

Despliegue de aulas virtuales empleando tecnología de Cloud privado

María Teresa Olmedilla¹ y María Blanca Caminero²

¹ I.E.S. Juan Bosco, Alcázar de San Juan (Ciudad Real)

² Depto. de Sistemas Informáticos, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete

Resumen La popularidad de las tecnologías de computación en la nube (o *Cloud Computing*) se ha incrementado notablemente en la actualidad. Esto es debido, sobre todo, al mejor aprovechamiento de los recursos computacionales que éstas facilitan. Por otro lado, en un entorno educativo donde se imparten enseñanzas de administración de sistemas informáticos, es extremadamente útil el poder disponer de servidores “bajo demanda”, donde los alumnos puedan disponer de acceso de administrador para realizar sus prácticas.

En este trabajo se describe el despliegue de un entorno Cloud privado con el objeto de facilitar a alumnos y profesores de un centro educativo el acceso a un amplio catálogo de máquinas virtuales, que permita llevar a cabo todas las prácticas necesarias en cada una de las materias, con los requerimientos que se necesiten en cada caso.

Para finalizar, se realiza un análisis del coste energético y de infraestructura de varios esquemas de aulas, llegando a la conclusión de que este entorno de computación en la nube privado puede llegar a ser beneficioso para las Administraciones Educativas.

Palabras clave Computación en la nube, máquinas virtuales, VDI (*Virtual Desktop Infrastructure*)

1 Introducción

Los centros educativos que imparten enseñanzas relacionadas con la administración de sistemas informáticos (sean Ciclos Formativos o educación superior) se enfrentan a menudo con el problema de que equipos desfasados impiden la realización de prácticas con contenidos actualizados. Este problema se agudiza especialmente en épocas de crisis económica que provoca que los ciclos de actualización de equipos sean más largos de lo recomendable. Por otro lado, en los casos de enseñanzas on-line, existe el problema adicional de que muchas veces no funcionan las aplicaciones en los equipos personales de los alumnos, debido a que en sus equipos tienen instaladas versiones de librerías o de sistemas operativos distintos a los recomendados.

En este contexto, la aplicación de la tecnología Cloud en un entorno educativo ofrece varias ventajas. En primer lugar, empleando máquinas virtuales pertenecientes a un Cloud privado, los alumnos no tendrán que preocuparse en

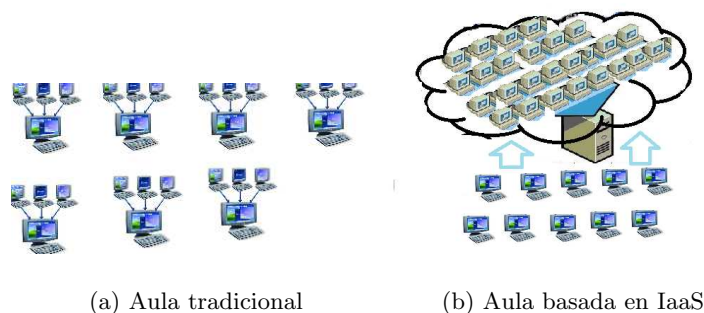


Figura 1. Esquemas de aulas

la instalación o configuración de las aplicaciones, cuando lo solicitado es aprender a utilizarlas. Del mismo modo, podrán realizar tareas avanzadas de administración de diferentes sistemas operativos, sin necesidad de instalar y/o reinstalar éstos una y otra vez. Pero el empleo de la tecnología Cloud no sólo se basa en el simple uso de máquinas virtuales. Pensemos que éstas se podrían poner disponibles en un repositorio, para que los alumnos las descarguen en sus propios equipos y las ejecuten mediante algún software de virtualización, como Virtual-Box [1]. Sin embargo, en el caso de que estas máquinas virtuales implementen aplicaciones demandantes, cabe la posibilidad de que requieran más recursos computacionales de los disponibles en un ordenador personal de gama media. El empleo de tecnología Cloud, y más concretamente, de escritorios virtuales sobre ella, permitirá que las máquinas virtuales se ejecuten sobre la infraestructura del centro, imponiendo unos requisitos mínimos sobre los equipos de los alumnos, tanto los que siguen las enseñanzas on-line como los presenciales.

