

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

CENTRO DE DATOS VIRTUALES VDC

CENTRO DE DATOS VIRTUALES

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

JAIME SEBASTIAN GALEANO GALEANO

jaime.galeano@epn.edu.ec

DIRECTOR: CARLOS ALFONSO HERRERA MUNOZ

carlos.herrera@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

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

JAIME SEBASTIAN GALEANO GALEANO

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JAIME SEBASTIAN GALEANO GALEANO, bajo mi supervisión.

CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

JAIME SEBASTIÁN GALEANO GALEANO

CARLOS ALFONSO HERRERA MUÑOZ

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi padre, madre y abuelita, ellos han sido mi principal fuente de inspiración. Han sido parte fundamental en cada etapa de mi vida personal y académica, sin su apoyo no podría haber llegado hasta este punto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, que a pesar de que no soy el mejor creyente ha sabido guiarme aún en los momentos más complicados de mi vida. A mi familia en especial a mis padres y abuelitos quienes siempre han estado atentos de mi progreso en estos años, su apoyo incondicional ha sido clave. Agradezco de igual forma a todos y cada uno de los compañeros que hice en la carrera su presencia directa o indirecta me ha permitido llegar hasta esta instancia, su apoyo no solo académico a echo mucho más ameno este viaje, también quisiera agradecer a quienes han sido mis profesores desde mis primeras etapas de estudio, en especial a quien ha sido mi tutor en este trabajo, sus esfuerzos no han sido en vano, han servido para hacer de mi la persona que soy ahora.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE	2
1.4 MARCO TEÓRICO.....	3
1.4.1 DEFINICIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS.....	3
1.4.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS	4
1.4.3 LA VIRTUALIZACIÓN	7
1.4.4 INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO (IaaS)	8
2 METODOLOGÍA.....	11
2.1 CENTROS DE DATOS VIRTUALES (VDC).....	11
2.2 EVOLUCIÓN DE LOS VDC	12
2.3 COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS VDC.....	14
2.4 TOPOLOGÍAS EN VDC	25
2.5 GESTIÓN EFICIENTE DE VDC.....	30
2.6 DESAFÍOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE VDC	33
2.7 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN VDC.....	36
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
3.1 RESULTADOS.....	38
3.2 CONCLUSIONES.....	42
3.3 RECOMENDACIONES	43
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

RESUMEN

Los Centros de Datos Virtuales (VDC) permiten tomar los mejores aspectos de las dos tecnologías que lo conforman (Centros de Datos y Virtualización) para brindar soluciones de almacenamiento, comunicación y redes en entornos empresariales con la ventaja de no ocupar una locación física y suministrar la gestión de los recursos para asegurar que se obtenga la mayor rentabilidad.

En este trabajo de 3 capítulos, se realiza la revisión de las tecnologías que conforman un VDC y la Infraestructura como servicio (IaaS), posteriormente en el capítulo 3 se hace el estudio correspondiente a su concepto e historia, continuando con una presentación de los componentes principales de los VDC, un recorrido por 3 de las topologías más comunes para VDC (VL2, Fat tree y Bcube). Finalizando el capítulo se da un vistazo a los aspectos de gestión, desafíos y seguridad a tomar en cuenta en la implementación de un VDC.

En el capítulo 3 a manera de síntesis de lo revisado en el capítulo 2 se exponen las ventajas y beneficios de la migración o creación de un VDC frente a un Centro de Datos tradicional, en conjunto conclusiones y recomendaciones del estudio.

PALABRAS CLAVE: Centro de Datos Virtual (VDC), Infraestructura como Servicio (IaaS).

ABSTRACT

Virtual Data Centers (VDC) allow taking the best aspects of the two technologies that comprise it (Data Centers and Virtualization) to provide storage, communication, and networking solutions in enterprise environments with the advantage of not occupying a physical location and providing the management of resources to ensure that the highest profitability is obtained.

In this 3-chapter work, a review of the technologies that make up a VDC and Infrastructure as a Service (IaaS), then in the chapter 3 a study is made corresponding to its concept and history, continuing with a presentation of the main components of the VDC, a tour of 3 of the most common topologies for VDC (VL2, Fat tree and Bcube). The chapter ends with a look at the management, challenges, and security aspects to be taken into account in the implementation of a VDC.

In chapter 3, as a synthesis of what was reviewed in chapter 2, the advantages and benefits of the migration or creation of a VDC versus a traditional Data Center are presented, together with the conclusions and recommendations of the study.

KEYWORDS: Virtual Data Center (VDC), Infrastructure as a Service (IaaS).

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de las décadas los seres humanos hemos encaminado nuestro interés en la obtención de riquezas materiales, cosas como el oro o los diamantes siguen siendo de relevancia en la actualidad. Sin embargo, hoy en día en plena era tecnológica podemos decir que este poder otorgado por bienes tangibles ha sido destronado por la información o los “datos”. Quien pueda generar o almacenar la mayor cantidad de datos tiene el “poder” en cierta manera. Debido a esta nueva era han surgido varias tecnologías como los Centros de Datos (CD). Los Centros de Datos son ubicaciones físicas donde se resguarda un gran número de recursos los cuales pueden procesar, generar y almacenar la información vital para el manejo de una organización. Estos recursos son básicamente espacios condicionados para albergar equipamiento informático y de comunicación. Estos equipos suelen ser conmutadores, enrutadores y servidores.[1]

Esta nueva era tecnológica también trajo consigo una nueva herramienta llamada la virtualización, este servicio TI permite utilizar recursos que usualmente se ven limitados por la cualidad física de los computadores. Si dividimos la carga de un equipo en múltiples usuarios o entornos, podremos aprovechar la capacidad de una máquina.[2] Si bien estas tecnologías tienen una alta capacidad, esto no alcanza para estar al día con las tecnologías actuales como el Big Data, los servicios móviles o la computación en la nube. De esta evolución nace la idea de potenciar a los Centros de Datos mediante la virtualización para volverlos más ágiles, dinámicos y con arquitecturas orientadas a servicios.[3]

Los Centros de Datos virtuales (VDC) permiten aprovechar las ventajas de la virtualización para superar algunas de las barreras que se oponen a las tecnologías de la información. Algunos de estos son los costos de refrigeración de los equipos, optimización del espacio y costes de energía. Un VDC no es únicamente un número de equipos interconectados sin ningún orden o topología, estos deben de cumplir con ciertas reglas, por esto, es tarea de aquellos que diseñan el VDC escoger la arquitectura que mejor se adapte a las necesidades tecnológicas.[4] Dentro de las topologías para los VDC existen opciones como VL2 que está pensada de una manera centralizada donde existe un gran conmutador principal que se conecta a todos los servidores, Google FatTree que tiene una forma de árbol donde cada rama tiene un ancho de banda en función de su lugar en la jerarquía, y otra opción de gran interés es la topología BCube la cual se centra en el servidor para proveer un Centro de Datos modular mediante la implementación de conmutadores de baja complejidad también conocidos como mini conmutadores.[5]

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar los conceptos básicos de los Centros de Datos Virtuales.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar los conceptos de IaaS (Infraestructura como Servicio) para Centros de Datos Virtuales
2. Estudiar los Centros de Datos definidos por Software
3. Presentar las ventajas y beneficios de la implementación de los Centros de Datos Virtuales frente a los Centros de Datos tradicionales.

1.3 ALCANCE

La virtualización de los Centros de Datos permite a las empresas transportarse a una infraestructura de TI con mejores capacidades, aumento de seguridad, alta escalabilidad y gran eficiencia. Para el desarrollo de este componente se implementarán 3 fases.

1.3.1 Fase Teórica

- Estudiar los conceptos básicos de los VDC, incluyendo su definición, características y principios fundamentales.
- Investigar los conceptos de infraestructura como Servicio (IaaS) para VDC analizando su funcionamiento y beneficios.
- Describir tres topologías utilizadas por la comunidad e industria de las telecomunicaciones para modelar la infraestructura de los Centros de Datos, detallando sus características y aplicaciones específicas.

1.3.2 Fase de Implementación

- Analizar y especificar las funciones principales, características y elementos clave de un Data Center Virtual utilizando el esquema Bcube como referencia.

1.3.3 Fase de resultados

- Presentar las ventajas y beneficios de la implementación de los VDC en comparación con los Centros de Datos tradicionales, destacando aspectos como la flexibilidad, la reducción de costos y el aprovechamiento óptimo de los recursos.
- Concluir con recomendaciones y sugerencias para futuras investigaciones en el campo de los VDC, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas y los desafíos identificados durante el desarrollo del proyecto.

1.4 MARCO TEÓRICO

Los Centros de Datos Virtuales son una tecnología que nos permite albergar unos de los recursos más valiosos y codiciados de la actualidad, la información. Estos nacen de la unión de dos de las herramientas de más impacto dentro del campo de la informática como lo son los Centros de Datos convencionales y la virtualización de máquinas.

Por tanto, para poder realizar un estudio más efectivo de los VDC es necesario tener claros los conceptos de estas dos herramientas y como es que llegaron a unirse.

1.4.1 DEFINICIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS

Imaginemos que podemos centralizar la infraestructura de cómputo, servidores, almacenamiento y equipos de red en una o varias. Esto ya no es solo una facilidad, hoy en día es prácticamente una necesidad de nuestro presente donde el Big data, las apps y el Internet de las cosas demandan que para estar a la vanguardia de la industria es necesario tener nuestra infraestructura actualizada.

El Centro de Datos le da hogar a todo el equipamiento necesario para almacenar y procesar de forma segura la información, esto puede incluir servidores físicos, discos duros y equipo de networking. Adicionalmente se puede tener sistemas de respaldo para la energía, equipo de comunicación, seguridad y cableado. En si el Centro de Datos contiene toda la infraestructura tecnológica necesaria para la empresa o el cliente.

Dependiendo de las diferentes necesidades, nacen varios tipos de Centros de Datos que se ajustan a los diferentes requerimientos, oficialmente la única clasificación que se tiene de los Centros de Datos son los “tier” o niveles, pero, extraoficialmente podemos denominarlos con las siguientes etiquetas:

Centro de Datos de colocación: También conocido como un hotel de proveedor, es utilizado para que los clientes puedan rentar equipo, espacio y ancho de banda del proveedor. El uso de estos se centra en quienes no desean alquilar una máquina virtual de un proveedor de nube, sino que directamente rentan una cantidad específica del hardware del proveedor.[6]

Centro de Datos Empresarial: Preferido por muchos ya que ofrece la mayor cantidad de privacidad al ser un Centro de Datos ubicado físicamente en las instalaciones de la empresa, estos se encargan de manejar información interna y aplicaciones cuyo funcionamiento es crítico. Debido a que encuentra dentro de las instalaciones este Centro de Datos facilita los cambios y actualizaciones del equipo.[6]

Centro de Datos de borde: Con un tamaño reducido, se creó con la intención de ser lo más cercano posible al usuario final. Es una alternativa para no tener un Centro de Datos masivo, sino varios Centros de Datos de menor capacidad para obtener así un servicio con menor retardo y latencia. El mayor atractivo de esta alternativa proviene del despliegue de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) que necesita de muy baja latencia en los dispositivos que lo implementan.[6]

Microcentro de Datos: Muy similar a los Centros de Datos de borde, pero llevado al siguiente nivel. Puede tener un tamaño muy reducido incluso llegando a las dimensiones de un pequeño cuarto de oficina manteniendo en su dominio únicamente la información de una región limitada.[6]

Centro de Datos Virtual: Uno de los últimos avances dentro de los Centros de Datos. Potencia las capacidades de un Centro de Datos mediante las capacidades de la virtualización. Implementando servicios de la nube de terceros, en cierta parte es similar a los Centros de Datos de colocación, pero con la gran diferencia de que no se renta todo el hardware, sino que solo se aprovechan ciertas aplicaciones.[6]

Desde funciones diversas hasta aplicaciones especializadas, los Centros de Datos tienen una amplia gama de opciones y por como avanza la tecnología todo apunta a que tendremos Centros de Datos con infraestructuras híbridas.

1.4.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS

Es realmente complicado darle una fecha concreta a el nacimiento de los Centros de Datos puesto que su concepto viene arraigado desde las primeras computadoras modernas. Cuando el mundo vio nacer los computadores se podría decir que también nacieron los Centros de Datos ya que tanto en ambientes de laboratorio como fuera de estos se empezaban a utilizar métodos de procesamiento mecánico de datos usando dispositivos básicos como tabuladores y sumadores.

Aquellos computadores ocupaban gran cantidad de espacio, además de la complejidad de su mantenimiento y operabilidad lo cual ocasiono que estos equipos sean desplazados a habitaciones exclusivas, El valor de esta infraestructura se basó en dos conceptos [7], disponibilidad y costo inicial.

Históricamente la tarea principal de un Centro de Datos es ser un área física que albergue al equipo de informática junto a su equipo de soporte. Adicionalmente un Centro de Datos de cumplir con cuatro funcionalidades:

- Eliminación de Hardware,
- Energía para mantener el equipo,
- Temperatura ambiental controlada,
- Cableado estructura por dentro y por fuera.

Uno de los primeros Centros de Datos conocidos fue el construido por el Instituto de Investigación de Stanford para albergar el sistema de procesamiento de cómputo del Método de Registro Electrónico de Contabilidad (ERMA), este se mostró al público por primera vez en 1955 y probado en un banco real en 1959.[7]

Desde su nacimiento, los Centros de Datos junto a la tecnología en general han dado saltos agigantados en su evolución por lo cual se dio una nueva denominación para poder clasificarlos, esta denominación viene dada por los niveles llamados Tier. En la actualidad tenemos 4 de estos niveles.

Tier I: El primer nivel de los Centros de Datos, apareció alrededor del año de 1960. Al contrario de lo que alguno creería el primer Tier no es el mejor más bien es el más básico de los Centros de Datos. Entre sus características se encuentra el no tener redundancia tanto para equipos como para rutas de energía o refrigeración. La única refrigeración que se tiene disponible es la de la sala misma y en cuanto a la energía es opcional el uso de SAI o generadores.

Debido a su construcción es necesario cerrar el Centro de Datos para el mantenimiento. Debido a su simpleza un Centro de Datos Tier I está enfocado al uso en pequeñas empresas donde el uso de la tecnología sea únicamente para procesos internos.[8]

Tier II: Llegando prácticamente una década después en el año 1970, el Centro de Datos de nivel dos incluye soporte para redundancia en los equipos, pero no para las rutas de refrigeración y energía. Además, se dispone de forma obligatoria de UPS y de generadores con capacidad N+1 conservando la no redundancia para la energía.

