajo que ocurren en múltiples pasos y en diferentes sistemas separados. Una vez que tenga la automatización integrada en sus procesos, puede usar la orquestación para automatizar su ejecución.

La Automatización y la Orquestación representan dos procesos que funcionan de manera diferenciada. Con la automatización se logra permitir que la red realice una sola tarea o servicio omitiendo la participación del ser humano, lo que significa que para esta tarea se tiene más confiabilidad y eficiencia. Por otro lado, la orquestación se basa en definir una secuencia de acciones para poner en función un servicio.

Estas dos funciones de las redes están separadas, pero se necesitan una a la otra, ya que trabajando juntas garantizan que los procesos puntuales, como el abastecimiento de recursos o asignación informática. Esto permite que los procesos de automatización se cumplan de una forma consistente y con una casi nula participación humana.

Con la orquestación, puede automatizar muchos procesos, como el aprovisionamiento de servidores, la administración de incidentes, la orquestación de la Internet, la administración de bases de datos, la orquestación de aplicaciones, y varias diferentes tareas y flujos de trabajo. Además, se puede potenciar los procesos y secuencias de trabajo comunes, lo que puede respaldar un plano de DevOps y ayudar a equipo a entregar aplicaciones más rápido.

### **1.4.3 Tipos de Orquestación de Redes**

Existen tres principales tipos de orquestación, que incluyen la automatización basada en políticas, las redes definidas por software y los sistemas de redes basados en la intención [1]. A continuación, se detalla lo antes mencionado.

#### **1.4.3.1 Automatización basada en políticas (PBA)**

La Automatización basada en políticas abstrae los parámetros de los dispositivos individuales, pero controla las políticas de los dispositivos. Las políticas se aplican por tipos de dispositivos o roles específicos. Este se podría considerar como el tipo de orquestación más simple que puede permitir hallar el camino hacia la orquestación “definida por software” [1] [3].

Comúnmente, las políticas se pueden copiar entre dispositivos o sistemas de soporte, y se pueden usar para crear una plantilla que se puede implementar en nuevas instalaciones si el esquema permanece sin cambios. Frecuentemente se puede encontrar automatización basada en políticas en los paneles de la GUI (Graphical User Interface o Interfaz Gráfica de Usuario), ya que generalmente se considera una de las formas más sencillas de implementar cambios en los dispositivos [1].

Basándose en la creación de políticas, las grandes organizaciones pueden agrupar fácilmente dispositivos y servicios en grupos lógicos que representan funciones clave de su negocio. Esto contextualiza la priorización de los recursos a nivel empresarial, al mismo tiempo que permite a los departamentos de TI comprender la arquitectura subyacente que respalda esas funciones [2].

#### **1.4.3.2 Redes definidas por software (SDN)**

Las Redes Definidas por Software utilizan un controlador que se basa en software o API (Application Programming Interface). Estos controladores hacen que se pueda realizar la gestión programática de las funciones, como aprovisionamiento, supervisión y configuración. Esto tiende a ser más sofisticado que la automatización basada en políticas, pero menos que los sistemas basados en intenciones [1].

La inteligencia de la red se administra en una única ubicación centralizada, donde los dispositivos se registran para obtener las últimas actualizaciones, instrucciones y configuraciones. Con la flexibilidad de la virtualización y el software, la mayor parte de la SDN puede ser independiente del proveedor, lo que simplifica el diseño y crea un ecosistema más dinámico [1].

A diferencia de la automatización basada en políticas, la Red Definida por Software es directamente programable y separa las capas de la aplicación y del controlador, lo que permite una mayor flexibilidad y ediciones en la red en tiempo real [2]. En la Figura 1.3, se muestra la operación mediante de programas internos de las Redes Definidas por Software.



**Figura 1.3.** Automatización de Redes basadas en políticas [4].

#### **1.4.3.3 Sistemas de Red Basados en la Intención (IBNS)**

Los sistemas de redes basados en la intención utilizan Inteligencia Artificial (IA) para optimizar la red para una intención humana específica. En lugar de codificar, los administradores de red definen una intención como un resultado u objetivo comercial. La IA utiliza el aprendizaje automático (ML) para optimizar la red con ese propósito al establecer rutinas, políticas y responder a los eventos del sistema [1].

IBNS se considera la forma más avanzada de orquestación, ya que hace gran parte del trabajo técnico por sí solo y permite que los humanos modifiquen los algoritmos de ML para que funcionen de manera más eficiente. Gran parte del trabajo manual en IBNS se realiza durante el entrenamiento del algoritmo ML y durante la traducción de la intención [1].

Después de la aprobación, la IA implementa los cambios que cree que coincidirán con la intención de las instrucciones y crea un circuito de retroalimentación para auditar la red con el tiempo. Con el tiempo, los datos estarán disponibles tanto para el algoritmo de ML como para los administradores para medir la eficacia de la red basada en la intención en cualquier conjunto de instrucciones [1].

Si bien podría decirse que esta es la forma más efectiva de implementar la orquestación a escala, solo depende de la velocidad con la que los algoritmos de aprendizaje automático



alcanzan nuevos hitos, lo que puede llevar mucho tiempo según la intención [2]. En la Figura 1.4, se indica el modo de operación de los sistemas de red basados en la intención.



**Figura 1.4.** Sistema de red basado en la intención [5].

#### **1.4.4 Beneficios y casos de uso de la orquestación de redes**

Las organizaciones o empresas exitosas intentan día a día innovar para de esta forma lograr mantenerse cubriendo las necesidades del mercado, un mercado en el cual las redes han ido cambiando, esto principalmente se da por las altas demandas de cantidad de información y velocidad que las redes comunes ya no son capaces de proveer. Debido a esto, la orquestación de redes toma mucha fuerza e importancia, ya que esto eleva a las redes y su automatización a un nivel más acorde con los nuevos requerimientos del sistema.

La Orquestación trae importantes beneficios, como permitir el manejo y gestión de los recursos que se tiene en la capa de infraestructura, como la creación, el borrado y la reserva de espacio de almacenamiento para que puedan ser ocupados por la gestión de las distintas máquinas virtuales. Esto es apoyado por la virtualización de los servidores y del almacenamiento, lo que hace que la red se torne más ágil y flexible.

La orquestación de redes puede ofrecer muchos beneficios, entre ellos [1]:

- Asegura que se sigan las políticas de QoS
- Automatización de la resolución de problemas
- Configuración automática de nuevos dispositivos
- Establecimiento de superposiciones para el área de control y el área de reenvío
- Aprovisionamiento de servicios de red

- Proporcionar automatizaciones de flujo de trabajo
- Automatización de los procesos
- Mayor uso de microservicios
- Vinculación de los servicios de TI existentes
- Mejor utilización de los recursos
- Prevención de soluciones aisladas

En cuanto a otros beneficios, el personal de administración de redes y TI no necesitará dedicar tanto tiempo a tareas rutinarias, lo que puede agotar los recursos y evitar que sus empleados trabajen en aquellos proyectos que realmente impulsarán a su empresa. A medida que las organizaciones crezcan y dependan más de la inteligencia artificial (IA) y la automatización, algunas querrán reasignar empleados a esas áreas para la programación y la planificación.

También es importante considerar los beneficios de integración y flexibilidad. La implementación de servicios tradicional generalmente se basa en OSS y BSS, y generalmente está aislada porque no existe una forma práctica de integrar componentes dispares. Si los reúne, generalmente se necesita el software del cliente, lo que no es práctico en muchos casos. Con las API que se han estandarizado, los componentes del servicio se volverán interoperables, eliminando las barreras para la creación de redes.

Los sistemas locales y en la nube funcionarán juntos sin problemas, y esto dará como resultado la eliminación o reducción de las dependencias de ciertos recursos de hardware. Lo que anteriormente era una serie de redes que se acoplaban libremente puede convertirse en una red con subredes según sea necesario. Ser capaz de actualizar y cambiar las configuraciones del servicio de forma dinámica es fundamental para los consumidores que tienen requisitos crecientes.

Uno de los puntos principales de la configuración de Orquestación es la flexibilidad, y debería ser fácil y rápido de reemplazar. Con el software de Orquestación de Red, los consumidores prácticamente no encontrarán demoras cuando se realicen cambios. Podrán obtener servicios que se han adaptado a sus necesidades cuando lo necesiten.

### 1.4.5 Orquestación de Redes Móviles Privadas

La Orquestación no solo potencia las redes Wi-Fi empresariales, sino también las redes privadas LTE y 5G. En la Figura 1.5, se indica que en las redes de quinta generación se puede aplicar la automatización y orquestación.



**Figura 1.5.** Automatización de redes 5G [3].

La Orquestación de Redes permite que las redes se optimicen, funcionen y escalen. Entonces, si bien la orquestación ayuda con las redes de área local a pequeña escala, es fundamental para las redes empresariales a gran escala, como las redes móviles privadas donde las organizaciones requieren la máxima velocidad, cobertura y confiabilidad [3].

Los Operadores de Redes Móviles (MNO) utilizan la orquestación de redes para diseñar redes privadas en torno a ciertos requisitos, monitorear y optimizar las conexiones por intermedio de la Red de Acceso por Radio (RAN) y configurar nuevos dispositivos automáticamente al unirse a la red [3]. En la Figura 1.5, se muestra cómo podría operar la Orquestación de Redes Móviles Privadas.



**Figura 1.5.** Operación de las redes móviles [3].

El corte de red y la QoS también son un componente de la orquestación y se basan en muchas tecnologías de autoaprendizaje para trabajar sin la intervención de los administradores. Los requisitos de QoS se pueden ingresar en el dispositivo de borde para 'entrenar' esencialmente al algoritmo sobre qué dispositivos y servicios priorizar primero [1] [3].

Muchos elementos de orquestación en el mundo celular giran en torno a las Redes Autoorganizadas, o SONS. Los SON desempeñan un papel importante en la automatización de la red, ya que estas funciones permiten la autooptimización, la configuración de la automatización y la autorreparación basadas en análisis en tiempo real [1].

