

Resumen de investigación aplicada

Tema: Tecnologías de VDI de bajo costo para las PYME y la educación virtual

Autor: Ing. Víctor Cuchillac

Resumen:

La investigación aplicada consistió en identificar y probar por medio de escenarios virtualizados las tecnologías de bajo costo que permitan a las PYME y a las universidades proveer de aplicaciones de escritorio virtualizadas y escritorios virtuales a sus usuarios (empleados o estudiantes según el caso), mejorando con ello la productividad o el perfil académico. Debido a que existen muchas tecnologías disponibles en el mercado, fue necesario elaborar un cuadro comparativo que permita conocer las tecnologías disponibles acorde a los criterios de facilidad de uso, capacidad de integración con hipervisores, información disponible en la Internet, etc. Luego se instaló un escenario con las tecnologías seleccionadas configurando las opciones de rendimiento, redundancia y seguridad para las aplicaciones de los usuarios finales.

Al implementarse el escenario propuesto, un usuario fuera de la empresa podrá ejecutar por ejemplo un CRM o ERP vía navegador web, y para el caso de un estudiante virtual, por medio de un enlace en la plataforma virtual abrirá un programa determinado o encenderá una máquina virtual. Así si el empleado o el estudiante no posee de forma remota la licencia o el perfil del equipo no existe interrupción en las tareas que debe realizar.

Palabras claves: Tecnologías de almacenamiento SAN, Tecnologías de virtualización, Tecnologías para agentes de conexión a RDS o vApp, FreeNAS, XCP-ng, MS-RDS, UDS Enterprise, LibreNMS.

I. Problema de investigación

Debido a los beneficios que supone el uso de la virtualización de servidores y aplicaciones de escritorio ejecutadas localmente o en la nube, cada vez más es requerido personal técnico con un perfil con las competencias técnicas para la integración de tecnologías de virtualización e hipervisores, creación de enlaces seguros y mecanismos de autenticación, el aprovisionamiento de almacenamiento y el respaldo de datos, y la publicación de aplicaciones virtuales bajo demanda. Sin embargo, las empresas que brindan tecnologías para la virtualización y computación en la nube tratan de proveer toda la infraestructura, lo cual si bien es cierto facilita el crecimiento de los servicios, induce a que las empresas se queden “amarradas” al proveedor y no puedan en algunos casos vincularse con otros fabricantes. En el caso de las PYME (Pequeñas y Medianas Empresas), muchas veces no se tiene el nivel de inversión para adquirir todo el catálogo de servicios que le ofrece la empresa de solución tecnológica el proveedor, por lo cual restringe dicha PYME su productividad, escalabilidad y rentabilidad.

El incremento en la demanda de la educación en línea, hace que se deba ampliar e innovar los servicios para atender tecnológica y académicamente el Proceso de Enseñanza Aprendizaje. Cuando se desarrollan contenidos relacionados con la tecnología como tema central, como lo son el Big data, la virtualización de equipos y servicios, el uso de software con licenciamiento oneroso (por ejemplo, SPSS), es común que los estudiantes asistan a los centros de cómputo donde existe el equipamiento para desarrollar las prácticas de laboratorio; sin embargo, cuando el estudiante lleva una carrera virtual, es aconsejable que posea un equipo que le permita el desarrollo de las prácticas de laboratorio, ya que, en el caso que no posee un equipo con el perfil de hardware o las licencias requeridas es poco probable que se adquieran las competencias deseadas.

La academia muchas veces publica y sugiere tecnologías que solucionan o mejoran determinados procesos sin crear escenarios heterogéneos. En el caso de las PYME, cuando el departamento de IT (Tecnologías de la Información), no posee sólidas competencias para las actividades I+D+i (Investigación Desarrollo e Innovación), la ausencia de escenarios que integren diferentes tecnologías de software libre o bajo costo dificulta la competitividad de la empresa, ya que, se depende de personal ajeno a la PYME para la implementación de dichas tecnologías o se desconoce de las soluciones existentes en el mercado.

1.1 Objetivos de la investigación

1. Elaborar un escenario que aumente la productividad de una empresa tipo PYME cuando se virtualizan aplicaciones de escritorio y sistemas operativos, considerando además equipos de pocos recursos para los usuarios finales.
2. Determinar las tecnologías de bajo costo que permitan la gestión de VDI y Aplicaciones remotas para entornos PYME para el escenario propuesto.
3. Evaluar la facilidad de uso y la compatibilidad con los hipervisores más comunes en las tecnologías seleccionadas para el escenario propuesto.
4. Crear al menos ocho grupos de pruebas con los estudiantes egresados de las carreras de ingeniería y licenciatura en computación para comparar los resultados y la experiencia de usuario en las tareas de configuración y uso de las tecnologías.
5. Documentar los resultados de la integración de las tecnologías para el escenario propuesto

1.2 Alcance de la investigación aplicada

1. Determinar los equipos mínimos y las tecnologías a emplear para el escenario de la empresa PYME modelo, aplicando los criterios de consideración. Se creará un diagrama que ilustre los equipos y roles a emplear, además una lista de las direcciones IPv4 a utilizar y una breve descripción del rol y la tecnología a emplear
2. Montar con los grupos de egresados los escenarios virtuales de prueba, de manera que se pueda medir la facilidad de la instalación y el uso de las tecnologías de VDI; la capacidad de integración con diferentes hipervisores y servidores de aplicaciones remotas; la facilidad para integración de mecanismos de autenticación, y la información técnica disponible.
3. Generar un cuadro comparativo de las tecnologías empleadas con los resultados y percepciones de la experiencia de los usuarios.