El Tier II mantiene la desventaja de tener que posponer sus servicios para poder realizar mantenimiento, a excepción de los componentes que cuenten con redundancia los cuales pueden ser removidos a libertad sin necesidad de detener el procesamiento de datos. Un Centro de Datos de Tier II es ideal para empresas basadas en Internet.[8]

Tier III: Con una llegada tardía, no sería hasta fines de los 80s que llegó el Centro de Datos Tier III. Este es capaz de soportar mantenimientos sin pausar sus actividades y tiene redundancia tanto en equipos como en rutas de refrigeración y energía, cabe recalcar que

a pesar de tener redundancia en las rutas solo una estará activa a la vez. Una aplicación para este Tier pueden ser las empresas que operan de forma remota en varias partes del mundo por lo que necesiten de disponibilidad para más de una zona horaria.[8]

Tier IV: El más moderno de nuestra actualidad, siendo desarrollado aproximadamente en el año 1995. Es capaz de tolerar fallas y de tener redundancia además de múltiples rutas de servicio simultáneas para dar soporte a la infraestructura de TI. Todo el equipamiento tiene doble ruta de energía. Su resistencia a las fallas le permite soportar al menor una falla del tipo peor caso posible o incluso una falla que perjudique a la carga crítica. Un ejemplo de estos Centros de Datos es aquellos usados para negocios de comercio electrónico o de transacciones del mercado.[8]

Es importante decir que un Centro de Datos no pertenece estrictamente a un solo Tier, ya que pueden existir Centros de Datos que pertenezcan al Tier II en la parte eléctrica y en la parte mecánica un Tier III, en este caso tomaríamos el nivel más bajo y diríamos que el Centro de Datos es de Tier II. Como veremos en la práctica los Centros de Datos tendrán cada una de sus secciones de infraestructura en diferente Tier. En la Tabla 1.1 podremos ver como el Uptime Institute caracteriza las diferentes cualidades de los Centros de Datos para cada Tier.[9]

Tabla 1.1. Clasificación de Tiers de acuerdo con el Uptime Institute

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Disponibilidad	99.67%	99.75%	99.98%	99.99%
Tiempo de inactividad (horas/año)	28.8	22.0	1.6	0.4
Centro de operaciones	No necesario	No necesario	Necesario	Necesario
Redundancia para energía y refrigeración	N	N+1	N+1	2(N+1)
Vías troncales con redundancia	No necesario	No necesario	Necesario	Necesario

1.4.3 LA VIRTUALIZACIÓN

Existen muchas respuestas a la definición de virtualización, y todas son correctas, ya que las diferentes empresas que ofrecen servicios orientados a virtualización han dado una variedad de definiciones, pero la mayoría están de acuerdo con ciertos objetivos de la virtualización:

- La definición añade una capa de abstracción entre las aplicaciones y el hardware
- Ofrece complejidad y costos reducidos.
- Se mejora el QoS y los niveles de servicio
- La seguridad y confiabilidad mejoran debido al aislamiento de los recursos
- Los procesos de TI se alinean con los objetivos de negocio.

Si bien todos estos objetivos forman parte del concepto de virtualización en la modernidad no son una definición adecuada como tal, para poder llegar a esta definición es importante discutir el origen y nacimiento de esta maravillosa tecnología.[10]

Todo inicia en los 60s cuando Christopher Strachey acuñó el término por primera vez en su artículo sobre el tiempo compartido en grandes computadoras, Christopher se refirió primero a la multiprogramación, esta se presentaba como una novedosa técnica que permitía a un programador desarrollar un programa mientras otro se depuraba, poco a poco esta idea se desarrollaba hasta que convergió en una serie de computadores, específicamente el Atlas y el M44/44X de IBM.

El Computador Atlas: El primer supercomputador de la década de los sesenta implementado por el Departamento de Electricidad de la Universidad de Manchester, era un computador con una velocidad incomparable, esto debido a que separaba los procesos del sistema operativo en dos componentes conocidos como el supervisor y el ejecutor de programas del usuario.

El supervisor realizaba varias tareas clave como ejecutar códigos extra para ayudar y gestionar el entorno de computación para las instrucciones del usuario. Este se podría decir que fue el nacimiento del hipervisor también conocido como el monitor de máquina virtual. El Computador Atlas incluso trajo consigo el concepto de la memoria virtual, un núcleo de almacenamiento separado de forma lógica de aquel designado para los programas del usuario.

Así el mundo tecnológico arrancó su carrera por el desarrollo de una capa de abstracción que hoy en día todas las tecnologías de virtualización comparten.[11]

Proyecto M44/44X: Mucho antes de completarse su construcción, desde su diseño estaba destinado a ser el innovador supremo de las computadoras debido a la presión de los competidores. Desarrollado por IBM y con una arquitectura similar al computador Atlas. El término máquinas virtuales fue mencionado por primera vez en la arquitectura de este proyecto, siendo esta la contribución de IBM a la reciente tecnología conocida como sistemas de tiempo compartido.

Un IBM 7044 (M44) era el computador central mientras que se tenía varias 44X simuladas. El proyecto M44/44X no representaba una simulación completa del hardware para promocionar la idea de que las máquinas virtuales eran igual de competentes que las computadoras convencionales. Este tipo de sistema y arquitectura siguieron en desarrollo para que IBM lanzara CP/CMS. Decenas de proyectos vieron la luz gracias a estos primeros avances en el mundo de la virtualización teniendo uno de sus mayores auges a fines de los 90s y principios de los 2000s. [12]

Una vez conocida la historia de la virtualización y como varias compañías desarrollaron esta tecnología de forma simultánea, podemos llegar a una definición que intente abarcar todo lo posible. La virtualización se refiere a un enfoque o método que permite dividir los recursos de un hardware de computadora en varios entornos de ejecución. Esto se logra mediante la aplicación de diversos conceptos y tecnologías como la partición de hardware, software, tiempo compartido, simulación parcial, simulación completa, emulación, QoS entre otros.

1.4.4 INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO (IaaS)

El espacio físico disponible que tienen las empresas es cada vez más reducido debido al aumento de personal, competencia y requerimientos de los clientes por esto han surgido alternativas como transferir de forma completa o parcial la infraestructura usando los servicios de la nube.

En años recientes las compañías líderes se han concentrado en llevar su infraestructura hacia el mundo de la virtualización para reducir cientos en incluso miles de servidores físicos.

El traspaso hacia la virtualización parece ser el siguiente paso lógico, según un estudio realizado por el Enterprise Strategy Group en el 2012 dónde se evidenció que las empresas

con más de mil empleados habían aumentado el uso de la IaaS (Infraestructura como Servicio) pasando de 19% a un 30% en tan solo un año.[13]

La IaaS no es más que una herramienta para las empresas que facilita el aumentar o trasladar el hardware, almacenamiento, redes y prácticamente cualquier recurso informático sin la preocupación del mantenimiento o problemas externos como fallas de energía. En este modelo el cliente únicamente se preocupará por la tarifa de la capacidad y el espacio en memoria de los equipos del proveedor.

El proveedor del servicio es aquel que tendrá el espacio físico para los equipos junto a el equipo necesario para su correcta operación y mantenimiento siempre preparado para un aumento en las necesidades de los clientes.

No existe una única manera de implementar IaaS, existe un abanico de opciones dependiendo de las características del cliente todos capaces de reducir los costos que la infraestructura tendría normalmente si se encontrara dentro de las instalaciones propias de la empresa. Algunas de las opciones que tenemos para implementar IaaS son:

Compute as a Service: El compute como servicio, una de las alternativas más versátiles en la actualidad, brinda capacidad de computación a los clientes para prácticamente cualquier equipo que este necesite (servidores, firewalls, routers, etc.). Esta alternativa también puede incluir administración de aspectos como la seguridad, el almacenamiento o el software.[14]

Web hosting: Hoy en día es imprescindible para una empresa el tener presencia en internet, más allá de las redes sociales es recomendable tener una página web, incluso hay empresas donde su principal fuente de ingresos viene de su página web por lo que una falla considerable representaría grandes pérdidas económicas. Llevar una página web a un modelo basado en IaaS permite aumentar la disponibilidad y la resistencia a subidas repentinas de tráfico.[14]

Storage as a Service: Día a día clientes y proveedores generan datos en menor o mayor medida, varios de estos datos son respaldados por las empresas por lo que cada vez aumenta la demanda de almacenamiento, es por esto que varios han optado por alquilar almacenamiento en equipos de terceros, ya que los datos digitales no ocupan únicamente espacio lógico, sino que también necesitan de discos duros físicos. SaaS permite ahorrar este espacio físico y gestionar de manera más eficiente el almacenamiento.[14]

Desktops as a Service: El DaaS permite manejar múltiples escritorios en una única unidad de cómputo, utilizando las conocidas máquinas virtuales las cuales se ejecutan en los

servidores del proveedor para que el cliente únicamente se conecte de forma remota. Las organizaciones pueden escoger si se conectan de una red privada o mediante el internet. El cliente puede escoger la capacidad, almacenamiento y potencia de las unidades de acuerdo con su presupuesto o requerimientos.

Estos escritorios remotos aumentan la capacidad de empleados ya que estos no están sujetos a tener que estar físicamente en las instalaciones de la empresa para tener un escritorio en el dominio de esta.[14]

Servers as a Service: El uso de servidores en la nube habilita al cliente a tener disponibilidad desde cualquier lugar y a cualquier hora sin importar el tráfico existente siempre habrá disponibilidad por parte del proveedor, este tipo de servicio suele ser usado en proyectos que necesiten servidores de manera temporal ya que su costo puede llegar a ser un poco elevado.

Aun así, es una gran alternativa ya que libra a las empresas de dar mantenimiento y administración a servidores tareas que puede llegar a ser exhaustivas y complejas, además al ser muchas veces los servidores el núcleo de la empresa también suele ser necesario un gasto considerable en seguridad.[14]

Es evidente la variedad de aplicaciones que tiene la IaaS, este apetitoso menú no fuera posible sin las necesidades de las empresas más grandes de la industria. Estas buscan cada vez reducir más sus costos y los servicios de nube son una alternativa seductora al tener un modelo en donde solo se debe pagar por lo que vas a usar, cosa que no siempre ocurre en los modelos tradicionales.

Otra razón importante para la gran variedad de opciones de este servicio es que la tecnología se adapta a casi cualquier negocio ya sea algo donde tradicionalmente no era necesario el uso de sistemas TI como la agricultura, ganadería o minería. Hoy en día este tipo de rubros se han visto con la necesidad de usar IaaS en sus estructuras y a futuro su uso irá en aumento. En la Figura 1.1 podremos observar de forma muy resumida como generalmente trabaja la IaaS.



Figura 1.1. Esquema de trabajo de las IaaS [15]

2 METODOLOGÍA

2.1 CENTROS DE DATOS VIRTUALES (VDC)

Tal y como su nombre lo dice los VDC (Virtual Data Centers) vienen de la fusión de dos conceptos tecnológicos de gran impacto como lo son los Centros de Datos tradicionales donde la infraestructura se encuentra físicamente en las instalaciones de quien lo usa y la virtualización que permite abstraer software del hardware para que varios equipos que tendrían cada uno un cuerpo individual, puedan coexistir sin perturbar a sus funciones dentro de un solo equipo.

Debido al creciente uso de la nube para alojar aplicaciones, cada día más y más empresas se plantean trasladar sus servicios a esta modelo de negocio el cual les brinda más seguridad, confiabilidad, desempeño y menor costo, eso sí, deben de adaptarse a la flexibilidad cosa que no se le daba atención en los modelos tradicionales.

En un principio la nube estaba pensada para ofrecer servicios de alojamiento para aplicaciones en forma individual lo cual sirvió en un principio mientras el concepto de nube tomaba forma, posteriormente cuando los servicios de nube concretaron sus beneficios se empezaron a implementar aplicaciones más demandantes.

Un VDC no contribuye únicamente en el manejo de la carga de trabajo de las empresas, también puede brindar red, seguridad, gestión y servicios de Active Directory. Todos estos servicios adicionales dependen de los requerimientos de las empresas. [16]

Dicho de otra forma, los Centros de Datos Virtuales son una conceptualización de los Centros de Datos tradicionales en dónde un proveedor o el mismo dueño del VDC provee una variedad de equipos de infraestructura como servidores o unidades de

almacenamiento a los cuales se puede hacer uso de forma remota usando el modelo de Infraestructura como Servicio.[17]

2.2 EVOLUCIÓN DE LOS VDC

La adopción masiva de la virtualización en la década de 2000 preparó el terreno para la popularización de los VDC. Amazon fue una de las primeras empresas en implementar este tipo de servicios mediante su alternativa Amazon Web Services (AWS) en 2002, este servicio de nube pública permitía a los clientes rentar servidores virtuales librándolos de la compra y mantención de infraestructura física que ocupa el alojamiento de un servidor.

Las primeras infraestructuras de Centros de Datos eran bastante rudimentarias y ocupaban una cantidad innecesaria de espacio, como podemos ver en la Figura 2.2.1 se muestra el Centro de Datos de la universidad de Pennsylvania construido en 1945.[18]

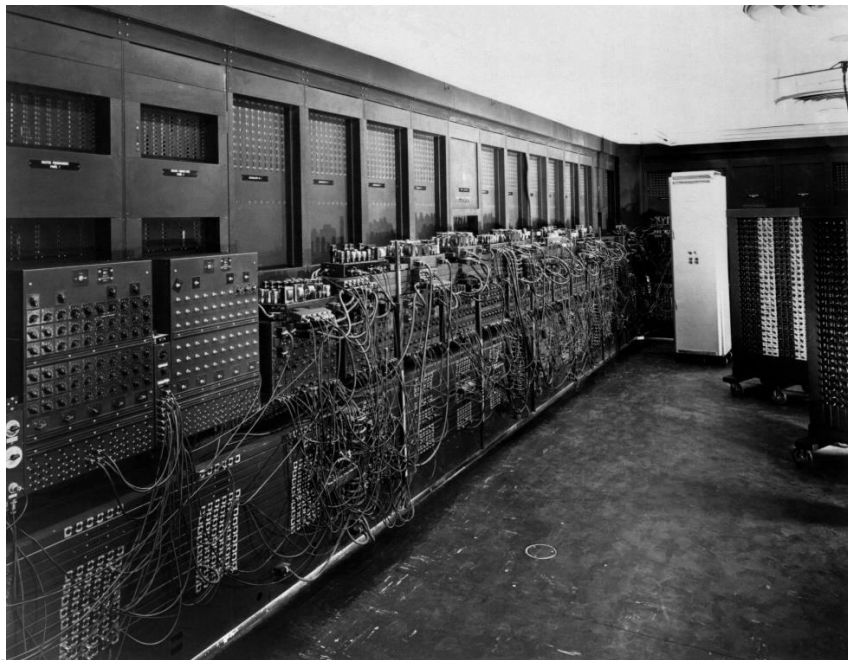


Figura 2.2.1. Electronic Numerical Integrator And Computer (ENIAC) [19]

VMware fue otra de las empresas que tomó la iniciativa, al llevar ya la ventaja en el campo de la virtualización gracias a sus estaciones de trabajo que funcionaban únicamente en Windows y posteriormente se extendería a más sistemas operativos. VMware esperaría hasta el 2001 para lanzar su propuesta VMware ESX, la primera de muchas opciones para virtualización de servidores, esta permitía virtualizar un servidor con el uso de hipervisores básicos que corrían en el mismo hardware sin necesidad de un sistema operativo adicional.

