

---

Universidad EAFIT

# Proyecto de Grado

Ingeniería de Sistemas

Octubre 2009

---

## Impacto de la virtualización de servidores para procesos de negocio apoyados en TI

---

Autor

Paulina Arango Moreno

Código: 200527501010

parango2@eafit.edu.co

---

Asesor

Santiago Paredes Ramos

saparedes@servicioschocolates.com

# Agradecimientos

Deseo agradecer a aquellas personas que brindaron su tiempo para apoyarme en la realización de este proyecto de grado, en particular a mi asesor Santiago Paredes, quien me oriento en las diferentes inquietudes que se presentaron durante su desarrollo y quien a pesar del corto tiempo puso su empeño para ayudarme a lograr el objetivo, igualmente a Sonia Cardona, quien me dio las primeras guías de cómo encaminar el proyecto basado en las ideas preliminares que tenía.

# Contenido

Introducción.....	11
1. Generalidades.....	13
2. Beneficios en el Negocio.....	25
3. Beneficios en lo Técnico.....	35
4. TCO y ROI de la Virtualización de Servidores .....	39
Conclusiones.....	45
Apéndices .....	47
Bibliografía.....	57

# Tabla de Contenido

Introducción .....	11
1. Generalidades .....	13
1.1. Conceptos Fundamentales.....	13
1.1.1. ¿Qué es la virtualización? .....	13
1.1.2. Evolución histórica.....	14
1.1.3. ¿Cómo funciona la virtualización? .....	15
1.1.4. ¿Por qué virtualizar? .....	16
1.1.5. Tipos de virtualización .....	18
1.1.6. Técnicas de virtualización de servidores .....	21
1.2. Herramientas que soportan la virtualización .....	23
1.2.1. VMware .....	23
1.2.2. Microsoft.....	23
1.2.3. Citrix.....	23
2. Beneficios en el Negocio .....	25
2.1. Un acercamiento a los beneficios .....	25
2.1.1. Costos de Capital .....	25
2.1.2. Costos de Operación .....	27
2.1.3. Motivadores para el Negocio .....	28
3. Beneficios en lo Técnico .....	35
3.1. Fácil Administración.....	35
3.1.1. Actualizaciones y parches controlados.....	36
3.1.2. Bajo Soporte.....	36
3.2. En otras Áreas .....	36
3.2.1. Optimización de desarrollo y pruebas .....	36
4. TCO y ROI de la Virtualización de Servidores.....	39
4.1. Análisis del TCO del caso de estudio de una compañía de seguros.....	40
4.2. Análisis del TCO Caso de estudio realizado por Citrix.....	42
Conclusiones .....	45

Apéndices .....	47
Entrevistas .....	47
Bibliografía.....	57



# Tabla de Figuras

Figura 1 Capa de Abstracción de la Virtualización.....	14
Figura 2 Formas de Virtualización .....	16
Figura 3 La Virtualización tiene una gran adopción e interés en las Organizaciones. En esta gráfica se muestra el grado de implementación de la virtualización en la pequeña y mediana empresa en USA y Europa. Fuente: Forrester, Inc. <i>Adaptada de(7)</i> .....	17
Figura 4 Redes Virtuales .....	19
Figura 5 Proveedores líderes en el mercado de la virtualización. <i>Fuente: Forrester, Inc. 2007-2008. Adaptada de(8)</i> .....	23
Figura 6 Comparación de Costos Servidores Físicos y Virtuales. <i>Adaptada de(9)</i> .....	26
Figura 7 Uso del Procesador en Aplicaciones Dedicadas vs. Virtuales. <i>Adaptada de(10)</i> .....	27
Figura 8 Reubicación de Recursos de Mantenimiento hacia Innovación. <i>Adaptada de (9)</i> .....	27
Figura 9 Comparativo de Costos con y sin Virtualización.....	29
Figura 10 Recuperación ante desastres. <i>Adaptada de (11)</i> .....	31
Figura 11 Consolidación de Servidores. <i>Adaptada de (12)</i> .....	33





# Tabla de Tablas

Tabla 1 Ejemplos de productividad utilizando virtualización. *Tomada de (10)*.....35

Tabla 2 Análisis del costo total de propiedad (TCO), Compañía de seguros Estadounidense. *Adaptado de (15)(16)* .....41

Tabla 3 Análisis de costos al consolidar 100 maquinas físicas en una infraestructura virtual. *Fuente: Citrix, Inc. Adaptada de (17)*.....43



## Introducción

Con la globalización, las tecnologías de información entran a jugar un papel fundamental en las organizaciones para mejorar sus condiciones de competitividad. Día a día aparecen gran variedad de herramientas para que las organizaciones tengan acceso a más y mejor información y apoyar la toma de decisiones.

En la actualidad uno de los retos fundamentales es mostrar el valor de TI dentro de los procesos de negocio de una organización, de aquí la necesidad que TI esté alineada con el negocio y apoye directamente las estrategias de negocio. El que TI no esté alineada con el negocio puede ocasionar que el área pierda relevancia dentro de la organización y vea afectado su presupuesto haciendo que exista cada día una brecha más grande entre el negocio y TI.

La *reducción y optimización* de los costos son una estrategia fundamental de las organizaciones para ser competitivas a nivel mundial y más hoy en día donde los mercados se ven afectados por la desaceleración de la economía.

Otro factor diferenciador de las organizaciones es la capacidad de respuesta a las necesidades del mercado con velocidad e innovación en sus productos y/o servicio. TI tiene un papel relevante en el apoyo a estos procesos de negocio.

TI en la actualidad está utilizando nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la reducción y optimización de costos en la operación de servidores que contienen servicios que apalancan los procesos de negocios: Una de estas tecnologías se llama **Virtualización**.

La virtualización de servidores permite alojar varias máquinas virtuales dentro de un solo servidor físico. Esto conlleva a varios beneficios, como: ahorro en la reducción de espacio físico, menor uso de recursos (energía eléctrica, aire acondicionado), mejor gestión de la plataforma tecnológica de los servicios instalados en ellos, entre otros.

Estos beneficios han de estar alineados con las estrategias ecológicas (Green IT) que actualmente buscan las organizaciones con sus agendas verdes.

Aunque la reducción de costos puede impactar al departamento de TI, la virtualización impacta positivamente estas iniciativas, pero esta debe considerarse dentro del contexto de las metas y los objetivos estratégicos del negocio.

La virtualización apoya el crecimiento por demanda, la flexibilidad para aprovisionar nuevos recursos a nuevas necesidades y facilita los procesos

de innovación, ofreciendo la agilidad necesaria para reaccionar rápidamente a cambios repentinos en la organización para responder a las necesidades del mercado.

Estas herramientas de virtualización le permiten a las organizaciones aumentar el retorno en la inversión (*Return of Investment* - ROI), proveen herramientas que facilitan la movilidad y dispersión geográfica de los trabajadores para que puedan seguir apoyando sus procesos desde cualquier lugar del mundo los cuales son factores comunes en los negocios de la nueva economía global.

Pero los beneficios no sólo son en términos de reducción de espacio o energía, también mejora la velocidad en los tiempos de montajes de sistemas, optimiza la administración de dichos sistemas, y optimiza los procesos de recuperación de desastres.

Todos estos beneficios al final se traducen en optimización de los costos de la operación, que es el punto más crítico en la toma de decisiones para una organización en la economía actual.

Son muchos los beneficios que brinda la introducción de elementos tecnológicos en el día a día de los procesos de una organización, que de un modo u otro estos serán llevados a cifras económicas para poder ser comparados con los demás elementos en el crecimiento del negocio.

La tecnología en las organizaciones no es el fin, es solo un medio para apoyar los procesos de negocios. Se debe tener en cuenta que no es solo cuestión de pensar que la introducción de las nuevas tecnologías para el mejoramiento de procesos ya sea a nivel de tecnologías de información o a nivel de la producción buscan la reducción de costos únicamente, más allá de este fin, se busca la optimización, la maximización de la calidad y la reducción del impacto de los errores.

# 1. Generalidades

Antes de entrar en detalle a revisar cada uno de los aspectos de la aplicación de los mecanismos de virtualización de servidores sobre procesos del negocio, es necesario tener claro algunos conceptos generales que permitan sincronizar la visión que se quiere transmitir con este proyecto de grado.

## 1.1. Conceptos Fundamentales

Aquí se revisarán los aspectos que dieron origen al surgimiento de las técnicas de virtualización dentro de la evolución tecnológica, de igual forma se presentarán las diferentes fragmentaciones o áreas de especialización donde se aplica la virtualización.

---

### 1.1.1. ¿Qué es la virtualización?

Es "Particionar un servidor físico en pequeños servidores virtuales."

Es "Un Framework o metodología de división de recursos de una máquina en múltiples ambientes de ejecución"(1)

Es "La creación de la versión virtual de algo, tal como un sistema operativo, un servidor, un dispositivo de almacenamiento o recursos de red"(2)

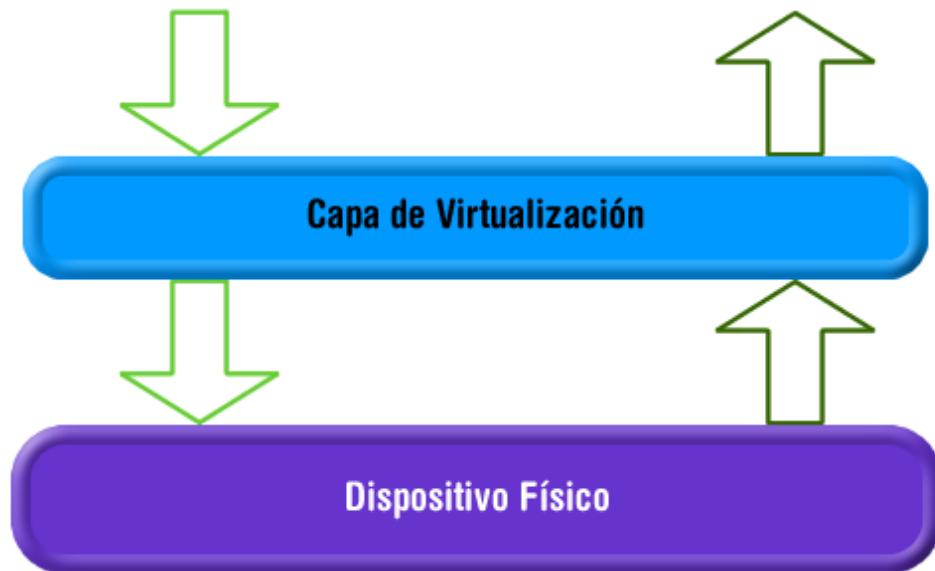
Es un "Medio para crear una versión virtual de un dispositivo o recurso, como un servidor, un dispositivo de almacenamiento, una red o incluso un sistema operativo, donde se divide el recurso en uno o más entornos de ejecución" (3)

Es una tecnología que permite "Ayudar a los departamentos de TI a maximizar ahorros en los costos y a mejorar la continuidad del negocio" (4)

Es "Agrupar y compartir recursos de servidores"(5)

Es un mecanismo logrado a través de software para simular características de hardware, en el que se crea una capa de abstracción de los recursos físicos, ya sea directamente con el hardware o sobre un sistema operativo particular.

