

TRABALLO FIN DE GRAO
GRAO EN ENXEÑARÍA INFORMÁTICA
MENCIÓN EN TECNOLOXÍAS DA INFORMACIÓN

PESCI: Plataforma de Entrega de Servicios Cloud para Investigación

Estudiante: Amaro Castro Faci
Dirección: Outro Nome Completo

A Coruña, xullo de 2020.

Resumen

El Cloud Computing es un modelo que permite acceder a un conjunto de recursos, como por ejemplo, redes, almacenamiento, aplicaciones, servicios y potencia de cálculo, que pueden ser aprovisionados bajo demanda de una forma rápida sencilla, reduciendo el coste del servicio para el usuario y el esfuerzo en cuanto a gestión de los recursos.

El Centro de Investigación en Tecnoloxías da Información e as Comunicaci3ns (CITIC) de la Universidade da Coruña cuenta con una infraestructura ideada para ofrecer un servicio de Cloud Computing a la comunidad universitaria. Este servicio consiste en que los usuarios pueden aprovisionar un conjunto de recursos, que se traducen en máquinas virtuales, del tamaño que necesiten para realizar tareas que no serían posibles en dispositivos convencionales.

Actualmente el servicio está activo pero de forma limitada y no abierta a todos los usuarios del CITIC debido que no existe una plataforma que habilite el acceso a cada usuario a sus recursos, que gestione la autenticación de los usuarios, y que automatice y simplifique los procesos de aprovisionamiento de recursos. Hasta ahora, las tareas de aprovisionamiento y gestión de usuarios se realizan bajo petición previa al administrador del sistema y se ejecutan de forma manual lo cual consume más tiempo, recursos, y aumenta los riesgos sobre el servicio.

El objetivo principal de este proyecto es desplegar un servicio Cloud en el CITIC usando como base las herramientas que ya se encuentran sobre la infraestructura, donde cada usuario pueda tener su propio espacio donde poder gestionar sus recursos según sus necesidades y de forma simple y dinámica, que simplifique la gestión de usuarios integrando el sistema de autenticación de la UDC en el servicio, y establecer un sistema de valoración de los recursos para poder controlar y limitar la cantidad de recursos que un usuario puede aprovisionar para mejorar el uso y funcionamiento del servicio. En definitiva, el objetivo es desplegar un entorno Cloud que haga la infraestructura física más eficiente y que entregue todo su potencial.

Palabras clave:

- Cloud Computing
- CITIC
- Máquina virtual
- Aprovisionamiento de recursos
- Bajo demanda
- Control de recursos

Índice general

1	Introducción	1
1.1	Motivación	2
1.2	Objetivos	3
2	Estado de los recursos	5
2.1	Infraestructura	5
2.2	Software	6
2.2.1	Estado de la tecnología	10
3	Planificación	19
3.1	Tareas	19
3.2	Costes	23
4	Metodología	25
4.1	Conceptos previos	25
4.1.1	Workload Domain	25
4.1.2	Arquitectura	27
4.2	Requisitos y diseño de la infraestructura y arquitectura	31
4.2.1	Arquitectura e Infraestructura Físicas [1]	31
4.2.2	Arquitectura e Infraestructura Virtuales[2]	36
4.2.3	Operaciones de la Arquitectura[3]	49
4.3	Despliegue de VMware Cloud Foundation	51
4.3.1	Prueba de concepto	51
4.3.2	Preparación del entorno	51
	Glosario	55
	Bibliografía	59

Índice de figuras

2.1	Elementos de la plataforma VMWare vSphere[4]	9
2.2	Esquema de los recursos software y hardware del entorno	9
2.3	Partes virtualizadas en un SDDC.	11
2.4	Cloud Foundation virtualiza toda la infraestructura.	12
2.5	Partes virtualizadas en un SDDC.	13
2.6	Almacenamiento All-Flash vs. Híbrido en vSAN	15
3.1	Diagrama de Grantt sobre la planificación del proyecto.	22
3.2	Estadísticas sobre la planificación del proyecto.	23
4.1	Componentes de <i>management domain</i>	26
4.2	Componentes de <i>virtual infrastructure domain</i> .	27
4.3	Esquema del modelo de arquitectura estándar.	28
4.4	Estructura de los componentes en una arquitectura estándar.	29
4.5	Esquema del modelo de arquitectura consolidado.	30
4.6	Estructura de los componentes de una arquitectura consolidado.	30
4.7	Límite de las capas 2 y 3 cuando la topología se implementa con dispositivos de capa 2.	32
4.8	Límite de las capas 2 y 3 cuando la topología se implementa con dispositivos de capa 3.	33
4.9	VXLAN extendida sobre varios vDS, comunica varios cluster.	42
4.10	Cabeceras de un frame cuando se usa VXLAN.	44
4.11	Replicación del tráfico BUM en el modo Multicast	45
4.12	Replicación del tráfico BUM en el modo Unicast	46
4.13	Replicación del tráfico BUM en el modo Híbrido	46
4.14	Componentes de la red virtual que intervienen en el enrutamiento del tráfico.	47
4.15	Red lógica formada en un SDDC con dos clusters.	47
4.16	AVN en el modelo consolidado	49

4.17	Diseño de vSphere Update Manager en el modelo consolidado (izquierda) y en el modelo estándar (derecha)	50
4.18	Localización de vRealize Log Insight en el modelo consolidado (izquierda) y en el modelo estándar (derecha)	51

Índice de cuadros

Introducción

SEGÚN *National Institute of Standards and Technology* (NIST), el Cloud Computing es un «modelo de recursos configurables y compartidos, accesibles a través de la red bajo demanda y desde cualquier lugar en cualquier momento»[5]. Las principales características de este modelo son:

- *Autoservicio bajo demanda*: El usuario puede aprovisionar recursos según sus necesidades y de forma automática sin requerir ninguna interacción humana con el proveedor del servicio.
- *Acceso por red*: El servicio está disponible para los usuarios a través de red de forma remota.
- *Almacén de recursos*: Los recursos son accesibles por múltiples usuarios simultáneamente, y todos ellos acceden a la misma instancia del software que gestiona el servicio, siendo así un servicio de *multi-tenant* [4.2]. Estos se pueden gestionar de forma dinámica y permiten conocer su ubicación física a un nivel de abstracción alto.
- *Elasticidad*: Los recursos se pueden aprovisionar o liberar de forma elástica, es decir, que se pueden escalar de forma rápida según las necesidades del usuario.
- *Servicio medido*: El sistema Cloud es capaz de aportar información sobre los recursos que el cliente tiene aprovisionados, que pueden ser almacenamiento, ancho de banda, procesamiento, y usuarios activos.

El Centro de Investigación en Tecnoloxías da Información e as Comunicaci3ns (CITIC) de la Universidade da Coruña tiene en sus instalaciones una infraestructura construida para ofrecer un servicio Cloud al personal que trabaja allí y que así tengan acceso a hardware que no está disponible en dispositivos convencionales. Actualmente, esta infraestructura ya tiene instalado un software de la empresa VMware específico para crear y gestionar entornos virtuales, por lo que el servicio ya está activo pero no cuenta con las herramientas suficientes

para ofrecerlo de forma abierta a todos los usuarios. Este permite aprovisionar recursos de un servidor en forma de máquinas virtuales con unas especificaciones determinadas por el usuario para realizar tareas que precisan gran capacidad de cómputo, de almacenamiento, o de red.

Inicialmente, el sistema cuenta con una plataforma, a la que los usuarios no tienen acceso debido a la falta de perfiles de usuario, para obtener recursos de la infraestructura física bajo demanda. Esto tiene que ser realizado por el personal encargado de recibir sus peticiones y de activar máquinas virtuales solicitadas, un proceso no automático y lento. Aunque actualmente si que es posible la creación de un perfil para cada usuario, esto no es viable ya que tampoco dispondrían de un espacio propio dentro del servicio si no que tendrían visibilidad y acceso, dependiendo de sus permisos, a los recursos de otros usuarios, a parte de que la interfaz es compleja y poco intuitiva, difícil de manejar para un usuario que no sea administrador del servicio.

Por esto, el servicio no cumple con las características que define el NIST[1] para un servicio de Cloud Computing, especialmente en lo que se refiere al *Autoservicio bajo demanda*, *Elasticidad*, y *Servicio medido*, así que, usando como base esta definición, es necesario desplegar un portal donde los usuarios puedan acceder, usando sus perfiles de la UDC para facilitar la administración. En este portal el usuario puede aprovisionar recursos en forma de máquinas virtuales, modificarlos como necesite, y monitorizarlos. Esto implica que los usuarios podrían aprovisionar gran cantidad de recursos que luego podrían ser infrautilizados no pudiendo ser aprovechados por otros usuarios, por esto también es necesario implementar un sistema que permita a los administradores medir, valorar y limitar de alguna forma la cantidad de recursos aprovisionados por un mismo usuario.

Estas mejoras consiguen optimizar el uso de la infraestructura y aumentar su eficiencia debido a la automatización de gran parte de las operaciones que se repiten constantemente como el aprovisionamiento, gestión de usuarios, y creación de máquinas virtuales. Así se consigue un servicio más dinámico, útil y fácil de administrar y gestionar.

1.1 Motivación

La motivación para realizar este proyecto se basa en mejorar el servicio Cloud del CITIC para que aquellos usuarios que necesiten equipos de grandes prestaciones para sus tareas puedan conseguirlos de una forma sencilla y ágil al mismo tiempo que se mejora la gestión interna del servicio, y así reducir sus costes e incidencias a largo plazo. En definitiva, hacer que esta herramienta sea eficiente, útil y capaz de dar servicio a todos sus usuarios.

1.2 Objetivos

El objetivo general de este proyecto es crear un servicio piloto desplegando una herramienta sobre el sistema actual para hacerlo más eficiente y sacar el máximo potencial de toda la infraestructura y recursos administrativos que se encuentran disponibles tanto en el CITIC como en la UDC. Este servicio debe ser útil, ágil y accesible. Los objetivos concretos se pueden resumir en los siguientes:

- Centralizar y mejorar la gestión de usuarios integrando el sistema de autenticación de la UDC y así facilitar el acceso.
- Desplegar un portal de acceso para los usuarios que simplifique la gestión y aprovisionamiento de sus recursos.
- Implementar un sistema de valoración del servicio que permita limitar y controlar la cantidad de recursos que un usuario puede aprovisionar, y así evitar tener recursos ociosos.
- Documentar las soluciones desplegadas en el sistema para facilitar la transmisión de conocimiento a largo plazo.

Estado de los recursos

CON el fin de contextualizar los recursos que se utilizarán en este trabajo, en este capítulo se expone la situación actual de toda la infraestructura en lo relacionado al software que está en funcionamiento, a los recursos físicos de los que se compone, y al estado actual de las herramientas que rodean a dichos recursos.

2.1 Infraestructura

La infraestructura física de este servicio de virtualización, se encuentra localizada en el edificio del CITIC de la UDC, dentro de un rack alojado en su Centro de Proceso de Datos (CPD) [6]. Está formado por 5 nodos *Lenovo NeXtScale nx360 M5* y 3 nodos *Dell EMC PowerEdge R740*. Ambos componentes dan flexibilidad en cuanto a la escalabilidad y ofrecen gran rendimiento de cómputo.

Especificaciones principales de los nodos:

- Lenovo NeXtScale nx360 M5:
 - CPU: Dos Intel Xeon E5-2650
 - Memoria: 128 GB
 - Tarjeta gráfica: Tesla M60

Más información: <https://lenovopress.com/tips1195-nextscale-nx360-m5-e5-2600-v3>

- Dell EMC PowerEdge R740:
 - CPU: Dos Xeon Gold 6146
 - Memoria: 384 GB

- Tarjeta gráfica: Tesla P40

Más información: <https://www.dell.com/es-es/work/shop/servidores-almacenamiento-y-redes/smart-value-poweredge-r740-server-standard/spd/powerededge-r740/per7400m>

El almacenamiento está colocado físicamente en la misma ubicación que los hosts pero en su abstracción lógica este es independiente y está separado de cada nodo. Está conformado por 13 discos duros SSD de 3.84 TB de capacidad, obteniendo así una capacidad total de casi 50 TB, pero que utilizan la configuración de almacenamiento RAID 5[Pal. 4.2] lo cual permite conseguir mayor integridad de los datos, tolerancia a fallos y ancho de banda, reduciendo la cantidad de almacenamiento utilizable a 34 TB. Estos discos forman un *pool* de almacenamiento que se divide en cinco LUNs (*Logical Storage Unit*)[Pal. 4.2] de 2 TB cada una, representadas en el sistema de virtualización como cinco *datastores* diferentes que utilizan el sistema de archivos VMFS el cual optimiza el almacenamiento de máquinas virtuales.

Los discos duros físicos están colocados en una misma cabina y son accesibles por todos los nodos a través de dos switches para aportar redundancia. Para ello, las cabinas incorporan dos controladores con conexión SFP+[Pal. 4.2] que se conectan a cada switch mediante dos puertos que aportan conectividad 10 Gb y, además, incorporan otros dos puertos con conectividad 1 Gb para la gestión de los discos. Estas conexiones utilizan los protocolos de red Ethernet y iSCSI, formando así, junto con el resto de componentes descritos, la estructura de una SAN [2.2].

La gestión del almacenamiento se realiza en la capa física, el nivel más bajo por lo que la configuración de cada LUN que utilizan las máquinas virtuales desplegadas se tiene que hacer antes de conocer los requisitos necesarios de lo que se vaya a desplegar en la capa software. Esto provoca que si se quiere desplegar una máquina virtual con más capacidad de almacenamiento o con una estructura RAID diferente haya que crear una nueva LUN que se adapte a los requisitos. Esta gestión hace que el uso de recursos de almacenamiento no sea el óptimo ya que no permite ajustar de forma precisa y rápida cada configuración a los requisitos necesarios generando así mayor coste.

2.2 Software

Actualmente el servicio está basado en el software de la empresa VMware, uno de los principales proveedores de software de virtualización, siendo **VMware vSphere** el software desplegado sobre la infraestructura. Este producto de VMware es el encargado de virtualizar parte de la infraestructura física y de proporcionar las herramientas necesarias para gestionarla. Sus principales componentes son los siguientes:

- **ESXi:** Hipervisor propio de VMware, de tipo 1 o *bare metal* [Pal. 4.2]. No requiere de sistema operativo para funcionar ya que funciona directamente sobre el hardware físico [7]. Este hipervisor está instalado en cada uno de los ocho nodos que forman la infraestructura.
- **VMware vCenter Server:** servicio que actúa como un administrador central para todas las máquinas virtuales y hosts. Normalmente, los servicios descritos en este apartado están disponibles para una instancia de vCenter Server agrupados en un *Platform Services Controller* (PSC) [Pal. 4.2]
- **vCenter Single Sign-On:** es un servicio de autenticación. Permite que los usuarios solo se tengan que autenticar una vez cuando acceden al entorno de la infraestructura a través de vSphere Client, en lugar de tener que autenticarse varias veces en cada componente. Cuando el usuario se autentica por primera vez, este recibe un token que le permitirá autenticarse en el resto de componentes sin volver a introducir sus credenciales. También se encarga de la administración perfiles de usuarios y de los dominios de autenticación (esto permite usar directorios de usuarios externos).
- **vSphere Web Client y vSphere Client:** interfaz que permite conectarse a una instancia de vCenter Server para gestionar la infraestructura.
- **vSphere Auto Deploy:** herramienta que permite desplegar gran cantidad de nodos físicos de forma automatizada.
- **vSphere Update Manager:** permite gestionar de forma centralizada y automatizada las actualizaciones para hosts ESXi, para el hardware de las máquinas virtuales y para actualizar e instalar software de terceros en los hosts ESXi. Este componente se ejecuta desde VMware vCenter Server como un servicio y requiere conexión a la red externa para obtener las actualizaciones.
- **vSphere Web Client:** interfaz web que permite acceder a vCenter Server de forma remota.
- **vMotion:** permite la migración de máquinas virtuales de un host a otro de forma transparente y sin detener su ejecución. Permite planificar las migraciones de máquinas virtuales entre hosts que pueden pertenecer a distintos clusters.
- **Storage vMotion:** permite migrar los discos y configuración de una máquina virtual de un *datastore* a otro sin interrumpir el servicio.
- **vSphere High Availability (HA):** provee alta disponibilidad para las máquinas virtuales. En caso de que una máquina virtual deje de estar activa, este servicio intenta

encender la máquina virtual en otro host dentro del mismo cluster automáticamente. Este solo actúa en caso de fallo de un host, mientras que vMotion solo actúa cuando las migraciones se hacen entre hosts activos. Proporciona escalabilidad gracias a su modelo Maestro - Esclavo, fiabilidad gracias a que no tiene dependencias con otros servicios y a que se puede comunicar con las máquinas a través de varios caminos, y usabilidad gracias a que tiene una interfaz sencilla.