1.3 Consideraciones para el diseño del escenario

- Las PYME (Pequeñas y Medianas Empresas), poseen menores porcentajes de inversión en infraestructura, y si se decide invertir entre software y hardware, la recomendación es en equipamiento, de allí que se busquen tecnologías de código abierto, gratuitas o de bajo costo.
- En el país es común que las soluciones tecnológicas que implementan los profesionales recién graduados sean las tecnologías contempladas en el programa de estudio, es por ello que algunas compañías realicen convenios con las IES (Instituciones de Educación Superior) para brindar recursos de aprendizaje o certificaciones de sus productos. Lo anterior en muchos casos dificulta que los nuevos profesionales consideren tecnologías emergentes o tecnologías que no se consideraron en los planes de estudio.
- Tanto las IES como las demás instituciones de formación de educación básica y media, se enfrentan a la obsolescencia y la necesidad de reemplazo de los equipos de trabajo, por lo cual utilizar esquemas con estaciones tontas es un elemento a considerarse pues con ello se evita el reemplazo temprano de las computadoras.
- El teletrabajo, los freelancer y los emprendedores cada vez son más frecuentes y las aplicaciones remotas instaladas localmente o en la nube son una opción viable que permite rapidez en el desarrollo y costos escalables cuando se vinculan a plataformas IaaS (Infraestructura como Servicio).
- La educación semi presencial o virtual que requiere software especializado que se encuentra instalado en los centros de cómputo, ya sea por efectos de licenciamiento o el perfil el equipo donde se ejecutan. Una IES puede ser beneficiada con aplicaciones remotas o VDI (Infraestructura de Escritorios Virtuales); ya que, puede mantener equipos con menos perfil de hardware por más tiempo o dar la posibilidad para que estudiantes con equipos limitados desde su casa accedan a las aplicaciones especializadas.

1.4 Breve descripción del escenario

Se definió utilizar un escenario virtual tipo PYME más orientado al tipo mediana empresa que pequeña, porque este tipo de entorno puede evidenciar las ventajas y desventajas de las tecnologías y las empresas más pequeñas pueden reducir roles o integrar servicios en menos equipos

Los servicios se clasificaron de la siguiente manera:

1. Principales:

- a) Virtualización con hipervisores
- b) Escritorios virtuales

2. De soporte:

- a) Almacenamiento de tipo empresarial
- b) Monitoreo

En la siguiente figura se ilustra el esquema de los servicios que contendrá el escenario de la empresa Modelo. Para la virtualización se ha considerado alta disponibilidad y para la configuración del almacenamiento SAN, se utilizaría una red Ethernet propia de 1 Gbps.

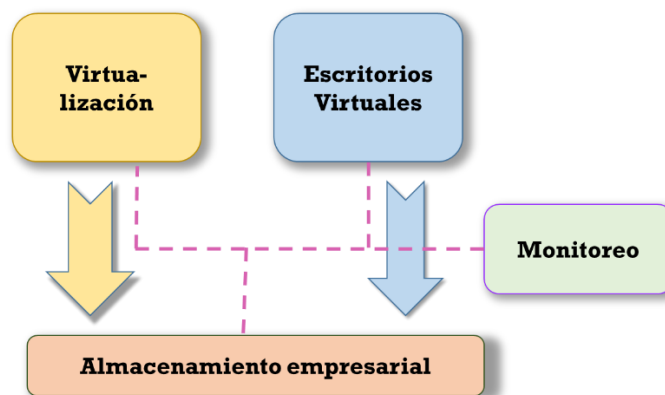


Figura No. 1 Esquema de servicios utilizados para el escenario de la empresa PYME modelo

II. Metodología empleada.

Se creó una lista de criterios que permita aumentar la productividad y reducir los costos para las PYME y la educación virtual, posteriormente se identificaron y se seleccionaron las tecnologías para VDI y RDS de bajo costo disponibles en la Internet, posteriormente se crearon escenarios de prueba virtuales para evaluar los criterios definidos en la investigación. Por último, se implementaron en la pre-especialidad algunas de las tecnologías seleccionadas y se obtuvieron por medio de un cuestionario en línea la percepción sobre: la facilidad del uso de la herramienta de gestión, el nivel de pre requisitos técnicos para implementarlo, el tiempo promedio de implementación y la documentación en Internet.