#### **1.4.6 Seguridad en la Orquestación de Redes**

La Orquestación no es un concepto nuevo. Su aplicación en procesos de ciberseguridad es conocida desde hace tiempo. La orquestación de ciberseguridad es una forma de conectar sistemas de seguridad e integrar múltiples herramientas de seguridad, mejorando los tiempos de respuesta ante incidentes. Es la capa de conexión que suaviza los procesos de seguridad y potencia la automatización de la ciberseguridad

La Orquestación en Seguridad es el método de reunir varias herramientas, tanto de seguridad como de otro tipo, integrándolas. Esto significa que las plataformas de orquestación, automatización y respuesta de seguridad (SOAR) no solo incorporan y analizan datos y alertas de los sistemas de gestión de eventos e información de seguridad (SIEM), sino también de plataformas de respuesta a incidentes, plataformas de inteligencia de amenazas (TIP) y otros. Aprovechar las integraciones con las herramientas existentes

de esta manera permite a los equipos de seguridad implementar defensas de seguridad empleando recursos internos y externos.

#### 1.4.6.1 Importancia de la seguridad en la Orquestación

La coordinación basada en máquinas entre varios eventos de seguridad interdependientes en una infraestructura compleja se conoce como orquestación en seguridad. Correlaciona la investigación de incidentes, la respuesta y la remediación. Además, con la orquestación SOAR, los beneficios de seguridad son enormes, especialmente porque elimina la necesidad de que los equipos de seguridad atraviesen múltiples sistemas, organizando todo en un solo lugar. En la Figura 1.6, se esquematiza que cualquier tipo de red necesita de la seguridad, sea ésta automatizada o no.



**Figura 1.6.** Seguridad en la Orquestación de redes [6].

Una herramienta de orquestación en ciberseguridad recopila datos de varias fuentes para ofrecer información detallada sobre el entorno de amenazas. Los equipos de seguridad pueden dejar de manejar alertas y comenzar a investigar el motivo detrás de la ocurrencia de los incidentes. La orquestación de seguridad de SOAR pone todos los datos críticos a disposición de todos, lo que hace que los procesos de colaboración, resolución de problemas y remediación sean más efectivos. En última instancia, la Orquestación de ciberseguridad mejora la integración de las defensas de seguridad de una organización, lo que permite a los equipos de seguridad automatizar procesos complejos.

## **2 METODOLOGÍA**

En este capítulo se realiza un estudio basado en la Orquestación de Redes tomando en cuenta dos plataformas bastante conocidas en el área de las telecomunicaciones, como son Cisco y Juniper. Cabe recalcar que estas plataformas de solución de Orquestación han sido elegidas como objeto de estudio para este trabajo, debido a que sus características y escalabilidad en cuanto a automatización de redes se refiere.

Dentro de estas dos plataformas tan completas para estudiar la automatización de redes, se puede encontrar diferentes soluciones a la orquestación. Al estudiar a Cisco se expone a Network Service Orchestration, una de las soluciones más importantes dentro de esta gran empresa de telecomunicaciones, la cual permite realizar un sinnúmero de tareas que permite a los operadores de red realizar sus configuraciones y automatizaciones varios elementos de la misma. Para Juniper se estudia la solución llamada Contrail Service Orchestration, que además de permitir la orquestación permite también servicios de red virtual.

### **2.1 Orquestación de Redes con Cisco**

Cisco es una empresa de tecnología estadounidense conocida mundialmente por sus productos de red. Con sede en California, Cisco se centra en desarrolla, produce y comercializa hardware de redes, maquinaria de telecomunicaciones, y otros productos y servicios de TI.

La Orquestación de Redes en Cisco ha ido tomando importancia a medida que aumenta la tecnología y la demanda de servicios de red en el mundo. Las principales organizaciones en el mundo cada vez son más amplias y necesitan mucha más capacidad para realizar tareas automatizadas en sus redes, por lo que necesitan de un proceso incluso más avanzado que la automatización.

Cisco puede llevar a cabo este proceso de orquestación por medio de una solución conocida como “Orquestador de Servicios de Red” la cual permite que se realice una automatización de redes con distintos servicios y sin la intervención del ser humano. Esta solución es estudiada a continuación de manera detallada.

#### **2.1.1 Orquestador de Servicios de Red**

El Orquestador de Servicios de Red o Network Service Orchestration (NSO), comúnmente se refiere a una solución de software que ayuda a los operadores de red a configurar y automatizar múltiples elementos de red según una definición de servicio dada. Algunos

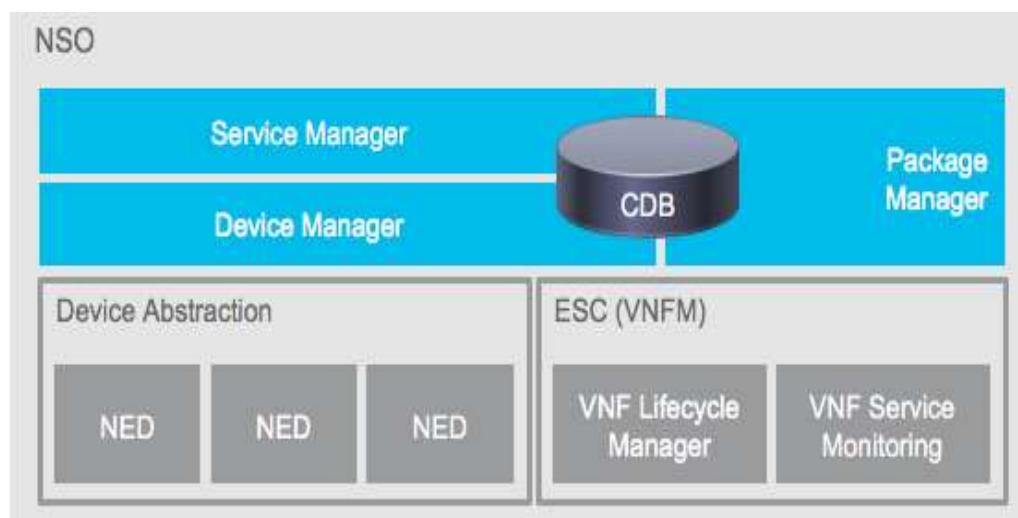


ejemplos de un servicio de red incluyen la configuración de VPN L2 y L3, la incorporación de equipos de sucursales remotas mediante el aprovisionamiento sin contacto, la configuración de políticas de seguridad y QoS para aplicaciones de 3 niveles en el centro de datos, la estructuración del control de ancho de banda y las políticas de enrutamiento de aplicaciones en una sucursal remota, etc [6].

Un servicio de red generalmente abarca múltiples elementos de red, como routers, firewalls, equilibradores de carga, puertas de enlace VPN, optimizadores WAN, servicios de seguridad web. Estos elementos pueden ser dispositivos físicos o virtuales y, a menudo, provienen de diferentes proveedores como Arista, Brocade, Cisco, Checkpoint, Juniper, Huawei, etc. Los elementos de red pueden residir en un centro de datos empresarial, una sucursal remota, una red troncal de proveedor de servicios o en una nube pública [6].

Es una plataforma que permite la orquestación de redes y es líder en la industria para redes híbridas. proporciona una completa automatización del servicio del ciclo de vida para permitirle diseñar y ofrecer servicios de calidad garantizada de un modo más rápido y sencillo.

La red es una base para la generación de ingresos. Por lo tanto, los suministradores de servicios deben llevar a cabo la organización de la red para simplificar la administración del ciclo de vida completo de los servicios. Para las redes virtualizadas de hoy, esto significa orquestación transparente que abarca múltiples dominios en su red e incluye virtualización de funciones de red (NFV) y redes definidas por software (SDN), así como su red física tradicional y todos sus componentes [5]. En la Figura 2.1, se observa la estructura de un orquestador de servicios de red, tomando en cuenta principalmente un administrador de servicios, de dispositivos y de paquetes.



**Figura 2.1.** Estructura de una NSO [5].

El software de administración de red tradicional no puede mantenerse al día con las demandas de los operadores de red. Cada año, el hardware subyacente sigue evolucionando, aumenta la cantidad de proveedores de redes y los métodos de comunicación siguen cambiando. En muchas empresas, el desarrollador que escribió los scripts expect o TCL dejó la empresa y cada simple cambio se convierte en un nuevo proyecto. En última instancia, los operadores de red están recurriendo a hojas de cálculo para mantener los números de VLAN, las credenciales del enrutador, etc [6].

Un Network Service Orchestrator utiliza el concepto de abstracción para simplificar la tarea de configurar múltiples elementos de red. Por ejemplo, supongamos que el operador tiene que crear una VLAN para una aplicación específica. En el enfoque tradicional, el operador debe iniciar sesión en todos y cada uno de los enrutadores y configurar mediante CLI o GUI. Por otro lado, Network Service Orchestrator descubre automáticamente la topología de la red y todas las dependencias para crear una VLAN. Genera automáticamente las llamadas CLI o API para cada dispositivo de proveedor y ejecuta una transacción atómica en todos los dispositivos [6].