- **vSphere Distributed Resource Scheduler (DRS) y vSphere Distributed Power Management (DPM):** DRS genera recomendaciones sobre donde se debería desplegar una máquina virtual cuando se está creando, utiliza vMotion para mover las máquinas virtuales a través de los hosts de un cluster para maximizar el rendimiento o durante tareas de mantenimiento en un host. DPM se encarga de gestionar el consumo de energía de cada host según el rendimiento necesario.
- **Storage DRS:** balancea la carga de almacenamiento y las operaciones I/O entre los diferentes datastores disponibles.
- **vSphere Fault Tolerance:** crea una copia de todos los archivos y discos de cada máquina virtual sincronizados con los originales. Esto junto con vSphere HA y vSphere DRS, proporciona recuperación ante fallos y disponibilidad continua de las máquinas virtuales de forma automática en caso de que la máquina virtual esté inactiva, sin pérdida de datos y sin pérdida de conexiones de que había activas. Este servicio está orientado a proteger aquellas tareas que requieren un alto rendimiento o que son críticas.
- **vSphere Distributed Switch (vDS):** habilita switches virtuales que se encargan de gestionar el tráfico de los hosts ESXi. Se utiliza para administrar la configuración de los puertos de cada host ESXi de forma centralizada, permitiendo crear redes y establecer políticas sobre el tráfico desde un único lugar. Desde aquí se establecen las conexiones de cada tipo de tráfico con las tarjetas de red físicas de cada host ESXi.
- **Virtual Machine File System (VMFS):** sistema de archivos de alto rendimiento nativo de VMware vSphere. Se utiliza para implementar los almacenes de datos de la infraestructura y está optimizado para el almacenamiento de máquinas virtuales.

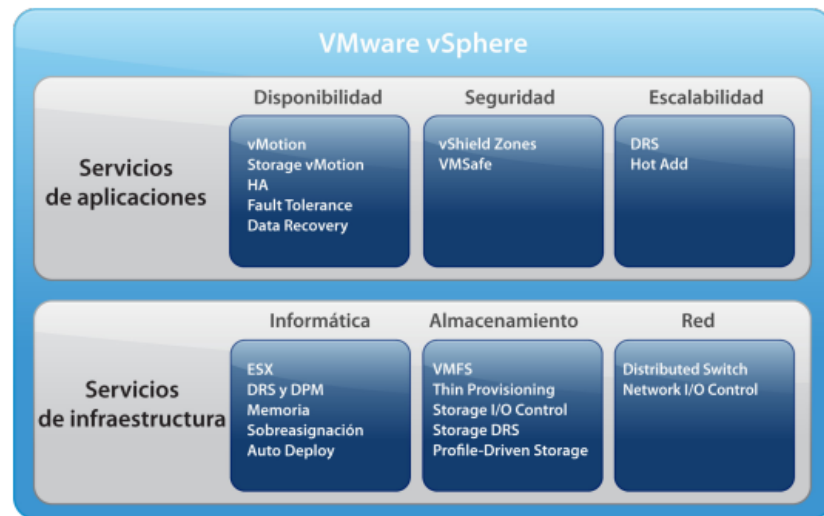


Figura 2.1: Elementos de la plataforma VMWare vSphere[4]

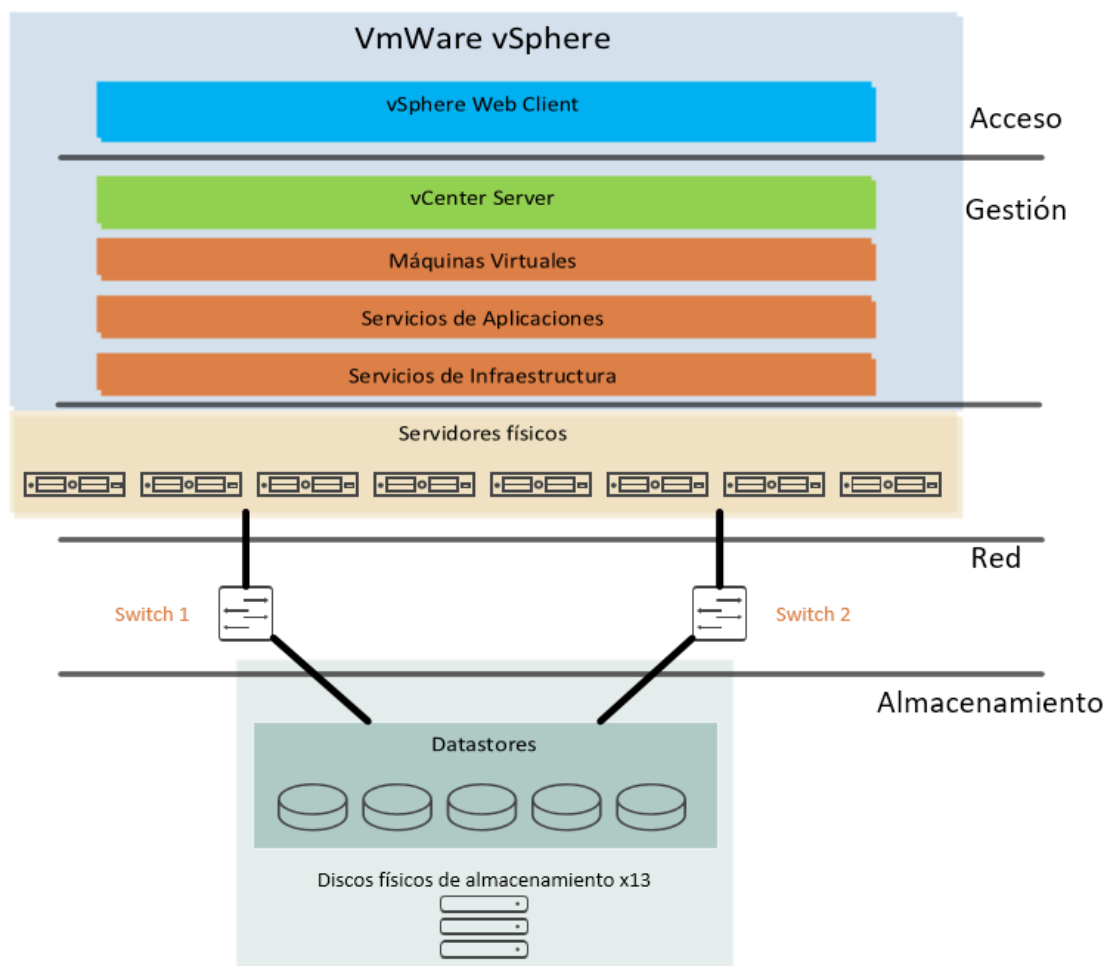


Figura 2.2: Esquema de los recursos software y hardware del entorno

2.2.1 Estado de la tecnología

En los últimos tiempos los servicios de *Infrastructure as a Service* (IaaS) se han extendido de forma considerable con la aparición de software que permite la gestión de un sistema de Cloud Computing, como pueden ser VMware Cloud Foundation (2011), OpenStack (2010), o Apache CloudStack (2012). Estas herramientas construyen una infraestructura virtual sobre un entorno físico estandarizado que les permite administrar y automatizar la escalabilidad, el sistema de almacenamiento, la disponibilidad del servicio, la red, y la seguridad del servicio, con lo que se consigue reducir el coste y el tiempo de gestión y configuración, mejorando la eficiencia de infraestructura física.

A la hora de alcanzar los objetivos descritos en este proyecto se nos plantea la duda de que solución software desplegar ya que actualmente existen tres principales alternativas en el mercado, VMware Cloud Foundation, OpenStack y Apache CloudStack. Cada una de ellas ofrece diferentes características con diferentes requisitos que se pueden adaptar mejor o peor al entorno de despliegue, pero después de comprobar esos aspectos tenemos claro que la solución elegida es VMware Cloud Foundation.

VMware Cloud Foundation

Esta solución virtualiza todas las capas de la infraestructura [Fig. 2.4] (red, computación y almacenamiento) combinando cuatro componentes principales, vSphere para gestionar el cómputo, vSAN para la gestión del almacenamiento, NSX para la gestión de la red, y vRealize para gestionar todas las operaciones que tienen lugar en el servicio, integrando todos los componentes para que la gestión de la infraestructura sea lo más simple posible. Este conjunto de herramientas convierten el CPD en un *Software Defined Datacenter* (SDDC), un entorno donde todas las partes físicas de la infraestructura pasan a estar controladas a través de software haciendo más flexible, independiente y menos costosa la configuración de estos componentes. Las principales características de VMware Cloud Foundation son:

- **Servicios software con integración nativa:** ofrece un conjunto de servicios software para el almacenamiento, red, seguridad y gestión de la cloud. Estos servicios se integran de forma nativa con la infraestructura minimizando las tareas de configuración y administración.
- **Escalabilidad y elasticidad de los recursos:** la capacidad de la infraestructura se puede modificar de forma sencilla gracias a la automatización del ciclo de vida de todos los elementos.
- **Supervisión de los recursos:** ofrece supervisión de los recursos con reconocimiento de aplicaciones y solución de problemas, permitiendo conocer todos los eventos que

tienen lugar en la infraestructura.

- **Aprovisionamiento automatizado:** todos los componentes necesarios para formar un SDDC son desplegados automáticamente por VMware Cloud Foundation, incluyendo los recursos informáticos, los componentes de almacenamiento, los de red y los de administración.
- **Ciclo de vida automatizado:** automatiza las operaciones previas, iniciales y posteriores de una plataforma de software para ofrecer una gestión más sencilla. Esto incluye su implementación, el aprovisionamiento de clústeres aislados bajo demanda y la instalación de actualizaciones y parches.

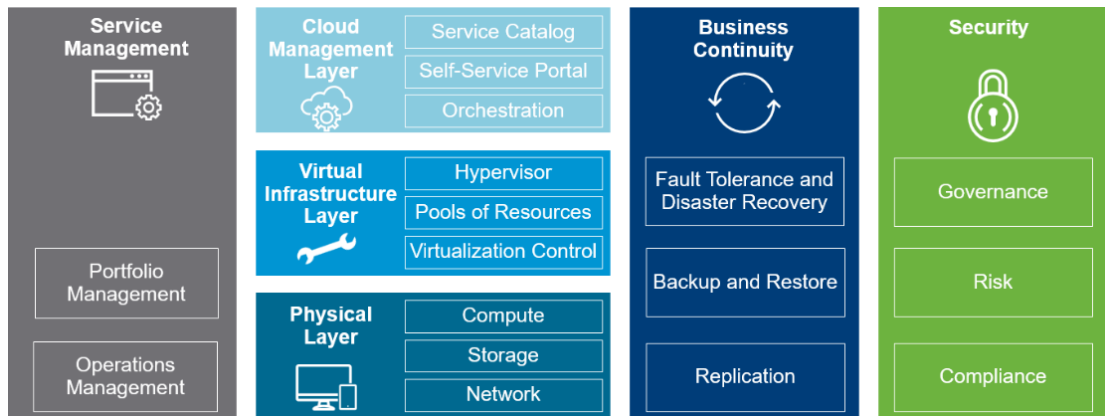


Figura 2.3: Partes virtualizadas en un SDDC.

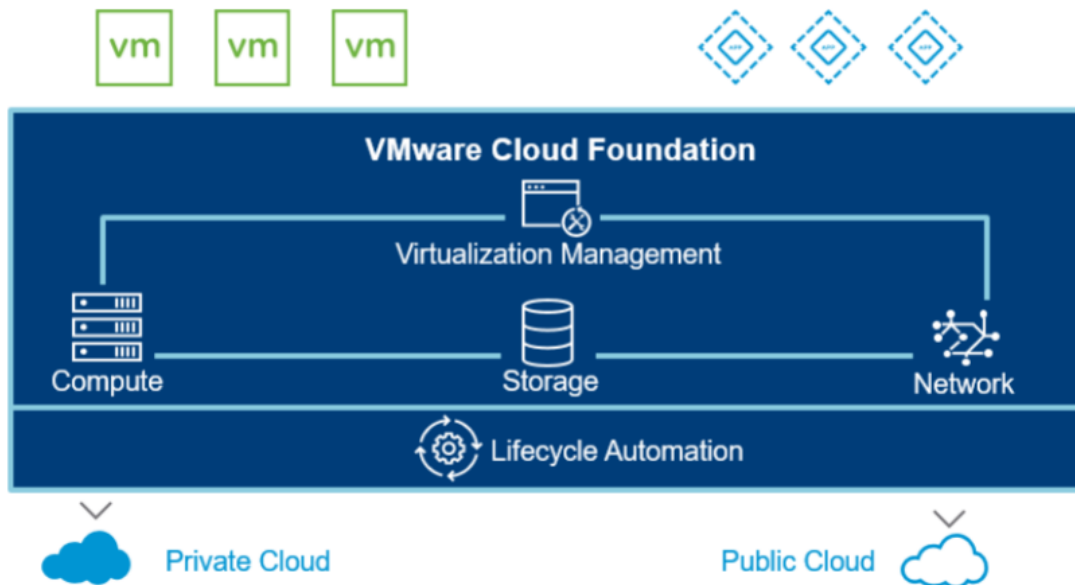


Figura 2.4: Cloud Foundation virtualiza toda la infraestructura.

VMware Cloud Foundation permite reducir el tiempo de mantenimiento ya que todo está controlado por el software que integra todos los componentes, automatizando gran parte de las operaciones y el ciclo de vida de todos los elementos desde su creación, como puede ser el control de versiones de cada elemento, los perfiles de usuario y las máquinas virtuales creadas, además de proporcionar una plataforma de acceso para que cada usuario pueda gestionar sus recursos. Además, su arquitectura se divide en entornos aislados administrados bajo demanda desde un entorno principal. Cada uno de esos entornos tiene un conjunto de recursos dedicados cuyas capacidades se pueden ajustar para proporcionar determinadas características, como por ejemplo alta disponibilidad, mayor capacidad de almacenamiento o mayor capacidad de cómputo.

Para poder usar este software es necesaria la adquisición de licencias, estas se organizan por componente y por número de hosts sobre los que se va a instalar el producto. A pesar de tener un coste elevado, teniendo en cuenta los beneficios que aporta en cuanto integración nativa con los componentes ya instalados y a que su mantenimiento es más sencillo, se ha elegido este paquete ya que es más rentable que otras opciones.

Si bien VMware ofrece plugins para conectar sus componentes con otras soluciones, como es el caso de OpenStack [8], estos no ofrecen el rendimiento que da la integración nativa, además, en caso de recibir actualizaciones, habría que actualizar cada componente de forma individual aumentando el riesgo de incompatibilidades con el resto de elementos del sistema, mientras que Cloud Foundation gestiona todo el ciclo de vida de cada actualización para cada componente, permitiendo comprobar si existe alguna incompatibilidad con el resto de versio-

nes antes de aplicar una actualización. En definitiva, VMware Cloud Foundation simplifica el proceso de instalación, configuración, gestión, y mantenimiento, tanto para los usuarios como para el administrador del sistema.

Componentes de VMware Cloud Foundation [9]

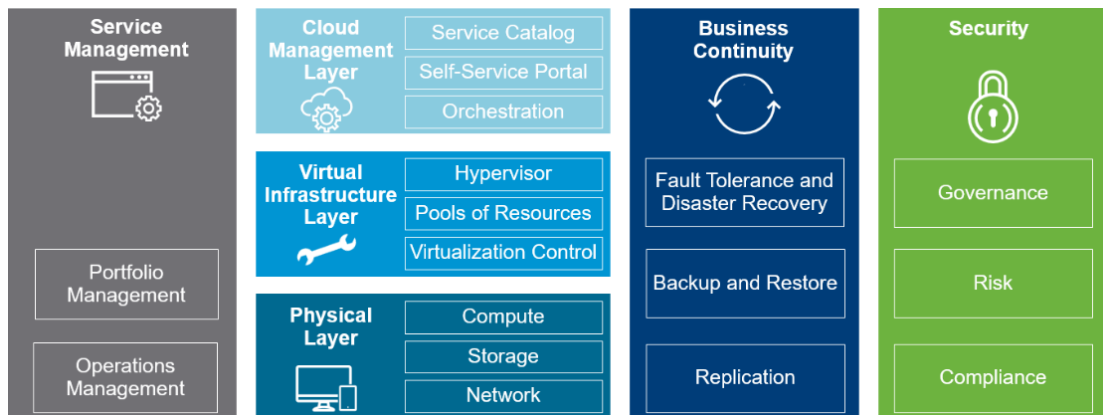


Figura 2.5: Partes virtualizadas en un SDDC.

