

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

Ing. Alejandro Ruiz Bermejo¹, Ing José Manuel Torralba Mustelier², Ms.C Lilia Rosa García Perellada³

^{1,2} CUJAE-Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica, La Habana, Cuba; ³ CUJAE- Departamento de Telecomunicaciones y Telemática, La Habana, Cuba.

¹e-mail: ale950417@gmail.com

²e-mail: jose.torralba@uic.cu

³e-mail: lilianrosa@gmail.com

RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas no cuentan hoy en día con un método bien establecido en su infraestructura para la selección de plataformas de gestión de nube. En este trabajo se realiza un análisis del mercado y la academia, sobre las principales alternativas existentes de software libre y código abierto. Se definen además los requerimientos fundamentales tanto funcionales como no funcionales, que debe cumplir toda solución de este tipo. Además, se presenta un procedimiento de selección de plataformas de gestión de nube para nubes privadas, que incluye los objetivos de negocio de la empresa teniendo en cuenta las condiciones actuales. Esto con la finalidad de seleccionar la que más se ajuste a sus necesidades.

PALABRAS CLAVES: Procedimiento, plataforma de gestión de nube, nube privada, OpenStack, Proxmox.

PROPOSAL PROCEDURE TO SELECT CLOUD MANAGEMENT PLATFORMS FOR PYME

ABSTRACT

Small and medium-sized companies do not currently have a well-established method in their infrastructure for the selection of cloud management platforms. In this work an analysis of the market and the academy is made, on the main existing alternatives of Free Software and Open Source solutions. Besides, the fundamental requirements, both functional and non-functional, that any solution of this type must meet are defined, and a procedure for selecting Cloud Management Platforms for Private Clouds is presented. In this direction, this includes the business objectives of the company taking into account the current conditions, to select the one that best suits his needs.

KEY WORDS: Procedure, cloud management platform, private cloud, OpenStack, Proxmox.

1. INTRODUCCION

La Plataforma de Gestión de Nube (CMP, *Cloud Management Platform*) proporciona las herramientas para el aprovisionamiento y gestión de los servicios de nube, así como la Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) de la infraestructura subyacente. Su adecuada selección constituye por tanto un factor clave en el diseño y éxito de una nube, en cualquiera de sus principales modelos de despliegue, público o privado. En el ámbito de las Nubes Privadas (NP), la elección del CMP actualmente puede realizarse a través del empleo de: *frameworks* comerciales, propuestas de algoritmos de selección de CMP por parte de la academia, y reportes, ya sea de consultoras internacionales como Gartner y Forrester, de proveedores como RightScale, o de consultoras públicas como WhatMatrix.

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

Los *frameworks* comerciales definen un proceso de selección bajo la perspectiva del negocio en donde, tras haber identificado los objetivos, restricciones, Requerimientos Funcionales (RF)¹ y no Funcionales (RNF)² que estable el cliente, realiza una evaluación de los CMP comerciales en post de identificar el que mejor se adecua a las metas planteadas, empleando herramientas y estadísticas propias, no públicas en la red [1]. A su vez, los algoritmos propuestos por la academia brindan la posibilidad a la entidad de seleccionar el CMP de acuerdo a sus necesidades, pero, a consideración de los autores de la presente investigación, aún son complejos de aplicar, más cuando no han sido estandarizados los criterios a tomar en cuenta para evaluar un CMP [2], [3], [4]. Por otra parte, las consultoras no indican qué CMP seleccionar, se limitan a publicar estudios estadísticos del mercado, en donde plasman las fortalezas y debilidades de los proveedores líderes del sector, y su futura evolución [5], [6], [7], [8]. El acceso a estos informes requiere de un pago, y, además, en su mayoría, no contemplan CMP de tipo Software libre y Código Abierto (SLCA).

En consecuencia, el diseño de NP se complejiza y encarece, por el concepto de selección de la CMP, obstaculizando la adopción del paradigma en Pequeñas y Medianas Empresas (PyME) cuya misión no es brindar servicios de Tecnologías de la Información (TI), sino hacer uso de ellos como herramientas en sus procesos educativos, empresariales y/o industriales. Este escenario se agrava en PyME con restricciones económicas y con personal no capacitado para afrontar esta tarea.

Dada la situación problemática el objetivo del presente trabajo consistió en proponer un procedimiento para seleccionar la CMP de NP de PyME con soporte para Infraestructura como Servicio (IaaS, *Infrastructure as a Service*). En post de lograr la meta propuesta se realizó un análisis bibliométrico que abarcó documentos de la industria de la rama, así como académicos provenientes de bases de datos de alto impacto como la biblioteca digital del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE Xplore) y Springer, en post de identificar cómo se seleccionan hoy los CMP; fueron identificados los principales RF y RNF empleados para evaluar CMP; y fue evaluada la efectividad de los principales CMP de tipo SLCA. La propuesta concebida brinda las herramientas para que las PyME, bajo la perspectiva del negocio, puedan definir una solución que satisfaga sus objetivos, requerimientos y restricciones con independencia tecnológica.

2. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR CMP PARA NP EN PYME

La Figura 1 muestra el procedimiento para seleccionar CMP para NP de PyME propuesto por los autores de la presente investigación. El procedimiento consta cuatro fases distribuidas en: Fase 1 “Identificar restricciones y RF a cumplir por los CMP”, Fase 2 “Identificar y evaluar preliminarmente los CMP de tipo SLCA líderes”, Fase 3 “Evaluar el cumplimiento de los RNF por parte de los CMP SLCA candidatos” y Fase 4 “Seleccionar el CMP SLCA a desplegar en la PyME”.

La Fase 1 tiene como objetivo identificar: a) restricciones de Alta Disponibilidad (HA, *High Availability*), presupuesto económico, preparación del personal de TI, carga esperada, interoperabilidad con herramientas legadas y la criticidad de la NP para la entidad; b) los RF a cumplir por la CMP. El procedimiento brinda las herramientas necesarias para obtener la información planteada incluyendo cuestionarios, y el conjunto de RF clasificados en obligatorios, deseables y opcionales, en función del criterio de los autores de la presente investigación.

La Fase 2 tiene como objetivo identificar los CMP de tipo SLCA líderes del mercado que satisfagan los RF a cumplir, así como las necesidades de HA de la entidad, considerando las restricciones de presupuesto económico y de preparación del personal de TI. Se propone para la identificación de los principales CMP de tipo SLCA la revisión de los reportes libres de consultoras, los resultados de comparativas de documentos académicos y las estadísticas de Google Trends. A su vez, se brinda un procedimiento, mostrado en la Figura 2, para evaluar la HA de los CMP, y su nivel de adecuación para la entidad considerando sus limitaciones.

La Fase 3 tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los CMP candidatos ante los RNF de elasticidad, flexibilidad y tiempo de respuesta. Debe obtenerse una lista con las CMP organizadas según los mejores resultados de las pruebas. Se proponen los proyectos de pruebas necesarios para afrontar esta fase, en donde se indican las

¹ Son aquellos relacionados con las funciones/operaciones que el sistema ofrece.

² Son aquellos que se refieren a la forma en que los RF son ejecutados. Representan cualidades o propiedades del sistema, en lugar de requerimientos tecnológicos específicos.

métricas, herramientas y pasos a seguir. Finalmente, en la Fase 4 se identifica la propuesta final; para ello se procede a valorar aquellos criterios decisivos de la entidad aún no tomados en consideración, y se procede a puntuar los resultados de la evaluación de acuerdo a los criterios mostrados en la Tabla 1.

