



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

MODELO DE COSTOS ASOCIADOS PARA SOLUCIONES
DE TECNOLOGÍA DE UN CENTRO DE DATOS
VIRTUALIZADO

Reporte de Trabajo
Profesional

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

A C T U A R I O

RENATO ARTURO SANTA ANA KEGLER

Tutor:

MARIANA IBARRA MARQUEZ

2018





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno

Santa Ana

Kegler

Renato Arturo

9713938-8

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

71629591

2. Datos de la Tutora

Ingeniero en Informática

Mariana

Ibarra

Márquez

3.- Sinodal 1

Maestra en Ingeniería

Mónica Ileana

Sánchez

Zaragoza

4. Sinodal 2

Maestro en Finanzas

Marco Antonio

García

Fernández

5. Sinodal 3

Licenciada en Computación

Sonia Josefina

Valery

Lobo

6. Sinodal 4

Licenciado en Contaduría

Carlos

Orozco

Rocha

Titulo

Modelo de costos asociados para soluciones de tecnología de un centro de datos virtualizado.

65 páginas

2018

ÍNDICE GENERAL

Figuras.....	I
Cuadros.....	II
Introducción.....	1
Capítulo 1. La plataforma tecnológica para la virtualización de datos.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Conceptos técnicos.....	4
1.2.1 Centro de datos.....	4
1.2.2 Hardware.....	4
1.2.3 Hipervisor.....	5
1.2.4 Recursos virtuales.....	5
1.2.5 Servidor virtual.....	6
1.3 Beneficios de la virtualización.....	8
1.3.1 Reducción de costos.....	8
1.3.2 Reducción en los tiempos de aprovisionamiento.....	10
1.3.3 Reducir la complejidad de un centro de datos.....	10
1.3.4 Mayor eficiencia de los recursos.....	11
1.4 Marco de referencia.....	11
1.4.1 Entorno de la empresa.....	11
1.4.2 Principales clientes potenciales.....	12
1.4.3 Retos actuales de un centro de datos virtualizado.....	13
1.4.4 Análisis de las necesidades.....	14
1.5 Plataforma tecnológica para la virtualización de un centro de datos.....	14
1.5.1 Diagnóstico situacional.....	15
1.5.2 Problemática identificada.....	16
1.5.3 Propuesta de solución.....	17
1.5.4 Planteamiento del proyecto.....	18
Capítulo 2. Modelo de costos asociados a un centro de datos virtualizado.....	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 Panorama General del Sistema.....	22
2.2.1 Suposiciones y consideraciones.....	22

2.2.2	Problemas asociados.....	23
2.3	Modelo de costos asociados.....	24
2.3.1	Cálculo del costo del centro de datos virtualizado.....	25
2.3.2	Cálculo del costo de servidores físicos.....	25
2.3.3	Métodos de depreciación.....	25
2.3.4	Cálculo del costo de sistemas operativos.....	28
2.3.5	Cálculo del costo de gestión.....	29
2.3.6	Cálculo del costo de las instalaciones del centro de datos.....	29
2.3.7	Cálculo del costo del sistema de almacenamiento de datos.....	30
2.3.8	Cálculo del costo de redes.....	30
2.3.9	Cálculo del costo de mantenimiento.....	31
2.3.10	Cálculo del costo de clústeres de cómputo.....	32
2.3.11	Cálculo del costo de servidores virtuales.....	34
Capítulo 3	Solución tecnológica de un centro de datos virtualizado.....	35
3.1	Introducción.....	35
3.2	Escenarios y casos de uso.....	35
3.2.1	Costeo y medición.....	36
3.2.2	Análisis operacional.....	36
3.2.3	Informe de costos (showback).....	37
3.3	Evaluación de herramientas para la gestión de costos.....	38
3.4	VMware vRealize Business (vRB).....	39
3.4.1	Componentes y funcionalidades en vRB.....	40
3.4.2	Arquitectura lógica de vRB.....	41
3.4.3	Requerimientos de instalación de vRB.....	42
3.4.4	Plan de trabajo de la implementación.....	43
3.5	Aplicación del modelo de costos.....	44
3.5.1	Distribución y componentes de la plataforma virtual.....	44
3.5.2	Costos de la plataforma virtual.....	46
3.5.3	Costos de la plataforma virtual por unidad de negocio (showback).....	50
3.5.4	Evaluación de costos de infraestructura para nuevos proyectos.....	52
3.5.5	Optimización de recursos.....	53
3.6	Beneficios alcanzados.....	54
	Conclusiones.....	56

Bibliografía	58
---------------------------	-----------

Figuras

Figura 1.1	Arquitectura tradicional y virtualizada	5
Figura 1.2	Recursos virtuales para el sistema operativo	6
Figura 1.3	Crecimiento del consumo eléctrico en los centros de datos.....	9
Figura 1.4	Objetivos estratégicos de las empresas	12
Figura 1.5	Distribución de número de CPU Sockets en servidores ESXi	15
Figura 2.1	Simulaciones del cálculo en el tiempo de un servidor físico.....	27
Figura 2.2	Asociación de costos a servidores virtuales.....	34
Figura 3.1	Diagrama lógico de componentes de vRB	42
Figura 3.2	Costo mensual por depreciación de activos	49
Figura 3.3	Comparativo de los costos por sitios	50
Figura 3.4	Costos de agrupación por funcionalidad en servidores virtuales.....	51
Figura 3.5	Simulación de un requerimiento realizado en 10 servidores virtuales.....	53

Cuadros

Cuadro 2.1 Comparativo de servidores con condiciones técnicas diferentes	33
Cuadro 2.2 Análisis de costos asociados a soluciones	33
Cuadro 3.1 Comparativo entre soluciones de costo.....	38
Cuadro 3.2 Descripción de componentes en vRB	41
Cuadro 3.3 Distribución de los recursos físicos de una plataforma virtual.....	45
Cuadro 3.4 Distribución de costos de una plataforma virtual.....	46
Cuadro 3.5 Costos por almacenamiento de servicios y servidores virtuales	47
Cuadro 3.6 Costos mensuales de software o licenciamiento de sistemas operativos	47
Cuadro 3.7 Costos de gestión de la plataforma	48
Cuadro 3.8 Ahorros potenciales por el monitoreo de las plataforma.....	54

Introducción

En el proyecto se expondrá ampliamente los detalles del centro de datos, ya que en cuanto más información se tenga sobre los componentes, mayor precisión se tendrá en las cifras generadas. En el mercado existen diversas soluciones diseñadas para desempeñar esta tarea, sin embargo, siempre será necesario ajustar y adecuar los valores a cada una de las necesidades. El éxito de un sistema de este tipo, es procurar que el modelo sea dinámico, adecuándose a los cambios del día a día, y buscando que los resultados proyecten la realidad del ambiente analizado.

El objetivo general de este proyecto es proponer un modelo de gestión de costos asociado a los componentes tangibles e intangibles que forman parte de un centro de datos virtualizado.

En la actualidad, toda organización requiere contar con uno o varios sistemas que le faciliten la operación y administración, para lo cual, dichos sistemas operan por medio de una plataforma compuesta por tecnología, procesos, y personal que la opera. Desde hace más de dos décadas, la virtualización de la tecnología ha ido evolucionando, y entre las múltiples ventajas que hoy ofrece, ha permitido optimizar los costos asociados a un centro de datos, permitiendo ejecutar mayores cargas de trabajo en la misma plataforma física (hardware), sin sacrificar rendimiento, disponibilidad, confiabilidad y escalabilidad, entre otras, de los sistemas.

El actuario en la práctica de su profesión enfrenta múltiples retos en el uso de Tecnologías de la Información (TI), como lo son: conocer los costos asociados a su plataforma tecnológica, con la finalidad de poder operar como un negocio, más que como un centro de costos. Lo anterior se logra identificando las variables que participan, así como monetizando los componentes asociados al centro de datos, que permita entender, presupuestar, y pronosticar los gastos derivados de los servicios ofrecidos, realizando lo anterior de una manera clara y transparente para la organización.

El reporte se presenta grosso modo en tres capítulos:

En el capítulo 1 se desarrollará un marco de referencia que permita explicar las ventajas asociadas a un centro de datos virtualizado, definiendo los componentes que interactúan, y los retos a los que se enfrentan.

Posteriormente, en el capítulo 2 se planteará un modelo de costos que permita cuantificar los gastos asociados a un centro de datos virtualizado, y que integre todos sus componentes que representen un costo para la organización.

Finalmente, en el capítulo 3 se propondrá una metodología para identificar las variables que interactúan, diseño y arquitectura, plan de trabajo de la implementación, casos de uso y aplicación del modelo, así como la evaluación de resultados.

Capítulo 1.

La plataforma tecnológica para la virtualización de datos

1.1 Antecedentes

La virtualización se remonta a la década de los sesenta con la invención de los servidores llamados «mainframe», los cuales, por sus dimensiones, alcanzaban a ocupar centros de datos completos, consumiendo grandes cantidades de energía y generando de igual manera, calor. Por lo mismo, era una tecnología costosa y de alta complejidad, no solo en su diseño y arquitectura, sino también en su gestión.

En los años setenta surge el concepto de virtualización de cómputo mediante los primeros hipervisores como una solución para dividir las cargas de trabajo de forma lógica, aislando recursos, y ejecutándolos dentro del mismo servidor mainframe.

Con el desarrollo de los microprocesadores a través de los años, fue posible optimizar las dimensiones de los servidores, los consumos de recursos, y por lo tanto los costos asociados. Lo anterior dio la pauta a producir sistemas más pequeños y sencillos, los cuales fueron orientados a desempeñar tareas en particular, más fáciles de aprovisionar, dando paso básicamente a lo que hoy conocemos como servidores de cómputo.

Para la década de los noventa, los centros de datos estaban poblados por servidores físicos, pero debido a las necesidades de ejecutar más cargas de trabajo en los mismos espacios, se empezaron a tener nuevamente problemas de densidad, y en consecuencia elevados costos en la operación, lo que impulsó el uso de la virtualización como una solución eficiente y eficaz; y es cuando el concepto de virtualización de los servidores mainframe se adaptó a los servidores de cómputo de nueva generación.

1.2 Conceptos técnicos

Previo al desarrollo del proyecto, describiremos algunos conceptos técnicos que nos ayudarán a entender el contenido y desarrollo de los temas subsecuentes.

1.2.1 Centro de datos

También conocido como centro de cómputo o centro de procesamiento, es un espacio físico con una ubicación y de propósito específico. Puede estar ubicado dentro o fuera del país, al igual que puede ser dedicado a un tipo de procesamiento o empresa, o compartido con varios clientes. Cuenta con especificaciones respecto a las fuentes de alimentación (energía eléctrica), acondicionamiento ambiental (refrigeración), así como seguridad tanto física como lógica.

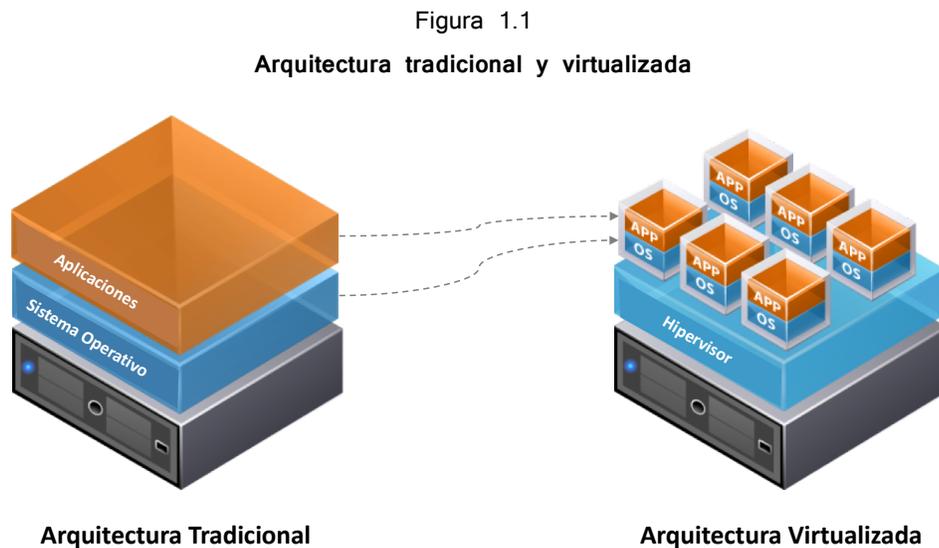
Es un área física que, dependiendo del tipo de información gestionada y almacenada, deberá ser resguardada con las condiciones, regulaciones y estándares que la institución requiera, así como en cumplimiento con las normas que el gobierno o las entidades regulatorias impongan.

1.2.2 Hardware

Agrupamos en hardware, todos los dispositivos físicos en los cuales se procesa la información, incluyendo dispositivos de cómputo, almacenamiento, comunicaciones, y seguridad. En algunos casos también se incluyen dispositivos que forman parte de las instalaciones del centro de datos, que no necesariamente procesan información de los sistemas y aplicaciones, pero que son necesarios para la operación como, reguladores y baterías eléctricas, sistemas de refrigeración, dispositivos de acceso y en algunos casos biométricos, entre otros.

1.2.3 Hipervisor

Tradicionalmente bajo un ambiente no virtualizado, se tiene básicamente una arquitectura de tres capas: la capa de hardware o servidor físico, arriba el sistema operativo y al final la o las aplicaciones. Mientras que, en un ambiente virtualizado el hipervisor es el componente central, el cual es la pieza de software ubicada entre el hardware y los servidores virtuales:

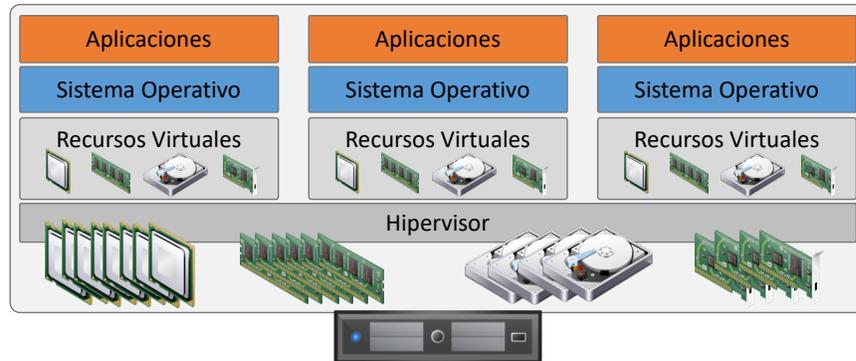


1.2.4 Recursos virtuales

Independientemente de la arquitectura observada, cada servidor físico esencialmente cuenta con cuatro componentes: CPU, memoria, disco y red. El hipervisor se encarga de gestionar cada uno de los componentes y servir como recursos virtualizados a los servidores hospedados. Para el sistema operativo cliente, los recursos virtuales desempeñan la misma función y simulan las mismas características que los físicos.

