UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE REDES Y

COMUNICACIONES

**DISEÑO DE REDES LAN BASADA EN SOFTWARE PARA
UN PROVEEDOR DE DATACENTER LIDER EN PERU**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de Redes y Comunicaciones

AUTOR

Munayco Coronado, Roberto Willy (0000-0003-4066-3020)

ASESOR

Gonzales Figueroa, Renatto Gustavo (0000-0003-3658-3415)

Lima, 18 de febrero de 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres por el apoyo constante para culminar mis estudios, a mis hermanos como muestra del sacrificio familiar que hemos hecho para poder salir todos adelante.

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el análisis que se ha realizado para poder transformar la red LAN de un centro de datos tradicional, líder en servicios de Outsourcing en el Perú, en una infraestructura de red basada en software, el cual, va a ayudar a mejorar los tiempos de entrega de los servicios de red; así como, incrementar el índice de disponibilidad de ésta.

La empresa en estudio, actualmente, tiene tres centros de datos ubicado en dos distritos de la ciudad de Lima, como la Molina y San Isidro, la gerencia en el Perú mediante la unidad de negocio Global Technology Services (GTS), responsable de los centros de datos en el país, está liderando este cambio tecnológico que traerá consigo una revolución en el mercado de centro de datos en el país.

En este documento se encuentra el diseño de alto y bajo nivel de la red bajo la tecnología de software defined network (SDN) que se va a proponer, también los beneficios en tiempo que toma implementar una red LAN usando esta tecnología, adicionalmente, el equipamiento de red que se propone para este diseño; y, por último, el análisis económico que muestra la justificación de implementar esta nueva red bajo software defined network.

Finalmente, se hacen las recomendaciones que se deben seguir si se desea implementar una red LAN basada en software, tanto para un centro de datos, como para un campus; así como, las ventajas si se toma la decisión de implementarla.

Palabras claves: Centro de datos, Telecomunicaciones, Redes, LAN, Software

ABSTRACT

This paper describes the analysis that has been carried out to transform the LAN network of a traditional data center, leader in Outsourcing services in Peru, into a software-based network infrastructure, which, will help improve delivery times for network services; as well as increase its availability index.

The company under study currently has three data centers located in two districts of the city of Lima, such as La Molina and San Isidro, the management in Peru through the Global Technology Services (GTS) business unit, responsible for the centers of data in the country, is leading this technological change that will bring about a revolution in the data center market in the country.

This document contains the high and low level design of the network under the defined network software (SDN) technology that is going to be proposed, as well as the benefits in time it takes to implement a LAN using this technology, additionally, the equipment network proposed for this design; and, finally, the economic analysis that shows the justification for implementing this new network under defined network software.

Finally, recommendations are made that should be followed if you want to implement a software-based LAN network, both for a data center and for a campus; as well as the advantages if the decision is made to implement it.

Keywords: Datacenter, Telecommunications, Networks, LAN, Software

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. CAPÍTULO 1: ASPECTOS INTRODUCTORIOS	5
1.1 Organización objetivo	5
1.2 Campo de acción en la organización objetivo	8
1.3 Situación problemática y problemas en el campo de acción	8
1.3.1 Situación problemática	9
1.3.2 Problemas por resolver	10
1.4 Objetivos generales y específicos del proyecto	11
1.4.1 Objetivos generales	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
1.5 Indicadores o mecanismo del logro de los objetivos	12
1.6 Justificación del proyecto	13
1.7 Estado del arte	14
1.7.1 Red SDN	14
1.7.1.1 Antecedentes	14
1.7.1.2 SDN en la actualidad	16
1.7.1.3 SDN – Tendencia a futuro	23
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	24
2.1 Centros de datos	24
2.1.1 Clasificación de los centros de datos	24
2.1.2 TIA 942	25
2.2 Redes LAN	26

2.3 Redes basadas en software	27
2.3.1 ¿Qué es SDN?	27
2.3.2 ¿Como trabaja SDN?	27
2.3.3 Equipos de la red SDN	29
2.3.4 Estándares de SDN	31
2.3.4.1 ¿Qué es Openflow?	31
2.3.4.2 ¿Qué es Opflex?	33
3. CAPÍTULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	34
3.1 Sustento del problema	34
3.2 Impacto en la organización	35
3.3 Descripción del entorno	37
3.4 Matriz de interesados	39
3.5 Requerimientos y justificación de la solución	40
3.5.1 Requerimientos	40
3.5.2 Justificación	41
3.6 Estructura de descomposición del trabajo (EDT)	44
3.7 Objetivos y requerimientos	45
4. CAPÍTULO 4: PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	46
4.1 Objetivo general	46
4.2 Objetivos específicos	46
4.3 Esquema y planteamiento del desarrollo de la solución propuesta	47
4.4 Requerimientos técnicos de la solución	49
4.5 Descripción del diseño	50
4.6 Ambiente de pruebas para el desarrollo del diseño	58

4.7 Scripts a utilizar para el desarrollo del diseño	60
4.8 Proveedores de hardware y software	76
4.9 Recurso humano para el proyecto	78
5. CAPÍTULO 5: PRUEBAS, RESULTADOS Y VALIDACIÓN	82
5.1 Mantener las características de la red tradicional	82
5.2 Tiempos de implementación	87
5.2.1 Investigación de la reducción de tiempos de implementación de una red SDN	88
5.2.2 Confirmación de la reducción del tiempo de implementación	90
5.2.2.1 Creación de una vlan	91
5.2.2.2 Creación de un contrato	94
5.2.2.3 Aprovisionamiento de un servidor virtual, con recursos de red	97
5.3 Equipamiento por elegir	105
5.3.1 Elección de la marca a elegir	106
5.3.2 Velocidad de conexión que ofrecen los equipos y velocidad de tasa de transferencia	107
5.3.2.1 Velocidad y throughput de equipos leaf	107
5.3.2.2 Velocidad y throughput de equipos spine	108
5.3.2.3 Soporte de protocolo	109
5.3.2.4 Lenguaje de programación	110
5.4 Costo de la red SDN propuesta	110
5.4.1 Ahorro de costo de una red SDN	111
5.4.1.1 Costo de capex	111

5.4.1.2 Costo de opex	114
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
7. REFERENCIAS	117
8. GLOSARIO	120
9. SIGLARIO	121
10. ANEXOS	122

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principales preocupaciones de las redes tradicionales	2
Figura 2. Diferencia entre la red tradicional frente a la red SDN	4
Figura 3. Facturación de la empresa en el 2018	6
Figura 4. Organigrama de la unidad de negocio GTS	7
Figura 5. Reducción del tiempo de diseño, implementación y operación	10
Figura 6. Capas y arquitectura de la SDN según la RFC 7426	15
Figura 7. Forecast SDN	21
Figura 8. Estatus de la SDN	22
Figura 9. Que esperan de SDN para tu compañía	22
Figura 10. Arquitectura de SDN	28
Figura 11. Flujo de tráfico	29
Figura 12. Componentes de un switch virtual	30
Figura 13. Componentes de un switch físico	30
Figura 14. Flujo del OpenFlow hacia un controlador	31
Figura 15. Flujo del OpenFlow	32
Figura 16. Flujo del OpFlex	33
Figura 17. Estructura de la red actual del Centro de Datos	39
Figura 18. EDT	44
Figura 19. Diagrama de alto nivel (HLD)	47
Figura 20. Diagrama de arquitectura (LLD)	51
Figura 21. Consumo de tráfico de recepción	53
Figura 22. Consumo de tráfico de transmisión	53
Figura 23. Enrutamiento de tráfico dentro de la fábrica	54
Figura 24. Enrutamiento fuera de la fábrica – border leaf	55
Figura 25. Enrutamiento fuera de la fábrica – spine	55
Figura 26. Modelo del controlador a usar	56
Figura 27. Capacidades del controlador a usar	57
Figura 28. Estructura referencial de la red SDN para el Centro de Datos principal	

	58
Figura 29. Funcionamiento de la red SDN en el Centro de datos principal	60
Figura 30. Controlador con diversos tenants creados	61
Figura 31. Colección de scripts básicos	62
Figura 32. Variables que usaremos en los scripts	63
Figura 33. Script para el acceso al controlador	64
Figura 34. Ejecución del script de acceso al controlador con éxito	65
Figura 35. Ejecución del script de creación de tenant	66
Figura 36. Ejecución exitosa del script de creación de tenant	67
Figura 37. Ejecución del script de creación de vrf	68
Figura 38. Ejecución exitosa del script de creación de vrf	69
Figura 39. Ejecución de un bridge domain y epg en un tenant y vrf existente	70
Figura 40. Ejecución exitosa de un bridge domain y epg en un tenant y vrf existente	71
Figura 41. Ejecución de la asignación de red aún bridge domain	72
Figura 42. Ejecución exitosa de la asignación de red aún bridge domain	73
Figura 43. Verificación de la creación del tenant en el controlador	74
Figura 44. Verificación de la creación de las características del tenant	75
Figura 45. Scripts de un tenant visto desde el controlador	76
Figura 46. Diagrama físico del Laboratorio a implementar	78
Figura 47. Funcionamiento de la red SDN integrado con una solución de Virtualización de servidores	80
Figura 48. Característica de tiempo de respuesta solicitado para multipod	84
Figura 49. Distancia entre centro de datos	85
Figura 50. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 1	85
Figura 51. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 2	86
Figura 52. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 3	87
Figura 53. Ahorro de tiempos de diseño	88
Figura 54. Ahorro de tiempos de implementación	89
Figura 55. Ahorro de tiempos de gestión y mantenimiento	90
Figura 56. Catálogo de configuración	91

Figura 57. Creación de Bridge domain	91
Figura 58. Tarea de ejecución de bridge domain	92
Figura 59. Pasos a seguir para la realización de la tarea	92
Figura 60. Tiempos de la ejecución	93
Figura 61. Creación del port-group en el vmware	93
Figura 62. Id de vlan en el vmware	94
Figura 63. Catálogo de configuración de contrato	94
Figura 64. Selección del bridge domain	95
Figura 65. Tarea de ejecución del contrato	95
Figura 66. Inicio de la tarea de ejecución del contrato	96
Figura 67. Tiempo de la tarea de ejecución de un contrato	96
Figura 68. Catálogo del orquestados para sistemas operativos	97
Figura 69. Asignación de capacidades para la máquina virtual a crear	98
Figura 70. Asignación port group para la máquina virtual a crear	98
Figura 71. Asignación de parámetros de red para la máquina virtual a crear	99
Figura 72. Tarea de ejecución de la máquina virtual	99
Figura 73. Pasos a seguir de la ejecución para la creación de la máquina virtual	100
Figura 74. Tareas en ejecución casi por culminar para la creación de la máquina virtual	101
Figura 75. Capacidades asignadas a la máquina virtual	102
Figura 76. Tarea de creación máquina virtual culminada	102
Figura 77. Tiempo de inicio de creación de la máquina virtual	103
Figura 78. Tiempo final de creación de la máquina virtual	103
Figura 79. Pantalla de la máquina virtual creada	104
Figura 80. Dirección de red de la máquina virtual creada	104
Figura 81. Tiempo de respuesta de la máquina virtual al default gateway	105
Figura 82. Cuadro de Gartner – Centro de datos	106
Figura 83. Cisco Nexus 93180YC-EX – Leaf	108
Figura 84. Cisco Nexus 93180YC-EX - Leaf - Especificaciones	108
Figura 85. Cisco Nexus 9364C – Spine	109

Figura 86. Cisco Nexus 9364C - Spine – Especificaciones	109
Figura 87. Protocolos de Comunicación	110
Figura 88. Lenguaje de programación	110
Figura 89. Cotización red Tradicional	112
Figura 90. Cotización de la red basada en software	113
Figura 91. Cotización Opex red Tradicional	114
Figura 92. Cotización Opex red SDN	115

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.- Indicadores de los objetivos específicos	12
Tabla 2.- Datos estadísticos de incidentes	35
Tabla 3.- Consecuencias de Incidentes	36
Tabla 4.- Tiempo de implementación de la red	36
Tabla 5.- Consecuencia de los retrasos	36
Tabla 6.- Lista de Interesados	39
Tabla 7.- Requerimientos de la solución por parte de los interesados	40
Tabla 8.- Objetivos Específicos asociados a los requerimientos	45
Tabla 9.- Requerimientos técnicos de la solución	49
Tabla 10.- Cuadro Comparativo	77
Tabla 11.- Objetivo específico 1	82
Tabla 12.- Objetivo específico 2	87
Tabla 13.- Tiempo de implementación de la red SDN vs Tradicional	90
Tabla 14.- Objetivo específico 3	105
Tabla 15.- Características de equipamiento Cisco	107
Tabla 16.- Objetivo específico 4	110
Tabla 17.- Características de los equipos de la red SDN	111
Tabla 18.- Características de los equipos de la red tradicional	111

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de las aplicaciones o servicios en un centro de datos, donde los clientes solicitan tener en el menor tiempo posible sus capacidades de hardware o software para poder tener listas sus nuevas aplicaciones y/o servicios que corren sobre estas, muchas veces no van de la mano con el crecimiento o agilidad con la que las redes LAN trabajan. En la actualidad, los proveedores de centro de datos vienen experimentando una problemática, que es la de realizar activaciones de nuevos servicios en un tiempo ideal, tan rápido como lo necesite el cliente. Uno de los factores que no contribuyen a esta agilidad es la dependencia de la infraestructura de la red LAN que crece de manera más pausada y muchas veces tiene un costo económico asociado por la compra de nuevo hardware, el cual, al tener un monto algo elevado vuelve la adquisición difícil.

Según un análisis realizado por la empresa Gigacom, la cual, se muestra en la figura 1, una de las muchas preocupaciones que pueden existir en el desempeño de una red tradicional, es la lentitud para la provisión de nuevos servicios o clientes en una red LAN.

Figura 1. Principales preocupaciones de las redes tradicionales

Fuente: <https://gigaom.com/report/sdn-nfv-and-open-source-the-operators-view/>

Si bien, se ha conseguido un avance en la virtualización de servidores lo cual nos agiliza el tiempo de entrega de servidores virtuales, debemos de tener en cuenta que estos servidores residen en una infraestructura de red LAN la cual no es ágil y genera una demora en los tiempos de entrega.

Los diferentes proveedores de tecnología, como Cisco, Juniper, Avaya, VMware, etc. han venido trabajando en el tema de la automatización de las redes LAN con la finalidad de hacer más ágil todo el proceso de implementación que va desde la parte de infraestructura de red hasta la implementación de los servidores. Esta automatización que han venido buscando los proveedores de Networking se basa en la tecnología software defined network (SDN), la cual nos va a permitir integrar la red LAN a un proceso de automatización donde la intervención humana ya no sea necesaria

sino mediante scripts podemos tener el end to end de las nuevas activaciones de los servicios o aplicaciones, logrando una disminución sustancial de los tiempos de entrega hacia el cliente final; además de, mitigar los errores humanos que se comenten al interactuar con la infraestructura de red LAN tradicional, mucho más cuando esta red es compartida por muchos clientes; ya que, de ocasionar algún error las consecuencias se ven reflejadas en pago de penalidades por incumplimiento de disponibilidad de los servicios.

El diseño de una red basado en software defined network (SDN) también conduce a realizar convergencia sobre infraestructuras que se alojan en nubes públicas o privadas, debido a que la tendencia es que el centro de datos se convierta en una nube híbrida, lo cual, es común en los nuevos centros de datos del mundo.

Software defined network (SDN) es el concepto innovador que ayudará a resolver distintos puntos que las redes tradicionales aún no cubren, como la automatización para la implementación de redes, control de cualquier dispositivo de red que converse “open flow”, protocolo de comunicaciones abierto que sirve para poder controlar el tráfico de switching de los dispositivos de red desde un controlador; es decir, podemos tener una red LAN formada por equipos de diferentes fabricantes y todos gestionados con un solo equipo de control. La figura 2 nos muestra el funcionamiento de los equipos de Networking bajo una red tradicional y equipos basado en software defined network con el protocolo open flow.

Figura 2. Diferencia entre la red tradicional frente a la red SDN

Fuente: <https://broadcast.aicox.com/las-redes-definidas-por-software-que-son/?s=619BE53D2E1D65F072575235861BCEB5CC591C97>

La automatización que ofrece software defined network (SDN) mejora notablemente la disponibilidad de la infraestructura, los tiempos de implementación; además que, ofrece una escalabilidad hacia las nuevas tendencias tecnológicas que el mercado está solicitando en la actualidad.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS INTRODUCTORIOS

1.1 Organización objetivo

La empresa es una reconocida multinacional de tecnología y consultoría con sede en Estados Unidos, la cual, fabrica y comercializa hardware y software para computadoras, y ofrece servicios de infraestructura y consultoría en una amplia gama de áreas relacionadas con la informática, desde computadoras centrales hasta nanotecnología.

Tiene presencia en 175 países y tiene una plantilla mundial de alrededor de 380.000 profesionales, su actividad está centrada en proporcionar a sus clientes soluciones tecnológicas, servicios de consultoría y tecnologías de la Información que contribuyan al éxito de sus negocios.

La empresa en el Perú cuenta con diferentes unidades de servicios, dentro de las cuales se encuentra Global Technology Services (GTS), la cual, es el área con mayor cantidad de empleados a nivel mundial y en el país. También, cuenta con tres centros de datos, dos de ellos ubicados en el distrito de la Molina y uno en el distrito de San Isidro, entre ambos ambientes se cuenta con alrededor de 700 trabajadores en el sitio y alrededor de 800 laborando en los locales de sus clientes.

Como se puede apreciar en la figura 3 la compañía en el año 2018 ha tenido una facturación de \$79,6 Billones la cual es la suma de sus cinco áreas de negocio: IGF, System, GTS, GBS, Cloud & Cognitive Software, siendo la que mayor grado de aportación la unidad de GTS y dentro de ella el área de Infraestructura y servicios de cloud.

2018 Revenue Snapshot in 2019 Segment Structure

Figura 3. Facturación de la empresa en el 2018

Fuente: <https://www.ibm.com/investor/article/mar2019.html>

En el Perú la unidad de negocio Global Technology Services (GTS) tiene una organización multidisciplinaria constituida, liderada por el GTS Country Manager, que, a la vez, está soportada por dos áreas como: la de operaciones y recursos humanos, debajo de éstas se ubican las áreas de ventas, gestión de clientes, operación de servicios y hardware, los detalles de la organización se muestran en la siguiente figura 4.

Figura 4. Organigrama de la unidad de negocio GTS

Fuente: propia

El área que lidera este proyecto de “Diseño de redes LAN basadas en software”, es la de Infraestructura con su línea de servicio de Networking, la cual, tiene el objetivo estratégico de innovar los servicios de red LAN en los centros de datos, alienados a las directivas mundiales con la que la compañía brinda servicios en otros lugares del mundo.

A continuación, se detalla la visión y misión de la empresa en estudio.