El SDDC de VMware Cloud Foundation está dividido en varias capas y módulos con las cuales se gestiona todas las partes de la infraestructura [Fig. 2.5]. Cada una de estas capas incluye una serie de productos y servicios, con unas funciones concretas que permiten gestionar un entorno complejo de una forma más sencilla. Las partes de esta infraestructura son las siguientes:

- **Capa de Infraestructura física:** Es la base de la infraestructura y en ella residen los componentes físicos de almacenamiento, red y cómputo.
- **Capa de Infraestructura Virtual:** Se encuentra sobre la capa física y se encarga de realizar las tareas de acceso a los recursos físicos para controlar su aprovisionamiento.
- **Capa de Gestión Cloud:** Es la capa superior y se dedica a las tareas de consumo de los recursos, es decir, realiza peticiones a las capas inferiores para la obtención de los recursos.
- **Capa de Gestión de Servicios:** Esta capa se centra en el mantenimiento de la arquitectura gestionando el ciclo de vida, la monitorización, logs y alertas de los componentes.
- **Capa de Gestión de Operaciones:** La función de esta capa es la monitorización de la capa de infraestructura física, de la capa de infraestructura virtual y de los flujos de trabajo de los usuarios.

- **Capa de Continuidad del Servicio:** Contiene elementos que ayudan a que el servicio se mantenga activo y a evitar la pérdida de información crítica, proveyendo copias de seguridad, restauración y recuperación ante desastres.
- **Capa de Seguridad:** Se encarga de que todos los componentes de la infraestructura estén bien delimitados para establecer un nivel de seguridad.

En VMware Cloud Foundation existen diversos productos y servicios, algunos son requeridos para construir la instancia mínima de un SDDC y otros ofrecen servicios adicionales que incrementan el rendimiento de la infraestructura. A continuación se describen aquellos componentes necesarios para la instalación mínima de VMware Cloud Foundation y que se usarán en la implementación de este proyecto:

- **SDDC Manager:** gestiona el ciclo de vida de todos los componentes del sistema, incluyendo el proceso inicial de despliegue de Cloud Foundation, su configuración y aprovisionamiento, y las actualizaciones. Monitoriza los recursos físicos y lógicos de la infraestructura, facilita su configuración y permite añadir nuevos recursos cuando sea necesario.
- **vSphere:** ya está incluido en el servicio actual [2.2].
- **VMware vSAN:** componente clave que virtualiza el almacenamiento. Como ya se ha explicado, el almacenamiento del servicio actual está configurado con LUNs que se deben gestionar individualmente en una capa distinta a los componentes software, provocando que su configuración sea más compleja y costosa. El objetivo de VMware vSAN es gestionar de forma automatizada y desde un único lugar el sistema de almacenamiento de la infraestructura, tratando toda la capacidad y recursos de almacenamiento como un único elemento, eliminando así la necesidad de tener que crear LUNs aisladas, consiguiendo abstraer la configuración de almacenamiento de la capa física en la capa de software y permitiendo establecer políticas de almacenamiento desde cada máquina virtual para adecuarlo a las necesidades de cada una, sin tener que editar la configuración real del entorno físico. Así el rendimiento de los recursos de almacenamiento es más eficiente, flexible y su configuración se integra dentro del mismo servicio junto con la gestión del resto de componentes.

En VMware vSAN, en lugar de tratar el almacenamiento de forma independiente este pasa a estar ligado a cada host, es decir, cada uno de los nodos tiene asignados hasta cinco grupos de discos. Estos grupos de discos pueden ser de tipo *Hybrid*, donde se combinan discos duros SSD y HDD, o *All-Flash*, donde todos los discos son de tipo SSD. Dentro de cada grupo, los discos se dividen en dos tipos con distintas funciones, el disco de caché y el disco de capacidad[10]:

- **Caché:** Hay uno en cada grupo. Realiza la función de memoria caché y se encarga de escribir los datos persistentes en los discos de capacidad.
- **Capacidad:** Puede haber hasta siete discos en cada grupo. Almacena los datos persistentes del entorno.

En cada grupo de discos la gestión de la lectura y escritura de datos se hace de la siguiente forma:

- **Lectura:** En el caso de la solución *Hybrid*, si el dato que se busca no está en el disco de caché entonces se busca en los discos de capacidad y después se incorpora al disco de caché. Con la solución *All-flash*, los datos se leen siempre directamente de los discos de capacidad sin que estos sean escritos en el disco de caché dejando a este completamente libre para las operaciones de escritura. Gracias a esto, la estructura *All-flash* ofrece mayor rendimiento respecto a la *Hybrid*.
- **Escritura:** Tanto en la solución *Hybrid* como en la *All-flash*, el host ESXi primero escribe en el disco de caché, este le responde con una confirmación de escritura y más tarde vSAN se encarga de escribir ese dato en los discos de capacidad cuando el disco de caché está casi completo o cuando el dato lleva un tiempo sin ser utilizado.

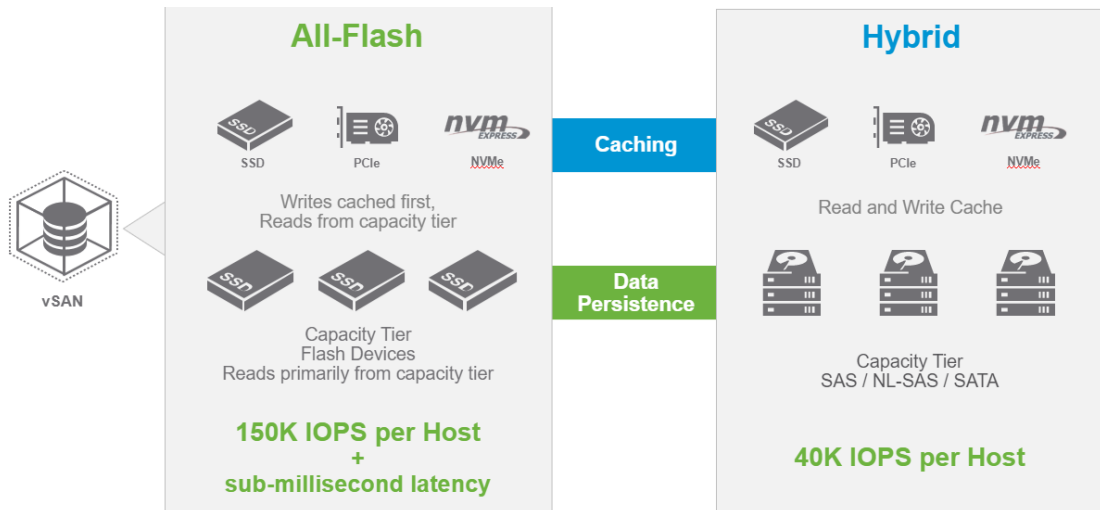


Figura 2.6: Almacenamiento All-Flash vs. Híbrido en vSAN

Los hosts acceden al *datastore* de vSAN mediante protocolo IP en una red accesible por todos los nodos.

Este componente permite reducir las tareas de gestión del almacenamiento físico ya que ya no es necesario hacer ajustes en la capa física para cumplir unos requisitos en la capa software.

- **VMware NSX-T**: otro de los componentes clave. Tiene un papel similar a vSAN, pero en este caso se encarga de virtualización de los componentes físicos de la red de la infraestructura, es decir, abstrae los componentes de la red para desacoplar la configuración de la red física y la red virtual del SDDC simplificando así las operaciones en la infraestructura física. Con esto, los administradores pueden configurar la red del SDDC sin tener en cuenta el equipamiento físico ya que trabajan con una red virtual independiente de la red física sobre la que funciona. Los componentes de VMware NSX-T se agrupan en tres capas/planos[11]:
 - **Management Plane**: desde este punto se gestiona la conectividad, seguridad y operaciones de los componentes del sistema a través de un inventario de objetos, proporciona una interfaz y una API para acceder a los componentes de VMware NSX-T, almacena y transmite la configuración del sistema al *Control Plane* y obtiene información del sistema como estadísticas de uso. Estas funciones son implementadas por el componente **NSX-T Manager**.
 - **Control Plane**: este plano comunica al cada componente la configuración establecida desde *Management Plane*. Además, se encarga de obtener información sobre la topología de la red desde el *Data Plane*. Este plano se divide en dos partes:
 - * *Central Control Plane* (CCP): implementado por un cluster de varias VM donde cada una contiene el componente **NSX-T Controller**, el cual es el encargado de controlar las redes virtuales existentes y de proveer de configuración a otros componentes como *logical switches*, *logical routers* y *edge nodes*. El componente **NSX-T Controller** está integrado, junto con el componente **NSX-T Manager**, en una única *appliance* denominada **NSX-T Manager Appliance**
 - * *Local Control Plane* (LCP): este plano lo implementan los **transport nodes** y es responsable de monitorizar los enlaces locales y de reenviar entradas de configuración a los componentes del *Data Plane*.
 - **Data Plane**: este plano es responsable de retransmitir el tráfico por la red basándose en las tablas y reglas generadas por el *Control Plane*. También informa al *Control Plane* sobre la topología de la red, recopila estadísticas a nivel de paquete y controla el estado de los enlaces para resolver posibles fallos. En definitiva, el *Data Plane* se centra en como gestionar los paquetes que circulan por la red. Está implementado por dos tipos de **transport nodes** (TN):
 - * *Hypervisor Transport Node*: son los hosts con el hipervisor ESXi y que utilizan VMware NSX-T para proveer servicios de red a las VM que funcionan sobre el host.

- * **VMware NSX-T Edge Node:** también llamado *Edge Node*, se trata de una *appliance* instalado sobre un servidor físico o en forma de VM, que provee al entorno de una serie de servicios de red centralizados.

VMware NSX-T incluye otros componentes:

- * **NSX-T Virtual Distributed Switch (N-VDS):** funciona sobre el hipervisor ESXi de cada host y es el encargado de retransmitir el tráfico entre las VM que se encuentran dentro de un mismo *transport node* y desde una VM a la red física de la infraestructura.
 - * **Logical Router:** Integra dos componentes, **Distributed Router (DR)** proporciona conectividad entre las redes virtuales que se crean dentro del SDDC funciona de forma distribuída en los *transport nodes*), y **Service Router (SR)** da conectividad hacia redes externas al SDDC y ofrece una serie de servicios centralizados, NAT y DHCP entre otros.
 - * **Logical Firewall:** NSX-T permite establecer reglas para gestionar el tráfico de entrada y de salida del SDDC. Estas reglas se pueden establecer a nivel de *Layer 2* o *Layer 3* de la red.
 - * **Logical Load Balancer:** se encarga de distribuir el tráfico que recibe a los componentes correspondientes, permitiendo desacoplar el acceso a un servicio de su implementación. Esto permite que un servicio se pueda escalar y ofrecer alta disponibilidad.
- **VMware vRealize Automation:** se trata de un componente opcional que permite automatizar el despliegue de máquinas virtuales, procesos y aplicaciones reduciendo la complejidad y eliminando tareas manuales. Esto acelera la entrega del servicio gracias a que las tareas de aprovisionamiento y entrega de recursos y aplicaciones son más rápidas permitiendo establecer políticas de seguridad y control. Internamente, este servicio cuenta con los siguientes componentes [\[12\]](#) para cumplir con sus funciones:
 - **vRealize Automation Appliance:** contiene un portal donde los usuarios pueden acceder y gestionar y aprovisionar servicios cloud bajo demanda, un servicio de autenticación y una interfaz para gestionar este componente.
 - **IaaS Web Server:** realiza las tareas de administración de la infraestructura que se requieren desde el portal de vRealize Automation Appliance.
 - **Microsoft SQL Server:** se utiliza para almacenar información sobre los elementos de IaaS y sobre las máquinas virtuales controladas por vRealize Automation Appliance.

****Decir como se puede implementar un sistema de facturación.*******

****Como se puede conectar los usuarios de la UDC.*******

Planificación

EN este capítulo se propone una planificación del proyecto con el fin de organizar su estructura y exponer sus costes temporales y económicos aproximados necesarios para su realización.

3.1 Tareas

Tarea 1. Analizar como está formada la infraestructura, que componentes hardware y software la componen y cual es la función de cada uno de ellos.

En cuanto a la parte física se comprueban las especificaciones concretas del hardware de cómputo, almacenamiento y red. También como están organizados y estructurados tanto el sistema de almacenamiento y la red de la infraestructura. En la parte de software, se detallan las funciones de los principales programas y servicios que están instalados en el entorno.

Tarea 2. Analizar y seleccionar una herramienta de las disponibles en el mercado que se adapte a las necesidades del servicio que se quiere construir y a las características de la infraestructura. La herramienta seleccionada debe permitir reducir el coste y la complejidad de los trabajos de mantenimiento y administración del servicio a la vez que el usuario final lo utiliza de forma sencilla. En este proceso también se debe tener en cuenta la compatibilidad y eficiencia de la nueva herramienta con los componentes ya existentes en el entorno.

Tarea 3. Tarea que agrupa las tareas dedicadas al proceso de configuración de la infraestructura, configuración de la herramienta seleccionada y su instalación. Estas son las tareas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

Tareas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Comprobación de requisitos, preparación del entorno, establecimiento de parámetros configuración, despliegue de la plataforma sobre la infraestructura existente y configuración de la plataforma después del despliegue. Antes de realizar la ins-

talación de la nueva herramienta es necesario comprobar sus requisitos necesarios para que las capacidades del servicio final se adapten a las necesidades de uso (tareas 4 y 5). También se deben establecer los parámetros de configuración iniciales que se van a aplicar a la nueva plataforma (tarea 6). Durante el proceso de comprobación de requisitos puede surgir la necesidad de realizar cambios sobre las capacidades de la infraestructura y la configuración de los componentes ya existentes en el entorno inicial para que este se adapte a los requisitos de la nueva plataforma (tareas 7 y 8). Una vez el entorno está preparado para la herramienta pueda ser instalada entonces se efectúa el despliegue (tarea 9), posteriormente se configura y se comprueba el funcionamiento del nuevo servicio (tarea 10).

Tarea 11. Fin de la instalación y configuración de la plataforma. Marca el final del despliegue y configuración del nuevo servicio en la infraestructura.

Tarea 12. Diseñar una integración de la nueva plataforma con el sistema de autenticación de la UDC para que los usuarios finales del servicio se puedan autenticar sin necesitar nuevas credenciales. Para ello es preciso comprobar el método de acceso al directorio de usuarios de la UDC y la forma de conectarlo con la plataforma desplegada para, posteriormente, realizar un diseño de la solución. Este proceso requiere realizar una solicitud de acceso a los servicios internos de la UDC.

Tarea 13. Implementación y despliegue de la integración para la autenticación de usuarios con sus credenciales de la UDC. Durante este proceso puede ser necesario realizar cambios sobre la configuración de perfiles de usuarios que está establecida en la plataforma.

Tarea 14. Análisis del uso que harán los usuarios del servicio para establecer políticas sobre el uso de recursos. Para realizar este cálculo, primero se debe analizar el uso previo al despliegue del nuevo servicio que los usuarios hacen de la infraestructura y, después, estimar el uso que pueden llegar a realizar una vez el servicio sea accesible. Hay que tener en cuenta la cantidad de usuarios que lo utilizan, que lo van a utilizar y la cantidad de recursos que se emplean y que se van a emplear. Una vez obtenida una estimación, se realiza un diseño de las políticas que se van a aplicar.

Tarea 15. Diseño de un sistema de facturación/valoración de los recursos del servicio en base a las políticas de uso establecidas. Basándose en las políticas establecidas en la tarea 14, se debe pensar como se pueden aplicar sobre el servicio. Esto puede ser a través de una herramienta externa, en ese caso sería necesario realizar un desarrollo, o integrando la configuración en los parámetros de configuración de la plataforma.