Figura 1.2

Recursos virtuales para el sistema operativo



1.2.5 Servidor virtual

Conocido como VM, por sus siglas en inglés (virtual machine); es prácticamente idéntico a un servidor físico en cuanto a su configuración y arquitectura, ya que se gestiona de la misma manera, y hay que tener las mismas consideraciones; sin embargo, las VMs tienen algunas características que las hace ser más flexibles y eficientes que los servidores tradicionales, tales como:

- *Aislamiento:* Las fallas que pudiera tener un servidor virtual dentro de éste (sistema operativo, aplicaciones o datos), no afecta el comportamiento de los demás servidores, ya que el aislamiento de recursos se realiza a nivel del hardware gestionado por el hipervisor. Esto conlleva beneficios en términos de seguridad, como lo es el prevenir la proliferación de un ataque, así como en términos de rendimiento, ya que se pueden asegurar los recursos para cada cliente, evitando que compitan entre ellos bajo intensas cargas de trabajo.
- *Encapsulación:* Tanto las configuraciones, como los objetos y recursos de un servidor virtual, se almacenan en forma de archivos, lo cual permite realizar acciones como copiar, mover, eliminar, salvar y restaurar servidores virtuales de forma nativa dentro de

un hipervisor. Tareas rutinarias de un centro de datos como respaldos de información, pueden ir más allá de solo salvar los datos importantes como tradicionalmente se realiza, ya que, bajo un esquema virtualizado, podemos tomar una copia de todo el servidor (sistema operativo y aplicaciones).

- *Independencia del fabricante:* En un ambiente tradicional compuesto por hardware se tiene una dependencia del fabricante, esto es, en caso de que se requiera reemplazar el hardware, ya sea por una falla, o por un tema de renovación tecnológica, el sistema operativo y en algunos casos las aplicaciones, tienen una dependencia sobre los componentes en los que fueron instalados como drivers, firmware, o tarjetas (ej. direcciones MAC), que dificultan y en algunos casos imposibilitan, el cambiar el modelo, tipo o fabricante del hardware. Este no es el caso de la virtualización, ya que, debido al nivel de abstracción implementado por el hipervisor, podemos cambiar de hardware o sus componentes, sin afectar el funcionamiento del sistema operativo y aplicaciones.
- *Movilidad:* Esta es una de las características más poderosas, ya que una VM que se está ejecutando en un servidor físico puede moverse a otro servidor de forma transparente y en línea, sin tener una afectación a la operación. Esta característica abre un abanico de posibilidades, por ejemplo, en ventanas de mantenimiento al servidor físico, no es necesario apagar las VMs, ya que estas se mueven a otro servidor, se realiza el mantenimiento, y se regresan en donde estaban. Esto da la posibilidad a las organizaciones de ejecutar este tipo de mantenimiento en horarios operativos, ya que no se interrumpen los servicios.
- *Aprovisionamiento instantáneo:* gracias a la encapsulación, podemos copiar o clonar el contenido de una VM, o la totalidad de ella, creando un nuevo servidor en cuestión de minutos. Esta ventaja permite a las organizaciones aprovisionar servicios o granjas de servidores de características similares de manera eficiente, permitiéndoles adaptarse a las condiciones y cambios abruptos del mercado.

1.3 Beneficios de la virtualización

La virtualización de un centro de datos tiene múltiples beneficios, y depende de cada organización y el nivel de virtualización que alcancen, aprovechar cada uno de ellos. Estas son algunas de las principales ventajas:

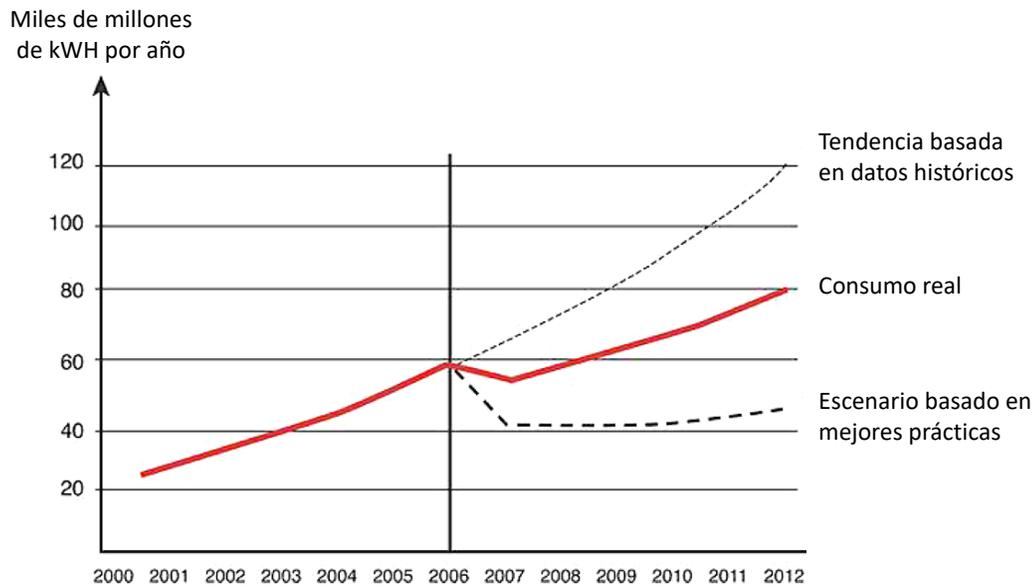
1.3.1 Reducción de costos

Los costos de un centro de datos los podemos simplificar y dividirlos en las siguientes categorías: hardware, software, recursos humanos, y las instalaciones del centro de datos; aunque en un escenario real podemos tener otros factores de costo como lo son los servicios (pólizas de seguro, mantenimiento de plataformas, seguridad física, entre otras), estos generalmente son considerados parte de las instalaciones del centro de datos.

Mediante la virtualización se pueden ver impactadas las cuatro categorías anteriores, revisando un sencillo ejercicio en el cuál una organización tiene un requerimiento de desplegar un nuevo sistema, o incluso incrementar los recursos de una plataforma; en una situación sin virtualización, se tendría que adquirir nuevos componentes y/o servidores, por lo que los consumos de energía y generación de calor se incrementarían. En el mismo escenario, pero de un centro de datos virtualizado, el aprovisionamiento de servidores, en este caso servidores virtuales, se ocuparía la misma infraestructura física, por lo que los consumos de energía y calor siguen siendo prácticamente los mismos.

La siguiente gráfica es un extracto del estudio realizado por Jonathan Gb. Koomey de la Universidad de Stanford, sobre el crecimiento del consumo eléctrico en los centros de datos durante el año 2000 al 2012.

Figura 1.3
Crecimiento del consumo eléctrico en los centros de datos



En la figura 1.3 se muestra cómo durante el 2006 y 2007 se disminuye el consumo, y entre el 2005 y el 2010, el crecimiento fue del 56%, en vez de ser del doble como se tenía pronosticado (línea punteada superior). Existen tres razones que explican este comportamiento: la primera refiere a la crisis económica mundial que desaceleró las inversiones; la segunda, una tendencia hacia una gestión del consumo eléctrico más responsable, orientado por el concepto “Green IT”; y la tercera, una adopción masiva de la virtualización que redujo drásticamente el número de servidores físicos instalados, y por ende el consumo eléctrico.

La línea inferior punteada, muestra el comportamiento esperado de los consumos eléctricos si se hubieran aplicado mejores prácticas de optimización como, monitoreo proactivo de consumos para aumentar la densidad de servidores virtuales por físico, reduciendo la base instalada y en consecuencia los consumos eléctricos; y también, utilizando tecnologías de hibernación de servidores, en las cuales los servicios no utilizados en horarios comúnmente no laborales (ejemplo, 8pm a 8am), se ponen en estado de hibernación, reduciendo los consumos durante periodos sin actividad.

Para este último punto, y de acuerdo al documento “VMware® Distributed Power Management Concepts and Use” (VMware, 2010), el rango promedio de ocupación de recursos de un servidor físico virtualizado es de 45% al 81% ($63\% \pm 18\%$). Por debajo del 45%, el grupo o clúster de servidores puede consolidarse moviendo cargas de trabajo de un servidor a otro, y poniendo a hibernar los que estén desocupados.

1.3.2 Reducción en los tiempos de aprovisionamiento

Actualmente el tiempo desde que se adquiere un nuevo servidor hasta que llega al centro de datos, suele ser entre 4 a 6 semanas, a esto hay que sumarle el tiempo de cableado, instalación y acondicionamiento del centro de datos, hasta que el recurso queda listo para integrarlo a la operación. Por lo contrario, un servidor virtual, terminando la gestión y aprobaciones administrativas que toda organización frecuente tener, suele aprovisionarse en cuestión de días, y en algunas ocasiones bajo algún proceso automatizado, en algunas horas.

1.3.3 Reducir la complejidad de un centro de datos

La proliferación de servidores físicos dentro de un centro de datos conlleva una serie de dificultades y retos que pueden mitigarse mediante la virtualización, tales como: el ciclo de vida y soporte de cada componente, gestiones contables como la depreciación de activos, obsolescencia y renovación tecnológica, puntos de fallo, entre otros. Al reducir la base instalada consolidando servidores, no evitamos las dificultades anteriores, pero si se reducen radicalmente. Estos beneficios se extienden no solo a la dirección de la organización, sino al equipo operativo que gestiona las plataformas, al tener una menor base instalada física que administrar.

1.3.4 Mayor eficiencia de los recursos

Uno de los mayores motivadores en el uso de las tecnologías de virtualización fue el aprovechamiento de los recursos. El promedio de uso de los sistemas tradicionales es menor al 10%, el otro 90% son recursos ociosos en espera de cargas trabajo. Mediante la virtualización podemos ejecutar múltiples cargas de trabajo independientes de forma simultánea, hasta consumir el nivel de recursos que deseamos, lo cual permite sacar el mayor provecho de la inversión realizada, sin necesidad de incrementar el poder de cómputo cada vez que se requiere un nuevo sistema.

A modo resumen, la virtualización nos beneficia en poder optimizar los recursos dentro de los centros de datos, facilitar su gestión, procurando reducir los costos asociados, y sin sacrificar los niveles de servicio ofertados.

1.4 Marco de referencia

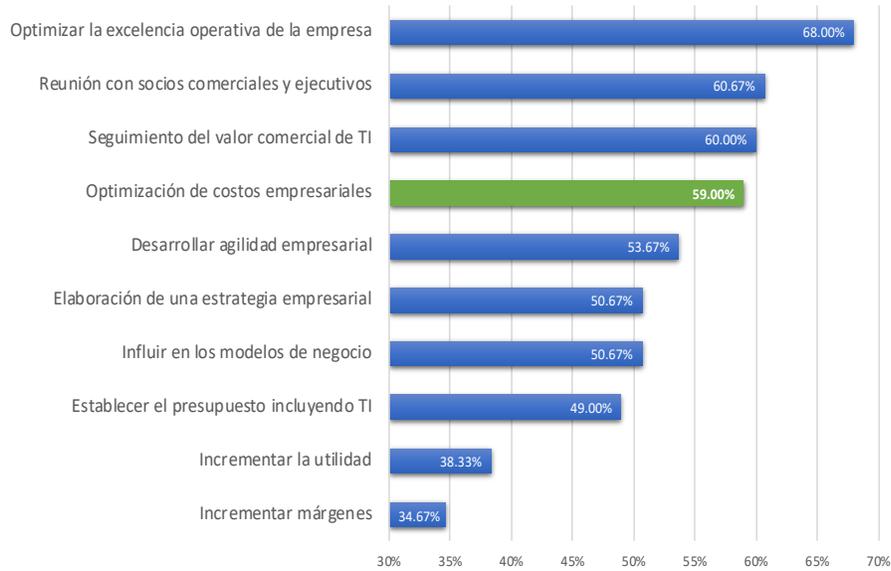
La evolución de las tecnologías de la información, impacta directamente en las estrategias de toda organización. Adaptarse al mercado y a las necesidades de los consumidores, implica estar actualizando de manera continua las plataformas, desarrollos y servicios ofertados. Para esto, los líderes de TI buscan soluciones eficientes y eficaces, que optimicen entre otros temas, los costos asociados a la operación y su capitalización.

1.4.1 Entorno de la empresa

De acuerdo a la encuesta realizada por Gartner a 3,160 directores de TI alrededor de 96 países, titulada "Mastering the New Business Executive Job of the CIO", la siguiente lista representa el top 10 de objetivos estratégicos para las empresas:

Figura 1.4

Objetivos estratégicos de las empresas



La optimización de costos que en el 2018 se posiciona en el cuarto lugar, se ha mantenido a través de los años como una de las prioridades para las organizaciones a nivel mundial, es por eso que tener visibilidad y trazabilidad de la infraestructura y los costos asociados, es primordial para asegurar la eficiencia que toda organización está buscando. Por medio de la virtualización, logramos la consolidación de servidores, y en consecuencia un ahorro en futuras inversiones.

1.4.2 Principales clientes potenciales

Prácticamente cualquier industria, ya sea del sector privado o público que esté interesada en optimizar los costos de TI, es candidata para migrar hacia un centro de datos virtualizado y asociar un modelo de costos que le permita tener transparencia hacia el equipo directivo. Comúnmente se observan estos modelos en la industria privada, debido a la tendencia de estrategias más agresivas orientadas a hacer más con menos, buscando ejecutar servicios con los mismos niveles de servicio, o en algunos casos mayores, en plataformas menos costosas.

Una de las ventajas de este modelo, es que no dependemos del volumen de información y tamaño de la infraestructura, es decir, desde la micro hasta las más grandes corporaciones u organizaciones públicas, pueden beneficiarse de la misma tecnología, esto debido a que la eficiencia radica en la consolidación de la capa física y no en la complejidad de servicios ofertados.

1.4.3 Retos actuales de un centro de datos virtualizado

Toda tecnología conlleva beneficios, pero a la vez, podemos enfrentarnos a nuevos retos. En el caso de la virtualización no es la excepción, ya que lo que se experimenta hoy en día en el común de los centros de datos, es una tendencia a propagar rápidamente nuevos servidores virtuales, esto debido a la facilidad y rapidez de aprovisionamiento, siendo un factor de riesgo para la operación y los costos que esto implica si no se controla y monitorea de manera constante.