Visión: Ser la compañía elegida por nuestra innovación, soluciones, productos y servicios. Ser reconocida por la calidad humana y profesional de nuestra gente y por nuestra contribución a la comunidad.

Misión: Ayudar a nuestros clientes a alcanzar sus metas de negocio proveyéndoles servicios y soluciones innovadoras.

1.2 Campo de acción en la organización objetivo

El área de Global Technology Services (GTS) ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos 13 años en el Perú aumentando en al menos más de 1200 empleados hasta la actualidad. GTS es la encargada de brindar servicios de outsourcing en tecnología de la información a las diferentes empresas top del País a través de sus tres centros de datos ubicados en dos distritos de la capital, dentro de sus centros de datos se encuentra alojados distintos tipos de aplicaciones y/o servicios. Actualmente, los clientes requieren que sus nuevas aplicaciones y/o servicios se han implementados y entregados en tiempos muchos más cortos debido a que sus clientes finales así lo solicitan.

Dentro de sus centros de datos se encuentra alrededor de 5000 servidores entre físicos y virtuales de diferentes tecnologías como: Intel, Power; así como, equipos tipo Z-serie, AS400 y más de 500 equipos de Networking de diferentes marcas.

Los tres centros de datos ubicados en la capital se encuentran en sus dos sedes principales. Estos tres centros mantienen tecnología y equipamiento de redes tradicionales los cuales le han servido para poder mantener el servicio de infraestructura durante los últimos 13 años.

1.3 Situación problemática y problemas en el campo de acción

1.3.1 Situación problemática

El centro de datos viene experimentando en los últimos tres años inconvenientes de indisponibilidad de la infraestructura de red LAN los cuales están ocasionando un incremento en la métrica de insatisfacción de los clientes, que, a su vez, se refleja en el pago de penalidades, reducción en la facturación mensual y disminución en las ventas.

La disponibilidad de la red LAN es uno de los puntos críticos de la operación del centro de datos, los incidentes de red causados por errores humanos sobre la infraestructura de red compartida como caída total o parcial de la red, la cual afecta a más de los 100 clientes, han causado un déficit económico a la empresa debido al excesivo pago de penalidades, que no están alineados a algunos objetivos de la empresa, y son los siguientes: ahorros de costos, incrementar los índices de satisfacción de los clientes e incrementar el grado de disponibilidad de los servicios que se brinda.

Adicional a esto, los tiempos que se brindan actualmente para la entrega de los servicios y/o aplicaciones son demasiado altos, debido a que, la implementación de la red LAN tiene un promedio de 21 a 28 días dependiendo del diseño de la red a implementar. Este tiempo está causando muchas quejas por parte de los clientes los cuales tienen una expectativa de alrededor de 7 días u horas dependiendo de la necesidad, la expectativa crece debido a que se encuentran alojados en un centro de datos de marca mundial, mucho más aún que los centros de datos en la nube tienen un tiempo de implementación muy agresivos que son de alrededor de horas, lo cual es una tendencia debido

a la gran velocidad con que los servicios de tecnología de la información cambian en la actualidad.

Cisco, uno de los proveedores mundiales de equipamiento de redes, realizó un estudio en la que muestra que al implementar una red LAN basada en su producto “Infraestructura Centrada en Aplicaciones” (ACI) la cual se basa en la tecnología software defined network (SDN), los tiempos de diseño, implementación y operación se reducen notoriamente hasta un promedio de 6 semanas menos que al implementar en una red tradicional, esto se puede apreciar en la figura 5, donde se muestra la reducción de horas en diseño, implementación y operación frente a una red tradicional, esta tendencia con la tecnología software defined network nos va a permitir mejorar nuestros tiempos, en el centro de datos aproximadamente a una semana para la implementación y horas para la operación.

TABLE 1 Reduced IT Effort — Data Center Deployment						
Ref.	Metric	Calculation	Initial			
A1	Number of FTEs		3			
A2	Reduced design time (weeks)		2			
A3	Reduced deployment time (weeks)		6			

TABLE 2 Reduced Application Deployment Time						
Ref.	Metric	Calculation	Initial	Year 1	Year 2	Year 3
B1	Number of times new applications deployed			4	6	6
B2	Time to deploy — original (hours)	3 FTEs * 3 days * 8 hours		72	72	72
B3	Time to deploy — ACI (hours)			2	2	2

Figura 5. Reducción del tiempo de diseño, implementación y operación

Fuente: http://www.unleashingit.com/docs/ACI/A15A8_Economic-Impact-of-Cisco.pdf

1.3.2 Problemas por resolver

El área de Global Technology Services (GTS), busca resolver dos grandes problemáticas que le están afectando la entrega de servicios a sus clientes como son:

- Inestabilidad de la infraestructura de red, la cual, tiene gran impacto debido al pago de penalidades, aumento del grado de insatisfacción de los clientes, ocasionado por errores humanos el cual ha ocasionado incidentes masivos o parciales.
- Demora en la entrega de los servicios de red, cual ocasiona insatisfacción de clientes por la lentitud en la implementación de los servicios que se corren sobre ella, lo cual nos les permite ser ágil y flexible.

1.4 Objetivos generales y específicos del proyecto

1.4.1 Objetivos generales

El objetivo del proyecto es la de diseñar una red basada en software para los servicios del centro de datos multi clientes, la cual, será implementada en sus tres ambientes, este diseño se alinea a las buenas prácticas que los proveedores de la tecnología de software defined network (SDN) recomiendan para la correcta operación de este tipo de centro de datos automatizados. Este proyecto busca robustecer la disponibilidad de la infraestructura de red compartida por más de 100 clientes, y además de tener mayor agilidad y flexibilidad para la entrega de servicios de red donde se alojan los servicios y/o aplicaciones que los clientes solicitan en el menor tiempo posible.

1.4.2 Objetivos específicos

Entre los objetivos específicos tenemos los siguientes:

1. Mantener las características de la red tradicional en nuestro diseño de la red basada en software defined network (SDN).
2. Reducir a horas el tiempo de implementación de una red LAN, para un nuevo cliente.

3. Evaluar que el equipamiento a elegir cumpla con los requerimientos técnicos que solicita la organización basado en temas de conocimientos de sus empleados, ubicación en el cuadrante de gartner y flexibilidad en crecimiento hacia nubes públicas.

4. Evaluación económica para implementar una nueva red tradicional contra una red basada en software que muestra los beneficios de reducción de costos.

1.5 Indicadores o mecanismos del logro de los objetivos

Tabla 1.- Indicadores de los objetivos específicos

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Mantener las características de la red tradicional en nuestro diseño de la red basada en software defined network (SDN)	<ul style="list-style-type: none"> Confirmación que las características de la red tradicional se mantienen, y que su implementación no traerá cambios en los servicios para el cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> Milisegundos Gbps
Reducir a horas el tiempo de implementación de una red LAN, para un nuevo cliente.	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de una red LAN con 1 vlans desplegada en los 3 centro de datos, con un servidor Windows operando en 1 hora. Tiempo de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> Minutos Milisegundos Gbps
Evaluar que el equipamiento a elegir cumpla con los requerimientos técnicos que solicita la organización basado en temas de conocimientos de sus empleados, ubicación en el cuadrante de gartner y flexibilidad en crecimiento hacia nubes públicas.	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación de la marca a elegir en el cuadrante de gartner Velocidad de conexión que ofrecen los equipos. Velocidad de tasa de transferencia. Flexibilidad de la marca para integración con nubes públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadrante de gartner. Gbps Tbps Versión del sistema operativo.
Evaluación económica para implementar una nueva red tradicional contra una red basada en software que muestra los beneficios de reducción de costos	<ul style="list-style-type: none"> Costo de implementar una red tradicional Costo de implementar una red basada en software defined network (SDN) 	<ul style="list-style-type: none"> Capex (\$) Opex (\$)

1.6 Justificación del proyecto

El proyecto de diseño de una red basada en software se justifica por los siguientes motivos:

a) Competitividad. Al tener una red automatizada, podemos implementar en muy pocas horas redes para nuevos clientes y/o brindar nuevos servicios para clientes existentes, lo cual, sumado a la automatización de implementación de servidores virtuales, hace que todo el proceso “end to end” tenga tiempos de entrega más rápidos que cualquier otro competidor en el mercado.

b) Económico. Reducción de pago de penalidades por pérdidas de acuerdos de niveles de servicios (SLA) asociados a indisponibilidad de infraestructura de red, así como aumento de mayores grados de confiabilidad de la red lo cual ayuda a mejorar la propuesta de negocio, este punto nos vuelve mucho más competitivo en el mercado frente a los diferentes competidores. Así como ahorro en capex y opex, debido a que no se comprará con mucha frecuencia equipos conmutadores y la administración de los equipos de la red será centralizada y no uno por uno como se viene haciendo hasta ahora, lo cual genera incremento de personal e incremento de errores humanos.

c) Escalabilidad. La implementación de esta red basada en software trae consigo la apertura a muchos frentes como es la integración a las diferentes nubes públicas de forma transparente lo cual ayuda a la migración de los clientes a la nube, además de brindar a la empresa un liderazgo en los temas de centro de datos híbridos, lo cual es tan necesario para empresas que aún desean mantener servicios en centro de datos locales. Finalmente, la tendencia de los diferentes proveedores a temas de arquitecturas abiertas hace que la red basada en software defined network propuesta en este proyecto pueda integrarse a diferentes productos y servicios de forma más ágil y segura.

Los puntos indicados justifican la necesidad del proyecto debido a que mitiga en gran parte los temas de errores humanos, debido a que al tener muchos dispositivos de red LAN y siendo esta compartida para muchos clientes, un

pequeño error trae consigo una caída total o parcial de los clientes. Además, que este proyecto busca reducir los tiempos de implementación de redes LAN para nuevos clientes a horas.

1.7 Estado del arte

1.7.1 Red SDN

1.7.1.1 Antecedentes

El mundo de las Redes LAN siempre ha estado asociados a temas de hardware, alto costo de los equipos, errores humanos, y a altos tiempos de implementación, estos factores han estado presente desde la era del ARPANET hasta la actualidad, siendo muchas veces los factores de dilatación del crecimiento de las redes para soportar nuevos servicios.

En el 2007, la Universidad de Standford desarrolló el protocolo Openflow para poder implementar redes basadas en software, es aquí, el inicio de software define network (SDN), el cual ha venido tomando gran acogida en las diversas empresas relacionadas al mundo de networking, como es el caso de VMware, Juniper, Cisco, etc.

En el 2011, las empresas Deutsche Telekom, Facebook, Google, Micorsoft, Verizon y Yahoo, lanzaron ONF la cual es una organización dedicada al crecimiento y éxito del software defined network, el cual desarrolló el protocolo openflow como estándar, la cual a la fecha lleva cinco versiones y tiene más de 100 miembros en su organización.

La IETF mediante el RFC 7426 describe el modelo de la red software defined network (SDN), como una red programable basada en la separación de los planes de control y el reenvío a través de interfases, tal como se muestra en la siguiente figura 6:

Figura 6. Capas y arquitectura de la SDN según la RFC 7426

Fuente: <https://tools.ietf.org/html/rfc7426>

La International Telecommunication Union (ITU), el 06 de junio del 2014, mediante la ITU-T Y.3300, describe las definiciones, objetivos, capacidades de alto nivel, requisitos, y arquitectura de alto nivel del software defined network (SDN).

En un mundo donde la tecnología cambia constantemente, las necesidades de las empresas tienen que atenderse de forma muy rápida, necesitamos que todos los componentes de la infraestructura vayan a la misma velocidad y capacidad, cosa que en la actualidad no es completa desde el inicio hasta el final, debido a que la capa de infraestructura de red es uno de los grandes factores de la demora e insatisfacción de los clientes, además de ser una pieza principal para la disponibilidad de los servicios que se implementan sobre las redes LAN.

Como su nombre lo indica, una red de área local (LAN) interconecta computadoras en un área geográfica limitada que proporciona comunicación de banda ancha a través de medios de transmisión de bajo costo. La LAN corporativa ha evolucionado de un componente comercial pasivo de fondo a un núcleo visible muy activo en el que las empresas confían para respaldar las operaciones diarias críticas para su éxito en el mercado. La red de hoy es un instrumento estratégico que debe ser accesible en cualquier momento desde cualquier lugar, ofreciendo simultáneamente, de forma rápida, segura, servicios confiables a escala independientemente de la ubicación. El objetivo principal de una red es reducir usuarios aislados y grupos de trabajo (Baner 2013; Tarka 2017).

Todos los sistemas deben ser capaces de comunicarse con otros y deben proporcionar información. Además, los sistemas y dispositivos físicos deben ser capaces de mantener y proporcionar una experiencia satisfactoria, rendimiento, fiabilidad y seguridad. El intercambio de recursos es igualmente de inmensa importancia cuando una red LAN sirve como vehículo de acceso para una intranet o internet. En vista de esto, los administradores de sistemas necesitan profesionales herramientas para ayudarlos con el diseño y mantenimiento de la red LAN (Tarka, 2017).

1.7.1.2 SDN en la actualidad

Software Defined Networking (SDN) ha abierto un nuevo horizonte en el campo de las redes mediante la introducción de una separación entre el control y los planos de datos. Esta separación permite la centralización de la lógica de red y la toma de decisiones en el sistema operativo de red o el plano de control (Hussein, 2019; Scott, 2013).

En la actualidad, ya son varias las empresas líderes en soluciones de networking que vienen ofreciendo al mercado sus diversas soluciones de software defined network, esta tendencia es clara debido a que el protocolo “Openflow” nos permite hacer compatibles productos de diversas marcas. Por lo cual, si una empresa sigue en el mercado ofreciendo sus clásicos productos

y servicios de redes tradicionales, es muy posible que se conviertan en una caja con firmware caro que nos son flexibles ni ágiles, y se verán opacadas por una red basada en software que brinda el mismo servicio ahorrando costo, siendo ágiles, escalable, que son los factores claves del éxito de un producto en la actualidad.

El primer caso de éxito a nivel mundial de una red SDN es CandIT-Media. Se trata de una compañía especializada en centros de datos de contenidos multimedia con necesidades tremendamente dinámicas en cuanto a los flujos necesarios. Alcatel-Lucent ha desplegado la primera referencia SDN en CandIT-Media, integrándose en el controlador software existente, proporcionando una red configurable que optimiza en todo momento el acceso al almacenamiento.

A continuación, un pequeño extracto sobre los casos de éxito y punto de vista de los líderes en equipos de networking.

Cisco: En el caso de Cisco, uno de los más grandes líderes en productos y soluciones de Networking, ya se vienen realizando implementaciones con éxito como puede ser en las siguientes organizaciones:

Compañía: Bowling Green State University (Data Center)

Industria: Education

Usuarios: 19,400 estudiantes

Resultado: Con una potente arquitectura SDN como el centro de su estrategia de la Universidad, ahora tiene la libertad de evolucionar y utilizar la tecnología como un factor clave para su crecimiento, para proporcionar experiencias de aprendizaje únicas. Ahora tiene una forma más rápido para dar cabida a las peticiones de los profesores para nuevas aplicaciones y servicios. Además de tener una arquitectura que permita que sea más eficiente y se puedan realizar aplicaciones de enseñanza y de negocios que se pueden implementar en cuestión de minutos. ¹

¹ Cisco ACI

Compañía: Du

Industria: Telecomunicaciones

Usuarios: 2,000 Empleados

Resultados: Aumentando su ventaja competitiva, Du ahora tiene una infraestructura base diseñada para la automatización en la nube y la orquestación que es compatible con un entorno multiusuario altamente segura basada en estándares abiertos. El nuevo centro de datos de Du ayudará a acelerar el tiempo de salida al mercado de nuevo hosting basado en la nube, datos, voz, vídeo y servicios para sus clientes móviles y fijas.²

Juniper: “El enfoque de Juniper de Software Defined Networking les permite avanzar en una infraestructura abierta, ágil y elástico basado en estos principios:

La libertad de elección: las opciones de implementación flexibles permiten que la aplicación se inicie en cualquier lugar de la red con la capacidad de crecer y evolucionar con el tiempo, soporte de múltiples proveedores e interoperabilidad sin fisuras entre los elementos físicos y virtuales evita costosos los proveedores de tecnología y permite opciones mejores de su clase que los futuros a prueba la infraestructura.

Automatización inteligente: Basado en el conocimiento de datos derivados de las operaciones de red, guía las decisiones de automatización y cierra la infraestructura de aprovisionamiento en un bucle de retroalimentación a través de una infraestructura programable basada en políticas, recogidos de todos los recursos de infraestructura con las correlaciones entre las capas virtuales y físicos mejora la precisión de medición y la visibilidad, la planificación y optimización de la capacidad, la solución de problemas, y la telemetría de la red.

² Cisco ACI

Siempre fiable: El apoyo a la continuidad del negocio y las aplicaciones críticas para la empresa es adquirida a través por el software y hardware de alta disponibilidad, altamente segura y sin problemas de escalamiento.”³

Juniper tiene los siguientes casos de éxitos:

“Compañía: Lithium Technologies

Resultados: La nube convergente ha permitido a Lithium Technologies reducir drásticamente el tiempo que se necesita para diseñar, construir, replicar y desplegar centros de datos en múltiples ubicaciones. También permite a la compañía a liberar rápidamente nuevos servicios, tales como una oferta de nube privada virtual (VPC).

Compañía: Zayo

Resultados: Zayo ha ahorrado \$ 1.8 millones al año en costos de energía y refrigeración con respecto a otras soluciones de proveedores. El núcleo MPLS libre de BGP es capaz de 8 Tbps y tiene la capacidad de crecer a ocho puertos 100GbE por ranura. Zayo puede desplegar rápidamente servicios de 100 Gbps, y ha mejorado significativamente la experiencia del cliente a través de la agilidad más rápido servicio y la disponibilidad del servicio.”⁴

HP: “El ecosistema SDN de HP lleva al máximo la innovación en estas redes al proporcionar recursos para desarrollar y crear una plataforma de compraventa de aplicaciones SDN. El ecosistema SDN de HP presenta las siguientes ventajas:

- Es fácil - Hace más sencilla la programación en toda la red con dispositivos habilitados para OpenFlow
- Es abierto - Aumenta el valor de las redes SDN con un entorno abierto que proporciona el kit de desarrollo de software SDN (SDK).

³ JUNIPER NETWORK

⁴ JUNIPER NETWORK

- Está pensado para empresas - Promueve innovaciones con la primera plataforma de compraventa de aplicaciones SDN del sector: la Tienda de aplicaciones SDN.”⁵

En el Perú la tecnología de software defined network (SDN) viene siendo probada en algunos proveedores de Telecomunicaciones como Telefónica y algunos proveedores de Centro de Datos como es el caso de IBM, ambos apuntando netamente a tener mayor agilidad y velocidad en sus redes tanto móviles como LAN respectivamente, se espera que para fines de este año se cuente con el primer Centro de Datos Corporativo basado en software defined network (SDN) en el Perú.