En la *Figura 1* se observa cómo se ubica esta capa de abstracción, denominada máquina virtual, esta provee servicios a otra aplicación o a otro sistema operativo el cual realiza la solicitud de recursos a la máquina virtual en lugar de hacerlo directamente con el hardware o el sistema operativo que interactúa con el hardware.



**Figura 1 Capa de Abstracción de la Virtualización**

### 1.1.2. Evolución histórica

El tema de la virtualización se ha trabajado desde principios de la computación en la década de los 60's. Allí se crearon los sistemas de tiempo compartido como una alternativa para los sistemas de procesamiento por lotes. Se desarrollaron arquitecturas de hardware que brindaron sistemas de memoria virtual y ejecución de programas de manera privilegiada. La virtualización surgió como un medio para un mejor aprovechamiento de los recursos de hardware y facilitar los sistemas de tiempo compartido.

Los servidores mainframe de IBM han ofrecido soporte para múltiples sistemas operativos completamente virtualizados desde principios de la década de los 70's, aunque a esta característica no se le hizo mucha publicidad, dada la tendencia a reducir la necesidad de la cantidad de hardware para soportar a los usuarios de sistemas de tiempo compartido. Eventualmente los costos de licenciamiento de máquinas virtuales supero el costo de las licencias del Almacenamiento Virtual Múltiple (MVS por sus siglas en inglés) de IBM.

Durante la década de los 80's y entrando a la década de los 90's el tema de virtualización fue prácticamente olvidado debido al auge de máquinas de escritorio a muy bajo costo y servidores basados en arquitectura Intel. Los despliegues realizados por las empresas hicieron uso de servidores de bajo costo en lugar de los servidores mainframe. Pero con el tiempo, los costos de la infraestructura física, las fallas y necesidades para la recuperación ante desastres, altos costos de mantenimiento de computadores de escritorio y la baja utilización de los servidores se convirtieron en problemas que requirieron una nueva solución.

A finales de la década de los 90's, la virtualización en máquinas basadas en la arquitectura Intel se convirtió en una solución potencial. Emergieron compañías con soluciones de virtualización que superaron las limitaciones de hardware que impedían la virtualización en las máquinas Intel y el éxito de la virtualización ha seguido a lo que se puede llamar el renacimiento de la virtualización en estos últimos años. Las generaciones actuales están utilizando lo que había sido creado hace ya algún tiempo, pero aplicando los beneficios en el marco de la tecnología actual.

En esta primera década del siglo 21, la virtualización ha encontrado un gran progreso. Los fabricantes de hardware han incluido soporte a la virtualización, los desarrolladores de software han creado sofisticadas soluciones de virtualización y la industria ha adoptado la virtualización para resolver las necesidades del negocio.

---

### 1.1.3. ¿Cómo funciona la virtualización?

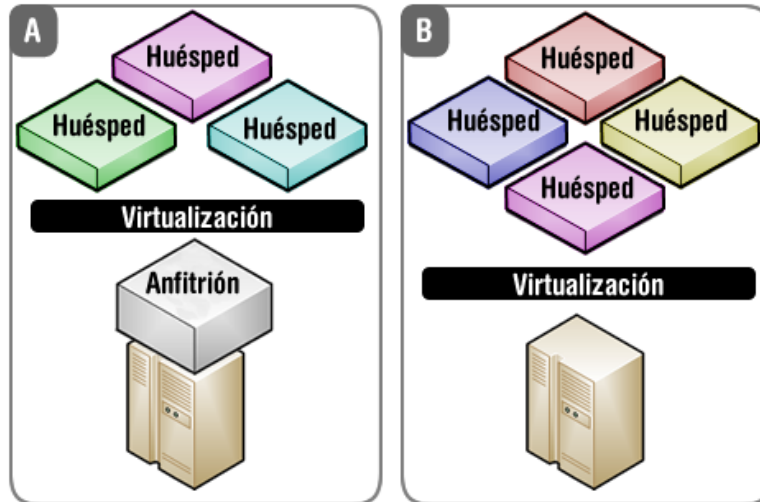
Como se observó en el numeral 1.1.1 la virtualización crea una capa de servicios que le permite a un sistema operativo o a una aplicación huésped creer que esta tiene acceso directo a ciertos dispositivos de hardware.

La virtualización está relacionada con otra serie de tecnologías que de algún modo ofrecieron elementos para su maduración, estas son la Emulación y la Simulación.

La emulación es una técnica que permite que un ambiente actúe o se comporte como si fuera otro. Un ambiente puede ser una plataforma de ejecución (en la cual una aplicación existe), un sistema operativo o una arquitectura de hardware. El funcionamiento de una emulación tiene un alto impacto en rendimiento debido a que existe un mecanismo de interpretación que se encarga de traducir las instrucciones de un ambiente (el emulado) a otro (el real).(6)

La simulación es una técnica en la que un ambiente imita a otro, con una serie de solicitudes predefinidas y una serie de respuestas establecidas, esta técnica es mucho más simple de lograrse comparada con la emulación y la virtualización. Es muy útil en el diseño de componentes de hardware en la cual se pueden realizar pruebas antes que dicho dispositivo sea creado.(6)

De lo anterior entonces se puede decir que, en la virtualización se encuentran elementos que permiten decir que existe una emulación y una simulación, aunque la virtualización es una técnica mucho más avanzada. Dentro de esta hay varios niveles en los cuales se logra optimizar y permitir que el ambiente huésped pueda tener una ejecución con un mejor desempeño.



**Figura 2 Formas de Virtualización**

En la *Figura 2* se observan dos formas comunes en las que se puede presentar la virtualización, en la parte **A**, observamos una de las formas más comunes de virtualización, en la que la capa de abstracción se encuentra sobre un sistema operativo, en algunos casos esta capa de virtualización realiza solicitudes directamente al nivel físico de la máquina, pero la gran mayoría son administradas por el sistema operativo que hace las veces de sistema anfitrión. En la parte **B**, no existe un sistema anfitrión, en su lugar la capa de virtualización es instalada directamente sobre el nivel físico y está provee todos los servicios de manera transparente a los sistemas huéspedes.

De lo anterior se concluye que la virtualización tiene como misión compartir los servicios ofrecidos por el hardware a diferentes sistemas operativos huéspedes, los cuales pueden acceder a este nivel físico incluso de forma directa pero controlada por el sistema de virtualización, dentro de la evolución del nivel físico ya existe soporte de virtualización en dispositivos como procesadores o tarjetas de red que permiten crear regiones exclusivas para cada uno de los sistemas virtuales instalados sobre una arquitectura de virtualización.

#### 1.1.4. ¿Por qué virtualizar?

Son varias las razones que pueden motivar a una organización a buscar los beneficios que provee la virtualización, lo importante es que los beneficios que se busquen estén alineados con las estrategias corporativas.

Virtualizar la infraestructura de TI permite a las organizaciones reducir costos gracias al aumento de la eficiencia, capacidad de respuesta y flexibilidad. La administración de una infraestructura virtual permite que las tecnologías de información gestionen y conecten de forma rápida los recursos con las necesidades del negocio. En una infraestructura virtual,



los usuarios ven los recursos como si éstos estuvieran dedicados a ellos, mientras los administradores los gestionan y optimizan de manera global en toda la empresa.

Alrededor del mundo cientos de organizaciones de todos los tamaños se han beneficiado al optar por la virtualización de su infraestructura.

Como se ve en la *figura 3* el 46% de las pequeñas y medianas empresas en USA y Europa ya han implementado la virtualización. El 29% están interesados en implementarla y el 9% la implementarán en los próximos 12 meses. Solo el 8% de las empresas no están interesadas y el 8% faltante tienen interés pero no poseen presupuesto.

### ¿Cuál es el nivel de interés de la Organización en la Virtualización?



**Figura 3** La Virtualización tiene una gran adopción e interés en las Organizaciones. En esta gráfica se muestra el grado de implementación de la virtualización en la pequeña y mediana empresa en USA y Europa. Fuente: Forrester, Inc. *Adaptada de(7)*

Los Beneficios que trae la virtualización son: la capacidad de división, aislamiento y encapsulación. **División** porque, se pueden ejecutar múltiples aplicaciones y sistemas operativos en un mismo sistema físico, los servidores se pueden consolidar en máquinas virtuales con una arquitectura de escalabilidad vertical (recursos de memoria, procesadores, clusters) u horizontal (servidores, maquinas) y los recursos computacionales se tratan como un conjunto uniforme que se distribuye entre las máquinas virtuales de manera controlada. **Aislamiento** porque, las máquinas virtuales están completamente aisladas entre sí y de la

máquina anfitriona. Si existen fallas en una máquina virtual, las demás no se ven afectadas y los datos no se filtran a través de las máquinas virtuales y las aplicaciones sólo se pueden comunicar a través de conexiones de red configuradas. **Encapsulación** porque, el entorno completo de la máquina virtual se guarda en un solo archivo, fácil de mover, copiar y proteger y la aplicación reconoce el hardware virtual estandarizado de manera que se garantiza su compatibilidad. Esta característica beneficia la recuperación en forma ágil y segura del servicio ante fallas.

Las razones más relevantes para adoptar la virtualización son: Aumento en la utilización de la capacidad de la infraestructura, reducción de costos en mantenimiento de infraestructura física, reducción en los costos de personal y tiempos de ejecución de tareas de mantenimiento, recuperación y protección de desastres y mejoramiento en la administración y seguridad de equipos de escritorio.

---

### 1.1.5. Tipos de virtualización

“Virtualización” es un concepto muy amplio, el cual tiene diferentes connotaciones en el mundo de la tecnología de información, pero lo más común que se piensa de su interpretación es lo que se conoce como virtualización de servidores, sin embargo aquí se observaran otros tipos de virtualización que pueden ser implementados.

#### *1.1.5.1. Servidores*

Este es el tipo de virtualización que domina el mercado hoy en día, ya que sus aplicaciones y beneficios son muy amplios, permite desde el ahorro de espacio para la creación de centros de datos, hasta el montaje de máquinas virtuales con fines de pruebas piloto antes de realizar montajes en sistemas de producción, igualmente una herramienta muy útil en el desarrollo de aplicaciones ya que permite replicar diversas configuraciones a las que se puede enfrentada una aplicación antes de ser liberada.

Parte de la popularidad de este tipo de virtualización es debido a la posibilidad de implementarlo en máquinas con arquitectura Intel y la misma facilidad de su montaje, permitiendo ser implementadas a unos costos razonables en muchos casos.

#### *1.1.5.2. Almacenamiento*

Este concepto presenta unidades virtuales de almacenamiento las cuales son independientes de su ubicación o distribución física, incluso en su tipo, es decir, unidades de cinta de seguridad, unidades de disco óptico, unidades de discos SCSI, o crear arreglos de discos.

Una de las facilidades que ofrecen los mecanismos de almacenamiento virtual, que pueden ser desplazados a otras máquinas sin mayor problema,

o su capacidad puede ser expandida sin que el sistema operativo en la máquina virtual se vea afectado.

De igual forma las tecnologías de Redes de Almacenamiento (SAN – Store Area Network) son consideradas un tipo de virtualización de almacenamiento ya que estas aunque se encuentran distribuidas se presentan de una manera uniforme y local ante las diferentes máquinas virtuales.