La intención de este sistema es limitar la cantidad de recursos que un usuario puede apro-

visionar permitiendo aumentar la eficiencia de los recursos físicos reduciendo la cantidad de recursos ociosos.

Tarea 16. Implementación y despliegue del sistema de facturación/valoración. Para implementar este sistema puede que sea necesario realizar el desarrollo de una herramienta si se determina que no es posible establecerlo a través de los parámetros de configuración de la plataforma.

Tarea 17, 18 y 19. Recopilación de la información necesaria para la realización de cada tarea. La información de apoyo se debe obtener de documentaciones, artículos, vídeos o libros de fuentes fiables como empresas desarrolladoras de los productos utilizados o expertos especializados. El objetivo la recopilación de información es obtener conocimiento sobre las herramientas con las que se está trabajando para luego tener una base que facilite la realización de las tareas descritas. Esto se realiza desde el comienzo del proyecto hasta su finalización para tener claros los conceptos que se desarrollan y para conocer los detalles del trabajo que hay que realizar en cada tarea.

Tarea 20, 21 y 22. Redacción de la memoria del proyecto. Se escribe un documento con todos los detalles de todas las tareas realizadas durante el proyecto, incluyendo los cambios realizados en la infraestructura, las configuraciones establecidas y como se lleva a cabo cada proceso del proyecto. Su objetivo es transmitir el conocimiento adquirido durante el proyecto sobre como realizar el despliegue de una plataforma de virtualización y los beneficios que esta puede tener. La escritura de este documento se realiza a la vez que completa cada tarea para detallar los pasos realizados en cada caso, por lo que su duración es igual a la duración total de todo el proyecto.

La duración total del proyecto se estima en 101 días. teniendo en cuenta que el estudiante trabaja durante 4 horas diarias. El coste mostrado se refiere al coste correspondiente al estudiante si trabaja por 25 €/hora[Fig. 3.2].

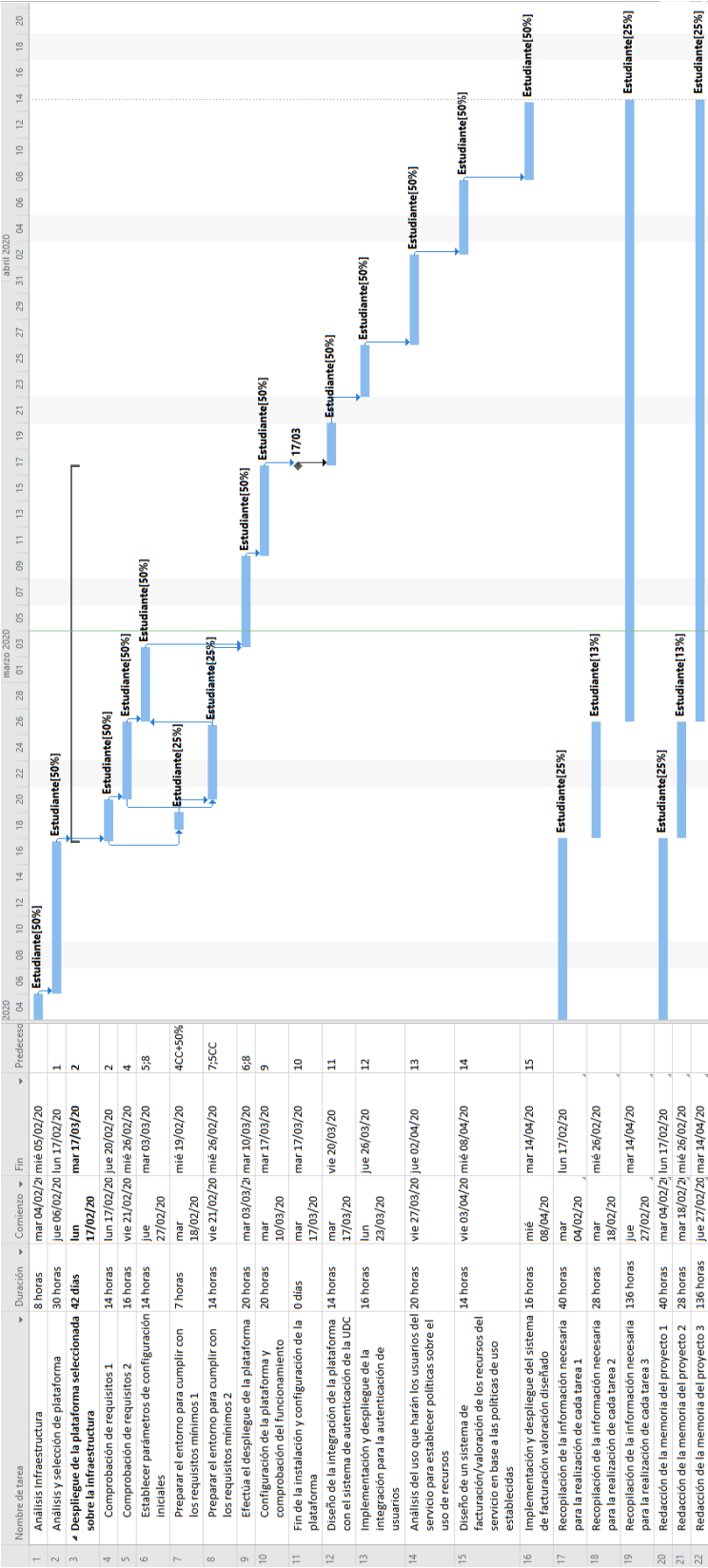


Figura 3.1: Diagrama de Grantt sobre la planificación del proyecto.

	Comienzo	Fin
Actual	mar 04/02/20	mar 14/04/20
Previsto	mar 04/02/20	mar 14/04/20
Real	NOD	NOD
Variación	0d	0d

	Duración	Trabajo	Costo
Actual	100,75d	201,25h	5.031,25 €
Previsto	100,75d	201,25h	5.031,25 €
Real	0d	0h	0,00 €
Restante	100,75d	201,25h	5.031,25 €

Figura 3.2: Estadísticas sobre la planificación del proyecto.

3.2 Costes

Los principales costes del proyecto son aquellos relacionados con los trabajadores que lo llevan a cabo y las licencias necesarias para cada componente de VMware Cloud Foundation en la infraestructura¹.

Cada componente de VMware Cloud Foundation requiere su propia licencia[13]. Estos componentes son SDDC Manager, VMware vSphere, VMware vCenter, VMware vSAN, VMware NSX for vSphere y VMware vRealize Log Insight. El precio de cada licencia dependerá del número de CPUs físicas sobre las que se va a usar esta plataforma por lo que, como en la infraestructura hay un total de ocho hosts con dos CPUs cada uno, el precio por cada componente es el siguiente:

- **SDDC Manager:** 18.000€² por CPU y 6.500€ anuales de soporte por cada CPU. El precio total de la licencia es de 288.000€ y 104.000€ anuales de soporte por 16 CPUs.
- **VMware vSphere:** 4.000€³ por CPU. El precio total de la licencia es de 64.000€ por 16 CPUs y el precio anual por las tareas de soporte es de 16.000€.
- **VMware vCenter:** 6.000€⁴ por una licencia que permite usar VMware vCenter sobre todos los hosts del entorno. El precio anual por las tareas de soporte es de 1.500€.
- **VMware vSAN:** 4.000€⁵ por CPU. El precio total de la licencia es de 64.000€ por 16 CPUs y el precio anual por las tareas de soporte es de 16.000€.

¹Los componentes que se especifican son aquellos que son obligatorios para desplegar VMware Cloud Foundation.

²Para la edición *Advanced* de VMware Cloud Foundation.

³Para la edición *Standard* de VMware vSphere.

⁴Para la edición *Standard* de VMware vCenter

⁵Para la edición *Advanced* de VMware vSAN.

- **VMware NSX for vSphere:** 5.300€⁶ por CPU. El precio total de la licencia es de 84.400€ por 16 CPUs y el precio anual por las tareas de soporte es de 21.100€.
- **VMware vRealize Log Insight:** 1.500€ por CPU. El precio total de la licencia es de 24.000€ por 16 CPUs y el precio anual por las tareas de soporte es de 6.000€.

El precio total de todas las licencias necesarias para el entorno, teniendo en cuenta que hay 16 CPUs, sería igual a 530.400€, y el precio total por las tareas de soporte sería igual a 164.600€ anuales.

En caso de que ya estén instalados algunos de los componentes entonces solo se requieren licencias para aquellos componentes que aún no están en el entorno. En el caso del entorno inicial, los componentes que ya están instalados son VMware vSphere, VMware vCenter Server. Esto hace que el coste real para implementar VMware Cloud Foundation en el entorno sea igual a 460.400€, ya que solo son necesarias licencias para los componentes SDDC Manager, VMware vSAN, VMware NSX for vSphere y VMware vRealize Log Insight. El coste total de la instalación y mantenimiento de la plataforma VMware Cloud Foundation sobre la infraestructura del CITIC es el siguiente:

- **Licencias:** 460.400€ en total.
- **Soporte:** 164.600€ anuales.
- **Sueldo empleado:** 5.031,25€ en total.

⁶Para la edición *Advanced* de NSX.

Metodología

4.1 Conceptos previos

En este apartado se describe la arquitectura de VMware Cloud Foundation y como estructura sus componentes¹ internamente.

4.1.1 Workload Domain

Un *workload domain* (WD) representa un bloque de recursos dentro del SDDC, que son componentes de la infraestructura física, de la infraestructura virtual, y de seguridad. Los componentes virtuales controlan el acceso y la reserva de los recursos físicos, mientras que la capa de seguridad permite establecer organizar la entrada al WD. Cada WD contiene sus propias instancias de VMware ESXi, VMware vCenter Server, VMware NSX-T y VMware vSAN, pudiendo así gestionar los recursos de cada WD de forma independiente.

Management Domain

El *management domain* es el primer WD que se crea dentro del SDDC, y su función es la gestión de todos los componentes de VMware Cloud Foundation, tanto del propio *management domain* como del resto de *workload domains* existentes. Aparte de las instancias descritas, este WD incluye una instancia de SDDC Manager.

Para desplegar el *management domain* se requieren las siguientes capacidades mínimas en la infraestructura [14]:

- **Hosts:** 4
- **CPU** por host: Dual-socket con 8 cores por socket, en sistemas All-Flash.
- **Memoria** total: 192 GB

¹Se describen solo aquellos componentes que se utilizarán en el despliegue de Cloud Foundation.

- **Almacenamiento** por host: 16 GB para el dispositivo de arranque, un NVMe o SSD para la capa de caché, dos SSD o HDD para la capa de capacidad².
- **NICs** por host: Dos NICs de al menos 10 GbE y, opcionalmente un NIC 1GbE BMC.

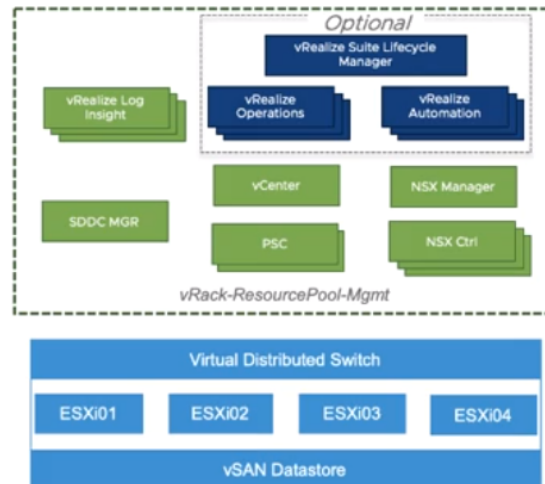


Figura 4.1: Componentes de *management domain*

Virtual Infrastructure Domain (VI) y Virtual Desktop Infrastructure Domain (VDI)

Este tipo de *workload domain* se crea manualmente y bajo demanda desde *management domain* para dar servicio a las necesidades de cada usuario o para crear diferentes entornos con finalidades distintas. Su configuración de hardware y lógica se especifican durante su proceso de creación, permitiendo indicar la cantidad de hosts, cantidad de almacenamiento, configuración de la red y políticas de rendimiento y disponibilidad, todo para satisfacer las necesidades del tipo de tareas para las que se crea. El acceso a un *VI domain* se realiza a través de vSphere Client donde el administrador puede gestionar todos los recursos asociados con ese *workload domain*. Cada *virtual infrastructure domain* cuenta con sus propios vCenter Server y un NSX Manager dedicados, que se ejecutan desde el *management domain* de la infraestructura, y *datastore* vSAN dedicado. La diferencia entre un *virtual infrastructure domain* y *virtual desktop infrastructure domain* es que el segundo incorpora el producto VMware Horizon View que, resumiendo, permite desplegar escritorios virtuales. Con cada nuevo *virtual infrastructure domain* se crea un nuevo cluster vSphere en la infraestructura que agrupa todos los recursos que tiene asignados.

Cuando se despliega un *virtual infrastructure domain* se crean y configuran de forma automatizada por el componente SDDC Manager las siguientes máquinas virtuales (VM) de cada

²En total se requieren 800 GB para este *workload domain*.

componente de VMware Cloud Foundation³ [15] [Fig. 4.2]:

- Una VM de **vCenter Server** en Management Domain: 8 vCPU, 24 GB de memoria, 500 GB de almacenamiento.
- Una VM de **NSX Manager** en Management Domain: 4 vCPU, 16 GB de memoria, 60 GB de almacenamiento.
- Tres VM de **NSX Controller** en el VI Domain creado (cada una): 4 vCPU, 4 GB de memoria, 28 GB de almacenamiento.

Por cada *virtual infrastructure domain* que se despliega en la infraestructura, se requieren las siguientes capacidades mínimas[14]:

- **Hosts:** 3
- **CPU, Memoria y Almacenamiento:** depende de los requisitos de las tareas que se vayan a desarrollar en este *workload domain*.
- **NICs** por servidor: Dos NICs de al menos 10 GbE y, opcionalmente un NIC 1 GbE BMC.

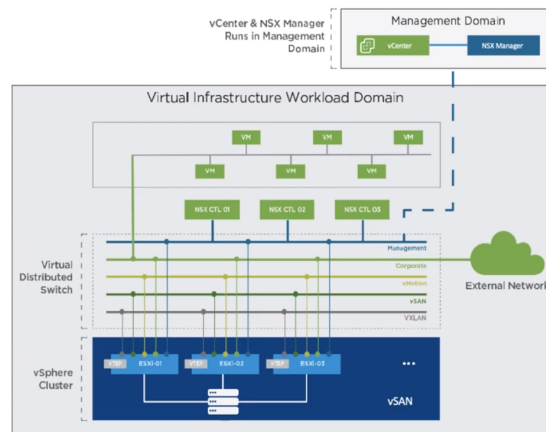


Figura 4.2: Componentes de *virtual infrastructure domain*.

4.1.2 Arquitectura

La arquitectura de VMware Cloud Foundation tiene dos posibles modelos de despliegue dependiendo del número de hosts sobre los que se despliega VMware Cloud Foundation.

³Las características de cada máquina virtual se refieren a los requisitos mínimos

Modelo estándar

Este modelo está pensado para desplegar VMware Cloud Foundation en entornos de tamaño medio/grande con un mínimo de siete hosts. Está formado por un *management domain* que se despliega en cuatro de los hosts y contiene todos los componentes de gestión de toda la infraestructura, desde este *workload domain* se administra la infraestructura del SDDC y cada *virtual infrastructure domain* existente. Además, este modelo contiene al menos un *virtual infrastructure domain*, creado bajo demanda y con capacidades establecidas según su finalidad que posteriormente se pueden modificar, se despliega sobre al menos tres hosts. Cada *virtual infrastructure domain* requiere tres hosts adicionales, es decir, un host solo puede pertenecer a un único *workload domain*. El máximo número de *virtual infrastructure domains* que se pueden desplegar en una instancia de VMware Cloud Foundation es 14.