Ha de tenerse en cuenta que, en un aula tradicional (Figura 1a), los alumnos virtualizan su máquina física para poder seguir todos los contenidos del currículo. Esto supone disponer de máquinas físicas con recursos suficientes, para poder almacenar gran cantidad de información en sus discos duros, y suficiente RAM y procesador para poder llevar a cabo la virtualización de varias máquinas a la vez. Los recursos de cada una de las máquinas físicas que no son utilizados en un momento determinado no pueden ser utilizados por nadie más por lo que supone un desaprovechamiento de esos recursos. En este modelo, es el alumno el que gestiona y administra las máquinas virtuales además de su propia máquina física. En cambio, en un modelo de infraestructura como servicio o *IaaS* (Figura 1b) se consigue una mayor eficiencia, ya que es un servidor físico el que maneja todos los recursos físicos, optimizando por tanto el uso de todas las máquinas virtuales. Cada alumno gestionará y administrará únicamente sus máquinas virtuales.

Este argumento nos lleva a otra de las ventajas que ofrece el modelo de Cloud privado, como es los menores costes globales respecto a una instalación tradicional. La idea es disponer de un conjunto de recursos de gama alta consolidados en el Cloud, y que los equipos de usuario final (puestos en las aulas) no nece-

siten cumplir con requisitos demasiado exigentes. Así, los equipos más costosos serán mejor aprovechados mientras que los equipos más numerosos no requerirán de grandes inversiones. Además, será posible emplear en los puestos de usuario equipos más simples, con una mayor vida útil, lo que redundará en un ahorro de costes a medio y largo plazo, al alargar los ciclos de refresco del hardware.

En este trabajo se hace también una propuesta a las Administraciones Educativas, para que con menor inversión, los centros dispongan de mejores instalaciones informáticas para el desarrollo de los currículos con los alumnos de enseñanzas relacionadas con la Informática y las Comunicaciones. Para demostrar la viabilidad de la propuesta, se ha desplegado un prototipo en un Instituto de Educación Secundaria, donde se imparten Ciclos de Formación Profesional de la Familia de Informática y Comunicaciones. Además, como se pondrá de manifiesto en la Sección 5, estas instalaciones suponen un notable ahorro energético en su funcionamiento siendo más respetuoso con el medio ambiente. Los resultados observados son extrapolables a cualquier centro que imparta enseñanzas de estas disciplinas.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 describe brevemente los componentes empleados en el prototipo desplegado. En la Sección 3 se documenta los recursos físicos que se van a emplear en el Cloud privado, mientras que en la Sección 4 se explica los aspectos software del despliegue. Finalmente, en la Sección 5 se proporcionan algunos descriptores de rendimiento y evaluación de costes, para concluir el artículo en la Sección 6.

2 Entorno de virtualización de Oracle

En el mercado existe un gran número de herramientas de soporte a la virtualización y a la construcción de Clouds privados, tanto de código abierto [2,3,4] como de pago [5,6]. En el caso particular objeto de este estudio, al tratarse de instituciones académicas, se dispone del software de virtualización de la empresa Oracle sin costes.

Oracle VM [6] es una herramienta flexible que encaja dentro del entorno de centros de datos para crear desarrollos Cloud. Se utiliza primeramente como una herramienta de virtualización para gestionar la infraestructura virtual en el centro de datos o clúster.

Oracle VM proporciona su propia línea de comandos y una interfaz gráfica de usuario, que permite al administrador diseñar y gestionar de una manera fácil y flexible las máquinas virtuales. La virtualización de la plataforma se lleva a cabo mediante Xen [3], un hipervisor *bare metal* que ejecuta múltiples máquinas virtuales en un equipo de manera segura. Cada máquina virtual tiene su propio sistema operativo invitado con un rendimiento casi nativo, haciendo uso de la virtualización completa (HVM) o la paravirtualización.