Otro punto es la falta de evaluación sobre los recursos aprovisionados. Al simplificarse las tareas como agregar o quitar componentes a los servidores virtuales, en algunos casos se descuida la valoración de los consumos actuales, pudiéndose tener desperdicios como por ejemplo, bajas densidades entre lo físico y lo virtual, lo que conlleva a tener hardware ocioso, que al final se transforma en un área de oportunidad para poder ser más eficientes en los costos operativos.

Por otra parte, el hipervisor juega una variable más dentro del ecosistema de TI, por lo que no hay que descartar lo complejo que puede convertirse resolver una incidencia bajo este escenario. Tradicionalmente ante una falla, la investigación se focaliza principalmente en el hardware, sistema operativo, o aplicaciones. Bajo el nuevo escenario, múltiples servidores virtuales se están ejecutando sobre el mismo hardware, que a su vez comparten los mismos recursos, por lo que el problema a resolver debe de tomar en cuenta todo el ecosistema en ejecución.

1.4.4 Análisis de las necesidades

Lo primero que tenemos que definir al trabajar en un escenario de virtualización del centro de datos, así como del modelo de costos asociados, son los objetivos a perseguir durante el corto (menor a un año), mediano (entre uno y dos años) y largo plazo (entre tres y cinco años). Tomando los principales factores que definen la tendencia al día de hoy, buscaremos simplificar las operaciones, aumentar la eficiencia empresarial y disminuir la inversión en capital, así como los gastos operativos.

Como siguiente paso, se debe de recopilar toda la información posible respecto al centro de datos, es decir, la tecnología en la que actualmente se están ejecutando las aplicaciones, los procesos y procedimientos operativos con los que cuentan, y, por último, conocer las competencias técnicas del equipo que lo gestiona. Con la información anterior, podemos identificar las principales necesidades y como resolverlas, orientando una solución basada en prioridades, que genere resultados de valor al cliente.

1.5 Plataforma tecnológica para la virtualización de un centro de datos

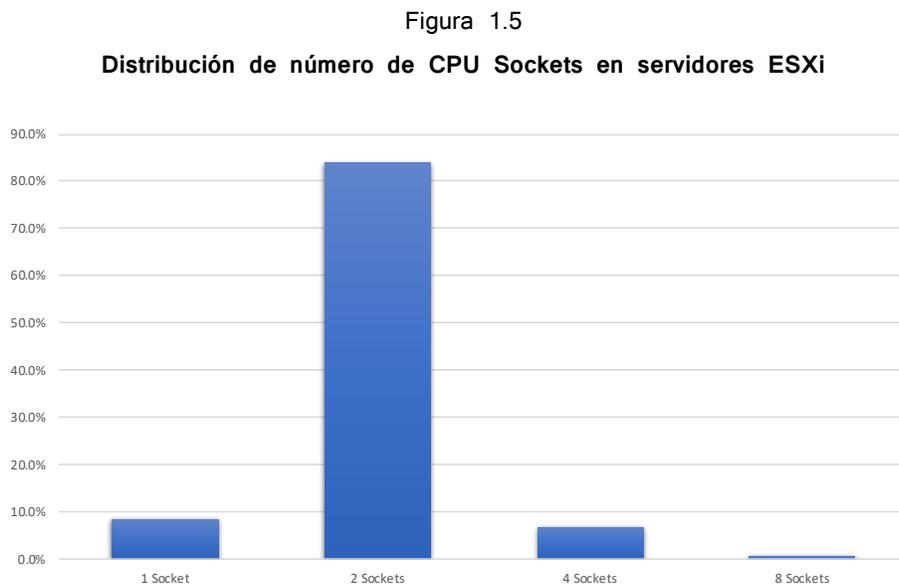
Actualmente, prácticamente cualquier servidor comercial de los principales fabricantes de hardware del mercado como HPE, Dell, Cisco, IBM o Lenovo, por mencionar algunos, cuenta con las especificaciones para ejecutar un hipervisor de última generación, donde los requerimientos mínimos suelen ser:

- Procesador x86 de 64-bit con 2 núcleos y funciones de virtualización habilitadas
- Memoria RAM con capacidad de 8GB
- Tarjeta de red de velocidad 1Gbit comunicada a la red de datos
- Almacenamiento de 8GB para el hipervisor, más la capacidad para alojar VMs

De acuerdo al estudio realizado por Bryan Semple titulado “Virtualization Management Index (VMI)”, se observa una densidad promedio en el mercado de 15.6 servidores virtuales por cada servidor físico, también conocida como ratio de consolidación. Esto nos lleva a pensar

que, dentro de un proyecto de virtualización normalmente se utilizan servidores de mayores capacidades que los mostrados como mínimos en el párrafo anterior, con la finalidad de generar altas densidades de VMs por Host, ya que cuanto mayor sea el ratio de consolidación, mayores serán los ahorros operativos.

Hay un factor importante en temas de licenciamiento, ya que es común observar que los costos de productos como los hipervisores, se adquieren por CPU (socket), por lo que la tendencia en los consumidores, y en consecuencia en fabricantes, es utilizar servidores con pocos CPU pero de potentes capacidades, como lo muestra la siguiente gráfica en el estudio realizado por Frank Denneman:



1.5.1 Diagnóstico situacional

Hoy los centros de datos son más críticos que nunca, debido a que todos los negocios giran en torno a una operación de TI, sin embargo, si los costos no son manejados adecuadamente, pueden descontrolarse provocando repercusiones en las finanzas y el cumplimiento de una estrategia corporativa. Con las nuevas tecnologías como la

virtualización, los centros de datos son más flexibles, más potentes y mucho más eficientes. La mayoría de los centros de datos no se inician desde cero, por lo que los proyectos de migración deben de ser cuidadosamente administrados, y deben de mostrar un interesante retorno de inversión.

Las oportunidades para optimizar los recursos de una organización bajo el enfoque de virtualización, las podemos simplificar en dos sentidos; la primera busca incrementar el número de hipervisores, ejecutando más servidores virtuales y menos físicos, y la segunda, buscando optimizar los recursos ya virtualizados, es decir, reclamando aquellos que no están en uso o no se requieren en tal proporción, y reintegrándolos al grupo de recursos disponibles para poder aprovisionar más servicios y servidores.

1.5.2 Problemática identificada

Actualmente las organizaciones se enfrentan a diversos obstáculos que no les permiten desarrollar una estrategia basada en un centro de datos virtualizado. Dentro de los principales factores encontramos los siguientes:

- *Costos de implementación:* aunque después de realizar un ejercicio de retorno de inversión (ROI) la propuesta sea atractiva, los costos iniciales como lo son la adquisición de nuevos servidores físicos para ejecutar el hipervisor (en caso de que los actuales no sean compatibles o no puedan ser utilizados), los costos de licenciamiento, y en algunos casos, costos de capacitación y adecuación de la gestión actual, superan el presupuesto de las organizaciones, imposibilitando llevarlo a cabo.
- *Políticas internas:* en algunas organizaciones se tienen lineamientos que dificultan, y en algunos casos imposibilitan, implementar un centro de datos virtualizado. Estos conjuntos de estándares corporativos que suelen tener normalmente varios años en la organización

y no han sido actualizados, obliga a los departamentos de TI a continuar con prácticas de arquitecturas tradicionales de una sola instancia de sistema operativo por ambiente físico.

Resistencia al cambio: no es extraño encontrarse con gestiones de TI conservadoras, en las cuales la transición y uso hacia nuevas tecnologías es más lento que en el estándar de mercado. En ocasiones este factor no lo tenemos en la dirección de la organización, sino en el equipo operativo, el cuál llega a oponerse a los cambios sobre los procedimientos que venía ejecutando año tras año, para interactuar con una nueva forma de administrar sus plataformas.

Compatibilidad tecnológica: aunque es raro encontrarse un sistema en el que tecnológicamente no sea compatible su ejecución en una plataforma virtualizada, puede darse el caso de algún sistema operativo obsoleto que no esté soportado, o alguna aplicación que interactúe directamente con un hardware en particular, que impida realizar una migración al ambiente virtual.

Aunque en principio los factores anteriores suelen ser un obstáculo, pueden ser analizados bajo un escenario de costo-beneficio, que resulte de gran valor para la organización, y en consecuencia una buena opción de estrategia tecnológica a evaluar.

1.5.3 Propuesta de solución

La propuesta de solución a la problemática descrita, abarca realizar un inventario de la plataforma tecnológica, identificando los recursos y sistemas candidatos a realizar el proceso de virtualización. Una vez que se cuenta con los recursos económicos, tecnológicos y humanos, mediante la coordinación con las áreas usuarias, se ejecutan las tareas de gestión, actualización y virtualización.

Será común encontrar centros de datos con una combinación entre ambientes físicos tradicionales, y ambientes virtualizados, y las razones son las planteadas en el punto anterior. Cualquiera que sea el escenario y/o nivel de virtualización, es fundamental contar con un modelo de costos que nos permita tener la visibilidad y transparencia de los recursos económicos invertidos en el centro de datos.

1.5.4 Planteamiento del proyecto

El proyecto se realiza en fases, las cuales son acordadas y definidas en conjunto con el cliente, divididas de la siguiente manera:

- *Análisis de requerimientos:* Evaluar las condiciones actuales y los puntos de control desde la perspectiva tanto de negocio como de TI, definiendo la infraestructura (servicios, servidores y centros de datos) en la cual estará soportada la solución, así como los sistemas que serán gestionada por el modelo de costos. Adicional, definir los roles y responsabilidades del equipo operativo y ejecutivo.
- *Suposiciones, riesgos y restricciones:* Mediante reuniones y talleres con el personal involucrado, se definirá el diseño y arquitectura de la solución, alineados a los requisitos estipulados junto con las suposiciones, riesgos y alguna restricción operativa o de negocio, que sean necesarias tomar en cuenta durante el desarrollo del proyecto.
- *Escenarios y casos de uso:* El alcance del proyecto debe estar bien definido, acotando los escenarios mediante el cual, la virtualización y el modelo de costos, brindan una solución a la problemática planteada. Es importante fijar expectativas y dar ejemplos de lo que se podría hacer con las herramientas, y hasta donde se puede llegar.
- *Implementación:* Teniendo en cuenta que el centro de datos se encuentra parcial o completamente virtualizado, la puesta en marcha de la solución de costos involucra el

despliegue de la herramienta, configuración y puesta a punto, así como ajustes en valores de referencia de acuerdo a los requerimientos estipulados, pruebas de funcionalidad y disponibilidad.

- *Uso de la solución:* Una vez que la herramienta se encuentra operativa, se crean reportes y tableros que explotan la información recopilada de la infraestructura, los cuales pretenden ser las herramientas con la cual el equipo ejecutivo tomará las decisiones, y se apoyará para definir la estrategia basada en números e indicadores reales y actualizados. Durante este proceso, se lleva a cabo una fase de transferencia de conocimiento, con la cual, se busca que el usuario sea autónomo en el uso de la solución.
- *Cierre del proyecto:* El tiempo invertido en la implementación dependerá de varios factores como la complejidad y volumen de la infraestructura analizada, la participación e involucramiento del equipo, así como las facilidades que se tengan para realizar el despliegue y acceso a la plataforma. Parte de las definiciones iniciales será trazar un plan de trabajo con objetivos, alcances y tiempos bien definidos, que logre monitorear el proyecto desde el inicio hasta su cierre.

Capítulo 2.

Modelo de costos asociados a un centro de datos virtualizado

2.1 Introducción

Las industrias están evolucionando continuamente, experimentando cambios masivos en los modelos comerciales y operativos, resultados de la digitalización de servicios. El panorama rápidamente cambiante dentro del cual todas las empresas deben operar y competir, está impulsando cambios en la forma en que estas empresas piensan sobre los departamentos de TI. Actualmente se requiere que la tecnología acompañe esta dinámica, permitiendo nuevos niveles de agilidad para las empresas, que buscan responder rápidamente a cambios en las condiciones de mercado.

La mayoría de las empresas no tienen el lujo de simplemente volver a empezar cuando se trata de TI. La empresa moderna es ahora una combinación de sistemas y aplicaciones ejecutándose dentro y fuera de las instalaciones del centro de datos, que obliga a TI a entregar aplicaciones altamente disponibles y seguras, pero también que puedan adecuarse y gestionarse de acuerdo a los cambiantes requisitos comerciales.

Frente a este conjunto de exigencias, los departamentos de TI dentro de cada tipo de organización, se están replanteando la estrategia correcta, y tratando de involucrar el mayor número de variables posibles a las que se enfrenta. Muchos están estableciendo una plataforma basada en una nube privada, ofertando a los usuarios una Infraestructura como un Servicio (IaaS), que deriva en los siguientes beneficios:

- *Eficiencia:* los recursos virtualizados se suman y agrupan para garantizar que se utilice la máxima capacidad de la infraestructura física.
- *Agilidad:* la rapidez en el aprovisionamiento es esencial en una operación tan competitiva, es por ello que bajo una infraestructura como servicio, los recursos son

aprovisionados de forma dinámica, y cuando ya no son utilizados, pueden reintegrarse al grupo inicial en la misma forma.

- *Escalabilidad:* las cargas de trabajo cambian constantemente, es por eso que, para satisfacer las demandas, es posible asignar o desasignar recursos en línea y en el momento que se necesiten.
- *Costos:* los componentes de un centro de datos serán vistos como un modelo de uso del servicio, pagando en función solo de los recursos asignados y utilizados.
- *Productividad:* automatizar es la clave para orquestar una nube, ya que, mediante un portal de autoservicio, el usuario final gestiona sus recursos, sin necesidad de depender del departamento de TI.
- *Optimización:* las herramientas y modelos de costos, nos darán la visibilidad y transparencia que toda dirección de una empresa necesita para tomar decisiones y poder reducir costos.

Las nuevas soluciones para los centros de datos definidas por software, incluyen un motor que permiten a las organizaciones de TI comprender el costo de los servicios de forma granular, identificando cada parte que lo conforma, con la finalidad de poder presupuestar y prever los gastos de TI, proporcionando a las contrapartes líneas de negocio, informes de consumo que van desde reportes con visibilidad completa de los gastos, hasta temas de facturación interna entre las áreas a las cual el departamento de TI ofrece sus servicios.