A pesar de que VMware fue quien cronológicamente comenzó con la creación del primer VDC, Amazon como un gigante corporativo dio el golpe sobre la mesa en 2006, siendo la primera en alojar en su infraestructura a otras industrias mediante los servicios web que posteriormente serían conocidos como los servicios en la nube. En la Figura 2.2.2 se observa un Centro de Datos moderno de Amazon el cual ofrece servicios de VDC a múltiples empresas alrededor del mundo.[20]



Figura 2.2.2. Centro de Datos de AWS [21]

Los Centros de Datos Virtuales desempeñan un papel crucial en la infraestructura tecnológica de empresas y organizaciones, proporcionando una base sólida para la gestión avanzada de la información. Su historia, marcada por la evolución de la virtualización, refleja la continua búsqueda de soluciones innovadoras para gestionar el creciente volumen y complejidad de los datos en la era digital.

En la actualidad, tenemos cientos de VDC a lo largo del mundo interconectados entre sí para mantener los datos que generamos en el espacio intangible que conocemos como la nube.

La pregunta que deberíamos hacernos ahora para continuar con la evolución de los VDC es: ¿Cómo serán en el futuro? En la siguiente generación es normal creer que debido a las tendencias tendremos mejoras en lo que respecta al consumo energético, los sistemas de refrigeración reducirán sus excesos de calor en áreas específicas.

Otro aspecto que mejorará será la optimización del espacio lo cual gracias al modelo VDC permite unificar los sistemas de un gran número de compañías en una sola ubicación física

de gran extensión dónde es más sencillo administrar el funcionamiento de los equipos y el mantenimiento de los sistemas de refrigeración.[22]

Estos Centros de Datos de proveedor ya existen, podemos ver uno de estos en la Figura 2.2.3 este es el Centro de Datos de AWS ubicado en Oregon el cual cuenta un uso energético de al menos 95% proveniente de energías renovables.



Figura 2.2.3. Centro de Datos AWS en Oregon-EEUU [23]

Si bien en la actualidad ya tenemos Centros de Datos capaces de ofrecer servicios VDC aún es posible continuar con su evolución en temas como la eficiencia, flexibilidad o ecología por lo que su desarrollo tiene aún bastante que recorrer, eso sin contar la posible adición de nuevas tecnologías a futuro como lo pueden ser la inteligencia artificial y la automatización.

2.3 COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS VDC

Los componentes que forman parte de la infraestructura de un VDC son bastante similares a los de un Centro de Datos tradicional, con la excepción de que han sido abstraídos mediante la herramienta de la virtualización. Estos componentes son:

Servidores virtuales: Permiten un ahorro y optimización de recursos informáticos y coste energético frente a los servidores físicos, mientras mantienen la misma funcionalidad e incluso la aumentan ya que dentro de un único servidor físico se pueden alojar varios servidores virtuales que trabajan de forma independiente sin aumentar el uso de recursos.

La Figura 2.3.1 muestra la estructura de los servidores virtuales dónde es más fácil comprender como las máquinas virtuales alojadas en los servidores físicos son gestionadas por un servidor de administración que también es llamado Hypervisor.

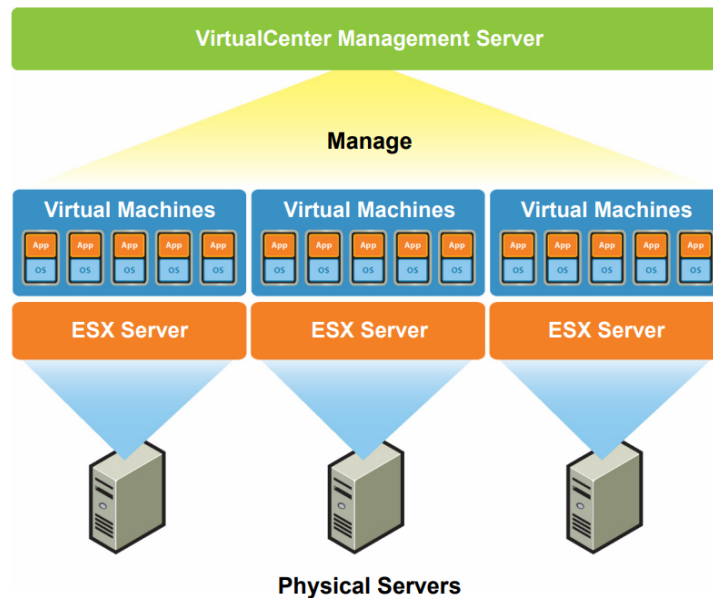


Figura 2.3.1. Estructura típica de un grupo de servidores virtuales [24]

El caso de la implementación de la Universidad de California es uno de varios ejemplos exitosos donde la virtualización permitió pasar de 188 servidores físicos a 240 servidores físicos y virtuales sin necesidad de aumentar equipos de refrigeración.

La universidad también redujo la energía en 187.000 kWh y su demanda máxima en 20 kW, ahorrando \$22.000 al año. Finalmente, se pudo centralizar y estandarizar la gestión de los servidores aumentando la seguridad. [24]

Redes virtuales: La red es una de las partes principales de un Centro de Datos, ya que esta conecta y permite la comunicación entre todos los equipos, una red virtual crea y elimina instancias, supervisa la red junto a sus elementos mientras asigna recursos. Estas funcionalidades facilitan la migración de la red empresarial a un entorno virtual manteniendo la satisfacción de los siguientes requisitos.

- **Creación de múltiples redes configurables:** Varias redes se encuentran funcionando a la vez dentro de una arquitectura variada. La instancia primitiva puede crear los componentes virtuales como routers, enlaces o switches. Así podremos crear y ejecutar múltiples redes virtuales dentro del entorno.

Si bien varias redes se encuentran en un solo ambiente cada una tiene protocolos, estructuras y políticas independientes del resto, dando así variedad y flexibilidad.

Con una red virtualizada un proveedor puede crear y administrar múltiples enlaces virtuales y asignarles diferentes características dependiendo de las necesidades del

consumidor, algunos de estas redes pueden contar incluso con calidad de servicio (QoS) de forma independiente.[25]

- **Gestión Flexible:** Gracias a la virtualización se omite el puente o traspaso que existía entre el software y hardware para realizar el reenvío de paquetes. Con este nuevo esquema totalmente virtualizado podemos tomar un elemento de la red y trasladarlo su ejecución a otro contenedor físico sin perturbar la arquitectura de la red ya que todos los enlaces están en la capa lógica, esta técnica permite también optimizar el uso de la energía entre los distintos equipos.[26]
- **Control en tiempo real:** Los elementos de una red virtual tienen parámetros fácilmente configurables que en un entorno físico necesitarían de un técnico que realice los ajustes en el equipo. Los elementos virtualizados como routers, switches o puertas de enlace pueden cambiar de memoria, ancho de banda u otras características en tiempo real y de forma remota permitiendo a la red ser dinámica y flexible a las necesidades de la implementación.[25]
- **Monitoreo:** Tal y como en una red tradicional, tenemos un abanico de opciones en cuanto a monitoreo de red virtual para evaluar el uso del ancho de banda, memoria o carga en el procesador de los equipos. Quien administra la red puede elaborar su propio panel de monitoreo con los parámetros de su interés desde los más básicos a aquellos más complejos que le podrían ayudar a determinar posibles ataques maliciosos.[25]

La virtualización de red es muy similar a la virtualización de computadores, con la diferencia de que el activo en común es la red, esta analogía es más clara en la Figura 2.3.2.

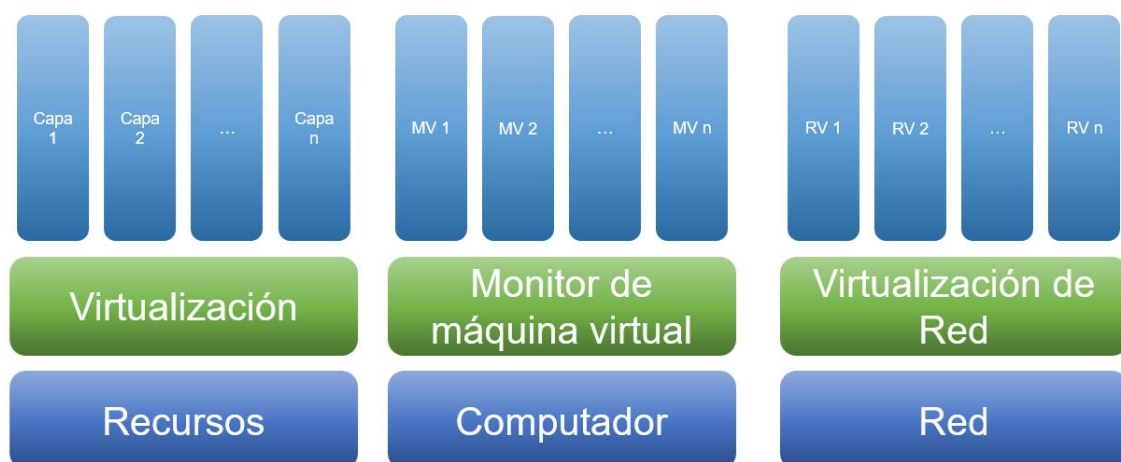


Figura 2.3.2. Concepto de dividir recursos mediante virtualización (Izquierda) Capas virtuales en un computador (Centro) Capas virtuales en una red (Derecha)

Almacenamiento Virtual: Independientemente de los componentes y de la red empresarial, los datos son el siguiente pilar de importancia. La información se genera y se almacena para su uso o análisis, es de tal prioridad que las tecnologías de almacenamiento se han desarrollado fugazmente en los años recientes.

El almacenamiento virtual nace de la problemática de tener una gestión eficiente del almacenamiento ya que al haber tantos dispositivos de almacenamiento diferentes la gestión de estos llega a complicarse cuando queremos integrar varios equipos en un solo entorno.

Los sistemas que adoptan esta tecnología pueden variar su capacidad de forma dinámica para adaptarse a las necesidades actuales, sin necesidad de disminuir la confiabilidad, escalabilidad y disponibilidad de los datos. No obstante, la virtualización de almacenamiento aún se encuentra en etapas iniciales en cuanto a estandarización y compatibilidad entre sistemas de virtualización, por lo cual es aún una tecnología con alto campo de desarrollo.

La gestión centralizada de los sistemas de almacenamiento no es siempre la mejor opción y esto es precisamente lo que los sistemas de almacenamiento tradicionales ofrecen al estar directamente conectados a los computadores o servidores. Este problema no es nuevo por eso es por lo que el almacenamiento virtual ha tenido desarrollo desde 1970 con unidades de memoria muy pequeñas. No es una tecnología tan complicada como las redes virtuales ya que el almacenamiento virtual únicamente actúa como una capa entre el usuario y el almacenamiento físico.

Los dispositivos lógicos se superponen a los dispositivos físicos para que el usuario pueda administrar y usar el hardware sin salir del software. Para el usuario esto se percibe como si el almacenamiento fuera un solo recurso similar al agua y no como varios dispositivos individuales, esto permite mejorar el desempeño en el acceso al almacenamiento.[27]

Como se mencionó antes el almacenamiento virtual no se encuentra estandarizado por lo cual aún existen bastantes ramas en cuanto a la implementación, si lo miramos desde la perspectiva de la topología tenemos dos opciones de despliegue:

- **Almacenamiento Virtual Simétrico**

Este esquema se encuentra embebido en los enlaces de transmisión de la red de datos que puede ser física o virtual. Todos los equipos de control, gestión, almacenamiento y enrutamiento de los datos se encuentran integrados en uno solo. La gestión se realiza

mediante LUN (Unidad de almacenamiento lógico virtual) que se encuentra en el disco duro físico del grupo HSTD (director de tráfico de alta velocidad).

Al escribir datos desde el servidor, estos se envían a través de HSTD al caché y se gestiona automáticamente la conversión de LUN a la ubicación física del disco duro de destino. En la Figura 2.3.3 se simplifica el modelo simétrico mediante un diagrama.

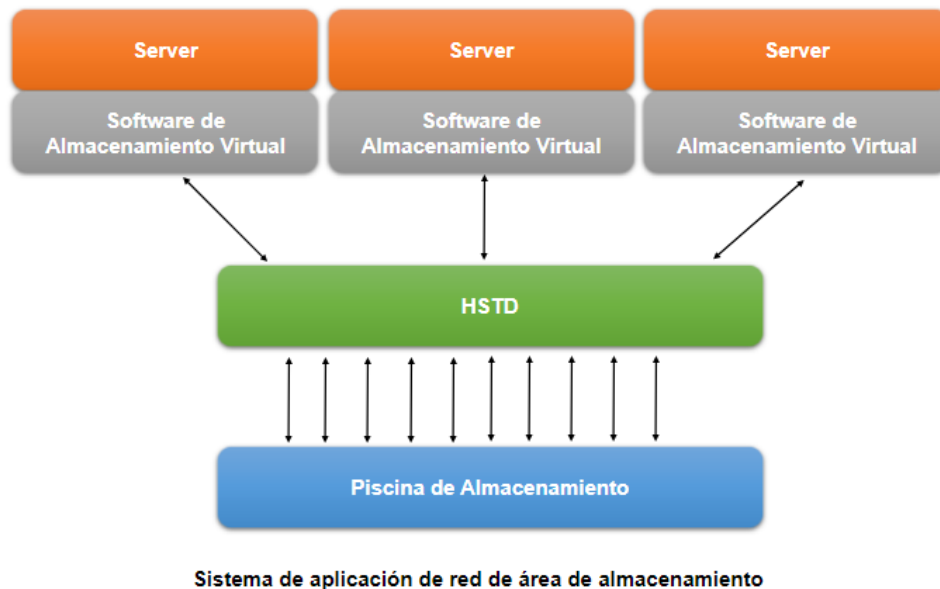


Figura 2.3.3. Diagrama del modelo simétrico de almacenamiento virtual

Algunas de las características más importantes del almacenamiento virtual simétrico son el aceleramiento en la transmisión de datos mediante un caché de gran capacidad que se comunica directamente con el servidor aumentando la eficiencia en la lectura y escritura de datos. Canales multi puerto paralelos para el incremento del ancho de banda y disminución del cuello de botella.