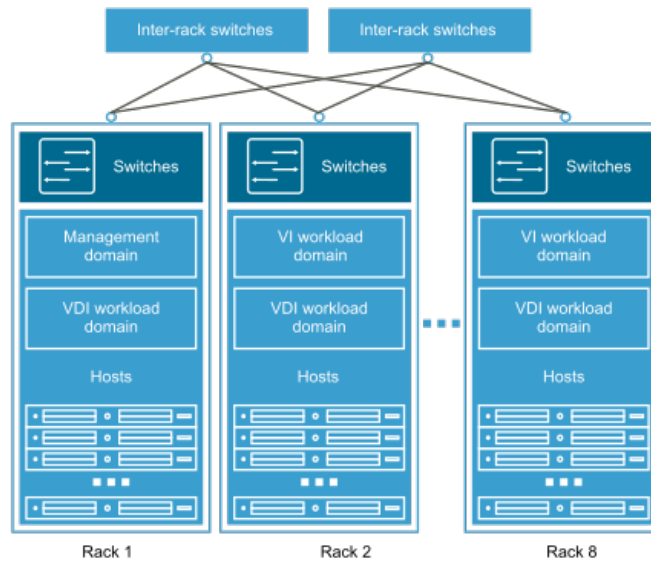


Figura 4.3: Esquema del modelo de arquitectura estándar.

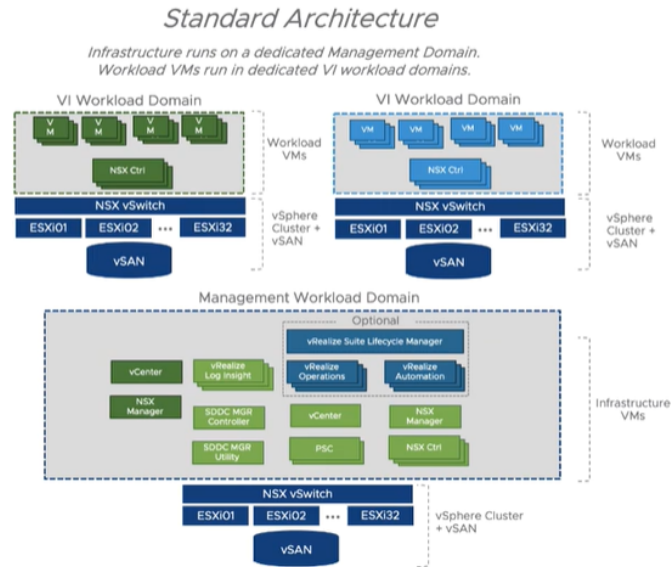


Figura 4.4: Estructura de los componentes en una arquitectura estándar.

Modelo consolidado

Este modelo está pensado para desplegar VMware Cloud Foundation en entornos de tamaño pequeño, normalmente cuando hay menos de siete hosts, aunque se puede también se puede utilizar sobre entornos más grandes de hasta 64 hosts. En este modelo los flujos de trabajo que corresponden al *virtual infrastructure domain* y al *management domain* en el despliegue estándar, están colocados dentro de un mismo *workload domain* en un único cluster pero aislados gracias a que cada uno se coloca dentro de un *resource pool*, es decir, solo existe un cluster con varios *resource pool*. Un *resource pool* es una característica de VMware vSphere que permite abstraer un conjunto de recursos de un cluster estableciendo unos límites de capacidad que puede usar [16]. Este modelo se puede convertir en un modelo estándar creando un *virtual infrastructure domain*. [Fig. 4.5].

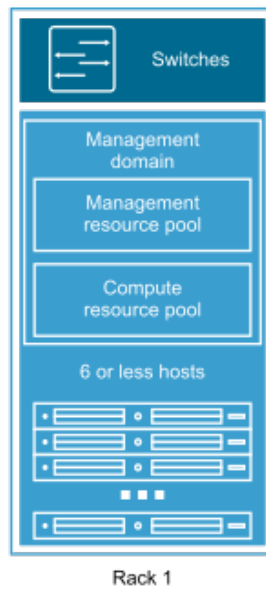


Figura 4.5: Esquema del modelo de arquitectura consolidado.

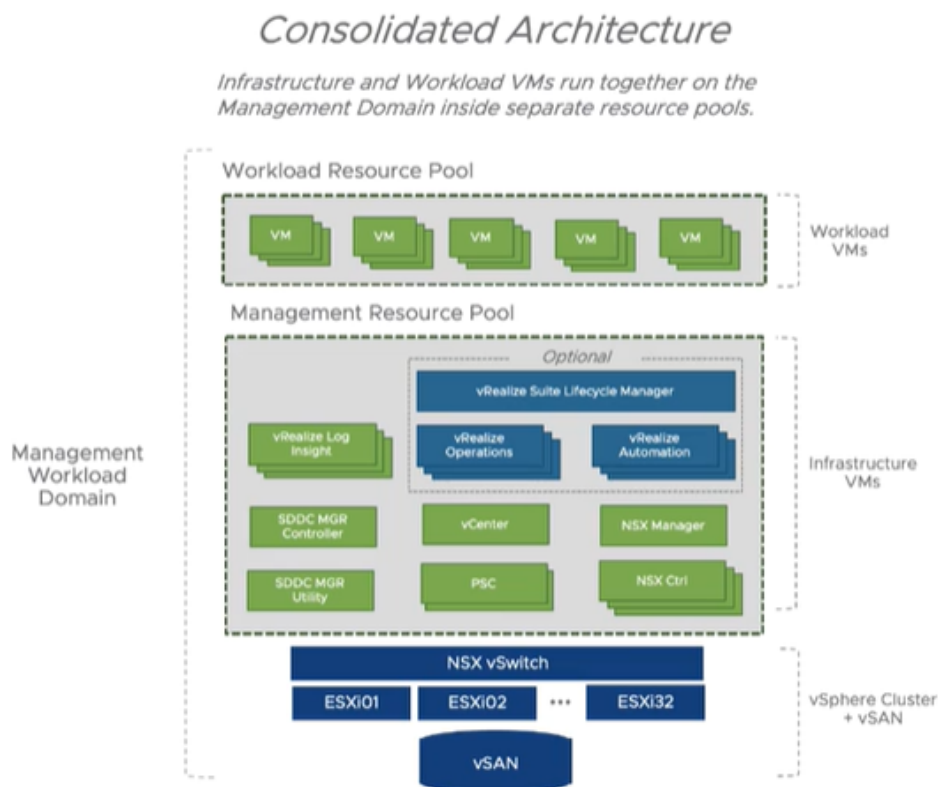


Figura 4.6: Estructura de los componentes de una arquitectura consolidado.

4.2 Requisitos y diseño de la infraestructura y arquitectura

Teniendo en cuenta las capacidades físicas de la infraestructura, se ha elegido el modelo consolidado para el despliegue de VMware Cloud Foundation sobre la infraestructura. La principal razón por la que se escoge este modelo es por el número de hosts ESXi. En los siguientes apartados se describen la arquitectura que se genera y la infraestructura requerida en cada capa.

4.2.1 Arquitectura e Infraestructura Físicas [1]

En este apartado se describen las principales características que tiene el entorno físico de un SDDC construido con VMware Cloud Foundation.

Clusters, zonas de disponibilidad y regiones

Un SDDC puede estar formado por uno o más clusters de distintos tipos. En el modelo consolidado la infraestructura está formada por un único cluster que incluye los servicios de gestión de VMware Cloud Foundation VMware vCenter Server, vSphere Update Manager, VMware NSX Manager, VMware NSX Controller y VMware vRealize Log Insight, los servicios de red necesarios para establecer conectividad en el entorno y las máquinas virtuales que los usuarios crean cuando aprovisionan sus recursos. Se aplican las mismas políticas de alta disponibilidad y gestión del ciclo de vida al flujo de trabajo de gestión del SDDC y al flujo de trabajo del usuario. En el modelo estándar los distintos *workload domain* se dividen en clusters que pueden ser de tres tipos:

- **Management Cluster:** se crea durante el despliegue de VMware Cloud Foundation y contiene el *management domain*, desde aquí se gestiona el SDDC. Contiene los servicios de gestión mencionados anteriormente.
- **Shared Edge and Compute Cluster:** es el primer cluster que se crea dentro de un *virtual infrastructure domain* ya que puede haber más de un cluster. Este cluster contiene los servicios de red NSX del *workload domain* y también puede contener el flujo de trabajo de los usuarios.
- **Compute Cluster:** cluster adicional que se crea dentro de un *virtual infrastructure domain*. Contiene el flujo de trabajo de los usuarios.

Un SDDC puede estar distribuido en una o más *Availability Zone* (AZ). Estas son zonas aisladas con infraestructuras independientes que evitan la propagación de fallos de hosts individuales a través de toda la infraestructura, cuantas más AZ existan mayor disponibilidad tendrá el servicio. La latencia entre dos AZ debe ser de 5 ms como máximo y la conexión de al menos

10 Gbit. Una *Region* agrupa una o más *AZs*, con esto se da solución a la recuperación del servicio ante desastres. La latencia entre dos *Regions* debe ser de 100 ms como máximo. El modelo consolidado solo da soporte a una *Region* con una *AZ*, mientras que el modelo estándar puede soportar múltiples *Regions* con múltiples *AZs*.

Red física

La topología de red en la capa física del SDDC de VMware Cloud Foundation se puede implementar mediante servicios de transporte en la capa 2 o en la capa 3. El diseño en la capa 2 implica que la topología de la red incluya los dispositivos de capa 2 (*Top of Rack Switches*) y los dispositivos de la capa 3 (routers, switches) [Fig. 4.7], por lo tanto las VLANs que se definan se deben implementar en la capa 2 y en la capa 3. Esto puede provocar problemas al aumentar el tamaño de la red ya que el número de VLANs disponible es más limitado, y problemas de compatibilidad ya que es posible que los dispositivos físicos tengan que ser del mismo proveedor. El diseño en la capa 3 implica que la topología de la red solo incluye a los dispositivos de capa 3 [Fig. 4.8]. Esto permite limitar la definición de VLANs a esa capa y el uso de enrutamiento dinámico con protocolos OSPF o BGP entre la capa 2 y 3. Así se consigue una mayor libertad a la hora de seleccionar los dispositivos físicos de red y que su configuración es más sencilla.

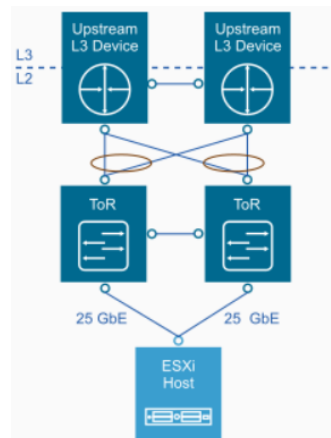


Figura 4.7: Límite de las capas 2 y 3 cuando la topología se implementa con dispositivos de capa 2.

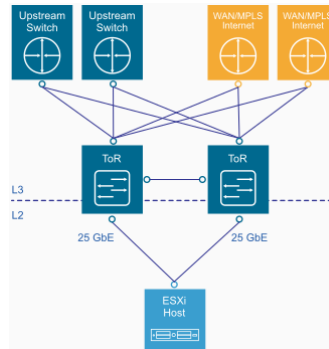


Figura 4.8: Límite de las capas 2 y 3 cuando la topología se implementa con dispositivos de capa 3.

Como VMware Cloud Foundation abstrae la red física en una red virtual, la red física debe cumplir ciertos requisitos para que la red virtualizada sea robusta. Esta se debe mantener simple con configuraciones comunes en todos los switches, uso de VLANs y uso de enrutamiento dinámico, también debe ser escalable en cuanto a cantidad de hosts, ancho de banda y cantidad de rutas redundantes. Además, se debe tener en cuenta que cada tipo de tráfico tiene características diferentes, como por ejemplo el tráfico dedicado al almacenamiento a través de IP que suele usar mayor ancho de banda, por ello es necesario distinguir cada tipo de tráfico con protocolos *Quality of Service* (QoS). El marcado de cada tipo de tráfico se realiza en el hipervisor ESXi a través de un vSphere Distributed Switch que soporta QoS tanto en la capa 2 como en la capa 3. En la capa 2 se utiliza un campo de tres bits llamado *Class of Service* que representa la prioridad del *frame* con un valor de cero a siete, presente en la cabecera Ethernet cuando se utiliza etiquetado VLAN, mientras que en la capa 3 se utiliza un campo de 6 bits en la cabecera IP llamado *Differentiated Services Code Point*, perteneciente al protocolo *DiffServ*, para clasificar cada paquete. Los principales componentes que se deben configurar para dar conectividad entre los servidores son los siguientes:

- **Top of Rack Physical Switches (TOR):** es un switch al que se conectan los hosts de un rack para tener conectividad con el resto de la infraestructura. Se recomienda que un host esté conectado a dos switches TOR y que estos se configuren de forma redundante para proveer alta disponibilidad y tolerancia a fallos de alguna de las conexiones. Cada switch TOR se conecta a otro par de switches que establece conexión entre todos los racks.

Los puertos del switch TOR que se conectan a los hosts deben estar configurados como puertos troncales de VLAN para que acepte todas las VLANs usadas por el host, se debe proveer servicio DHCP a cada VLAN usada y configurar los puertos para que acepten *jumbo frames*. El marcado QoS del tráfico que realiza cada host ESXi debe ser aceptado

y no puede ser modificado una vez abandona el host.

Otros protocolos que se deben configurar en los puertos que se conectan con los hosts son:

- *Spanning Tree Protocol* (STP): protocolo que se encarga de gestionar las rutas de la red que son redundantes.
- *Trunking*: configurar cada enlace troncal con las VLANs que van a transmitir tráfico a través de él. Se debe establecer como VLAN nativa, aquella utilizada para transmitir el tráfico que no tiene etiqueta, VLAN de la red *management*.
- *MTU*: configurar el MTU de cada VLAN para el transporte de paquetes *jumbo frames*. Este valor será el que se use para configurar los hosts ESXi. Se recomienda establecerlo en 9000 bytes.
- *Multicast*: configurar el protocolo IGMP en cada switch TOR como enrutador (busca activamente que VLANs pertenecen a un grupo Multicast) y cada VLAN como miembros de IGMP (los hosts que forman parte del grupo indican su pertenencia a un grupo multicast de forma activa).

Los siguientes servicios usados por los componentes de VMware Cloud Foundation se deben configurar sobre la red física de la infraestructura para el correcto funcionamiento del SDDC[17]:

- **Servidor DNS:** se utiliza para obtener los nombres y direcciones de todas las máquinas virtuales que se creen, tanto en sentido *forward* (obtener una dirección IP a partir de un nombre) como en sentido *reverse* (obtener un nombre a partir de una dirección IP). Además, este servicio debe ser configurado antes de realizar el despliegue de VMware Cloud Foundation. Este servicio es utilizado por el componente Platform Services Controller, vCenter Server, NSX Manager y vRealize Log Insight.
- **Servidor DHCP:** permite asignar direcciones IP de forma dinámica a los puertos *vmkernel* de cada host ESXi. Este debe ser accesible desde cada VXLAN de VMware NSX y es necesario establecer previamente las redes que se van a usar en VMware Cloud Foundation. Este servicio debe estar disponible antes de comenzar el despliegue del SDDC ya que es necesaria la asignación dinámica de IPs.
- **Servidor NTP:** requerido por todos los componentes de VMware Cloud Foundation para mantener sus horas sincronizadas. Este servicio debe estar disponible en la infraestructura y configurado en cada host ESXi antes del despliegue de VMware Cloud Foundation, y debe ser alcanzable desde la red de *management* y de vRealize. La diferencia de tiempo entre los componentes de la infraestructura no debe ser mayor de cinco minutos.

- **Router:** debe existir enrutamiento dinámico en la red desde la capa 3. Es requerido por NSX para establecer comunicación con los ESG. Este servicio debe estar configurado antes del comenzar enl despliegue de VMware Cloud Foundation.

Host ESXi[14]

Los hosts ESXi que se desplieguen en un cluster deben tener características físicas idénticas para hacer la infraestructura más manejable, incluyendo la configuración de almacenamiento y red. Para desplegar VMware Cloud Foundation se requiere:

- Dos interfaces de red (NIC) de la misma velocidad que deben estar conectadas a la VLAN troncal de dos switches TOR. Configurando *NIC teaming* en VMware Sphere Distributed Switch se consigue que el tráfico se distribuya por las interfaces de red disponibles de forma óptima y que exista tolerancia a fallos.
- Todas las conexiones físicas del host deben tener al menos una velocidad igual a 10 Gbit.
- Cada host debe tener al menos 192 GB de memoria RAM, de esa cantidad, 176 GB de memoria RAM son requeridos por las máquinas virtuales que gestionan el SDDC.
- Un disco de arranque con un tamaño mínimo de 16 GB.