Las soluciones para la gestión de costos sobre los servicios ofertados, complementan la entrega mediante dos enfoques:

- *Abajo - arriba:* permite a los departamentos de TI que operan la infraestructura, poder gestionar y tomar las decisiones basadas en los costos de la plataforma y sus servicios.
- *Arriba - abajo:* la visibilidad y transparencia de los costos de infraestructura, es gestionada por los directivos, permitiéndoles tomar decisiones de TI, y en general de la organización, basándose en una plataforma financiera de los activos tecnológicos.

2.2 Panorama General del Sistema

El objetivo del sistema será evaluar y optimizar los costos del centro de datos, y a su vez, estos puedan ser asignados a los clientes de TI. Los costos analizados se basan en los componentes que forman la Infraestructura como un Servicio, como lo son, las máquinas virtuales, clústeres de VMs, servidores físicos, licenciamiento, y recursos utilizados en la gestión del propio servicio.

Los costos iniciales son calculados mediante una base de datos de referencia, en la cual se toman los valores estándar de mercado al momento de la evaluación, pero que podrían ser actualizados en el tiempo, y que sirven para estimar el costo total del servicio ofertado. Sin embargo, cada organización puede tener gastos que difieren de estos valores de referencia, debido a los diversos modelos de oferta y contratos entre empresas y proveedores, así como las variantes derivadas de la economía de cada país. Para afrontar estas cuestiones, el modelo debe ofrecer la posibilidad de ajustar los valores de referencia, a los particulares de cada empresa, y de esta manera, obtener reportes mucho más cercanos a la realidad.

2.2.1 Suposiciones y consideraciones

Es necesario acotar el alcance de los servicios a gestionar bajo el modelo, y definir los componentes y recursos a integrar. Esta solución se basa principalmente en el análisis de los recursos virtuales, debido a las ventajas que ofrece frente a las arquitecturas tradicionales, sin embargo, es posible extender el modelo a estos sistemas, integrando de forma manual y poder abarcar en su totalidad un centro de datos heterogéneo.

Respecto al ambiente virtual, definimos lo siguiente:

- Las máquinas virtuales se ejecutan en clústeres en lugar de servidores individuales, esto es, buscando aprovechar el mayor número de recursos físicos, aprovisionando las máquinas virtuales sobre cualquiera de los servidores físicos en el clúster, y con la posibilidad de moverse dinámicamente entre ellos.
- El costo de los clústeres varía según los servidores físicos que los componen. Por ejemplo, un clúster de producción podría tener servidores de gama alta con componentes de gran desempeño, y redundantes para garantizar la continuidad de la operación, mientras que los clústeres destinados a ambientes de desarrollo y prueba, pueden tener servidores de características inferiores, debido a que no se requiere los mismos niveles de servicio que en los ambientes productivos.
- Existe una utilización media esperada para consumos de CPU y memoria (RAM) de cada clúster. Esta utilización esperada es menor que la capacidad teórica completa, dejando espacio para los picos (por ejemplo, 80%).
- Un clúster está subutilizado, si la utilización real es inferior a la utilización esperada, lo que significa que este clúster tiene capacidad para soportar más cargas de trabajo. Desde el punto de vista de optimización, esto no es conveniente, a menos que sea capacidad en espera para algún proyecto a futuro, de lo contrario es un gasto para la empresa que no le está regresando algún valor.
- Un servidor virtual que usa más recursos que los que tiene asignados, debería costar más. Esto se debe a que una de las propiedades de un hipervisor, es satisfacer la demanda de las VMs, en caso de que no se configuren cotas rígidas, y si el hipervisor tiene recursos, éste puede facilitarle más recursos de forma temporal. En el caso de que sea una constante, es necesario revisar los recursos bajo-dimensionados como se menciona en el capítulo 1.4.3.

2.2.2 Problemas asociados

Los inconvenientes que encontramos en la implementación de un sistema de costos, están relacionados a la falta de información respecto a los costos unitarios de los componentes a

evaluar. Los contratos entre los departamentos de TI y proveedores, suelen ser englobados como servicios, y carecen el detalle de los recursos adquiridos (hardware y software), dificultando el mapeo de los costos unitarios en las herramientas.

Otra dificultad son las vigencias en los contratos y garantías, ya que las adquisiciones no siempre se realizan en periodos establecidos, sino que los bienes se van sumando conforme se necesitan, esto agrega un grado extra de complejidad, al cruzar los costos, inicios, y fines de inventarios en el sistema, lo que hace tener una herramienta en continuo cambio y ajuste.

Otro punto es que en grandes organizaciones donde los departamentos de TI se gestionan de manera separada e independiente; por ejemplo, áreas de desarrollo, infraestructura, seguridad, continuidad del negocio, centro de datos, entre otros, y el implementar un sistema de costos es impulsada por una de estas áreas en particular y no propiamente por la dirección de TI, es dificultoso lograr la integración y que se pueda compartir cifras de adquisición de bienes entre los departamentos.

En cualquier caso, siempre podemos partir de los costos de referencia, los cuales reflejan el comportamiento estándar de mercado, y que, si bien es cierto, no necesariamente puede mostrar con exactitud las finanzas de una empresa en particular, nos ayudan a modelar el comportamiento de los costos de los servicios ofertados, mientras se ajustan y actualizan los valores a los reales.

2.3 Modelo de costos asociados

Las infraestructuras virtuales tienen un vasto número de métricas, componentes y especificaciones que generan los recursos gestionados. Un modelo de costos optimizado solo debe de tomar en cuenta aquellos recursos que implican un costo, y descartar aquellos en lo que no lo hacen, por ejemplo, configuraciones lógicas en cada capa (hipervisor, VMs, SO, y Aplicaciones).

La recopilación y extracción del inventario, así como el consumo de recursos de cada componente, se realiza por medio de las consolas de gestión de la infraestructura. Utilizando una conexión directa, podemos poblar los elementos de forma continua y actualizada, sin necesidad de cargar de forma periódica la base instalada.

2.3.1 Cálculo del costo del centro de datos virtualizado

El costo total, es equivalente a la suma de todos los factores de costo, que incluye: servidores físicos, licencias de software, recursos humanos que gestionan el centro de datos, instalaciones del centro de datos, almacenamiento, redes, mantenimiento al hardware y software (como suscripciones de soporte), y costos adicionales como sistemas de respaldo, ambientes para recuperación de desastres, y sistemas de seguridad.

2.3.2 Cálculo del costo de servidores físicos

Existen diferentes tipos de servidores, como rack, torre, navaja o hasta computadoras de escritorio, de diferentes tamaños, consumos de energía y también puede ser con o sin sistema operativo. El precio del servidor depende de factores como el tipo y número de CPU, tamaño de memoria RAM, almacenamiento interno, tarjetas de red y de conectividad a sistemas de almacenamiento externo. Los servidores se agrupan por modelos y características, de esta forma y de acuerdo con el método de depreciación ocupado, se obtienen los costos mensuales.

2.3.3 Métodos de depreciación

Utilizamos un método de depreciación sobre un periodo de tiempo para calcular el costo mensual amortizado de los componentes de hardware. Normalmente en México los periodos de tiempo para depreciar hardware son entre 36 y 60 meses, pero puede ser ajustado a las políticas de cada empresa y su nivel permitido de obsolescencia tecnológica. Respecto a

los métodos de depreciación, normalmente ocupamos los siguientes, aunque de igual manera puede ajustarse al utilizado en cada empresa:

- *Línea recta (LR)*: es una depreciación basada en función del tiempo, y no propiamente por el uso o desgaste del componente. Es el método más utilizado debido al comportamiento de obsolescencia tecnológica progresiva, y donde se fija un servicio de vida limitado, por lo tanto, el valor del activo reduce de manera constante en el tiempo.

$$\text{Depreciación Anual LR} = \frac{\text{costo original} - \text{depreciación acumulada}}{\text{número de años remanentes}}$$

- *Doble saldo decreciente (DSD)*: es un método de depreciación acelerada que busca reducir el costo del activo, mayormente en los primeros años de uso, utilizando una tasa de depreciación que normalmente es el doble del valor de LR, y donde el valor de depreciación al final del periodo, será igual al costo original, menos la depreciación acumulada.

$$\text{Depreciación Anual DSD} = (\text{costo original} - \text{depreciación acumulada})^{\text{tasa de depreciación}}$$

- *Máxima depreciación anual (MDA)*: se ocupa una combinación de los dos métodos anteriores, buscando el valor más alto de depreciación variable en el tiempo por periodo anual. Mediante este método se busca que el valor residual o de recuperación, sea cero.

$$\text{MDA} = \text{máximo}(\text{Depreciación Anual LR}, \text{Depreciación Anual DSD})$$

Realizando un ejercicio simulando el cálculo en el tiempo del valor de un servidor físico, el cual fue adquirido con un costo hipotético en el mercado por \$2000, podemos calcular la depreciación y su valor en el tiempo de la siguiente manera:

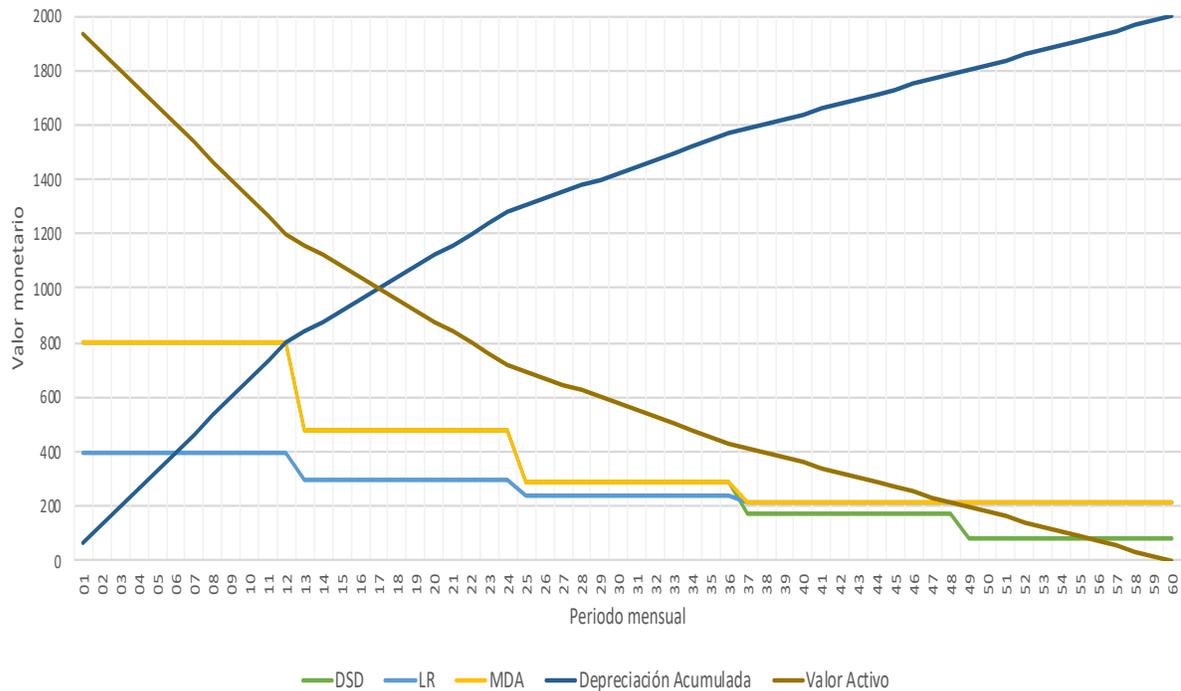
Costo total (\$):	2000
Periodo de vida:	5 años (60 meses)
Tasa de depreciación:	$2 / (\text{número de años}) = 2/5 = 0.4$

Valor de depreciación MDA:

- Año 1: $\max\left(\left((2000 - 0) \times 0.4\right), \left(\frac{2000-0}{5}\right)\right) = \max(800,400) = 800$
- Año 2: $\max\left(\left((2000 - 800) \times 0.4\right), \left(\frac{2000-800}{4}\right)\right) = \max(480,300) = 480$
- Año 3: $\max\left(\left((2000 - 1280) \times 0.4\right), \left(\frac{2000-1280}{3}\right)\right) = \max(288,240) = 288$
- Año 4: $\max\left(\left((2000 - 1568) \times 0.4\right), \left(\frac{2000-1568}{2}\right)\right) = \max(172.8,216) = 216$
- Año 5: $\max\left(\left((2000 - 1784) \times 0.4\right), \left(\frac{2000-1784}{1}\right)\right) = \max(86.4,216) = 216$

Figura 2.1

Simulaciones del cálculo en el tiempo de un servidor físico



Bajo el ejercicio anterior, los costos mensuales serán la base en el cálculo de los servidores virtuales y servicios que hospedaría este servidor físico.

2.3.4 Cálculo del costo de sistemas operativos

Los costos de licencias de sistemas operativos, así como los costos de mantenimiento, están disponibles públicamente a través de los proveedores más usuales como Microsoft, Red Hat, y SUSE. Sin embargo, para estimar el costo por servidor virtual, es necesario cruzar la información con el número de CPU del servidor físico en donde se está ejecutando la VM.

Existen algunas variantes como los Acuerdos Empresariales de Licencia (ELA, por sus siglas en inglés), que engloban el uso ilimitado de licencias, por un costo fijo. En estos casos, es necesario ajustar los valores, dividiendo el costo total del ELA, entre el número de servidores virtuales, o si se requiere un detalle más preciso, ponderando el costo entre el número de CPUs virtuales (vCPU) de cada VM. En el caso de los hipervisores, es similar, ya que la licencia se basa en los CPU de cada servidor físico, por lo que el costo asignado a cada servidor virtual, se obtiene dividiendo el costo de licencia de cada hipervisor (contemplando el número de CPU que tenga), entre el número de VMs ejecutándose en él.

Suponiendo un escenario con 3 hipervisores de características similares, ejecutando 6 (Windows), 5 (Linux), y 4 (2 Windows y 2 Linux) servidores virtuales respectivamente, y que, para efectos del ejercicio, tienen y consumen recursos de forma similar, el costo en general por grupo de VMs por sistema operativo es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Costo licencia Windows} &= W \\ \text{Costo licencia Linux} &= L \\ \text{Costo licencia Hipervisor} &= H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VMs Windows} &= (6 + 2) \times \left(W + \left(\frac{3 \times H}{6 + 5 + 2 + 2} \right) \right) = 8W + \frac{8}{5}H \\ \text{VMs Linux} &= (5 + 2) \times L \times \left(\frac{3 \times H}{6 + 5 + 2 + 2} \right) = 7L + \frac{7}{5}H \end{aligned}$$

2.3.5 Cálculo del costo de gestión

Como costo de gestión, se refiere a los recursos humanos dedicados en la operación de un centro de datos, desde la gestión de la capa física, hasta la administración del sistema operativo de los servidores virtuales. Este costeo puede realizarse en dos sentidos, y depende del tipo de contrato del personal, ya sea por hora laboral (contratos tipo prestadoras de servicio), o empleados tiempo completo (FTE, por sus siglas en inglés).