### **2.1.2 Mínimos requerimientos para un NSO [5]**

- Descubrimiento de Servicios y Dispositivos
- Transacciones atómicas a través de múltiples elementos de red con reversión automática en caso de falla en el aprovisionamiento de un solo dispositivo
- Soporte de múltiples proveedores
- Integración con Northbound Systems (OSS/BSS, sistemas de emisión de boletos, sistemas de flujo de trabajo, portales de autoservicio)
- Integración con software de terceros como por ejemplo IPAM, DNS, DHCP, servidores Syslog, recopiladores Netflow, administradores de certificados, Administradores de VNF, software de análisis y garantía de servicio, etc.
- Encadenamiento de servicios y desaproveccionamiento de servicios, incluido el apagado de dispositivos virtuales y la eliminación de ACL
- Gestión IPAM y VLAN o integración con sistemas IPAM externos
- Control de acceso basado en roles a nivel granular de usuario, dispositivo y política
- Extensibilidad para personalizar modelos de dispositivos y modelos de servicio para cumplir con los requisitos comerciales



- Reconciliación de configuración para garantizar que la política sea consistente con la infraestructura subyacente
- Implementación sin contacto
- Gestión de credenciales de dispositivos
- Auditoría e historial del servicio
- Gestión de capacidad

### **2.1.3 Importancia de la NSO en la garantía de servicio**

Network Service Orchestrator proporciona un panel único para todo el servicio, independientemente de las diferencias de infraestructura. Para cualquier arrendatario dado, el administrador puede ver el estado del servicio, las operaciones aprovisionadas, las métricas de SLA (Service Level Agreement) actuales e históricas, así como cualquier alarma relacionada con el estado del servicio. Esta información está disponible a través de la API REST para la integración con OSS (Sistemas de Soporte de las Operaciones).

Como parte de la definición del modelo de servicio YANG (lenguaje de modelado de datos), el arquitecto de la red puede definir los parámetros del SLA como, qué interfaces y métricas monitorear. El modelo YANG también incluye pasos de remediación cuando no se cumplen los parámetros del SLA.

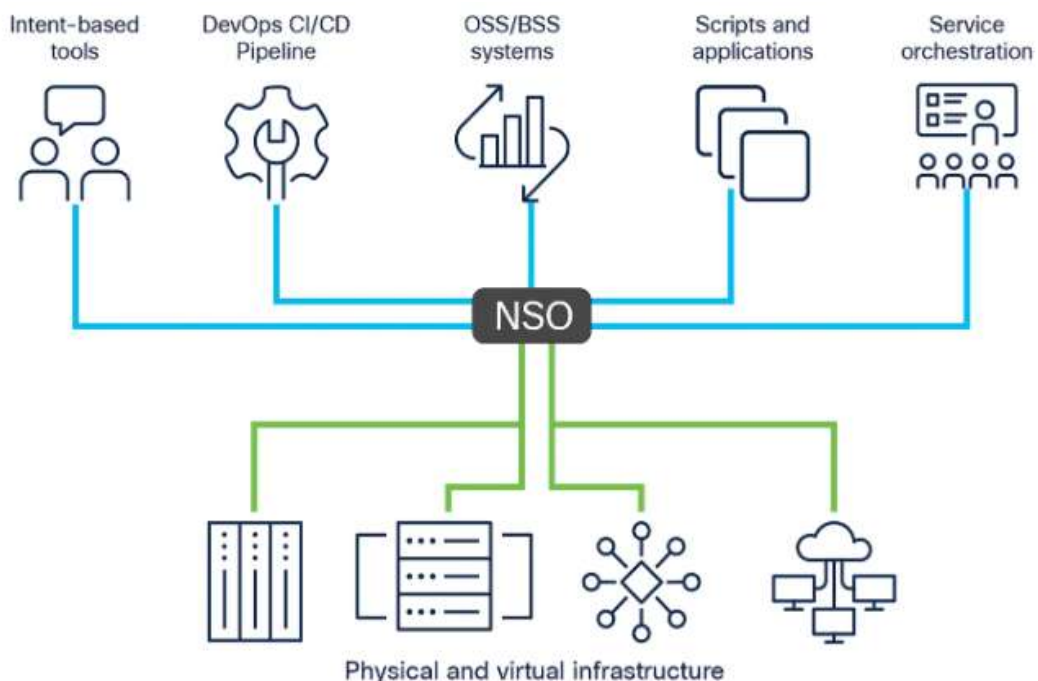
Durante el aprovisionamiento del servicio, Network Orchestrator valida el modelo de servicio con la infraestructura existente y garantiza la capacidad antes de aprovisionar los elementos de la red. Network Orchestrator genera comandos y API para infraestructura de múltiples proveedores según las mejores prácticas recomendadas. Además, estos comandos se envían de forma atómica, por lo que si un dispositivo no se aprovisiona, Orchestrator revertirá las configuraciones del resto de los dispositivos.

Una vez que el servicio está en funcionamiento, el administrador puede programar tareas de reconciliación periódicas. Network Orchestrator usa su definición de modelo de servicio para descubrir las configuraciones existentes y se asegura de que la política sea coherente con la infraestructura subyacente. Network Orchestrator recopila constantemente las métricas de SLA y, si se viola algún parámetro, ejecuta los pasos de remediación para automatizar las acciones correctivas según el modelo YANG.

## 2.1.4 Crosswork NSO

Crosswork NSO actúa como una herramienta de Orquestación de Redes que permite unir la automatización con los innumerables requisitos de las aplicaciones y servicios que están en constante cambio. Gracias a una gran producción en cuanto a la automatización, proveedores de servicios complejos y entornos empresariales, NSO ha llegado a liderar en esta industria actualmente [7].

NSO puede actuar como un puente para lograr una conexión entre redes físicas y virtuales, esto se muestra en la Figura 2.2.



**Figura 2.2.** Crosswork NSO como un puente [7].

### 2.1.4.1 Componentes de Crosswork NSO

- Una interfaz programática basada en modelos que permite el control desde el simple encendido y la gestión de la configuración del dispositivo hasta el control sofisticado del servicio de vida completo.
- Un almacén de datos de configuración rápido, altamente escalable y disponible que es la fuente definitiva de la información confiable sobre la red.
- Una capa de abstracción de dispositivos que utiliza controladores de elementos de red, para mediar el acceso tanto a Cisco como a más 150 dispositivos físicos y virtuales.

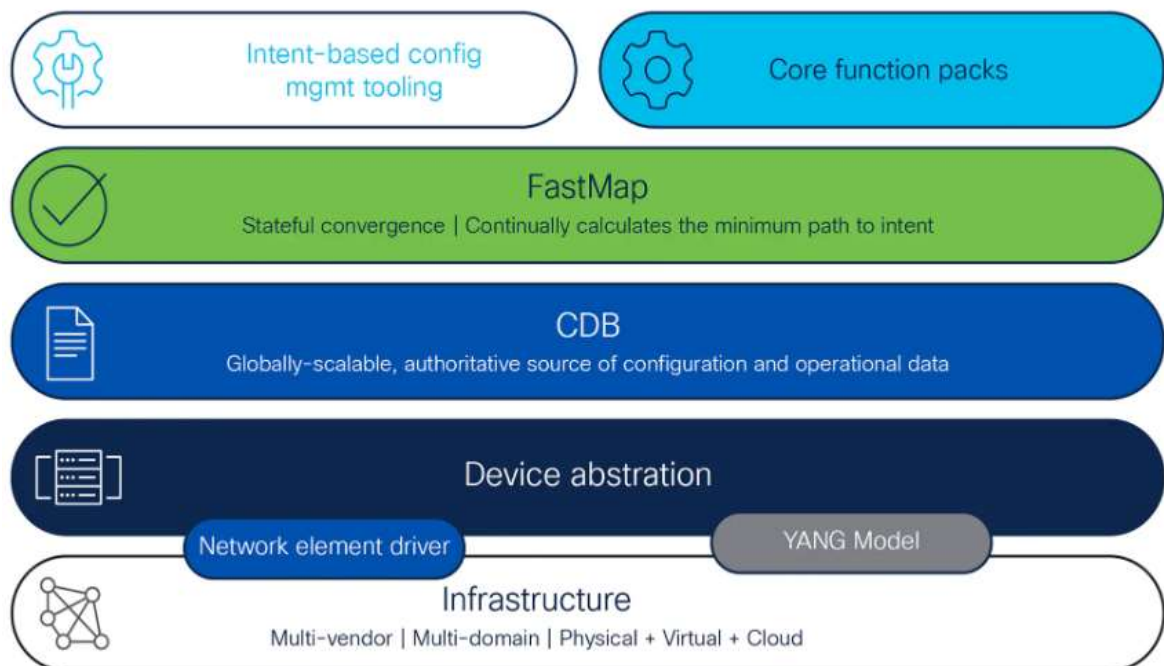
Al juntar estos componentes, es posible que NSO provea una interfaz de red exclusiva para el total de dispositivos y servicios de red, ya sean estos físicos o virtuales, por medio de una modelación de estado único y una base de datos de configuración. Mediante este modelo común, NSO actúa como un decreto entre los propietarios de aplicaciones, servicios y operaciones de infraestructura.

#### **2.1.4.2 Beneficios de la automatización con Crosswork NSO**

- Al trabajar con procesos que tienden a la monotonía y que ocupan la gran mayoría del tiempo de las operaciones, se libera a sus equipos para que trabajen en las tareas de mayor valor, como comprender de mejor manera las diferentes necesidades de los clientes y las partes involucradas.
- Los procesos automatizados se ejecutan de manera consistente para que los siguientes procesos no tengan problemas de errores y variabilidad, dando así al usuario final una gran previsibilidad y mejor experiencia.
- La automatización de los procesos se lleva a cabo bajo demanda y con una gran velocidad todo el tiempo. Esto permite disminuir el tamaño de los ciclos de desarrollo, implementación y prueba para todos. Para una organización, esto puede representar un tiempo de comercialización más rápido, mayor productividad y menores costos [7] [7].

#### **2.1.4.3 Arquitectura de Crosswork NSO**

Si se profundiza más en NSO, se puede determinar que sus capacidades son altamente idóneas para una solución de automatización y orquestación, siendo así líder actualmente en este aspecto. En la Figura 2.3, se representa la estructura de la arquitectura de Cross NSO con todos sus niveles.