Debido a la tendencia de consumir servicios de computación en la nube (SaaS, PaaS, e IaaS) para reducir costos, el acceso de los usuarios desde la Internet y el uso de diferentes dispositivos de conectividad, presionan a las empresas y las instituciones de educación con carreras virtuales a migrar sus servicios

Debido al auge de la virtualización, la infraestructura informática ha cambiado en la última década, así como la posibilidad de ejecutar aplicaciones remotas o escritorios remotos (VDI), en equipos que están más desactualizados.

Ya sea nube privada, pública o híbrida, se necesita de software que nos permita administrar las máquinas virtuales y aplicaciones remotas de manera más fácil, estas tecnologías realizan la función de bróker (agente de conexión), entre diferentes tipos de hipervisores.

A continuación, se muestra de manera sucinta las actividades realizadas

1. Se creó un escenario para una empresa tipo PYME (tipo mediana), en donde se requerían los servicios de virtualización de aplicaciones de escritorio y la virtualización de sistemas operativos.
2. Definición de los roles y servicios a utilizar:
 - a. Un almacenamiento tipo SAN con al menos un datastore para las imágenes de los sistemas operativos de los usuarios finales.
 - b. La virtualización de los sistemas operativos de los usuarios finales empleando alta disponibilidad con al menos dos hipervisores.
 - c. La configuración de los Servicios de Escritorio Remoto para aplicaciones de escritorio tipo Windows.
 - d. El monitoreo de los recursos físicos de los equipos claves de la infraestructura propuesta.
3. Se realizó una identificación de las tecnologías disponibles en la Internet que cumplieran con las siguientes características:
 - a. Versiones estables.
 - b. Soporte de la empresa o la comunidad.
 - c. Suficiente documentación en el sitio web de la empresa o en la Internet, para la implementación.
 - d. Facilidad de uso.
4. El investigador creó guías para la instalación, la configuración y la integración de las tecnologías seleccionadas con el fin de facilitar la asignación de las tareas a los grupos de estudiantes y anticipar alguna falla o problema.
5. Se crearon al menos ocho grupos de estudiantes para el desarrollo de las pruebas y la recolección de las experiencias de usuario. Además, a ciertos grupos se les asignaron pruebas específicas que permitían evaluar otras funciones de las tecnologías seleccionadas que no estaban contempladas en el escenario.
6. Se procedió con la descarga, la instalación y las pruebas de las tecnologías seleccionadas para el almacenamiento SAN, el manejo de VDI y las Aplicaciones remotas, la virtualización de sistemas y el monitoreo de recursos.
7. Se procedió a realizar una recolección de los resultados de las pruebas técnicas de las tecnologías empleadas y la recolección de las percepciones sobre la facilidad del uso de las mismas y la posibilidad de incrementar o mejorar la productividad de las PYME.

Tecnologías para la gestión de VDI y App remotas

3.1 Tecnologías para el almacenamiento

Para brindar este servicio existen muchas tecnologías que permiten por medio de un appliance (herramienta web automatizada y parametrizada), gestionar de una manera más eficiente las opciones del almacenamiento, así mismo se pueden crear SAN o NAS en los sistemas operativos de red.

Criterios de selección:

1. La solución tecnológica debe tener una herramienta web o de escritorio para la gestión del almacenamiento SAN.
2. Preferiblemente una solución de software libre.
3. Suficiente documentación.
4. Documentación en español.
5. Comunidad activa.

En el siguiente cuadro se muestra el resultado de la evaluación de las tecnologías de bajo costo para el almacenamiento tipo SAN que fueron seleccionadas y la valoración de las fortalezas y debilidades para el escenario propuesto. Se escogió utilizar FreeNAS versión 11.2 (con la nueva interfaz de configuración web), de la empresa iXsystems Inc.

Cuadro 1. Comparación de tecnologías para el almacenamiento SAN del escenario propuesto		
Tecnología	Fortalezas	Debilidades
1. FreeNAS	<ul style="list-style-type: none">• Soporta sistema ZFS.• Tiene opciones de redundancia y rendimiento para las interfaces de red.• Brinda varias configuraciones de RAID.• Se actualiza constantemente.• Se puede configurar interfaces de fibra.• Existe mucha documentación en Internet.• Basado en UNIX (FreeBSD).• La interfaz web se ha modificado y presenta opciones más modernas.	<ul style="list-style-type: none">• No tiene asistente para crear HA (Alta Disponibilidad), por lo que deberá configurarse en FreeBSD.• Para un escenario tipo PYME empresa pequeña se necesita un equipo robusto con al menos 8 GB de RAM (con 16 GB es mejor el desempeño), pero la RAM puede ser mayor en función de los procesos que se realizan.
2. XigmaNAS	<ul style="list-style-type: none">• Soporta sistema ZFS.• Tiene opciones de redundancia y rendimiento para las interfaces de red.• Brinda varias configuraciones de RAID.• Se actualiza constantemente.• Se puede configurar interfaces de fibra.• Existe mucha documentación en Internet.• Basado en UNIX (FreeBSD).	<ul style="list-style-type: none">• Pareciera que es más orientado a escenarios PYME de empresas pequeñas.