Actualmente, existen algunos entes privados nacionales del rubro banca y estado que están evaluando la factibilidad de implementar software define network para las redes de sus centros de datos, debido al alto rendimiento, la reducción que costos en capex y horas hombre, sumado al grado de confiabilidad que esta solución brindaría en sus entidades respectivas. Las diversas marcas están realizando una serie de capacitaciones a sus diversos partner de servicios con la finalidad de poder tener personal capacitado para poder afrontar esta demanda que viene creciendo, como se podrá apreciar en el siguiente cuadro el forecast según *verisongain*⁶ para las diferentes regiones es el siguiente

⁵ HP SDN

⁶ VISIONGAIN

Figura 7. Forecast SDN

Fuente: <https://www.visiongain.com/report/software-defined-data-centre-sddc-market-report-2015-2020/>

Como podemos apreciar en la figura 7, la inversión en tecnología software defined network (SDN) ha venido incrementándose año a año en las siguientes regiones del mundo, siendo el mayor crecimiento en Asia, Norte América y Europa. En el caso de Latino América el costo de inversión aún crece de forma pausada.

Según “Microfocus” mediante una encuesta realizada a 307 profesionales de Networking, algunas empresas han comenzado a implementar esta tecnología y aún se tienen otras que están en periodo de prueba, producción e investigación ⁷

⁷ MICROFOCUS

57% Have Deployed or Are Actively Deploying SDNs

Figura 8. Status de la SDN

Fuente: https://www.microfocus.com/media/unspecified/sdn_has_arrived_but_needs_complementary_management_tools_research_paper.pdf

Como Podemos apreciar en la figura 8, el 57% ya se tiene implementado o están en proceso de tener su software defined network (SDN), mientras el 43% restante aún están investigando o haciendo test de esta tecnología.

En la encuesta también se le consulto sobre que esperaban sobre la tecnología software defined network (SDN).

Professionals Expect Numerous Benefits From a Single Network Operations and Engineering Team

Figura 9. Que esperan de SDN para tu compañía

Fuente: https://www.microfocus.com/media/unspecified/sdn_has_arrived_but_needs_complementary_management_tools_research_paper.pdf

En la figura 9, se muestra que las expectativas de los profesionales se focalizan en eficiencia operativa, forma rápida de resolver inconvenientes, ahorro de costo y agilidad en la implementación.

1.7.1.3 SDN – Tendencia a futuro

Las redes LAN basadas en software, bajo la tecnología software defined network, se ampliará hacia otras redes tales como la red WAN, en donde la solución que se ofrece es WAN - software defined (SD-WAN) esta tendencia va a permitir que los operadores de red WAN brinden servicios de forma diferente como: aumentando el grado de confiabilidad, la forma distintas de acceso a la red, aumento de la seguridad, gestión centralizada, inteligencia para la toma de decisiones del tráfico, etc.

En la actualidad los fabricantes como: Meraki, Cisco, Fortinet Citrix, vienen siendo los principales fabricantes que están posicionándose en el mercado de software defined para redes WAN, por ahora esta tendencia en el País es poca, pero se espera que en los años sea algo común de ofrecer y que los clientes lo acepten debido a las grandes ventajas que ofrece esta solución, siempre alineados a los de disponibilidad, ahorro de costo y gestión centralizada.

La creación de SDN se considera un cambio de paradigma evolutivo, pero aún enfrenta varios desafíos. Las áreas cubiertas de desafíos y efectos proporcionan una visión general de lo que puede retrasar el desarrollo y qué es posible cuando la tecnología se integra con éxito. Una cierta falta de conocimiento, combinada con una alta complejidad en lo que respecta a la integración en las redes tradicionales, son las principales razones de una difusión tardía de la tecnología. La necesidad de repensar el uso de las tecnologías de red actuales para seguir siendo competitivos y rentables; ofreciendo grandes beneficios, facilidad, administración, características mejoradas, como el despliegue dinámico de redes virtuales; así como, factores económicos (Horwath,2015)

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Centros de Datos

Los centros de datos son áreas cerradas y privadas donde se procesa información de las empresas, dentro de ellas se alojan distintos hardware y softwares que mantienen y ayudan al procesamiento, toda la información que se procesa dentro de ella es utilizada de una u otra manera en la actividad económica de una Ciudad, País o para el mundo.

Los Centros de Datos han evolucionado en los últimos 13 años en el Perú, esto debido al movimiento global del “*Outsourcing*” en diversas áreas, la tendencia mundial de las empresas de ahorros de costos y mayor foco en sus “*Core Bussiness*” han hecho que sus Centros de Datos que antes era un área dentro de sus empresas migren a Centros de Datos de gran envergadura gobernados por empresas dedicadas a este rubro.

Con esta migración de los Centros de Datos, las empresas han buscado ahorrar costos de energía, mantenimiento, hardware, software, personal, etc. La finalidad de esta migración es dedicarse netamente a generar mayores productos o servicios respaldados por proveedores de Centro de Datos que garantizan una alta continuidad sus operaciones, debido a que estos Centros de Datos mantienen estándares altos de continuidad, pero que de igual forma existen diferencias entre ellos por el tipo de disponibilidad que brindan.

2.1.1. Clasificación de los centros de datos

Los Centros de Datos se pueden clasificar por Tiers, donde cada uno de ellos tiene cierto grado de confiabilidad y disponibilidad, el estándar que los rige es el ANSI/TIA 942 que presenta la siguiente clasificación.

Tier I: Este tipo de Centro de Datos se caracteriza porque no tiene redundancia de sus componentes, de fallar algunos de sus equipos el servicio se impactaría afectando los servicios de sus usuarios finales. Este tipo de Centro de Datos

está orientado a empresas pequeñas o mediadas, y su disponibilidad es de 99.671%

Tier II: Este tipo de Centro de Datos se caracteriza por que tiene una mayor redundancia que el Tier I, la cual ante una interrupción el servicio puede continuar operando, además que su infraestructura base se ve reforzado con falso piso y generador eléctrico. A diferencia del Tier I la disponibilidad de este tipo de Centro de Datos es de 99.741%

Tier III: Este tipo de Centro de Datos se caracteriza porque es mucho más tolerante a fallas, permite realizar trabajos de mantenimiento en marcha sin afectar el servicio. Además, mantiene la disponibilidad de los servicio ante eventos de fallas no planeado en alguno de sus componentes. Adicionalmente está conectada a 2 líneas de distribución eléctrica y de refrigeración, en modo activo/pasivo, los equipos (servidores, equipos de comunicaciones, etc) deberán de contener 2 fuentes de poder. La disponibilidad de este tipo de Centro de Datos es de 99.982%

Tier IV: Este tipo de Centro de Datos, es actualmente es el más exigente que exigente una de sus características principales es que mantiene múltiples líneas de distribución eléctrica y de refrigeración con múltiples componentes redundantes 2 (N+1). Además de mantener todos los beneficios y características de un Tier III, la disponibilidad en este caso es de 99.995%.

2.1.2. TIA 942

Este estándar tiene como propósito proporcionar directrices y requisitos para el diseño y la implementación de Centros de Datos, la intención es que pueda ser utilizado por los diseñadores que necesiten un conocimiento de servicios de planificación, del sistema de cableado y sobre el diseño de redes.

A su vez divide la infraestructura de un centro de datos en 4 subsistemas:

1. Telecomunicaciones

2. Arquitectura
3. Sistema eléctrico
4. Sistema Mecánico

Y en cada uno de los subsistemas el estándar desarrolla una serie de ítems:

<i>Telecomunicaciones</i>	<i>Arquitectura</i>	<i>Eléctrica</i>	<i>Mecánica</i>
Cableado de racks	Selección del sitio	Cantidad de accesos	Sistemas de climatización
Accesos Redundantes	Tipo de construcción	Puntos únicos de falla	Presión positiva
Cuarto de entrada	Protección ignífugo	Cargas críticas	Cañerías y drenajes
Area de distribución	Requerimientos NFPA 75	Redundancia de UPS	Chillers
Backbone	Barrera de vapor	Topología de UPS	CRAC's y condensadores
Cableado Horizontal	Techos y pisos	PDU's	Control HVAC
Elementos activos redundantes	Áreas de oficinas	Puesta a Tierra	Detección de incendio
Alimentación redundante	NOC	EPO	Sprinklers
Patch panels	Sala de UPS y batería	Baterías	Extinción por agente limpio (NFPA2001)
Patch cords	Sala de generador	Monitoreo	Detección por aspiración (asd)
Documentación	Control de acceso	Generadores	Detección de líquidos
	CCTV Transfer	switch	

2.2 Redes LAN.

LAN cuyas siglas se significa Redes de Área Local, son equipo interconectados entre sí (switchs, ordenadores, etc) en una determinada área geográfica como puede ser: edificio u oficina, etc.

La ventaja de tener una red LAN es de poder transmitir información a través de los componentes que la conforman, además las redes LAN se pueden unir con otras redes LAN continuas.

Las redes LAN para Centros de Datos han evolucionado en el tiempo en diferentes factores:

1. Ancho de Banda
2. Disponibilidad
3. Funcionalidad

2.3.Redes basadas en software

2.3.1. ¿Qué es SDN?

Software defined network (SDN) es una nueva forma de implementar, operar y gestionar las redes, tal cual su nombre lo indica son "redes basadas en software". Este nuevo concepto de SDN se viene trabajando desde hace algunos años, con la finalidad de solucionar algunas debilidades de la red tradicional, como la dependencia del hardware, poca flexibilidad y demora en las nuevas implementaciones de red.

SDN, se basa en controlar el flujo de la red en una consola centralizada retirando la capa de control de los switchs, router y demás equipos de red, consolidando esto en un equipo de control, lo que ayudará a evitar la dependencia de firmware, gestión descentralizado, dependencia de marcas, y beneficiará en la automatización de las reglas, políticas que se necesita aplicarse en la red.

2.3.2 ¿Cómo trabaja SDN?

Los proveedores de redes basadas en software ofrecen una amplia gama de arquitecturas que compiten entre sí, pero en su forma más simple. SDN centraliza el control de la red mediante la separación de la capa de control de los equipos de red, en su forma más básica SDN está compuesta por las siguientes capas:

- Controlador: Es el cerebro de la red, este equipo ofrece una visión centralizada de toda la red, y permite a los administradores administrar la capa

de control de los distintos equipos de red y de esta manera manejar el tráfico de la red.

- API en dirección sur: SDN utiliza APIs hacia el sur para transmitir información a los switches y ruteadores mediante el protocolo OpenFlow, considerado que es el primer estándar de SDN, fue el API en dirección sur el originario y se mantiene como uno de los protocolos más comunes, OpenFlow no es más que una pieza de gran importancia para el SDN.

- API dirección norte: SDN utiliza los API en dirección norte para comunicarse con las aplicaciones y la lógica del negocio. Estos APIs sirven para la comunicación mediante la programación para poder implementar o desplegar servicios.

En la figura 10, se muestra como es la distribución de una arquitectura básica de SDN:

Figura 10. Arquitectura de SDN

Fuente: <https://www.sdxcentral.com/sdn/resources/what-the-definition-of-software-defined-networking-sdn/>

A continuación, la figura 11 donde muestra el flujo de tráfico de los equipos SDN hacia el controlador:

Figura 11. Flujo de tráfico

Fuente: <http://cdn.ttgtmedia.com/rms/editorial/HowSDNWorks-SoftwareDefinedNetworks-Ch4.pdf>

2.3.3. Equipos de la red SDN

En SDN se debe tener en cuenta que de acuerdo con el proveedor que ofrezca la solución sus equipos mantienen una estructura lógica de funcionamiento.

Switchs virtuales. - Estos dispositivos se componen de un API para la comunicación con el controlador, una capa de abstracción y una capa de forwarding de paquetes. Estos dispositivos están libres de temas de saturación de memoria, procesamiento, pero pueden ser más lentos que los de hardware, tal como se muestra en la figura 12:

Figura 12. Componentes de un switch virtual

Fuente: <http://cdn.ttgtmedia.com/rms/editorial/HowSDNWorks-SoftwareDefinedNetworks-Ch4.pdf>

Switchs físicos: Estos dispositivos se componen de un API para la comunicación con el controlador, una capa de abstracción y una capa de forwarding constituida por componentes de hardware, los cuales están expuesto a capacidades del hardware, podemos apreciar el funcionamiento en la figura 13.

Figura 13. Componentes de un switch físico

Fuente: <http://cdn.ttgtmedia.com/rms/editorial/HowSDNWorks-SoftwareDefinedNetworks-Ch4.pdf>

2.3.4 Estándares de SDN

2.3.4.1 ¿Qué es OpenFlow?

OpenFlow es un standard desarrollado en el 2008 en la Universidad Standford, este protocolo se creó para poder mantener centralizada la capa de control de los diversos equipos de red con la finalidad de poder tomar decisiones de forma conjunta y agilizar la administración.

Openflow, se compone de 3 partes:

- Las tablas de flujos instaladas en cada uno de los switches indicarán a cada dispositivo que hacer con el tráfico que ingresa.
- El controlador, que es donde se centra la “inteligencia” y es el que dialoga con todos los switches y les trasmite a estos la información que necesita.
- Dispositivos, con soporte para OpenFlow.

Figura 14. Flujo del OpenFlow hacia un controlador

Fuente: <http://www.slideshare.net/yamahata/software-defined-network-openflow-protocol-and-its-controllers>

OpenFlow la versión 1.3 es la versión más reciente de OpenFlow que tiene el apoyo de los fabricantes de switchs. Es significativamente diferente de OpenFlow versión 1.0 (que era la versión anterior de varios proveedores compatibles). Entre otras, las principales características añadidas desde entonces son:

- 1.- Apoyo a MPLS, Q-in-Q, VLAN, trayectos múltiples, múltiples mesas, puertos lógicos
- 2.- Apoyo para las cabeceras extensibles (en el partido, packet_in, set_field), IPv6
- 3.- Apoyo a metros de túneles de tráfico, por flujo, Provider Backbone Bridging

A continuación, en la figura 15, se muestra el flujo de la comunicación del protocolo Openflow:

Figura 15. Flujo del OpenFlow
Fuente: <http://sdnhub.org/tutorials/openflow-1-3/>

2.3.4.2 ¿Qué es OpFlex?

OpFlex, es una alternativa a OpenFlow y Open vSwitches Database Management soportado por VMware como protocolo southbound de SDN que comparte información entre un elemento de control y dispositivo de red.

Propietario de Cisco que tiene la intención de hacer de OpFlex un estándar abierto, junto con sus socios en las comunidades de proveedores, proveedores y de código abierto.

La tecnología SDN de Cisco que utilizará OpFlex se denomina Application Centric Infrastructure – la respuesta de Cisco a los competidores en el espacio SDN. El producto de Cisco ofrece como alternativa a otros controladores de SDN su Application Policy Infrastructure Controller (APIC).

OpFlex está diseñado para permitir un intercambio de datos de un conjunto de objetos gestionados que se define como parte de un modelo informativo. OpFlex está diseñado para soportar XML y JSON (así como la codificación binaria utilizada en algunos escenarios) y de utilizar la llamada norma de procedimiento remoto (RPC) de mecanismos tales como JSON-RPC a través de TCP. También se recomienda el uso de un canal seguro a través de Secure Sockets Layer (SSL) y Transport Layer Security (TLS).

A continuación, en la figura 16, se muestra el modelo de OpFlex:

Figura 16. Flujo del OpFlex

Fuente: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/application-centric-infrastructure/white-paper-c11-731302.html>

CAPÍTULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Sustento del problema.

El centro de datos viene experimentando en los últimos tres años inconvenientes de indisponibilidad de la infraestructura de red los cuales están ocasionando un incremento en la métrica de insatisfacción de los clientes, los cuales se refleja en pago de penalidades, reducción en la facturación mensual y disminución en las ventas.

La disponibilidad de la red es uno de los puntos críticos de la operación del centro de datos, los incidentes de red causados por errores humanos sobre la infraestructura de red compartida como caída total o parcial de la red, la cual afecta a más de los 100 clientes, han causado un déficit económico a la empresa debido al excesivo pago de penalidades, los cuales no están alineados a algunos objetivos de la empresa, los cuales son: ahorros de costos, incrementar los índices de satisfacción de los clientes, incrementar el grado de disponibilidad de los servicios que se brinda.

Adicional a esto, los tiempos que se brinda actualmente para la entrega de los servicios son demasiados altos, debido a que la implementación de la red LAN tiene un promedio de 21 a 28 días dependiendo del diseño de la red a implementar, este tiempo es el que propone el área de Networking cuando ingresa un nuevo cliente a la infraestructura compartida de red. Adicionalmente, el tiempo considera el proceso de activación del hardware, el cual involucra, actualización del software, raqueo, inventariado, diseñar la nueva arquitectura de la red para su posterior aprovisionamiento.

Este tiempo está causando muchas quejas por parte de los clientes los cuales necesitan tener implementado en el menor tiempo posible sus servicios, esta agilidad solo viene sucediendo en centros de datos de calidad mundial o centro de datos de nubes públicas.

El problema que deseamos resolver con este proyecto se basa en 2 grandes puntos que predominan sobre otros que puedan ocurrir en la red LAN tradicional.

En este caso nos vamos a enfocar en:

- Inestabilidad de la infraestructura de red, la cual tiene gran impacto debido al pago de penalidades, aumento del grado de insatisfacción de los clientes, ocasionado por errores humanos el cual ha ocasionado incidentes masivos o parciales.
- Demora en la entrega de los servicios de red, cual ocasiona insatisfacción de clientes por la lentitud en la implementación de los servicios que se corren sobre ella, lo cual nos les permite ser ágil y flexible.

3.2 Impacto en la organización.

En la siguiente tabla 2 se muestra los datos estadísticos de incidentes de indisponibilidad del centro de datos en los últimos 3 años:

Tabla 2.- Datos estadísticos de incidentes

Año	Tipo / Alcance	Caída Total	Caída Parcial
2016	Error Humano	2	2
	Inconveniente de hardware		1
2017	Error Humano	1	3
	Inconveniente de hardware		
2018	Error Humano	2	1
	Inconveniente de hardware		1

Fuente: Propia

Adicionalmente, en la siguiente tabla 3 se muestra las consecuencias que trae estos incidentes de indisponibilidad de la red en el centro de datos:

Tabla 3.- Consecuencias de Incidentes

Consecuencias - Incidentes de red en el centro de datos	Cantidades
Cientes con penalidades por caída total >2 hrs	20
Cientes con cancelación de contrato por pérdidas de SLA 3 meses seguidos.	10
Promedio de quejas formales de los clientes por caída total (cartas notariales)	40
Promedio de quejas formales de los clientes por caída parcial (cartas notariales)	10
Tiempo promedio de recuperación de una caída total	3 horas
Tiempo promedio de recuperación de una caída parcial	1 horas
Monto promedio de las penalidades (facturación mensual)	10%

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 4 se muestra los datos estadísticos del tiempo de implementar la capa de red para nuevos clientes en la red compartida del centro de datos.