Otra ventaja es el aumento en la velocidad de acceso al disco que nos provee la unidad de almacenamiento lógico. Este modelo no es perfecto ya que si lo fuera no habría razón para que existan otras alternativas, entre sus desventajas tenemos una probabilidad considerable de que se generen cuellos de botella en el ancho de banda del sistema debido a los equipos de conmutación, la demanda de caché que requiere el modelo también es un factor para tomar en cuenta. Finalmente deberemos saber que la seguridad en el dispositivo es vital ya que un error puede bloquear el acceso a la información ocasionando un colapso de la red.

- **Almacenamiento Virtual Asimétrico**

El almacenamiento virtual asimétrico va más allá de la típica transferencia de datos entre el servidor y el dispositivo de almacenamiento. A través de la implementación de una gestión de almacenamiento virtual, se logra procesar virtualmente al grupo de almacenamiento. Esta gestión centralizada utiliza puertos FC conectados a la red para administrar toda la red de almacenamiento, permitiendo una operación virtualizada con matrices de discos. En este enfoque, se asignan derechos de acceso específicos a cada servidor en cada segmento, ya sea para escritura, lectura o acceso prohibido. En la figura 2.3.4 se simplifica el modelo simétrico mediante un diagrama.[27]

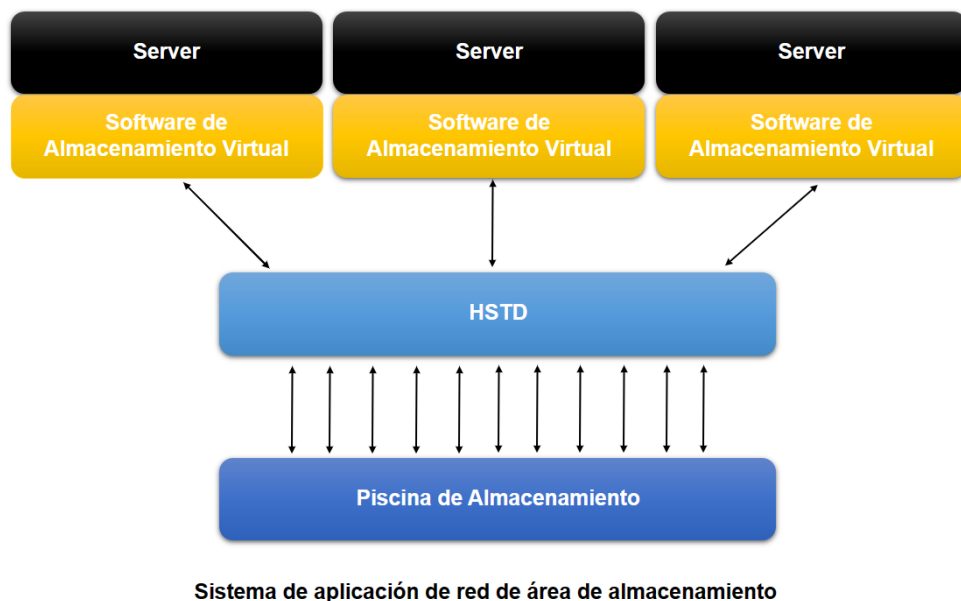


Figura 2.3.4. Diagrama del modelo asimétrico de almacenamiento virtual

Como ventajas del modelo asimétrico tenemos que los controladores de almacenamiento virtual solo operan en el software de todos los dispositivos de almacenamiento, así como en la información de configuración y administración del servidor. Debido a esto se pueden incorporar componentes de hardware con precios bastante bajos.

Otra ventaja considerable es la combinación de capacidades de discos duros físicos mediante matrices y conjuntos de bandas virtuales, junto con múltiples puertos de controlador de matriz, mejora el ancho de banda del sistema al enlazar hasta cierto límite. Finalmente, como última ventaja este modelo evita los cuellos de botella o bloqueos de canal ya que el controlador de almacenamiento no se encuentra en el mismo enlace que va la información.

De la misma forma que el modelo simétrico, aquí también encontramos desventajas que nos podrían hacer considerar la otra opción. Entre ellas esta que tiene una capacidad de almacenamiento más bajo ya que es un conjunto de retazos de memoria estructurados en una matriz esto a su vez ocasiona que sea un modelo más vulnerable ya que un error en la unidad de almacenamiento lógico virtual causaría la pérdida de la información.

Hypervisor (Hipervisor):

El hipervisor también llamado administrador de máquina virtual (VMM) es uno de los componentes clave para la virtualización, nos permite gestionar múltiples sistemas dentro de un mismo procesador, si bien es una tecnología con más de 50 años de antigüedad, sus aplicaciones en sistemas embebidos son aún un terreno nuevo por explorar.

En un hipervisor varios eventos de misma índole conviven entre sí. Esto es distinto a la idea que tenemos de los sistemas operativos donde varios subprocesos se ejecutan simultáneamente, en el caso del hipervisor este ejecuta múltiples sistemas operativos. El hipervisor se encarga de administrar los recursos para la ejecución de los sistemas operativos sin involucrarse directamente en los procesos. Cabe recalcar que un sistema operativo no se ejecuta de manera indefinida.[28]

Esta vida finita de los sistemas operativos se debe a que pueden ocurrir dos inconvenientes:

- Ocurre un problema y es encontrado por el sistema operativo
- Un error en el hardware

De manera similar a cuando un sistema operativo reparte su memoria para cada subproceso, un hipervisor se encarga de fraccionar su memoria y asignarla a la ejecución de cada sistema operativo buscando siempre el funcionamiento óptimo. Para alcanzar la máxima optimización se da vida a un concepto conocido como “zona de pruebas de recursos” en donde se pre ejecutan los sistemas operativos para poder asignar la cantidad óptima de memoria.

Una vez el sistema operativo sale de la zona de pruebas el hipervisor debe tener lista la decisión sobre qué hacer para solucionar el inconveniente.

En el caso del error de hardware el hipervisor toma el control de la ejecución con el propósito de prevenir la ejecución interminable de un sistema operativo específico, el hipervisor intercepta las interrupciones del hardware, como los tics del temporizador, para coordinar la programación de diversos sistemas operativos. [28] En la Figura 2.3.5 se

presenta una ilustración típica de un esquema de virtualización controlado con un hipervisor.

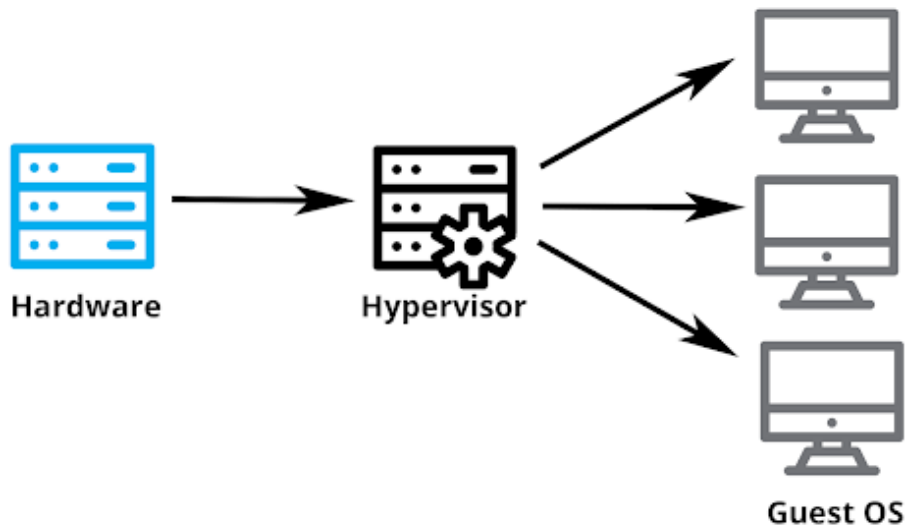


Figura 2.3.5. Esquema de virtualización controlado con un hipervisor [29]

Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) o Uninterruptible Power Supply (UPS):

En el contexto de nuestra sociedad hiperconectada y dependiente de servicios ininterrumpidos, los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS) desempeñan un papel esencial. Estos dispositivos, ubicuos en entornos tan diversos como Centros de Datos, hospitales, edificios de oficinas e incluso barcos, cumplen la función crítica de garantizar la continuidad del suministro eléctrico cuando la red experimenta interrupciones.

Los SAI, actúan como salvaguarda contra cortes de energía, proporcionando energía eléctrica a otros equipos a través de sus baterías. Su capacidad de autonomía, determinada por el tipo y número de baterías, permite sostener servicios vitales durante períodos de apagones. Esto no solo se traduce en mantener operativas salas de operaciones en hospitales o la estabilidad en la conexión a internet a través de Centros de Datos, sino también en prevenir riesgos potenciales, como interrupciones en la comunicación de buques que podrían afectar el tráfico marítimo.[30]

El funcionamiento de estos equipos puede explicarse sencillamente si se divide en los bloques ilustrados en la Figura 2.3.6:

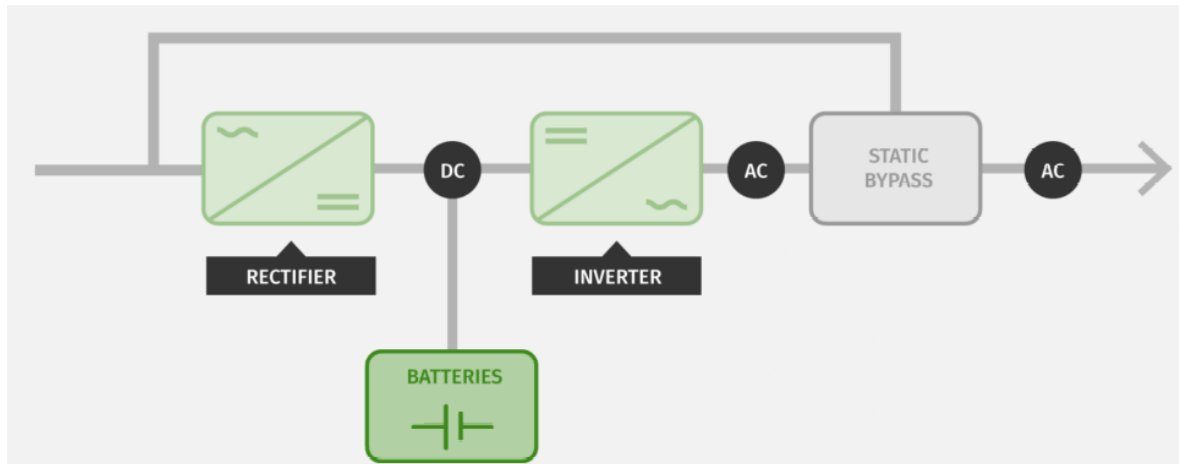


Figura 2.3.6. Diagrama de bloques de los SAI [30]

- **Rectificador/Cargador:** Transforma la electricidad AC proveniente de la red eléctrica pública en una señal CC para enviársela a las baterías o al inversor.
- **Baterías:** Brindan energía a los equipos conectados al SAI cuando la red eléctrica sufre de un apagón.
- **Inversor:** De manera contraria al rectificador, esta sección toma las señales CC y las regresa como corriente alterna que se inyecta en los dispositivos electrónicos.
- **Bypass estático y de mantenimiento:** Funciona como selector o interruptor, este circuito selecciona la señal que se brinda a los equipos, ya sea la proveniente de la red eléctrica o aquella que viene de las baterías del SAI cuando hay un corte de luz.

Sistema de Enfriamiento:

Un problema común de los equipos electrónicos es el calentamiento producido por la energía que no es consumida y debe salir en forma de calor. Para los equipos para un centro de datos virtual es de máxima importancia controlar la temperatura y humedad.

Mientras mayor sea la cantidad de equipos mayor es el aumento de la temperatura del ambiente, un sistema de enfriamiento adecuado asegura la ventilación y enfriamiento adecuados para el hardware. Niveles inadecuados de calor pueden producir daño irreparable a los equipos causando fallas en el funcionamiento y poner en riesgo la integridad del Centro de Datos.

Los sistemas de enfriamiento toman el calor del aire y lo trasladan a donde no haga daño a los equipos, este aire caliente se empuja y reemplaza por aire frío que se puede producir de distintas maneras. Actualmente, tenemos dos esquemas de enfriamiento que lideran en los Centros de Datos del mundo.[31]

- **Enfriamiento por aire:**

Durante mucho tiempo esta era la única alternativa para mantener una temperatura adecuada en equipos electrónicos, aun se utiliza en Centros de Datos de tamaño moderado con el esquema de pasillos fríos y calientes. El aire frío se envía a través de conductos que llegan a los equipos para reemplazar el aire caliente, este no se desecha o se envía a la nada, sino que entra en un ciclo donde se enfría y se vuelve a enviar al equipo.

El modelo de pasillos fríos y calientes evita que los dos tipos de aire se encuentren y se anulen entre sí y a su vez facilitan el proceso de diseño de los conductos de aire ya que los rack y armarios deben de estar en filas ordenadas y manteniendo la vista de los equipos de tal manera que el aire caliente siempre vaya al pasillo correcto.[31]

Es posible la añadidura de características como puertas y paredes para encaminar aún más el aire caliente y el aire frío. Es importante ocupar de forma correcta el espacio para no producir espacios vacíos o zonas muertas donde el aire no llegue. En la Figura 2.3.7 se tiene el esquema de los pasillos fríos y calientes para el enfriamiento por aire.