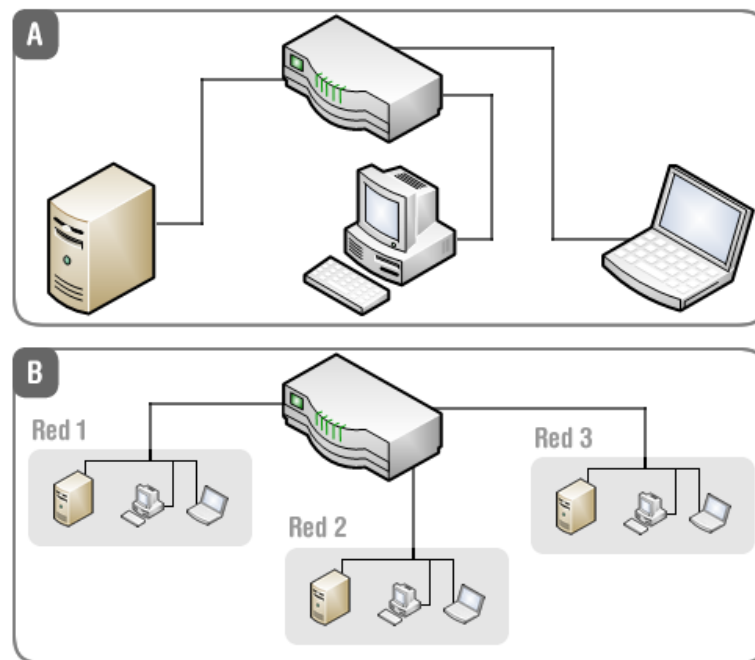
### 1.1.5.3. Redes

En el tema de redes, la aplicación de virtualización puede ser usada con máquinas virtuales o máquinas físicas. Existen tres variantes de su aplicación.

#### 1.1.5.3.1. LAN Virtual (VLAN)

Una VLAN es una red de área local (LAN) que agrupa un conjunto de equipos de manera lógica y no física de acuerdo a su uso.

Una red física puede contener varias virtuales con características de calidad de servicio diferentes (Datos, Wireless, Voz)



**Figura 4 Redes Virtuales**

Las redes virtuales son un mecanismo que permite la segmentación de una red física en subredes virtuales. Es una forma de agrupar un conjunto de computadores dentro de una subred común, en donde todos los diferentes grupos se encuentran bajo un solo enrutador de tráfico, pero el tráfico se propaga solo dentro de cada respectivo grupo.

El uso que este tipo de tecnología le brinda a una organización ahorro de espacio, ya que no necesita adquirir enrutadores adicionales debido a que los servicios de virtualización están incluidos dentro de los switches optimizando el tráfico dentro de la red corporativa.

#### 1.1.5.3.2. IP Virtual

Las grandes organizaciones suelen esperar miles de visitas diarias a sus Portales Web, o sitios donde se exponen redes sociales, esto hace que pensar en un servidor con una capacidad para responder a este flujo de visitas sea algo difícil de mantener a nivel de TI, ya que el riesgo de la caída en el servidor podría afectar a muchos usuarios, para este tipo de situaciones es posible tener un dispositivo que posea una dirección IP al cual llegaran las solicitudes iniciales y este tome la decisión de pasar esa solicitud a algún servidor el cual provea el servicio, permitiendo así tener una serie de servidores que replican el mismo contenido logrando balancear la carga de solicitudes que se reciben en un instante dado.

#### 1.1.5.3.3. Red Virtual Privada

Como vimos en LAN Virtual, una red es un conjunto de computadores que pertenecen a un grupo en el cual el tráfico de información fluye de manera libre entre ellos, es decir, no es filtrada, pero esto requiere que los computadores estén conectados al mismo enrutador, es decir, están limitados por un factor de localización geográfica.

Cuando la necesidad del negocio requiere que exista una relación similar a la de una red entre diferentes computadores los cuales se encuentran a grandes distancias es cuando se hace uso de una Red Virtual Privada o VPN (Virtual Private Network), este mecanismo permite crear una red dentro de Internet, a la cual solo tienen acceso los equipos marcados como miembros de dicha VPN, permitiendo así el acceso a recursos exclusivos dentro de la red (acceso a aplicaciones o a impresoras).

Este servicio permite ingresar vía internet desde cualquier lugar del mundo a una red corporativa con los niveles de seguridad requeridos, permitiendo flexibilidad y movilidad a los funcionarios de una organización.

#### **1.1.5.4. Aplicaciones**

Una de las más recientes formas de virtualización que se ha desarrollado es aplicada a la ejecución de programas. Ésta forma ha evolucionado considerablemente en los últimos años permitiendo romper con el paradigma de la estrecha dependencia existente entre el sistema operativo y una aplicación.

Este mecanismo está apoyado en el uso de máquinas virtuales o ambientes de ejecución en el cual las aplicaciones funcionan. Los recursos y servicios que la aplicación necesita son provistos por el ambiente de ejecución, el cual se encarga de negociarlos luego con el sistema operativo.

Una de las grandes ventajas de este mecanismo es que permite superar en forma transparente la portabilidad de las aplicaciones a través de diferentes sistemas operativos, ya que mientras exista un ambiente de ejecución capaz de poner la aplicación en funcionamiento es indiferente cual sea el sistema operativo que se encuentre bajo esta capa de virtualización.

Este tipo de mecanismo ayuda a reducir los costos en el desarrollo de aplicaciones para ambientes heterogéneos, en donde ya no es necesario crear varias versiones de una misma aplicación.

---

### **1.1.6. Técnicas de virtualización de servidores**

Dentro de la virtualización de servidores se encuentran 4 tipos de técnicas especializadas que satisfacen diferentes necesidades que una organización pueda tener.

#### **1.1.6.1. Completa**

Esta técnica provee una réplica completa del hardware que se encuentra bajo la capa de virtualización logrando así que los sistemas que puedan ser ejecutados directamente en dicha configuración de hardware funcionen de forma transparente sobre la capa virtual. Esta técnica de virtualización posee el mayor soporte para los sistemas operativos huéspedes. Tiene como ventaja el completo aislamiento de cada máquina virtual, la gran mayoría de sistemas operativos puede ser instalados sin que estos requieran ninguna modificación, provee desempeños de procesador y memoria casi similares a cuando son instalados de forma nativa sobre el hardware. Aunque de igual forma existen algunas desventajas o exigencias que se deben cumplir para este tipo de montaje requiriendo la combinación adecuada de elementos de software y hardware donde a veces no es posible lograrlo en arquitecturas basadas en Intel por algunas limitaciones técnicas, lo cual puede resultar en penalizaciones de rendimiento.

### ***1.1.6.2. Paravirtualización***

En esta técnica provee una simulación parcial de la plataforma de hardware que se encuentra bajo la capa de virtualización, en la cual solo algunas características del hardware son ofrecidas para las máquinas virtuales, es más fácil de implementar que la virtualización completa, pero con la desventaja que las máquinas virtuales son poco portables y la compatibilidad con versiones anteriores suele ser problemática.

### ***1.1.6.3. De sistema operativo***

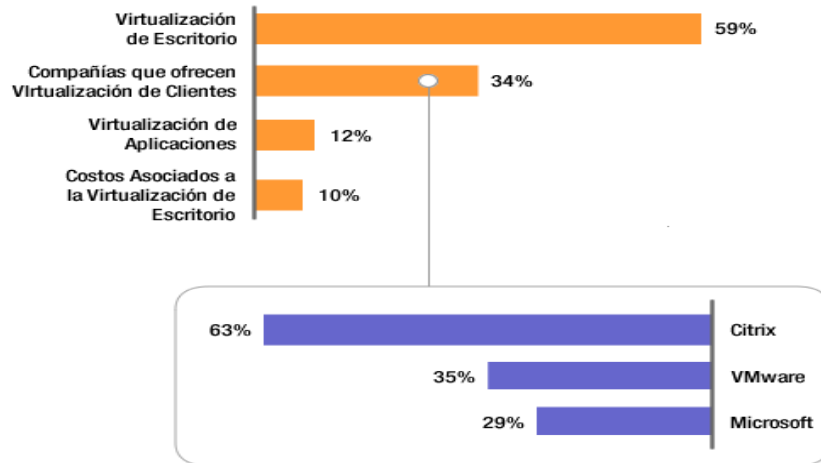
Este tipo de virtualización se apoya directamente sobre el sistema operativo limitando fuertemente la mezcla o el soporte de diferentes tipos de sistemas en paralelo. Adicionalmente a esto en momentos en los que se presenten problemas es difícil determinar si la fuente de bajo rendimiento es debido a procesos en el sistema operativo anfitrión o huésped.

### ***1.1.6.4. Nativa***

Esta técnica es la más reciente en la arquitectura basada en Intel, está conformada por una mezcla de conceptos de la virtualización completa y la parcial combinada con técnicas de aceleración acceso a periféricos. Los sistemas operativos huéspedes pueden ser instalados sin requerir de modificaciones y hacen uso de las ventajas ofrecidas en el hardware compatibles con virtualización que proveen las más recientes configuraciones de servidores.

## 1.2. Herramientas que soportan la virtualización

Existen en el mercado una gran cantidad de productos de software que permiten implementar ambientes de virtualización, de estos hay principalmente 3 empresas que lideran el mercado.



**Figura 5 Proveedores líderes en el mercado de la virtualización. Fuente: Forrester, Inc. 2007-2008. Adaptada de(8)**

### 1.2.1. VMware

Es una empresa dedicada completamente al tema de la virtualización, su producto estrella es VMware Server. Esta empresa ofrece soluciones para todas las necesidades de la industria, desde soluciones de escritorio hasta centros de datos.

### 1.2.2. Microsoft

Una empresa que no necesita presentación, sus productos abarcan casi todas las áreas de una organización, en materia de virtualización ofrece soluciones de igual forma orientadas a escritorio y a servidores, y está comenzando a penetrar sectores de grandes corporaciones que actualmente son dominados por VMware. Su producto estrella para la virtualización de servidores se llama Hiper-V.

### 1.2.3. Citrix

Esta empresa comenzó con el liderazgo en tecnologías de escritorios remotos, y luego de adquirir un conjunto de soluciones de Xen ha comenzado a ser parte de la elite de compañías proveedoras de soluciones para virtualización. Su producto estrella para la virtualización de servidores se llama Citrix XenServer





## 2. Beneficios en el Negocio

El primer paso para poder pensar en la adopción de tecnologías de virtualización de servidores es entender cómo se puede aplicar para apoyar los objetivos del negocio, más aun, a los procesos específicos del negocio.

Este capítulo presenta las áreas en las cuales la virtualización de servidores puede ser efectivamente aplicada, abarcando áreas que benefician el núcleo del negocio.

### 2.1. Un acercamiento a los beneficios

Adicional a la capacidad de poder ejecutar más de un sistema operativo al mismo tiempo en una sola máquina, la virtualización de servidores fue diseñada para resolver problemas del negocio y apoyar sus procesos. La virtualización puede utilizarse de una manera en la cual se rompa el paradigma que un servidor equivale a una máquina física. De este modo puede ayudar a reducir los costos de equipos consolidando múltiples servidores en una sola máquina. De igual forma, la virtualización ofrece características innovadoras que son imposibles de conseguir en un servidor físico. Uno de estos es la abstracción entre las máquinas virtuales y el hardware, lo cual hace las máquinas virtuales mucho más portables, es decir, el disco de una máquina virtual puede moverse a otra máquina sin ocasionar ningún problema. La virtualización simplifica y mejora el soporte de aplicaciones y servidores legacy, y al mismo tiempo proporciona nuevas oportunidades en escenarios de recuperación de desastres y alta disponibilidad.