Almacenamiento físico

VMware Cloud Foundation utiliza VMware vSAN para proveer el almacenamiento de un SDDC. Para desplegar VMware Cloud Foundation, VMware vSAN requiere las siguientes características:

- Mínimo de tres hosts con recursos de almacenamiento.
- Determinar qué configuración de vSAN se va a utilizar, *All-Flash* o *Hybrid*. Se recomienda la solución *All-Flash* ya que ofrece mayor rendimiento.
- Para cada host con recursos de almacenamiento se debe cumplir que el disco de caché tenga un 10% de la capacidad del almacenamiento persistente del grupo de discos, tener un mínimo de dos discos en la capa de capacidad, un controlador RAID y configurar habilitar vSphere High Availability para apagar las máquinas virtuales de un host cuando este se encuentre aislado. El controlador RAID debe tener la característica *pass-through* la cual permite que VMware vSAN muestre como discos individuales cada disco duro de un grupo de discos, esto facilita la gestión de cada disco y que se puedan realizar sustituciones sin detener el servicio.
- La capacidad mínima de almacenamiento disponible para el modelo consolidado es de 800 GB.

4.2.2 Arquitectura e Infraestructura Virtuales[2]

Esta capa virtual provee infraestructura de almacenamiento, red y cómputo definida por software a través de servicios. En el modelo de despliegue consolidado de VMware Cloud Foundation, todos sus servicios y componentes se encuentran dentro de un mismo cluster (solo una AZ) dentro de la infraestructura, mientras que en el modelo estándar los servicios y componentes de gestión de la infraestructura están situados en clusters distintos (pueden estar en AZ distintas), todos sus componentes se encuentran agrupados en un mismo cluster.

Diseño de VMware vCenter Server

El componente VMware vCenter Server es el punto de acceso y de control de todas las máquinas virtuales y servicios localizados en los hosts ESXi que forman parte de su dominio. En VMware Cloud Foundation se utiliza una instancia de VMware vCenter Server para controlar un *workload domain* para aislar el flujo de trabajo y gestión de cada uno, simplifica la escalabilidad del SDDC, la gestión de actualizaciones para los componentes es más sencilla, permite determinar roles específicos y responsabilidades y permite aislar las redes de otras instancias de vCenter Server. Además, para gestionar vSphere SSO Domain, VMware vCenter Server contiene embebido el componente PSC con todos los servicios necesarios. En caso de que existan varios *Workload Domain* se puede habilitar el modo *Enhanced Linked Mode* para poder gestionar todas las instancias de vCenter Server de forma centralizada desde un único vSphere Client. Por lo anterior, en el *management domain* se despliega una instancia de VMware vCenter Server que incluye un cluster de VMware vSphere.

Diseño cluster VMware vSphere

Dentro de un *workload domain* se pueden crear varios clusters vSphere con diferentes características. Para crear cluster y establecer sus características hay que tener en cuenta que se pueden usar menos hosts ESXi de mayor capacidad o más hosts EXi con menores prestaciones, el coste de cada host ESXi, el uso que se le va a dar al cluster y las características máximas y mínimas de un cluster vSphere. Para el *management domain* se utiliza un único cluster vSphere con un mínimo de 4 hosts de los cuales se reserva un host para proveer redundancia. En caso de que el *management domain* esté extendido en dos AZ entoces se requieren 4 hosts en cada AZ para proporcionar redundancia y disponibilidad en caso de caída de una de las AZ. Dentro del cluster hay que configurar los servicios vSphere HA y vSphere DRS para proteger los componentes del SDDC. La configuración que se establece en el *management domain* es la siguiente:

- **vSphere High Availability:** en este servicio la propiedad *Admission Control Policy* permite establecer la cantidad recursos reservados en caso de fallo y como se establece

el cálculo de esos recursos. En el *management domain* se configura para el fallo de al menos un host y reserva de recursos según un porcentaje, reservando así el 25% de la CPU y el 30% de la memoria RAM ya que funciona mejor cuando las VM usan mucha CPU y memoria. La otra propiedad que se debe habilitar para el correcto funcionamiento del servicio es *VM and Application Monitoring*, que se encarga de reiniciar las VM en caso de caída.

- **vSphere DRS:** se activa usando la opción por defecto, *Fully Automated* ya que aporta el mejor balance entre consumo de recursos y migraciones de VM innecesarias. Adicionalmente se pueden establecer reglas para determinar reglas de orden de encendido sobre grupos de VM. En caso de que exista más de una AZ, se deben crear grupos de VM y de hosts de cada AZ para luego implementar reglas de afinidad para que las VM de una AZ no sean migradas a otra AZ ya que esto puede afectar al rendimiento de la VM.

Diseño de red para el cluster vSphere

Si bien en VMware Cloud Foundation existe VMware NSX-T, un componente dedicado únicamente a la administración de la red del SDDC, es desde VMware vSphere dónde se crean los elementos para formar las redes básicas que conectan los principales componentes del SDDC y para entregar y configurar sus servicios. Estas redes se configuran en base a los siguientes aspectos:

- Separar el tráfico de cada servicio para mejorar la eficiencia de la red y la seguridad. Así se puede ajustar las características de cada red, como el ancho de banda o la latencia, a las necesidades de cada servicio.
- Utilizar un único vSphere Distributed Switch por cluster donde se añade un *port groups* por cada servicio.
- Las NICs físicas de cada host ESXi conectados a un mismo vSphere Distributed Switch están conectadas también a la misma red física.

Para el *management domain* del SDDC se crea un único vSphere Distributed Switch llamado *sddc-vds01* con la siguiente configuración:

- Se establece un MTU igual 9000 Bytes para permitir el tráfico de *jumbo frames* ya que son requeridos por algunos de los servicios.
- Se habilita el servicio *Network I/O* que permite establecer un nivel de prioridad a cada tipo de tráfico. Esto se realiza estableciendo límites de ancho de banda, políticas de balanceo de carga y reserva de recursos para un tipo de tráfico asociado a un servicio.

Por cada tipo de tráfico hay cuatro aspectos que se pueden configurar que son *Shares* (indica el % de ancho de banda que se le da a un tipo de tráfico, el tipo de tráfico que tenga un mayor valor en *Shares* tendrá más prioridad a la hora de usar los recursos), *Reservation* (indica el valor de ancho de banda que se reserva para el tipo de tráfico) y *Limit* (establece un valor máximo para el ancho de banda de un tipo de tráfico). En el *management domain* los tipos de tráfico más relevantes que se deben configurar son los siguientes:

- *Management Traffic*: el valor *Shares* se establece al 50% (*Normal*) lo cual le da mayor prioridad que el resto de tipos. El resto de valores no se modifican.
 - *vSphere vMotion Traffic*: el valor *Shares* se establece al 25% (*Low*) ya que durante el estado normal del entorno este tipo de tráfico no es muy importante. El resto de valores no se modifican.
 - *vSAN Traffic*: el valor *Shares* se establece al 100% (*High*) para garantizar que este servicio recibe la cantidad de ancho de banda que necesita. El resto de valores no se modifican.
 - *Virtual Machine Traffic*: el valor *Shares* se establece al 100% (*High*) para garantizar que las VMs siempre tienen acceso a la red ya que son una parte importante del SDDC. El resto de valores no se modifican.
- Para detectar errores de compatibilidad entre la configuración del vSphere Distributed Switch y la red física se habilita el servicio *Health Check*. Este se encarga de comprobar si la configuración de cada VLAN y MTU se adapta a la configuración de la capa física.
 - Como puertos de salida *Uplink* se configuran las dos interfaces físicas *vmnic0* y *vmnic1* de cada host.

En este vSphere Distributed Switch para el *management domain* se configuran los siguientes *port groups*, que son del tipo *Distributed port group* y del tipo *Uplink port group*:

- **Management port group**: es un *Distributed port group* que comunica a todos los hosts ESXi entre sí y transmite el tráfico entre los diferentes componentes de VMware Cloud Foundation, es decir, por este *port group* circulan los comandos de configuración y gestión que los componentes del SDDC se envían entre ellos. Con el nombre *sddc-vds01-mgmt*, en él están configurados los cuatro hosts ESXi y las VMs *vcenter-mgmt*, *sddc-manager*, *nsx-mgmt-1*, *edge01-mgmt* y *edge02-mgmt* bajo la subred con IP 10.0.0.0, con máscara de red 255.255.255.0, con VLAN 10 y con MTU igual a 1500 Bytes.
- **vMotion port group**: es un *Distributed port group* que está dedicado al tráfico del componente vSphere vMotion para realizar las migraciones de máquinas virtuales de un

host a otro. Con el nombre *sddc-vds01-vmotion*, en él están configurados los 4 hosts bajo la subred con IP 10.0.4.0, con máscara de red 255.255.255.0, con VLAN 10 y con MTU igual a 8940 Bytes.

- **vSAN port group:** es un *Distributed port group* que está dedicado al servicio de almacenamiento VMware vSAN y por él los hosts acceden al almacenamiento del SDDC. Con el nombre *sddc-vds01-vsan*, en él están configurados los 4 hosts bajo la subred con IP 10.0.8.0, con máscara de red 255.255.255.0, con VLAN 10 y con MTU igual a 8940 Bytes.
- **Uplink port group:** se trata de un *Uplink port group* al que se le asignan las NICs físicas de cada host para establecer políticas sobre el tráfico que se dirige desde los hosts y VMs hacia fuera del vSphere Distributed Switch. Con el nombre *sddc-vds01-DVUplinks-10*, en él están configuradas las dos NICs físicas de cada host, cada una en una interfaz *uplink*.
- **Edge Uplink port group:** es un *Distributed port group* dedicado a las conexiones del component NSX-T Edge que se dedica a dar acceso a determinados servicios y para proporcionar a otros *workload domain* conexión con la red externa. En el entorno existen dos *port groups* para proporcionar redundancia y alta disponibilidad, uno llamado *sddc-edge-uplink01* cuyas instancias están configuradas bajo la red con IP 172.27.11.0 y con máscara de red 255.255.255.0, y otro llamado *sddc-edge-uplink02* cuyas instancias están configuradas bajo la red con IP 172.27.12.0 y máscara de red 255.255.255.0. Ambos *port groups* están configurados como VLAN Trunk (por ellos puede circular tráfico de cualquier VLAN) y tienen un MTU de 8940 Bytes. En los dos están configuradas dos VM llamadas *edge01-mgmt* y *edge02-mgmt*.

La configuración que se aplica a cada *Distributed port group* descrito anteriormente es la siguiente:

- *Port binding:* permite indicar como se gestionan los puertos de un *port group* cuando se añade o elimina una VM. Tiene dos opciones de configuración, la primera se denomina *Static Port Binding* y su función consiste en asignar un puerto dentro del *port group* a la VM que se conecta y solo se elimina cuando la VM es borrada. La segunda opción se denomina *Ephemeral Port Binding* y consiste en que el puerto se asigna a la VM cuando esta se enciende y se elimina cuando se apaga o elimina. Para los *port groups* *sddc-vds01-vsan* y *sddc-vds01-vmotion* se configura la opción *Static Port Binding* ya que así se asegura que las VMs se conectan siempre al mismo puerto lo cual permite mantener datos históricos y hacer monitoreo a nivel de puerto. Para los *port group* *sddc-vds01-mgmt*, *sddc-edge-uplink01* y *sddc-edge-uplink02* se configura la opción *Ephemeral Port Binding* ya que como el tráfico que circula por ellos es el que gestiona todos los componentes y da acceso a otras redes entonces se elimina la dependencia del estado de

vCenter Server permitiendo que la comunicación continúe aunque vCenter Server no se encuentre operativo.

- *Load Balancing*: indica como se distribuye el tráfico de salida de cada VM/host que se encuentran en el *port group* entre las NICs físicas. Se selecciona *Route based on physical NIC load*, es decir, el tráfico de una VM se transmite por una única NIC por lo que si esa NIC física está saturada, se asignará otra NIC física a la VM.
- *Network failure detection*: esta opción permite establecer como debe determinar el *port group* que alguna de las NICs físicas está fuera de servicio. Se selecciona *Link status only* para que esto se determine según el estado que le transmite la NIC física, así se pueden detectar los fallos que ocurren en la red física.
- *Notify switches*: si está habilitada, permite a los host enviar *frames* a los switches físicos para que estos conozcan la localización de las VM que están funcionando en cada host. Se activa al seleccionar *Yes*.
- *Failback*: permite determinar como se reactiva una NIC cuando esta se recupera de un fallo. Al seleccionar *Yes* se establece que la NIC se marcará como activa inmediatamente después de que se haya recuperado. Esta opción se debería desactivar en caso de que el estado de la NIC sea inestable.
- *Failover Order*: permite determinar que uplinks se deben utilizar en cada estado de la conexión que puede ser *active* (cuando los uplinks seleccionados están activos), *stand by* (cuando alguno de los uplinks *active* está inactivo). Se seleccionan las dos interfaces *uplink* disponibles en el estado *active*. Para el *port group sddc-edge-uplink01* se selecciona la interfaz *uplink1* como activa y se deja sin usar la interfaz *uplink2*, mientras que se configura de forma contraria en el *port group sddc-edge-uplink02*.

Diseño de la red del SDDC con VMware NSX-T

En un SDDC debe existir una red virtual, es decir, definida por software o también conocida como *Software-Defined Network*. Esta red al estar construida con componentes de software, se desacopla de la red física sobre la que funciona lo que hace posible que se pueda modificar sin necesidad de cambiar la configuración en la capa física, reduciendo así la complejidad de la red física y el tiempo dedicado a la gestión de la misma. Además, este tipo de arquitectura habilita la posibilidad de implementar múltiples configuraciones de red en tiempo reducido proporcionando elasticidad y flexibilidad a la hora de administrar los recursos, tanto para el administrador como para el usuario final. El componente encargado de crear, configurar y administrar la red virtualizada del SDDC es VMware NSX-T que a su vez contiene otros

componentes entre los que se dividen distintas responsabilidades y funciones, ya descritos anteriormente.

VMware NSX-T despliega en el *management domain* despliega tres instancias de NSX-T Manager aunque en el entorno solo se despliega una llamada *nsx-mgmt-1* para mejorar el rendimiento, y dos instancias de NSX-T Edge que en el entorno se denominan *edge01-mgmt* y *edge02-mgmt*, cada conjunto de instancias de cada componente forman un cluster donde cada VM está protegida por las funcionalidades vSphere HA y vSphere DRS para proveer alta disponibilidad del servicio y migrar las VMs a otra ubicación en caso de caída de una AZ o de un host. Estas VMs están conectadas al *Distributed port group* llamado *sddc-vds01-mgmt* que les permite comunicarse entre ellas y con vCenter Server, además las instancias de NSX-T Edge también están conectadas a otros dos *Distributed port group* llamados *sddc-edge-uplink01* y *sddc-edge-uplink02*. Si de existe más de una AZ, varios de los *distributed port groups* se deben extender al resto de AZs para que en caso de que la primera AZ falle sus VMs se puedan migrar a otra AZ y sigan teniendo conectividad. Los *port groups* que deberían estar extendidos en todas las AZ son el *port group Management* de cada AZ⁴, los *port group Edge Uplink* y el *port group Edge Overlay*.

Para gestionar todas las conexiones y redes virtuales, VMware NSX-T introduce el componente llamado **NSX-T Virtual Distributed Switch** (N-VDS). Un N-VDS retransmite el tráfico entre los componentes que funcionan en los *transport nodes* conectados al mismo N-VDS (por ejemplo, entre las VMs que residen en los TN), y también con la red física, aunque para esto último el N-VDS debe tener asignada una NIC física del TN donde se encuentre (una NIC física solo puede ser asignada a un único N-VDS). Los elementos que utiliza VMware NSX-T para crear una red independiente de la configuración de la red física son *Segment* y *Transport Zone*. Con estos componentes VMware NSX-T puede crear túneles que definen redes de capa 2 sin necesidad de realizar ningún cambio en la configuración de la red física.

- **Transport Zone** (TZ): define el alcance de una red lógica. Pueden ser de dos tipos distintos, basada en VLAN o basada en Overlay. Una TZ se puede asignar a varios TN que tendrán acceso a los *Segments* que funcionen en esa TZ.
- **Segment**: también llamado *Logical Switch*, representa un dominio de broadcast de capa 2 que forma parte de una *Transport Zone*. El tipo de tráfico puede ser de dos tipos VLAN u *Overlay* dependiendo de la *Transport Zone* donde se encuentre. Las VMs de cada host se pueden conectar a los *Segments* situados en las *Transport Zones* a las que el host está conectado. Estas VMs se pueden comunicar con el resto de VMs conectadas al mismo *Segment*.