Para homologar y facilitar los cálculos en número de horas, se divide el costo de un recurso FTE, entre el número horas trabajado por mes (como estándar de mercado, se ocupa 8 horas por día).

$$\text{Costo gestión} = \text{total de horas} \times \text{tarifa por hora} \times \text{horas por mes}$$

Hay que mencionar que la tarifa por hora no necesariamente involucra el salario, sino todos los costos asociados al recurso contratado (salario integral).

2.3.6 Cálculo del costo de las instalaciones del centro de datos

El costo de las instalaciones incluye los costos del espacio físico donde está ubicado el centro de datos, ya sea arrendado o propiedad de la empresa, es necesario determinar el costo por m² del inmueble. Adicional se requieren los costos de energía, costos de climatización, bastidores o racks de cómputo donde se fijan los servidores físicos, cableado, y costos de gestión de las instalaciones (limpieza, seguridad y mantenimiento).

En algunos casos se dificulta tener estos costos de forma unitaria, por lo que podemos encapsularlos en uno solo, ya que generalmente son gastos fijos, excepto el consumo de energía eléctrica, que se calcula mediante las métricas internas que proporcionan las consolas de gestión de la plataforma virtual. Estos últimos costos deben de estar basados en el precio en las tarifas de energía (precio por kWh), debido a que cada ubicación y zona del país suele tarifarse de forma diferente.

2.3.7 Cálculo del costo del sistema de almacenamiento de datos

Al igual que los servidores de cómputo, existe una diversidad de modelos de sistemas de almacenamiento externo, basados en sus características de desempeño, tipo de conectividad hacia los servidores, y capacidad y volumen de información soportada. De acuerdo al reporte “IDC, Worldwide Enterprise Storage Market, 2017”, el 70.6% del mercado se centra en los siguientes 5 competidores: Dell, NetApp, HPE, IBM, y Hitachi. Los precios de sus sistemas de almacenamiento son públicos y sirven como una guía de referencia.

Es común observar en las empresas multitud de sistemas de almacenamiento interconectados y de diversas propiedades. Generar tablas de costos para cada uno, y hacer el cruce de información con la lista de VMs y servidores, puede ser complejo; es por esto que se crean perfiles de almacenamiento, en los cuales se agrupan los sistemas por sus características en común, identificándolos como estándar en el mercado en 3 niveles: bronce, plata y oro. De esta forma cuantificar los costos es más eficiente cuantificar los costos.

En el caso de haber adquirido un sistema de almacenamiento como parte de un proyecto, en el cual no es posible desglosar el costo del sistema, o de haberlo adquirido bajo un precio especial, la unidad de medida es el GB de almacenamiento, por lo que la tarifa se calcula dividiendo el costo total del sistema, entre el número de GB soportados. En una plataforma virtual se aprovisiona el disco en bloques llamados “Datastores”, donde cada uno tiene un espacio definido y es asignado a un grupo de servidores físicos y VMs. Para obtener el costo asociado seguimos lo siguiente:

$$\text{Costo Almacenamiento} = \text{costo estimado GB} \times \text{volumen Datastore}$$

2.3.8 Cálculo del costo de redes

El costo de la red de transporte para un servidor físico, es estimado con base al precio por puerto de red y el número de puertos en el servidor. Si el número de servidores y

puertos es numeroso, y por ende la complejidad del inventario, se utiliza como alternativa de cálculo, el dividir el costo mensual de red por el número de VMs, y con esto suponer un tráfico de red estandarizado.

Una variable más a contemplar podría ser la capacidad o ancho de banda de cada puerto. Las tarjetas entre 0 y 1 Gbit son consideradas de 1Gbit; entre 1 y 10 Gbit, se toman de 10Gbit, y por último entre 10 y 40 Gbit, como 40Gbit. Si es posible tener esta granularidad en el inventario, la relación del costo entre tarjetas es de 1:2:4 respectivamente sobre los costos de facturación mensual y/o activos de red como switches, routers y cableado.

2.3.9 Cálculo del costo de mantenimiento

Los costos de mantenimiento van ligados a un tema de soporte operativo, tanto proactivo como reactivo, esto es, en caso de alguna falla de hardware o alguna incidencia en software (sistema operativo o hipervisor), es necesario contar con el apoyo de los proveedores para realizar el diagnóstico y reparación de la falla. También para el caso de software, como parte del contrato, se accede a nuevas versiones que contienen parches y nuevas funcionalidades, que, de no estar vigente dicho contrato, no sería posible instalarlas.

En el caso del hardware, los costos de mantenimiento varían de acuerdo a la antigüedad del bien, ya que la tendencia es a incrementar el costo respecto al tiempo y esto va ligado a un tema de refacciones de mercado, cuanto más obsoleto es el servidor, más difícil es que los proveedores abastezcan las partes. Se ha observado que una buena práctica para el cálculo del costo de mantenimiento de forma estandarizada, es el tomar un porcentaje sobre el valor del bien de la siguiente manera: primer año 10%, segundo año 11% y así sucesivamente hasta el séptimo año 16%. A partir del octavo año es difícil encontrar un proveedor que ofrezca garantías extendidas, es por eso que como se menciona en el punto 2.3.3, los periodos de depreciar un activo, se centran entre los 36 y 60 meses.

Para los costos de software, la forma de cálculo es similar, en porcentaje sobre los costos de las licencias adquiridas que en promedio es el 10%, pero este porcentaje generalmente permanece constante en el tiempo, y durante el periodo que se desea conservar el soporte. De la misma manera como el hardware tiene una vigencia en el tiempo (obsolescencia tecnológica), el software va relacionado a la versión publicada. En el caso de los hipervisores y sistemas operativos, el soporte se otorga normalmente durante los próximos 5 años a su fecha de liberación en el mercado, sin embargo, es una buena práctica realizar actualización de parches y versiones al menos una vez al año, con lo cual la versión se mantiene vigente en el tiempo.

2.3.10 Cálculo del costo de clústeres de cómputo

La estructura de cómputo basada en una arquitectura virtualizada, radica en la agrupación de servidores llamados clústeres, los cuales suman recursos a la vez que proporcionan redundancia y aumentan la disponibilidad de los servidores virtuales que ahí se ejecutan, por lo que el costo del total de recursos de un clúster, debe de ser dividido entre el número de VMs que está soportando.

Los costos de los recursos de un clúster se basan en dos métricas: el costo por GHz (CPU), y el costo por GB (memoria RAM). Basado en las buenas prácticas, siempre es recomendable dejar una cantidad de recursos sin usar, para poder soportar picos de uso, normalmente el uso máximo de un clúster se fija en el 80%, a esto le llamamos Utilización Esperada (UE). La cantidad total de uso de CPU y memoria es calculada de la siguiente manera:

$$CPU \text{ Efectivo (GHz)} = UE \times \sum (\#CPU \times \text{Cores por CPU} \times \text{GHz por Core})$$

$$MEM \text{ Efectiva (GB)} = UE \times \sum (\text{cantidad memoria RAM})$$

Supongamos un clúster conformado por tres servidores con diferentes características de HW, que en la práctica se prefiere características similares para temas de balanceo de cargas,

pero para ejemplificar el cálculo del costo del clúster, es más ilustrativo tener condiciones diferentes:

Cuadro 2.1

Comparativo de servidores con condiciones técnicas diferentes

Servidor	# CPU	# Cores	GHz por Core	Total # Cores	Total GHz	Mem RAM (GB)	Costo mensual
A	2	4	3.0	8	24.0	32	\$1,000
B	4	4	2.5	16	40.0	64	\$1,500
C	4	2	3.5	8	28.0	32	\$1,200
Total					92.0	128	\$3,700

Realizando los cálculos tomando como base los siguientes costos de ejemplo, bajo una utilización esperada del 80%, el costo por GHz es de \$32.16 y el de GB de memoria RAM es de \$13.02:

Cuadro 2.2

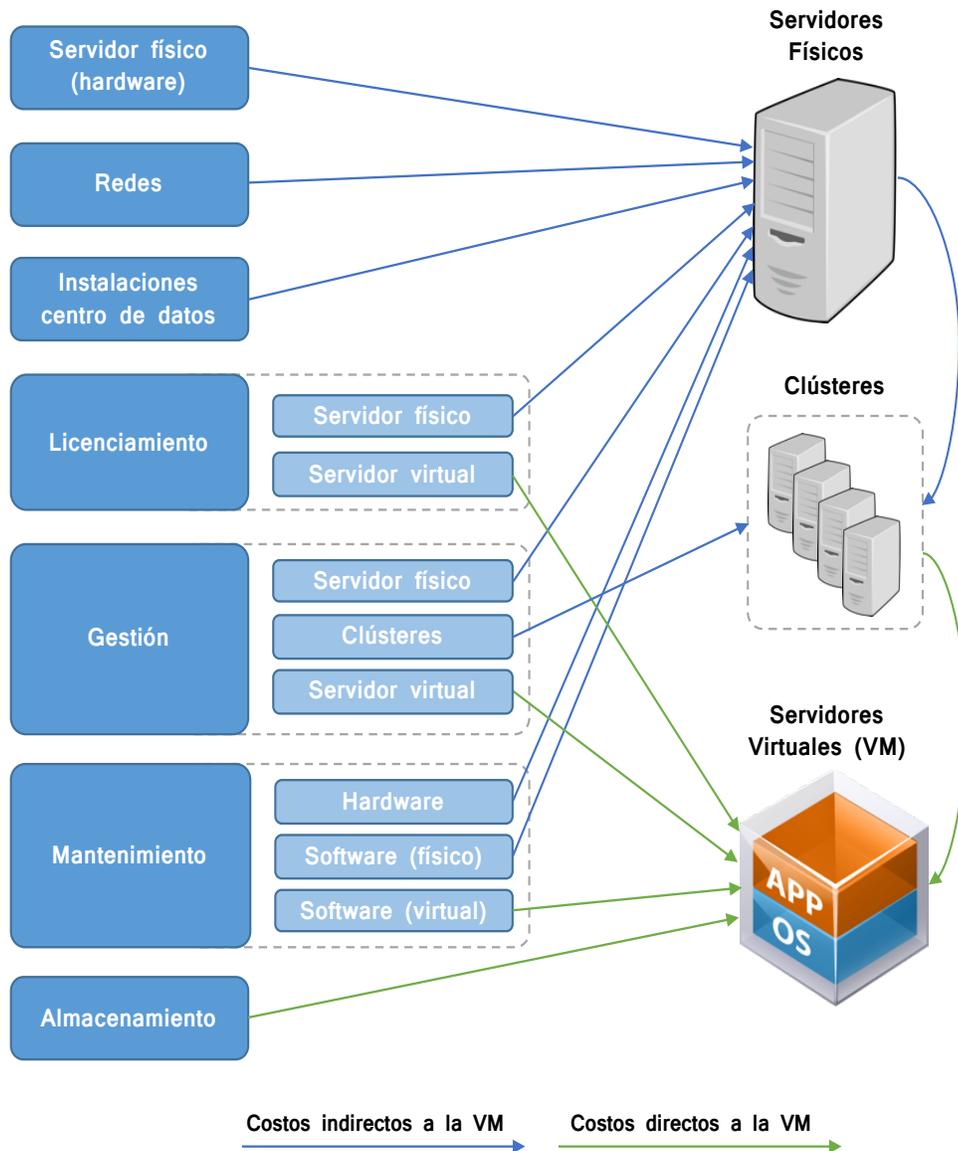
Análisis de costos asociados a soluciones

Utilización Esperada (UE)	80%	Porcentaje máximo de consumo de recursos en promedio en el clúster
Costo por CPU Server A	\$700	Costo ejemplo de un procesador de alto desempeño
Costo por CPU Server B	\$500	Costo ejemplo de un procesador de mediano desempeño
Costo por CPU Server C	\$400	Costo ejemplo de un procesador de mediano desempeño
Costo GB RAM	\$22	Costo ejemplo por GB memoria en servidor empresarial
Cantidad total GHz	92.0	Suma del total de CPU GHz en los 3 servidores
Cantidad total RAM (GB)	128	Suma del total de memoria RAM en los 3 servidores
Costo total CPU	\$5,000	Costo total de los CPU en los 3 servidores
Costo total RAM	\$2,816	Costo total de memoria RAM en los 3 servidores
Costo total	\$7,816	Suma de los costos de CPU y memoria RAM
Porcentaje total CPU	63.97%	Proporción del costo de CPU respecto al total (CPU y memoria RAM)
Porcentaje total RAM	36.03%	Proporción del costo de memoria respecto al total (CPU y memoria RAM)
Costo total mensual cluster	\$3,700	Costo total integrado mensual por la gestion, mantenimiento y hardware
Costo relativo CPU	\$2,366.94	Porporción del costo si tomaramos la parte proporcional del CPU
Costo relativo RAM	\$1,333.06	Porporción del costo si tomaramos la parte proporcional de la memoria RAM
CPU Efectivo (GHz)	73.6	Cantidad de GHz de CPU utilizables en el clúster considerando la UE
RAM Efectiva (GB)	102.4	Cantidad de GB de memoria RAM utilizables en el clúster considerando la UE
Costo por GHz efectivo	\$32.16	Calculo final del costo por GHz tomando en cuenta la UE del clúster
Costo por GB RAM efectiva	\$13.02	Calculo final del costo por GB de memoria RAM tomando la UE del clúster

2.3.11 Cálculo del costo de servidores virtuales

Llegamos a la parte final del cálculo de costos, en donde los servidores virtuales son la unidad para cuantificar el costo de un servicio, y donde una VM involucra de manera directa o indirecta los costos anteriormente descritos, de la siguiente manera:

Figura 2.2
Asociación de costos a servidores virtuales



Capítulo 3

Solución tecnológica de un centro de datos virtualizado

3.1 Introducción

Durante el primer capítulo se han definido los fundamentos de la virtualización, las ventajas operativas y financieras que un centro de datos virtualizado ofrece frente a una plataforma tradicional, y algunos de los retos a los que se enfrentan las organizaciones de hoy en día ante las cambiantes estrategias de negocio.

En el segundo capítulo se desarrolla la teoría del modelo de costos, describiendo el cálculo de los elementos que conforman un centro de datos virtualizado, así como sus interacciones y dependencias. También se abordan los métodos de depreciación utilizados sobre los activos fijos tales como servidores (hardware), con la finalidad de determinar su vida útil y costo en el tiempo.