Un entorno Oracle VM (ver la Figura 2) se construye a partir de un conjunto de servidores Oracle VM que son controlados por un único servidor Oracle VM Manager. La comunicación que se realiza entre los servidores se realiza mediante SSH. El VM Manager administra a los servidores Oracle VM, máquinas virtuales

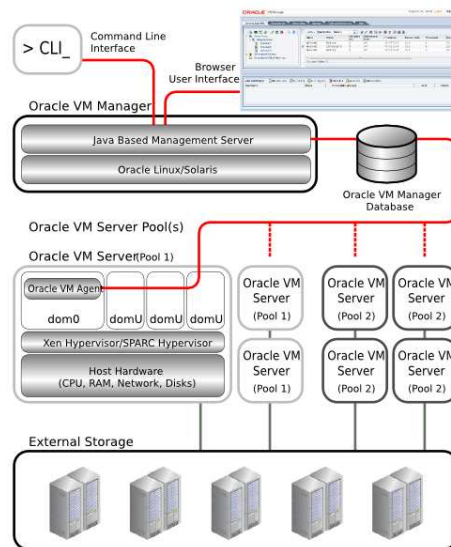


Figura 2. Arquitectura del sistema Oracle VM [6].

y recursos del clúster. Contiene una base de datos (MySQL) y una interfaz que utilizaremos para configurar y administrar el entorno. La base de datos almacena toda la información de la infraestructura física y virtual del cloud.

Por otro lado, Oracle VM Server está basado en el hipervisor Xen. Se instala directamente sobre el hardware y se compone de un hipervisor y dominio privilegiado (Dom0) que permite que múltiples DomU o máquinas virtuales funcionen sobre un mismo servidor. La mayor parte de la responsabilidad de la detección de hardware en un entorno Oracle VM Server tiene lugar en el dominio de gestión (Dom0) [6]. Los sistemas operativos invitados tienen cada uno su propio dominio de gestión (DomU), se caracterizan por ser dominios sin privilegios que no tienen acceso directo a los controladores de hardware o dispositivo y por ser gestionados por Dom0.

La arquitectura de implementación de Oracle VM utiliza grupos de Servidores VM con acceso compartido al almacenamiento (*Server Pool*). Esto permite que todos los Oracle VM Servers que pertenecen al grupo puedan ejecutar cualquiera de las máquinas virtuales alojadas en ese grupo al tener acceso a su almacenamiento. El *Server Pool* tiene asociada únicamente una dirección IP virtual. Uno de los Servidores VM es considerado Servidor VM Maestro y se ocupa de las comunicaciones con el Servidor Oracle VM Manager. Si el Servidor Maestro falla, otro servidor del Server Pool ejerce inmediatamente la función de maestro y las máquinas virtuales y el grupo de servidores siguen siendo accesibles en la misma dirección IP virtual.

Las máquinas virtuales se almacenan en un almacenamiento compartido y se ejecutan en el servidor Oracle VM que tenga más recursos disponibles para

llevarlo a cabo. Dado que las máquinas virtuales no están vinculadas a ningún Servidor VM del grupo de servidores, pueden ser ejecutadas por otro servidor cuando el servidor en el que se encontraba pasa a estar inactivo. Para poder llevarlo a cabo, Oracle trabaja con Oracle Cluster File System 2 (OCFS2), un sistema de archivos en clúster desarrollado por Oracle para Linux, que permite que múltiples nodos (servidores Oracle VM) puedan tener acceso al mismo disco al mismo tiempo. Para garantizar un rendimiento óptimo, el almacenamiento se configura con iSCSI y se utiliza una red dedicada exclusiva para la comunicación entre los Servidores VM y el almacenamiento y separada de la red LAN.