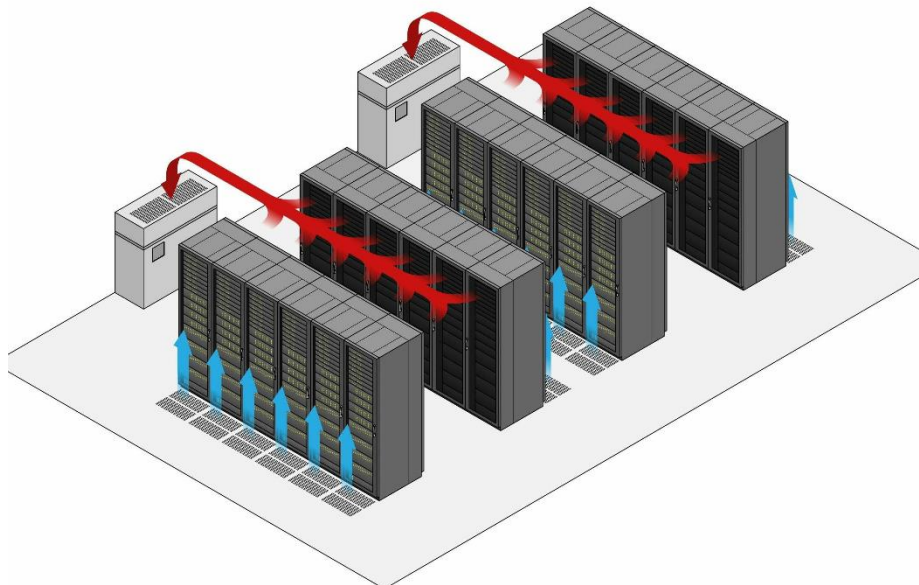


Figura 2.3.7. Flujo de aire en los pasillos fríos y calientes [32]

- **Enfriamiento líquido:**

Una de las últimas novedades en las tecnologías de enfriamiento es el uso de líquido para climatizar los equipos manteniendo o incluso mejorando la rentabilidad y la eficiencia. Tanto el aire como los líquidos son fluidos que pueden tener un flujo entre los equipos, pero los líquidos son superiores en cuanto eficiencia para transmitir la temperatura siendo ideales para los Centros de Datos virtuales que pueden llegar a tener una gran cantidad de equipos. En el caso de este tipo de refrigeración tenemos dos subcategorías en las que se divide:

- **Refrigeración por inmersión:** Gracias a el desarrollo que ha tenido la ingeniería de materiales se han conseguido sintetizar fluidos dieléctricos similares al agua o al aceite mineral, pero con la diferencia de que estos tienen una baja conductividad y funcionan como un aislante eléctrico. Por tanto, es posible sumergir en este líquido a los equipos completos y así formar un ciclo donde el calor se va en forma de vapor y se condensa para volver a enfriar el equipo. [31] La Figura 2.3.8 se observa como esta alternativa es ideal para grandes cantidades de equipos.



Figura 2.3.8. VDC con refrigeración por inmersión [33]

- **Refrigeración directa al chip:** En años recientes esta alternativa a tenido más auge en los equipos de cómputo personales como los que se tiene en el hogar o trabajo ya que, consiste en usar tubos que llevan el líquido no conductor hasta el chip de procesamiento ubicado en la placa madre del equipo minimizando la cantidad de líquido usado, pero aumentando su costo debido al sistema de

tuberías lo que hace que esta alternativa sea poco eficiente si hablamos de un Centro de Datos con muchos equipos, de todas formas en la Figura 2.3.9 observamos un caso donde se utilizó esta alternativa para un VDC.

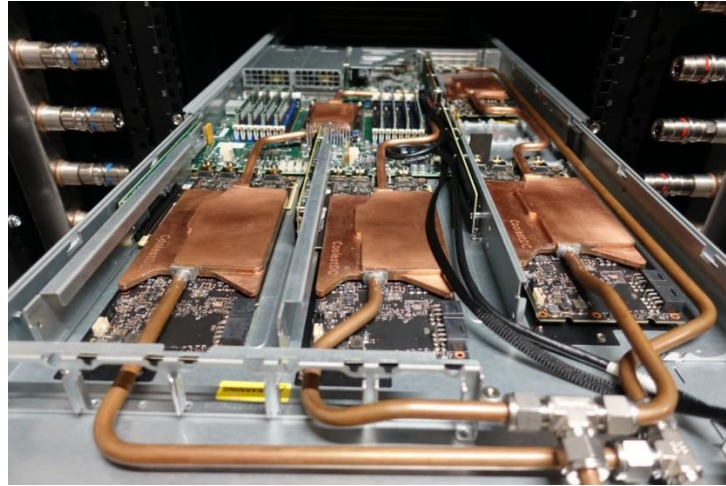


Figura 2.3.9. VDC con sistema de refrigeración de tubería de cobre [34]

2.4 TOPOLOGÍAS EN VDC

La topología o arquitectura de red tanto para un VDC como para un DC tradicional tiene un papel vital desde el proceso de diseño, escoger la topología adecuada permite satisfacer los requerimientos con los métodos más eficientes y óptimos. Existen muchas opciones a escoger, pero existen 3 topologías que se han vuelto realmente populares en los últimos años.

VL2: Topología creada y desarrollada por Microsoft, una de las empresas líderes en implementación de VDC. Esta nace de la necesidad de agilidad en un Centro de Datos lo cual se traduce a poder asignar cualquier servidor a cualquier servicio. El éxito de esta topología se basa en fundamentos como el direccionamiento plano para facilitar la movilidad de las instancias dentro de la red, equilibrio de carga para mantener flujos controlados en los enlaces de la red y reducción de la complejidad en el plano de control mediante una política de direcciones fundamentada en los dispositivos finales que luego es dimensionado a los servidores masivos.

Hoy en día los servicios en la nube requieren de hasta miles de servidores trabajando en conjunto para dar servicio a las aplicaciones de nuestra vida diaria, tal necesidad motiva a encontrar soluciones cada vez más económicas. Otra necesidad poco cubierta ha sido la agilidad esta característica permite solucionar los posibles problemas de cada servicio de

una manera eficaz, habilitando así la mayor cantidad de servidores en uso y aumentando la eficiencia económica.

Los diseños más recientes no toman en cuenta la agilidad ya que en sus propias características la evitan al no brindar la capacidad suficiente, ni equilibrando el tráfico en las rutas de menor demanda, e incluso teniendo modelos de enrutamiento poco eficaces, de estas problemáticas es que nacen los tres objetivos de la arquitectura VL2. [35]

- **Capacidad grande y uniforme:** El único limitador para la velocidad entre servidores debe de ser la capacidad de las tarjetas de red de los servidores, además, la topología no es un factor para la asignación de los servidores a cada servicio.
- **Aislamiento del rendimiento:** Los respectivos flujos de tráfico de cada uno de los servicios no se afectarán entre sí, de manera que la red se comporte como si cada servicio estuviera conectado individualmente.
- **Analítica de capa 2:** Similar a una red LAN donde cada dirección IP se puede dirigir a cualquier puerto del switch usando direccionamiento plano. La administración del VDC también debe ser capaz de hacer esta asignación entre servidores y servicios sin importar la dirección ya que las máquinas virtuales deben de tener la capacidad de cambiar de servidor sin cambiar de dirección.

El principio para entender VL2 es la fusión de la capa 2 y 3 para formar la capa virtual 2. Partiendo de la topología Clos (conmutación de multi etapas) y de ECMP (enrutamiento multi enlace de capa 3) obtenemos diversidad de enlace entre los servidores. Se realizan ciertos cambios a la topología Clos como el paso de redundancia 1:1 a n:m.

Como se mencionó antes, VL2 implementa el balanceo de carga VLB para proveer divergencia y aleatoriedad a las matrices de tráfico. Otro concepto en el cual se encuentra fundamentado es el enrutamiento IP y las tecnologías de borde que encontramos en los switches. [35] A manera de integrar las características de la topología se presenta la Figura 2.4.1 con un esquema típico de arquitectura.

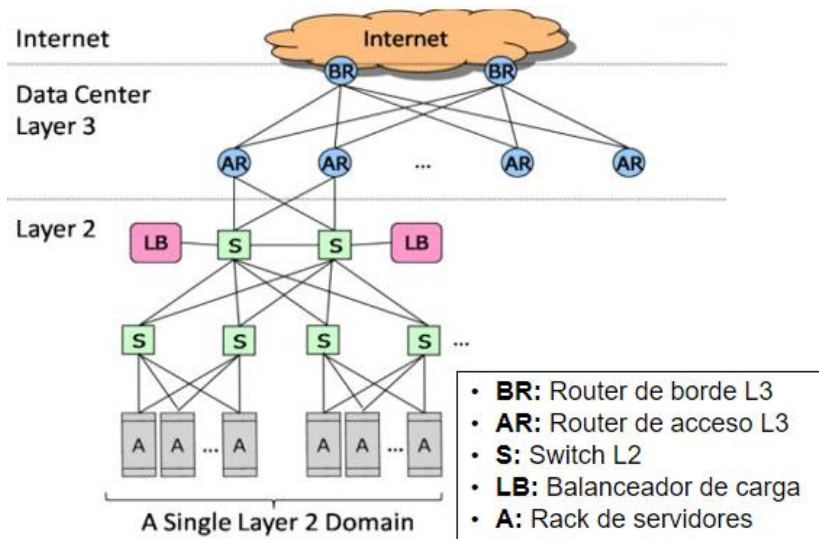


Figura 2.4.1. Esquema de la topología VL2 [35]

Fat tree: Una de las topologías más usadas en Centros de Datos jerarquizados, con el objetivo de achicar la latencia y aumentar el ancho de banda lo más posible. Charles E. Leiserson fue el primero en desarrollarla en el año 1985. Este diseño se caracteriza por incrementar el ancho de banda en los niveles superiores de la jerarquía de manera que lo reduce a medida que vamos a zonas inferiores de la misma, adicionalmente se debe conservar la simetría en el diseño.

Los elementos de esta topología generalmente se encuentran interconectados para permitir la habilitación de más de un camino entre nodos. El balanceo de carga, resistencia a errores y optimización de caminos (ya que cualquier dispositivo debe llegar a otro en máximo de tres saltos), son algunas de las ventajas que este diseño permite usar en nuestro Centro de Datos sobre todo si tienen requerimientos como el alto rendimiento o escala considerable. [36]

Centrándonos más en las características de la topología Fat Tree esta cuenta con tres capas:

- **Capa de núcleo:** Switches conectados entre sí y ubicados en la parte más alta de la jerarquía por lo que obtienen más ancho de banda que el resto de las capas.
- **Capa de Agregación:** Switches que se encuentran en la parte central de la red y que se conectan a la capa de núcleo.
- **Capa de Frontera:** También llamada capa de switches perimetrales está al fondo de la topología por lo que se conecta a la capa de agregación, adicionalmente estos

switches se pueden conectar a servidores, almacenamiento y otros dispositivos. [37]

Es posible explicar esta topología usando matemáticas básicas con las cuales adicionalmente se puede explicar el porqué de la simetría de este tipo de diseños. Digamos que un switch de la capa de frontera tiene k puertos, de estos la mitad $\left(\frac{k}{2}\right)$ se conectan a servidores. La parte restante $\left(\frac{k}{2}\right)$ de puertos irán respectivamente a $\frac{k}{2}$ switches de la capa de agregación. Esta distribución formara una unidad básica de la topología Fat Tree, también llamada *pod*⁴.

En la capa núcleo hay $\left(\frac{k}{2}\right)^2 \cdot n$ puertos que se conectan individualmente a n *pod*⁴. La cantidad máxima de servidores o host conectados a este tipo de tecnologías es $\frac{k^3}{4}$. [38] La figura 2.4.2 ilustra gráficamente a la topología Fat Tree.

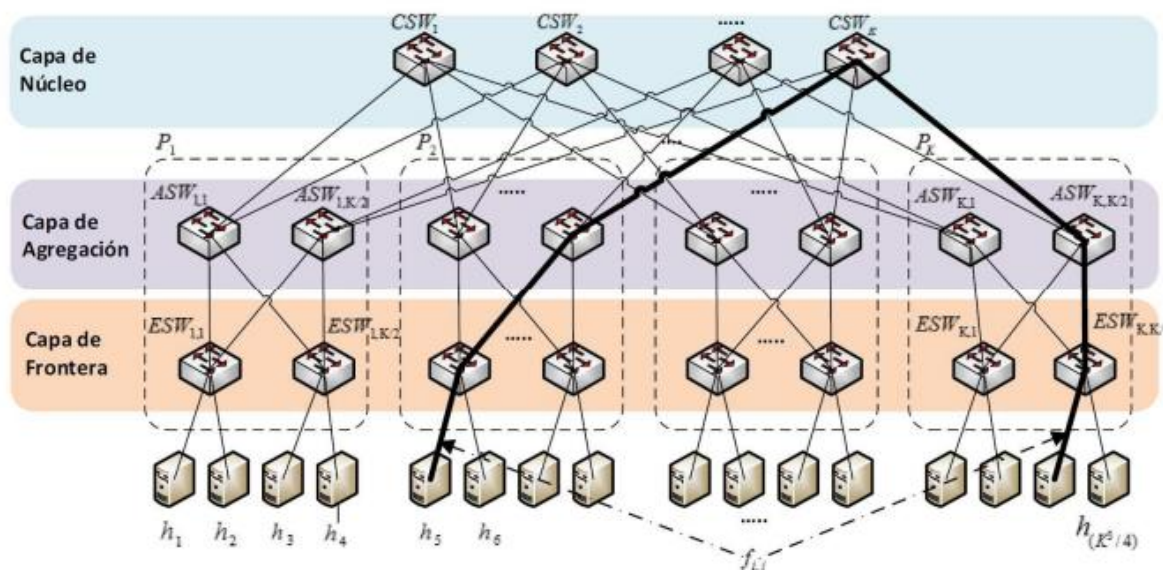


Figura 2.4.2. Topología Fat Tree. [38]

BCube: Una topología recursiva y pensada desde el concepto de los Centros de Datos modulares (MDC) que introdujeron la idea de juntar servidores y switches en contenedores de alta movilidad en lugar de ubicarse en locaciones fijas. Los MDC tienen bajo costo y bajo tiempo de implementación, pero con la desventaja de que al tener módulos sellados se dificultan tareas como el mantenimiento, obligando a realizar diseños tolerantes a los errores y considerando que el rendimiento depende drásticamente de la falla de los módulos.