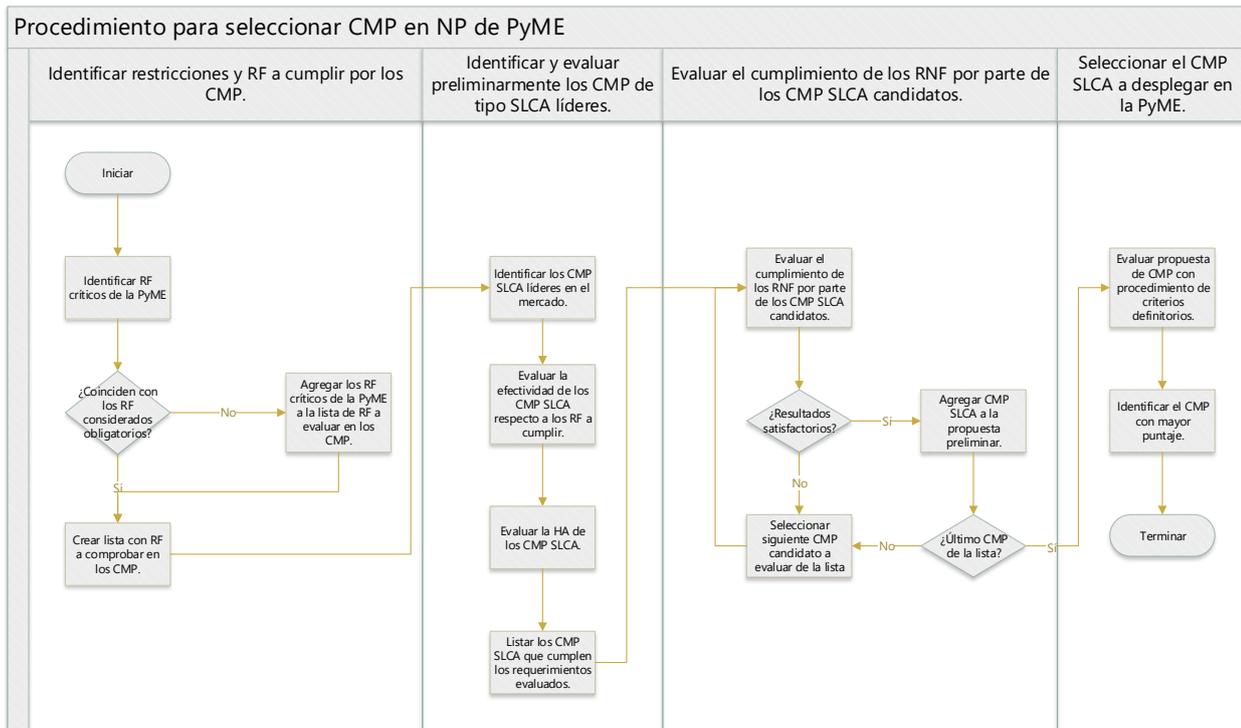


Figura 1: Procedimiento para seleccionar CMP para NP a desplegar en PyME.

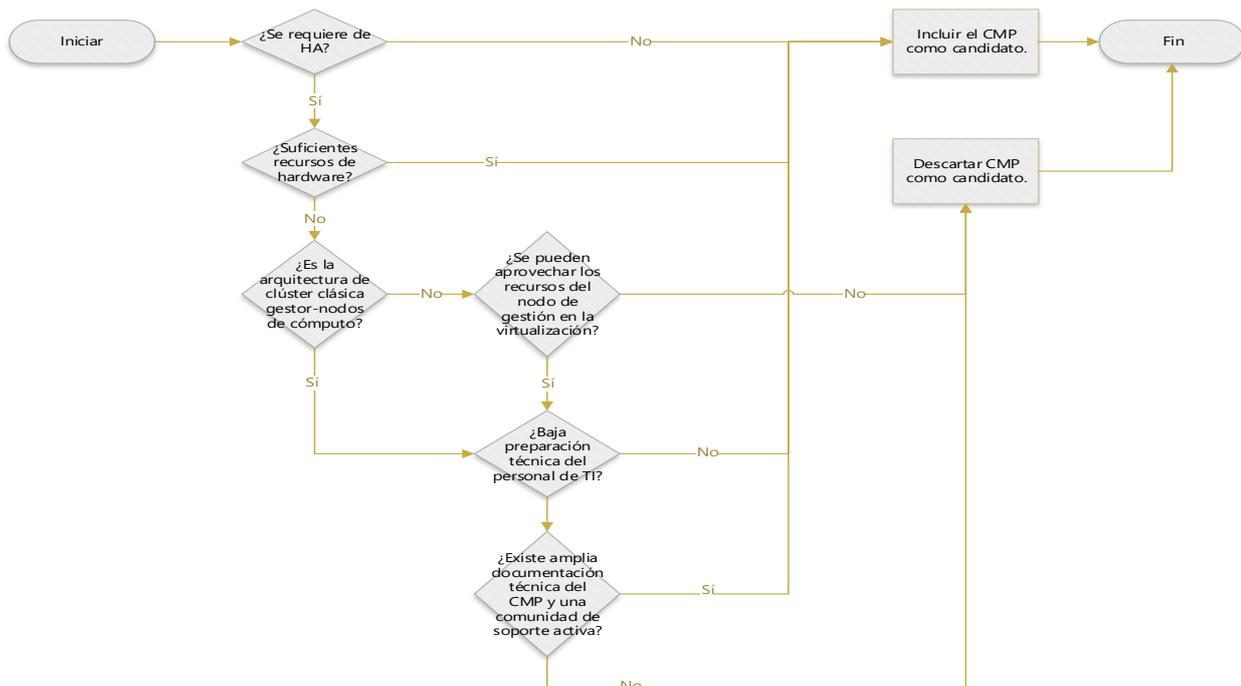


Figura 2: Procedimiento para evaluar la HA de los CMP.

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

Tabla 1: Evaluación final de los requerimientos obligatorios en los CMP.

Métrica	1=Tolerable	3=Satisfactorio	2=Sobrecumple
Nivel de cumplimiento de los Requerimientos	Cumple Parcialmente el requerimiento	Cumple Satisfactoriamente el requerimiento	Sobrecumple el requerimiento
Compensación	Seleccionar esta solución conlleva a comprometer parcialmente la solución con esta característica	Seleccionar esta solución significa el cumplimiento del requerimiento	Este es el mejor caso posible. Significa que la solución cumple con los requerimientos mínimos deseados y se puede aumentar las funcionalidades de este. A pesar de esto las funcionalidades extras conllevan generalmente a un mayor uso de recursos.