**Figura 2.3.** Arquitectura Crosswork NSO [7].

La arquitectura de Crosswork NSO proporciona varios beneficios funcionales al tratarse de un entorno de automatización. Algunos de estos beneficios son los siguientes:

- Amplio y diverso conjunto de interfaces de software y API, desde protocolos programáticos hasta enlaces de lenguaje como Java y Python. Además, cuenta con interfaces de persona a máquina y un conjunto de interfaces de línea de comando. Provee un entorno de red integrado (IDE) que permite el progreso ágil de servicios nuevos de red utilizando todas las capacidades de NSO. Esto permite una directa integración en los sistemas comerciales que hay, y las cadenas de herramientas operativas, como las canalizaciones de implementación e integración continua de Development-Operations (DevOps).
- Una capa de abstracción de dispositivos de múltiples proveedores para mediar el acceso tanto a los dispositivos de Cisco como a más de mil dispositivos físicos y virtuales de terceros, que hacen posible la automatización de secuencias de trabajo de varios proveedores y entre dominios.
- Extensibilidad de la plataforma NSO con paquetes de funciones preconstruidos para casos de uso como la infraestructura de administración y orquestación de virtualización de funciones de red (NFVI) y gestión de funciones de red, mediante desarrollo personalizado.

- Capacidades integradas para mantener la integridad del entorno, resolución de problemas sofisticados de infraestructura, servicios, auditoría y registros granulares.

NSO tiene la capacidad de formar de manera automática una sola API bien definida en todo el entorno de red. Con ayuda del lenguaje de modelado estandarizado YANG, puede modelar y automatizar cualquier tipo de dispositivo: capas 1 a 7, físicas o virtuales, direccionadas tradicionalmente o mediante superposiciones de redes definidas por software (SDN). Más allá de los dispositivos, también puede modelar cualquier tipo de servicio o política.

#### **2.1.4.4 Automatización de Crosswork de Cisco**

NSO es parte de la cartera Crosswork de herramientas de automatización creadas para proveedores de servicios y grandes empresas. Crosswork está diseñado para ayudar a las organizaciones a moverse de manera más rápida y efectiva, utilizando la velocidad como una ventaja competitiva. La cartera se construye en torno a un marco funcional con los siguientes tres pilares:

- Visibilidad: Verifica y controle la experiencia del cliente.
- Perspectivas: Correlaciona datos e identifica tendencias y patrones.
- Acción: Automatiza los procesos para aumentar la precisión y la agilidad.

La ejecución exitosa de una estrategia de automatización se trata tanto de personas y procesos como de herramientas como NSO. Es posible que descubra que necesita aumentar sus capacidades en estas áreas a medida que se embarca en su viaje de automatización. Para respaldar eso, Cisco Services ofrece una cartera completa de servicios a lo largo del tiempo de vida del proyecto, desde servicios de asesoramiento hasta implementación y soporte para personalización. Además de los servicios profesionales que ofrece Cisco, los partners de Cisco Solution Plus también ofrecen servicios profesionales relacionados con sus ofertas [7].

#### **2.1.5 Base de datos de configuración en tiempo real (CDB)**

NSO captura el estado de estructuración en tiempo real de cada servicio y dispositivo en la red. En un mundo en el que los equipos de operaciones y aprovisionamiento de red a menudo trabajan con datos que tienen hasta un 70 % de imprecisión, NSO puede proporcionar una fuente única, escalable y continua de datos confiables para la red.

### **2.1.6 Orquestación multidominio**

Las herramientas de automatización generalmente se han vinculado a un dominio tecnológico: una herramienta para la red del centro de datos, una herramienta para la WAN, una herramienta para la red óptica y quizás herramientas para administrar firewalls y otros dispositivos.

NSO puede abarcar múltiples dominios tecnológicos, lo que le permite crear y automatizar cadenas de servicios entre dominios de manera mucho más fácil y confiable. Además, NSO hace esto de manera flexible para que los equipos de operaciones responsables de cada dominio tecnológico puedan trabajar en cooperación con los equipos que construyen las cadenas de servicio [7].

NSO es una herramienta de automatización como una plataforma de automatización que tiene el poder y la flexibilidad para servir como sustrato para su estrategia general de automatización y orquestación. NSO es independiente del factor de implementación de las funciones de red (NF) incluidas en un servicio de red. El enfoque es la intención del servicio de red en lugar de la estructura física subyacente.

### **2.1.7 Paquetes de funciones principales de NSO**

Cisco ofrece paquetes de funciones que amplían la plataforma central para abordar casos de uso específicos:

- **NFVO:** Proporciona orquestación de virtualización de funciones de red.
- **CNFO:** Administración del ciclo de vida de las funciones de red en contenedores que se ejecuta en clústeres de kubernetes.
- **T-SDN:** Automatiza los procesos asociados con la implementación de servicios de enrutamiento de segmento (SR).
- **Redes ópticas enrutadas:** Automatiza las redes ópticas enrutadas y conecta el dominio IP con el dominio óptico

En la Figura 2.4 se indica los centros de operación de NSO en alrededor del mundo. Se observa que la mayor cantidad de puntos para realizar trabajos de orquestación están concentrados en el continente europeo, seguido por el continente americano.



**Figura 2.4.** Centros de operaciones NSO en todo el mundo [7].

## 2.2 Orquestación de Redes con Juniper

Juniper ofrece beneficios y soluciones dentro de la Automatización y Orquestación de extremo a extremo a lo largo de todos los dominios de red. Debido a la ventaja de que son compaginables con entornos de diversos proveedores, estas posibles soluciones pueden combinarse, perfeccionarse y singularizarse por completo en el ámbito de ejecuciones y acuerdos exclusivos de cada operador de red.

A continuación, se realiza el estudio de una herramienta conocida como Orquestación de Servicio de Contrail, la cual permite de manera íntegra la orquestación de redes, además de brindar seguridad a las mismas. En la Figura 2.5 se observa que mediante la Orquestación de Redes, se puede llevar a cabo la operación de varias funciones al mismo tiempo en varios equipos.



**Figura 2.5.** Orquestación de Redes con Juniper.

### **2.2.1 Orquestación de Servicios de Contrail**

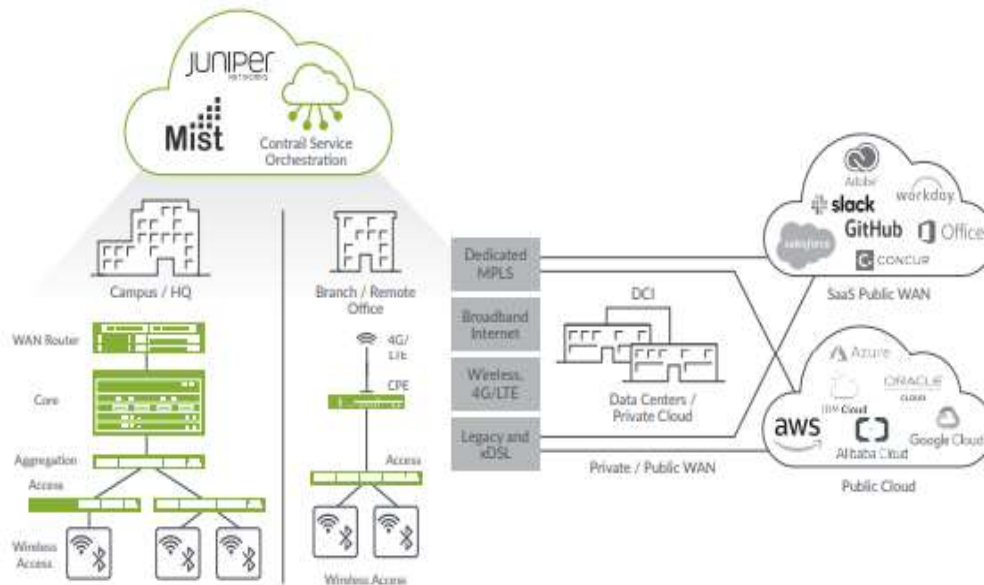
La Orquestación de Servicios de Contrail o Contrail Service Orchestration (CSO), es una plataforma integral de gestión y orquestación que ofrece servicios de red de seguridad, VPN y SDWAN gestionados y virtualizados. Ofreciendo una única y elegante interfaz para apuntar y hacer clic donde sea conveniente para el propósito de orquestación. CSO permite a los proveedores de servicios, así como a las pequeñas, medianas y grandes empresas, centralizar y distribuir selectiva o simultáneamente servicios de red virtual en un modelo de implementación híbrido [8].

Los gerentes de productos obtienen una experiencia de diseño de servicios limpia y pulida. Se busca optimizar mediante la gestión de servicios y la resolución de problemas el trabajo de los administradores, y los clientes obtienen acceso basado en roles a un portal de autoservicio personalizado para seleccionar los servicios que mejor se adapten a sus requisitos comerciales en evolución [8].

Los proveedores de servicios en estos días se confrontan a una serie de retos operativos de red complejos, incluidas infraestructuras de prestación de servicios rígidas y costos operativos que rara vez se alinean con los ingresos. Esto dificulta su capacidad para diseñar e implementar rápidamente nuevos servicios. Estos problemas se pueden tornar más graves si las operaciones de red son cada vez más complejas y la infraestructura actual es costosa de mantener, lo que eleva los costos.

Juniper Networks Contrail Service Orchestration admite tanto a las empresas como a los proveedores de servicios reducir drásticamente los tiempos de entrega de servicios para los servicios administrados, transformando una experiencia de varios meses en una experiencia casi en tiempo real con un clic del mouse al automatizar todo el tiempo de vida de la entrega de servicios. En la Figura 2.6 se indica el funcionamiento del Contrail Service Orchestration.





**Figura 2.6.** Funcionamiento del CSO.

Reduce los costos operativos asociados con la creación de nuevos servicios al tiempo que mejora significativamente la satisfacción del cliente, lo que genera un crecimiento de los ingresos a largo plazo. También aumenta en gran medida la rentabilidad de la red, al enrutar el tráfico de manera dinámica y eficiente y asignar recursos en función de políticas de aplicaciones basadas en análisis [4].