Con este preámbulo es que la topología BCube nace a partir de dos dispositivos, servidores multi puerto y switches con conexiones fijas a una cantidad dada de servidores. Dentro de esta topología contamos con algunos elementos:

- **BCube₀**: Switch de n puertos conectados respectivamente a n servidores.
- **BCube₁**: Resultado de la fusión de n BCube₀ y n switches de n puertos.
- **BCube_k**: Generalización de BCube para cualquier nivel siempre y cuando k sea al menos 1, este siempre se construirá de n BCube_{k-1} y n^k switches de n puertos.

Para facilitar el entendimiento de esta topología usaremos la Figura 2.4.3 para ilustrar varios aspectos de la topología como por ejemplo que cada servidor tiene $k+1$ enlaces de nivel (nivel-0, nivel-1, ..., nivel- k), respectivamente los servidores cuentan con la misma cantidad de puertos. De esta forma se puede concretar la construcción de un BCube_k que posee $N = n^k + 1$ servidores y switches con n^k puertos por nivel. [39]

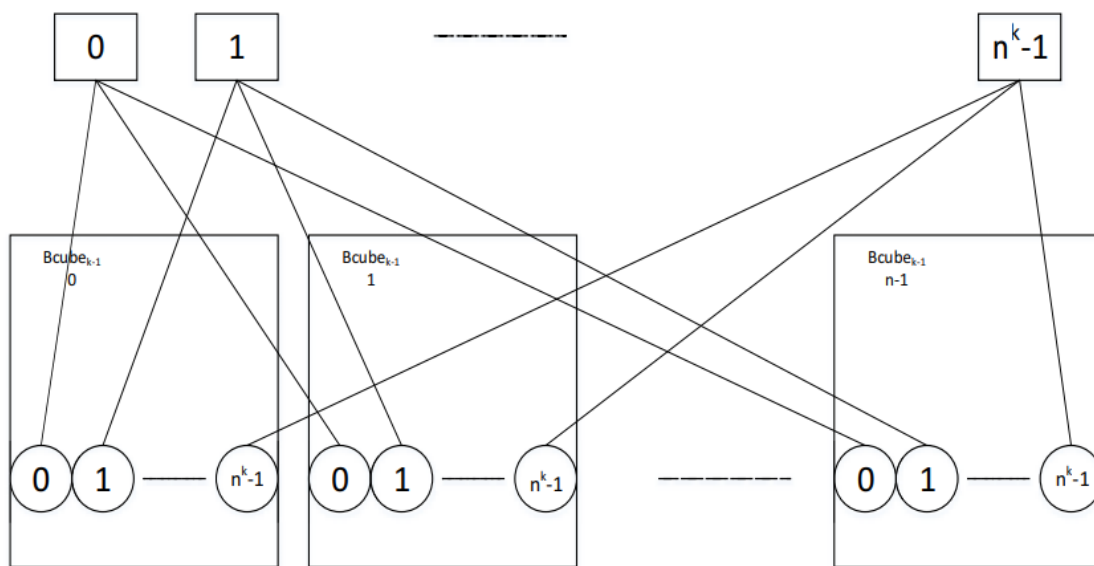


Figura 2.4.3. Estructura BCube de nivel k [40]

Se utilizan colecciones de direcciones para representar a los servidores ($a_k a_{k-1} \dots a_1 a_0$ ($a_i \in [0, n - 1], i \in [0, k]$)). Los switches también pueden ser expresados como colecciones de direcciones ($\langle l, s_{k-1} s_{k-2} \dots s_1 s_0 \rangle$ ($s_j \in [0, n - 1], j \in [0, k - 1]$)), en este caso decimos que l toma valores entre 0 y k y representa el nivel del switch. Un BCube_k se puede construir a partir de la conexión de servidores y switches con $S_k = k$ proveniente de la ecuación (2.1). [39]

$$a_k a_{k-1} \dots a_1 a_0 = s_{k-1} s_{k-2} \dots s_1 s_0 \quad (2.1)$$

A pesar de la complejidad de esta topología, sus ventajas hacen que la decisión de implementarla sea bastante considerable durante el proceso de diseño del Centro de Datos. BCube proporciona una buena tolerancia a los errores y capacidad de la red, puntos como la escalabilidad no son su fuerte, pero estos mejoraran con el paso del tiempo ya que dependen del desarrollo de las tecnologías de red para Centros de Datos.

La topología BCube exhibe una disminución gradual en el rendimiento a medida que aumenta la tasa de fallos de servidores o conmutadores. Esta característica es relevante en los Centros de Datos de contenedores de envío, donde la reparación o sustitución de componentes se complica cuando el contenedor está sellado y en funcionamiento.

BCube se integra sin problemas con la pila de protocolos TCP/IP, y el reenvío de paquetes en BCube puede realizarse eficientemente tanto en hardware como en software. Los experimentos en entornos de pruebas indican que BCube demuestra tolerancia a fallos, equilibra la carga y acelera significativamente las aplicaciones con uso intensivo de ancho de banda.

2.5 GESTIÓN EFICIENTE DE VDC

Hoy tenemos herramientas que permiten gestionar de forma eficiente los Centros de Datos Virtuales llegando incluso a introducir automatización y monitoreo de tareas, como sus recientes avances. Las primeras herramientas de gestión eran bastante primitivas, estas permitían funciones como registro de equipos o control de su mantenimiento, pero hoy en día los requerimientos son mucho más exigentes estos necesitan de la capacidad para resolver problemas en tiempo real, algunos de los obstáculos más comunes para alcanzar una gestión eficiente son:

Diversificación en la Gestión: En la estructura ingenieril de un Centro de Datos virtual, se pueden identificar dos lazos de control distintos. Uno se centra en la refrigeración y distribución de energía en el rack, mientras que el otro opera a nivel global, abordando no solo la energía y la climatización, sino también diversos subsistemas auxiliares, como la extinción de incendios, control de acceso y otros elementos. En muchas ocasiones, estos bucles, e incluso sus componentes, operan de manera independiente, gestionados por equipos distintos.

En el ámbito empresarial, no siempre se opta por soluciones integradas en la administración de infraestructuras ingenieriles. Frecuentemente, los Centros de Datos comerciales no disponen de esta alternativa. Sin embargo, en el segmento corporativo, la dirección de la empresa a veces busca optimizar costos, incluyendo en el presupuesto únicamente a los sistemas fragmentados, como los de climatización y SAI. Los circuitos de

control incomunicados, las disparidades en los niveles de automatización de los subsistemas del Centro de Datos y la heterogeneidad de proveedores de equipos complican la coordinación eficiente de todas las partes de la instalación, dificultando la posibilidad de optimización. [41]

Modos de Control: En escenarios a pequeña escala, la gestión manual de subsistemas en Centros de Datos involucra documentación a través de Microsoft Excel, generando problemas de papeleo debido a la dificultad de mantener una base de datos precisa con hojas de cálculo. Con decenas de estanterías, los desafíos de la contabilidad manual son inevitables. El reemplazo de equipos solo ocurre en casos de fallos, aumentando costos y tiempos de inactividad.

En situaciones donde minimizar el tiempo de inactividad es crucial, se adopta el modelo reactivo, que regula la resolución de problemas basándose en la experiencia del personal. Aunque los problemas se resuelven rápidamente en accidentes, la falta de análisis exhaustivo dificulta la prevención, especialmente con la dependencia de pocos expertos.

En contraste, un modelo avanzado orientado al servicio presupone documentación completa, reglas y procedimientos claros. Lleva un registro detallado de instalación y movimiento, con informes generados por servicios operativos sobre sistemas de ingeniería, accidentes y acciones tomadas. La proactividad es clave, permitiendo anticipar problemas. La introducción de un sistema automatizado para subsistemas críticos es esencial, reduciendo la dependencia de expertos altamente calificados y facilitando la operación con conocimientos básicos.

Monitoreo y Despacho: Hace aproximadamente una década, se introdujeron en el mercado las soluciones de Gestión de Infraestructura de Centros de Datos (DCIM), marcando un cambio significativo al consolidar todos los subsistemas de ingeniería en una estructura lógica única. Inicialmente diseñadas para esquemas y trámites administrativos, las versiones actuales de DCIM han evolucionado para interactuar con herramientas de monitoreo incorporadas en equipos de diferentes fabricantes, así como para conectar sensores y recopilar datos esenciales. [41] En la Figura 2.5.1 se muestra un diagrama típico de un sistema de gestión para un VDC.

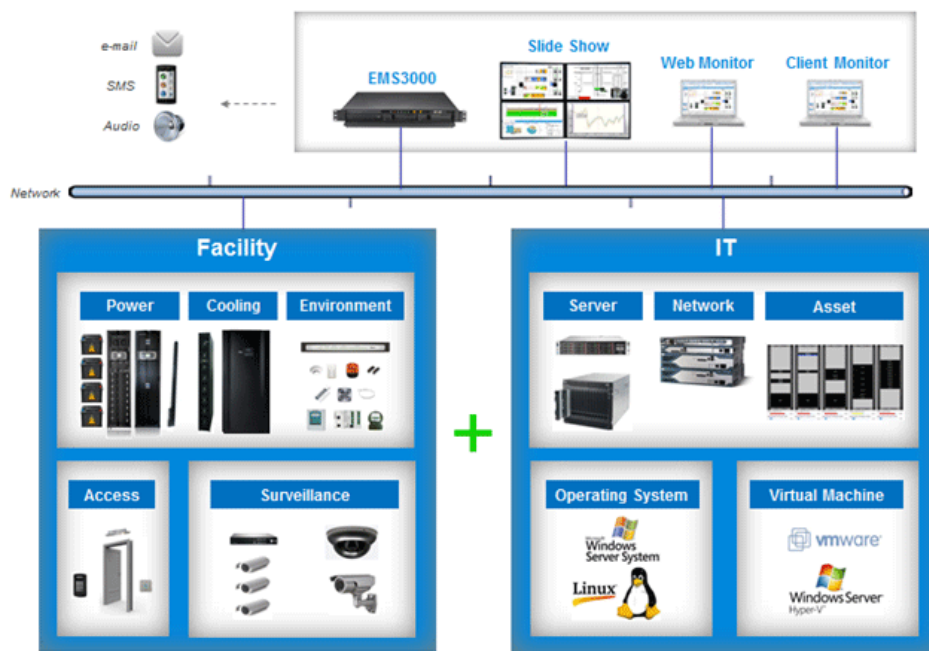


Figura 2.5.1. Diagrama de un sistema DCIM para la gestión [42]

Una vez implementado el DCIM, el cliente crea un entorno integral de monitoreo y control. Este entorno abarca todos los subsistemas críticos del Centro de Datos e incluso puede extenderse a la gestión de equipos de TI en algunos casos. La función principal de DCIM es unificar los flujos de datos procedentes de diversas fuentes, y este proceso se realiza en tiempo real. Esto proporciona al personal de servicio una visión completa y actualizada del funcionamiento de todos los subsistemas del Centro de Datos, incluida, según sea necesario, la evaluación de la potencia informática.

Una de las ventajas notables de DCIM es su facultad para disminuir el riesgo de los factores humanos en el rendimiento de los subsistemas del Centro de Datos. Si mejoramos la recopilación y procesamiento de datos usando la automatización, se minimiza el factor humano y se mejora la eficiencia de la operación. En resumen, DCIM representa una herramienta fundamental para la gestión eficiente y proactiva de la infraestructura en los modernos Centros de Datos.

La problemática de la Elección: Implementar DCIM puede abordarse en distintos escenarios, pero resulta más eficiente hacerlo en la etapa de diseño del montaje. También se pueden integrar subsistemas independientes existentes usando equipos de diversos fabricantes. La elección de una solución durante el diseño la realiza comúnmente un integrador de sistemas. En el caso de un Centro de Datos virtual existente, la complejidad aumenta. Se necesita un grupo de trabajo con representantes de todos los departamentos

involucrados. Es crucial crear una lista de parámetros y nodos a monitorear, ordenándolos por importancia. Se realiza una auditoría de protocolos y medios de comunicación, considerando la instalación de sensores y controladores adicionales. [41]

Con esta información, se eligen las soluciones de software, se lista el equipo adicional y se calcula el presupuesto. Subcontratar la implementación de DCIM en una instalación existente es recomendable. Los errores en el diseño podrían ser más costosos que los servicios del integrador. Aunque DCIM solía ser local, muchos desarrolladores ahora lo ofrecen como servicio (SaaS), reduciendo significativamente los gastos de capital. En la Figura 2.5.2 observamos un típico dashboard de gestión, concretamente observamos el proporcionado por Delta llamado InfraSuite.



Figura 2.5.2. Panel de control de gestión InfraSuite. [42]

2.6 DESAFIOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE VDC

La virtualización es cada vez más económica y menos compleja; aunque no es una tecnología perfecta, hay dificultades para traspasar un Centro de Datos hacia la virtualización. Estos son seis puntos o áreas que crecen o disminuyen en importancia dependiendo de la naturaleza y enfoque del VDC. Estas dificultades no suelen resolverse en fases iniciales de la implementación, sino que surgen una vez la red se enfrenta a cargas de trabajo reales.

Aun así, es posible contrarrestar estos problemas usando las correctas medidas de planificación durante la migración de ecosistemas. Es esencial la participación de todo el

personal de TI ya que la comunicación y colaboración serán clave para enfrentar estos inconvenientes.

Insuficiencia de recursos: La virtualización traslada tareas de Entrada/Salida del hardware al software mediante el hipervisor. Esto puede afectar el rendimiento, especialmente en aplicaciones optimizadas para conjuntos de chips específicos, ya que estos se convierten en componentes virtuales, perdiendo parte de su optimización. La capa de traducción de virtualización se encarga de convertir el código optimizado para el chip de software y devolverlo al chip físico en el hardware subyacente.

Este cambio puede generar problemas de rendimiento, agotando rápidamente los recursos de red, almacenamiento y aplicaciones. La saturación de máquinas virtuales en un host físico debido a la expansión de la virtualización puede resultar en limitaciones inesperadas de recursos en todo el centro de datos. Por ejemplo, al compartir una única tarjeta de red y transmitir a través de un conmutador de software, las aplicaciones virtualizadas pueden experimentar reducción de recursos de red, generando problemas de rendimiento, disminución de ancho de banda y aumento de latencia. Incluso aspectos menores, como la disponibilidad de direcciones IP, pueden verse afectados por la expansión de la virtualización. [43]

La virtualización no está disponible en la virtualización de SO: Las soluciones de virtualización basadas en hipervisor y kernel tienen limitaciones, ya que solo virtualizan el sistema operativo sin reconocer las aplicaciones en ejecución ni la interacción con el hardware virtualizado. Esta capa adicional de administración entre aplicaciones y hardware puede causar problemas de rendimiento no controlados por las aplicaciones.