La infraestructura de red en el entorno de Oracle VM comprende conexiones entre los servidores Oracle VM y los sistemas de almacenamiento, así como las comunicaciones entre máquinas virtuales implementadas en el sistema, y entre máquinas virtuales y las redes públicas o privadas externas. La red física entre el Servidor Oracle VM Manager y los servidores Oracle VM Server se realiza mediante switches y routers, que permiten que la información llegue a su destino. Por otro lado, existe una red lógica o virtual que ofrece comunicaciones de diversos tipos entre las máquinas virtuales.

Sobre este entorno básico de virtualización, se ha desplegado un servicio de Virtual Desktop Infrastructure (VDI) [7]. Se trata de un modelo de computación que separa el escritorio de la máquina física e incorpora una capa de virtualización entre el servidor central que controlará y gestionará el escritorio de manera remota y el PC, tableta, portátil o cualquier otro dispositivo desde el cual se conecta el usuario. La implementación VDI de Oracle (Oracle VDI) hace uso de los datos contenidos en los directorios de usuarios externos para autenticar a los usuarios y asignar escritorios para ellos. Esto le permite asignar escritorios individuales a usuarios que han sido creados en el Active Directory o mediante directorios de tipo LDAP. Oracle VDI permite configurar dos tipos de escritorios, fijos o persistentes y flexibles. Para este caso concreto, se emplearán escritorios fijos, ya que es necesario que cada alumno tenga sus propias MV y que siempre les sean asignadas éstas.

3 Despliegue a nivel físico

Los elementos software que componen el entorno de virtualización de Oracle más el servicio VDI descritos en la sección anterior se deben de desplegar sobre una infraestructura física que incluya procesamiento, almacenamiento y conectividad. Así pues, en esta sección se describe el hardware utilizado para la implantación del prototipo de cloud privado de infraestructura en un Instituto de Educación Secundaria. Se han tenido en cuenta los requisitos mínimos que se especifican en la documentación de Oracle. Este diseño se crea con un objetivo principal, que es crear un esquema didáctico, que ayude a comprender a los alumnos la arquitectura del cloud computing privado en infraestructura y con otros objetivos secundarios, como el despliegue de sus máquinas virtuales, que ayudará a realizar algunas prácticas, que por su complejidad, no se podían realizar con los esquemas actuales.

Tabla 1. Recursos hardware disponibles

Elemento	Características	Rol
Servidor Fujitsu RX100S7	2xIntel Xeon E3-1220 (4 núcleos, 3,4 GHz), 8 GB RAM DDR3, 250GB HD, 2xNIC	Servidor Manager (SerVMMManager)
2x Servidor Fujitsu RX300S6	2xIntel Xeon E5606 (4 núcleos, doble hilo de trabajo) 128GB RAM, 500 GB HD, 4xNIC	Servidores VM (SerVMBosco01, SerVMBosco02)
NAS Thecus 4510UR	4 bahías, 4x2 TB rack RAID 0/1/5 con tecnología iSCSI	Almacenamiento
Switch 10/100/1000 SAI 1000VA	48 puertos, formato rack	Interconexión
	Montaje rack	Alimentación ininterrumpida

Los recursos disponibles para realizar este prototipo se resumen en la Tabla 1. Todos estos elementos se encuentran almacenados en un rack, situado en una sala que cuenta únicamente con un sistema de refrigeración, para mantener la temperatura de los servidores en un rango adecuado. Con la configuración realizada ha sido posible desplegar simultáneamente un aula de informática formada por 25 máquinas virtuales (MV) para alumnos y/o profesores y 3 MV con funciones de servidor.