CSO está diseñado desde cero para integrarse perfectamente con Contrail Cloud Platform para la orquestación en la nube llave en mano, creando un sistema de gestión de virtualización de funciones de red (NFV) integrado verticalmente y una pila de software de orquestación que aborda los servicios de red físicos y virtuales, incluidos SD-WAN, VPN, y seguridad. Los VNF de terceros también se integran fácilmente [4].

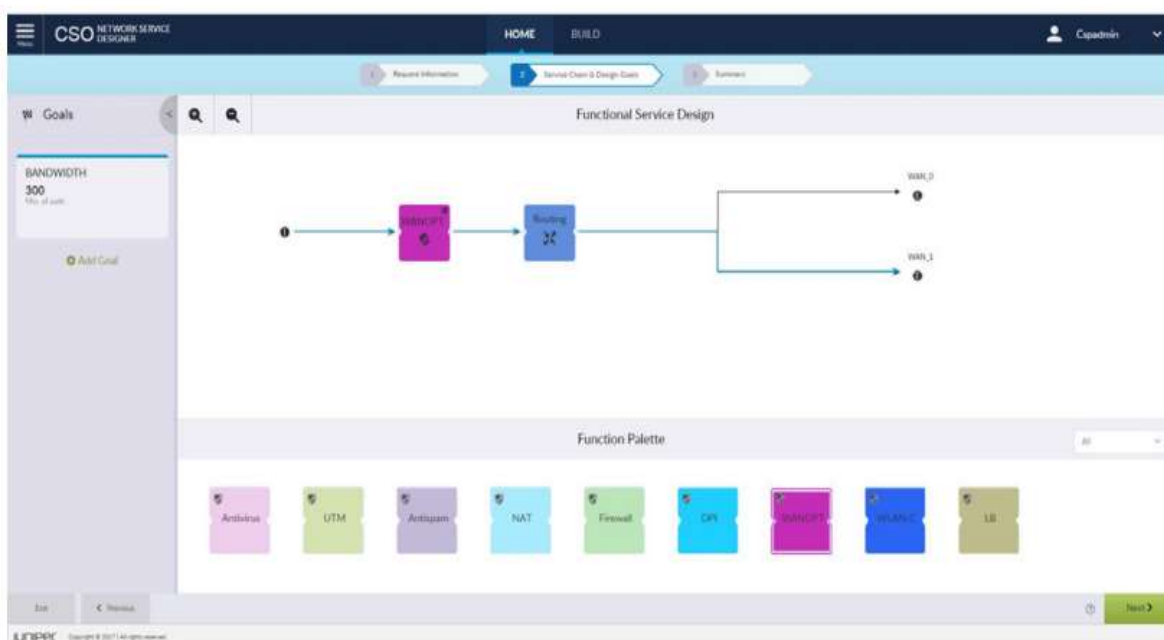
### 2.2.2 Arquitectura y componentes clave

Contrail Service Orchestration consta de los siguientes componentes clave:

- **Diseñador de servicios de red:** Network Service Designer proporciona a los administradores de productos y arquitectos de red una solución intuitiva de apuntar y hacer clic para realizar el proceso de definición de servicios de Juniper y VNF de terceros que forma parte de la administración del ciclo de vida del servicio.

Un sencillo asistente de implementación de diseño de servicios paso a paso guía a los usuarios a través del proceso completo de definición de servicios, especificando el proceso de incorporación de la función de red virtualizada (VNF), el control de versiones de VNF, la descripción de VNF y más.

Network Service Designer, además, contribuye con las especificaciones de configuración de la utilidad, los modelos de concatenación de servicios y los listados de servicios específicos del cliente que se exponen a través del portal del cliente. La definición completa del servicio se guarda en una base de datos por medio de modelos de datos YANG estándar [4]. En la Figura 2.7, se exhibe la estructura del diseñador de servicios de red de orquestación de servicios de red.

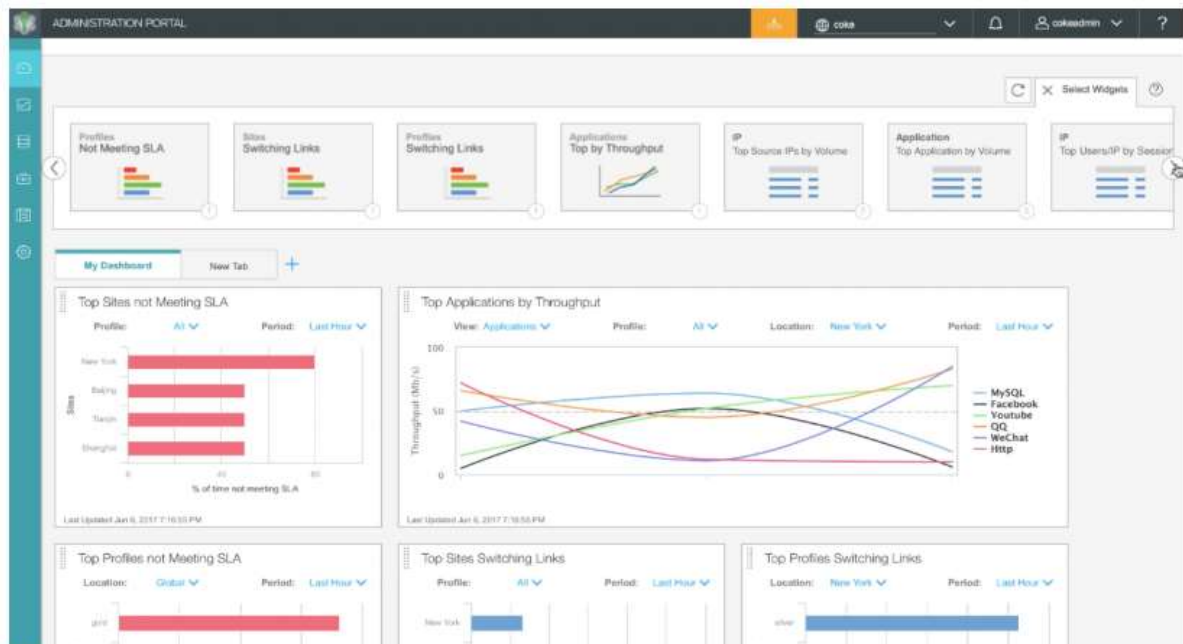


**Figura 2.7.** Diseñador de servicios de red de orquestación de servicios [4].

- **Portal de administración:** El Portal de administración brinda a los administradores de red visibilidad simultánea de los servicios locales e híbridos basados en la nube de los clientes, lo que les permite monitorear y solucionar fácilmente el estado y la salud del servicio. Se puede acceder fácilmente a la información detallada del servicio para monitorear el equipo de las instalaciones del cliente (CPE) virtual o físico, los acuerdos de nivel de servicio (SLA), los informes de diagnóstico de recursos de CPE, los recursos del catálogo de servicios y otras funciones administrativas.

El portal de administración admite el control de acceso basado en funciones (RBAC), así como la autenticación local y la autenticación basada en SAML para el inicio de sesión único (SSO). Los administradores también pueden crear más usuarios con roles

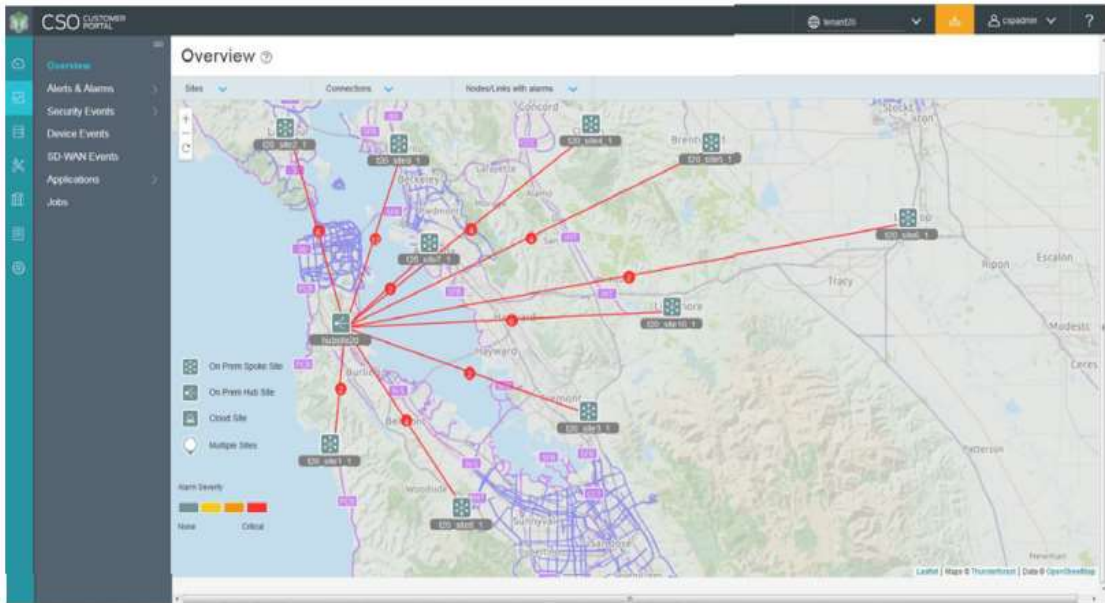
específicos y privilegios de acceso [4]. En la Figura 2.8, se indica el portal de administración de Orquestación de Servicios de Contrail.



**Figura 2.8.** Portal de administración de orquestación de servicios de Contrail [4].

- **Portal del cliente:** El Portal del cliente se proporciona a través de un portal unificado con acceso a funciones gobernadas por un RBAC para proporcionar un rol de Administrador de inquilinos y Operador de inquilinos (acceso de solo lectura). Los clientes finales tienen la libertad de seleccionar por sí mismos las funciones que mejor se ajusten a sus requisitos comerciales.