3. PROPUESTA DE RF A EVALUAR EN UN CMP

Los RF propuestos por los autores de la presente investigación para evaluar la efectividad de los CMP se muestran en la Tabla 2. Los RF son clasificados por los autores atendiendo a: obligatorios, RF que constituyen los mínimos indispensables para que la CMP opere sobre una NP con soporte para la IaaS; recomendables, RF que no son estrictamente necesarios, pero mejoran el funcionamiento y capacidades que brinda la CMP; mientras que los RF opcionales abarcan el resto de los RF empleados en la bibliografía que, a consideración de los autores, no son relevantes para la presente investigación.

Tabla 2: RF obligatorios, recomendables y opcionales a soportar por un CMP de NP con soporte para IaaS.

Criterio	Requerimiento	Clasificación
Servicios generales	Análisis y reportes	Recomendable: se utiliza para generar reportes de contabilidad de los servicios de nube y para que los Usuarios de los Servicios de la Nube (CSU, <i>Cloud Service User</i>) tengan constancia de la utilización de los recursos empleados.
	Catálogo de servicios	Opcional: es un RF muy utilizado por los Proveedores de Servicios de Nube (CSP, <i>Cloud Service Provider</i>) de nubes públicas, es utilizado, en menor manera, en NP, por lo que no se considera imprescindible.
	Plataforma unificada de gestión	Obligatorio: debido a que las CMP constituyen una agrupación de diversos servicios y funcionalidades de la nube, se hace imprescindible una plataforma para gestionar a todos estos.
Gestión de recursos	Medición y facturación	Recomendable: se utiliza para contabilizar la utilización de recursos de los CSU. Es empleado cuando se cobra por los servicios de nube.
	Uso de recursos y servicios	Obligatorio: empleado para conocer el uso de recursos de toda la NP y la utilización de recursos por servicios. Es importante para el control de fallos y alertas de mal funcionamiento de la NP.
	Monitorización	Obligatorio: brinda métricas de utilización de recursos y estado de la infraestructura subyacente de la NP.
	Aprovisionamiento/Desaprovisionamiento	Obligatorio: funcionalidad en estrecha relación con el RNF de elasticidad. Es útil para la asignación automática de recursos y despliegue y gestión de las Instancias Virtuales (IV). Debido a que los requerimientos de las aplicaciones en la nube pueden cambiar, es necesario tener la capacidad de redimensionar las IV.
	Configuración de recursos de red y almacenamiento	Obligatorio: Permite la agregación y configuración tanto en caliente, como pasiva, de Tarjetas de Interfaces de Red (NIC, <i>Network Interface Card</i>) y volúmenes de almacenamiento a las IV desde la interfaz de gestión de la CMP, tanto para CSU como para el CSP.
	Sistemas de salvallas y restauración	Obligatorio: permite la creación de salvallas de volúmenes de almacenamiento, IV y archivos de configuración.
Almacenamiento	Integración con sistemas de Almacenamiento Definido por Software (SDS, <i>Storage Defined by Software</i>): Ceph, GlusterFS, FreeNas	Recomendable: la integración del CMP con los sistemas de almacenamiento distribuidos de tipo SLCA más relevantes del mercado, permite a este aprovechar todas las funcionalidades de los mismos.

Virtualización	Soporte para el <i>Kernel-based Virtual Machine</i> (KVM)	Obligatorio: la virtualización con Máquinas Virtuales (MV) es el estándar en la nube y KVM es el hipervisor SLCA más relevante en el mercado.
	Soporte para soluciones de contenedores Linux de tipo SLCA	Obligatorio: las tecnologías de Virtualización a Nivel de Sistema Operativo (OSLV, <i>Operating System Level Virtualization</i>) tienen gran auge en el mercado, sobre todo, son imprescindibles para las PyME ya que permiten optimizar el hardware empleado y sacarles más provecho a los nodos de cómputo.
	Colocación automática de cargas de trabajo	Recomendable: consiste en la automatización del despliegue.
	Migración de cargas de trabajo entre nubes	Recomendable: útil para funcionalidades de balanceo de carga y flexibilidad, ya que permite exportar las cargas de trabajo a otras nubes.
Servicios avanzados de nube	Orquestación de contenedores	Recomendable: la orquestación de contenedores es útil para cumplir con requerimientos de HA y recuperación ante fallos, pero es complejo de implementar.
	Orquestación de la nube	Obligatorio: toda CMP debe presentar funcionalidades de orquestación para cumplir con requerimientos de HA y balanceo de carga.
	Optimización de cargas de trabajo a través de políticas	Recomendable: define la posibilidad de realizar acciones administrativas automáticas al cumplirse determinadas condiciones.
	Integración con herramientas automatizadas de configuración y despliegue	Recomendable: utilizado para la automatización de tareas comunes del CMP, así como realizar despliegues automáticos de la nube mediante estas. Ejemplos de estas herramientas son Ansible, Chef y Puppet.
RF que tributan a la seguridad	Gestión de acceso e identidad	Obligatorio: imprescindible para la autenticación y autorización de las operaciones del CSU.
	Gestión de encriptación	Recomendable: para elevar el nivel de confidencialidad y privacidad de la información. Si la NP maneja datos sensibles se vuelve un RF obligatorio.
	Soporte de <i>logs</i> y auditorías de acciones administrativas	Obligatorio: elemento imprescindible para la gestión de fallos, mantenimiento de la nube y recuperación ante desastres.
	Integración con sistemas de terceras partes	Opcional: solo necesario a la hora de integrar la CMP con herramientas de terceros.