4 Despliegue a nivel lógico

Los recursos hardware detallados en la Sección 3 se han organizado según el diagrama mostrado en la Figura 3 para formar un Cloud privado de infraestructura. Los aspectos más destacables del despliegue a nivel lógico son:

- El sistema dispone de los recursos mínimos especificados para un despliegue de Cloud privado según se detalla en la documentación de Oracle (1 VM Manager, 2 servidores VM organizados en un único pool de recursos). No obstante, el sistema puede escalarse fácilmente, añadiendo más máquinas como servidores VM e integrándolas en el pool de recursos actual.
- Las máquinas virtuales se almacenan en un almacenamiento compartido y se ejecutan en el servidor Oracle VM que tenga más recursos disponibles para llevarlo a cabo.
- Los discos físicos se agrupan en un grupo RAID (Redundant Array of Independent Disks). En nuestro caso se ha decidido utilizar RAID 5, ya que proporciona un rendimiento rápido al guardar los datos en todos los discos y protección de los datos.
- Se han realizado dos discos lógicos, uno que almacena los detalles de las máquinas virtuales creadas (`poolbosco01`) y otro para almacenar la información necesaria para poder crear dichas máquinas virtuales, como plantillas, ISOs, ... (`repobosco01`).
- Se han instalado 4 interfaces de red GigaEthernet en cada servidor Oracle VM Server, configurados como un solo interfaz virtual usando *bonding*, aumentando por tanto el ancho de banda total y la redundancia.
- Se han ajustado diversos parámetros en los Servidores VM (memoria asignada al `dom0`, MTU del interfaz *loopback*, ...) para optimizar su rendimiento al alojar máquinas virtuales.

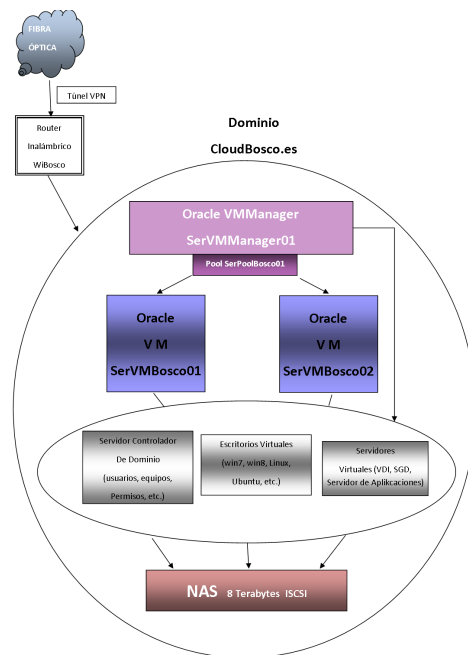


Figura 3. Despliegue del Cloud privado

Por otro lado, como demostración de un caso de uso concreto, se ha desplegado un aula completa de informática. Los pasos necesarios para ello han sido:

- Creación de un servidor de dominio con ActiveDirectory, que autentificará a los usuarios y profesores del aula.
- Creación de plantillas base que se utilizarán para la clonación de las máquinas de los alumnos.
- Creación de un servidor de Virtual Desktop Infrastructure (VDI), dónde estén enlazados los usuarios del dominio con las máquinas virtuales del usuario.
- Creación de un servidor de Secure Global Desktop (SGD) [11], la herramienta que proporciona el acceso a las máquinas virtuales a través de un interfaz web.
- Creación de 20 máquinas virtuales asignadas a cada uno de los alumnos y 5 máquinas virtuales para profesores, a partir de las plantillas base.

Los tres servidores mencionados arriba se han implementado mediante máquinas virtuales, desplegadas sobre la misma infraestructura virtual donde se despliegan las máquinas virtuales de los alumnos (ver Figura 3).

Cuando un usuario escribe en el navegador web la URL del servidor VDI, accede automáticamente a la interfaz gráfica que ofrece Oracle Secure Global

Desktop, apareciendo en dicha interfaz todos los escritorios con los que está vinculado dicho usuario. Si dicho usuario sólo tiene un único escritorio fijo asociado, accederá directamente a él. Las máquinas que soportan estos escritorios tendrán que estar en marcha para que el usuario pueda acceder a ellas.