⁴Cada AZ tiene su propio *Management port group*, entonces en cada AZ debe existir el *Management port group* del resto de AZs.

N

Los componentes de VMware NSX se distribuyen de forma diferente dependiendo de si se utiliza el modelo consolidado o el estándar. En el modelo consolidado, la instancia de NSX Manager, las instancias de NSX Controller y cada NSX ESG y NSX DLR están situados en el mismo cluster. En el modelo estándar, cada AZ contiene en el *management cluster* las instancias de NSX Manager para cada *workload domain*, las instancias de NSX Controller para el *management domain* y las máquinas virtuales de NSX ESG y DLR Control para el *management domain*, el cluster *shared edge and compute* contiene las instancias de NSX Controller de cada *virtual infrastructure domain* y las máquinas virtuales de NSX ESG y DLR Control de cada *virtual infrastructure domain*. En ambos modelos las instancias de NSX Manager proveen alta disponibilidad gracias al servicio vSphere HA, los componentes del *data plane* permanecen activos aunque el *control* y *management planes* estén fuera de servicio. Las instancias de NSX Controller se distribuyen entre todos los hosts ESXi por el servicio vSphere DRS. Esto se hace posible principalmente gracias a NSX Logical Switch y a VXLAN.

Las redes VLAN creadas funcionan sobre el protocolo IP de la red física gracias a *Virtual Extensible LAN* (VXLAN). Este protocolo permite enviar un tráfico de capa de datos (capa 2) encapsulado en *frames* de capa de red (capa 3) existente en la infraestructura de red física creando lo que se llama una *transport zone*, la cual delimita el alcance de una VXLAN. Cada VXLAN está identificada por su *VXLAN Network Identifier* (VNI), un número de 24 bits. La encapsulación y transmisión del tráfico a la red es realizada por un *VXLAN Tunnel End Point* (VTEP) situado en cada host ESXi en un puerto *vmkernel* dentro de vSphere Distributed Switch, cada uno tiene una IP asignada. Cada *transport zone* se puede extender por varios vDS, el acceso a ella lo proporciona un Logical Switch configurado específicamente para una *transport zone* [Fig. 4.9]. En un mismo vDS se puede tener acceso a varias *transport zone*.

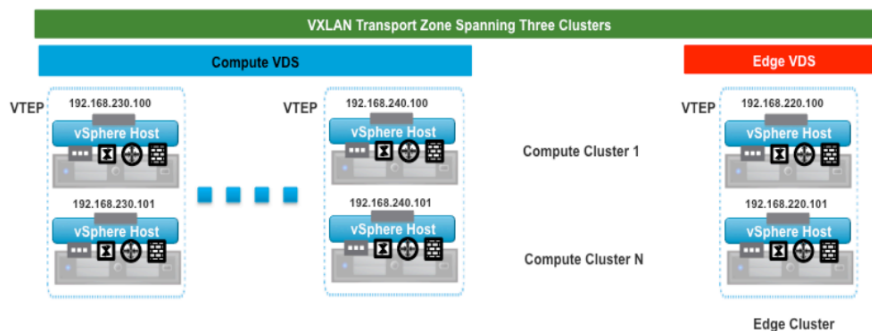


Figura 4.9: VXLAN extendida sobre varios vDS, comunica varios cluster.

El uso de VXLAN es clave para separar la red física de la red virtual porque permite la creación de un mayor número de VLANs en el SDDC, ya que no se configuran directamen-

te sobre los dispositivos de red, además, aportan más flexibilidad a la hora de administrar la red física, simplifica y mejora la escalabilidad de la red, y hace posible la implementación de servicios de red a través de software con VMware NSX. La cantidad de VXLAN que se deben configurar en un SDDC depende del modelo utilizado, en el modelo consolidado se define una única VXLAN, mientras que en el modelo estándar se recomienda configurar una VXLAN que alcance todos los *virtual infrastructure domains* de todas las *regions* (en caso de que haya más de una), una VXLAN a través de todos los *virtual infrastructure domains* de una *region* y otra VXLAN a través de todos los *management domains* existentes, para así permitir el aprovisionamiento de recursos de red bajo demanda, establecer políticas en varias instancias de vCenter Server y permitir la migración de máquinas virtuales entre *regions*. A continuación se explica el funcionamiento de una VXLAN y los elementos que intervienen:

Cuando un host ESXi envía un *frame* a otro host ESXi, utilizan el protocolo VXLAN. Cuando el *frame* sale de la máquina virtual origen, este pasa por el VTEP del host, que lo encapsula con varias cabeceras y lo transmite a la red. El *frame* original se trata de un paquete Ethernet de capa 2, al que el VTEP le añade una cabecera VXLAN con el identificador VNI de la VXLAN a la que pertenece el *frame*, una cabecera UDP que indica los puertos origen y destino en los VTEP que realizan la comunicación, una cabecera IP que contiene las direcciones IP del VTEP origen y del VTEP destino, y una cabecera Ethernet cabeceras que son la cabecera VXLAN, la cabecera IP, la cabecera UDP y una cabecera Ethernet que indica las direcciones MAC origen y destino de los respectivos VTEP⁵ que realizan la comunicación [Fig. 4.10]. La cabecera Ethernet original contiene la dirección MAC de la máquina virtual origen y la MAC de la máquina virtual destino.

⁵Puede que se indique como VTEP de destino la dirección IP del *gateway* de la red, si el destinatario se encuentra en otra red física.

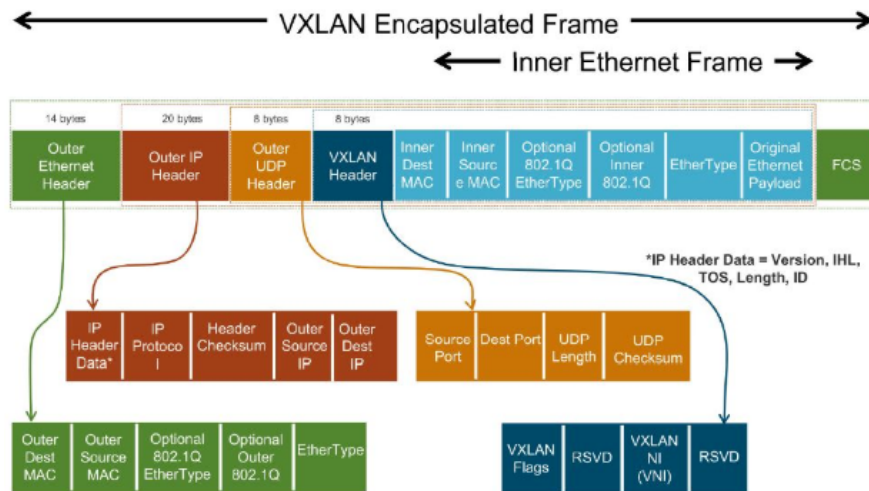


Figura 4.10: Cabeceras de un frame cuando se usa VXLAN.

La información sobre VTEP existentes, la relación entre direcciones MAC de máquinas virtuales y dirección IP de VTEP, y relación entre direcciones MAC de máquinas virtuales y su IP, la poseen las instancias de NSX Controller en tres tablas:

- *VTEP Table*, relación entre un VTEP y la VXLAN que tiene acceso: VNI (ID del segmento), IP (dirección IP del VTEP), Segment (dirección IP del segmento), MAC (dirección MAC de la NIC física donde está configurado el VTEP).
- *MAC Table*, relación entre la dirección MAC de una máquina virtual y el VTEP que le da acceso: VNI (ID del segmento), MAC (dirección MAC de la máquina virtual accesible por la VTEP-IP), VTEP-IP (dirección IP del VTEP que da acceso a la máquina virtual de la MAC indicada).
- *ARP Table*, relación entre la dirección MAC y la dirección IP de una máquina virtual: VNI (ID del segmento), IP (dirección IP de la máquina virtual), MAC (dirección MAC de la máquina virtual).

Estas tablas permiten reducir la cantidad de tráfico en la red ya que las máquinas virtuales y dispositivos de enrutamiento ya no requieren enviar tráfico Broadcast para obtenerla. La comunicación directa entre máquinas virtuales situadas en distintos hosts ESXi se realiza con tráfico Unicast entre sus respectivos VTEP, pero una máquina virtual también puede enviar tráfico dirigido a todas las máquinas virtuales que pertenecen a su mismo Logical Switch, es decir, a las máquinas de la misma *transport zone*, pero pueden situarse en segmentos de red físicos distintos. Este tipo de tráfico puede ser Multicast, Unknown Unicast y Broadcast (BUM), y en VMware NSX se puede gestionar con tres modos de replicación distintos⁶, modo

⁶ Al configurar un Logical Switch se elige uno de los modos.

Multicast, modo Unicast y modo Híbrido.

- **Modo Multicast:** requiere que en la red física se haya configurado una IP multicast para cada VXLAN (es decir, Logical Switch), y el protocolo IGMP Snooping en los switches físicos para crear grupos multicast y que el tráfico sea más eficiente, esto habilita multicast entre los VTEP de la misma subred que el emisor. Para transmitir este tráfico a VTEPs situados en otros segmentos de red, se debe configurar el protocolo PIM para poder enrutarlo con los dispositivos de capa 3 físicos. Esta configuración no permite desacoplar la red lógica de la red física.

Se puede establecer un grupo multicast por cada VXLAN, esto implica que un host solo recibirá tráfico si tiene al menos una máquina virtual en el grupo, pero requiere configurar muchos grupos. Otra opción es crear un grupo multicast para todas las VXLAN, se necesitan menos direcciones IP pero se genera más tráfico en la red.

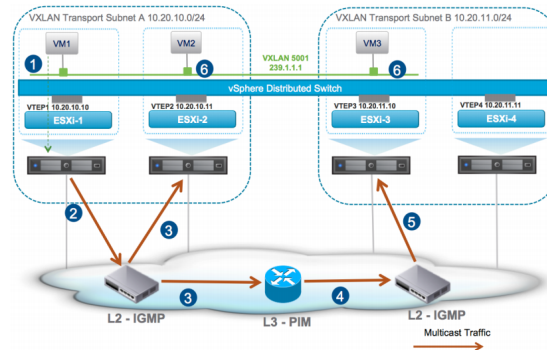


Figura 4.11: Replicación del tráfico BUM en el modo Multicast

- **Modo Unicast:** no requiere ninguna configuración específica en la capa física y está gestionado por VMware NSX. Se crea un grupo con los VTEP situados en el mismo segmento de red, dentro de cada grupo se selecciona un host ESXi para el rol de *Unicast Tunnel End Point (UTEP)*, encargado de recibir el tráfico BUM que procede de otros segmentos de red para reenviarlo por su segmento pero solo a los hosts con al menos una máquina virtual. El host ESXi emisor utiliza la tabla VTEP para comprobar que VTEPs están situados en una VXLAN y así poder dirigir el tráfico BUM correspondiente. Este modo es útil en entornos pequeños donde no hay mucho tráfico y cada segmento de red tiene pocos VTEP.

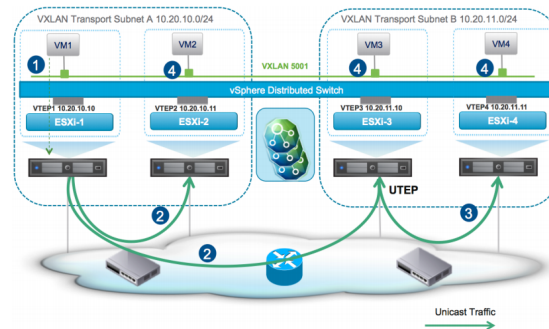


Figura 4.12: Replicación del tráfico BUM en el modo Unicast

- **Modo Híbrido:** combina el modo Unicast y el modo Multicast. El tráfico dirigido a las máquinas virtuales situadas en el mismo segmento de red se transmite usando Multicast, por lo que se requiere tener el protocolo IGMP configurado en los dispositivos físicos de capa 2, se recomienda establecer una dirección Multicast por cada VXLAN. El tráfico se replica a los hosts ESXi que forman parte del grupo. Cuando el tráfico va dirigido a máquinas virtuales situadas en hosts en distinto segmento de red, se transmite utilizando Unicast, como en ese modo, se forma un grupo con los hosts de cada segmento y de cada grupo se elige un host con el rol de *Multicast Tunnel EndPoint* (MTEP). Así, el host que origina el tráfico BUM lo transmite al MTEP correspondiente, el cual se encarga de replicar ese tráfico por su segmento de red. La replicación del tráfico entre segmentos es gestionada por las instancias de NSX Controller.

Este modo de replicación permite desplegar NSX en entornos grandes gracias a que el tráfico Multicast y Unicast se pueden escalar fácilmente, el primero se reduce a cada segmento de red y la transmisión del segundo en la capa 3 está gestionado por VMware NSX sin necesidad de configurar los dispositivos físicos.

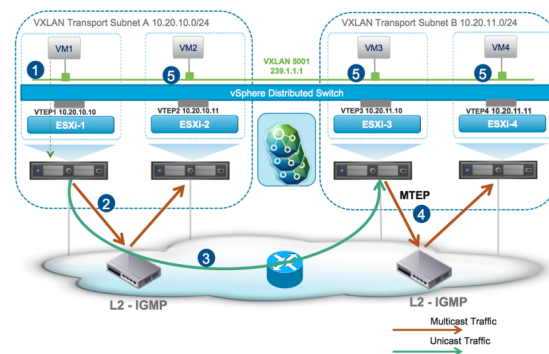


Figura 4.13: Replicación del tráfico BUM en el modo Híbrido

El enrutamiento del tráfico está gestionado por dos componentes Distributed Logical Rou-

ter (DLR) y NSX Edge Services Gateway (ESG). Un mismo DLR se extiende por varios hosts ESXi para enrutar el tráfico entre VXLANs, también mantiene una conexión con las instancias de ESG para transmitir el tráfico que se dirige a redes externas, esa conexión se denomina *transit network* y está gestionada por un Logical Switch. Cada DLR tiene su propio Logical Router Control para intercambiar las rutas disponibles con las instancias de ESG, posteriormente, son las instancias de NSX Controller las que transmiten esta información al DLR distribuido en los hosts ESXi. Las interfaces lógicas del DLR conectan con cada Logical Switch, cada interfaz tiene una dirección IP que representa el *gateway* del segmento de red al que esté conectada [Fig. 4.14 y 4.15]. Estos dispositivos utilizan enrutamiento dinámico (protocolos OSPF o BGP).

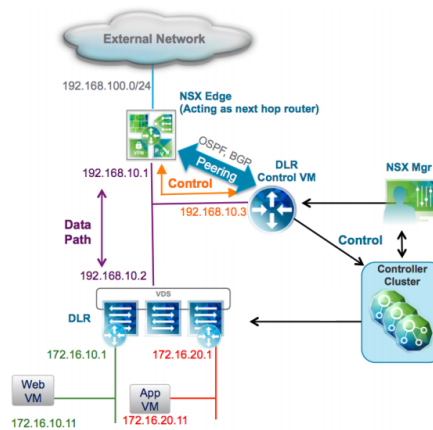


Figura 4.14: Componentes de la red virtual que intervienen en el enrutamiento del tráfico.

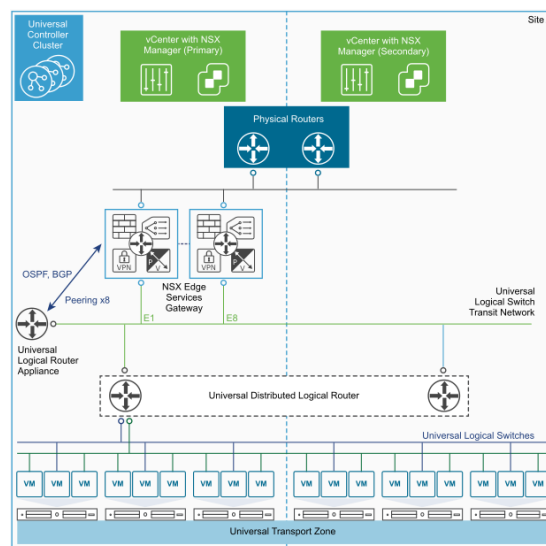


Figura 4.15: Red lógica formada en un SDDC con dos clusters.