Debido a que las máquinas virtuales son mucho más fáciles de implementar que los servidores físicos y la naturaleza del software de tecnologías de virtualización ayudan a la automatización de tareas, los departamentos de TI pueden ser más eficientes, logrando así agilidad en el apoyo a los procesos del negocio.

---

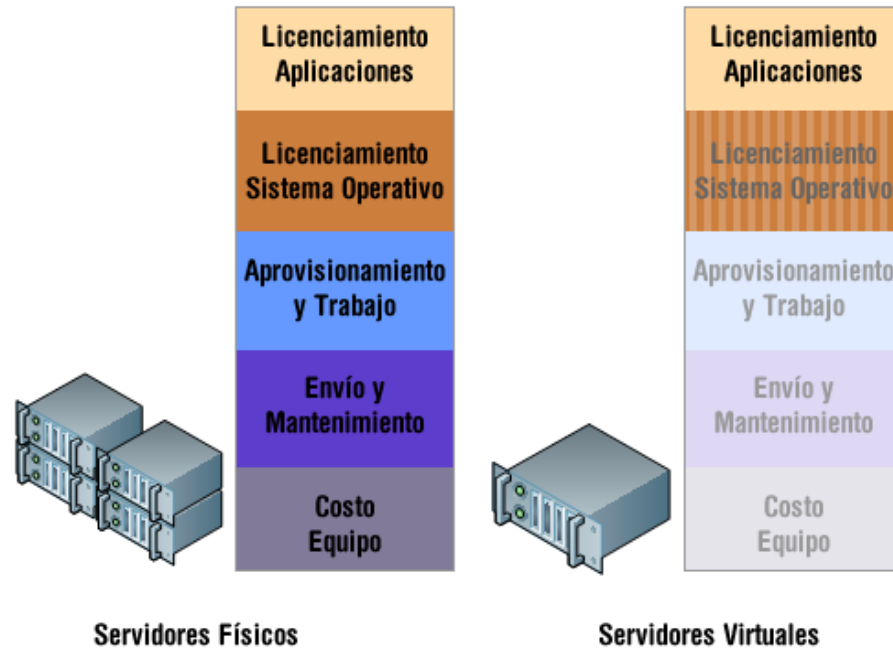
#### 2.1.1. Costos de Capital

Una de las áreas de mayor impacto de la virtualización dentro de una organización es la reducción del capital de inversión, principalmente afectando las proyecciones de presupuestos en materia de tecnología a mediano plazo.

##### *2.1.1.1. Hardware y Software*

Debido a que varios servidores virtuales pueden ejecutarse en una sola máquina física, la adquisición y los costos de mantenimiento del hardware

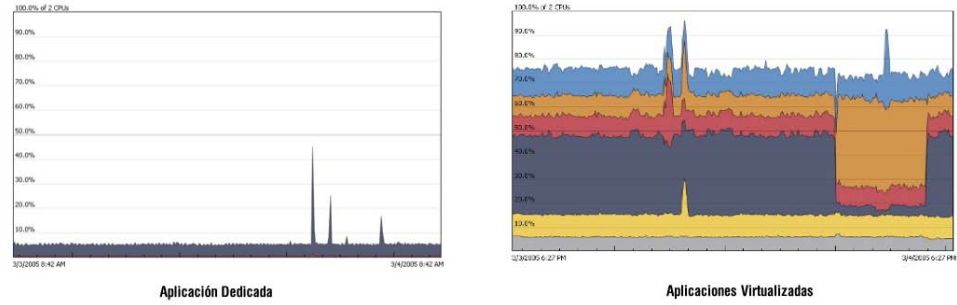
se reducen de forma considerable, esto reduce los costos de operación, debido a la reducción de la necesidad de múltiples máquinas físicas. Del mismo modo, existe una reducción en materia de licenciamientos de aplicaciones de gestión y de administración de infraestructura. Al simplificarse la infraestructura los costos asociados con su mantenimiento se reducen.



**Figura 6 Comparación de Costos Servidores Físicos y Virtuales. Adaptada de(9)**

#### *2.1.1.2. Uso del exceso de la capacidad de cómputo*

En la mayoría de las organizaciones la capacidad de cómputo de los servidores es subutilizada, debido a la proliferación de computadores de escritorio con alta capacidad de procesamiento. Un escenario típico es un servidor configurado con un sistema, este solo es utilizado para funciones de almacenamiento de datos y en un periodo de tiempo no es usual que existan muchas aplicaciones en ejecución. La virtualización incrementa la demanda de procesamiento y uso de la memoria optimizando el uso de los recursos.



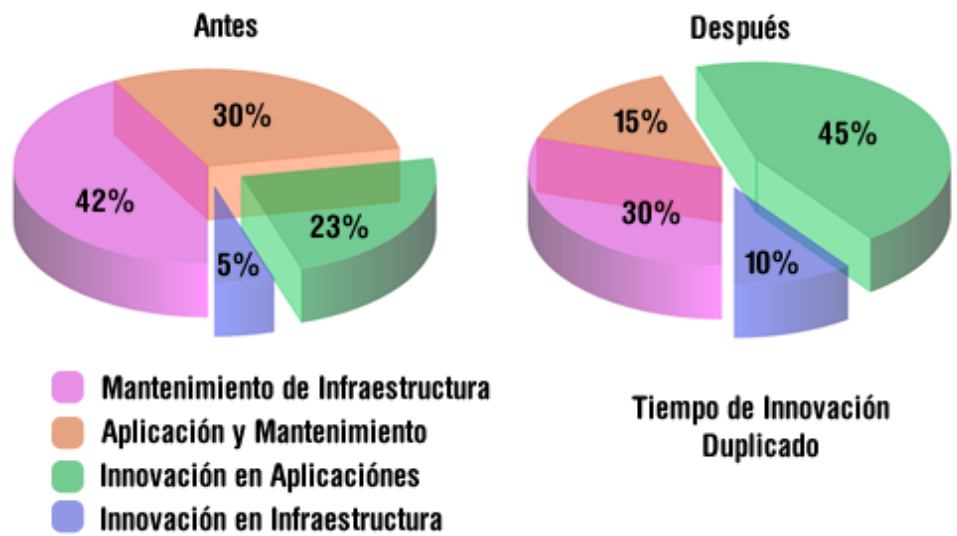
**Figura 7** Uso del Procesador en Aplicaciones Dedicadas vs. Virtuales. *Adaptada de(10)*

### 2.1.2. Costos de Operación

Otro beneficio tangible de la virtualización es su capacidad para reducir los costos de operación de una infraestructura más simplificada de TI.

#### 2.1.2.1. Costos del ciclo de vida de administración de TI

Además de los gastos de capital y reducir los costos de operación, la virtualización ofrece una serie de beneficios adicionales. En un ambiente virtualizado una organización opera menos servidores físicos y menor dispersión del software instalado, por lo que se necesita de menos miembros del personal de TI para la administración de la infraestructura. Por lo tanto se puede optimizar el uso de recurso humano potenciando las capacidades del personal hacia proyectos que den más valor a la organización.



**Figura 8** Reubicación de Recursos de Mantenimiento hacia Innovación. *Adaptada de (9)*

### ***2.1.2.2. Costos del centro de datos***

Si algo es cierto de los centros de datos, es que los requerimientos que estos exigen están orientados a los niveles de refrigeración, control del suministro eléctrico y espacio físico disponible tanto para la ubicación de los servidores como el espacio para que el personal de TI pueda realizar funciones de mantenimiento. Estos requerimientos tienen un impacto directo sobre los costos, por tal motivo no todas las organizaciones pueden contar con un espacio dedicado a centro de datos, y optan por hacer uso de servicios de terceros.

Haciendo uso de virtualización aplicada a los centros de datos se reduce el número de máquinas físicas necesarias para la operación de una organización, reduciendo el costo de energía eléctrica y los requerimientos de refrigeración, dando espacio para un fácil crecimiento.

---

### **2.1.3. Motivadores para el Negocio**

Existen una serie de macro-drivers importantes para el negocio que motivan a las organizaciones de diferentes tamaños a considerar la virtualización como una alternativa dentro de sus departamentos de TI.

#### ***2.1.3.1. Reducción de Costos***

En este difícil entorno económico, con bajos presupuestos. Los departamentos de TI buscan hacer más con menos. Con las presiones de costos, recursos y tiempo, cómo asegurar una continua innovación mientras se tengan que satisfacer niveles de servicio acordados. Con la virtualización de servidores las organizaciones pueden ver inmediatamente ahorros tangibles en los costos, al tiempo que se garantiza la agilidad del negocio, o sea la capacidad de responder rápidamente al entorno cambiante del mercado.

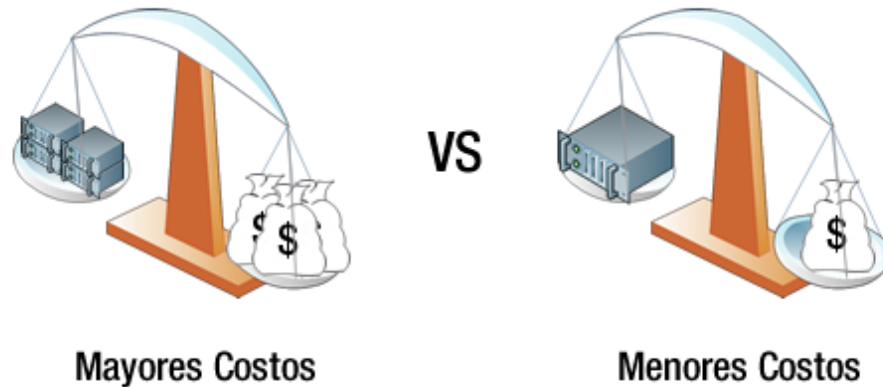
Para la mayoría de las organizaciones, TI se maneja financieramente como un centro de costos separado de otros costos críticos como el costo de hacer negocio. En consecuencia, los departamentos de TI, los CIO's (Chief information officer), CFO's (Chief financial officer) y otros directivos buscan la manera de reducir los costos totales de TI. Esto es particularmente importante a medida que nuevas exigencias se van agregando a la cantidad de gastos necesarios de TI, incluidos, la prevención de pérdida de datos, políticas basadas en encriptación para la protección de la información, protección contra amenazas provenientes de Internet y similares.

La reducción de costos por medio de la virtualización y otros medios hacen que se apropien más recursos para apoyar estas iniciativas.

Con la virtualización de servidores se reducen los gastos de capital por medio de la consolidación de servidores, se mejoran los gastos operativos

mediante la automatización y se minimizan las pérdidas de ingresos debido a la inactividad de los sistemas.

## Igual capacidad de computo



**Figura 9 Comparativo de Costos con y sin Virtualización**

### *2.1.3.2. Mejoramiento de recuperación ante desastres y continuidad del negocio*

Las organizaciones cada vez se ven más afectadas por el tiempo de inactividad de aplicaciones críticas en los servidores y el no poder acceder a los servidores por parte del usuario final.

Las amenazas de virus, desastres naturales y el terrorismo han elevado el riesgo de la continuidad del negocio. En un mundo en el que los negocios funcionan en modelos 24/7, cualquier interrupción del servicio para el negocio resulta crítico para garantizar la supervivencia de la organización.