En este tercer capítulo se lleva a la práctica la solución de costos aplicada a un centro de datos virtualizado, mostrando casos de uso y escenarios reales que encontramos en el mercado; así como la solución de tecnología que puede ser implementada por cualquier organización, que busque innovar su plataforma tecnológica, y aprovechar los beneficios en términos de optimización de costos y transparencia operativa.

3.2 Escenarios y casos de uso

Una solución que nos permita administrar TI desde un punto de vista financiero, mediante una herramienta de gestión de costos, nos ayuda a resolver diversas situaciones y problemáticas a las que se enfrentan las organizaciones. A continuación, se plantean los escenarios más habituales.

3.2.1 Costeo y medición

Los clientes están evolucionando sus centros de datos basados en infraestructura virtual, hacia un modelo de servicio de nube privada, proporcionando recursos a sus clientes de manera dinámica y eficiente, mediante el uso de soluciones de automatización, orquestación de procesos, y monitoreo proactivo de los recursos. Para que esta situación sea exitosa, y poder responder a la pregunta: ¿Cuál es el costo total del servicio *IaaS*?, se necesita contar con una vista precisa de los gastos sobre los componentes que interactúan, para proporcionar un costo de unidad, sobre la *IaaS* ofertada.

Mediante la solución de costos, es posible clasificar los gastos de infraestructura en hardware de servidor, almacenamiento, licencias de sistema operativo, mantenimiento, mano de obra, red, instalaciones del centro de datos, y costos adicionales. Por lo tanto, el departamento de TI, obtiene la visibilidad de costos de la infraestructura de nube virtual que necesita para comprender el gasto total, a la vez que mide la utilización y los costos de cada recurso de manera individual.

3.2.2 Análisis operacional

Las organizaciones que proporcionan infraestructura como servicio, requieren tomar decisiones basadas en los costos, y comprender a detalle cómo se está aprovisionando la infraestructura dentro de cada unidad de negocio. Para esto, es mandatorio conocer cuáles son los costos asignados y no asignados de los recursos aprovisionados.

Mediante el análisis operacional de una solución de costos, se considera el CPU, memoria y el almacenamiento como componentes básicos de la infraestructura, pudiendo calcular el costo de uso de cada uno de forma granular, tal como GHz (CPU) y GB (memoria y almacenamiento). Con estas unidades de medida, es posible simular escenarios de nuevas cargas de trabajo, en donde se requiere adicionar recursos a los servicios, y así poder determinar el costo asociado a estos movimientos.

3.2.3 Informe de costos (showback)

Un sistema de costos no solo beneficia a los departamentos de TI, sino a todas las áreas usuarias. Esto debido a que cuando una organización implementa una infraestructura como servicio, cada departamento tiene la posibilidad de medir el uso y consumo de los recursos que tiene asignados, y en la misma manera, saber cuál es el costo asociado para poder determinar si es la inversión adecuada.

Desde otra perspectiva, los tomadores de decisiones buscan analizar el consumo y costos de cada unidad de negocio, determinar la tendencia y comportamiento, la demanda a futuro, y establecer si se estará en cumplimiento con el presupuesto establecido. En general, están interesados en comprender el valor comercial de los servicios prestados, y en algunos casos, realizar el cobro interno de los recursos a cada departamento; algo conocido como «chargeback».

Mediante la implementación de una solución de costos, será posible generar los reportes sobre el total de la plataforma, cada unidad de negocio, o algún recurso en particular. Al igual se puede mostrar los principales consumidores de recursos, el costo real, cargos asignados, y las tendencias presupuestarias. Estos son algunos reportes frecuentes:

- *Costo mensual:* costo mensual total de todas las VM, que incluye CPU, memoria, y almacenamiento.
- *Presupuesto mensual:* presupuesto mensual total asignado a los consumidores. El presupuesto es el límite esperado de los cargos que se asigna a cada consumidor.
- *Cargo mensual:* cargo mensual total de todas las máquinas virtuales. El cargo se calcula en función de la capacidad asignada a las máquinas virtuales.
- *Capacidad consumida:* cargo total que se divide en CPU, memoria y almacenamiento. Útil para comparar la relación entre los cargos por recursos, versus el número de máquinas virtuales.

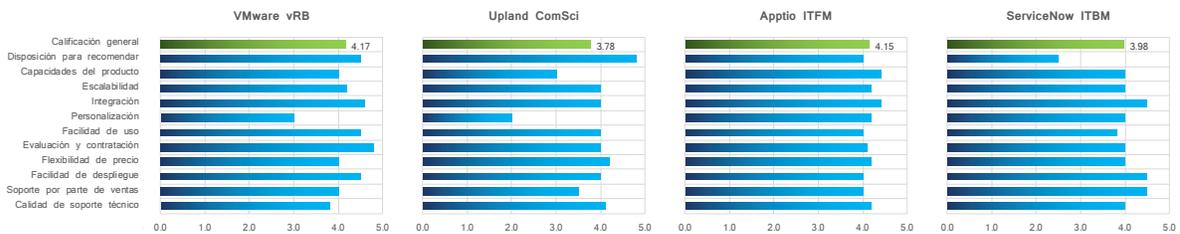
- *Desviaciones en presupuesto:* compara el presupuesto y el cargo por consumidor en un intervalo de tiempo, identificando cuales fueron las desviaciones tanto por debajo (gastaron menos de lo presupuestado), como por arriba (excedieron el presupuesto).
- *Principales consumidores:* muestra cómo los costos asignados se distribuyen en diferentes grupos de consumidores de máquinas virtuales y las unidades de negocio.

3.3 Evaluación de herramientas para la gestión de costos

Existen diversas soluciones en el mercado, que podemos utilizar para gestionar los costos de un centro de datos virtualizado. Entre los principales competidores, tenemos a VMware vRealize Business (vRB), la cuál será la solución con la que trabajaremos en este proyecto. Otras opciones son IT Business Management del fabricante de software ServiceNow, IT Financial Management de APPTIO, y por último y no menos importante, ComSci ITFM de Upland Software. A modo de referencia, se muestra el siguiente cuadro comparativo basado en las valoraciones de mercado realizadas por Gartner Peer Insights, sobre las cuatro soluciones:

Cuadro 3.1
Comparativo entre soluciones de costo

Categoría de evaluación	VMware vRB	Upland ComSci	Apptio ITFM	ServiceNow ITBM
Calificación general	4.17	3.78	4.15	3.98
Disposición para recomendar	4.5	4.8	4.0	2.5
Capacidades del producto	4.0	3.0	4.4	4.0
Escalabilidad	4.2	4.0	4.2	4.0
Integración	4.6	4.0	4.4	4.5
Personalización	3.0	2.0	4.2	4.0
Facilidad de uso	4.5	4.0	4.0	3.8
Evaluación y contratación	4.8	4.0	4.1	4.0
Flexibilidad de precio	4.0	4.2	4.2	4.0
Facilidad de despliegue	4.5	4.0	4.0	4.5
Soporte por parte de ventas	4.0	3.5	4.0	4.5
Calidad de soporte técnico	3.8	4.1	4.2	4.0



Como se observa en la tabla, las valoraciones son bastante homogéneas, pero podemos destacar algunos puntos de evaluación importantes, como lo son, la “disposición para recomendar”, el cual representa la satisfacción general del cliente y su intención de sugerir la herramienta a otro usuario, siendo vRB y ConSci los más altos.

Otro punto importante cuando se despliega una nueva herramienta, es la “facilidad de uso”, ya que, si de cara al usuario no llega a ser una herramienta intuitiva y sencilla de usar, puede convertirse en una solución en desuso, siendo todo lo contrario que buscamos en un proyecto de tecnología; en esta categoría vRB repunta con un valor de 4.5. Por último, englobamos los resultados en “calificación general”, el cuál es un promedio de todos los otros valores, siendo vRB y Apptio las soluciones con mayor puntaje.

Es importante mencionar que no hay una herramienta perfecta y que se ajuste a todos los escenarios; cada cliente tiene necesidades y capacidades diferentes, por lo que es labor del consultor en conjunto con el cliente, determinar cuál es la opción correcta.

3.4 VMware vRealize Business (vRB)

vRB es una solución para la administración empresarial de costos de la infraestructura y operación de un centro de datos virtualizado, que nos ayuda a gestionar la plataforma de nube de forma controlada y de manera eficiente. Por medio del análisis automatizado de costos, consumos, medición, comparación, y planificación de capacidades, tendremos la visibilidad de los recursos y sus costos, y con esto poder tomar las mejores decisiones.

vRB proporciona de manera fácil e intuitiva, la información que los departamentos de TI requieren para comprender sus costos, y así poder interactuar con las demás áreas de la organización, siendo capaces de planificar en conjunto los gastos, tomando en cuenta las nuevas iniciativas del negocio, así como el crecimiento natural de la operación. Dentro de los principales beneficios tenemos:

- *Generar contenido de valor:* la recopilación y el análisis de datos realizado por el motor de cálculo, proporciona resultados en cuestión de horas y se actualiza de forma automática
- *Centralizar información:* mediante tableros, podemos visualizar todos los datos importantes para tomar decisiones, desde un solo punto de control
- *Focalizar contenido:* debido a la agrupación de aplicaciones y servicios, se consigue identificar rápidamente donde están asignados los recursos
- *Optimizar los gastos:* teniendo una completa visibilidad de la infraestructura, se simplifica el poder determinar las áreas de oportunidad, y así optimizar la plataforma
- *Toma de decisiones:* comparar los costos de la infraestructura virtual entre sus componentes, ya sea en las nubes privadas, públicas o híbridas
- *Showback:* mediante la agrupación de los recursos, podemos generar de reportes de costos por cada unidad de negocio, por ejemplo: RH, finanzas, y tecnología.
- *Reducir TCO:* Permite a los tomadores de decisión gestionar los costos en función de los gastos de capital (CapEx), y los gastos operativos (OpEx), con la finalidad de reducir el costo total de propiedad.

3.4.1 Componentes y funcionalidades en vRB

La solución cuenta con diferentes elementos, como el manejador de la lógica para las reglas de negocio, configuraciones financieras, fórmulas para el cálculo de gastos, y el modelo de costos, así como los componentes descritos en la siguiente tabla:

Cuadro 3.2
Descripción de componentes en vRB

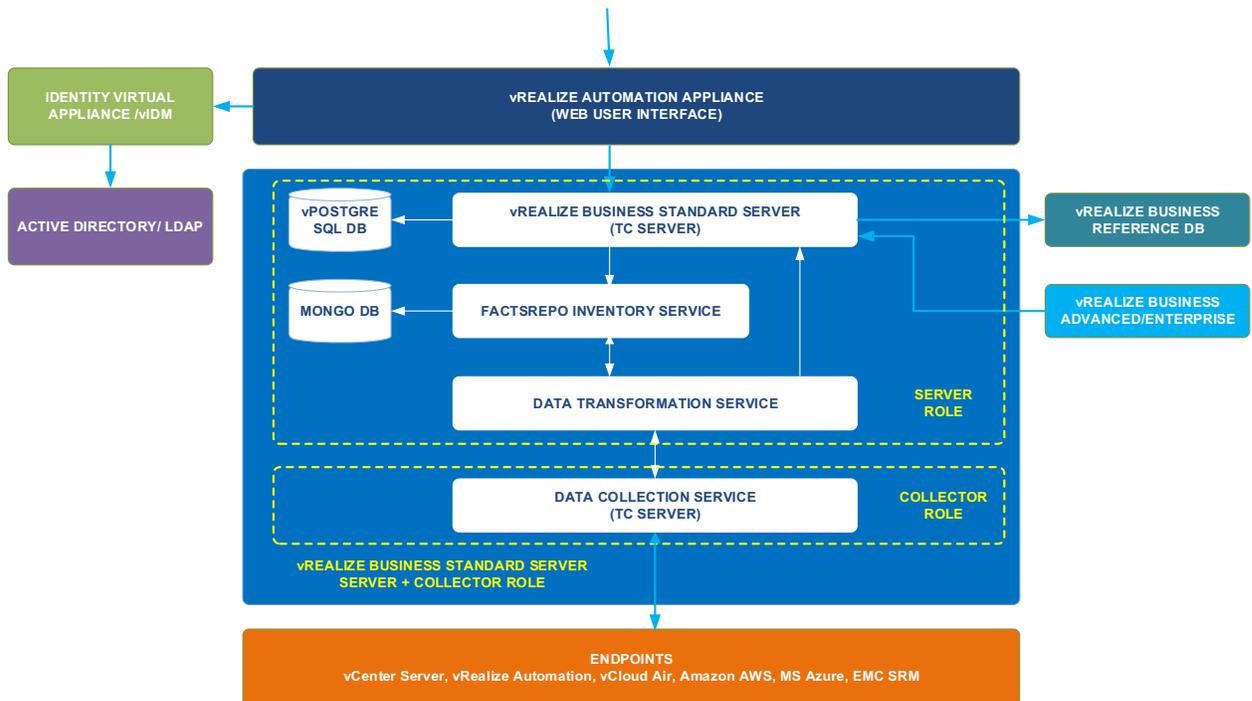
Componente	Descripción
Motor de gastos	Calcula el costo de los gastos tales como servidor, almacenamiento, sistema operativo, mantenimiento, gestión de la plataforma, redes e instalaciones. El módulo tiene una interfaz de usuario permite configurar y parametrizar las variables
Asignación de costos	Cálculo del costo de un servidor virtual de acuerdo al tiempo de actividad y el consumo de recursos
Comparativo de nube	Calcula el costo esperado del inventario existente, en servicios de nube pública como Amazon o Microsoft Azure
Reportes	Genera informes detallados sobre los costos de la infraestructura, con la posibilidad de exportarse a diferentes formatos, al igual que calendarizar su ejecución
Base de datos de referencia	Contiene información conocida y costos predeterminados para diferentes configuraciones, proveedores y ubicaciones geográficas

3.4.2 Arquitectura lógica de vRB

El servidor vRB se basa en una instancia del servicio Tomcat, que se comunica a través de la API Java Persistence (JPA) y el Framework Hibernate a una base de datos vFabric Postgres por medio de una conexión JDBC. El colector de datos rellena la base de datos vFabric Postgres local con eventos de infraestructura y estadísticas de uso de las diferentes consolas de gestión consumidas. Posteriormente el servidor vRB consume los datos recopilados de la base de datos.