	<ul style="list-style-type: none"> • Posee muchos plugins para funciones SOHO (Oficina pequeña y Hogar). 	
3. OpenFiler	<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz es muy intuitiva. • El asistente posee documentación. • Es un appliance muy liviano. • La máquina virtual creada consume menos espacio que las dos tecnologías anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por mucho tiempo estuvo inactivo el proyecto. • No posee drivers de red e interfaces RAID actualizados.

3.2 Tecnologías para la virtualización de sistemas operativos

Ya que existen muchas soluciones tecnológicas para crear una infraestructura de virtualización, se consideraron aquellas que tuvieran productos gratuitos.

Los criterios para seleccionar el hipervisor fueron:

1. Tecnología completamente gratuita (o pago por sólo por el soporte).
2. Que sea robusta.
3. Que no se bloquen opciones de alta disponibilidad.
4. Que tenga una herramienta sencilla de utilizar.
5. Mucha información en Internet para la instalación, configuración y solución de problemas.
6. Posea drivers actualizados para la virtualización de los sistemas operativos.
7. Opción de configuración por comandos, y gráfica (sea de escritorio o web).

En el siguiente cuadro se muestran las tecnologías para la virtualización de sistemas operativos que fueron consideradas y la valoración de las fortalezas y debilidades para el escenario propuesto. La tecnología considerada a implementar fue el hipervisor XCP-ng (versión 7.6 y 8.0) de la empresa Vates.

Cuadro 2. Comparación de tecnologías gratuitas para la virtualización del escenario propuesto		
Tecnología para el hipervisor	Fortalezas	Debilidades
1. VMware: ESXi	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes conocen la tecnología. • Posee asistentes muy prácticos. • La empresa es pionera en la virtualización. • Existe soporte para muchos sistemas virtualizados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las opciones de alta disponibilidad se bloquean después del tiempo de prueba. • Se necesita otro equipo o máquina virtual para instalar el software de administración.
2. Citrix: Hipervisor (antes XenServer)	<ul style="list-style-type: none"> • Consola y modo de operar muy parecido a ESXi de VMware. • Existe soporte y documentación en la Internet. 	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de finales de 2017 Citrix cambió la política de uso de las herramientas de alta disponibilidad, bloqueándolas igual que ESXi.
3. Vates: XCP-ng	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza las mismas herramientas y comandos de XenServer (ahora llamado Citrix Hipervisor). • Completamente gratuito. • No limita las opciones de alta disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se desea una herramienta más robusta se debe tener suscripción con Xen Orchesta, la cual es una herramienta Web (debe instalarse en un equipo o máquina virtual). • Actualmente (desde la versión 8.0) no existe vinculación entre Citrix.

	<ul style="list-style-type: none"> • Al instalarse o crear una máquina virtual, no ocupa mucho espacio en disco duro. • Posee una herramienta para la gestión básica que se ejecuta en sistemas operativos. (consume pocos recursos). • Se puede utilizar el material de XenServer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los drivers de la versión 8.0 recién salen a producción, por lo que será necesario la actualización para mantener el rendimiento de los sistemas operativos. • Los estudiantes no conocen el producto, por ser muy reciente.
4. Microsoft: Hyper-V	<ul style="list-style-type: none"> • Completamente gratuito si se utiliza la opción Core (implementación sin interfaz gráfica). • Posee opciones de alta disponibilidad. • Existe documentación sobre la instalación y configuración, (aunque la mayoría es para interfaz gráfica). • La integración con equipos o sistemas con Windows Server supone un rendimiento mayor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca documentación basada en escenarios. • Si se desea utilizar la interfaz gráfica se debe pagar licencia. • No hay herramienta de escritorio o aplicación web en la versión gratuita. • Los estudiantes prefieren usar la interfaz gráfica.

3.3 Tecnologías para las aplicaciones remotas

Debido a que en el país y la región Centroamericana la gran mayoría de las aplicaciones de escritorio en el sector empresarial y académico son basadas en Microsoft, el servicio a instalar fue Microsoft RDS.

Como la tecnología para la virtualización seleccionada fue XCP-ng de la empresa francesa Vates, fue necesario analizar la instalación de un bróker o agente de interconexión que permitiera publicar aplicaciones virtuales y escritorios virtualizados a los usuarios de la empresa (o institución educativa).