Tabla 4.- Tiempo de implementación de la red

Año	Tareas para implementar nuevos clientes	Cantidad	Tiempo de implementación x unidad (horas)	Tiempo Total	Tiempo de Implementación
2016	Implementar una VLAN	100	2	200	680
	Aprovisionar red de servidores físicos	90	4	360	
	Aprovisionar equipos de red	20	6	120	
2017	Implementar una VLAN	90	2	180	590
	Aprovisionar red de servidores físicos	80	4	320	
	Aprovisionar equipos de red	15	6	90	
2018	Implementar una VLAN	110	2	220	520
	Aprovisionar red de servidores físicos	60	4	240	
	Aprovisionar equipos de red	10	6	60	

Fuente: Propia

Adicionalmente, en la siguiente tabla 5 se muestra las consecuencias que trae estos retrasos en la implementación de la red en el centro de datos:

Tabla 5.- Consecuencia de los retrasos

Consecuencias - Por demora en implementaciones	Cantidades
Pago de penalidades por demora en entrega de nuevos servicios x día (facturación)	1%
Retraso en la entrega de nuevos servicios	30%
Nivel de conocimiento de la persona que debe implementar la red	Alto
Riesgo de aprovisionar equipos en la red compartida.	Medio
Riesgo de despliegue de vlan en la red compartida.	Medio

3.3 Descripción del entorno

El entorno, tal como se muestra en la figura 1, consta de 3 Centros de Datos donde albergan alrededor de más de 5000 servidores entre físicos y virtuales, los centros de datos están ubicados en 2 sitios geográficamente distantes, la distancia entre ellos es poco más de 10 Km en línea recta.

Los servidores están conectados a la red mediante cables de cobre a una velocidad de 1Gbps, estas velocidades no permiten soportar mayor cantidad de transacciones debido al incremento de datos en el transcurso de los años, muchas veces el consumo de tráfico llega a tener picos de 900Mbps, los cuales traen consigo degradación de los sistemas.

La red LAN está compuesta por 4 Switchs Cores distribuidos entre los 3 Centros de Datos, dichos equipos mantienen supervisoras de una velocidad 720Gbps, la capa de distribución está compuesta por 6 equipos compuesta con supervisoras de 96 Gbps, en el segmento de acceso se tiene alrededor de 80 switchs que tienen una capacidad de 32 Gbps.

Los equipos de comunicaciones, de la red actual tradicional, se encuentran alojados en 8 racks distribuidos en los 3 Centros de Datos, el gran tamaño de los equipos hace que el consumo de energía de ellos sea considerable y no ayude al tema de ahorro de energía y espacio.

Los switchs de acceso están distribuidos en los gabinetes de los servidores en modelo top of rack, es decir ubicados en la parte superior de los racks, para de esta forma hacer las conexiones hacia los servidores de forma vertical mediante cables de cobre o fibra dependiendo el caso. La conexión de los switchs de acceso hacia los de distribución se brinda mediante 2 enlaces de fibra donde uno de ellos se encuentra en modo blocking por spanning-tree, la velocidad entre el segmento de acceso y el de distribución es de sólo 1 Gbps.

El segmento de distribución mantiene alrededor de 200 vlans, los 6 equipos de esta zona mantienen prioridades de spanning-tree para evitar loops, balancear carga y redundancia, para el manejo de las vlans en la red se tiene configurado rapid-PVST+, la cual está basada en IEEE802.1w y nos sirve para una rápida convergencia del tráfico ante alguna eventualidad. Los componentes de hardware en esta zona están pronto a llegar al fin de su tiempo de vida lo cual una renovación tecnológica se está en marcha.

En el segmento Core, los 4 equipos que se encuentran en esta área mantiene las puertas de enlace de las distintas vlans, en dichos equipos se encuentra configuraciones de HSRP, PBRs, ACLs, que permiten mantener la alta disponibilidad y seguridad hacia las conexiones internas de los servidores. Una característica en este segmento es que se mantiene un cableado independiente por vlan hacia el segmento de distribución, lo cual hace que la cantidad de cables hacia este segmento se incremente, y que el cableado en los racks colapse, además de no permitir la flexibilidad de maniobra.

Los Centros de Datos se encuentran interconectados a nivel de segmento de Core y Distribución por enlaces de fibra oscura provistos por un mismo proveedor de servicios, estos enlaces de fibra oscura recaen sobre multiplexores ópticos pasivos de 8 canales, por donde no solo pasamos tráfico LAN, sino también se transporta tráfico SAN, pero en otra longitud de onda. La velocidad de interconexión a nivel de LAN es de 2 Gbps, debido a que se tiene configurado LACP con los 2 enlaces de fibra oscura, lo cual nos brinda una mayor disponibilidad. En la figura 17 podemos apreciar el diseño de la red actual

Figura 17. Estructura de la red actual del Centro de Datos
Fuente: Propia

3.4 Matriz de interesados

En una serie de reuniones sostenidas con los interesados de la tabla 6 que se adjunta se pudo obtener una serie de requerimientos que se encuentran enumerados en la tabla 6

Tabla 6.- Lista de Interesados

Nombre del Interesado	Organización a que pertenece	Categoría de interesado	Nivel interés (Bajo, Medio, Alto)	Nivel influencia (Bajo, Medio, Alto)
Mariano Pizlo	GTS	Patrocinador	A	A
Daniel Villavivencio	GTS	Cliente	A	M
Grupo de Networking	GTS	Usuario	A	B
María Eugenia Basauri	GTS	Alta Dirección	A	A
Roberto Munayco	GTS	Director Proyecto	A	M
Sergio Lizarraga	GTS	Miembro proyecto	A	B

3.5 Requerimientos y justificación de la solución

3.5.1 Requerimientos

Tabla 7.- Requerimientos de la solución por parte de los interesados

N°	Requerimientos	Justificación	Interesados
Requerimientos Funcionales			
RQ 1	La solución debe ser altamente escalable en ancho de banda, debido a que las tendencias en velocidad de los servidores van en aumento hasta los 10Gbps.	La necesidad es poder soportar grandes volúmenes de transacciones sobre una infraestructura compartida, lo cual es importante para centro de datos compartidos donde se alojan una gran cantidad de clientes.	Cliente
RQ 2	La solución debe estar orientada aún ambiente Cloud, debido a que las tendencias en las redes automatizadas son de estar integradas con nubes públicas.	La necesidad del cliente es poder reducir tiempos de implementación y convertirse en un sistema de PaaS	Cliente
RQ 3	La solución debe estar orientada a una estructura de movimiento de carga entre el centro de datos privado a centro de datos públicos	Poder orientar los negocios del cliente aún esquema de redundancia con la nube, lo cual es una tendencia en la actualidad de los centros de datos.	Cliente
RQ 4	La solución debe estar brindada en un entorno de virtualización de red.	Poder ser más ágiles y estar alineados con los cambios tecnológicos.	Cliente
RQ 5	La solución deberá estar orientada a ser redundante entre los tres centros de datos	Mantener alta disponibilidad a nivel de ubicación geográfica.	Cliente
RQ 6	El crecimiento de la red debe ser modular.	La necesidad es poder tener una red que pueda crecer sin cambios de lógica de funcionamiento.	Cliente
RQ 7	La red deberá ser una sola.	La gestión y la implementación de la red deberá ser como si fuera un solo componente, no debería existir áreas dentro de la red que haga que la gestión sea segmentada.	Cliente
RQ 8	La solución debe estar orientada para ser gestionada mediante scripts que automaticen la implementación de redes LAN y políticas de accesos.	Reducir tiempos de implementación, errores humanos y reducir horas de labor.	Cliente
Requerimientos No Funcionales			
RQ 9	La solución debe brindar una disponibilidad 24x7 a nivel de infraestructura de red.	Al ser un centro de datos compartido por muchos clientes donde se alojan las empresas top del país tenemos que garantizar una estabilidad y disponibilidad de la red.	Patrocinador
RQ 10	La solución debe estar orientada a la reducción de energía.	Poder reducir costos.	Patrocinador
RQ 11	La solución debe estar orientada a reducción de espacio.	Poder reducir espacio lo cual ayudará a soportar más capacidades y nuevos clientes.	Patrocinador

3.5.2 Justificación

Escalabilidad. - La infraestructura de red se implementará con equipos que soportan velocidades de ancho de banda de 10/25/40/100 Gbps, y realizando configuraciones de VPC sobre los equipos podemos obtener mayor throughput entre uplink con la finalidad de poder soportar transacciones de gran volumen de información, como query de SQL, tráfico de backup por LAN, replicación de chasis, recuperación de respaldos etc.

Migración de cargas entre centro de datos privado a público. - La solución que se propone proponiendo soporta la integración con la solución de Intercloud Fabric la cual nos va a permitir migrar servicios hacia nube públicas o nubes privadas en centro de datos distantes con la cual vamos a poder hacer balanceo de carga, alta disponibilidad de servicios o aplicaciones.

Virtualización de la infraestructura de red. - La solución que se propone a implementar estará basada en CISCO ACI, el cual consiste mantener el control de la red en un controlador llamada APIC el cual realizará la función de orquestador de la red para temas de enrutamientos, flujos de tráfico, listas de seguridad, perfiles de servidores, integración con servicios de terceros como VMware, etc.

Alta disponibilidad entre dos centros datos. - La arquitectura podrá soportar alta disponibilidad replicando hardware de red y de servidores entre dos de los Centro de Datos. Adicionalmente los equipos de red se podrán interconectar mediante 2 fibras oscuras de diferentes proveedores de servicios, se manejarán protocolos como VXLAN y HSRP para poder garantizar la conmutación de tráfico ante la indisponibilidad de uno de los Centros de Datos.

Modular. - Se implementará una arquitectura en que la red seguirá siendo la misma en lógica de funcionamiento cuando se tenga necesidad de crecer. Será modular su crecimiento debido a que solo se va a necesitar agregar al esquema 2 pares de componentes spine, switch superior de la estructura de la red SDN, y leaf, switch inferior de la estructura de la red SDN. Luego de

agregar estos componentes se podrán utilizar los mismos scripts que están diseñados para la gestión y configuración de la red.

La red deberá ser una sola. - Bajo esta solicitud se propone una lógica de funcionamiento no basada en hardware sino basada en software, esto debido a que en la actualidad las redes se dividen en segmentos (core, distribución y acceso) lo cual cada zona requiere de cierto nivel de skill, bajo lo que proponemos la red solo será basada en scripts que envíen la información de Tenant, EPG, Bridge Domain, Contracts, Contexts, siendo estas algunas de las nuevas terminologías que se usan en la red SDN, las cuales pasaremos a detallar:

- a) Tenant: Es una especie de aislamiento virtual que representa la infraestructura de red de un cliente.
- b) Bridge Domain: Es lo más cercano al concepto de red virtual (vlan) que conocemos en la red tradicional, y donde dentro de ellas pueden existir uno o varios EPG.
- c) EPG: Es una especie de contenedor donde se alojan un grupo de dispositivos de computo físicos o virtuales que comparten ciertos atributos, como puede ser el mismo segmento de red.
- d) Contracts: Son reglas que permiten o deniegan el acceso entre EPG, tenant, vrf, etc. Es lo mas parecido al concepto de ACLs de una red tradicional.
- e) Context: También llamados VRF, son instancias de ruteo virtuales.

Gestión de la red de forma automatizada. - La solución que se propone está basada en un lenguaje de programación .la cual permite realizar scripts que nos ayuden a tener plantillas de configuración, el cual permite realizar implementaciones de nuevas vlans, port-channel, políticas de seguridad, etc de

forma automática y de manera individual o general para un grupo de endpoints o tenant.

Disponibilidad 24X7.- El nivel de disponibilidad está garantizado debido a que se tiene consideraciones que ayudan a esto como: La solución está alojada en un Centro de Datos nivel III, ante alguna eventualidad en uno de los componentes de hardware la capacidad de los equipos puede soportar la continuidad de los servicios, podemos evidenciar esto indicando que el core actual es de 720Gbps y los equipos de esta solución superan o están alrededor de los 2.8Tbps, es decir el cambio de capacidad es de 1 a 4 veces más, se mantiene redundancia a nivel de uplinks en forma de malla el cual garantiza una mayor disponibilidad que la red actual.

Tener en consideración que por ahora se está garantizando la continuidad 24X7 en un solo Centro de Datos debido a que es el alcance del proyecto.

Reducción de Energía. - La solución propuesta está compuesta por 4 equipos y cada uno de ellos mantiene 2 fuentes de poder con una potencia máxima de 1200watts, lo cual hace un consumo de potencia de *9,6Kwatts*. En el escenario actual los equipos Core y distribución mantienen una potencia máxima de 1400Watts, al tener solo 6 de estos en un solo Centro de Datos la capacidad total es de 16,8Kwatts, entonces si sumamos los 60 switches de acceso de 140 Watts cada uno, hace que la potencia total solo en un Centro de Datos sería de *25,2Kwatts*.

Reducción de Espacio. - Los equipos Core y distribución en la actual red tienen una capacidad de al menos 10 RUs y al ser alrededor de 8 equipos hace un consumo *80 RUs*, pero en la solución propuesta cada equipo mantiene una capacidad de 2RUs, lo que hace que el consumo total sea de *8RUs*, es decir 10 veces menos que la solución actual.

3.6 Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

A continuación, en la figura 18, se muestra el diagrama de EDT del proyecto

Figura 18. EDT

Fuente: propia

3.7 Objetivos y requerimientos

Tabla 8.- Objetivos Específicos asociados a los requerimientos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS	REQUERIMIENTO
Mantener las características de la red tradicional en nuestro diseño de la red basada en software defined network (SDN)	Requerimiento 1
	Requerimiento 2
	Requerimiento 3
	Requerimiento 6
Reducir a horas el tiempo de implementación de una red LAN, para un nuevo cliente.	Requerimiento 4
	Requerimiento 5
	Requerimiento 6
Evaluar que el equipamiento a elegir cumpla con los requerimientos técnicos que solicita la organización basado en temas de skills de sus empleados, ubicación en el cuadrante de gartner y flexibilidad en crecimiento hacia nubes públicas	Requerimiento 1
	Requerimiento 8
Evaluación económica para implementar una nueva red tradicional contra una red basada en software que muestra los beneficios de reducción de costos.	Requerimiento 9
	Requerimiento 10
	Requerimiento 11

CAPÍTULO 4: PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.1 Objetivo general

El objetivo del proyecto es la de diseñar una red basada en software para los servicios del centro de datos multi clientes, la cual será implementada en los tres centros, este diseño se alineará a las buenas prácticas que los proveedores de la tecnología de software defined network (SDN) recomiendan para la correcta operación de este tipo de centro de datos automatizados, Este proyecto busca robustecer la disponibilidad de la infraestructura de red compartida red por más de 100 clientes, y demás de tener mayor agilidad y flexibilidad para la entrega de servicios de red donde se alojan los servicios y/o aplicaciones que los clientes solicitan en el menor tiempo posible.

4.2 Objetivos específicos

Entre los objetivos específicos tenemos los siguientes:

1. Mantener las características de la red tradicional en nuestro diseño de la red basada en software defined network (SDN).
2. Reducir a horas el tiempo de implementación de una red LAN, para un nuevo cliente.
3. Evaluar que el equipamiento a elegir cumpla con los requerimientos técnicos que solicita la organización basado en temas de conocimiento de sus empleados, ubicación en el cuadrante de gartner y flexibilidad en crecimiento hacia nubes públicas.
4. Evaluación económica para implementar una nueva red tradicional contra una red basada en software que muestra los beneficios de reducción de costos.

4.3 Esquema y planteamiento del desarrollo de la solución propuesta.

La solución que se propone para el centro de datos, tal como se muestra en la figura 19, consta de modelo de 3 capas donde cada una de ellas tiene una determinada función y no está compuesta necesariamente de equipos de red sino también software y servidores, este diseño brinda un cambio un cambio respecto al modelo de red tradicional.

El diseño de alto nivel (HLD) se muestra en la siguiente figura 19:

Figura 19. Diagrama de alto nivel (HLD)

Fuente: propia

Como se puede apreciar en la figura 19, la capa de aplicación, capa del controlador y la capa infraestructura de red, todas estas son como si fuera una sola infraestructura entre los tres centros de datos, esto es un requisito fundamental debido a que debemos de mantener la característica principal del

centro de datos tradicional, donde los servidores distribuidos entre los tres centros de datos mantienen el mismo segmento de red lo cual les permite implementar soluciones de alta disponibilidad sin tener que hacer cambios de direcciones de IPs en las aplicaciones de los usuarios finales.

Las tres capas de este diseño de alto nivel se dividen en:

Infraestructura de red y servidores. - En esta capa se ubicarán los dispositivos de red a usar como son los Cisco Nexus del modelo 9300 con sistemas operativo ACI, también se ubicarán los dispositivos de computo como servidores tipos chasis, blade, donde se albergará servidores virtuales bajo diferentes productos de virtualización y diferentes sistemas operativos. Adicionalmente, en esta capa de la software defined network también se ubicará equipos de comunicaciones como firewalls los cuales no serán parte de la automatización, debido a que el alcance del proyecto es basado en la implementación de redes LAN, la capa de seguridad es soportada por el diseño y los equipos, pero será una siguiente fase.

Controlador. - En esta capa de la red se ubicará el cerebro de la software defined network, este buscará controlar desde un grupo de servidores la operación de toda red entre los tres centros de datos, también se podrá realizar los despliegue de red para nuevos clientes o políticas de red para los equipos de comunicaciones en general o grupal. Este grupo de servidores deberá contar con ciertas consideraciones debido a que son tres centros de datos y se debe mantener la disponibilidad ante una eventualidad.

Aplicación. - En esta capa de red se ubicará un orquestador que pueda interactuar con diferentes aplicaciones, mediante protocolos o interfases de comunicación, como puede ser Cisco Director, Ansible, Chef, u otro orquestador open source que pueda existir en el mercado. La función de esta capa de aplicación es la poder ceder los servicios de red o computo hacia el exterior a fin de poder automatizar funciones o realizar tareas predictivas por alguna necesidad sin la intervención de una persona.

4.4 Requerimientos técnicos de la solución.

A continuación, se muestra la tabla 9, donde se detalla la lista de requerimientos técnicos de la solución, las cuales son parte de los lineamientos técnicos de la línea de servicio regional de Networking de la compañía. Estos lineamientos técnicos son estándares para todos los centros de datos de los mercados emergentes donde la compañía tiene presencia.