También tienen la capacidad de seleccionar el modelo de implementación de servicio apropiado en las instalaciones o en la nube con la flexibilidad de determinar cuándo implementar, cambiar o eliminar un servicio casi en tiempo real. Los proveedores de servicios pueden optar por desarrollar su propia GUI del portal de clientes utilizando las API REST [4]. En la Figura 2.9, se pone a la vista la representación del portal del cliente de Orquestación de Servicios de Contrail.



**Figura 2.9.** Portal del cliente de Orquestación de Servicios de Contrail [4].

- **Controlador de servicios de red:** En el modelo de implementación de CPE en la nube distribuida, el controlador de servicios de red asocia, aprovisiona y administra automáticamente los dispositivos CPE y las funciones de red virtual (VNF) en los entornos de servicios de red de Juniper Networks.

El controlador de servicios de red automatiza todo el proceso de administración de CPE, incluida la activación remota de los dispositivos CPE, la habilitación de la topología VPN superpuesta y el mantenimiento y monitoreo de dispositivos en todas las ubicaciones del sitio [4].

- **Orquestador de servicios de red:** Network Service Orchestrator automatiza y organiza todo el proceso de creación de servicios, desde el momento en que un cliente diseña, publica y selecciona un nuevo servicio de red en toda la red. En el modelo de implementación centralizado, Network Service Orchestrator funciona con Contrail Cloud Platform, aprovechando los mapas de calor de OpenStack para automatizar la infraestructura de la nube, activación y desactivación de servicios virtualizados, configuración de servicios, encadenamiento de servicios y administración de recursos de infraestructura [8] [4].

Este enfoque elimina los errores de aprovisionamiento de servicios y permite la prestación de servicios casi en tiempo real. En el modelo de implementación distribuida, Network Service Orchestrator trabaja en conjunto con Network Service Controller para

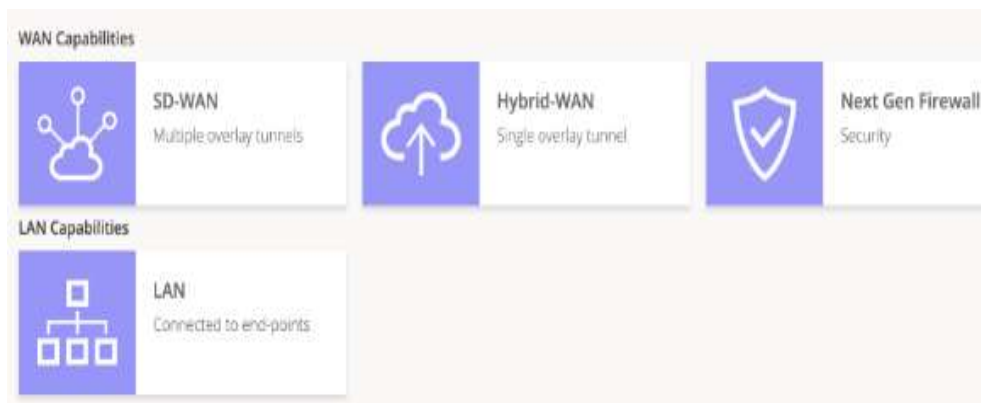
automatizar la activación/desactivación de servicios virtualizados, la configuración de servicios, el encadenamiento de servicios [4].

### 2.2.3 Formas de implementación de CSO

La plataforma CSO en sí se puede implementar de una de dos maneras:

- Como una plataforma local descargable en la que la empresa se convierte en el administrador del proveedor de servicios (usuario cspadmin). En una implementación local, el usuario cspadmin tiene acceso completo de administración de lectura y escritura y responsabilidad para las plataformas de microservicios de CSO, la orquestación y la infraestructura de administración, y todas las redes subyacentes necesarias para permitir el acceso a CSO y sus soluciones.
- Como una plataforma de Software a modo de un Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés), alojada en una nube pública, a la que se suscriben los inquilinos o los usuarios. En una implementación de SaaS, Juniper Networks administra la infraestructura de microservicios necesaria, la infraestructura de administración y orquestación segura y las redes subyacentes necesarias para permitir el acceso a CSO y sus soluciones.

CSO ofrece múltiples soluciones de red que benefician a los clientes empresariales y proveedores de servicios y sus clientes. Las soluciones se dividen en dos grupos generales, soluciones WAN (Wide Area Networks) y soluciones LAN (Local Area Networks), como se indica en la Figura 2.10.



**Figura 2.10.** Soluciones WAN y LAN para Orquestación de Redes [9].

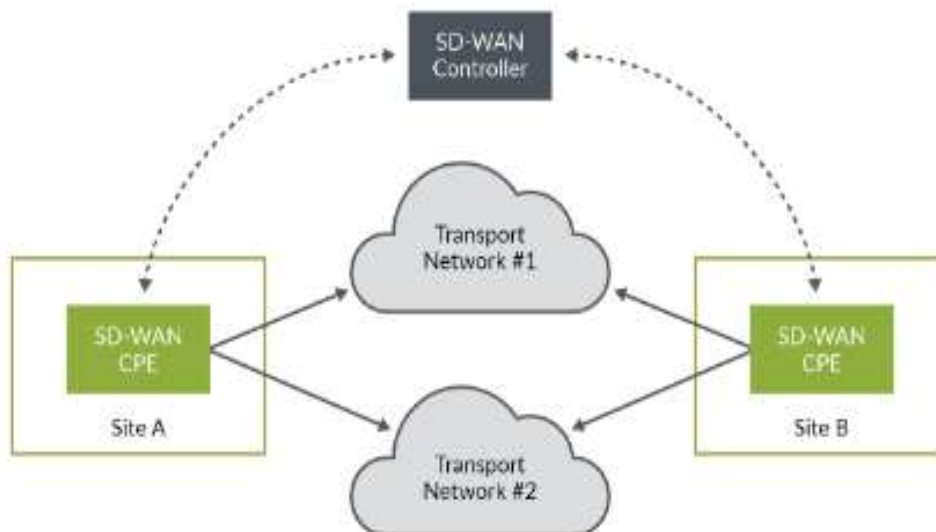
Estas soluciones permiten a CSO proporcionar gestión del tiempo de vida de dispositivos y servicios, además de las siguientes funciones:

- Automatizar el aprovisionamiento de dispositivos físicos y virtuales.
- Proporcionar configuración de día 0, 1 y 2.
- Monitorear dispositivos remotos.
- Proporcionar una gestión completa el ciclo de vida de firewall, NAT y políticas de ruptura de Internet para el tráfico de usuarios.
- Proporcionar informes de alto nivel sobre dispositivos y tráfico de usuarios.

#### 2.2.4 Soluciones de CSO para Redes de Internet

En las siguientes líneas se describe cada una de las soluciones CSO disponibles para cada caso de uso:

- La solución Contrail de Redes de Área Amplia Definida por Software o Software Defined Wide Area Networks (SD-WAN), presenta a disposición una forma flexible y automatizada de enrutar el tráfico a través de la nube utilizando redes superpuestas. Es una solución de red superpuesta que proporciona una experiencia de usuario de aplicación mejorada. Funciona como controlador de datos y orquestador de gestión [9]. Es una forma más básica, una solución SD-WAN abarca múltiples sitios y conexiones entre sitios, y un controlador WAN, como se presenta en la Figura 2.11.



**Figura 2.11.** Conceptualización básica de SD-WAN [9].

Los dispositivos del Equipamiento Local del Cliente o Client Premises Equipment (CPE), utilizados en una solución Contrail SD-WAN tienen un lado WAN y otro LAN. En el lado de la WAN, se admiten las topologías de malla dinámica y hub-and-spoke. Los dispositivos CPE utilizan al menos una y hasta cuatro interfaces WAN como rutas de conexión a los dispositivos del concentrador del proveedor, de la empresa y otros dispositivos radiales e Internet [9]. En la Tabla 2.1 se expone una clasificación de los dispositivos concentradores admitidos.

**Tabla 2.1.** Dispositivos concentradores admitidos en WAN [9].

Dispositivo concentrador	Usado como:
vSRX	Hub empresarial Hub de proveedores
SRX1500	Hub de proveedores
SRX4100	Hub empresarial Hub de proveedores
SRX200	Hub empresarial Hub de proveedores
Dispositivos de la serie MX con tarjetas de líneas de servicios	Hub de proveedores

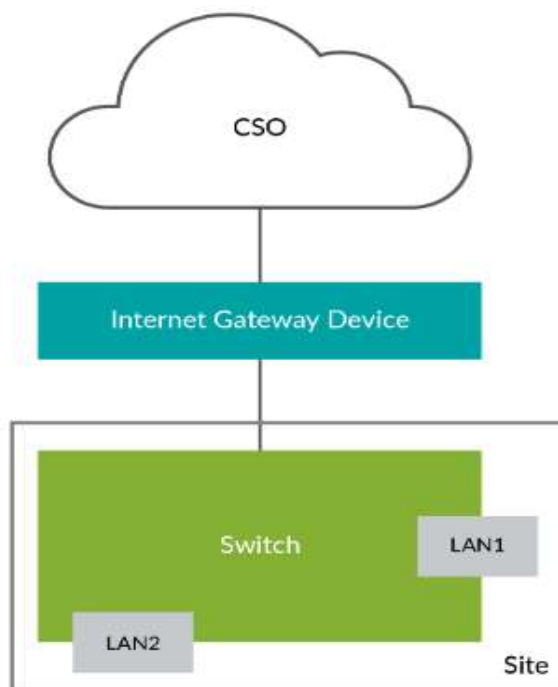
Los dispositivos concentradores ayudan a proporcionar la red superpuesta necesaria para la solución SD-WAN de Contrail. CSO permite dar preferencia a una ruta WAN sobre otra para cualquier tráfico dado mediante el uso de perfiles de direccionamiento y ruptura de tráfico. Por lo tanto, el tráfico crítico se puede enrutar a través del concentrador del proveedor utilizando MPLS (Multiprotocol Label Switching)/GRE (Genetic Routing Encapsulation), mientras que el tráfico no crítico se puede enrutar a través de la conexión a Internet a través de un túnel IPsec (Internet Protocol security) [8].