4. PROPUESTA DE RNF Y PRUEBAS PARA EVALUAR CMP

Para la realización de la propuesta, los autores proponen realizar la evaluación de tres RNF: elasticidad, flexibilidad y tiempo de respuesta. A continuación, se describen las pruebas de cada uno de los requerimientos.

Pruebas de Elasticidad

El criterio para la evaluación consiste en otorgar puntajes al cumplimiento de los RF definidos en la Tabla 3. Se le otorgarán 3, 2 y 1 punto a los RF obligatorios, recomendables y opcionales otorgados respectivamente. En caso de que los RF estén asociados a un hipervisor o a ambos hipervisores para la CMP (KVM y un hipervisor para OSLV) los puntajes se realizarán por separado. Luego de completar la verificación de los RF de la Tabla 3 en la CMP, se sumarán todos los puntajes y se obtendrá una cifra cuantitativa de la elasticidad en la CMP. Las herramientas propuestas por los autores de la presente investigación para la realización de la prueba fueron BUNGEE y CBTOOL.

Pruebas de Flexibilidad

Para realizar la evaluación de la flexibilidad en la CMP, se propone por los autores de la presente investigación como base la metodología presentada en [9], donde se definen siete capas de estudio para este RNF: Núcleo de Servicio, Soporte, Herramientas de Gestión, Gestión, Seguridad y Abstracción de Recursos. Para realizar la comparación entre las distintas CMP se evalúan los requerimientos por capa en cada una de ellas, los cuales se muestran en la Tabla 3.

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

Cada una de estas funcionalidades en la CMP se evalúan si están presentes internamente en la solución, o si se alcanzan mediante la utilización de *frameworks* externos que sean completamente compatibles con esta.

Tabla 3: Funcionalidades a comprobar en la evaluación de la flexibilidad.

Capa de la flexibilidad	Funcionalidades a comparar en el CMP
Capa de abstracción de recursos	Servicio de cómputo, servicio de almacenamiento de objetos, servicio de almacenamiento de bloques, servicios de red
Capa de núcleo de servicios	Servicio de gestión de identidad, repositorio de imágenes, medición y facturación, <i>logs</i> , planificación
Capa de soporte	Bus de mensajes, base de datos, servicio de transferencia
Capa de gestión	Gestión de recursos, gestión de elasticidad, gestión de usuarios/grupos, monitorización, reportes
Capa de herramientas de gestión	Interfaz de Línea de Comandos (CLI, <i>Command Line Interface</i>), Interfaces de Programación de Aplicaciones (API, <i>Application Programming Interface</i>), interfaces web, orquestador, herramientas de despliegue y configuración automáticas
Capa de seguridad	Autenticación, autorización, grupos de seguridad, y Control de Acceso Basado en Roles (RBAC, <i>Role Based Access Control</i>)
Capa de servicios de valor agregado	Zonas de disponibilidad, HA, soporte para nubes híbridas, migración en caliente, soporte de portabilidad, contextualización de imágenes, soporte de aplicaciones.

Pruebas de tiempo de respuesta

En esta prueba las métricas a evaluar son: el tiempo de aprovisionamiento y el tiempo de incremento y decremento de recursos. Las métricas se determinarán por el cálculo de la media, máximo, desviación estándar y umbral del 95 percentil para cada valor. La herramienta principal propuesta para llevar a cabo la prueba son los *logs* ante acciones ejecutadas sobre IV o contenedores.

5. CASO DE USO. SELECCIÓN DEL CMP PARA EL CD DE LA CUJAE

Para validar el instrumento propuesto en el documento, se utilizó como escenario el centro de datos de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echavarría (CUJAE). Tiene como objetivo a mediano plazo desplegar una NP capaz de brindar IaaS; por lo cual se debe definir qué CMP será seleccionado. Siguiendo los pasos descritos en la propuesta:

- **RF críticos para la CUJAE:** la CUJAE adoptó la propuesta de RF obligatorios, recomendables y opcionales que proponen los autores de la presente investigación para el desarrollo del caso de uso.
- **CMP líderes en el mercado:** los CMP con presencia en el mundo académico e industrial fueron OpenStack, CloudStack, OpenNebula y Proxmox. Para estas fueron consultadas las bases de datos IEEE Xplore, Springer y de la *Association for Computing Machinery* (ACM), ejemplos: [10], [11], [12], [13], [14], [15], así como las estadísticas de Google Trends. En las Figuras 3, 4 y 5 se muestran los resultados.