Tabla 9.- Requerimientos técnicos de la solución

N°	Requerimientos de la Solución
1	Soportar algunos de los estándares de SDN
2	La solución deberá ser orquestada mediante un controlador que pueda integrarse con diversas plataformas y marcas homologadas.
3	Arquitectura de alta capacidad de procesamiento con soporte de interfaces mínimo a 10 Gigabit Ethernet y crecimiento mínimo a 40 GB Ethernet.
4	Contar como mínimo 48 puertos cada uno con soporte de 10/25 GB Fiber y 40/100Gbps QSFP
5	Fuentes de poder y ventiladores redundantes.
6	Mecanismo de inteligencia programable sobre la aplicación (API) que permita a los operadores administrar el switch a través de llamadas tipo RPCS, javascript o xml sobre una infraestructura http/https.
7	Contar con mecanismos de actualización e instalación de parches en línea.
8	Soportar overlays en velocidad de línea para soportar comunicación tipo VXLAN.
9	Soportar rutas estáticas y dinámicas
10	Soportar e incluir licencias para manejo de protocolos de capa 3 incluyendo ruteo dinámico tales como OSPF, BGP.
11	Soportar interfaces virtuales.
12	Soportar balanceo de cargas.
13	Soportar calidad de servicio (COS).
14	Soportar al menos 100,000 entradas de IP.
15	Soportar al menos 48,000 direcciones tipo MAC.
16	Soportar al menos 1000 VRFS.
17	Soportar VXLAN Gateway, VXLAN Bridging y VXLAN Routing.
18	Contar licenciamiento para protocolos de capa 3.
19	Deberán estar certificado para que sea compatible con los componentes del sistema convergente: CISCO UCS
20	Indicar en su propuesta económica el costo del mantenimiento y soporte para los años 2 y 3 del total de equipos ofertados.
21	Soportar RBAC y utilizar AAA como autenticación.

22	Soporte integración con Vmware ESXi, vSphere y otros.
23	Incluir soporte post instalación por 36 meses bajo gestión 24x7.
24	Entregar el plan de escalamiento para la gestión de garantía y soporte.
25	La garantía mínima brindará la seguridad de contar con la reposición de las partes dañadas en caso de ser necesario. La garantía debe ser integral incluyendo todas las partes integrales del equipo. En caso de ser necesario deberá reemplazarse el equipo completo.
26	Considerar como mínimo este mismo periodo de garantía para las licencias utilizadas en los equipos.
27	El soporte incluye hardware y software de la solución.

4.5 Descripción del diseño

Para poder brindar una solución a los problemas de tiempos de implementación de redes LAN, mitigar los errores humanos de configuración y otros, la meta de nuestro proyecto es poder diseñar una solución de red basada en software que sea automatizada mediante un lenguaje de programación como puede ser *Python* u otro, con la finalidad de ayudar a realizar una serie de automatizaciones propias de la operación.

A continuación, en la figura 20, mostraremos el diagrama de arquitectura elaborado para la implementación de la red basada en software para los tres centros de datos:

Figura 20. Diagrama de arquitectura (LLD)

Fuente: propia

Como se puede apreciar en la figura 20, el diseño de bajo nivel (LLD) se describe las características de velocidad de conexión entre los equipos, los modelos de equipos a usar en las diferentes capas de la software defined network, además de los controladores a usar, así como el orquestador que probablemente se usará para este diseño. Una parte esencial es la capa de

interconexión de redes la cual nos va a permitir respetar una de las características principales de la red tradicional, la cual es mantener las direcciones de IPs y segmentos de red entre los centros de datos, ya que sin esta consideración la migración de los servicios a esta nueva red puede ser disruptiva para los clientes, causando un malestar por los cambios a realizar en sus aplicaciones y/o servicios.

Las capas de este diseño de bajo nivel se dividen en tres capas:

1) Infraestructura. – En esta capa se encuentran los equipos de comunicaciones como son los spine y leaf.

Los spines sirven para interconectar a los leaf a una velocidad de 40Gbps o 100Gbps, esto dependerá del nivel de velocidad que necesitemos, para nuestro diseño usaremos 40Gbps, lo cual consideramos que es suficiente por las muestras que vamos a analizar a continuación.

En la figura 21 se muestra que el consumo de tráfico de recepción llega cerca los 4.5Gbps en su pico más alto en un monitoreo de una semana. En la figura 22 muestra que el consumo de tráfico de transmisión llega cerca a los 4.0 Gbps en su pico más alto en un monitoreo de una semana, ambos gráficos evidencian que la decisión de 40Gbps es la adecuada debido a que no tendremos inconvenientes de saturación y nos brinda un margen de crecimiento holgado, debido a que el consumo en su pico más alto es de poco más del 10% de la capacidad que estamos proponiendo en este diseño.

Figura 21. Consumo de tráfico de recepción

Fuente: <https://ecampus.com.pe>

Figura 22. Consumo de tráfico de transmisión

Fuente: <https://ecampus.com.pe>

Como se puede apreciar en la figura 23, los leafs y los spines formarán una especie de nube a la cual también se llama fábrica, dentro de esta nube existen varias sesiones de VXLAN, las cuales van a servir para mantener la comunicación entre los dispositivos finales, además dentro de esta nube el tráfico de los paquetes estará encapsulado por el protocolo VXLAN, existirá el equilibrio del enrutamiento para equilibrar la carga entre los equipos, esto será posible con el protocolo EMCP. Los equipos spine también soportan RR BGP (router reflector) para poder soportar diferente cantidad de switches leaf y mantener una tabla de rutas.

Enrutamiento interno dentro de la fábrica

Figura 23. Enrutamiento de tráfico dentro de la fábrica

Fuente: propia

2) Interconexión de redes. – Para la comunicación con el exterior se tendrá dos formas:

a) Mediante los border leaf: En esta zona de la red los equipos leaf tendrán configuraciones de protocolos de enrutamiento como: OSPF, EIGRP, BGP según su necesidad.

Enrutamiento fuera de la fábrica – border leaf

Figura 24. Enrutamiento fuera de la fábrica – border leaf

Fuente: propia

b) Mediante los Spine: En esta zona de la red los equipos spine mantendrán configuraciones de multiprotocolo BGP (MP-BGP) EVPN y VXLAN, siendo estos protocolos propios para el funcionamiento del enrutamiento a través de los spine, los cuales servirán para poder establecer comunicación hacia otros pods, además soportará el protocolo de enrutamiento OSPF para la comunicación con los nodos IPN (Inter Pod Network), los cuales son los encargados de interconectar diferentes Pods.

Enrutamiento fuera de la fábrica - spine

Figura 25. Enrutamiento fuera de la fábrica – spine

Fuente: propia

3) Controladores. – Los controladores que se plantean para este diseño de una red basada en software defined network (SDN) son del modelo APIC-M3, donde “M” representa el tamaño del hardware *mediano*, este modelo fue escogido debido a que la cantidad de puertos que puede soportar en los leaf son de 1200 edge ports, lo cual significa que podemos albergar de forma recomendada alrededor de 20 a 25 switch leaf de 48 puertos con su capacidad total usada en toda la fábrica.

La cantidad de controladores entre los tres centros de datos será de cinco distribuidos de la siguiente manera:

- 3 APIC en el centro de datos 1
- 1 APIC en el centro de datos 2
- 1 APIC en el centro de datos 3

Debemos de tener en consideración que la cantidad mínima para un cluster de controladores es de tres y como máximo 5 para una sola “fabric”, palabra con la que se nombra al conjunto de switchs spine, leaf y controladores dentro de un mismo ambiente físico, adicionalmente la cantidad de APIC no puede ser de 4 por recomendación del fabricante, esto se entiende debido a que la base de datos es consistente en un número par y si no tenemos uno adicional no tendremos redundancia.

Tal como se puede apreciar en la figura 26, se detalla el modelo de controlador a usar para nuestro diseño.

Cisco APIC configuration	Part number	Description
Medium	APIC-M3*	APIC with medium-size CPU, hard drive, and memory configurations (up to 1200 edge ports)

Figura 26: Modelo del controlador a usar

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-apic/datasheet-c78-739715.html>

En la figura 27, se detalla las capacidades del servidor que usaremos como controlador para nuestro diseño de red basada en software defined network (SDN).

Cisco APIC appliance Medium configuration: M3		
	Description	Default units
Processor	1.7 GHz Xeon Scalable 3106/85W 8C/11MB Cache/DDR4 2133M	2
Memory	16GB DDR4-2666-MHz RDIMM/PC4-21300/single rank/x4/1.2v	6
Hard Drive	1 TB 12G SAS 7.2K RPM SFF HDD	2
PCI Express (PCIe) slots	Cisco UCS VIC 1455 Quad Port 10/25G SFP28 CNA PCIE	1
Power supply	770W power supply	1

Figura 27: Capacidades del controlador a usarFuente:<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-apic/datasheet-c78-739715.html>

4.6 Ambiente de pruebas para el desarrollo del diseño

El diseño que presentamos, en la figura 28, la cual corresponde a una prueba de concepto, se basa en una arquitectura física de 2 capas conectadas a grandes velocidades que ayuden a soportar alto consumo de tráfico, cantidad de puertos en cada una de las capas está distribuida de la siguiente manera:

- Spine: 72 puertos de 10 o 40 Gbps
- Leaf: 96 puertos de 10/25/40 o 100 Gbps.

En el diseño de la solución la capa Spine tiene como función principal realizar el enrutamiento para las vlans internas y la comunicación hacia las redes externas. Los leafs se añaden a los spine para poder extender vlans hacia los servidores, la unión de spine - leaf hace que todo el sistema se convierta en una fábrica, la cual hace que el tráfico que pasa entre ellas tenga una latencia mucho menor a la de una red tradicional. En la figura 28 se puede apreciar un diagrama referencial de la red SDN para el centro de datos principal.

Otro beneficio de esta fábrica es la escalabilidad, además que elimina el protocolo STP de la red.

Figura 28. Estructura referencial de la red SDN para el Centro de Datos principal

Fuente: Propia

El diseño se basa en un controlador central que puedan enviar las configuraciones de Tenant, EGP, Bridge Domian, Contract, Conext para poder implementar y gestionar una red, todos estos conceptos se basan en scripts de programación que se envían hacia la fábrica (spine-leaf) para que puedan ejecutarse en los equipos.

Dentro de la fábrica, tal como se muestra en la figura 29, que forma el spine - leaf, existen protocolos que ayudan a la comunicación entre los servidores tanto internos como externos, estas características son: VXLAN, Fabric path, EVPN, etc , el uso de ellas depende de la marca que SDN vamos a utilizar para el proyecto, estos features de virtualización de redes ayudan a trasladar tráfico de un lugar a otro de forma dinámica con un delay basado en microsegundos, además estas características nos permite separar tráfico entre servicios con características independientes. Adicionalmente nos ayuda a la escalabilidad que este tipo redes nos brinda.

La comunicación desde un ambiente SDN hacia la red externa deberá brindarse con un protocolo de enrutamiento dinámico como puede ser OSFP, BGP, EIGRP, etc. Esto debido a que existen recursos en la red tradicional que deberá ser compartida o accesible desde la red SDN.

Una característica del diseño es que se va a tener el control de los switches internos que existen en el vmware debido a que ellos también soportan estándares de SDN (Openflow, Opflow, etc).

Figura 29. Funcionamiento de la red SDN en el Centro de datos principal

Fuente: Propia

4.7 Scripts a utilizar para el desarrollo del diseño.

A continuación, se ejecutarán algunos scripts que nos ayudarán a la implementación de las redes LAN basadas en software. Los scripts que se describirán a continuación son los fundamentales para la creación de cualquier red basada en software defined network, las cuales son: Los tenants, los bridge domain, epgs, application profiles y las vrfs, existen muchos más scripts que podemos elaborar dependiendo el diseño de red LAN de cada cliente, en este documento nos enfocaremos en los fundamentales. Adicionalmente la secuencia de creación es la siguiente:

- 1) Tenant
- 2) Bridge Domain
- 3) EPG
- 4) Application profile
- 5) Subnet
- 6) VRF

Si cambiamos algunas de las secuencia de creación vamos a tener un error porque la creación de una de ellas algunas veces necesita de la otra, como verán existe una pequeña jerarquía de creación el cual nos ayudará para el análisis ante un incidente.

Para nuestra prueba de concepto crearemos una red con las siguientes características:

- 1) Tenant: “upc”
- 2) Bridge Domain: “upc_bd”
- 3) Subnet: “192.168.1.1/24”
- 4) EPG: “upc_bd”
- 5) Aplication profile: “upc_app”
- 6) VRF: “UPC_vrf”

Inicialmente evidenciaremos que en el controlador no existe el tenant “upc_tn”, tal como se puede apreciar en la figura 30.

The screenshot shows the Cisco APIC interface with the 'Tenants' tab selected. The 'All Tenants' section displays a table with the following data:

Name	Alias	Description	Bridge Domains	VRFs	EPGs	Health Score
INVICENTER		Ciente	2	1	2	100
INTERSEGURO			16	1	16	98
mgmt			3	2	1	100
POC2s			1	1	1	100
POC3			1	1	1	98
SD-WAN			3	3	3	100
ten-compartamos			1	1	1	100
tenant-confianza			0	0	0	100
Test10			0	0	0	100
TestMG	Testing_Mario_Garcia-BIBERON	Testing Mario Biberon Garcia	0	1	0	100

Figura 30. Controlador con diversos tenants creados

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Ahora mediante postman, el cual es una herramienta para desarrollo que y nos permite el envío de peticiones hacia diversos APIs, en nuestro caso lo usaremos para conectarnos hacia el controlador y realizar ciertas configuraciones como:

a) Inicio de sesión del controlador desde postman.

Como se puede apreciar en la figura 31, hemos creado una colección de solicitudes para ejecutar diversas funciones, siendo la inicial la conexión con el controlador.

Figura 31: Colección de scripts básicos

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

De los cinco scripts que hemos elaborado hemos asignado valores a las variables, tal como se muestra en la figura 32:

Variables	Valores
apic	10.254.7.9
username	admin
password	Sc3k66p.
vrfname	UPC
tenantname	upc
epgname	upc
subnet_add	192.168.1.1/24
bdname	upc

app_prof	upc
arp_flood	yes

Figura 32: Variables que usaremos en los scripts

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Ahora procederemos a ejecutar el primer scripts el cual tiene la siguiente sintaxis:

POST: `https://{{apic}}/api/aaaLogin.json`

Body:

```
{ "aaaUser" : { "attributes": { "name": "{{username}}", "pwd": "{{password}}" } }
```

En la figura 33, procederemos ejecutar el script mediante el postman

Figura 33: Script para el acceso al controlador

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Como se puede apreciar en la figura 34, la creación fue exitosa “status: 200 OK” la cual duró 4.47 segundos, ahora que ya estamos conectado al controlador podemos proceder con las siguientes configuraciones:

Figura 34: Ejecución del script de acceso al controlador con éxito

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

b) Creación de tenant.

El script que vamos a ejecutar desde nuestra herramienta de desarrollo postman tiene la siguiente sintaxis:

POST: `https://{{apic}}/api/mo/uni.json`

Body:

```
{
  "fvTenant" : {
    "attributes" : {
      "name" : "{{tenantname}}_tn"
    }
  }
}
```

En la siguiente figura 35, observamos que el script se está ejecutando.

Figura 35: Ejecución del script de creación de tenant

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Finalmente, en la figura 36 podemos evidenciar que el script se ejecutó de manera exitosa “status 200 OK”, adicionalmente podemos observar que la creación duró 667ms

Figura 36: Ejecución exitosa del script de creación de tenant

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

c) Creación de una vrf.

El script que vamos a ejecutar desde nuestra herramienta de desarrollo postman tiene la siguiente sintaxis:

POST: `https://{{apic}}/api/node/mo/uni/tn-{{tenantname}}_tn.json`

Body:

```
{
  "fvCtx": {
    "attributes": {
      "name": "{{vrfname}}_vrf"
    }
  }
}
```



```

    }
  }
}

```

En la siguiente figura 37, observamos que el script se está ejecutando.

Figura 37: Ejecución del script de creación de vrf

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Finalmente, en la figura 38 podemos evidenciar que el script se ejecutó de manera exitosa “status 200 OK”, adicionalmente podemos observar que la creación duró 659ms

d) Creación de un bridge domain y epg en un teman y vrf existente.

```
POST: https://{apic}/api/mo/uni.json

Body:

{"fvTenant": {
    "attributes": {
        "name": "{{tenantname}}_tn"
    },
    "children": [{
        "fvAp": {
            "attributes": {
                "name":
                    "{{app_prof}}_app",
                "children": [{
                    "fvAEPg": {
                        "attributes": {
                            "name":
                                "{{epgname}}_epg",
                            "children": [{
                                "fvRsBd": {
                                    "attributes": {
                                        "tnFvBDName": "{{bdname}}_bd"
                                    }
                                }
                            ]
                        }
                    }
                ]
            }
        }
    ]
  }
}
```

```

        {"fvBD":      {"attributes":      {"name":
"{{bdname}}_bd", "unkMacUcastAct": "flood", "unkMcastAct": "flood",
"arpFlood": "{{arp_flood}}", "unicastRoute": "yes", "multiDstPktAct":
"bd-flood"}, "children": [{"fvRsCtx": {"attributes": {"tnFvCtxName":
"{{vrfname}}_vrf"}}}]}}}, {"fvCtx":      {"attributes":      {"name":
"{{vrfname}}_vrf", "pcEnfPref": "enforced"}, "children": []}}}]}}

```

En la siguiente figura 39, observamos que el script se está ejecutando.

Figura 39: Ejecución de un bridge domain y epg en un tenant y vrf existente

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Finalmente, en la figura 40, podemos evidenciar que el script se ejecutó de manera exitosa “status 200 OK”, adicionalmente podemos observar que la creación duró 710ms

Figura 40: Ejecución exitosa de un bridge domain y epg en un tenant y vrf existente

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

e) Asignación de la dirección de red al bridge domain.

El script que vamos a ejecutar desde nuestra herramienta de desarrollo postman tiene la siguiente sintaxis:

POST: <https://api/api/mo/uni.xml>

Body:

<polUni>

<fvTenant name="{{tenantname}}_tn">

<fvBD name="{{epgname}}_bd">

<fvSubnet ip="{{subnet_add}}"/>

</fvBD>

</fvTenant>

</polUni>

En la siguiente figura 41, observamos que el script se está ejecutando.

Figura 41: Ejecución de la asignación de red aún bridge domain

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Finalmente, en la figura 42 podemos evidenciar que el script se ejecutó de manera exitosa “status 200 OK”, adicionalmente podemos observar que la creación duró 666ms

Figura 42: Ejecución exitosa de la asignación de red aún bridge domain

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Paso siguiente, nos dirigimos al controlador y observamos que el tenant “upc_tn” fue creado de manera exitosa, tal como se puede apreciar en la siguiente figura 43:

The screenshot shows the Cisco APIC interface with the 'Tenants' tab selected. A table lists various tenants, with 'upc_tn' highlighted at the bottom. The table columns are Name, Alias, Description, Bridge Domains, VRFs, EPGs, and Health Score.