Las rutas podrían estar aplicadas en un perfil de Acuerdo de Nivel de Servicio o Service Level Agreement (SLA). El perfil SLA supervisa la ruta en busca de latencia, congestión y fluctuación, al mismo tiempo que tiene en cuenta la preferencia de la ruta. Si el camino no cumple con uno o más de los parámetros requeridos, el tráfico se redirige a otra ruta automáticamente [9].



El lado LAN de los dispositivos CPE se conecta a los segmentos LAN del cliente. Múltiples departamentos en el sitio del cliente que ocupan diferentes segmentos LAN pueden tener su tráfico segregado de forma segura con el uso de túneles IPSec dedicados. Se puede usar las soluciones como implementaciones de llave en mano o conectarse a otros sistemas de soporte operativo y comercial a través de las API de transferencia de estado representacional hacia el norte.

- La solución SD-LAN permite a CSO administrar y monitorear dispositivos LAN remotos como ciertos conmutadores LAN de series EX y chasis virtuales (CV), así como puntos de acceso Mist WiFi. Esto amplía la solución SD-WAN para brindar visibilidad en las LAN de redes remotas [9]. En su forma más básica, una implementación de LAN administrada es tan simple como conectar un conmutador EX compatible o un firewall SRX en el sitio remoto a través de un dispositivo de entrada de enlace de Internet, como se señala en la Figura 2.12.

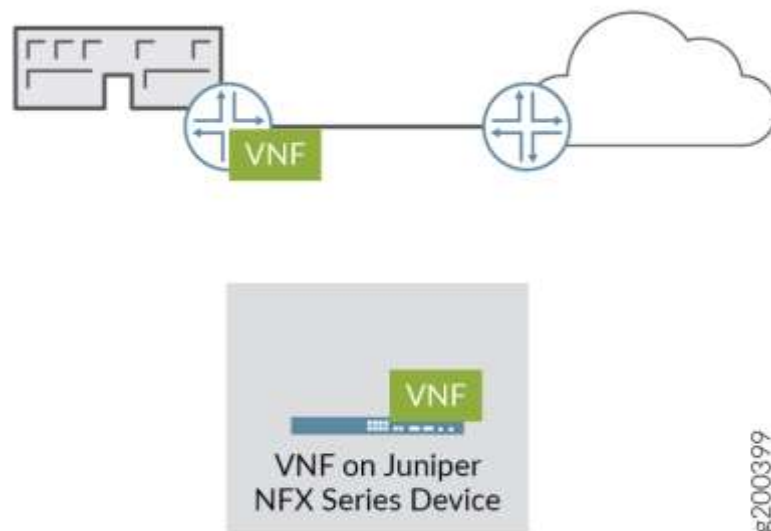


**Figura 2.12.** Solución SD-LAN simple [9].

Si bien la figura anterior muestra un solo conmutador conectado detrás de un dispositivo de puerta de enlace de Internet, hay varias diferentes opciones de implementación disponibles dentro de la solución. Por ejemplo, se puede conectar un conmutador EX o VC a un dispositivo CPE administrado existente o se puede agregar a CSO como un conmutador de LAN independiente.



- En el prototipo de implementación de WAN híbrida, los usuarios tienen acceso a los servicios de red desde un dispositivo CPE, ubicado en el sitio del cliente, dichos sitios son conocidos como sitios locales o radios. En los flujos de trabajo utilizados en la GUI de CSO, esta implementación se conoce como WAN híbrida. En la Figura 2.13 se expone una implementación de WAN híbrida simplificada.



**Figura 2.13.** Implementación de una WAN híbrida [9].

La principal configuración del dispositivo CPE en el sitio, puede ser automatizada por medio del uso de abastecimiento sin contacto que se orquesta utilizando CSO. Además, supervisa el dispositivo CPE con sus servicios y evita actualizaciones de configuración y software a los dispositivos de manera remota, lo que disminuye los gastos de operación. La implementación de este modelo es bastante útil en entornos donde la prestación de servicios desde la nube del proveedor de servicios costosa.

### 2.2.5 Gestión y Orquestación inteligente

Con un portal de flujo de trabajo de creación de servicios simplificado, los gerentes de productos pueden definir de manera inteligente y confiable un catálogo de servicios personalizado a través de un asistente de creación de servicios intuitivo y fácil de usar. Aprovechando esquemas de administración de recursos perspicaces, CSO recomienda el modelo de creación de servicios más eficiente basado en VNF definidos que mejor cumplirán con los requisitos del cliente [10].

Al eliminar los procesos de aprovisionamiento erróneos, propensos a errores e impulsados por humanos, el portal de diseño de servicios inteligente establece un flujo de trabajo que reduce el tiempo necesario para definir y entregar nuevos servicios al mercado, aumentando la productividad y reduciendo los gastos operativos.

A la creación de servicios inteligentes le sigue la entrega de servicios automatizados. Una vez que un cliente selecciona un servicio que desea, se orquesta todo el ciclo de vida del servicio, sin importar qué modelo de implementación se requiera: centralizado, distribuido o híbrido. Se automatiza un modelo de entrega uniforme y cohesivo en toda la pila de software y también en toda la infraestructura de red [10].

Se pueden crear portales personalizables definidos por el usuario, elevando la satisfacción del usuario, impulsando una asociación más estrecha con los clientes y, en última instancia, generando una mayor rentabilidad. Los proveedores de servicios pueden crear catálogos de servicios específicos que sean únicos para sus propios objetivos comerciales o los de sus clientes.

#### **2.2.6 Características de CSO**

- Se construye desde cero con la apertura en su núcleo; Los protocolos abiertos, los modelos de datos YANG abiertos y las API abiertas se integran fácilmente en los entornos OSS/BSS existentes [10].
- La incorporación de servicios personalizados con perfiles específicos de clientes proporciona una experiencia de usuario personalizada.
- La perfecta integración con Contrail Cloud Platform garantiza una gestión automatizada y una experiencia de orquestación de servicios en toda la infraestructura.
- Se admiten simultáneamente varios casos de uso de NFV, incluida la solución CPE en la nube de Juniper, en un modelo de implementación centralizado, distribuido o híbrido que se extiende a las instalaciones del cliente [10].
- Security Management está completamente integrado para una aplicación de seguridad simplificada, automatizada y consistente.
- Los servicios gestionados de forma perspicaz se derraman a lo largo de todo su ciclo de vida con artilugios administrativos y de diseño de servicios llenos de funciones.
- Administrador de elementos de red física de Juniper incorporado.

- Aprovisionamiento y configuración sin contacto para modelos de implementación de Cloud CPE distribuidos.
- Implemente cualquier modelo de implementación en cualquier implementación de red.

### **2.2.7 Beneficios de CSO**

- Con una pila completa de software de administración y orquestación, los clientes pueden aprovechar la innovación acelerada aprovechando el poder de la comunidad de código abierto.
- Cada cliente recibe una experiencia personalizada, lo que permite la creación de servicios que mejor se adapten a las necesidades comerciales.
- La solución aborda cualquier modelo de implementación; los servicios se pueden encadenar sin problemas para aumentar las oportunidades de prestación de servicios que generan ingresos [10].
- La seguridad es generalizada y está siempre activa para garantizar que cada implementación sea segura. La visualización de seguridad integrada proporciona información del cliente para adelantarse a las nuevas amenazas.
- Los nuevos servicios se pueden catalogar en minutos para cumplir rápidamente la petición de los clientes y asegurar el servicio para una mayor complacencia del cliente. Un sistema de control multiinquilino proporciona a cada inquilino una gestión individualizada de sus servicios [10].
- Conecta automáticamente la capa de acceso a la puerta de enlace de borde del proveedor en una oficina central a la instancia de servicio virtual.
- Contrail Service Orchestration se puede integrar fácilmente en los entornos de red OSS/BSS existentes.
- La aplicación del activador de red brinda soporte sin contacto para la serie NFX, comenzando con la configuración del primer día, la administración detallada de dispositivos administrativos y la coherencia de gestión del ciclo de vida de VNF de la plataforma en la nube de contrail [10].
- Es compatible con cualquier arquitectura WAN con sus capacidades de administración de VPN independientes del transporte.

### **2.2.8 Especificaciones**

Las recomendaciones del sistema y el entorno operativo dependen del uso previsto de los servidores. Hay cuatro configuraciones de implementación de Contrail Service Orchestration recomendadas para admitir escalas y redundancias variables

1. Modo de demostración para no alta disponibilidad
2. Modo de producción para no alta disponibilidad
3. Modo de producción con alta disponibilidad
4. Modo de prueba con alta disponibilidad

En cada configuración, las máquinas virtuales asignadas realizan las siguientes funciones únicas:

- Instalador de máquina virtual
- Máquina virtual de Contrail Analytics
- Servicios de infraestructura
- Microservicios

### **2.2.9 Entorno operativo recomendado**

- Red: tarjeta de interfaz de 1 GbE o 10 GbE (una o más)
- SO: SO Linux (Ubuntu 14.04.5 LTS)
- Almacenamiento: Más de 1 TB Serial Advanced Technology Attachment (SATA), Serial Attached SCSI (SAS) o unidad de estado sólido (SSD)
- Servidores: Quanta (QuantaPlex T41S-U), Supermicro (SYS-2028TPHC1TR-OTO-4) o Dell (R420) (Intel E5-2670v3 o superior) con procesador dual x86 de 64 bits

En la Figura 2.14, se puede señalar la distribución de las operaciones de CSO a nivel mundial, presentando mayor influencia en cuando a automatización y orquestación en el continente europeo.



**Figura 2.14.** Distribución de centros de operaciones de CSO en el mundo [10].

### **3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se describen los resultados obtenidos del estudio de la Orquestación de Redes. Además, se realiza una comparación entre las dos alternativas de soluciones a la Orquestación, llegando así a comprender el funcionamiento de este proceso importante para la nueva era tecnológica.