● OpenStack ● Opennebula ● CloudStack ● Eucalyptus ● Proxmox Virtual Environment

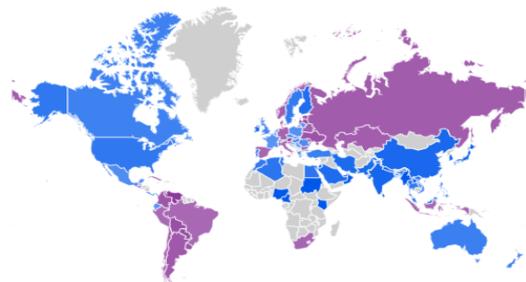


Figura 2: Interés general por región de los CMP.

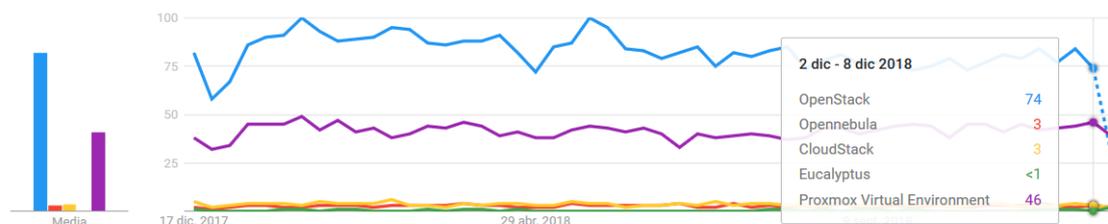


Figura 3: Interés de búsquedas acerca de OpenStack, OpenNebula, CloudStack, Eucalyptus y Proxmox en Google Trends.

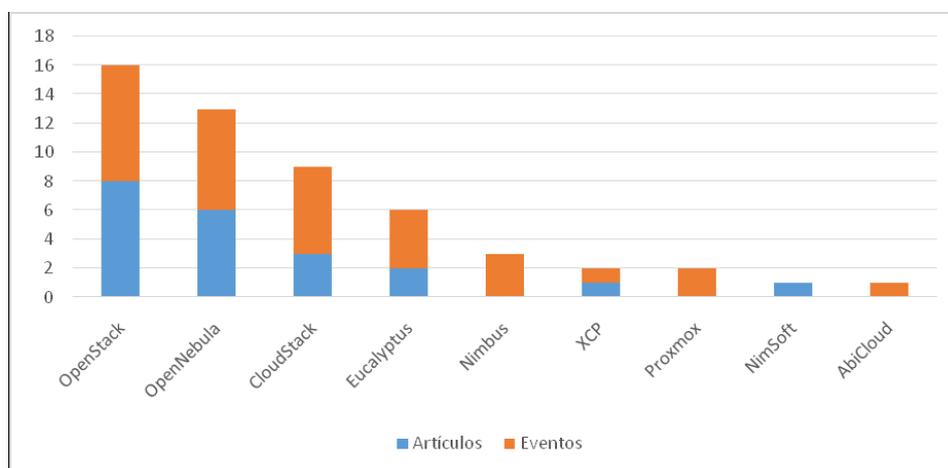


Figura 4: Presencia de CMP en documentos académicos de IEEE Xplore, Springer y ACM.

En esta etapa Eucalyptus fue descartado por no soportar soluciones para la OSLV. Este es un requerimiento crítico para la CUJAE, ya que presenta un presupuesto limitado, por lo que precisa de explotar eficientemente el hardware heredado disponible.

- **Evaluación de los RF en los CMP:** el análisis de estos RF concluyó que la CMP que brinda la mayor cantidad de funcionalidades y con mejores resultados de manera general es OpenStack con 56 puntos, seguido de CloudStack con 45 y Proxmox con 38.
- **Disponibilidad de la CUJAE para los soportes en los CMP:** para el caso de la red CUJAE resulta complejo garantizar altos niveles de disponibilidad con solo tres servidores físicos dedicados a producción, si bien no es imposible, el despliegue tendrá un elevado consumo de recursos y, por tanto, se dispondrán de menos recursos para emplear en la virtualización de los servicios de soporte y de usuario. En su lugar se empleó como motor de la tecnología OSLV la solución de contenedores de aplicaciones Docker, con mayor soporte en la plataforma.
- **Evaluación de los RNF:** el escenario de prueba fueron tres servidores con iguales características: modelo Supermicro X7DCT, microprocesador: Intel(R) Xeon(R) CPU 3200 MHz, Memoria de Acceso Aleatorio (RAM, *Random Access Memory*): 16 GB y almacenamiento: 160 GB. El diseño lógico empleado para el despliegue se muestra en la Figura 6. Los resultados fueron: en el caso de OpenStack se dificultó su despliegue empleando *Linux Container (LXC)* por problemas de configuración y errores existente en la plataforma, cuando esta se intenta desplegar junto a KVM.