3.4 Tecnologías para el bróker (agente de conexión)

Los criterios para seleccionar el bróker fueron:

1. Software libre o de bajo costo.
2. Abundante información en la Internet.
3. Capaz de provisionar aplicaciones de escritorio Windows.
4. Capacidad de provisionar aplicaciones Linux (LibreOffice, agentes de correo, etc.) opcional.
5. Fácil de utilizar.
6. Capacidad de brindar mecanismos para acceder desde afuera de la empresa a las aplicaciones.
7. Soporte técnico.
8. Comunidad activa.

En el siguiente cuadro se muestra la comparación de las tecnologías que permiten el acceso y la publicación de las aplicaciones de escritorio virtualizadas y las máquinas virtuales a los usuarios finales. Se escogió la tecnología de UDS Server Free Edition de la empresa VirtualCable.

Cuadro 3. Comparación de las tecnologías de bajo costo para el agente de conexión de aplicaciones remotas y VDI

Tecnología	Fortalezas	Debilidades
<p>1. Ulteo</p> <p>Bróker para aplicaciones remotas con capacidad de NAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite ejecutar aplicaciones de escritorio Linux y Windows (usando TS). • Permite seleccionar el escritorio remoto Windows o Linux (XFCE, Gnome, etc.). • Provee el rol de almacenamiento para usuarios. • El fabricante brinda un GW (Gateway) de conexión para el acceso a usuarios fuera de la red de datos local. • Se soporta HTML para el despliegue de aplicaciones. • La distribución comunitaria no tiene restricciones en la cantidad de usuarios. • Posee una herramienta web de fácil configuración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está descontinuado, última versión desde 2016. • El soporte técnico del fabricante no parece activo. • Poca documentación.
<p>2. UDS Server</p> <p>Bróker para aplicaciones remotas y ejecución de máquinas virtuales en hipervisores o equipos instalados físicamente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite ejecutar aplicaciones de escritorio Windows (usando RDS) y Linux. • Permite ejecutar máquinas virtuales provenientes de varios hipervisores: XenServer (Citrix Hipervisor, XCP-ng, Hyper-V, oVirt, VMware ESXi...) • El fabricante brinda un GW (Gateway) de conexión para el acceso a usuarios fuera de la red de datos local. • Se soporta HTML para el despliegue de aplicaciones. • Permite utilizar varias tecnologías para la autenticación centralizada. • Soporte técnico activo por parte de la empresa. • Existen guías, manuales, vídeo-tutoriales y todo tipo de documentación que facilita la implementación de usuarios con poca experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gratuito para diez usuarios. Existe una versión 100% Open Source sin limitación de usuarios, pero la compañía desarrolladora no presta soporte sobre la misma.
<p>3. OpenNebula</p> <p>Plataforma para IaaS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite brindar máquinas virtuales proveyendo un acceso por grupos y usuarios. • Se puede ejecutar dentro del mismo equipo al hipervisor KVM (no recomendado, pero en un entorno PYME tipo pequeña empresa podría ser útil si tiene pocos usuarios). • Permite orquestar los recursos de las máquinas virtuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener más conocimiento técnico para operar dentro de la consola de OpenNebula.

Agentes de conexión y Gateway

1. **OpenNebula:** Fundamentalmente es para IaaS, que solo provee VDI, buena gestión de usuarios, los estudiantes sintieron que existía muchos elementos en el Appliance que los confundía, no todos los hipervisores están soportados, menor cantidad de autenticación centralizada.
2. **Ulteo:** Es un bróker para la integración de Aplicaciones remotas, actualmente discontinuado, tiene conexión para servidores Windows y Linux, permite escoger entre un escritorio basado en Windows (MS-TS, o RDS), y escritorios livianos en Linux (LXDE, Xfce), posee un Gateway.
3. **UDS Server:** hasta 10 usuarios es gratuito, se integra con varios hipervisores, permite ejecutar VDI y MS-RDS, además posee varias opciones para el acceso de usuarios (MS-AD, OpenLDAP, BD local, etc.), soporta varios protocolos (MS-RDP, X2Go, VNC, SSH Server-X, etc.)

3.5 Tecnología para el monitoreo

Debido a que el escenario planteaba el requerimiento de software de monitoreo de los recursos como uso de microprocesador, memoria RAM, uso de disco duro y estado de las interfaces de red en los equipos físicos o virtuales, la tecnología seleccionada fue LibreNMS, porque se consideró utilizar el protocolo SNMP el cual viene en todos los sistemas empleados y esto representaría una reducción de tiempo y esfuerzo en las PYME para la gestión.