Por esta razón, la continuidad de negocio se ha convertido en un requisito en las estrategias corporativas de TI y ha ganado importancia en todos los niveles de administración, incluido el del CEO (Chief Executive Officer).

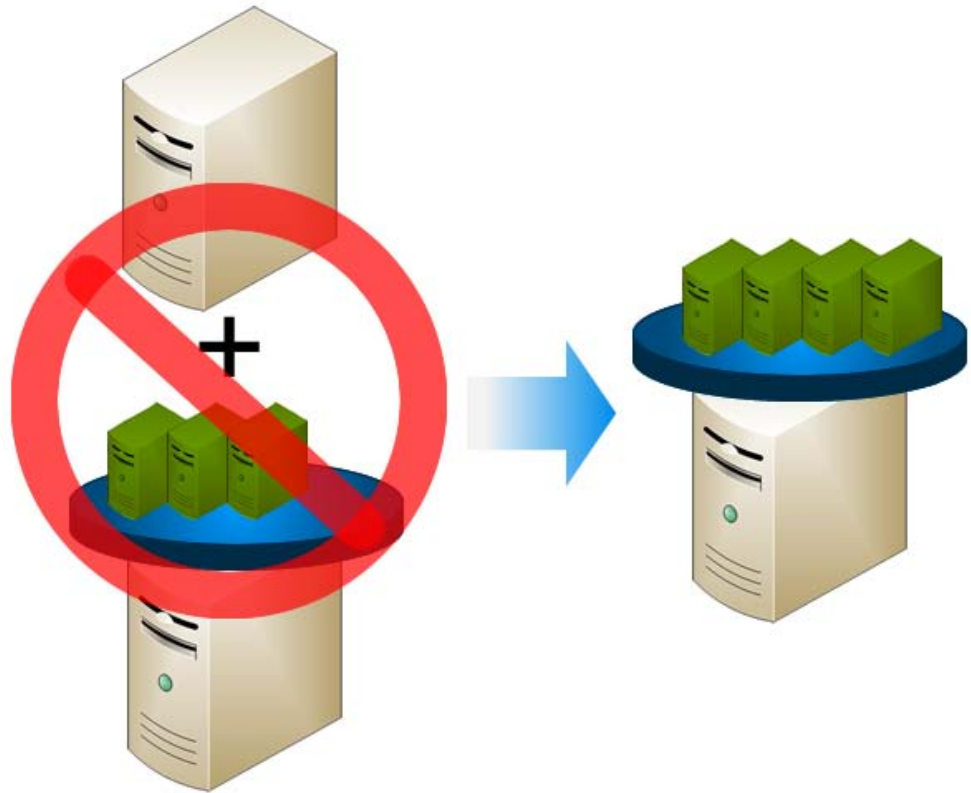
La recuperación ante desastres es la estrategia que utilizan las organizaciones en caso de eventos catastróficos para garantizar la recuperación de los datos en un mínimo tiempo manteniendo el negocio activo. La virtualización de servidores puede ayudar en esta estrategia de muchas maneras. Dado que los sistemas operativos, todas las aplicaciones y datos residen en uno o más archivos del servidor que los aloja, es simple realizar una copia de seguridad de una máquina virtual completamente configurada en un punto de tiempo en el que el sistema se encontraba en un estado estable. Aunque esto requiere más espacio de almacenamiento, sus beneficios valen la pena. En caso de un desastre, la máquina virtual entera puede ser restaurada en el tiempo en que se demore cargar la copia del último estado estable que se tiene de la máquina virtual y los archivos del disco.

Usualmente las estrategias de recuperación de desastres no abordan las necesidades de tolerancia a fallas y robustez del sistema. Las estrategias de alta disponibilidad que ofrecen continuidad al negocio mediante el uso de sistemas tolerantes a fallos, por lo general son implementados con componentes redundantes como sistemas de almacenamiento RAID o servidores en clúster.

Uno de los métodos más comunes para ofrecer sistemas con alta disponibilidad es el uso de clúster de servidores. En un clúster de servidores hay por lo menos dos servidores que tienen las mismas aplicaciones y configuración y comparten el acceso a los mismos datos, es una réplica tal cual del servidor. Uno de los problemas de este método es el costo tan alto que representa el tener incrementado el presupuesto en un 100%, el cual se encuentra la gran mayoría del tiempo inutilizado sólo a la espera que ocurra una falla.

La virtualización de servidores proporciona un método de bajo costo para la implementación de clúster de servidores por medio del uso de máquinas virtuales. Replicando así cualquier servidor sin la necesidad de tener que incurrir en costos adicionales de hardware físico.

Mediante el uso de una infraestructura virtual, los administradores de TI pueden mejorar todos los aspectos de la continuidad de negocio, ya que con ella se obtiene una recuperación ante desastres más rápida, más flexible y más confiable, sin necesidad de un hardware idéntico, se pueden replicar servidores en lugar de comprar servidores adicionales para una recuperación rápida, realizar copias de seguridad estables y migrar ambientes virtuales completos sin ninguna interrupción del servicio, lo cual permite reducir costos de la infraestructura de servidores. También, se obtienen importantes reducciones de tiempos de caída previstos e imprevistos y procesos simplificados y repetitivos para implementar soluciones de la continuidad del negocio.



**Figura 10 Recuperación ante desastres. Adaptada de (11)**

### **2.1.3.3. Flexibilidad del negocio**

Los negocios de hoy en día están en constante cambio y crecimiento, cada día aparecen nuevos requerimientos informáticos para estar a la vanguardia o para soportar el crecimiento, por lo que su infraestructura de TI debe ser flexible. Pero esta flexibilidad en negocios con infraestructuras de TI no virtualizadas es difícil e implica altos costos y tiempo, ya que en el caso de necesitar más capacidad en la infraestructura de TI ya sea porque una aplicación requiere de más recursos o porque la organización este creciendo, hay que incurrir en gastos de hardware y debe esperarse un tiempo determinado según el proveedor, para la llegada de este nuevo hardware o hay que utilizar recursos de personal para adaptar la infraestructura de TI a esta nueva necesidad y tener el riesgo de tiempos de caídas y conflictos con las aplicaciones.

La virtualización ofrece flexibilidad a los negocios ya que los cambios a las aplicaciones pueden desplegarse más rápidamente, incluyendo la asignación de recursos específicamente a los puntos críticos de necesidad de detener todo el sistema. También permite crear una nueva máquina en muy corto tiempo, aumentar la capacidad de almacenamiento y memoria, actualizar sistemas, migrar datos, etc. Lo cual hace que el negocio sea escalable y las solicitudes se puedan ampliar fácilmente para satisfacer las demandas cambiantes por parte del negocio.

#### ***2.1.3.4. Hacer que los departamentos de TI sean más eficientes***

Del mismo modo, los departamentos de TI deben ser eficientes. Mientras se asignan nuevas cargas al personal de TI para implementar nuevas tareas, ya sea en respuesta a las nuevas amenazas o por aumento de requerimientos para avanzar en servicios de TI, el crecimiento del personal de TI no suele seguir al mismo ritmo con los nuevos requisitos, debido a problemas de presupuesto. Si los departamentos de TI no son eficientes, no van a tener la capacidad de mantener el ritmo de exigencias que les imponen los altos directivos y el negocio en sí.

La virtualización automatiza funciones de mantenimiento, optimizando así recursos de personal, que pueden ser utilizados en otras tareas, lo cual permite ser más eficientes e ir al ritmo de necesidades que surjan en la organización.

#### ***2.1.3.5. Consolidación de servidores***

A medida que las empresas crecen, los departamentos de TI deben aumentar rápidamente su capacidad de cómputo, generalmente en forma de nuevos servidores con entornos operativos diferentes.

El crecimiento enorme de servidores que esto genera es muy costoso en términos de capital y personal necesario para operar, administrar y realizar la actualización de los nuevos servidores.

Casi toda la infraestructura debe estar en constante operación, resultando esto en costos de mantenimiento, refrigeración y energía que no varían con los niveles de utilización.

La consolidación y contención de servidores proporciona una solución para estos problemas. La infraestructura virtual permite aislar las cargas de trabajo y controlar detalladamente todos los recursos de entrada y salida (I/O) y computacionales del sistema. Al consolidar los sistemas físicos del centro de datos en servidores con una infraestructura virtual, "las organizaciones obtienen una reducción del costo total de propiedad (TCO, Total Cost of Ownership) de servidores, mayor utilización de servidores: de un 5 al 15% de la utilización actual de la capacidad se pasa a un 60 a 80%; aumento de la eficiencia operacional y una mejor capacidad de administración, los costos de energía se pueden llegar a reducir hasta en un 80%, sin afectar ninguna aplicación ni usuario y se puede llegar a reducir la cantidad de máquinas físicas en una proporción de 10:1 o más" (12), esto quiere decir que 10 aplicaciones de servidor pueden ser ejecutadas en una sola máquina física.





**Figura 11 Consolidación de Servidores. Adaptada de (12)**

### ***2.1.3.6. Soporte de servidores y aplicaciones legacy***

Un dolor de cabeza común en las organizaciones es que con el tiempo al hardware y software legacy debe hacersele mantenimiento. La sustitución de sistemas legacy por nuevos sistemas por lo general es un reto en términos técnicos y de negocio. En algunos casos cuesta menos mantener los sistemas legacy que reemplazarlos, pero con el tiempo estos sistemas se vuelven inútiles porque no tienen la capacidad de crecer por cuestión de limitaciones de costos o tecnología.

La virtualización de servidores puede resolver los problemas de soporte de los servidores y aplicaciones legacy. Migrar los servidores legacy a máquinas virtuales, inherentemente abstrae el hardware físico del software legacy, incluyendo el sistema operativo y las aplicaciones, permitiendo desechar o reutilizar el hardware físico. Cuando el software legacy se migra a una máquina virtual este puede moverse a cualquier servidor anfitrión como sea necesario, haciéndolo portable y que puede usar cualquier hardware que este soportado por la plataforma de virtualización, en caso que se requiera en un futuro migrarlo a un servidor mejor.

Los ahorros adicionales que representa la migración de servidores legacy a máquinas virtuales es poder deshacerse del hardware viejo e ineficiente e incrementar la utilización de servidores en general.

### ***2.1.3.7. Computación por demanda***

Otra área en la que la virtualización de servidores le genera valor al negocio es la computación por demanda. La tecnología de virtualización permite facilitar los sistemas de computación por demanda, ya que puede asignar rápidamente un grupo de servidores a un grupo de usuarios por un corto tiempo y recuperar y reutilizar los recursos una vez se expire el tiempo de uso o se hayan liberado por el usuario, sin que se afecten las

unidades virtuales de disco por los cambios realizados en ellas, restaurándolos a su estado inicial. Esto le permite a las organizaciones crear ambientes de prueba temporales, laboratorios de entrenamiento virtuales, etc., sin que se afecte la infraestructura y sin tener que incurrir en gastos adicionales de hardware.

#### ***2.1.3.8. TI más verde: reducción del impacto al medio ambiente***

Hoy en día el consumo de energía es un problema crítico en las organizaciones, por lo que uno de sus objetivos es reducir costos y proteger el medio ambiente, sin afectar las aplicaciones o usuarios y el normal funcionamiento del centro de datos. "En Estados Unidos en el 2006 los centros de datos consumieron 4.5 billones de dólares en electricidad. Según el análisis de industrias de Gartner" (13) se estima que durante los próximos 5 años, la mayoría de los centros de datos gastarán más en energía que en infraestructura física. En la actualidad una de las estrategias de los departamentos de TI es la tendencia a ser más verdes para proteger el medio ambiente.