Las plataformas de infraestructura virtual permiten la migración en directo de máquinas virtuales entre dispositivos físicos, como VMware DRS y VMotion. Sin embargo, estas herramientas de migración carecen de conocimiento sobre el estado de la aplicación y la red de entrega de aplicaciones. Por ejemplo, al mover una máquina virtual que ejecuta una aplicación web de compras, la migración puede provocar pérdida de disponibilidad y datos, ya que no considera el estado persistente de la aplicación ni la carga de red. Aunque VMotion busca servidores con menos carga de CPU, no evalúa la capacidad de red del nuevo host, lo que puede resultar en una migración a un host con menos capacidad de red disponible. [44]

Costos de virtualización superiores a la solución física: La virtualización, impulsada por la reducción de costos y la consolidación del centro de datos, puede generar ahorros, pero implementar una solución completa no es económico. Aunque menos servidores físicos pueden significar menores gastos, los costos asociados con nuevas plataformas de hardware, licencias de software y capacitación del personal pueden superar el presupuesto inicial. Además, los gastos operativos, como la gestión continua y los requisitos de red y almacenamiento adicionales, pueden aumentar sin límites. Los costos inesperados pueden complicar la implementación, incluso deteniéndola por completo. [44]

No se usan en su totalidad todas las funciones de virtualización: Las plataformas virtuales introducen tecnologías avanzadas de redes, como la conmutación de software y la segmentación VLAN. Sin embargo, estas características están aisladas en las plataformas de máquinas virtuales y no se integran completamente con la infraestructura de red existente. La adopción de funciones como la migración en vivo DRS y VMotion puede requerir ajustes en la infraestructura de red o incluso un rediseño completo del centro de datos. Las nuevas tecnologías suelen funcionar bien en entornos de desarrollo, pero enfrentan desafíos al pasar a producción y al integrarse con las redes de almacenamiento y aplicaciones existentes. Los problemas de integración de almacenamiento surgen al trasladar máquinas virtuales a entornos de producción, especialmente en términos de almacenamiento en red y herramientas adicionales para migrar máquinas activas entre dominios de almacenamiento locales. [44]

Red de almacenamiento desbordada: Convertir máquinas físicas en virtuales beneficia la creación de centros de datos dinámicos, pero trae el desafío de manejar discos duros convertidos en imágenes virtuales de archivos extremadamente grandes. Este aumento puede volverse difícil de gestionar, sobre todo al mover datos y sistemas operativos al almacenamiento de red compartido durante la migración virtual, tensando la capacidad de almacenamiento y rompiendo modelos de crecimiento previos.

Un informe de Enterprise Strategy Group reveló que el 54% de los encuestados experimentaron un aumento en la capacidad de almacenamiento relacionado con la virtualización. El 18% informó un aumento del 20% en el almacenamiento físico. Las empresas a menudo subestiman los requisitos de almacenamiento para máquinas virtuales, lo que dificulta proporcionar suficiente hardware de almacenamiento. La

expansión de plataformas virtuales puede generar la acumulación de archivos no utilizados al activar y desactivar máquinas virtuales en todo el centro de datos virtual. [45]

Red de almacenamiento congestionada: La naturaleza portátil de la virtualización del sistema operativo puede causar un aumento significativo en los datos que circulan por la red de almacenamiento. La facilidad para mover imágenes de máquinas virtuales entre hosts o matrices de almacenamiento puede plantear desafíos al planificar grandes migraciones, pudiendo sobrecargar la red y causar problemas de rendimiento. Con la expansión de máquinas virtuales no gestionadas en el centro de datos, las migraciones no planificadas pueden incluso paralizar la red local. Mover estas imágenes fuera de la LAN puede generar demoras y saturar conexiones WAN más pequeñas, siendo el tipo de almacenamiento compartido un factor que influye en los problemas de rendimiento, con NFS siendo más propenso a la degradación que otras soluciones. [44]

2.7 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN VDC

La seguridad no es algo que podamos dar por sentado en la virtualización, es un problema del día a día al igual que en los SO ejecutados en equipos físicos y de propósito único. Si bien los ataques en infraestructura virtual son diferentes que los de infraestructura física, estos tienen la misma esencia y algunos pueden ser de la siguiente forma:

Ataque a las interfaces de gestión: En los entornos de sistemas operativos virtuales, la gestión de las comunicaciones entre los sistemas huésped y anfitrión se realiza a través de interfaces de control o software de gestión. Estas aplicaciones, como las herramientas VMware o los módulos de kernel invitados de Xen, permiten que el sistema anfitrión controle y monitoree directamente los sistemas huéspedes a través del hipervisor. Por ejemplo, las herramientas VMware facilitan el acceso del anfitrión al huésped para funciones como montar CD-ROM o proporcionar acceso acelerado al hardware.

El VMM/hipervisor utiliza este modelo de comunicación para gestionar las interacciones entre el usuario y el huésped, como controlar el ratón en la interfaz gráfica de administración. La Figura 2.7.1 muestra la arquitectura de un hipervisor de máquina virtual. Estos procesos son esenciales, pero plantean desafíos de seguridad al ejecutar sistemas no controlados con privilegios de super usuario en el nivel del kernel tanto en el host como en el huésped, estos sistemas pueden ser manipulados y explotados por un atacante. Estos ataques se realizaron en el ámbito profesional como los de 2003 a Windows, donde

un host hipervisor Linux ejecutaba 10 instancias virtuales cada una perteneciente a una granja de servidores HTTP permitiéndole replicar información de los usuarios del departamento de finanzas sin que se den cuenta. [46]

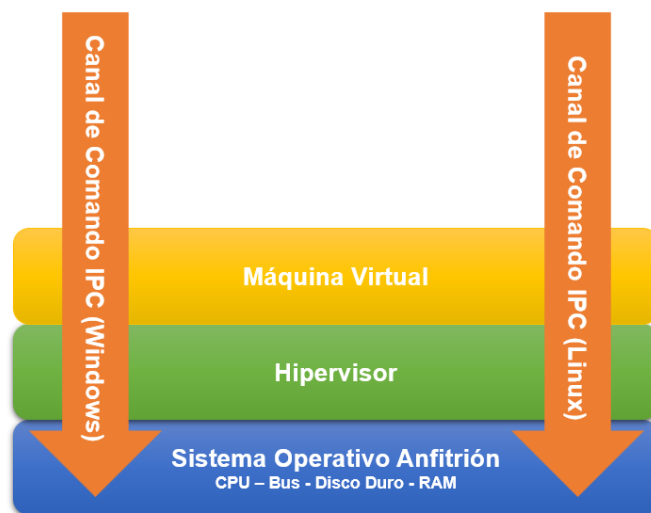


Figura 2.7.1. Arquitectura de un hipervisor de máquina virtual

Ataque al hipervisor a través del invitado: Un atacante puede comprometer un sistema virtual en lugar del host, sin darse cuenta de que ataca una máquina virtual en lugar de una física. Aunque superficialmente los vectores de ataque son similares, para expandir su ataque a toda la infraestructura virtual, el atacante debe primero darse cuenta de que está en una máquina virtual gestionada por un host VMM y luego escapar de esa máquina virtual. La fuga requiere desviarse hacia el diseño del hardware y el sistema operativo, específicamente en las CPU x86, donde el modo kernel y el modo de usuario son esenciales.

La virtualización oculta la ubicación real de elementos como tablas de interrupciones, y el hipervisor traduce transparentemente las llamadas del sistema operativo huésped a ubicaciones reales en la RAM física. Sin embargo, el modo kernel, donde se ejecuta la tabla de interrupciones virtual, sigue siendo un objetivo para ataques. Aunque atacar la CPU virtual del huésped podría resultar en una caída virtual, la virtualización introduce más complejidad, y el escape de la máquina virtual implica saltar del entorno virtual al físico, lo que puede permitir la manipulación del kernel del host y la CPU. Este proceso, llamado escape de la máquina virtual, representa un riesgo de seguridad.

Para que un atacante lance ataques dirigidos a un entorno virtual, debe primero identificar las máquinas virtuales y su estado. Si existe acceso local a la plataforma, señales como la dirección MAC, procesos, archivos y controladores pueden revelar si una máquina está

virtualizada. Además, hay herramientas como redpill y Scopy do que permiten la detección silenciosa de entornos virtuales, incluso proporcionando información crítica como la ubicación de la tabla de interrupciones virtual del huésped. Estas herramientas, utilizadas por un atacante, ayudan a crear una lista de entornos virtuales conocidos para ataques específicos. El objetivo final sería atacar y escapar de la máquina virtual, convirtiéndolo en el principal objetivo de los ataques en un entorno virtualizado. Al centrarse en las máquinas virtuales, un atacante puede comprometer otras a través de una red cerrada y, eventualmente, escapar del entorno virtual para acceder al host. La virtualización, al requerir la interacción de múltiples kernels y otorgar acceso a ubicaciones físicas en el host, brinda oportunidades para ataques basados en hipervisor, especialmente en entornos virtuales conocidos. [46] Si un atacante llega a este nivel de acceso se le abrirá un abanico de opciones de ataques como:

- Introducir código malicioso de la CPU virtual a la CPU física
- Introducir troyanos en la máquina virtual a través del hipervisor para que estos se instalen en el modo kernel del host.
- Eliminar la autenticación de usuarios mediante modificaciones en la interfaz de administración.
- Rastrear al host en su red a través de un invitado, esto mediante cambios en el subsistema de red controlado por hipervisor.
- Atacar y manipular el propio hipervisor, lo que otorgaría al atacante control total sobre hardware y software para cada invitado, equivalente a poseer todos los servidores de un centro de datos.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS

Habiendo realizado un estudio acerca de los VDC en el capítulo 2 se presentan las ventajas y beneficios que tiene el implementar o migrar a un VDC frente a los Centros de Datos Tradicionales.

Costo y Rentabilidad: La que muchos pueden considerar la principal ventaja de los VDC es la reducción en el costo de la infraestructura de TI, sobre todo porque la implementación de un Centro de Datos dentro de la propia empresa puede representar un desembolso

muchas veces inalcanzable para industrias en pleno crecimiento. Siendo injusto para todos y tomando en cuenta que independientemente de si alguien se dedica o no a la tecnología un Centro de Datos representa un papel protagónico dentro de las funciones de una empresa. Eso sin tomar en cuenta los gastos de mantenimiento que repercutirán a futuro.

Implementar un VDC ya sea propio o bajo el esquema de servicio, permite economizar la compra de equipos hasta incluso anularla, ya que la herramienta de la virtualización nos permite ejecutar una variedad de equipos dentro de un mismo procesador, aprovechando así toda su capacidad y dando un uso óptimo. También se evita la compra innecesaria o incorrecta de equipos al ser estos virtuales pueden ser creados, borrados o configurados en tiempo real ajustándose a las necesidades permanentes o temporales del cliente.

Aceleración en el proceso de despliegue: Cuando tenemos una tarea como desplegar un servidor dentro de un Centro de Datos preexistente, hablamos de un procedimiento complejo que va desde el proceso de compra del equipo el cuál muchas veces contiene varios pasos cuando se trata de grandes empresas u organismos públicos. Una vez comprado el equipo se debe esperar a que este llegue y dedicarle tiempo y recursos para su instalación, realizar pruebas en un entorno controlado y finalmente agregarlo junto al resto de servidores.

Gracias a la adopción de un ambiente virtual esta tarea puede realizarse en menos de un día e incluso sin la necesidad de estar físicamente en las instalaciones de la empresa, acciones como la creación del servidor son sumamente sencillas ya que incluso podemos usar la clonación para precargar las configuraciones de otro de los servidores del VDC. Esta ventaja es ideal para poder adaptarse a las necesidades y tecnologías cambiantes de la actualidad sin perder rendimiento o estándares de calidad de servicio.

Seguridad: Como ya se mencionó en el capítulo 2, la seguridad en un VDC es diferente a la de un Centro de Datos tradicional, pero manteniendo el mismo objetivo de proteger los datos y acceso a la información. La seguridad en el caso de los VDC recibe una estimulación por parte de las consideraciones de seguridad propias de los servicios de nube. El camino que sigue la información al estar la mayor parte del trayecto en un enlace virtual y no en uno físico le permite mantenerse encapsulado lógicamente y libre de varios tipos de ataque.

Esta y otras características permiten trabajar con altos niveles de seguridad haciendo a los VDC una alternativa lo bastante atractiva como para ser considerada por empresas que manejan información sensible como lo son instituciones financieras y gubernamentales. Tal es la seguridad en los VDC que es posible implementar medidas

extra como los sistemas de administración centralizada para implementar políticas que aseguren la gobernanza de los datos.

Adaptabilidad a la industria: La tecnología ya se encuentra embebida en nuestra realidad empresarial sin importar el rubro al que esta se dedique, ya que la tecnología no es más que una herramienta que potencia casi cualquier aspecto de nuestras vidas, por esto alternativas como los VDC son capaces de ofrecer infraestructura flexible que se adapte a las demandas de los clientes. Los servicios TI pueden incrementar significativamente las ganancias en una empresa al facilitar y agilizar la generación de productos o servicios.

Un VDC permite realizar tareas como despliegue de máquinas temporales para acceso remoto o aumento inmediato en capacidad de procesamiento o almacenamiento, estas acciones son respuestas inmediatas a los cambios emergentes que tienen las empresas en el día a día, siendo notable la diferencia con los Centros de Datos tradicionales dónde este tipo de acciones pueden llegar a tardarse tanto que dejan de ser soluciones.

Incremento de productividad: Aun cuando podemos considerar que los computadores son infalibles en su tarea, estos aún están a cargo de actividad humano la cual puede introducir errores en el proceso. Acciones del personal pueden producir inactividad en los equipos lo que llega a representar pérdidas para la empresa. Un VDC junto a sus sistemas de gestión omiten la acción humana para generar una agrupación de equipos que actúan de forma automatizada incluso ante situaciones críticas.

Acciones ya mencionadas con la gestión centralizada permiten generar estadísticas y gráficos en tiempo real sobre la productividad del VDC lo cual ayuda a mejorar cada vez más el comportamiento y evitando decrecimiento en la rentabilidad de la empresa. Incluso situaciones de desastre como ciberataques pueden solucionarse con migración de las máquinas virtuales obteniendo el menor tiempo de recuperación posible.