Name	Alias	Description	Bridge Domains	VRFs	EPGs	Health Score
INNCENTER		Cliente	2	1	2	100
INTERSEGURO			16	1	16	98
mgmt			3	2	1	100
POCs			1	1	1	100
POCs			1	1	1	98
SD-WAN			3	3	3	100
ten-compartamos			1	1	1	100
tenant-confianza			0	0	0	100
Test10			0	0	0	100
TestMG	Testing_Mario_Garcia-BIBERON	Testing Mario Biberon Garcia	0	1	0	100
upc_tn			1	1	1	100

Figura 43: Verificación de la creación del tenant en el controlador

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Ingresamos al tenant “upc_tn” y podemos apreciar la creación de:

- application profile: upc_app
- endpoint group: upc_epg
- bridge domain: upc_bd
- subnet: 192.168.1.1/24
- vrf: UPC_vrf

Esto lo podemos apreciar en la siguiente figura 44:

Figura 44: Verificación de la creación de las características del tenant

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

Finalmente, en la figura 45, podemos obtener el script de toda la implementación desde el mismo controlador, pero en su lenguaje nativo. Esta información se puede descargar en formato xml para un mejor entendimiento.

Figura 45: Scripts de un tenant visto desde el controlador

Fuente: <https://youtu.be/apLUMIPZc6Y>

4.8 Proveedores de hardware y software

De acuerdo con las especificaciones técnicas detalladas en el *capítulo III*, en el mercado encontramos diferentes marcas que pueden ayudarnos a desarrollar una red basada en software, dentro de las cuales hemos detallado sus principales características para realizar un comparativo técnico que estén alineados a las necesidades que se requieren vistas en el capítulo anterior.

Adicionalmente, hemos agregado un ítem comparativo acerca, en cuales de estas marcas el personal técnico tiene el conocimiento de la tecnología de software defined network.

Tabla 10.- Cuadro comparativo

Variables	HP	Juniper	Cisco
Protocolo	Open Flow	Open Flow	Openflow, Opflex
Controlador	Virtual Application Networks	Contrail Controller	APIC
Lenguaje de Programación	Java, C++, Python	Java, Python	Java, C++, Python
Protocolo Layer 2	BGP, VxLAN	MPLS, VxLAN	VxLAN, BGP, Multipath
Hardware	HPE Altoline 6900 Switch Serie	EX 9200 Serie, MX 80, 240 Serie	Nexus 9000 Serie
Velocidad	10/40/100 Gbps	10/40/100 Gbps	10/25/40/50/100 Gbps
Skills	NONE	NONE	Yes
Integracion con otros vendedores	Yes	Yes	Yes
Throughput	Hasta 144 Tbps	Hasta 80 Tbps	Hasta 60 Tbps

En la tabla 10, se muestra que hemos elegido uno de los proveedores por los siguientes motivos.

Conocimiento. - El personal técnico tendrá que ser capacitado en un curso de 40 horas acerca de la solución de software defined network que la marca ofrece, el instructor del curso deberá ser personal capacitado y certificado. Adicionalmente, se tendrá que realizar laboratorios de prueba donde uno de los objetivos es familiarizarse con el producto y poder hacer réplicas de un funcionamiento de una LAN Tradicional en una red SDN.

Soporte del fabricante. - La experiencia que se tiene trabajando con la marca elegida en el transcurso de los años nos garantiza que el soporte que brinda es de primer nivel debido a que siempre se cuenta con una solución a los incidentes reportados. Además, que se tienen alianzas estratégicas a nivel Mundial que ayudan a fortalecer el soporte.

Líder en tecnología. - La marca se debe encontrar ubicada como líder en el cuadrante de Gartner en la tecnología de Software Defined Network.

Hardware. - Si bien el hardware con la marca elegida es menor performance con respecto a las otras, este parámetro no es relevante para el alcance del proyecto, debido a que el nivel de procesamiento es mucho mayor a la de una red LAN tradicional.

Software. - Si bien el protocolo a usar es propietario de la marca llamado OpFlex, el hardware también se integra con otros productos de diferentes marcas mediante el protocolo standard OpenFlow. Estos estándares son los que son referenciados en el diseño de la red SDN, revisado en el capítulo III.

4.9 Recurso humano para el proyecto

Para la implementación de este diseño se necesitaron 4 personas capacitadas en el curso de “Cisco ACI” por un lapso de 1 semana (40 horas), luego se ha realizado *demos* con hardware en laboratorios de la misma marca por el lapso de 2 meses (alrededor de 80 horas) con lo cual se pudo replicar el escenario de funcionamiento de una red tradicional en un entorno virtual.

Figura 46. Diagrama físico del Laboratorio a implementar

Fuente: propia

Las personas que estén consideradas en esta capacitación deben de contar con certificaciones tipo CCNP en Data Center y deben de tener al menos un promedio 6 años de experiencias en temas de Redes.

El proyecto tendrá que ser liderado por el jefe de Networking el cual tendrá como responsabilidad llevar el control de los tiempos, coordinar reuniones de avances, facilitar implementos, resolver inconvenientes técnicos o escalar temas con el fabricante.

Por otro lado, contaremos con un Arquitecto de Networking que nos ayudará en temas de pruebas, performance, y asegurar la calidad del servicio que se va a brindar, además de dar forma al nuevo offering que se está implementando de acuerdo con lo que técnicamente se viene elaborando.

El diseño de nuestra solución final de una red basada en software pretende tener una integración con un entorno de virtualización de servidores, tal como muestra la figura 82, para poder tener desde un solo equipo o también llamado controlador toda la gestión de la red que va desde los switchs internos de la solución virtual hasta la propia red LAN, la intención de esto es de integrar o gestionar la red end to end.

El funcionamiento tendría el siguiente orden:

- ✓ Se realiza la integración entre el controlador y el vCenter
- ✓ Se crea el Switch Distribuido Virtual
- ✓ Se asocia el Hypervisor al Switch Distribuido Virtual
- ✓ Se establece la comunicación entre el Switch Distribuido con los switch Leaf
- ✓ Se crean los application policy.
- ✓ Se realiza el mapeo automático de los EPG a los Port Group
- ✓ Se crean en el VMware los Port Group
- ✓ Instantáneamente los servidores virtuales se asignan a los port group
- ✓ Desde el controlador se envían las políticas al fabric.

Figura 47. Funcionamiento de la red SDN integrado con una solución de Virtualización de servidores
Fuente: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/application-centric-infrastructure/white-paper-c11-731961.html>

Dentro de las características que tendrá esta solución es:

- Uplink del backbone de alta velocidad, lo que nos va a solucionar inconvenientes con troncales saturadas propias de la red actual.
- Uplink de servidores a 10Gbps con redundancia de tarjeta de red, lo cual nos va a ayudar a solucionar inconvenientes de falta de redundancia en la red actual.
- La solución de SDN trabajará con el estándar OpFlex, propietario de Cisco, la cual también es soportada por diversos proveedores de equipos de Networking.
- Los controladores nos ayudarán a mantener el control y gestión de la red, y será el equipo donde se mantendrán los scripts para poder dinamizar las instalaciones y configuraciones.
- Las conexiones serán mediante patchcords de fibra multimodo OM3, lo cual ayudará a temas de reducción de espacio originados por los cables de cobre, lo cuales tienen un diámetro mucho mayor que la fibra.

- Existirá una considerable reducción de espacio, al tener que retirar unos 60 equipos de red, porque vamos a trasladar al 50% de clientes a esta nueva solución, dejando aún un crecimiento para 2 años.
- Existirá una reducción del capex debido a que, para mantener un crecimiento por 3 años, tendremos que adquirir un juego de 2 spine y 2 leaf, lo cual en la arquitectura actual tendríamos que adquirir alrededor de 10 equipos de tamaño considerable.
- La solución busca tener una integración con diversos orquestadores (ICO, UCS director, Ansible, etc) para desde una sola consola poder gestionar la red y los servidores manteniendo el control total del Centro de Datos.
- Esta solución busca reducir los saltos de paquetes en la red, lo cual actualmente causa lentitud y degradación. Actualmente, para llegar al default Gateway se tiene que pasar como mínimo por 3 equipos, ahora se podrá llegar en cualquier dimensión de crecimiento en solo 2 saltos, debido a que la comunicación de los spine y leaf son de forma directa sin equipo intermedio.
- En temas de gestión de red, la solución tendrá la facilidad de poder diagrama en línea la red de cada cliente, en la solución anterior se tendría que hacer de forma manual.

Con este proyecto se busca mantener la categoría de líderes en tecnología, mantener un centro de datos ágil, moderno y brindar mayores servicios a los clientes, si bien esta tecnología aún no es muy madura en el Perú, es la tendencia a nivel mundial y su proyección de uso en el mundo va en aumento, tal como lo muestran los cuadros estadísticos que se indica en capítulos anteriores.

CAPÍTULO 5: PRUEBAS, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos en el capítulo de la propuesta de solución, considerando los objetivos específicos.

5.1 Mantener las características de la red tradicional.

Uno de los objetivos específico del proyecto es la que se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.- Objetivo específico 1

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Mantener las características de la red tradicional en nuestro diseño de la red basada en software defined network (SDN)	<ul style="list-style-type: none">Confirmación que las características de la red tradicional se mantienen, y que su implementación no traerá cambios en los servicios para el cliente.	<ul style="list-style-type: none">MilisegundosGbps

A continuación, nos enfocamos con la confirmación que las características de la red tradicional se mantienen, y que su implementación no traerá cambios en los servicios para el cliente.

Una de las características principales del centro de dato tradicional, es que entre estos se mantiene el mismo segmento de red para cada cliente lo cual hace posibles diferentes implementaciones de alta disponibilidad a nivel de servidores o equipos de comunicaciones como:

Hot standby router protocol (HSRP), esta funcionalidad nos permite mantener entre los centros de datos la alta disponibilidad a nivel de enlaces WAN, lo cual ante la caída de uno de los enlaces la comunicación alojados en un centro de datos, mediante este protocolo se podrá activar el enlace de contingencia ubicado en uno de los centros de datos alternos. Esto se logra mediante la conversación de este protocolo HSRP entre ambos ruteadores estando en el mismo segmento de red, lo cual se hace posible extendiendo la vlan entre los centros de datos.

Movimiento de máquinas virtuales entre centro de datos, entre los tres centro de datos existen granjas de servidores virtuales bajo tecnología Vmware, lo cual muchas veces ante una evento de caída de uno de los servidores, el cual contiene muchas máquinas virtuales, y para poder evitar un incidente, de forma automática podremos levantar dicha cantidad de servidores en otro centro de dato alternativo, con esto evitamos una caída de los servicios, pero para lograr esta redundancia se necesita que los servidores mantengan la misma dirección ip, extendiendo la vlan entre los centros de datos.

Equipos de comunicaciones en failover, en el centro de datos también existen una diversidad de equipos que funcionan en alta disponibilidad como pueden ser firewalls o balanceadores, estos equipos están en redundancia ubicados geográficamente en centro de datos distintos, lo cual se debe de mantener y para esto se requiere que se mantengan el mismo segmento de red entre todos los centros de datos. Adicionalmente un requisito fundamental es que los tiempos de respuesta entre los centros de datos no debe de superar los 10 milisegundos.

Segmento de replicación, existen soluciones de alta disponibilidad que además de requerir que las direcciones IPs se mantengan, se solicita que exista una vlan solamente de réplica para poder mantener la consistencia de la información ante una eventualidad de operar desde uno de los servidores en un centro de datos alternativo, esto muchas veces se requiere para las soluciones de servidores AS 400, o soluciones de base de datos.

El software defined network propuesto por Cisco con su producto ACI, propone 2 tipos de interconexión para unir centros de datos, los cuales son:

Multi Site. – Es la conexión de entre pods que tienen un cluster dedicado de controladores en cada uno de ellos, una de las características de este modelo es que no podemos extender un mismo segmento de red entre ambos pods lo cual es un requisito fundamental para mantener las funcionalidades o características del centro de datos tradicional.

Multi Pod. - Es la conexión entre pods que tienen un cluster de controladores común entre los centros de datos, esto nos va a permitir mantener uno mismo segmento de red entre todos los ambientes, lo cual nos va a servir para mantener las funcionalidades de alta disponibilidad que tenemos en el centro de datos tradicional, las cuales fueron listadas anteriormente.

Bajo lo expuesto en los modelos de conexión inter-site de una red definida por software, el modelo que se ajusta para poder conservar las características de la red tradicional es poder diseñar el modelo multi-pod, el cual nos garantiza simular una extensión de vlan, el cual nos a permitir mantener las necesidades y funcionalidades anterior mente mencionada.

Uno de los requisitos para que este diseño de multi-pod sea posible es que los tiempos de respuestas entre los centros de datos debe ser de menos de 50ms, tal como se indica en la figura 48.

Cisco ACI multipod

The Cisco ACI multipod solution allows connectivity between Cisco ACI pods over an IP network. Consider each pod as a single leaf-and-spine fabric that runs an independent control plane with IS-IS, BGP, and COOP. The Cisco ACI multipod solution uses BGP EVPN to exchange control plane prefixes and VXLAN headers to exchange Cisco ACI policy information across pods.

APIC instances across different pods form a single APIC cluster that manages all of the pods. Customers use a single APIC cluster interface to manage all of the pods. APIC provides automation for day-0 fabric build-up, day-1 rendering of Cisco ACI policies on switches, and day-2 troubleshooting for all pods.

The Cisco ACI multipod solution needs 50 ms of latency across pods to form an APIC cluster. Figure 7 provides an overview of the Cisco ACI multipod solution:

Figura 48. Característica de tiempo de respuesta solicitado para multipod

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/application-centric-infrastructure/white-paper-c11-740717.html>

Para analizar si cumplimos esta característica analizaremos la ubicación geográfica y la distancia de los centros de datos en la actualidad, figura 49

Distancia entre los centros de datos

Figura 49. Distancia entre centro de datos

Fuente: propia

Para demostrar que el tiempo de respuesta entre los centros de datos es menor a los 50 milisegundos solicitados, desde el servidor de monitoreo que se encuentra ubicado en el centro de datos 1, se medirá los tiempos de respuesta.

En la figura 50, el tiempo de respuesta hacia equipo core ubicado en el centro de datos 1, es un promedio de 1 a 2 milisegundos y el máximo cerca a los 8 milisegundos.

Figura 50. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 1

Fuente: <https://ecampus.com.pe>

En la figura 51, el tiempo de respuesta hacia equipo core ubicado en el centro de datos 2, es un promedio de 2 milisegundos y el máximo poco más a los 7 milisegundos.

Figura 51. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 2

Fuente: <https://ecampus.com.pe>

En la figura 52, el tiempo de respuesta hacia equipo core ubicado en el centro de datos 3, es un promedio de 1 milisegundos y el máximo poco más a los 5 milisegundos.

Figura 52. Tiempo de respuesta hacia centro de datos 3

Fuente: <https://ecampus.com.pe>

Estas evidencias confirman que los tiempos de respuesta entre los centros de datos no superan los 50 milisegundos lo cual nos ayudará para poder implementar el diseño de multi-pod en nuestros centros de datos.

5.2 Tiempos de implementación

Uno de los objetivos específico del proyecto es la que se muestra en la tabla 12.

Tabla 12.- Objetivo específico 2

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Reducir a horas el tiempo de implementación de una red LAN, para un nuevo cliente.	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de una red LAN con una vlan y un servidor Windows operando en menos de 1 hora. Tiempo de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> Minutos Milisegundos Gbps

5.2.1 Investigación de la reducción de tiempos de implementación en una red SDN

El estudio realizado por la empresa Forrester, dedicada a la investigación de mercado que brinda asesoramiento en tecnología a las distintas empresas, nos ayudará a evidenciar la reducción de tiempo de implementación.

Forrester, realizó el estudio de 4 empresas en el mundo, las cuales pasamos a nombrar:

1. Un proveedor europeo de servicios de cloud y colocation.
2. Un proveedor de servicios de alojamiento gestionado europeo.
3. Un banco asiático.
4. Una Universidad de Oriente Medio.

A continuación, se muestra en la figura 53, el ahorro de tiempo de diseño e implementación de una red SDN.

Reduced IT Effort — Data Center Deployment			
Ref.	Metric	Calculation	Initial
A1	Number of FTEs		3
A2	Reduced design time (weeks)		2
A3	Reduced deployment time (weeks)		6
A4	Weekly fully burdened cost — IT	\$140,000/52 weeks	\$2,692.31
At	Reduced IT effort — data center deployment	$A1*(A2+A3)*A4$	\$64,615
	Risk adjustment		↓ 3%
Atr	Reduced IT effort — data center deployment (risk-adjusted)		\$62,677

Source: Forrester Research, Inc.

Figura 53. Ahorro de tiempos de diseño

Fuente: http://www.unleashingit.com/docs/ACI/A15A8_Economic-Impact-of-Cisco.pdf

Adicionalmente Forrester, en las entrevistas con las empresas, muestra la reducción de tiempo en la implementación de aplicaciones, tal como se aprecia en la figura 54.

Reduced Application Deployment Time						
Ref.	Metric	Calculation	Initial	Year 1	Year 2	Year 3
B1	Number of times new applications deployed			4	6	6
B2	Time to deploy — original (hours)	3 FTEs * 3 days * 8 hours		72	72	72
B3	Time to deploy — ACI (hours)			2	2	2
B4	Total hours saved	$B1*(B2-B3)$		280	420	420
B5	Hourly fully burdened cost — IT	$\$140,000/2,080 \text{ hours}$		\$67.31	\$67.31	\$67.31
Bt	Reduced application deployment time	$B4*B5$		\$18,847	\$28,270	\$28,270
	Risk adjustment			↓ 3%		
Btr	Reduced application deployment time (risk-adjusted)			\$18,281	\$27,422	\$27,422

Source: Forrester Research, Inc.

Figura 54. Ahorro de tiempos de implementación

Fuente: http://www.unleashingit.com/docs/ACI/A15A8_Economic-Impact-of-Cisco.pdf

Además, Forrester analizó la reducción de tiempo y esfuerzo para la gestión y mantenimiento de la red basada en SDN en el tiempo, contra una red tradicional, tal como se muestra en la figura 55.