En el SDDC deben existir, al menos, dos instancias de ESG aunque se pueden desplegar

hasta 8 instancias. En el modelo consolidado se debe tener un único UDLR para que las rutas entre hosts ESXi sean más cortas, debe existir un Logical Switch que forme la *transit zone*. En el modelo estándar debe existir un UDLR extendido por todos los *Management Cluster* (si hay varias *Regions*), un UDLR extendido por el *Shared Edge and Compute Cluster* y el resto de *Compute Clusters* en cada *Region*, y un DLR extendido por todos los clusters de una misma región. En el modelo estándar existen dos tipos de *transit zones*, una entre el UDLR que atraviesa todas las *Regions* y cada instancia de ESG, y otra que conecta el DLR propio de cada *Region* y sus instancias de ESG.

Algunos componentes de VMware Cloud Foundation se deben desplegar en una VXLAN dedicada para proporcionar recuperación ante fallos en caso de que parte del SDDC deje de funcionar. Entre otros componentes (solo vamos a tratar aquellos que son obligatorios), VMware vRealize Log Insight se debe desplegar en una red de este tipo, llamada *Application Virtual Network* (AVN). En entornos con varias *Regions* se crea una *transport zone* que se extiende por todo el SDDC y una *transport zone* adicional en cada *Region*, la primera proporciona recuperación ante fallos a través de todo el SDDC a los componentes que lo requieran, y la segunda solo a través de una *Region*, sin necesidad de reconfigurar direcciones IP o DNS. VMware vRealize Log Insight se debe desplegar en una VXLAN por cada *Region*.

El acceso a una AVN se realiza a través de las instancias de ESG desplegadas en el entorno, estas se conectan a un UDLR que gestiona el tráfico de las máquinas virtuales que tiene conectadas. El enrutamiento debe ser dinámico con BGP y las instancias de ESG proporcionan protección y balancean la carga de trabajo con los servicios de VMware NSX Firewall y Load Balancing [Fig. 4.16].

****VERIFICAR LO DEL LOAD BALANCING en el despliegue. ¿solo para las que son cross-region o también en las de una sola region****

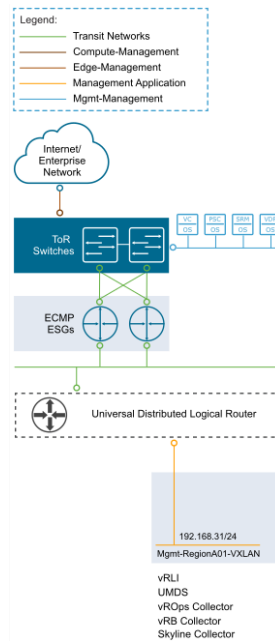


Figura 4.16: AVN en el modelo consolidado

4.2.3 Operaciones de la Arquitectura[3]

En este apartado se define como se gestionan en VMware Cloud Foundation las tareas de administración de todas las partes de la infraestructura. Estas tareas se agrupan en la gestión del ciclo de vida y la recopilación de información sobre el estado de cada componente existente.

Gestión del Ciclo de Vida

Elementos que se encargan de administrar el ciclo de vida de los componentes:

- **vSphere Update Manager:** por cada instancia de VMware vCenter Server se despliega una instancia de vSphere Update Manager. Este componente utiliza el servicio *Update Manager Download Service* (UMDS) para obtener las actualizaciones de la red externa al SDDC, el cual se despliega en una red AVN [Fig. 4.16], permitiendo limitar el acceso a Internet de vSphere Update Manager y reduciendo el número de descargas ya que un UMDS se comparte entre varias instancias de VMware vCenter Server. Se crea una instancia de UMDS por cada *region* existente [Fig. 4.17].

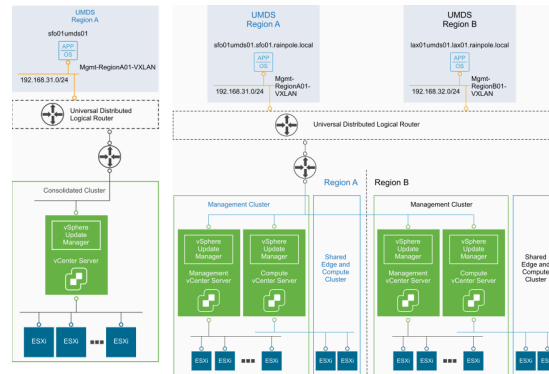


Figura 4.17: Diseño de vSphere Update Manager en el modelo consolidado (izquierda) y en el modelo estándar (derecha)

- **vRealize Suite Lifecycle Manager:** componente utilizado para desplegar, actualizar y configurar, de forma automatizada, los productos vRealize Operations, vRealize Log Insight, vRealize Automation y vRealize Business Cloud. De este componente se despliega una única instancia en una AVN accesible desde cada *region* por todas las instancias de VMware vCenter Server. Se debe registrar su nombre de dominio en el servidor DNS para hacerla accesible.

Gestión de Logs

En VMware Cloud Foundation el producto vRealize Log Insight provee gestión y análisis de los logs de la infraestructura. Este componente registra los logs, alarmas y eventos de Platform Services Controller, instancias de VMware vCenter Server, de los hosts ESXi, componentes de VMware NSX, vRealize Suite Lifecycle Manager y componentes de vRealize Automation, utilizando el protocolo *syslog* para su obtención. En el modelo consolidado se recomienda desplegar vRealize Log Insight en tamaño reducido, es decir, un solo nodo *master* que gestiona los logs de todos los componentes, pero también se pueden desplegar otros nodos *worker*. Para el modelo estándar se deben desplegar al menos tres nodos por cada *region*, uno *master* y dos *worker*, y el uso de Load Balancer proporciona tolerancia a fallos en caso de que falle uno de los nodos. En ambos modelos los nodos se despliegan en una AVN que solo se extiende por una *region* [Fig. 4.18], también se deben configurar la dirección IP y nombre de dominio de cada nodo en el servicio DNS.

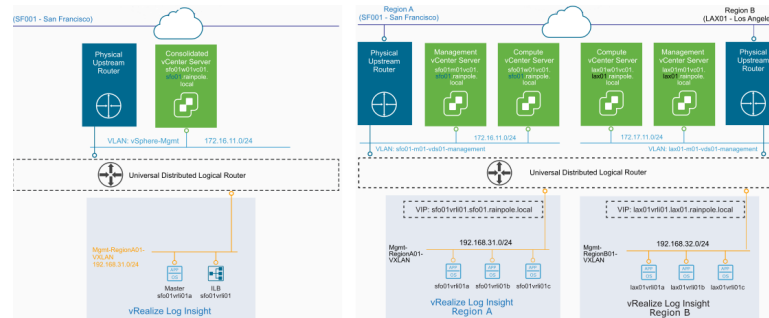


Figura 4.18: Localización de vRealize Log Insight en el modelo consolidado (izquierda) y en el modelo estándar (derecha)

4.3 Despliegue de VMware Cloud Foundation

En esta sección se describe el entorno y los procedimientos llevados a cabo para desplegar VMware Cloud Foundation sobre la infraestructura.

4.3.1 Prueba de concepto

Para poder realizar la instalación sin afectar al funcionamiento actual del CPD del CITIC, se habilita un entorno aislado. Con esto se evita la aparición de fallos que pueden ser críticos para la infraestructura y a la vez permite explorar esta nueva plataforma sin tener en cuenta los riesgos de hacerlo sobre la infraestructura real.

*****DESCRIPCION DEL ENTORNO (INFRAESTRUCTURA)*****

4.3.2 Preparación del entorno

En esta sección se describe la arquitectura y configuración de todos los componentes de la infraestructura del entorno donde se va a realizar el despliegue. Las opciones de configuración se establecen de acuerdo con lo descrito en los apartados anteriores sobre el diseño de la infraestructura y arquitectura de VMware Cloud Foundation.

*****SERVICIOS QUE SE CREAN (CONFIG DNS,DHCP, ROUTER...)*****

VMware Cloud Foundation Builder

El despliegue de la plataforma VMware Cloud Foundation se realiza través de una *appliance* llamada VMware Cloud Foundation Builder. Esto es una máquina virtual que se instala en el entorno desde una archivo con formato *.ova*, proporcionado por VMware, y que contiene

el instalador de VMware Cloud Foundation. Este instalador se encarga de recibir los parámetros de configuración de la infraestructura donde se va a hacer el despliegue, los valida y a continuación despliega el *management domain* del SDDC con todos sus componentes. Cuando termina el proceso, transfiere el inventario y el control del sistema al componente SDDC Manager y VMware Cloud Foundation Builder puede ser eliminado.

Esta máquina virtual tiene los siguientes requisitos:

- **CPU:** 4 vCPU.
- **Memoria RAM:** 4 GB.
- **Almacenamiento:** 350 GB.
- Acceso al servidor DNS y NTP para validar la configuración de VMware Cloud Foundation.
- Acceso a la red *management* para comunicarse con todos los hosts ESXi.

*****CLOUD BUILDER*****

*****HOJA DE PARÁMETROS*****

Apéndices

Glosario

Tenencia múltiple : principio de la arquitectura de software donde una aplicación se sirve a varios clientes desde una misma instancia.

SDDC : *Software Defined DataCenter* es un modelo de infraestructura donde se virtualiza la abstracción, gestión y automatización de todos los recursos y servicios de un centro de datos.

Hipervisor baremetal : software instalado sobre el hardware de un servidor que permite instalar aplicaciones que funcionan sobre entornos virtuales directamente sobre el hardware.

Máquina virtual : software que emula un conjunto de recursos físicos para ejecutar otro software de forma aislada.

Datastore : contenedores que VMware vSphere utiliza para el almacenamiento archivos en un único lugar o a través de una red. Suelen utilizarse para almacenar ficheros de máquinas virtuales y pueden tener el formato VMFS, NFS o NAS.

Modelo multi-tenant : es un modelo de desarrollo donde una misma aplicación se entrega a distintos usuarios sin hacer un desarrollo específico para cada uno de ellos.

RAID 5 : Es un conjunto de discos duros que funciona como una única unidad de almacenamiento para aumentar el rendimiento y la eficiencia. RAID 5 necesita como mínimo tres discos duros, y distribuye la información de paridad en todos los discos (esta información permite recuperar datos corruptos a partir del resto de información no perdida).

Almacén de datos

LUN : *Logical Unit Number* es un identificador que agrupa un conjunto o subconjunto de almacenamiento físico o virtual. Puede asignarse a un disco completo o solo a una parte.

Controlador SFP+ : módulo transceptor óptico que se utiliza en las telecomunicaciones y aplicaciones de transmisión de datos. Soportan Sonet, canal de Fibra y Gigabit Ethernet.

SAN : *Storage Area Network* es una red dedicada al almacenamiento, de alta velocidad con canal de Fibra o iSCSI, con equipos de conexión dedicados (p.e. switches) y con dispositivos de almacenamiento (discos duros).

VMFS : sistema de archivos de alto rendimiento nativo de VMware vSphere. Se utiliza para implementar los almacenes de datos y está optimizado para el almacenamiento de máquinas virtuales.

Platform Services Controller (PSC) : componente de la infraestructura que agrupa los servicios de infraestructura de un entorno vSphere. Estos servicios son la concesión de licencias, administración de certificados y la autenticación con vCenter Single Sign-On.

Cluster : Conjunto de dos o más Hosts para aprovisionar recursos.

Servicio LBT : servicio que se encarga de balancear el tráfico que entra en cada interfaz de un switch.

vCPU

Jumbo Frame : son los paquetes que se transmiten por una red y cuyo MTU es mayor a 1500.

VTEP : *VXLAN Tunnel End Point* es un componente del protocolo VXLAN cuya función es encapsular y desencapsular las tramas correspondientes a una VXLAN. Este componente se encuentra al principio y al final del camino que sigue una trama.

NIC : *Network Interface Controller* es un componente físico que conecta el host con una red.

Log : registro que muestra información sobre un evento que afecta a un proceso en particular.

CPD : Centro de Procesamiento de Datos es un espacio donde se encuentran los recursos necesarios para procesar información.

Pool de recursos : representa una partición de recursos disponibles que no se crean ni se eliminan bajo demanda.

CoS : *Class of Service* es un campo de la cabecera de un paquete Ethernet que determina su prioridad cuando se utiliza etiquetado VLAN. Es un protocolo QoS de capa 2.

DSCP : *Differentiated Services Code Point* es campo de la cabecera IP que forma parte del protocolo QoS de capa 3 *DiffServ*, y que sirve para clasificar el tráfico según servicios.

VLAN trunk : enlace que permite comunicar distintas VLANs.

ARP : protocolo responsable de obtener la dirección MAC que corresponde a una dirección IP.

Rack : armario metálico destinado a alojar servidores físicos.

DHCP helper address : elemento que permite retransmitir el tráfico broadcast de un servidor DHCP por múltiples redes.

Bibliografía

- [1] VMware, “Physical infrastructure design.” [Online]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-Validated-Design/5.1/sddc-architecture-and-design/GUID-CBA6012B-0B91-4831-A5AD-521340AD72D4.html>
- [2] —, “Virtual infrastructure design.” [Online]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-Validated-Design/5.1/sddc-architecture-and-design/GUID-CBA6012B-0B91-4831-A5AD-521340AD72D4.html>
- [3] —, “Operations management design.” [Online]. Available: <https://docs.vmware.com/en/VMware-Validated-Design/5.1/sddc-architecture-and-design/GUID-CBA6012B-0B91-4831-A5AD-521340AD72D4.html>
- [4] “Vmware vsphere enterprise edition datasheet.” [Online]. Available: <https://www.vmware.com/files/es/pdf/VMware-vSphere-Enterprise-Edition-Datasheet.pdf>
- [5] T. G. Peter Mell, “The NIST Definition of Cloud Computing.” [En línea]. Disponible en: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- [6] CITC, “Centro de Procesado de Datos.” [En línea]. Disponible en: <https://www.citic.udc.es/instalacion/centro-de-despliegue.html>
- [7] VMware, “VMware ESXi.” [En línea]. Disponible en: <https://www.vmware.com/latam/products/esxi-and-esx.html>
- [8] “Vmware integrated openstack.” [En línea]. Disponible en: <https://www.vmware.com/es/products/openstack.html>
- [9] VmWare, “Cloud foundation components.” [En línea]. Disponible en: https://docs.vmware.com/en/VMware-Cloud-Foundation/3.0/com.vmware.vcf.ovdeploy.doc_30/GUID-07411CF9-AD3F-43EA-A348-A89940C2D4A2.html

- [10] V. vSAN, “vsan disk groups and data storage architecture: Hybrid or all-flash.” [En línea]. Disponible en: <https://youtu.be/PDcLgV37FP4?list=PLjwkgfjHppDux1XhPB8pW3vS43Aglfq2c>
- [11] P. Cerda, “Nsx: Arquitectura y componentes.” [En línea]. Disponible en: <https://patriciocerda.com/nsx-arquitectura-y-componentes/>
- [12] VMware, “vrealize automation architecture.” [En línea]. Disponible en: <https://docs.vmware.com/en/VMware-Validated-Design/4.3/com.vmware.vvd.sddc-design.doc/GUID-73A3C12D-5F2E-4CE1-82D0-136218771065.html>
- [13] V. C. Foundation, “Vmware software licenses.” [En línea]. Disponible en: https://docs.vmware.com/en/VMware-Cloud-Foundation/3.9/com.vmware.vcf.planprep.doc_39/GUID-202ECBCF-2CAA-4167-BA54-4EE1169D312C.html
- [14] VMware, “Minimum hardware requirements.” [En línea]. Disponible en: https://docs.vmware.com/en/VMware-Cloud-Foundation/3.7/com.vmware.vcf.planprep.doc_37/GUID-AE45ED7B-5530-4AE6-BB51-51E3D41CEDFD.html
- [15] —, “Virtual layer footprint.” [En línea]. Disponible en: https://docs.vmware.com/en/VMware-Cloud-Foundation/3.9/com.vmware.vcf.planprep.doc_39/GUID-5F195C40-9CF8-470C-BE4E-21FC81184B74.html
- [16] —, “Managing resource pools.” [En línea]. Disponible en: <https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/6.7/com.vmware.vsphere.resmgmt.doc/GUID-60077B40-66FF-4625-934A-641703ED7601.html>
- [17] —, “External services overview.” [En línea]. Disponible en: https://docs.vmware.com/en/VMware-Cloud-Foundation/3.7/com.vmware.vcf.planprep.doc_37/GUID-F022BD3C-F11C-4EE6-83EA-ABE016E7A9B9.html