"La virtualización de servidores reduce los costos y el consumo de energía aproximadamente en un 80%, la emisión de CO<sub>2</sub> por la inutilización de servidores la cual es de 4 toneladas por servidor" (14), permitiéndole a las organizaciones cumplir con sus estrategias ecológicas de ser más verdes. "Los servidores sin virtualizar solo se usan un 5-15% del tiempo que están encendidos" (14), se desaprovecha una cantidad de energía absurda por solo mantenerlos disponibles, pero si se virtualizan, el consumo de energía se reduce representativamente, ya que "esta tecnología consume solo el 60%-90% de la energía utilizada normalmente por un servidor" (14). Del mismo modo, como permite la consolidación de servidores el ahorro en energía y en necesidades de refrigeración es significativo, ya que "se puede llegar a reducir la cantidad de máquinas físicas en una proporción de 10:1" (14), solo se consume energía en 1 servidor físico en vez de tener encendidos y refrigerar 10.

## 3. Beneficios en lo Técnico

### 3.1. Fácil Administración

La virtualización permite ejecutar tareas de administración de la infraestructura física con mayor facilidad y eficiencia. El solo hecho de reducir la cantidad de servidores físicos y consolidarlos en una sola máquina facilita su administración y los tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento y soporte. Las características y beneficios que trae la virtualización en el tema de administración, permiten automatizar tareas, reduciendo el tiempo y personal necesario para su ejecución. Si se necesita crear una máquina nueva o migrar una aplicación, es tan simple como copiar una máquina virtual tal cual con toda su configuración y reiniciarla, demorándose aproximadamente de 15-30 minutos, en vez de tener que configurar un servidor desde cero, desde la instalación del sistema operativo hasta la migración de todos los datos, lo cual gasta aproximadamente de 20 -40 horas. La virtualización mejora los tiempos de operación y administración de la infraestructura de TI, mejorando la productividad y apoyando el mejoramiento continuo de los procesos de negocio.

Se puede observar en la *Tabla 1* ejemplos del antes y el después de la virtualización en términos de productividad.

	Antes	Después
<b>Aprovisionamiento instantáneo</b>	4-6 Semanas	Completamente automatizado a días
<b>Migración en vivo</b>	Margen de mantenimiento de hardware; migración de aplicaciones toma días o semanas.	No hay margen de mantenimiento o tiempo de caída planeado; migración de aplicaciones en segundos
<b>Administración de actualizaciones</b>	Actualizar cada servidor manualmente con tiempos de caída	Actualización automatizada sin tiempo de caída
<b>Recuperación de desastres</b>	Pruebas de fin de semana, restauración incierta	Pruebas automatizadas durante el día, restauración rápida y confiable
<b>Despacho de servicios</b>	Lento, desarrollo y pruebas con tendencia a errores.  Iterativo, administración de tendencia de errores en liberación	Desarrollo y pruebas automatizadas.  Administración de liberación precisa.

**Tabla 1 Ejemplos de productividad utilizando virtualización. Tomada de (10)**

### 3.1.1. Actualizaciones y parches controlados

En caso de necesitar actualizaciones en la infraestructura, la virtualización permite manejar actualizaciones por medio de un gestor de actualizaciones, permitiendo controlar actualizaciones de parches de todas las máquinas virtuales y servidores que las alojan, sin tener tiempos de caída, ni tener que intervenir en la tarea, a diferencia de tener una infraestructura no virtualizada en la cual tocaría realizar actualizaciones manualmente, máquina por máquina generando tiempos de caída muy extensos y retraso de la operación del negocio.

---

### 3.1.2. Bajo Soporte

Al utilizar la virtualización de servidores, el soporte técnico se hace mucho más eficiente y efectivo, así como se reducen los costos por requerir menor cantidad de personal. La virtualización de servidores puede minimizar la cantidad de hardware y recursos necesarios, por lo que el soporte se hace más fácil. Dentro de una máquina virtual es relativamente fácil modificar rápidamente ciertas configuraciones de hardware. Un técnico de soporte puede rápidamente cambiar el tamaño de memoria RAM, tipo de disco duro o la configuración del CD-ROM, esto hace que el negocio se más flexible y eficiente, apoyando los objetivos de este. También se pueden crear imágenes idénticas de configuraciones las cuales pueden ser usadas para replicar rápidamente ambientes de trabajo de alguna persona que llame a pedir soporte, lo cual facilita y hace más eficiente y efectivo el soporte técnico.

## 3.2. En otras Áreas

---

### 3.2.1. Optimización de desarrollo y pruebas

El mercado está en continuo cambio y hay que estar implementando nuevas aplicaciones. El uso de la virtualización permite que las implementaciones sean más rápidas, aislando la aplicación en un ambiente controlado. Las organizaciones cada vez se encuentran sometidas a una constante presión de ofrecer aplicaciones empresariales de alta calidad con más rapidez y a un costo menor. Nunca ha sido fácil implementar software de calidad a tiempo y dentro del presupuesto, pero ahora debido a las arquitecturas modernas de múltiples niveles y a las diversas versiones de sistemas operativos, navegadores y firewalls resulta más complicado. El uso de la de la virtualización para tareas de desarrollo proporciona una mejora en el tiempo de ingreso al mercado, los costos y la calidad, ya que las organizaciones de desarrollo empresarial pueden consolidar servidores y equipos de escritorio utilizados en las tareas de desarrollo y prueba, copiar de manera exacta un entorno de producción

de múltiples módulos en máquinas virtuales para realizar pruebas, compartir entornos completos entre diferentes equipos de personas, eliminar las tareas repetitivas de configuración de los ciclos de desarrollo y pruebas y simular aplicaciones complejas de múltiples capas en una misma plataforma física.



## 4. TCO y ROI de la Virtualización de Servidores

En este capítulo se examinará como la virtualización de servidores reduce el costo total de propiedad (TCO) y provee un retorno de la inversión (ROI) casi inmediato.

En las compras de tecnología, los costos de hardware y software aparentan ser la parte más fácil de cuantificar en una inversión. Sin embargo, los estudios han demostrado que los costos de hardware y software solo son una parte de los costos asociados con la compra de tecnología. Los análisis de TCO tienen una visión más integral de los costos que deben incluirse en una compra, incluyendo costos de soporte y mantenimiento de la compra en el tiempo. El TCO muestra el impacto financiero de la implementación de tecnologías de información durante su ciclo de vida. Las organizaciones han encontrado que los modelos de TCO son una herramienta valiosa en la comprensión y la optimización de costos en las inversiones en TI.

El retorno de la inversión (ROI) es una medida usada para comparar los beneficios de un proyecto sobre los costos de este proyecto. Para evaluar un proyecto, las organizaciones suelen mirar tanto el tamaño del ROI de un proyecto como el tiempo necesario para que los beneficios que trae el proyecto superen los costos de este.

En el caso de la virtualización de servidores el análisis del TCO es un prerrequisito para cualquier estudio de ROI ya que si no se entiende cuáles son sus costos, no se puede determinar cuáles son sus ahorros. El ROI de un proyecto de virtualización puede calcularse comparando los costos del proyecto con la reducción de costos que tuvo y los que se evitaron.

Según estudios, las organizaciones pueden reducir los costos de TI haciendo un uso eficiente de la virtualización de servidores, la infraestructura de TI y su administración. Las organizaciones verán ahorros dramáticos en casi todas las categorías de costos relacionadas con la infraestructura de servidores. Tales como:

**Costos de hardware y software**, asociados con almacenamiento, costos de la infraestructura de red, migraciones de servidores y el hardware y software necesario para tener una alta disponibilidad y una recuperación ante desastres.

**Costos en las operaciones de TI** que incluyen costos de refrigeración del centro de datos, copias de seguridad de los de servidores, soporte y seguridad de las aplicaciones.

**Los costos de tiempos de caída** tales como, solución de fallas, restauración de los servicios de TI después de una falla, pérdidas de ingresos y productividad del personal debido a las caídas.

**Costos de administración del negocio**, los cuales incluyen la adquisición de servidores, gestión de finanzas, gestión y negociaciones con proveedores.

Por lo tanto la adopción de la virtualización logra reducir el TCO y en consecuencia el ROI.

## 4.1. Análisis del TCO del caso de estudio de una compañía de seguros

Según el estudio realizado a una compañía de seguros por la compañía VMware, Inc, se evidenció que con la virtualización se reduce el TCO y por consiguiente se obtiene un ROI positivo. *Adaptado de(15)*

Esta compañía de seguros Estadounidense estaba buscando una infraestructura virtualizada para resolver el problema de expansión de servidores y cumplir el objetivo de su director de tecnología de consolidar los servidores con el fin de ahorrar dinero y hacer un mejor uso de los recursos actuales. Además, la compañía quería acelerar el tiempo de salida al mercado de nuevos servicios financieros y si la infraestructura de TI podría implementarse mucho más rápido para soportar nuevos servicios, la compañía podría ser más competitiva.

El proyecto de virtualización cumplió de sobra con los objetivos de la compañía, recuperando la inversión en tan solo 6 meses. Experimentaron una reducción significativa en hardware, software y en los costos de operación. La virtualización ayudó a la compañía a ser más ágil y sensible a las necesidades de las unidades de negocio.

Los resultados obtenidos después del análisis del TCO Y ROI de la virtualización fueron:

- La reducción del TCO fue del 65%
- El ROI obtenido en los seis primeros meses fue 189%
- La reducción en costos de hardware y software fue del 63%
- La reducción en los costos de las operaciones de TI fue del 70%
- La reducción en los costos de adquisición fue del 50%
- El promedio de utilización de la CPU fue del 5-10% antes de la virtualización y después del 60-70%
- La proporción de consolidación de servidores alcanzado fue de 12:1

Según el análisis que se muestra en la *Tabla 1* se puede ver que el TCO de la virtualización se reduce al compararlo con ambientes no virtualizados.