Se desarrolla el análisis de los beneficios que tienen cada una de las soluciones a la orquestación estudiadas en el capítulo anterior. Si bien ambas presentan similares beneficios a la hora de buscar este servicio en las redes de una organización, existen pequeñas diferencias que vale la pena recalcar.

#### **3.1 Comparación de alternativas de soluciones a la Orquestación de Redes**

Las alternativas de soluciones a la Orquestación estudiadas ofrecen características propias que permiten destacar beneficios de cada una de ellas. Al realizar una comparación de estas alternativas se debe tomar en cuenta que cualquiera de estas puede ser mejor para una implementación, dependiendo de los requisitos que se necesite cumplir.

El Orquestador de Servicios de Red permite la orquestación tanto en redes virtualizadas (NFV) como en redes definidas por software. Esto permite tener un beneficio importante para ciertas empresas que necesiten orquestación en cualquiera de estos dos tipos de redes incluyendo múltiples dominios de red

La Orquestación de Servicios de Contrail por su parte permite una Orquestación multiusuario, para administrar dispositivos de red físicos y virtuales. Proporciona seguridad y aislamiento de inquilinos que evita que los objetos y usuarios pertenezcan a un inquilino o empresa operativa, vean o interactúen con los de otro.

##### **3.1.2 Similitudes y diferencias de las dos alternativas de solución**

- **Similitudes**

Las dos plataformas que sirven como alternativas de solución de Orquestación de Redes presentan resoluciones bastante similares en cuanto a que aplicaciones pueden contar con ellas. Redes físicas y virtuales pueden ser automatizadas y orquestadas con ambas plataformas antes estudiadas, lo que representa una gran flexibilidad de acoplamiento para las organizaciones.

Tanto NSO como CSO brindan soporte de múltiples proveedores, integración con Northbound Systems. Además, la extensibilidad en ambas plataformas juega un papel importante en la orquestación para personalizar modelos de dispositivos.

NSO presenta una capacidad de orquestación transparente que abarca múltiples dominios en su red e incluye virtualización de funciones de red (NFV) y redes definidas por software (SDN). CSO por otro lado, ofrece servicios de red de seguridad, VPN y SDWAN gestionados y virtualizados.

Ambas soluciones permiten que sus entornos de trabajo se integren fácilmente a entornos OSS/BSS, construyéndose desde cero con la apertura de su núcleo, protocolos y API abiertas.

Tanto NSO como CSO, cuentan con lenguaje de modelado de datos conocido como YANG, el cual proporciona herramientas para automatizar las instrucciones de configuración en cualquier mecanismo diferente en una SDN.

- **Diferencias**

NSO presenta una importante herramienta que sirve mucho para el propósito de orquestación conocida como Crosswork NSO. Con el uso de esta herramienta, se logra la conexión entre la automatización y el sinnúmero de requisitos de las aplicaciones de servicios que cambian en todo momento.

Por otro lado, CSO abre un abanico de instrumentos disponibles para cada uso que se necesite en cuanto a orquestación se refiere. Si se necesita trabajar con orquestación en redes de área amplia se emplea un SD-WAN, la cual dispone una automatización utilizado redes superpuestas. Para las redes de área local, se tiene SD-LAN, el cual permite monitorear dispositivos LAN remotos. Además, CSO dispone de un modelo conocido como WAN híbrida, haciendo que los clientes puedan acceder a los servicios de red desde un dispositivo CPE.

Para NSO es importante definir un API correctamente de forma automática en todo el entorno de la red para automatizar cualquier tipo de dispositivo, mientras que CSO usa las API de transferencia de estado para realizar conexión de otros sistemas de soporte operativo y comercial.

En la Tabla 3.1 resume las principales diferencias y similitudes entre las dos alternativas de soluciones a la Orquestación de Redes, con lo cual se puede comparar

**Tabla 3.1.** Diferencias y similitudes entre las soluciones NSO y CSO.

	NSO	CSO
Diferencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con una herramienta interna de orquestación conocida como Crosswork NSO.</li> <li>• Usa una capa de abstracción de múltiples proveedores para mediar el acceso a los dispositivos de Cisco.</li> <li>• Proporciona un IDE para el desarrollo ágil de los nuevos servicios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta dos formas de implementación, una como plataforma local y otra como Software público.</li> <li>• Dispone de un administrador de elementos de red física incorporado específicamente para Juniper.</li> <li>• Proporciona gestión del ciclo de vida de dispositivos y servicios.</li> </ul>
Similitudes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden integrar fácilmente en los entornos de red OSS/BSS existentes.</li> <li>• Admiten simultáneamente varios casos de uso de NFV.</li> <li>• Se basan en protocolos abiertos con ayuda del modelado de datos YANG y las API.</li> <li>• Crea portales personalizables creados por el usuario, elevando la satisfacción del cliente.</li> <li>• Los servicios se pueden encadenar sin problemas para aumentar las oportunidades de prestación de dichos servicios.</li> </ul>	



## 3.2 Conclusiones

- NSO es líder en la industria para redes híbridas, ya que proporciona una completa automatización del servicio del ciclo de vida para permitirle al usuario diseñar y ofrecer servicios de alta calidad de forma más rápida y sencilla, permitiendo así también la escalabilidad dentro de las organizaciones.
- La NSO representa un tipo de orquestación que generalmente abarca múltiples elementos de red, como enrutadores, firewalls, equilibradores de carga, puertas de enlace VPN, optimizadores WAN, servicios de seguridad web.
- CSO permite a los proveedores de servicios, así como a las pequeñas, medianas y grandes empresas, centralizar y distribuir selectiva o simultáneamente servicios de red virtual en un modelo de implementación híbrido.
- CSO permite tanto a las empresas como a los proveedores de servicios reducir drásticamente los tiempos de entrega de servicios para los servicios administrados, transformando una experiencia de varios meses en una experiencia casi en tiempo real con un clic del mouse al automatizar todo el ciclo de vida de la entrega de servicios.
- Network Service Designer ayuda con los parámetros de configuración del servicio, las plantillas de encadenamiento de servicios y los catálogos de servicios específicos del cliente que se exponen a través del portal del cliente.
- En el portal de administración los administradores también pueden crear más usuarios con roles específicos y privilegios de acceso. Además, admite el control de acceso basado en funciones, así como la autenticación local y la autenticación basada en SAML para el inicio de sesión único.
- Network Service Designer proporciona a los administradores de productos y arquitectos de red una solución intuitiva de apuntar y hacer clic para realizar el proceso de definición de servicios de Juniper y VNF de terceros que forma parte de la gestión del ciclo de vida del servicio.
- Un NSO utiliza el concepto de abstracción para simplificar la tarea de configurar múltiples elementos de red. Por ejemplo, si se supone que el operador tiene que crear una VLAN para una aplicación específica. En el enfoque tradicional, el operador debe iniciar sesión en todos y cada uno de los enrutadores y configurar mediante CLI o GUI.

### 3.3 Recomendaciones

- Es de vital importancia determinar el uso que se le va a dar y beneficios que se quiere tener a la hora de realizar una Orquestación de Redes, ya que de eso dependerá cual solución a este proceso es la adecuada.
- NSO puede ser más útil al momento de plantearse ejecutar la orquestación en las tecnologías de la información, permitiendo que los servicios de TI existentes no tengan que tomar tiempo innecesario en tareas rutinarias.
- Si se necesita realizar la incorporación de servicios personalizados con perfiles específicos de clientes, es importante tomar en cuenta la solución CSO. Esta solución se permite este beneficio debido a que se construye desde cero con la apertura en su núcleo.
- Es fundamental tomar en cuenta a la solución CSO cuando se busca orquestar redes de internet, tales como: WAN, LAN y redes WAN híbridas. Esta herramienta, presenta procesos definidos por software específicos para cada una de estas redes. Lo cual se hace la solución indicada para este propósito.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Celona, «Celona,» 03 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.celona.io/network-architecture/network-orchestration#:~:text=Network%20orchestration%20is%20network%20automation vendor%20systems%20in%20a%20network..> [Último acceso: 09 12 2022].
- [2] CISCO, «Cisco Systems,» 2022. [En línea]. [Último acceso: 09 12 2022].
- [3] C. Bunce, «bizagi,» 12 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.bizagi.com/es/contents/Blog/ES/automatizacion-vs-orquestacion.htm> [Último acceso: 09 12 2022].
- [4] Juniper, «NetworkScreen,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.networkscreen.com/Contrail-Service-Orchestration.asp>. [Último acceso: 14 12 2022].
- [5] Cisco, «DevNet Cisco,» 2022. [En línea]. Available: <https://developer.cisco.com/docs/nso/#!nso-fundamentals/nso-fundamentals>. [Último acceso: 14 12 2022].
- [6] Anuta, «Anuta networks,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.anutanetworks.com/network-service-orchestration/>. [Último acceso: 12 12 2022].
- [7] C. Developer, «CISCO,» 04 10 2022. [En línea]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/network-services-orchestrator/network-orchestrator-so.html>. [Último acceso: 29 01 2022].
- [8] Juniper, «Juniper Networks,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.juniper.net/us/en/products/sdn-and-orchestration/contrail/contrail-service-orchestration.html>. [Último acceso: 14 12 2022].
- [9] J. Networks, «Juniper,» 12 11 2019. [En línea]. Available: [https://www.juniper.net/documentation/en\\_US/cso5.0/topics/concept/cloud-cpe-solution-overview.html](https://www.juniper.net/documentation/en_US/cso5.0/topics/concept/cloud-cpe-solution-overview.html). [Último acceso: 17 01 2023].
- [10] J. Networks, «Orquestación del servicio de contrail,» 1133 Innovation Way; Sunnyvalele, 2017.
- [11] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, ed.,d., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.