Movilidad: Hoy en día la movilidad pasó a ser más una necesidad que una ventaja, eventos como la reciente pandemia obligaron a las empresas a adaptarse al trabajo remoto, para lo cual se necesita que los empleados puedan acceder desde sus casas a las diversas herramientas empresariales, esto en empresas que tenían sus Centros de Datos y red únicamente en las instalaciones físicas hizo ardua la tarea de la migración, mientras que aquellas que ya contaban previamente con VDC no tuvieron mayores dificultades en transferir prácticamente la totalidad de la empresa a los servicios de nube, esta migración resulto tan positiva que incluso algunas decidieron mantener el trabajo remoto aún terminadas las restricciones de la pandemia.

Como hemos repasado un VDC trae consigo una cantidad de beneficios a las empresas que resulta difícil imaginar que hoy en día hay empresas que les cuesta realizar este salto hacia la siguiente era de las tecnologías TI, este tren de desarrollo que jamás se detiene en su búsqueda de eficiencia y resiliencia digital.

A manera de síntesis de las ideas anteriormente expuestas se presenta la Tabla 3.1 con una breve comparación de las dos alternativas para Centros de Datos.

Tabla 3.1. Comparación de los Centros de Datos Virtuales y tradicionales

	Centros de Datos Virtuales	Centros de Datos Tradicionales
Costo	Moderado gracias a los sistemas de suscripción o de pago por capacidad en la nube.	Elevado debido a los costos de equipos, instalación y mantenimiento.
Escalabilidad	Una simple adición al plan y de rápida integración con el resto de los equipos.	Compleja ya que añadir un nuevo equipo consume de varios recursos y tiempo.
Locación	No consumen espacio ya que se encuentran en ubicaciones remotas de los proveedores.	Ubicaciones físicas dentro de las instalaciones de la empresa.
Contingencia a desastres	Totalmente a cargo del proveedor quienes incluso brindan seguros en las pocas ocasiones donde hay pérdidas.	Propenso a pérdidas de información en catástrofes como incendios.
Administración y Gestión	Agiles y sencillos desde aplicaciones centralizadas.	Manejados por personal propio o externo.
Seguridad	Sujeta a las capacidades de seguridad de los servicios de la nube.	Considerablemente buena sobre todo en casos donde se necesite máxima confidencialidad.

3.2 CONCLUSIONES

- El estudio identifica la mejoría en el uso de los recursos cuando se utilizan servidores, redes y unidades de almacenamiento virtualizados en comparación con los tradicionales. Mediante esta tecnología es posible conseguir eficiencia y optimización en el Centro de Datos.
- Si bien existen dificultades cuando migramos de un ambiente físico a uno virtual, el cambio produce más beneficios que desventajas, además los procedimientos de migración actuales minimizan el tiempo de traspaso con la planificación adecuada, evitando así que se produzcan pérdidas por inactividad.
- La virtualización tiene un impacto inmediato en el comportamiento de la red, aspectos como las políticas de seguridad se enriquecen en los entornos virtuales habilitando funciones como partición lógica de la red y gestión de los accesos.
- Herramientas de gestión centralizada son esenciales en un VDC, la mejora en la monitorización permite generar respuestas más rápidas a los inconvenientes del día a día como la asignación de recursos, caídas de la red o errores en el hardware.
- El costo de implementación de un VDC puede alejar a los posibles clientes en primera instancia, pero tras un proceso de revalidación es notorio que tarde o temprano la inversión se recupera si tomamos en cuenta la reducción de costos de operación, hardware físico y energía.
- La correcta elección de una topología para un VDC involucra un análisis completo de las necesidades y requerimientos actuales y futuros, una buena arquitectura es una pieza crucial para la optimización del uso de recursos y ejemplificación de la gestión.
- La escalabilidad y la flexibilidad son factores en los que se hace hincapié en el documento, y no es, para menos, ya que la mejora de los VDC en estas características permite responder al mundo laboral que se encuentra en constante cambio en demandas y necesidades.
- La principal característica de los VDC que les permitirá sobrevivir al constante desarrollo del mundo tecnológico es su adaptabilidad a las tecnologías emergentes como las funciones de red (NFV) o los contenedores.
- El uso de aplicaciones o servicios basados en IaaS ofrecen a las empresas los beneficios de la nube y la virtualización a precios razonables, estos precios se

reducen gracias a factores como el desarrollo y la competitividad de la industria tecnológica.

3.3 RECOMENDACIONES

- En el caso de que una empresa cuente previamente con su propia infraestructura, deberá realizar una migración progresiva y amigable con el personal, empezando por las áreas menos críticas que darán el pie para aquellas de mayor riesgo en caso de fallas.
- Es importante realizar la mayor cantidad de pruebas dentro de un entorno controlado antes de realizar el despliegue, esto ayudará a identificar y contener los posibles problemas en situaciones reales.
- La tecnología implementada en los VDC no es la única cuestión que se mantiene en constante desarrollo, el personal a cargo de este también debe de capacitarse periódicamente para realizar una correcta administración y mantenimiento. El constante aprendizaje asegura una larga vida de éxito para el VDC.
- Durante todas las etapas de vida de un VDC la seguridad es un factor imprescindible. Redes privadas, sistemas de autenticación de usuarios o administradores y monitorización las 24 horas aseguran la robustez del sistema junto a la información que este resguarda.
- En futuros estudios acerca de los VDC, se recomienda incursar en tecnologías emergentes como la computación cuántica o la computación de borde, estas pueden integrarse a los VDC para brindar una mejor calidad en los servicios.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Galvan, *DATACENTER: Una mirada por dentro*, 1a ed. Tucumán: Ediciones indigo, 2013.
- [2] «¿Qué es y para qué sirve la virtualización?» Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/virtualization/what-is-virtualization>
- [3] A. Hbaieb, M. Khemakhem, y M. Ben Jemaa, «A survey and taxonomy on virtual data center embedding», *J. Supercomput.*, vol. 75, n.º 10, pp. 6324-6360, oct. 2019, doi: 10.1007/s11227-019-02854-1.
- [4] Jagadeesh, «Moving Towards a Virtual Data Center». Happiest Minds. [En línea]. Disponible en: <https://www.happiestminds.com/whitepapers/Moving-Towards-a-Virtual-Data-Center.pdf>
- [5] Akshay Chatani Chatani, «Redes Definidas por Software en Centros de Datos», Universidad de La Laguna, La Laguna, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/19776/Redes%20definidas%20por%20softw are%20en%20centros%20de%20datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/19776/Redes%20definidas%20por%20softw%20are%20en%20centros%20de%20datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [6] «What Is a Data Center?», Nlyte. Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.nlyte.com/faqs/what-is-a-data-center/>
- [7] R. Balodis y I. Opmane, *History of Data Centre Development*, 1a ed. Riga: Institute of Mathematics and Computer Science, University of Latvia. [En línea]. Disponible en: <https://dl.ifip.org/db/series/ifip/ifip387/BalodisO12.pdf>
- [8] «Tier Certification Overview», Uptime Institute. Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://uptimeinstitute.com/tier-certification>
- [9] «Tier Classification System», Uptime Institute. Accedido: 2 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://uptimeinstitute.com/tiers>
- [10] J. Herrmann, Y. Zimmerman, D. Parker, y L. Novich, «Virtualization Getting Started Guide», p. 49, jun. 2023, [En línea]. Disponible en: https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_enterprise_linux/7/pdf/virtualization_getting_started_guide/red_hat_enterprise_linux-7-virtualization_getting_started_guide-en-us.pdf

- [11] «Features of the Ferranti ATLAS computer». Ferranti, 1960. [En línea]. Disponible en: http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/pdf/ict_icl/atlas/Features_Of_The_Ferranti_Atlas_Computer_Nov60.pdf
- [12] M. Lambert, *IBM M44/ 44x*.
- [13] M. Suliman, «A Brief Analysis of Cloud Computing Infrastructure as a Service(IaaS)», vol. 6, pp. 1409-1412., feb. 2021.
- [14] CDW, «Infraestructure as a Service», p. 8, [En línea]. Disponible en: <https://fedtechmagazine.com/sites/default/files/cloud-iaas.pdf>
- [15] «What Is Infrastructure as a Service (IaaS)? Definition, Examples, Types, and Best Practices», Spiceworks. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.spiceworks.com/tech/cloud/articles/what-is-iaas/>
- [16] tracsman, «The virtual datacenter: A network perspective - Cloud Adoption Framework». Accedido: 5 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cloud-adoption-framework/resources/networking-vdc>
- [17] songuyen, «What is a Virtual Data Center?», GreenCloud - Affordable KVM and Windows VPS. Accedido: 5 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.greencloudvps.com/what-is-a-virtual-data-center.php>
- [18] P. Nataraj, «A timeline on the evolution of data centres», Analytics India Magazine. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://analyticsindiamag.com/data-centres-eniach-cloud-mainframe-virtual-networks/>
- [19] D. Leatt, «The world's very first data centre», 2bm. Accedido: 9 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.2bm.co.uk/news/the-worlds-very-first-data-centre/>
- [20] «The history of virtualization and its mark on data center management | TechTarget», IT Operations. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.techtarget.com/searchitoperations/feature/The-history-of-virtualization-and-its-mark-on-data-center-management>
- [21] «Power deal secures likely approval for massive Loudoun data center campus», Washington Business Journal. Accedido: 9 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.bizjournals.com/washington/news/2020/11/03/aws-data-center-proposal-up-for-vote.html>

- [22] Sustaindatacenter, «Evolution Of Data Centers, And Its Impact On The Future», Medium. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@sustaindatacenter/evolution-of-data-centers-and-its-impact-on-the-future-3dc189cac8>
- [23] «In eastern Oregon, Amazon is working with a local utility to power AWS data centers with clean energy», US About Amazon. Accedido: 9 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.aboutamazon.com/news/aws/data-center-oregon-renewable-energy>
- [24] B. Smith, Klein, David, Guerzon, Adele, Duncan, Shawn, Peterson, Aaron, y Testoni, Patrick, «University of California, Santa Cruz Server Virtualization», *Best Practices 2007*, p. 2, 2007. [En línea]. Disponible en: https://greenbuildings.berkeley.edu/pdfs/bp2007_ucsc_virtualization.pdf
- [25] N. C. Fernandes *et al.*, «Virtual networks: isolation, performance, and trends», *Ann. Telecommun. - Ann. Télécommunications*, vol. 66, n.º 5-6, pp. 339-355, jun. 2011, doi: 10.1007/s12243-010-0208-9.
- [26] Y. Wang, E. Keller, B. Biskeborn, J. van der Merwe, y J. Rexford, «Virtual routers on the move: live router migration as a network-management primitive», *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 38, n.º 4, pp. 231-242, ago. 2008, doi: 10.1145/1402946.1402985.
- [27] Lu, Dongxin, Niu, Yixi, y Zou, Linqi, «Analysis of virtual storage technology and its application in the library», *Proc. 2012 2nd Int. Conf. Comput. Inf. Appl. ICCIA 2012*, n.º 2012, pp. 1-4.
- [28] R. Martin, «Hypervisor Part 1- What is a Hypervisor and How Does it Work?».
- [29] «What is Hypervisor and How Does it Work», ResellerClub Blog. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.resellerclub.com/what-is-a-hypervisor-and-how-does-it-work/>
- [30] Jon, «What is a UPS and how does it work?», Ormazabal. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ormazabal.com/en-gb/what-is-a-ups-and-how-does-it-work-2-2/>
- [31] Borgini, Julia, «Data center cooling systems and technologies and how they work | TechTarget», Data Center. Accedido: 19 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/tip/Data-center-cooling-systems-and-technologies-and-how-they-work>

[32] B. Kleyman, «Helping Your Data Center Breathe Easier With Good Air Flow Management», Upsite Technologies - Data Center Cooling Optimization. Accedido: 19 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.upsite.com/blog/helping-your-data-center-breath-easier-with-good-air-flow-management/>

[33] J. Witkin, «Cooling a Computer Server With Mineral Oil», Green Blog. Accedido: 19 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://archive.nytimes.com/green.blogs.nytimes.com/2012/09/06/cooling-a-computer-server-with-mineral-oil/>

[34] P. J. H. your say, «Digital Realty offers liquid cooling in SIN11 data center, Singapore». Accedido: 19 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/digital-realty-offers-liquid-cooling-in-sin11-data-center-singapore/>

[35] A. Greenberg *et al.*, «VL2: A Scalable and Flexible Data Center Network».

[36] staff, «Fat-Tree Design (Fat-Tree Topology)», Ayar Labs. Accedido: 28 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ayarlabs.com/fat-tree-design-fat-tree-topology/>

[37] Scott, D, «¿Cómo elige entre topologías de hoja de espina y árbol grueso para su red de centro de datos?» Accedido: 28 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/advice/0/how-do-you-choose-between-spine-leaf>

[38] A. Ampuño y M. Chávez, «Diseño y simulación de una red de Datacenters basada en topología FAT-TREE en un ambiente de redes definidas por software (SDN).», 2015.

[39] C. Guo *et al.*, «BCube: A High Performance, Server-centric Network Architecture for Modular Data Centers».

[40] Z. Han y L. Yu, «A Survey of the BCube Data Center Network Topology», en *2018 IEEE 4th International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing, (HPSC) and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS)*, may 2018, pp. 229-231. doi: 10.1109/BDS/HPSC/IDS18.2018.00056.

[41] Delta Power Solutions, «Efficient Management of the Data Center's Engineering Infrastructure». Accedido: 29 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.deltapowersolutions.com/en/mcis/technical-article-effective-management-of-data-center-engineering-infrastructure.php>

[42] Delta Power Solutions, «Comprendiendo el rol de DCIM en centros de datos modernos». Accedido: 29 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.deltapowersolutions.com/es-co/mcis/technical-article-understanding-the-role-of-dcim-in-modern-data-centers.php>

[43] «The Six Big Challenges of Virtualizing a Data Center». Accedido: 29 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://usa.ingrammicro.com/cep/app/cms/en-us/resources/The-Six-Big-Challenges-of-Virtualizing-a-Data-Cent>

[44] A. Murphy, «Seven Data Center Challenges to Consider Before Going Virtual».

[45] L. Whitehouse y B. Babineau, «Why CIOs Should Look To Data Deduplication», 2009.

[46] A. Murphy, «SECURITY IMPLICATIONS OF THE VIRTUALIZED DATACENTER». F5 TECHNICAL MARKETING MANAGER, SECURITY.