Se utiliza un planificador de trabajos para programar la recolección de datos de forma periódica, y la ejecución de tareas de cálculo sobre los siguientes datos: inventarios de la plataforma virtual, utilización de recursos, costeo de elementos, actualizaciones de costos y nuevos elementos de la biblioteca de referencia.

Figura 3.1
Diagrama lógico de componentes de vRB



3.4.3 Requerimientos de instalación de vRB

El despliegue de vRB se realiza dentro de un centro de datos virtualizado, donde se tenga conectividad hacia las consolas de gestión, y se cumpla con los requisitos de hardware que se mencionan a continuación. Los recursos necesarios dependerán del número de métricas recolectadas, las cuales están basadas en 2 categorías: número de servidores virtuales gestionados, y el porcentaje de cambios en configuraciones diarias realizadas a las VMs.

La razón de estas 2 métricas, es que de ellas dependen el número de registros insertados en la base de datos, y en consecuencia los cálculos realizados por el motor de costos. Los requisitos mínimos de recursos necesarios para gestionar hasta 20,000 VMs y 4,000 cambios en configuraciones son: 50 GB de espacio en disco, 8 GB de memoria, y 4 vCPU. Con esta volumetría se soporta la mayoría de las organizaciones en México, solo en sectores particulares como proveedores de servicios de hospedaje y telecomunicaciones, se llega a superar estos límites, para cuál, se ajustan los recursos a un valor conveniente.

3.4.4 Plan de trabajo de la implementación

El plan de trabajo está estructurado de manera que permita dar seguimiento de inicio a fin durante todo el proyecto. Los principales objetivos que persigue, es implementar, entregar y documentar durante cada una de las fases, de una manera ágil y satisfaciendo las necesidades planteadas.

Durante el desarrollo se integra activamente al cliente, buscando su participación efectiva durante el desarrollo de las actividades, logrando que la transferencia de conocimiento sea más eficiente. A continuación, se muestran las fases y el contenido de cada una:

1. *Planeación*: esta es la primera etapa, y se focaliza en entender todos los requerimientos, situación actual del cliente, así como los retos y desafíos a los que se enfrenta
2. *Evaluación*: el objetivo es entender el nivel de madurez, y determinar si se cubren los requerimientos para el despliegue de la solución
3. *Despliegue*: se instalan los componentes de la solución, y se realizan las configuraciones e integración con los elementos del centro de datos
4. *Evaluación*: se analizan los resultados del sistema, y se realizan los ajustes de acuerdo a los requerimientos iniciales
5. *Transferencia*: mediante sesiones de capacitación, se muestra el contenido técnico de la solución, y los detalles de las configuraciones e implementación

6. *Conclusión:* se analizan los resultados, áreas de oportunidad, beneficios alcanzados, y objetivos cumplidos. Se concluye cerrando técnicamente el proyecto
7. *Seguimiento:* es una fase post-implementación, en donde se busca conseguir una adopción de la solución y realizar tareas de actualización de versiones.

3.5 Aplicación del modelo de costos

Se realizó un proyecto para la implementación del modelo de costos por medio de la herramienta VMware vRealize Business, a una empresa de telecomunicaciones en México y de presencia internacional, donde los principales objetivos fueron: medir los costos de infraestructura de la plataforma virtual, identificar áreas de oportunidad que permitieran hacer más eficientes las operaciones, y poder generar reportes de consumos de recursos que exhiban una transparencia financiera entre TI y la organización.

El proyecto se realizó durante seis meses, en donde los primeros dos fueron dedicados a la planeación, los siguientes tres a la implementación, y el último para capacitación de usuarios, aprovechamiento de la solución, y ajustes finales. Del lado del cliente participaron personal que gestiona la plataforma virtual (analistas y operadores), la gerencia de TI, así como el CIO y CFO de la organización, durante la toma de decisiones y el diseño de los reportes y tableros de control ejecutivos.

3.5.1 Distribución y componentes de la plataforma virtual

El cliente cuenta con dos centros de datos ubicados geográficamente separados, esto por temas regulatorios debido a la continuación del negocio y recuperación de desastres, ante un incidente mayor. El primero se ubica en Naucalpan de Juárez, estado de México, el cuál denominamos sitio A, y el segundo en Toluca de Lerdo, Estado de México, denominado el sitio B. Los recursos físicos de cada sitio al momento de realizar el despliegue de la solución, son los siguientes:

Cuadro 3.3

Distribución de los recursos físicos de una plataforma virtual

SITIO A	Hosts	GHz	CPUs	Cores	Memoria(GB)	Consumo CPU	Consumo Memoria	
HP		59	135,923	118	1,872	44,280	3.86%	9.36%
ProLiant BL460c Gen9		57	130,929	114	1,824	43,768	2.72%	7.21%
Cluster desarrollo		4	9,188	8	128	3,071	0.25%	0.50%
Cluster produccion		53	121,741	106	1,696	40,697	2.91%	7.72%
ProLiant DL360 Gen9		2	4,994	4	48	512	36.50%	70.50%
Cluster gestion		2	4,994	4	48	512	36.50%	70.50%
Total		59	135,923	118	1,872	44,280	3.86%	9.36%

SITIO B	Hosts	GHz	CPUs	Cores	Memoria(GB)	Consumo CPU	Consumo Memoria	
Dell Inc.		66	176,604	132	2,392	57,048	0.58%	9.88%
PowerEdge M640		62	167,028	124	2,232	55,517	0.03%	9.32%
Cluster base datos		25	67,350	50	900	22,386	0.08%	2.48%
Cluster produccion 1		12	32,328	24	432	10,745	0.00%	0.33%
Cluster produccion 2		25	67,350	50	900	22,386	0.00%	20.48%
PowerEdge R640		4	9,576	8	160	1,531	9.00%	18.50%
Cluster gestion		4	9,576	8	160	1,531	9.00%	18.50%
Total		66	176,604	132	2,392	57,048	0.58%	9.88%

Los recursos de los dos sitios son muy similares tanto en características como en capacidades. El sitio A fue provisionado en el 2016 mientras que el B, fue en el 2017. Ambos están particionados en clústeres de la siguiente manera:

- *Gestión:* dedicado a herramientas que sirven para administrar la plataforma como soluciones de monitoreo, automatización, consolas, y la propia solución del modelo de costos.
- *Desarrollo:* en este clúster se alojan los servidores de ambientes no-productivos como los de desarrollo y calidad, utilizados para la desarrollo y mejora continua de las soluciones corporativas.
- *Producción:* son los sistemas principales de la organización, y en los cuales se ejecutan todas las funciones y procesos de negocio como, facturación, ventas, insumos, recursos humanos, entre otras.

3.5.2 Costos de la plataforma virtual

Después de realizar el despliegue y configuración de la herramienta, se realiza un descubrimiento de los objetos de toda la plataforma virtual, De cada uno, es necesario ajustar los valores de referencia de los costos por defecto, a los valores que nos proporcione el cliente y que se ajusten a la realidad de los costos de adquisición. En el caso de los servidores (hardware), se muestra su valor actual mensual depreciado, con un ejercicio desde el momento de integración y por los siguientes 5 años o 60 meses.

Cuadro 3.4

Distribución de costos de una plataforma virtual

Server hardware cost by server configuration				
Name	Number of Servers	Description	Avg Monthly Cost per Server	Monthly Cost
Dell Inc. 1	4	Dell Inc., PowerEdge R640, 2 x Intel(R) Xeon(R) Gold 6148 CPU @ 2.40GHz, 2.39 GHz, 383 GB RAM	\$1,667	\$6,667
Dell Inc. 2	62	Dell Inc., PowerEdge M640, 2 x Intel(R) Xeon(R) Gold 6150 CPU @ 2.70GHz, 2.69 GHz, 895 GB RAM	\$2,333	\$144,667
HP 1	57	HP, ProLiant BL460c Gen9, 2 x Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2698 v3 @ 2.30GHz, 2.3 GHz, 768 GB RAM	\$960	\$54,720
HP 2	2	HP, ProLiant DL360 Gen9, 2 x Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2680 v3 @ 2.50GHz, 2.5 GHz, 256 GB RAM	\$600	\$1,200
Total:				\$207,253

Los servidores Dell R640 y M640 fueron adquiridos en octubre del 2017 con un costo de \$50,000 USD y \$70,000 USD respectivamente. Los servers HP BL460c y DL360 se integran a la plataforma en enero del 2016, con un costo de \$80,000 USD y \$50,000 USD respectivamente. En el caso del almacenamiento, la agrupación es por tipo de tecnología, en donde los siguientes dos primeros renglones son para uso interno del hipervisor, y el último (Fiber Channel), es el almacenamiento usado para alojar servicios y servidores virtuales:

Cuadro 3.5

Costos por almacenamiento de servicios y servidores virtuales

Storage monthly costs by storage type				
Storage Type	Datstores	Total GB	Monthly Cost Per GB	Monthly Cost
Block Device	8	7,108.00 _{GB}	\$0.1	\$711
Uncategorized	119	21,922.25 _{GB}	\$0.1	\$2,192
Fiber Channel	311	1,583,779.50 _{GB}	\$0.1	\$158,378
Total:				\$161,281

El costo del almacenamiento es por GB usable (después de proteger los datos como un sistema RAID) y para temas prácticos del cliente, se definió una tarifa estándar mensual de \$0.1 USD por cada GB, basado en el costo de adquisición depreciado promedio durante los siguientes 5 años.

Respecto a los costos de software o licenciamiento de sistemas operativos (incluyendo el hipervisor), la unidad de medida es el CPU físico (*socket*), y se calcula sumando el número de servidores virtuales por la cantidad de recursos que tienen asignados, en proporción de 8:1 (vCPUs VS Sockets). Los costos mensuales para esta categoría, tomando al momento del ejercicio de un total de 336 VMs, queda de la siguiente manera:

Cuadro 3.6

Costos mensuales de software o licenciamiento de sistemas operativos

Monthly Licensing costs				
Name	VM(s)	Socket(s)	Charged by	Total Cost
Windows Server	151	124	Socket	\$1,116
Red Hat	77	118	Socket	\$1,062
SUSE	24	12	Socket	\$108
Other Operating Systems	84	82	Socket	\$738
VMware License	336	250	Socket	\$3,000
Total				\$6,024

La cuarta categoría a evaluar son los costos de gestión de la plataforma (recursos humanos), en donde se dividen en tres secciones, la primera es el equipo que gestiona los servidores (hardware y mantenimientos físicos), la segunda es respecto a la plataforma

virtual (hipervisor y sus componentes), y por último los sistemas operativos y aplicaciones. Los costos quedan calculados del siguiente modo:

Cuadro 3.7
Costos de gestión de la plataforma

Labor Costs by Category		
Category	Calculated by	Total Monthly Cost
Servers	Hourly rate	\$3,512
Virtual Infrastructure	Hourly rate	\$6,639
Operating System	Hourly rate	\$4,720
Total		\$14,871

En el caso de los servidores y basados en las estadísticas del cliente, se ocupa aproximadamente 0.8 horas laborales de mantenimiento por servidor (hardware) al mes, y 0.4 por cada servidor virtual y sistema operativo. La tarifa de hora trabajada, y por temas corporativos, se tomó basado en los salarios de Norte América, siendo de \$35.12 USD por hora, tomando un salario integrado anualizado de un administrador de plataforma virtual.

Las últimas tres categorías dentro del cálculo del costo del centro de datos, son:

- *Mantenimiento:* es el costo derivado del soporte de las soluciones, por parte de los fabricantes. Para este ejercicio y derivado de los contratos realizados al momento de la adquisición, el costo de mantenimiento en hardware es del 2.5% sobre el valor total de compra, y del 5.0% en el software (licenciamiento), para tener un costo total mensual (USD):

 Maintenance Monthly Cost: \$19,222

- *Redes:* el costo de la red, y como se definió en el capítulo anterior, se basa en el número de tarjetas controladoras (NIC, por sus siglas en inglés) que tiene cada servidor. Al no tener los datos por parte del cliente, se tomaron de la base de datos de

referencia, siendo \$45 USD por el servicio integral en tarjetas de 1Gbit, y \$90 USD por tarjetas de 10Gbit, teniendo un costo total mensual (USD):

 Network Monthly Cost: \$35,010

- *Instalaciones:* los centros de datos se encuentran arrendados con un proveedor que proporciona los servicios de hospedaje y acondicionamiento. Los costos se calculan en base al número de gabinetes en los cuales se apilan los servidores, que es de \$50 USD, y el costo por consumo eléctrico de los sistemas, el cuál es de \$0.08 kilowatts-hora, teniendo un total mensual (USD):

 Facilities Monthly Cost: \$9,631

Reuniendo los valores anteriores, podemos obtener el costo total mensual de \$453,292 USD, el cual es variable en el tiempo por temas de depreciación de activos y el movimiento dinámico de recursos y servicios virtuales (creación y destrucción).

Figura 3.2

Costo mensual por depreciación de activos



Las barras azul oscuro en la columna “Data Centers”, representan la proporción del costo en el Sitio A, mientras que el azul claro representa el Sitio B. La tercera columna “Cost Change”, es un indicador de la variación del costo respecto al mes anterior, simbolizado por (-) al no tener variación, y con flechas superior e inferior, un incremento o decremento, respectivamente:

Figura 3.3
Comparativo de los costos por sitios

Cost Drivers	Data Centers	Cost Change	Monthly cost
☰ Hardware		—	\$207,253
☰ Storage On Demand		—	\$161,281
📅 Licensing		↓	\$6,024
✂ Maintenance		↑	\$19,222
👤 Labor		↓	\$14,871
🌐 Network		—	\$35,010
🏢 Facilities		↑	\$9,631

3.5.3 Costos de la plataforma virtual por unidad de negocio (showback)

Dentro de la organización existen diferentes áreas que funcionan como clientes internos del área de TI. Cada uno tiene requerimientos y necesidades específicas, y entregarles un servicio a la medida, es parte primordial en los objetivos del departamento. Uno de los retos a los que se enfrentaban, era poder obtener el costo de la infraestructura proporcionada, ya que, al estar agrupados en las siete categorías del punto anterior, dificultaba obtener una granularidad en el costo de los sistemas.