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

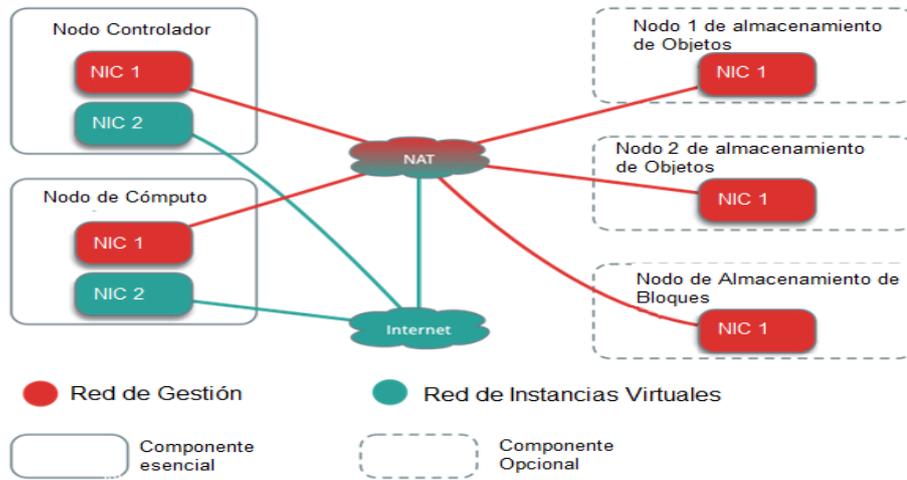


Fig. 5. Infraestructura lógica empleada para el despliegue de OpenStack en la red CUJAE

Se obtuvo como resultado al aplicar la evaluación del cumplimiento de RNF relacionados con la elasticidad, que OpenStack es la que más funcionalidades posee, seguido de CloudStack y Proxmox. No obstante, a pesar de que Proxmox cumple con estas funcionalidades, no contiene las herramientas para realizar el aprovisionamiento/des aprovisionamiento automático de IV, por lo que la solución tiene importantes afectaciones en el RNF de elasticidad. En cuanto a la evaluación de la flexibilidad de los CMP, OpenStack es la solución que se puede clasificar como más flexible de las tres evaluadas, seguida de CloudStack y Proxmox en ese orden. Así lo muestra la Figura 7.

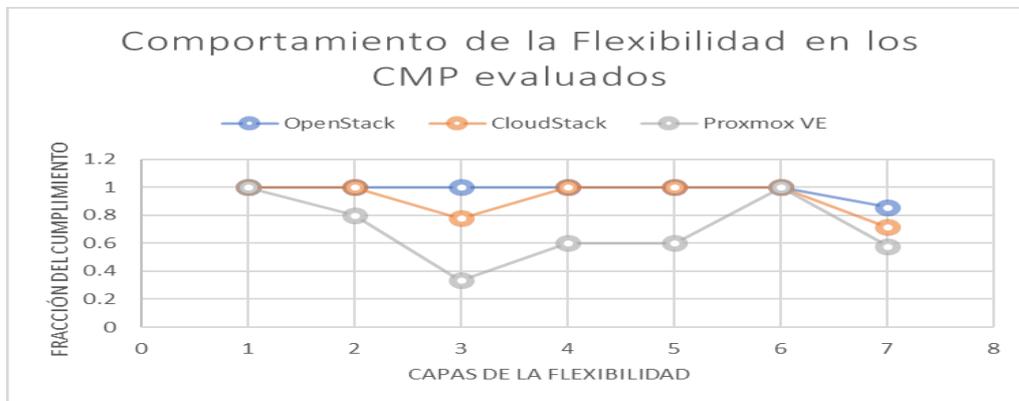


Figura 6: Análisis del cumplimiento de los RF de la flexibilidad en los CMP evaluados.

Como resultados de los tiempos evaluados, CloudStack y OpenStack presentaron tiempos de aprovisionamiento relativamente parecidos, siendo Proxmox los que peores valores tuvo. Esto se debe a que Proxmox, a pesar de que puede utilizar imágenes de nube, su funcionamiento no es igual que en el resto de las CMP. Sin embargo, los autores pudieron comprobar que después de crear la plantilla de la MV se pueden crear clones a partir de este modelo. Para crear este clon es necesario copiar el contenido del disco duro de la plantilla de la MV hacia la nueva instancia, por lo que el despliegue de una MV es aún mucho más rápido que realizar desde cero una instalación con una imagen ISO. Este proceso es más lento en comparación con CloudStack y OpenStack. Además, el tiempo de aprovisionamiento de un contenedor depende de la imagen empleada. En este caso se realizaron las pruebas empleando contenedores con imágenes que ya se encontraban cargadas en el almacenamiento de la CMP, y que requerían una cantidad similar de recursos al de las plantillas.