Resultados y percepciones sobre las tecnologías

Al finalizar el proceso de comparación de las tecnologías, los productos seleccionados se muestran en la siguiente figura

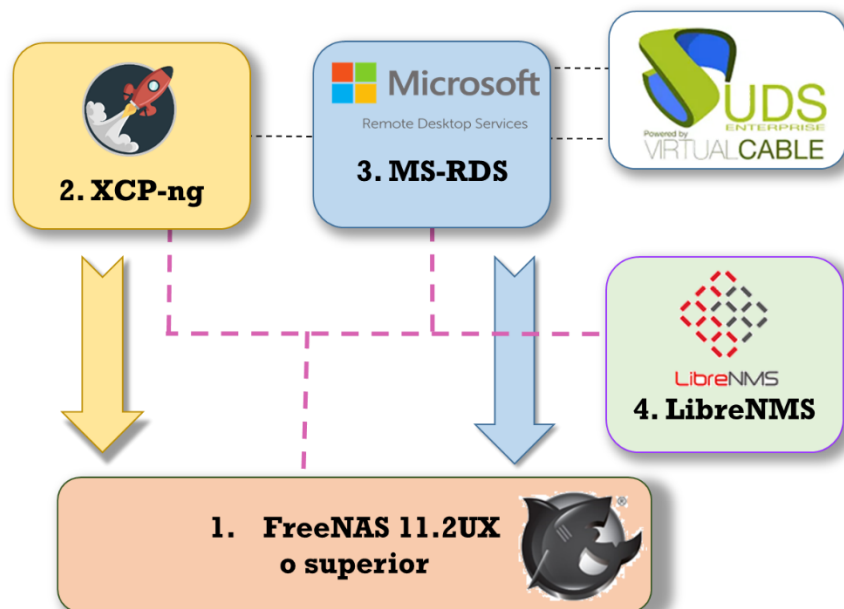


Figura No. 2 – Escenario con las tecnologías seleccionadas

El desarrollo se realizó en tres fases, cada fase estuvo formada por seis semanas. En la primera fase se procedió a instalar el datastore y los hipervisores, en la segunda etapa se configuró el RDS y se configuró el bróker para publicar las máquinas virtuales y las aplicaciones remotas. En la última etapa se configuró el monitoreo y se realizaron las pruebas de rendimiento de los equipos y la estabilidad de las tecnologías seleccionadas.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de red del escenario a implementar:

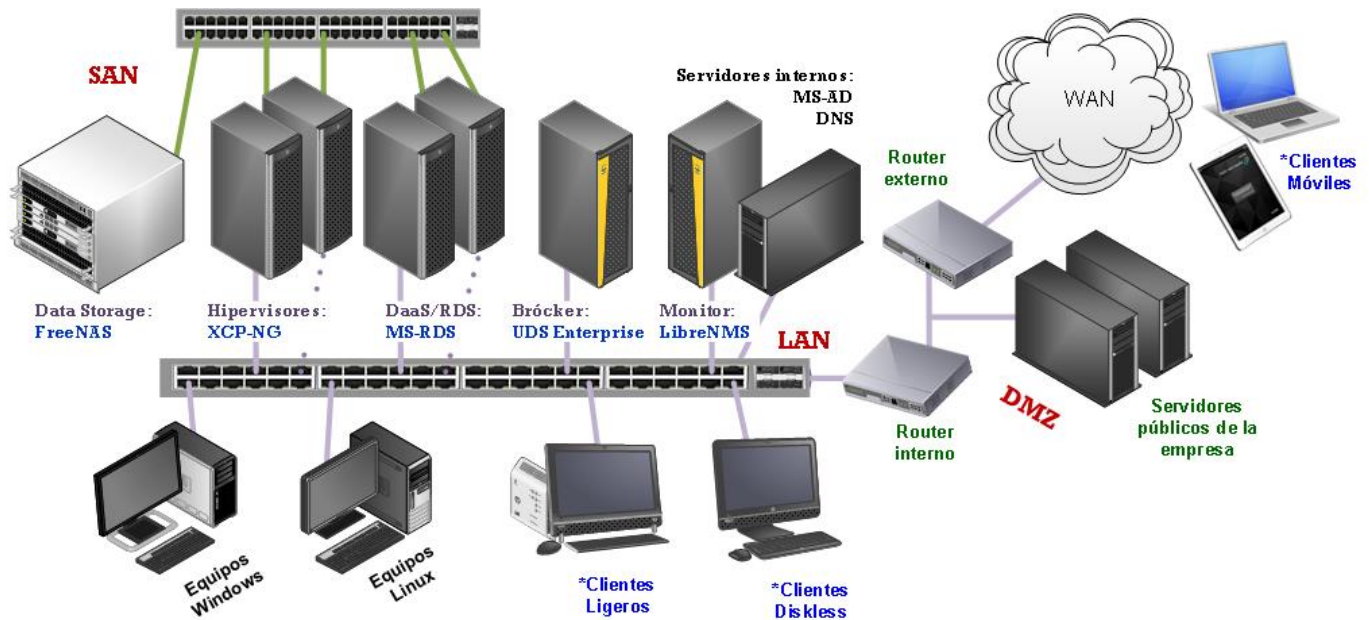


Figura 3. Diagrama del escenario de integración de las tecnologías para la empresa modelo