## ANÁLISIS DEL COSTO TOTAL DE PROPIEDAD (TCO)

## Caso compañía de seguros

Comparaciones de TCO	Sin virtualización	Con virtualización
<b>Costos de hardware y software</b>		
Cantidad de servidores físicos requeridos	92	8
Costo total de hardware	US\$690,000	US\$201,999
Mantenimiento de hardware	N/A	N/A
Software de VMware	\$0	\$40,000
Apoyo de software VMware	\$0	\$13,006
Capacitación y servicio de VMware	\$0	\$3,000
<b>Costo total de hardware y software</b>	<b>US\$690,000</b>	<b>US\$258,005</b>
Disminución de TCO de hardware y software		63%
<b>Operaciones de TI</b>		
Costos afectados del centro de datos: (costos de la red y otros del centro de datos)	US\$169,533	US\$14,721
Costo total del despliegue del servidor	US\$41,400	US\$27,600
Tiempo de despliegue del servidor (horas)	552	368
Costo promedio de mano de obra por hora	75	75
Soporte del servidor	US\$221,697	US\$87,650
<b>Total de costos operativos de TI afectados</b>	<b>US\$432,630</b>	<b>US\$125,971</b>
Disminución de TCO en operaciones de TI		70%
<b>Total de costos afectados</b>	<b>US\$1,122,630</b>	<b>US\$387,976</b>
<b>Total de deducciones de TCO</b>		<b>65%</b>
ROI a seis meses		189%
<b>Otros beneficios</b>		
Tiempo de recuperación (horas)	N/A	N/A
Relación de consolidación del servidor	12	1
Uso promedio de CPU	<10%	60-70%

**Tabla 2 Análisis del costo total de propiedad (TCO), Compañía de seguros Estadounidense. Adaptado de (15)(16)**

## 4.2. Análisis del TCO Caso de estudio realizado por Citrix

El estudio realizado por la compañía Citrix, Inc está basado en un proyecto de consolidación de 100 maquinas físicas con unos requisitos de capacidad de computo medios. En este análisis se comparó el costo total de adquirir y mantener una infraestructura tecnológica completa por 3 años, incluyendo servidores, redes, almacenamiento, administración de TI, software, espacio en el centro de datos, energía y refrigeración. El porcentaje de consolidación de servidores utilizado fue de 10:1. Los servidores que ejecutan la infraestructura virtual son servidores de 2 Unidades de rack cada uno con 2 procesadores quad-core y 16 GB de memoria. Para el almacenamiento se utilizó la tecnología iSCSI SAN. *Adaptado de (17)*

Análisis de Costos Antes y Después de la Virtualización		
Citrix		
Descripción	Antes de la Virtualización	Después de la virtualización
<b>Servidores</b>		
2 servidores con Procesador quad-core	\$2,500	\$2,500
Memoria Adicional	\$0	\$1,000
Software del Sistema Operativo	\$1,000	\$6,000
Costos por servidor	\$3,500	\$9,500
<b>Costo Total Servidores</b>	<b>\$350,000</b>	<b>\$95,000</b>
<b>Almacenamiento</b>		
Costo por maquina	\$200	\$500
<b>Redes</b>		
24 puertos de switches de red	\$2,000	\$2,000
Servidores por switches de red	6	4
1 NIC adicional por servidor	\$250	\$500
Costo de red por servidor	\$583	\$1,000
Reducción de carga de trabajo		\$500
<b>Costo Total Redes</b>	<b>\$58,300</b>	<b>\$10,000</b>
<b>Energía y Refrigeración</b>		
Potencia de Energía de servidores	250W	300W
Multiplicador de refrigeración	0.75x	0.75x
Horas de operación por año	24*365	24*365
Costo por kWh	\$0.10	\$0.10
<b>Costo de energía y refrigeración</b>	<b>\$1,100</b>	<b>\$1,380</b>

por servidor		
Costo Total energía y refrigeración	\$110,400	\$13,800
Espacio en el centro de datos y facilidades		
Servidores por rack	15	15
Metros cuadrados por rack	10	10
Carga completa por metro cuadrado	\$500	\$500
Costo de espacio en el centro de datos por servidor	\$1,000	\$1,000
Costo Total de espacio en centro de datos	\$100,000	\$10,000
Software de Virtualización		
Citrix XenServer	\$0	\$0
Citrix Essentials for XenServer, Enterprise Edition		\$2,500
Mantenimiento anual		\$325
Soporte (10 incidentes)		\$3,000
Costo de SW de virtualización por servidor		\$7,250
Costo Total de SW de virtualización	\$0	\$40,500
Operaciones		
Costos anuales de administración	\$100,000	\$100,000
Carga de trabajo por administrador	50	150
Costos administrativos por carga de trabajo	\$6,000	\$2,000
Costo total Operaciones	\$600,000	\$200,000
<b>TCO</b>	<b>\$1,238,700</b>	<b>\$419,300</b>

**Tabla 3 Análisis de costos al consolidar 100 maquinas físicas en una infraestructura virtual. Fuente: Citrix, Inc. Adaptada de (17)**

Como se ve en la *Tabla 2*, las organizaciones obtendrán ahorros dramáticos en casi todas las categorías de costos relacionados con la infraestructura de servidores. Los resultados del análisis conducen a que las organizaciones usando la virtualización pueden reducir su TCO aproximadamente en un 66%



# Conclusiones

- Los departamentos de TI necesitan controlar los costos, mejorar la calidad del servicio, reducir riesgos e incrementar la agilidad apoyando las estrategias de negocio. La virtualización permite resolver estas necesidades facilitando que los recursos de TI sean compartidos, optimizándolos de tal manera que haya un mejoramiento general del rendimiento y los costos de TI alineados a los objetivos de negocio.
- La virtualización apoya el crecimiento y la innovación; ofrece la agilidad necesaria para reaccionar rápidamente a cambios repentinos en los negocios y ayuda a las organizaciones a aumentar el retorno en la inversión (*Return of Investment* - ROI).
- La virtualización de servidores constituye una de las mejores herramientas para abordar proyectos de consolidación y flexibilización de la infraestructura de TI, proporcionando beneficios como la consolidación de servidores, optimización de recursos, simplificación del aprovisionamiento, gestión y actualización, flexibilidad, alta disponibilidad, y recuperación ante desastres. Beneficios que al final se traducen en optimización de los costos y agilidad de la operación, generando un impacto positivo en los procesos de negocio apoyados en TI.
- Los departamentos de TI tienen desafíos tales como reducir sus costos, minimizar la complejidad y facilitar el cambio. Con la virtualización de servidores estos desafíos son alcanzables, ya que esta tecnología permite reducir los costos dramáticamente, es una solución simple, fácil de administrar y transparente al usuario y es lo suficientemente flexible como para responder a las crecientes necesidades o demandas del negocio.
- La virtualización ayuda a habilitar los procesos de negocio apoyados en TI con mayor velocidad y confiabilidad, incrementando los tiempos de respuesta de TI para implementar nuevas plataformas de servidores permitiendo un crecimiento por demanda de acuerdo a los crecimientos del negocio.
- Los negocios siempre están pensando en encontrar la manera de optimizar costos, esto hace parte de su estrategia de eficiencia operativa. Las promesas que hace la virtualización, indudablemente motivan la adopción de esta tecnología, ya que como mínimo se obtendrá ahorros en energía, mantenimiento y espacio físico.



# Apéndices

## Entrevistas

Se realizaron entrevistas a los jefes de TI de algunas compañías que virtualizaron su infraestructura, con el fin de saber cómo impactó esta tecnología en los procesos de negocio apoyados en TI y a la organización en sí y corroborar si se beneficiaron al implementarla.

### 1. Caso compañía Servicios Nacional De Chocolates S.A

#### Entrevista Virtualización de Servidores

<b>Compañía :</b> Servicios Nacional de Chocolates S.A	<b>Entrevistado :</b> Santiago Paredes Ramos
<b>Fecha:</b> Octubre 5 de 2009	<b>Cargo :</b> Jefe de Arquitectura de TI

**1. De a cuerdo a los drivers del negocio ¿En que vieron oportunidades con la virtualización de servidores? ¿Cuáles son los beneficios de la virtualización que los llevó a considerar el uso de esta tecnología?**

Se consideraron aspectos como el de la optimización del recurso de servidores, pues se tenían muchos servidores físicos que consumían pocos recursos de memoria y procesador ocupando esto bastante espacio físico dentro de los data centers y alto consumo de energía y esperábamos poder implementar en un solo servidor físico varios servidores virtuales que desempeñaran la misma función con los mismos niveles de disponibilidad y rendimiento.

**2. ¿Cuáles son los beneficios y elementos clave que les trajo la virtualización de servidores en su organización luego de implementar el proyecto? En el negocio, en lo técnico, y otras áreas**

Luego de la implementación del proyecto se lograron los siguientes beneficios:

**En la Gerencia de TI:**

- Optimización del recurso de servidores. Cada servidor físico contiene varios servidores virtuales evitando que los servidores físicos estén subutilizados en cuanto a procesador y memoria.
- Mejoramiento de la disponibilidad de los servicios implementados en esta plataforma, pues es posible trasladar los servicios de un servidor virtual de un lugar a otro y en una forma muy rápida.
- Generar ambientes de prueba en forma rápida

**En el Negocio:**

- Flexibilidad y velocidad para apoyar nuevos proyectos de negocio soportados en herramientas de TI.
- Apoyar proyectos de innovación y desarrollo de nuevos productos.

**3. ¿Cuál fue el TCO y el ROI al adoptar la virtualización de Servidores? ¿Si ayudó a reducirlo?**

Hasta ahora se están haciendo los cálculos financieros del ROI sobre la inversión, los costos de TCO y los costos estimados de la oportunidad en la entrega de recursos para nuevos proyectos.

En cuanto a los beneficios cualitativos de mejora en el servicio a los diferentes procesos de negocio soportados en TI y la oportunidad en la entrega de servicios y recuperación de los mismos ante incidentes ha tenido un impacto positivo significativo.

En cuanto al consumo energético de la nueva plataforma se refleja hasta el momento una reducción del 10%, pero a medida que se implementen nuevos servidores virtuales que soporten el crecimiento de la organización se incrementará esta reducción.

**4. ¿Cómo ha apoyado la virtualización el crecimiento, la competitividad y la innovación del negocio?**

La virtualización de servidores apoya la flexibilidad, velocidad y capacidad que exigen los negocios de hoy. En la Organización esta tecnología apoya los objetivos estratégicos de Crecimiento rentable, expansión internacional e innovación.

En cuestión de minutos se pueden tener nuevos ambientes de pruebas o servidores que soporten nuevos servicios para apoyar procesos de negocios.

**5. ¿Cómo ha impactado los procesos de negocio apoyados en TI? ¿Ayuda a habilitarlos con mayor velocidad y confiabilidad?**



Efectivamente esta plataforma si incrementa los tiempos de respuesta de TI para implementar plataformas de servidores que apoyen nuevos procesos de negocios y que permitan un crecimiento por demanda de acuerdo a los crecimientos del negocio.

**6. ¿Se incrementó el rendimiento corporativo? ¿Facilita la escalabilidad y la adaptabilidad en nuevos entornos? ¿Facilita los procesos del negocio apoyados en tecnología?**

La flexibilidad en la plataforma de servidores de TI mejora el rendimiento corporativo, pues muchos procesos de negocio están basados en TI y hay posibilidades reales de crecer o disminuir los recursos de acuerdo a la demanda del proceso.

**7. ¿Cuáles son las áreas y/o procesos beneficiadas por la virtualización de servidores?**

Todas las áreas de la organización que estén apoyadas con tecnologías de TI son susceptibles de beneficiarse con la virtualización de servidores. En este momento se están beneficiando las siguientes áreas.

- Ventas
- Logística
- Gestión Humana
- Compras
- TI
- Tesorería

**8. ¿Qué tan fácil fue presentar el proyecto a los directivos de la empresa para la aprobación del presupuesto? ¿Cómo se vendió el proyecto?**

El proyecto se vendió proyectado el crecimiento esperado de servidores, la ocupación de espacio dentro del centro de cómputo, la ampliación de la red eléctrica necesaria y el crecimiento en UPS y la ampliación en la capacidad del aire acondicionado.

Estos costos podrían soportar las inversiones necesarias para adquirir la nueva tecnología, apalancando crecimientos futuros con mínima inversión, flexibilidad y una mejor disponibilidad de los servicios montados sobre esta plataforma.