Todos los detalles relacionados con el despliegue y configuración de esta plataforma Cloud IaaS privada, con soporte para VDI, se pueden consultar en [8].

5 Evaluación del prototipo

Una vez finalizado el proceso de instalación y despliegue de la plataforma, se han realizado una serie de pruebas para verificar sus características y su rendimiento. Por limitación en el espacio, aquí sólo se describirán de forma somera algunos de los aspectos más destacables. En [8] pueden consultarse más detalles al respecto.

Se ha verificado una de las características más importantes de la clusterización como es la alta disponibilidad y la migración de las máquinas virtuales, comprobando como al apagar uno de los Servidores VM, las máquinas virtuales desplegadas en él (y configuradas con “alta disponibilidad”) se han migrado automáticamente al otro Servidor VM disponible en el pool. También se ha analizado el rendimiento del sistema, identificando un posible cuello de botella en el mismo en el acceso al almacenamiento, si el sistema no está configurado con un ancho de banda correcto.

Finalmente, se ha efectuado un estudio energético y de coste de la infraestructura para dos configuraciones (un aula de 25 puestos y tres aulas con un total de 75 puestos), implementadas a la manera tradicional y sobre la infraestructura de Cloud propuesta. Para calcular estos datos se ha tenido en cuenta una vida útil de 10 años en los equipamientos destinados al cloud y de 5 años en los equipos para el aula actual, por lo que en ese caso es necesario realizar una nueva inversión a partir del sexto año. Esto es debido a que en el caso del aula Cloud, los equipos más numerosos (los clientes ligeros) no suelen disponer de piezas móviles (como el ventilador, memoria flash en lugar de disco duro, ...) lo que alarga su tiempo de vida [12]. En el caso del aula tradicional, se consideran los costes de los PCs de sobremesa y un servidor por aula (servidor de dominio y DHCP, enrutador). El consumo de energía de los PCs de sobremesa se haya en torno a los 120 W. En el caso del aula Cloud, se incluyen también los clientes ligeros necesarios, que son los que se emplearán en los puestos de trabajo de las aulas. Los clientes ligeros consumen en torno a 25 W. En este escenario, se debe de incluir el coste de la infraestructura Cloud detallada en secciones anteriores. Para el caso de soportar 3 aulas (75 puestos), se deben añadir los costes de un Servidor VM adicional. Los datos se resumen en la Tabla 2. En [8] se puede consultar el desplose de estos costes.

A partir de los costes para estos cuatro escenarios se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El coste de inversión de clientes ligeros es cuatro veces inferior al coste de un equipo sobremesa.

Tabla 2. Resumen de costes tras 10 años de explotación

Escenario	Coste infraestructura	Coste energético	COSTE TOTAL
25 equipos, tradicional	38000,00€	5731,04€	43731,04€
25 equipos, Cloud	15719,00€	5259,04€	20978,04€
75 equipos, tradicional	114000,00€	17193,11€	131193,11€
75 equipos, Cloud	32319,00€	7469,80€	39788,80€

- La utilización de los clientes ligeros ahorra energía, debido a que el consumo disminuye considerablemente en comparación con el uso de los ordenadores actuales.
- Los servidores de las aulas se encuentran infrautilizados, no pudiéndose aprovechar estos recursos por otras máquinas.
- Para un periodo de tiempo de 10 años, el coste de infraestructura en el aula cloud no sufre modificaciones, mientras que en aula tradicional es necesaria la renovación de los equipos a partir del sexto año, lo que supone un incremento en un 108% en el coste de infraestructura con respecto al aula cloud.
- Cuando se incrementa el número de aulas a soportar, el modelo Cloud es más ventajoso que el modelo tradicional, tanto en coste energético como en el coste de adquisición.