Algunos grupos de estudiantes tuvieron como asignación extra hacer pruebas para la configuración de otro hipervisor diferente a XCP-n. Esto se realizó porque al revisar la documentación del broker UDS Enterprise, se observó que había compatibilidad para los siguientes hipervisores:

1. **vSphere**
2. **Hyper-V**
3. **XenServer**
4. **Red Hat Enterprise**
5. **oVirt**

Pruebas con los hipervisores

1. **VMware vSphere:** Muy fácil de implementar, se debe pagar licencia y se necesita vCenter (pago), para una gestión más rápida del hipervisor, después del período de prueba se cancelan varias opciones de alta disponibilidad. Los estudiantes rápido se ubican en este escenario.
2. **Microsoft Hyper-V:** Muy fácil de implementar, se debe pagar licencia y se necesita otra licencia para el MS-AD. El protocolo RDP mostró cierto retraso en algunas pruebas (nota: los equipos no fueron exactamente los mismos). Los estudiantes fácilmente trabajaron con el hipervisor cuando se usó la interfaz gráfica, hubo por el contrario mayor tiempo de implementación cuando utilizaron la consola de comandos.
3. **Citrix XenServer:** Tecnología de pago que sigue los pasos de VMware, y desde hace poco (finales 2017 inicio de 2018), para la versión gratis, también limita varias opciones de alta disponibilidad y gestión avanzada, presenta relativa facilidad de uso, existe subiente información en la Internet para configurar, requiere una SAN o NAS externa al hipervisor.
4. **Red Hat Enterprise:** Tecnología de pago que muy estable y poco utilizada en El Salvador, tomó más tiempo configurarla debido que era necesario familiarizarse con el hipervisor, la documentación es sistemática, aunque no muy clara en algunas partes. Los estudiantes tuvieron una perspectiva de que no se podría configurar de forma fácil, hubo más asistencia a seleccionar este hipervisor.

5. **oVirt:** Es un proyecto de código abierto comunitario creado inicialmente por RedHat para la gestión de la virtualización, se integra muy bien con UDS Server, y la cantidad de información es menos común que Red Hat Enterprise, al igual que Red Hat Enterprise, muchos estudiantes lo consideraron como la última opción a escoger.

A continuación, se muestran de forma resumida los resultados y valoraciones de las tecnologías empleadas.

Tecnología para el hipervisor	Resultados de las prácticas y posibilidades de incrementar la productividad de la PYME
1. Datastore SAN: FreeNAS	<ul style="list-style-type: none"> • Debido al reciente cambio de la nueva interfaz web, algunos grupos de estudiantes tuvieron que adecuarse o utilizar la versión previa de la interfaz Web. • El tiempo de desarrollo fue homogéneo entre los diferentes grupos. • Solo un grupo tuvo problemas con la configuración de los discos y las pruebas de restablecimiento, causada por la no lectura del fabricante. • El perfil de la máquina virtual exigió un mayor uso de los recursos físicos. <p>Productividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • El esquema basado en Shell limita al inicio agregar funciones extras al servidor FreeBSD, pero resguarda la integridad del sistema operativo. • Las funciones o plugin de acceso a la nube proveen de otras formas de respaldo de datos. • Algunos plugins pueden agregar funciones tipo SOHO (Small Office, Home Office).
2. Aplicaciones virtuales: MS RDS	<ul style="list-style-type: none"> • Para mejorar el rendimiento se debió utilizar otro equipo para el acceso centralizado de los usuarios (MS-AD). • No hubo mayor dificultad para crear los pool de aplicaciones. (existe mucha información en Internet). <p>Productividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de compatibilidad fue efectivo en casi un 90% de las aplicaciones de contabilidad instaladas (los grupos de estudiantes utilizaron sistemas de contabilidad para varias versiones de Windows 7, Windows 8, Windows 10, etc.). • Si solo se utilizará un escenario con aplicaciones remotas, se puede trabajar con el servicio de publicación HTML del rol del MS-RDS. • Se debe considerar el licenciamiento de la solución pues en el servicio de directorio Activo (AD), se necesitan licencias tipo CAL, y de igual forma se debe contar con licencias CAL para el servicio RDS. • Si se desea utilizar el hipervisor Hyper-V, se debe considerar el licenciamiento también.
3. Hipervisor: XCP-ng	<ul style="list-style-type: none"> • La instalación de los hipervisores y la configuración del almacenamiento remoto (SR) fue fácil. • Las pruebas de alta disponibilidad (HA) fueron exitosas, (el hipervisor permite crear un pool de hipervisores, aun cuando las características de los microprocesadores no son iguales). • El uso de la herramienta de configuración tipo escritorio sirve para las tareas básicas (hubo que buscar la versión más actualizada para establecer conexión con el datastore). Para realizar tareas más complejas se puede utilizar la herramienta Xen Orchestra Appliance (instalada en otro equipo), o ejecutar comandos en consola.