Reduced IT Effort — Ongoing Administration						
Ref.	Metric	Calculation	Initial	Year 1	Year 2	Year 3
D1	Hours spent on incident management — original	Growing 20% annually		200	240	288
D2	Hours spent on network configuration — original	80 hours * 20 instances [growing 20% annually]		1,600	1,920	2,304
D3	Hours spent on infrastructure maintenance — original	100 hours * 52 weeks [growing 20% annually]		5,200	6,240	7,488
D4	Total annual hours — original	C1+C2+C3		7,000	8,400	10,080
D5	Hours spent on incident management — with ACI			40	48	58
D6	Hours spent on network configuration — with ACI	18 hours * 20 instances [growing 20% annually]		360	432	518
D7	Hours spent on infrastructure maintenance — with ACI	10 hours * 52 weeks		520	520	520
D8	Total annual hours — with ACI	C5+C6+C7		920	1,000	1,096
D9	Total hours saved	C4-C8		6,080	7,400	8,984
D10	Fully burdened hourly cost	\$140,000/2,080 hours		\$67.31	\$67.31	\$67.31
Dt	Reduced IT effort — ongoing administration	C9*C10		\$409,245	\$498,094	\$604,713
	Risk adjustment			↓ 3%		
Dtr	Reduced IT effort — ongoing administration (risk-adjusted)			\$396,967	\$483,151	\$586,572

Source: Forrester Research, Inc.

Figura 55. Ahorro de tiempos de gestión y mantenimiento

Fuente: http://www.unleashingit.com/docs/ACI/A15A8_Economic-Impact-of-Cisco.pdf

5.2.2 Confirmación de la reducción del tiempo de implementación.

Las tareas fueron realizadas en un ambiente de prueba, y confirman la reducción del tiempo para poder realizar labores que antes nos tomaba mayor cantidad de horas, los resultados en tiempo de estas tareas se muestran en la siguiente tabla 13:

Tabla 13.- Tiempo de implementación de la red SDN vs Tradicional

Tareas	Resultados en el ambiente de prueba (SDN)	Tiempos promedios que nos toma en la red tradicional
Creación de una vlan (bridge domain)	48 segundos	2 horas
Creación de un acl (contrato)	12 segundos	30 minutos
Aprovisionamiento de un servidor virtual con recursos de red	12 minutos	4 horas 30 min
Creación de vlan (bridge domain + epg + subnet)		2 horas
Despliegue de máquina virtual (capacidades de computo)		2 horas

Aprovisionamiento de red (port-group + default gateway)		30 minutos
---	--	------------

Las tareas que propusimos en nuestra prueba de concepto fueron:

5.2.2.1 Creación de una vlan

En la figura 56, vemos la pantalla del orquestador que tiene alojado dentro de sus tareas de automatización la creación de una bridge domain o vlan.

Figura 56. Catálogo de configuración

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

En la siguiente figura 57, se observa el nombre que se va a escribir para identificar el bridge domain, para nuestro caso es BD-TEST90

Figura 57. Creación de Bridge domain

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

En la siguiente figura 58, se observa la tarea número 30, la cual está en cola en el orquestador para proceder a la creación del bridge domain BD-TEST90

Request Id	Request Type	Initiating User	Group	Catalog/Workflow Name	Initiator Comments	Request Time	Request Status
30	Advanced	xt7767@grupoib.local	GSB Group	Create a New VLAN / WF_CreaBD_EPG_v1		04/04/2018 17:13:43 GMT-0500	

Figura 58. Tarea de ejecución de bridge domain

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

A continuación, se muestra en la figura 59, la secuencia de pasos que el orquestador tiene que realizar una vez lanzada la orden de creación del bridge domain BD-TEST90

Figura 59. Pasos a seguir para la realización de la tarea

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

Como se puede apreciar en la figura 60, una vez culminada la tarea de creación del bridge domain el tiempo que demoró su creación fue de **48 segundos**, además que redujo al mínimo la intervención de humana la cual

genera un riesgo de una configuración errónea que pueda ocasionar un incidente masivo o parcial en la infraestructura de red LAN.

Figura 60. Tiempos de la ejecución

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

En la infraestructura de vmware se puede apreciar la creación del port-group en el switch distribuido, la cual no tuvo la intervención del personal especializado, esto lo podemos apreciar en la figura 61.

Figura 61. Creación del port-group en el vmware

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

Finalmente, el id de vlan 2350 fue el asignado por el script para que pueda asignarse en virtual switch del vmware, tal cual se puede mostrar en la figura 62.

Figura 62. Id de vlan en el vmware

Fuente propia: <https://youtu.be/5gVpKwDDNZA>

5.2.2.2 Creación de un contrato

En la figura 63, vemos la pantalla del orquestador que tiene alojado dentro de sus tareas de automatización la creación de un contrato el cual nos va a permitir reglas de comunicación.

Figura 63. Catálogo de configuración de contrato

Fuente propia: <https://youtu.be/gdlXKMepSMg>

En la siguiente figura 64, se muestra la asignación del contrato sobre el bridge domain BD-TEST90.

Catalogs | Catalogs

Create Service Request

✓ Last validation status of the workflow: OK

Custom Workflow Inputs
If applicable, specify workflow input values

[+] Select EPG* (BD-TEST90)

[+] Select Contract* (L3OUT)

Figura 64. Selección del bridge domain
Fuente propia: <https://youtu.be/gdlXKMepSMg>

A continuación, en la figura 65, se muestra la tarea número 31 en el orquestador que evidencia que esta en proceso de ejecución.

Services

Service Requests | User OVF Management | Downloads

View Details | Request Id | Request Type | Initiating User | Group | Catalog/Workflow Name | Initiator Comments | Request Time | Request Status

Request Id	Request Type	Initiating User	Group	Catalog/Workflow Name	Initiator Comments	Request Time	Request Status
31	Advanced	xt7767@grupoib.local	GSB Group	Create a New Contracts / Wf_Associate_Cont...		04/04/2018 17:41:41 GMT-0500	✓

Figura 65. Tarea de ejecución del contrato
Fuente propia: <https://youtu.be/gdlXKMepSMg>

En la pantalla del orquestador se muestra la secuencia de pasos que se seguirá para la creación del contrato, tal como se muestra en la figura 66.

Services | Service Requests

Service Request

Current status for the service request.

Overview

Request ID	31
Request Type	Advanced
Workflow Name	WF_Associate_Contract to EPG
Workflow Version Label	0
Request Time	04-04-2018 17:41:41 GMT-0500
Request Status	In Progress
Comments	

Ownership

Group	GSB Group
Initiating User	xt7767@grupoib.local

Catalog Information

Catalog Name	Create a New Contracts
--------------	------------------------

- Initiated by xt7767@grupoib.local
Wed Apr 04 2018 17:41:46 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Consumed Contract
- Add Contract To APIC EPG
- Complete

Figura 66. Inicio de la tarea de ejecución del contrato

Fuente propia: <https://youtu.be/gdIXKMepSMg>

Finalmente, en la figura 67, se puede apreciar que el tiempo de ejecución fue de **12 segundos**.

- Initiated by xt7767@grupoib.local
Wed Apr 04 2018 17:41:46 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Consumed Contract
Wed Apr 04 2018 17:41:53 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Add Contract To APIC EPG
Completed action
Wed Apr 04 2018 17:41:56 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Complete
Completed successfully.
Wed Apr 04 2018 17:41:58 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)

Figura 67. Tiempo de la tarea de ejecución de un contrato

Fuente propia: <https://youtu.be/gdIXKMepSMg>

5.2.2.3 Aprovisionamiento de un servidor virtual, con recursos de red

En la figura 68, observamos la pantalla del orquestador que tiene alojado dentro de sus tareas de automatización la creación de una maquina virtual basado en Windows o Linux, para nuestro caso usaremos el despliegue de un servidor virtual basado en Windows

Figura 68. Catalogo del orquestados para sistemas operativos

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

En la siguiente figura 69, se muestra las cantidades de procesamiento, memoria, disco que se le va a asignar a la máquina virtual que vamos a crear.

Create Service Request

- ✓ Catalog Selection
- ✓ Deployment Configuration
- ✓ Custom Specification**
- ... Custom Workflow
- ... Summary

Custom Specification
If applicable, specify custom CPU and memory parameters

CPU Cores: 2

Memory: 4.00 GB

[−] Disk Datastores

Disk Name	Disk Type	Size (GB)	DataStore
Hard disk 1	System	80	
Hard disk 2	System	20	
Hard Disk 3(Paging)	System	10	

Hard Disk 3(Paging)

Allocate same datastore for all disks enabled

[+] VM Networks

[+] VM Network IP Address

Figura 69. Asignación de capacidades para la máquina virtual a crear

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

A continuación, en la figura 70, se muestra el port group que se le asignará a la máquina virtual dentro del switch virtual en vmware.

Catalogs | Catalogs

Port Group Name

Total 30 items, shown 30 (filtered) 90 X

	Cloud Name	Host Node	Switch Name	Port Group Name	VLAN ID	Promiscuous Mode(Accept)	Port Group Type
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN64	2016	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN61	2342	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN60	2181	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN410	2347	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN2	2336	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN234	2346	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN3	2171	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☒	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp194.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-TEST90	2193	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-TEST90	2005	Disabled	Distributed Virtual Portgroup
☐	ADM_VMWARE	s02rp196.grupoib.local,s02rp196.grupoib.local...	VS-LM2	Interbank AP-Interbank IBK-VLAN28	2025	Disabled	Distributed Virtual Portgroup

Figura 70. Asignación port group para la máquina virtual a crear

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Adicionalmente, se asignará de forma manual la dirección de IP, mascarará y puerta de enlace al servidor virtual, esto lo podemos observar en la siguiente figura 71.

Add Entry to VM Network IP Address

Network Policy*	IBK_VM_NetworkPolicy
NIC Alias*	eth0-lan
Static IP*	129.39.4.22
Subnet Mask*	255.255.255.0
Gateway IP Address	129.39.4.1

Figura 71. Asignación de parámetros de red para la máquina virtual a crear

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Luego de asignar las características del servidor virtual se observa en la figura 72, la tarea número 34 en el orquestador la cual está en proceso de ejecución.

Service Request Id	Request Type	Initiating User	Group	Catalog/Workflow Name	Initiator Comments	Request Time	Request Status
34	Create VM	xt7767@grupoib.local	GSB Group	Provision VMware VM		04/04/2018 22:50:34 GMT-0500	In Progress

Figura 72. Tarea de ejecución de la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Los pasos que se van a seguir para poder culminar la tarea se presentan a continuación en la figura 73.

Service Request

Current status for the service request.

Overview

Request ID	34
Request Type	Create VM
Workflow Name	Provision VMware VM
Workflow Version Label	UCSD_6.5.0.0-03032017
vDC	Windows Cluster
Image	tmpwin2k12r2-up_13-9-17(UCSD_WIN2K12R2)
Request Time	04-04-2018 22:50:42 GMT-0500
Request Status	In Progress
Comments	UCSD

Ownership

Group	GSB Group
Initiating User	xt7767@grupoib.local
Duration Hours	
Scheduled Time	

- Initiated by xt7767@grupoib.local
Wed Apr 04 2018 22:50:36 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- VMware VM Provision Inputs
Wed Apr 04 2018 22:50:42 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Budget Allocation
Budget watch is not enabled for the group.
Wed Apr 04 2018 22:50:45 GMT-0500 (SA Pacific Standard Time)
- Resource Limit
- VMware Resource Allocation
- Approval
- Approval
- VMware VM Provision
- Guest Password Reset
- Notification
- Complete

Figura 73. Pasos a seguir de la ejecución para la creación de la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Las tareas continúan ejecutándose de acuerdo con su orden de ejecución, esto lo podemos apreciar en la figura 74.

Figura 74. Tareas en ejecución casi por culminar para la creación de la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

En esta parte la máquina virtual ya está presentando las características de capacidad que le fueron asignadas como dirección de IP, procesador, memoria y disco duro, tal como se apreciar en la figura 75.

Figura 75. Capacidades asignadas a la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Finalmente, la tarea fue finalizada, como se puede apreciar en la figura 76

Figura 76. Tarea de creación máquina virtual culminada

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

El tiempo de inicio de proceso fue a las 22.50.36 hrs, como se puede apreciar en la figura 77.

Figura 77. Tiempo de inicio de creación de la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

El tiempo de finalización fue a las 23.02.45 hrs, como se puede apreciar en la figura 78.

Figura 78. Tiempo final de creación de la máquina virtual

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Por lo que podemos apreciar el tiempo total de creación de una máquina virtual fue de **12 minutos con 9 segundos**.

La máquina virtual ya creada presenta en su escritorio la dirección IP que le fue asignada, tal como se muestra en la figura 79.

Figura 79. Pantalla de la máquina virtual creada

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Ahora en la figura 80, procedemos a abrir una pantalla de comando para poder visualizar la dirección IP asignada.

Figura 80. Dirección de red de la máquina virtual creada

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

Finalmente, en la figura 81, se aprecia que realizamos una prueba de comunicación hacia su puerta de enlace la cual muestra que la red implementada fue correcta y le brinda comunicación a la máquina virtual.

Figura 81. Tiempo de respuesta de la máquina virtual al default gateway

Fuente propia: <https://youtu.be/mRG4MA7o7jA>

5.3 Equipamiento por elegir

Uno de los objetivos específico del proyecto es la que se muestra en la tabla 14

Tabla 14.- Objetivo específico 3

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Evaluar que el equipamiento a elegir cumpla con los requerimientos técnicos que solicita la organización basado en temas de conocimiento de sus empleados, ubicación en el cuadrante de gartner y flexibilidad en crecimiento hacia nubes públicas	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación de la marca a elegir en el cuadrante de gartner Velocidad de conexión que ofrecen los equipos. Velocidad de tasa de transferencia. Flexibilidad de la marca para integración con nubes públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadrante de gartner. Gbps Tbps

5.3.1 Elección de la marca a elegir

La elección del fabricante se basa muchos factores, siendo uno de los principales su ubicación en el cuadrante de gartner, el cual nos va a orientar que la solución a implementar tenga una gran probabilidad de éxito.

Según el cuadrante de gartner, Cisco es uno de los principales líderes en temas de centros de datos, la cual es liderada por Arista Network, seguida de otros fabricantes como Juniper Networks. Estos tres fabricantes están liderando el desarrollo de los centros de datos bajo tecnología de software defined network.

La elección de Cisco para el diseño de nuestro centro de datos basado en software se da porque es uno de los fabricantes que está ubicado como uno de los dos líderes en temas de centros de datos, tal como se muestra en la siguiente figura 82.

Figura 82. Cuadro de Gartner – Centro de datos

Fuente: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-13NV1505&ct=190703&st=sb>

5.3.2 Velocidad de conexión que ofrecen los equipos y velocidad de tasa de transferencia

Dentro de las especificaciones indicadas para el diseño de una red basada en software defined network (SDN), se contemplaba que se debe cumplir las siguientes características:

Tabla 15.- Características de equipamiento Cisco

Variables	Cisco
Protocolo	Openflow, Opflex
Controlador	APIC
Lenguaje de Programación	Python
Protocolo Layer 2/3	VxLAN, BGP,
Hardware	Nexus 9000 Serie
Velocidad	10/25/40/50/100 Gbps
Skills	Yes
Integracion con otros venders	Yes
Throughput	3.6 Tbps

A continuación, en la tabla 15, mostramos las evidencias que la marca de equipos que estamos utilizando cumple con las especificaciones técnicas para el diseño:

5.3.2.1 Velocidad y throughput de equipos leaf

La velocidad y throughput de los equipos Leaf que vamos a necesitar para la implementación de la red basada en software se muestra en la figura 83.

The Cisco Nexus 93180YC-EX Switch (Figure 1) is a 1-Rack-Unit (1RU) switch with latency of less than 1 microsecond that supports 3.6 Terabits per second (Tbps) of bandwidth and over 2.6 billion packets per second (bps). The 48 downlink ports on the 93180YC-EX can be configured to work as 1-, 10-, or 25-Gbps ports, offering deployment flexibility and investment protection. The uplink can support up to six 40- and 100-Gbps ports, or a combination of 1-, 10-, 25-, 40-, 50, and 100-Gbps connectivity, offering flexible migration options. The switch has FC-FEC enabled for 25Gbps, and supports upto 3m in DAC connectivity. Please check [Cisco Optics Matrix](#) for the most updated support.

Figura 83. Cisco Nexus 93180YC-EX - Leaf

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-9000-series-switches/datasheet-c78-742283.html>

Nexus 9300 1/10/25GE Fiber Switches	
Nexus 93180YC-EX	
Usage	ACI leaf, top of rack, FEX aggregation, powered by Cloud Scale
Form factor	1 RU
Throughput (Tbps)	3.6
1/10 G fiber ports	48
25 GE ports	48
40 GE ports	6
100 GE ports	6
Latency (microseconds)	~1
Buffer (MB)	40
Power supply (watts); 2 per switch	650
Typical power (watts)	210
Minimum software version	NXOS-703I4.2/ACI-N9KDK9-11.3
Orderable	Yes
SKU	N9K-C93180YC-EX
Operating System	NX-OS, ACI

Figura 84. Cisco Nexus 93180YC-EX - Leaf - Especificaciones

Fuente: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/switches/nexus-9000-series-switches/nexus-9300-10GE-fiber-switches-comparison.html>

5.3.2.2 Velocidad y throughput de equipos spine

La velocidad y throughput de los equipos spine que vamos a necesitar para la implementación de la red basada en software se muestra en la figura 85.

Switch models

The Cisco Nexus 9364C Spine Switch is a 2-Rack-Unit (2RU) spine switch that supports 12.84 Tbps of bandwidth and 4.3 bpps across 64 fixed 40/100G QSFP28 ports and 2 fixed 1/10G SFP+ ports (Figure 1). Breakout cables are not supported. The last 16 ports marked in green are capable of wire-rate MACsec encryption.[1] The switch can operate in Cisco ACI Spine or NX-OS mode.

Figura 85. Cisco Nexus 9364C - Spine

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-9000-series-switches/datasheet-c78-739886.html>

Nexus 9300 40/100 GE Switches	
Nexus 9364C	
Usage	ACI spine & NXOS(Leaf/spine), powered by Cloud Scale
Form factor	2 RU
100 M/1 GE/10 GE copper ports	NA
1/10 GE fiber ports	2
40 GE ports	64
50 GE ports	NA
100 GE ports	64
Latency (microseconds)	~1.3
MACsec & Cloudsec	Yes on last 16 ports
Buffer (MB)	40
Power supply (watts); 2 per switch	1200
Typical power (watts)	429
Minimum software version	NXOS-703I7.2/ACI-N9KDK9-13
Orderable	Yes
SKU	N9K-C9364C
Operating System	NX-OS, ACI

Figura 86. Cisco Nexus 9364C - Spine - Especificaciones

Fuente: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/switches/nexus-9000-series-switches/nexus-9300-40GE-switches-comparison.html>

5.3.2.3 Soporte de protocolo

Los protocolos de comunicación que vamos a necesitar para poder implementar la red basada en software se muestran en la siguiente figura 87.