De estos datos, se deduce que el cambio a este modelo basado en tecnología cloud es factible, por ahorro energético e inversión en el hardware. Podría extenderse este modelo a centros en los que se impartiera formación de la rama de Informática, para que éstos, a su vez pudiesen proveer de MV y aplicaciones a otros centros escolares de su entorno. Esto podría suponer a las administraciones educativas un gran ahorro en cuanto a equipamiento y coste energético. De igual forma, se ahorraría en la partida que los centros reservan al mantenimiento de equipos, ya que dichas labores de mantenimiento se llevarían a cabo principalmente en los centros en los que estuviera implantado el cloud.

6 Conclusiones

En este trabajo se ha puesto de manifiesto la viabilidad de la tecnología de computación en nube tanto para optimizar el uso de recursos de computación en un centro educativo, como para ampliar y mejorar las posibilidades de enseñanza que se puede ofrecer al alumnado.

Más concretamente, se pueden identificar los siguientes beneficios, tanto económicos como académicos:

- Es posible ofrecer al alumnado unas instalaciones de última generación con una menor inversión en la compra del equipamiento.
- La instalación Cloud tiene una vida útil de 10 años frente a la tradicional que es solo de 5 años, debido en gran medida a la posibilidad de emplear clientes ligeros.

- El consumo energético de la instalación Cloud es mucho menor que la tradicional, por lo que además del ahorro económico que supone, se consigue dejar menos huella en el medio ambiente.
- Cuanto mayor es la instalación, más rentable es, por lo que puede dar servicio a otros centros educativos, y al quedar el sistema centralizado, la resolución de incidencias siempre será más rápida y eficiente.
- Al ser un modelo escalable se puede aumentar el número de servidores y almacenamiento conforme se requieran más máquinas virtuales a desplegar, y el gasto sigue siendo menor que la renovación de una aula tradicional.
- Los alumnos podrán terminar sus prácticas en casa, continuando en el mismo punto donde lo dejaron, sin necesidad de utilizar copias de seguridad.
- Los alumnos no dependerán de estar en posesión de un hardware costoso para poder acceder a los recursos necesarios para su formación.
- Los alumnos de enseñanzas relacionadas con la Informática y las Comunicaciones aprenden a administrar y configurar el Cloud tanto a nivel conceptual como práctico.

Finalmente, comentar que el estudio aquí presentado es un resumen de un Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Informática, presentado en la Escuela Superior de Ingeniería Informática de Albacete (Universidad de Castilla-La Mancha) [8].

Referencias

1. Página web de VirtualBox, <https://www.virtualbox.org/>, accedida en septiembre de 2015.
2. Página web de Kernel Virtual Machine (KVM), http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page, accedida en septiembre de 2015.
3. Página web de Xen Project, <http://www.xenproject.org/>, accedida en septiembre de 2015.
4. Página web de OpenStack: Open Source Cloud Computing software, <https://www.openstack.org/>, accedida en septiembre de 2015.
5. Página web de VMWare, <http://www.vmware.com/es>, accedida en septiembre de 2015.
6. Oracle ©VM Release 3.2, http://docs.oracle.com/cd/E35328_01/, accedida en junio de 2014.
7. Página inicial de Oracle VDI 3.5, http://docs.oracle.com/cd/E36500_01/, accedida en junio de 2014.
8. Olmedilla, María Teresa: “Aplicación de la tecnología Cloud en un IES”. Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Informática, Escuela Superior de Ingeniería Informática (Universidad de Castilla-La Mancha), Albacete 2014.
9. Oracle Cloud Cookbook, <http://mokumsolutions.com/oracle-cloud-cookbook-download>, accedida en junio de 2014.
10. Página web de descargas de productos de Oracle, <http://edelivery.oracle.com>, accedida en julio de 2014.
11. Página web de Oracle Secure Global Desktop Release 5.1, http://docs.oracle.com/cd/E41492_01/index.html, accedida en julio de 2014.
12. Why use thin clients, <http://nextterminal.dk/en/why-use-thin-clients>, accedida en noviembre de 2015.