**9. ¿Cuál fue el impacto a nivel de recursos humanos en TI? ¿Hubo una reducción o reestructuración de personal en TI?**

En cuanto al recurso humano fue necesario capacitarla en esta nueva plataforma en cuanto al manejo del hardware de Blades, las nuevas características de la SAN y el software de VMware y sus capacidades en cuanto a la flexibilidad que brinda para generar nuevos servicios.

**10. ¿Qué cambios organizacionales tuvieron que hacer?**

Ninguno

**11. ¿Cómo impactó la cultura organizacional?**

Ningún impacto cultural, pues para la organización la virtualización es algo transparente. Desde TI se quiere mostrar que también es una iniciativa que de alguna forma apoya las iniciativas de Green IT pues mejora los consumos de energía, menos aire acondicionado.

**12. ¿Qué cambios se hicieron a nivel de infraestructura? ¿En que tuvieron que invertir? (Energía, UPS, Aire acondicionado, etc.)**

Inicialmente se requería el cambio de 8 servidores obsoletos y adicionar 5 servidores. No se compraron esto servidores físicos, sino que se dimensiono una plataforma basada en Blades con capacidad de crecimiento y basada en VMware que nos permitiera virtualizar, optimizando la plataforma en procesadores y memoria permitiendo un crecimiento a futuro con inversiones mínimas sin tener que crecer la capacidad eléctrica, de UPS y de aire acondicionado.

**13. ¿Por cuál herramienta de virtualización tecnológica se decidieron? ¿Que los llevo a escogerla?**

Se tomó la decisión por VMware pues nos ofrecía la funcionalidad que necesitábamos con una relación costo y soporte de acurdo a nuestro presupuesto.

**14. ¿Cómo impactó la operación, administración, mantenimiento y continuidad del negocio?**

Esta plataforma mejoró la continuidad de los servicios instalados, pero fue necesario fortalecer aspectos de la administración de la plataforma de VMware por la criticidad de los servicios que soporta.

**15. ¿Se lograron los objetivos esperados al adoptar la virtualización de servidores? ¿Cuáles fueron los resultados?**

Se lograron los objetivos esperados en cuanto a optimización de recursos, capacidad de recuperación de servicios, flexibilidad de crecer bajo demanda, mejorar consumos de energía. Fue necesario incrementar los esfuerzos en cuanto administración de la plataforma.

**Santiago Alfredo Paredes Ramos**

Jefe de Arquitectura de TI

Servicios Nacional de Chocolates S.A

E-mail: [saparedes@servicioschocolates.com](mailto:saparedes@servicioschocolates.com)

## 2. Caso compañía Sura, S.A

### Entrevista virtualización de servidores

<b>Compañía:</b> Sura	<b>Entrevistado:</b> Paula Gallego
<b>Fecha:</b> 06 de Octubre de 2009	<b>Cargo:</b> Directora de Arquitectura de Infraestructura

**1. De acuerdo a los drivers del negocio ¿En que vieron oportunidades con la virtualización de servidores? ¿Cuáles son los beneficios de la virtualización que los llevó a considerar el uso de esta tecnología?**

Los negocios siempre están pensando en encontrar la manera de ahorrar costos, esto hace parte de su estrategia de eficiencia operativa. Indudablemente las promesas que hace la virtualización, motivan la adopción de esta tecnología porque se supone que mínimamente habrá ahorros en energía y mantenimiento. Los beneficios que llevaron a considerar el uso de esta tecnología fueron: Menor consumo de energía, ahorro en espacio de centro de cómputo, posibilidad de ofrecer una mejor disponibilidad o de recuperar rápidamente ante fallos.

**2. ¿Cuáles son los beneficios y elementos clave que les trajo la virtualización de servidores en su organización luego de implementar el proyecto? En el negocio, en lo técnico, y otras áreas.**

Para el negocio como tal, los beneficios sólo se traducen en mejores tiempo de recuperación ante fallas y mayor flexibilidad para la ejecución de algunas actividades, pero ellos realmente desconocen si en algún momento un servicio se encuentra o no sobre plataforma virtualizada. Lo que necesitan los usuarios es capacidad de cómputo, es decisión de las personas que administramos la tecnología, la forma en la cual se la suministremos siempre bajo la revisión de la relación costo-beneficio. En lo técnico, es una tecnología sorprendente, con una flexibilidad inimaginable que permite dar una respuesta oportuna a las necesidades de negocio.

**3. ¿Cuál fue el TCO y el ROI al adoptar la virtualización de Servidores? ¿Si ayudó a reducirlo?**

Este análisis está en proceso.

**4. ¿Cómo ha apoyado la virtualización el crecimiento, la competitividad y la innovación del negocio?**

Lo clave en este caso es la posibilidad de responder con mayor velocidad a las necesidades y exigencias del negocio relacionadas con disponibilidad de recursos para apoyar sus estrategias. Mientras que una adquisición de una infraestructura física tarda en promedio 45 días, una vez montada la plataforma, se pueden entregar recursos en cuestión de horas.

**5. ¿Cómo ha impactado los procesos de negocio apoyados en TI? ¿Ayuda a habilitarlos con mayor velocidad y confiabilidad?**

Aplica la misma respuesta de la pregunta anterior.

**6. ¿Se incrementó el rendimiento corporativo? ¿Facilita la escalabilidad y la adaptabilidad en nuevos entornos? ¿Facilita los procesos del negocio apoyados en tecnología?**

Si rendimiento corporativo se interpreta como la habilidad del negocio para hacer las cosas más rápido, por lo menos se puede afirmar que con esta tecnología, los grandes tiempos de retraso no son imputables a la entrega de la infraestructura. Es claro que sí facilita la escalabilidad y la adaptabilidad.

**7. ¿Cuáles son las áreas y/o procesos beneficiadas por la virtualización de servidores?**

Todas las compañías que hacen parte del grupo tienen una porción de su infraestructura virtualizada, por lo tanto podemos hablar de un beneficio general como grupo.

**8. ¿Qué tan fácil fue presentar el proyecto a los directivos de la empresa para la aprobación del presupuesto? ¿Cómo se vendió el proyecto?**

Fue fácil, las bondades de esta tecnología hacen que se venda por sí sola. Se vendió como un proyecto de consolidación de centro de cómputo.

**9. ¿Cuál fue el impacto a nivel de recursos humanos en TI? ¿Hubo una reducción o reestructuración de personal en TI?**

No, no hubo reducción, por el contrario, fue necesario formar a algunas de las personas en la administración de la tecnología.

**10. ¿Qué cambios organizacionales tuvieron que hacer?**

Ninguno. El uso de esta tecnología, como mencionaba, es prácticamente transparente para el negocio.

**11. ¿Cómo impactó la cultura organizacional?**

No la ha impactado. Es transparente.

**12. ¿Qué cambios se hicieron a nivel de infraestructura? ¿En que tuvieron que invertir? (Energía, UPS, Aire acondicionado, etc.)**

Fue necesario adquirir unas máquinas robustas con gran capacidad de procesamiento y de memoria.

**13. ¿Por cuál herramienta de virtualización tecnológica se decidieron? ¿Que los llevo a escogerla?**

La herramienta seleccionada fue Vmware, por ser la líder en el mercado, la que ofrece mayores funcionalidades y experiencia comprobada.

**14. ¿Cómo impactó la operación, administración, mantenimiento y continuidad del negocio?**

Está explicado en respuestas anteriores.

**15. ¿Se lograron los objetivos esperados al adoptar la virtualización de servidores? ¿Cuáles fueron los resultados?**

El objetivo se consiguió, se lograron consolidar 72 servidores en 12 máquinas físicas, reduciendo así los consumos de energía, espacio en centro de cómputo y ganando la posibilidad de entregar recursos tan rápido como el negocio los necesite.

**Paula Marcela Gallego Cárdenas**

Directora de Arquitectura de Infraestructura

Sura S.A.

E-mail: [pgallego@sura.com.co](mailto:pgallego@sura.com.co)





# Bibliografía

1. **David Rule, Rogier Dittner.** *The Best Damn Server Virtualization Book Period.* Burlington, MA : Syngress Publishing, Inc., Elsevier, Inc., 2007.
2. What is virtualization? - Definition from Whatis.com. [En línea] SearchServerVirtualization, TechTarget. [Citado el: 7 de Octubre de 2009.] [http://searchservervirtualization.techtarget.com/sDefinition/0,,sid94\\_gci499539,00.html](http://searchservervirtualization.techtarget.com/sDefinition/0,,sid94_gci499539,00.html).
3. Definicion de Virtualización - ¿qué es Virtualización? [En línea] [Citado el: 7 de Octubre de 2009.] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/virtualizacion.php>.
4. **Microsoft.** Virtual Infrastructure | Virtualization Technologies. [En línea] [Citado el: 07 de Octubre de 2009.] <http://www.microsoft.com/virtualization/en/us/why-microsoft.aspx>.
5. **Hewlett-Packard Development Company.** Virtualización de servidores. [En línea] Hewlett-Packard Development Company. [Citado el: 7 de Octubre de 2009.] [http://h20247.www2.hp.com/PublicSector/cache/412097-0-0-140-470.html?jumpid=reg\\_R1002\\_MXES](http://h20247.www2.hp.com/PublicSector/cache/412097-0-0-140-470.html?jumpid=reg_R1002_MXES).
6. **David Marshall, Wade A. Reynolds, Dave McCrory.** *Advanced Server Virtualization.* Boca Raton, FL : Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, 2006.
7. **Forrester Reserch,Inc.** *Enterprise And SMB Hardware Survey, North America And Europe.* s.l. : Forrester Reserch,Inc, 2008. Q3.
8. **Forrester Research, Inc.** *Forrester's inquires.* s.l. : Forrester Research, Inc, Enero 2007-Abril 2008.
9. **VMware, Inc.** VMware Cost Savings, Reduce IT Costs with Virtualization Solutions. [En línea] VMware, Inc. [Citado el: 1 de octubre de 2009.] <http://www.vmware.com/solutions/cost-savings/>.
10. **Strassmann, Paul A.** Introduction to Virtualization. George Mason University : s.n., October 29, 2008.
11. **VMware, Inc.** VMware Virtualization Server Disaster Recovery Plan - High ROI Replication. *VMware.* [En línea] [Citado el: 30 de Septiembre de 2009.] <http://www.vmware.com/solutions/continuity/disasterrecovery.html>.
12. —. VMware Virtual Server Consolidation. *VMware.* [En línea] [Citado el: 30 de Septiembre de 2009.] <http://www.vmware.com/solutions/consolidation/>.

13. **Gartner, Inc Rakesh Kumar.** "Eight Critical Forces Shape Enterprise Data Center Strategies". s.l. : Rakesh Kumar, 2007.

14. **VMware, Inc.** VMware Green IT Energy Efficiency, Reduce Energy Costs with Virtualization. [En línea] VMware, Inc. [Citado el: 30 de Septiembre de 2009.] <http://www.vmware.com/solutions/green-it/>.

15. **VMware, Inc.** Reducing Server Total Cost of Ownership with VMware Virtualization Software. *White Paper*. 2006.

16. **Ernst & Young.** Tendencias de TI: habilitando el negocio. Febrero, 2009, Vol. 1, 1.

17. *Achieving the lowest server, WHITE PAPER Citrix XenServer.* **Citrix Systems, Inc.** s.l. : Citrix Systems, Inc., 2009.

18. *Why You Need to Consider Virtualization.* **Osterman Research, Inc.** s.l. : Osterman Research, Inc., Septiembre, 2008.