Packaging	License Form	Part Number	Supported Features
Cisco Nexus 9000 Series Fixed Enhanced Layer 3 license	Switch based	N93-LAN1K9	Layer 3 features, including full OSPF, EIGRP, BGP, and VXLAN
Cisco Data Center Network Manager (DCNM) license	Switch based	DCNM-LAN-N93-K9	DCNM license for Cisco Nexus 9000 Series fixed switching platform
Cisco Nexus Data Broker license	Switch based	NDB-FX-SWT-K9	Data Broker license for Cisco Nexus 9000 Series fixed switching platform
FCoE™ license	Switch based	N93-FNPV1K9	FCoE NPV license for Cisco Nexus 9300 platform switches
Cisco Nexus Fabric Manager license	Switch based	N9K-NFM1K9	Fabric Manager license for automated installation and maintenance of switch configurations across the fabric
Cisco Tetration Analytics	Switch based	N93-TTR1K9	Flow Telemetry data collection at line rate

Figura 87. Protocolos de Comunicación

Fuente: http://www.nexus.com.pe/media_nexus/uploads/fichas_tecnicas/datasheet-c78-736651.pdf

5.3.2.4 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación que vamos a usar para este diseño es el Python cual se muestra que es usado por la marca que vamos a elegir, esto lo podemos confirmar en la siguiente figura 88.

The L4-7 device package interface allows for ACI to apply policy to existing L4-7 devices that do not have an implicit knowledge of ACI policy. These devices can be from any vendor, so long as the device has some form of interface which is accessible via IP. The actual implementation of device packages is done via Python scripts which run on the APIC within a contained execution environment, which can reach the device through their native configuration interfaces, be that REST, CLI, SOAP or others. As a user makes changes to service graphs or EPG policy, the device package will translate the APIC policy into API calls on the L4-7 device.

Figura 88. Lenguaje de programación

Fuente: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/aci/apic/sw/1-x/Operating_ACI/guide/b_Cisco_Operating_ACI/b_Cisco_Operating_ACI_chapter_01100.html

5.4 Costo de la red SDN propuesta

A continuación, realizaremos el análisis de los beneficios económicos de implementar una red basada en software respecto a la de una red tradicional, el cual es un objetivo específico.

Tabla 16.- Objetivo específico 4

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Evaluación económica de implementar una nueva red tradicional contra una red basada en software que muestra los beneficios de reducción de costos	<ul style="list-style-type: none"> Costo de implementar una red tradicional Costo de implementar una red basada en software defined network (SDN) 	Capex (\$) Opex (\$)

5.4.1 Ahorro de costo de una red SDN. -

Las características de los equipos a considerar son:

Red SDN

Tabla 17.- Características de los equipos de la red SDN

Equipos	Velocidades			Throughput	RU	Energía
	10G	40G	100G			
N9K-C9364C	2	64	64	12.84 Tbps	2	1200 watts
N9K-C93180YC-EX	48	6	6	3.6 Tbps	1	650 watts

Red Tradicional

Tabla 18.- Características de los equipos de la red tradicional

Equipos	Velocidades			Throughput	RU	Energía
	10G	40G	100G			
N7K-C7004	96	24	12	1.92 Tbps	7	3000 watts
N9K-C93360YC-FX2	48	12		4.8 Tbps	2	1100 watts

5.4.1.1 Costo de capex:

La cotización para la red tradicional está basada en seis equipos de core distribuidos en los 3 centros de datos y el modelo de equipo considerado fue el N7K-C7004, para los equipos de distribución fue considerado el modelo N9K-C93360YC, el costo de esta infraestructura fue realizada con la tool de precios del proveedor Cisco, esto lo podemos apreciar en la figura 89, el monto a invertir sería de:

Red Tradicional \$ 776,871.18

Financial and Promotional Summary

Actions

View ByRollup PriceFilter ByAll Items

	Hardware, Software, Services and Subscriptions	Unit List Price (USD)	Qty	Extended List Price (USD)	Total Discounts		Credits (USD)	Extended Net Price (USD)
					%	Amount (USD)		
+	1.0 N7K-C7004 4 Slot Chassis, No Power Supply, Includes Fans	162,660.00	6	996,960.00	41.30	411,727.20	0.00	585,232.80
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	31,500.00		
Add Subtotal								
+	2.0 N9K-C93360YC-FX2 Nexus 9300 w/ 96p 1/10/25G, 12p 100G, MACsec capable	54,414.75	6	326,488.50	41.30	134,850.12	0.00	191,638.38
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	88,200.00		
Add Subtotal								

View50Items Per PageResults 2 of 2Previous1Next

Financial Summary			
	Total List Price (USD)	Discounts (USD)	Total Net Price (USD)
Total Items	1,323,448.50 (41.30%)	546,577.32	776,871.18
Special Line Items	-- (-%)	--	--
Discounts & Credits			
Discounts		41.30%	
Credits		0.00	
Adjustments		--	
Quote Total	1,323,448.50 (41.30%)	546,577.32	776,871.18

Figura 89. Cotización red Tradicional

Fuente: <https://apps.cisco.com/ICW/PDR/deal#/items/NDcyMzM1NTk2Nw==@NDcxNzYxMzYyNQ==>

La cotización para la red basada en software está compuesta por cinco controladores de red, seis equipos Spine distribuidos en los 3 centros de datos y el modelo de equipo considerado fue el N9K-C9364C, adicionalmente fue considerado seis equipos Leaf del modelo N9K-C92160YC-X, el costo de esta infraestructura fue realizada con la tool de precios del proveedor Cisco, esto lo podemos apreciar en la figura 90, el monto a invertir seria de:

Red SDN \$ 445,445.66

Financial and Promotional Summary

Actions

View By

Rollup Price

Filter By

All Items

	Hardware, Software, Services and Subscriptions	Unit List Price (USD)	Qty	Extended List Price (USD)	Total Discounts		Credits (USD)	Extended Net Price (USD)
					%	Amount (USD)		
1.0	ACI-C9364C-APIC-B1 ACI Bundle with 2 9364C and APIC	--	1	177,751.88	41.32	73,442.55	0.00	104,309.33
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	0.00	Add Subtotal	
2.0	ACI-C9364C-APIC-B1 ACI Bundle with 2 9364C and APIC	--	1	177,751.88	41.32	73,442.55	0.00	104,309.33
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	0.00	Add Subtotal	
3.0	N9K-C9364C Nexus 9K ACI & NX-OS Spine, 64p 40/100G QSFP28	55,323.09	2	110,646.18	41.34	45,743.78	0.00	64,902.40
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	43,415.40	Add Subtotal	
4.0	N9K-C92160YC-X Nexus 9K Fixed with 48p 10G SFP+ and 8p 40G OR 4p 100G	22,866.10	6	137,196.60	41.34	56,712.90	0.00	80,483.70
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	53,802.00	Add Subtotal	
5.0	N9K-C93180YC-EX Nexus 9300 with 48p 10/25G SFP+ and 6p 100G QSFP28	25,981.84	6	155,891.04	41.34	64,450.14	0.00	91,440.90
Core Category - SI - Internal - USD					42.00%	61,173.00	Add Subtotal	

View

50

Items Per Page

Results 5 of 5

<< Previous

1

Next >>

Financial Summary

	Total List Price (USD)	Discounts (USD)	Total Net Price (USD)
Total Items	759,237.58 (41.33%)	313,791.92	445,445.66
Special Line Items	-- (-%)	--	--
Discounts & Credits			
Discounts		41.33%	
Credits		0.00	
Adjustments		--	
Quote Total	759,237.58 (41.33%)	313,791.92	445,445.66

Figura 90. Cotización de la red basada en software

Fuente: <https://apps.cisco.com/ICW/PDR/deal#/items/NDcyMzM1NTk1OA==@NDcxNzYxMzYxNg==>

Como se puede apreciar el costo semilla de una red basada en software contra el costo semilla de una red tradicional es de aproximadamente 57% más económica, lo cual es un factor muy importante para la toma de decisión.

$$445,445.66 / 776,871.18 = 57.33\%$$

Adicional al Capex que hemos analizado ahora veremos que el costo de Opex de los equipos de forma anual.

5.4.1.2 Costo de opex:

El costo de los servicios de mantenimiento para la red tradicional, el cual se observa en la figura 91, basado en el hardware analizado en el capex es de:

Opex Red Tradicional \$ 63,043.14

Financial and Promotional Summary							X
Financial Summary		Quote Summary					
Quote Items		Item Type	Total List Price (USD)	Discount			Extended Net Price (USD)
Special Items Discount Terms				Type	%	Amount (USD)	
Promotional Summary		Products	1,230,738.00	Total Product Discount	42.00	516,909.96	713,828.04
Disqualified Rewards		Services	92,710.50	Total Service Discount	32.00	29,667.36	63,043.14
		Subscriptions	0.00	Total Subscription Discount	0.00	0.00	0.00
		*Usages charges may apply					
		Special Line Items	--	Non Standard Discount	--	--	--
		Discounts & Credits					
		Quote Total	1,323,448.50		41.30	546,577.32	776,871.18

Figura 91. Cotización Opex red Tradicional

Fuente: <https://apps.cisco.com/ICW/PDR/deal#/items/NDcyMzM1NTk2Nw==@NDcxNzYxMzYyNQ==>

El costo de los servicios de mantenimiento para la red basada en software, el cual se observa en la figura 92, basado en el hardware analizado en el capex es de:

Opex Red Tradicional \$ 34,597.78

Financial Summary						
Quote Summary						
Item Type	Total List Price (USD)	Discount			Extended Net Price (USD)	
		Type	%	Amount (USD)		
Products	708,358.46	Total Product Discount	42.00	297,510.58	410,847.88	
Services	50,879.12	Total Service Discount	32.00	16,281.34	34,597.78	
Subscriptions	0.00	Total Subscription Discount	0.00	0.00	0.00	
*Usages charges may apply						
Special Line Items	--	Non Standard Discount	--	--	--	
Discounts & Credits						
Quote Total	759,237.58		41.33	313,791.92	445,445.66	

Figura 92. Cotización Opex red SDN

Fuente: <https://apps.cisco.com/ICW/PDR/deal#/items/NDcyMzM1NTk1OA==@NDcxNzYxMzYxNg==>

Como podemos apreciar el costo del Opex de la red SDN es aproximadamente 54.9 % menos que el Opex de la red tradicional.

$$34,597.78 / 63,043.14 = 54.879 \%$$

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Las nuevas tendencias tecnológicas como las redes basadas en software nos están orientando a que el uso de la programación nos será útil si queremos automatizar tareas o engranar funciones para poder obtener resultados más rápidos, además que para entender el funcionamiento de las redes bajo esta tecnología tendremos que entender sus scripts de programación, el nivel de programación va a depender de cuanto queremos automatizar.

- ✓ Bajo esta conclusión se recomienda que las empresas o instituciones que forman este tipo de Ingenieros o Técnicos de redes puedan fortalecer no solo la parte de networking tradicional, sino también deben de invertir y fortalecer más las bases de sistemas de programación.

6.2 Como hemos podido apreciar, en la demostración del capex del capítulo 5, el costo de implementar una red basada en software es mucho más económica que la de implementar una red tradicional, el costo de mantenerla en el tiempo también tiene un ahorro significativo.

- ✓ Bajo esta conclusión, se recomienda orientar las nuevas tendencias de centro de datos hacia diseños más ágiles, invertir en infraestructura clásicas no es escalable ni óptimo para las nuevas tendencias que el mercado necesita, además que nos vuelve más vulnerable a temas de crecimiento y progreso empresarial.

6.3 Los temas de agilidad, estabilidad siempre han sido puntos importantes en los servicios de tercerización de tecnología de la información y en la actualidad estos puntos son claves para poder mantener un liderazgo en el mercado.

- ✓ Bajo esta conclusión, debemos de orientarnos a que la infraestructura que ofrecemos esa ágil y tengo un alto grado de estabilidad para poder soportar el crecimiento exponencial de los servicios que se ofrecen sobre ella, además de poder mantener un alto grado de estabilidad.

6.4 Implementar una red basada en software requiere de un entrenamiento especial en conocimiento y también de una simulación de como podemos hacer la migración de nuestra red actual tradicional a una red basada en software defined network.

- ✓ Bajo esta conclusión, debemos de tener en consideración que una migración de centro de datos debe ser guiada o implementada por personal que tenga una experiencia con esta tecnología debido a que cada centro de datos puede tener consideraciones especiales que se de analizar como seria su funcionamiento en la nueva red.

7.- BIBLIOGRAFIA

- SOFTWARE DEFINED NETWORK FOR DUMMIES (2015) : John Wiley & Sons, Inc
- FIVE SDN BENEFITS ENTERPRISES SHOULD CONSIDER (2013): Serdar Yegulalp (<http://www.networkcomputing.com/networking/five-sdn-benefits-enterprises-should-consider/70381323>)
- A REVOLUCION IN NETWORKING (2012): Dan Pitt. (<http://opennetsummit.org/archives/apr12/pitt-mon-ons.pdf>)
- THE PROMISE OF SOFTWARE DEFINED NETWORKING (2013): Jhon Dix (<http://www.networkworld.com/article/2167667/lan-wan/lan-wan-the-promise-of-software-defined-networking.html>)
- SDN FABRIC WITH CISCO ACI AND NEXUS 9000 SWITCHES (2013): Rivka Gewirtz Little (<http://searchsdn.techtarget.com/news/2240208657/Insieme-at-last-SDN-fabric-with-Cisco-ACI-and-Nexus-9000-switches>)
- NETWORK FUNCTIONS VIRTUALISATION (2012): SDN and OpenFlow World Congress (https://portal.etsi.org/nfv/nfv_white_paper.pdf)
- OPENFLOW SWITCH SPECIFICATIONS (2011): Openflow Organismo (<http://archive.openflow.org/documents/openflow-spec-v1.1.0.pdf>)
- AGILITY WITHOUT LIMITS, THROUGH CLOUD NETWORK AUTOMATION (2015): Juniper Network (<http://www.juniper.net/us/en/solutions/sdn/>)
- VISIONGAIN (2016)

(<https://www.visiongain.com/Report/1457/Software-Defined-Data-Centre-%28SDDC%29-Market-Report-2015-2020>)

- CISCO ACI (2016):

(http://www.cisco.com/c/en_uk/solutions/software-defined-networking/sdn-customer-stories.html)

- JUNIPER NETWORK (2016):

(<http://www.juniper.net/us/en/solutions/sdn/>)

- OPENFLOW SDN INVENTOR MARTIN CASADO ON SDN, VMWARE, AND SDN HYPE (2013): Michael Kerner

(<http://www.enterprisenetworkingplanet.com/netsp/openflow-inventor-martin-casado-sdn-vmware-software-defined-networking-video.html>)

- HP SDN (2016)

(<http://h17007.www1.hp.com/es/es/networking/solutions/technology/sdn/>)

- NETWORKCOMPUTING (2012): SDN YOUR NETWORK

(<http://www.networkcomputing.com/networking/sdn-your-next-network/2141055794/page/0/4>)

- TARKA S, IANNAH P, IBER I. (2017). Design and Simulation of Local Area Network Using Cisco Packet Tracer. The International Journal of Engineering and Science (IJES), 6(10): 63-77.

- BANERJ S, CHOWDHUR R. (2013). On IEEE 802.11: Wireless LAN Technology. : International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT); 3(4): 1-19.

- HUSSEIN A, CHADAD L, ADALIAN CH, CHEHAB A, IMAD H & KAYSSI A(2019). Software-Defined Networking (SDN): the security review, Journal of Cyber Security Technology, 1-67.

- SCOTT S, O'CALLAGHAN G, SEZER S. Sdn security: A survey. 2013 IEEE SDN Future Networks Serv (SDN). 2013;4:1–7.
- HORVATH R, ET AL. (2015). A Literature Review on Challenges and Effects of Software Defined Networking. Procedia Computer Science, 64, 552 – 61.

8.- GLOSARIO

- End to End.- Todo un proceso desde su inicio hasta el final.
- Open Flow.- Protocolo que sirve para comunicar el software de un servidor con los equipos de comunicaciones, se utiliza para enviar órdenes y mantiene el control del flujo del tráfico.
- Knowhow.- Se refiere al conocimiento o skill que alguien tiene.
- Vendors.- Fabricantes de las diferentes marcas de hardware o software.
- Capex.- Gastos de capital o gastos en activos.
- Opex.- Gastos de mantenimiento del activo.
- Knowhow.- Quien tiene el conocimiento
- Tenant.- Contenedor lógico que contiene EPG, BD,VFR, Contract
- ESXi.- Es un servidor tipo bare-metal que es donde se va a instalar las máquinas virtuales, este ESXi tiene un sistema operativo que lo gobierna.
- Spine.- Leaf, son capas de diseño de centro de datos que mejoran el performance de la red, en los switchs de acceso vienen hacer los Leaf y los switchs de Core los spine. Entre ellos se interconectan para formar una estructura tipo mesh.
- Gartner. - Empresa consultora que evalúa las tendencias tecnológicas y las califica en sus cuadrantes para determinar sus características.

9. SIGLARIO

- GTS (Global Technology Services)
- SDN (Software Defined Network)
- LAN (Local Area Network)
- ACI (Cisco Application Centric Infraestructure)
- EPG (Endpoint Group)
- VRF (Virtual Router Fordwarding)
- BD (Bridge Domain)
- VPC (Virtual Port-Channel)
- VM (Virtual Machine)
- OSFP (Open Shortest Path First)
- BGP (Border Gateway Protocol)
- EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

10. ANEXO A: REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Los requerimientos del cliente se brindaron de acuerdo a la necesidad del negocio, y a la proyección de crecimiento que tiene para sus Centros de Datos, esto en una serie de reuniones de trabajos que se realizaron, de las cuales se pueden rescatar las siguientes:

N°	Requerimientos	Justificación
Requerimientos Funcionales		
RQ 1	La solución debe ser altamente escalable en ancho de banda	La necesidad es poder soportar grandes volúmenes de transacciones sobre una infraestructura compartida.
RQ 2	La solución debe estar orientada aún ambiente Cloud	La necesidad del cliente es poder reducir tiempos de implementación y convertirse en un sistema de PaaS
RQ 3	La solución debe estar orientada a una estructura de movimiento de carga entre centro de datos privados a Públicos	Poder orientar los negocios del cliente aún esquema de redundancia con la nube.
RQ 4	La solución debe estar brinda en un entorno de virtualización de red	Poder ser más ágiles y estar alineados con los cambios tecnológicos.
RQ 5	La solución debe ser redundante entre 2 de los Centros de Datos	Mantener alta disponibilidad a nivel de ubicación geográfica.
RQ 6	La solución debe estar orientada para ser gestionada mediante scripts que automaticen la implementación de redes LAN y políticas de accesos.	Reducir tiempos de implementación, errores humanos y reducir horas de labor.
Requerimientos No Funcionales		
RQ 7	La solución debe brindar una disponibilidad 24x7 a nivel de infraestructura de red.	Satisfacer la necesidad del negocio
RQ 8	La solución debe estar orientada a la reducción de energía.	Poder reducir costos.
RQ 9	La solución debe estar orientada a reducción de espacio.	Poder reducir espacio lo cual ayudará a soportar más capacidades y nuevos clientes.