Es por esto que se crearon las unidades de negocio (BU's) dentro de la solución de costos, con la finalidad de agrupar los servidores virtuales por funcionalidad y poder identificar la cantidad de recursos asignados a cada uno, y así, cuantificar el costo

asociado. A continuación, se muestran las ocho principales agrupaciones creadas en el proyecto:

Figura 3.4
Costos de agrupación por funcionalidad en servidores virtuales

Business Units	VMs	CPU RAM Storage OS	Cost
Aplicaciones	83		\$80,191
Redes	42		\$21,010
Ingenieria	49		\$6,173
Call center	10		\$2,400
Proyectos	17		\$813
Planeación	15		\$675
Desarrollo	13		\$241
Seguridad	11		\$93

En la segunda columna (VMs) se contabiliza el número de servidores virtuales asignados a esa BU, en la tercera, los recursos de hardware y software con los que cuenta, indicando en la magnitud de la barra, la proporción del costo que representa. En la última columna (Cost), se indica el costo en USD de lo que representa para la organización, mantener mensualmente esa infraestructura.

Se observan varios datos interesantes en la gráfica, el primero es que el costo de la infraestructura no es proporcional al número de servidores virtuales, sino a los recursos asignados a cada sistema. Por ejemplo, la infraestructura de la BU “Call Center” con 10 VMs, que es 3 veces más costosa que la BU “Proyectos” que cuenta con 17 VMs. Otro dato es el costo por tipo de recursos asignados. Todas las BU’s se comportan de manera homogénea, a excepción de “Aplicaciones”, en donde el recurso que predomina es la

memoria y prácticamente un procesamiento nulo (CPU), siendo la memoria un foco de atención para poder optimizar, y con esto reducir el costo asociado.

Este proceso de costos por BU's lo llamamos "*showback*", y fue fundamental en la toma de decisiones de la organización, en su gestión presupuestal, y, en consecuencia, los proyectos futuros. Por medio de informes de costos mensuales, se enviaron a las gerencias de cada área, sensibilizándolos del costo que representa para la organización los recursos que tienen asignados. Por otra parte, el equipo directivo pudo tomar decisiones sobre dónde invertir internamente en las BU's con mejor rentabilidad, basada en su operativa.

Para el desarrollo del presupuesto 2019, se tiene pensado realizar un nuevo proyecto, utilizando la solución de costos para "cobrar" internamente los recursos a cada área, y de esta manera cambiar la estrategia del departamento de TI hacia una unidad de negocio, algo que se conoce como "*chargeback*".

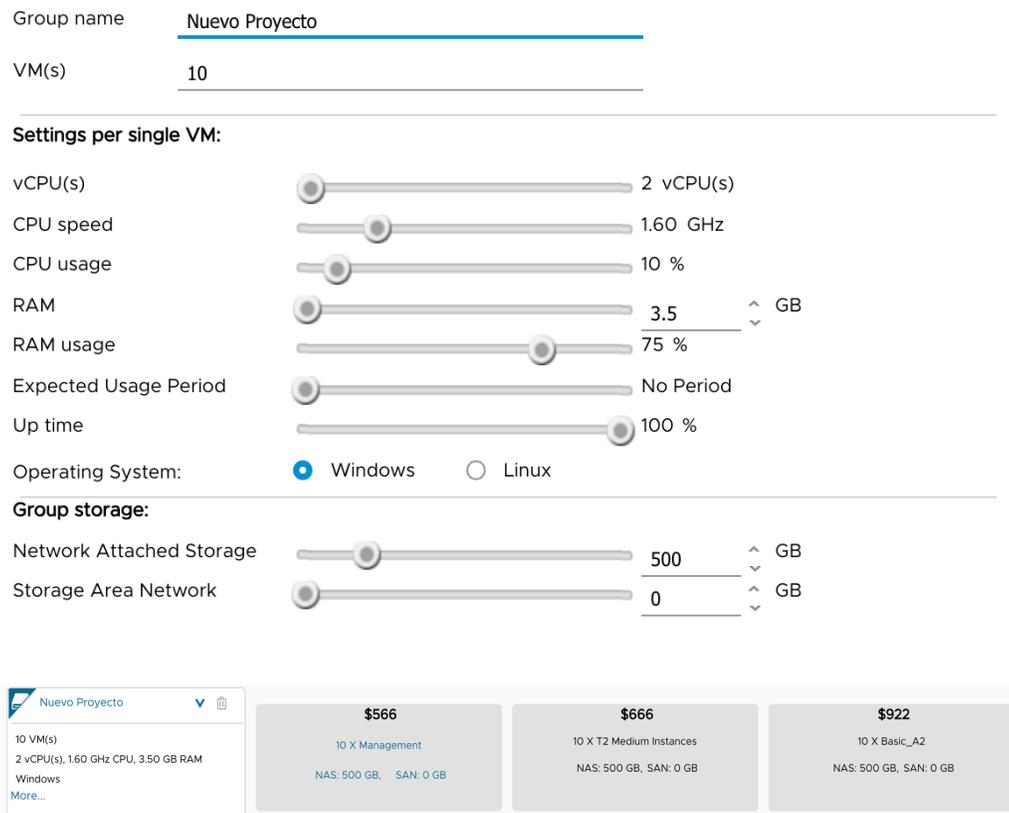
3.5.4 Evaluación de costos de infraestructura para nuevos proyectos

Continuamente al departamento de TI le llegan nuevos requerimientos y proyectos que necesitan de recursos que aprovisionar. Antes de implementar el modelo de costos, se ocupaban los recursos existentes hasta agotarlos, y se compraban nuevos cuando estos estaban por agotarse. Esta práctica no era la óptima, ya que la gestión de la nueva compra, llegaba a tardar entre 3 y 6 meses debido a autorizaciones internas, gestión de recursos y presupuesto, y los tiempos de entrega de los fabricantes de hardware y software. El problema radicaba en que, durante este periodo de tiempo, los proyectos se pausaban, causando problemas en las estrategias comerciales.

Hoy en día, la dinámica de atención a requerimientos se ha optimizado. Con la solución de costos es posible simular las nuevas cargas de trabajo, así como obtener el costo de los recursos solicitados, lo que permite planear la capacidad remanente de la plataforma y

financieramente, capitalizarse por medio de la solicitud de recursos a la medida para cada proyecto. En la siguiente gráfica, tenemos la simulación de un requerimiento realizado para 10 servidores virtuales con características específicas de consumo, y sus respectivos costos mensuales, en las diferentes plataformas de nube de la organización:

Figura 3.5
Simulación de un requerimiento realizado en 10 servidores virtuales



3.5.5 Optimización de recursos

Cuando se informó al equipo directivo sobre los costos por área y sus sistemas, el siguiente reto solicitado fue, determinar que recursos estaban sobredimensionados y así, poder decomisarlos para aprovisionar nuevos proyectos, o ser reasignados a las áreas comerciales con mayor rentabilidad.

Mediante la integración de la solución de monitoreo de la plataforma, a la solución de costos, se pudo correlacionar el consumo de recursos asignados versus los utilizados, con la finalidad de cuantificar los ahorros potenciales que pudieran tener las unidades de negocio si, realizaran los ajustes en los componentes de hardware que tienen sus sistemas. El monitoreo de la plataforma se realizó durante 30 días (equivalente a un ciclo de negocio), y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 3.8

Ahorros potenciales por el monitoreo de las plataformas.

BU - CPU	VMs Totales	VMs Optimizar	vCPUs Configurados	Costo vCPUs Configurados	vCPUs Recomendados	Costo vCPUs Recomendados	Ahorros Potenciales
Ingeniería	49	37	222	\$ 176,800	48	\$ 40,056	\$ 136,744
Redes	42	36	459	\$ 390,150	110	\$ 93,500	\$ 296,650
Call center	10	3	24	\$ 20,400	4	\$ 3,400	\$ 17,000
Proyectos	17	4	12	\$ 10,200	6	\$ 5,100	\$ 5,100
Planeación	15	4	26	\$ 22,100	5	\$ 4,250	\$ 17,850
Desarrollo	13	2	32	\$ 27,200	3	\$ 2,550	\$ 24,650
Total	146	86	775	\$ 646,850	176	\$ 148,856	\$ 497,994

BU - Memoria	VMs Totales	VMs Optimizar	RAM (GB) Configurada	Costo RAM Configurada	RAM (GB) Recomendada	Costo RAM Recomendada	Ahorros Potenciales
Ingeniería	49	37	719	\$ 269,461	79.2657	\$ 29,725	\$ 239,736
Redes	42	36	2,218	\$ 831,606	558.5859	\$ 209,470	\$ 622,137
Call center	10	3	96	\$ 36,000	27.5469	\$ 10,330	\$ 25,670
Proyectos	17	4	71	\$ 26,719	13.1289	\$ 4,923	\$ 21,795
Planeación	15	4	156	\$ 58,664	3.207	\$ 1,203	\$ 57,461
Desarrollo	13	2	256	\$ 96,000	170.8867	\$ 64,083	\$ 31,917
Total	146	86	3,516	\$ 1,318,450	852.6211	\$ 319,733	\$ 998,717

Ambas tablas tienen la misma dinámica. La primera indica los ahorros respecto a los vCPUs asignados, y la segunda respecto a la memoria RAM. Los ahorros potenciales fueron sumamente atractivos, siendo aproximadamente del 76% y equivalentes a \$1.5mdd.

3.6 Beneficios alcanzados

Se alcanzaron múltiples beneficios durante este proyecto, que superaron las expectativas y lograron cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto. Hoy se cuenta con una plataforma innovadora y competitiva frente a otras industrias, con la cual se pueden proporcionar los recursos a la medida, y satisfacer las demandas de los proyectos y estrategias de la organización.

El proyecto ayudó a mejorar la comunicación entre el departamento de TI y la organización. Mediante la nueva plataforma tecnológica basada en el modelo de costos, se brinda transparencia financiera, comprendiendo a detalle la utilización y los costos de los recursos de cada unidad de negocio, lo que traduce la inversión realizada en TI, en términos comerciales. También se convirtió en un instrumento de diálogo entre el director de tecnología (CIO) y el director financiero (CFO), al poder tener una herramienta que les facilitara medir el retorno de inversión de la plataforma tecnológica.

En términos de eficiencia, nos ayudó a identificar áreas de oportunidad respecto al desperdicio de recursos que tienen algunos sistemas. Después de realizar los ajustes al consumo real, se recuperó capacidad de cómputo y almacenamiento, que servirá para nuevos proyectos, sin necesidad de adquirir infraestructura adicional. Ahora también es posible responsabilizar a los departamentos sobre el uso de los recursos asignados, y justificar los incrementos solicitados, permitiendo al departamento de TI responder a la demanda de sus clientes al decir "*sí, podemos hacerlo, pero se aplicará un cargo adicional*", en lugar de decir "*no, no podemos realizarlo, porque no está dentro del presupuesto*".

El departamento contable y financiero también se benefició, al tener un inventario actualizado en tiempo real, sobre el valor de los activos del departamento de TI. Mientras que la dirección de la organización, ahora tiene las herramientas e información necesaria, para tomar decisiones acertadas sobre las futuras renovaciones tecnológicas, y poder planificar el presupuesto.

Todos estos beneficios trabajan de la mano y dependen uno del otro, al optimizar los costos, aumentar la eficiencia y establecer una comunicación abierta entre los departamentos, el rendimiento de la inversión realizada en TI, aumentó.

Conclusiones

Si examinamos el modelo de costos mediante un análisis tipo FODA, podemos destacar que es una herramienta de amplio espectro, donde prácticamente cualquier organización puede fortalecer la operación y entregar servicios del departamento de TI de forma eficiente y optimizada. Es una solución fácil de utilizar, y que brinda resultados en corto plazo, lo cuál hace sencilla la curva de aprendizaje, y su integración en los procesos de la organización.

Respecto a las debilidades, encuentro que en algunas situaciones pudiera ser costosa su adquisición e implementación, ya que los presupuestos de TI suelen focalizarse en mantener la operación en servicio, y no siempre destinan recursos a proyectos de mejora. Bajo este escenario, y a pesar de que el retorno de inversión es positivo, suele ser complejo justificarlo ante los directivos de la organización; y en caso que esto no sea un impedimento, me he encontrado cierto rechazo al cambio dentro del equipo operativo.

Existen oportunidades en el mercado que son positivas para un modelo de costos. El sector de TI está en continúa evolución, y las tendencias de mercado hacen atractivas subirse en ellas, buscando implementar tecnologías como las soluciones de modelo de costos. También he observado como las nuevas políticas, estándares, y normativas que se imponen a las organizaciones, impulsan y justifican el tener un modelo de costos como parte del portafolio de servicios.

Por el lado contrario, es una amenaza frecuente los cambios organizaciones, tanto en recursos humanos, como en las estrategias, y fusiones con otras instituciones. Cuando esto sucede, los nuevos lineamientos pudieran no tener contemplado un modelo de costos, lo que provoca el dejar de utilizarlo. Esto también lo vemos en la externalización de servicios, ya que, ante estrategias de reducción de costos con miras fiscales, la nueva empresa que opera el departamento de T, opta por cambiar esta funcionalidad de costos de la

plataforma, por un modelo conocido como “tiempo y materiales”, en donde el foco son los recursos asignados, y no el activo gestionado.

Me gustaría concluir este trabajo, hablando sobre la principal herramienta que sustentó este importante proyecto para mi carrera personal y profesional, siendo el conocimiento que adquirí durante mi carrera en la Facultad de Ciencias. Ya que para su elaboración ocupé diversas herramientas aprendidas en asignaturas como: finanzas, contabilidad, estadística, programación, e investigación de operaciones, por mencionar algunas; las cuales fueron fundamentales, no solo para entender y desarrollarme en el medio de las Tecnologías de la Información en el que me he dedicado, sino para emprender y ejecutar proyectos como el modelo de costos para soluciones de tecnologías de un centro de datos virtualizado.

Bibliografía

- Frank Denneman, Niels Hagoort. (2017). VMware vSphere 6.5 Host Resources Deep Dive. Nederland: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- John A. Davis, Steve Baca, Owen Thomas. (2016). VCP6-DCV Official Cert Guide. USA: VMware Press Certification.
- Hanish Rathod, Josh Townsend. (2014). Virtualization 2.0 For Dummies. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Eric Maillé, René-François Mennequier. (2013). Building a Virtual Datacenter. USA: Pearson Education, Inc.
- Daniel Borenstein. (2018). Architecting a VMware vRealize Business Solution for VMware Cloud Providers. USA: VMware, Inc.
- VMware. (2014). VMware Distributed Power Management Concepts and Use. USA: VMware, Inc.
- Jonathan G. Koomey. (2011). Growth in data center electricity use 2005 to 2010. USA: Stanford University.
- VMware. (2016). Costing with VMware vRealize Business for Cloud Technical White Paper. USA: VMware, Inc.
- Mike Habeck. (2015). IT Business Management. USA: Deloitte Consulting LLP.