	<ul style="list-style-type: none"> • Por el momento es limitada la versión de drivers para las máquinas virtuales (versión 7.6 y 8.0), por lo que se recomienda utilizar sistemas operativos muy conocidos (CentOS, Ubuntu, Windows 7, Windows 10, Windows server 2012, etc. <p>Productividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para utilizar funciones complejas en la herramienta Xen Orchestra Appliance como recuperación de desastres, respaldo, manejo de clúster, se debe tener una suscripción mensual acorde a la función deseada. • La documentación existente en Internet para XenServer permite administrar las máquinas virtuales de manera fácil.
<p>4. Agente de conexión: UDS Server</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las tareas de instalación y configuración del RDS (Servicios de Escritorio Remoto), se realizaron sin mayor dificultad. • La conexión y el soporte a otros hipervisores motivaron a un grupo de estudiantes a utilizar otros hipervisores aparte del seleccionado, lo cual permitiría ampliar las opciones en las PYME para la selección de la tecnología de virtualización. • Para el uso de equipos de los usuarios finales con pocos recursos se utilizó navegadores con HTML, y los resultados fueron aceptables. • El manejo de usuario y grupos fue fácil con el bróker, y se pudieron personalizar las aplicaciones y máquinas virtuales (es decir los iconos y nombres de las aplicaciones a la hora de ser mostradas en el cliente UDS o en el navegador Web). • Un grupo de estudiantes utilizó un servidor SAMBA 4.0 (samba-ad) para el servicio de autenticación y el bróker no presentó problemas con los usuarios creados para el acceso de MV (solo se hicieron pruebas con el aprovisionamiento de MV). • Aunque en las pruebas no se consideraba sobrepasar diez conexiones concurrentes, el personal de soporte de la empresa VirtualCable se contactó con el investigador y proporcionó una licencia para todos los grupos de estudiantes. Este acercamiento, también sirvió para aclarar dudas cuando se crearon las guías iniciales para los estudiantes. <p>Productividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • La capacidad de interconectar varios hipervisores permite a una empresa facilitar la gestión de los sistemas operativos virtualizados. • Se pueden integrar varios protocolos tanto de Windows como de Linux, lo cual es conveniente para la formación de los futuros profesionales dentro de la Academia. • La colocación de los menús facilita las tareas de configuración porque se muestran de forma secuencial. • Al instalarse dentro de un sistema Ubuntu o Debian, dentro del equipo se podría instalar otro software, (siempre y cuando las características del equipo no comprometan el rendimiento y la continuidad de los servicios). • Al explorar la documentación de UDS Server se encontró que la Universidad de Málaga ha creado un plugin que permite ejecutar aplicaciones remotas y VDI desde Moodle (es decir ejecutando un clic en un enlace determinado), esto permitiría que las instituciones de formación puedan compartir aplicaciones que se encuentran instaladas en los centros de cómputo (por el momento el plugin se ejecuta en una versión previa de Moodle).
<p>5. Agente de monitoreo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No hubo problema al anexas FreeNAS 11.2U5, UDS Server, Windows Server 2019 (rol MS-SD, y MS-RDS), y los hipervisores XCP-ng.

	<ul style="list-style-type: none"> • Para el monitoreo de los servidores de infraestructura y máquinas virtuales, se utilizó el protocolo SNMP. • Todos los grupos de estudiantes lograron medir los recursos de operación de los equipos virtuales de la infraestructura y las máquinas virtuales. <p>Productividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con la gran cantidad de plugins se pueden enviar alertas vía chat, correo, a la nube (a otras plataformas con decisiones y más capacidades de notificación).
--	---

Conclusiones

- El escenario propuesto puede modificarse para diferentes requerimientos o limitantes por parte de las PYME, se puede modificar la configuración de los discos (RAID), los volúmenes, las configuraciones de las interfaces de red (lagg), la cantidad de equipos en el MS-RDS, etc.
- La academia debe especializarse en la aplicación y desarrollo de tecnologías que brinden soluciones de integración para las tecnologías actuales que utilizan las PYME, de manera que la productividad y la seguridad se incrementen.
- Debido a que XenServer ya no brindará algunos servicios de alta disponibilidad y configuraciones complejas de forma gratuita gratuitos, será conveniente trabajar con XCP-ng u oVirt.
- Se deben crear planes de estudio que permitan a los estudiantes utilizar diferentes tecnologías para solucionar problemas o innovar en las PYME y evitar que las competencias solo sean desarrolladas en un solo producto. Muchas empresas pueden estar interesadas en crear vínculos con la academia para facilitar conocimiento o recursos informáticos.
- Si se desea fortalecer la infraestructura para que en las clases semipresenciales o virtuales se puedan proveer las aplicaciones específicas que son requeridas en las clases, se debe considerar analizar y modificar el plugin que desarrolló la universidad de Málaga para Moodle 3.1 y actualizarlo a la versión 3.7 o superior.