Los resultados en el tiempo de incremento fueron: CloudStack realiza este proceso más rápido debido a que no crea un nuevo volumen para la instancia, a diferencia de OpenStack y Proxmox, sino que realiza un redimensionamiento del disco existente. En relación al tiempo de decremento de recursos se debe tener en cuenta que ninguna de las CMP soporta la funcionalidad de reducir el tamaño del disco de las IV por lo que fue necesario crear una nueva plantilla de tipo m2.tiny, que tiene la misma capacidad de almacenamiento que la tipo m1.medium (plantilla origen) y la misma cantidad de Unidades Centrales de Procesos virtuales (vPCU, *virtual Central Processing Unit*) y RAM que la tipo m1.tiny. Con Proxmox y CloudStack el proceso de redimensionamiento necesita reiniciar o apagar y configurar la IV para que los cambios tomen efecto, por lo que no se realizaron estas pruebas para la medición de esta CMP.

- **Evaluación de los CMP con criterios definitorios:** luego de completar esta evaluación, la CMP que brinda la mayor cantidad de funcionalidades y con mejores resultados de manera general es OpenStack, sin embargo, es necesario analizar qué requerimientos se cumplen y tener en cuenta para el caso del cliente, cuál se ajusta más a sus necesidades. Por estos motivos los autores llegan a las siguientes conclusiones:

OpenStack cumple con la mayoría de los criterios analizados. Sin embargo, no es recomendable para el centro de datos de la CUJAE debido a que es complejo asimilar la plataforma. A pesar de que posee una buena documentación y una comunidad activa, los recursos humanos de TI de la entidad posee pocos conocimientos y habilidades en el tema, así como que el período de renovación de los administradores es aproximadamente de dos años, no cumpliéndose el RNF de facilidad de uso. Por otra parte, los servicios de gestión de la CMP son grandes consumidores de recursos y si se tiene en cuenta que la entidad está interesada en lograr HA a nivel de infraestructura, con solo tres servidores físicos disponibles, sería ineficiente realizar el despliegue de esta CMP ya que se emplearían demasiados recursos solo en los servicios de gestión. Otro elemento a analizar es que el centro de datos utiliza actualmente LXC como hipervisor para la tecnología OSLV, y se comprobó la dificultad de integrar esta solución en el entorno de nube de OpenStack, lo que, sumado a que ofrece muy pocas funcionalidades comparado con otras CMP como Proxmox, sería necesario migrar estos servicios a Docker. En consecuencia, los autores de la presente investigación recomiendan a OpenStack para medianas y grandes empresas con infraestructuras de cómputo superiores a las de la CUJAE, junto al presupuesto necesario para la capacitación del personal de TI.

Proxmox VE es de las soluciones analizadas la que menos funcionalidades soporta y con menos resultados en el análisis realizado. Presenta deficiencias en funcionalidades solicitadas tales como la orquestación de nube. Sin embargo, es una herramienta muy fácil de usar, instalar y configurar, con buenas funcionalidades en cuanto a la virtualización con KVM y teniendo los mejores resultados entre los CMP analizados para la tecnología OSLV, por lo que con ella se pudo hacer el uso más eficiente del hardware disponible. Posee dos modelos de despliegue: clúster y standalone, sin embargo, se aprovechan al máximo sus características cuando se despliega en modo clúster, ya que así se pueden emplear funcionalidades como HA, migración de IV y lograr una plataforma unificada de gestión. Las dos principales deficiencias identificadas son las siguientes: no es posible limitar el consumo de recursos dentro del entorno de nube, por lo que no se puede brindar IaaS si fuera necesario; y que si se realiza el despliegue en modo clúster se debe asegurar una HA del hardware físico subyacente y del abastecimiento energético, ya que un fallo en un nodo del clúster puede provocar las pérdidas de las IV y por transitividad la información y los servicios que se brindan. Por tanto, los autores de la presente investigación consideran que Proxmox VE es la mejor solución para PyME que no deseen brindar IaaS y puedan asegurar el suministro eléctrico.

CloudStack es una herramienta que cumple con gran parte de los requerimientos críticos de manera satisfactoria teniendo, al igual que OpenStack, como punto de fallo, el poco soporte a las funcionalidades de

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE NUBE PARA PYME

la tecnología LXC. Es relativamente fácil de instalar y agregar a la red y en las pruebas de RNF realizadas sus resultados se asemejan bastante a los de OpenStack. Es una CMP madura y con una documentación aceptable, su interfaz de gestión, *dashboard*, resulta la más fácil de emplear y que más información brinda, el servidor de gestión no es un alto consumidor de recursos y todos los servicios se encuentran centralizados en este, además es posible su virtualización, y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles. Es una CMP recomendable para PyME que deseen brindar IaaS a consideración de los autores de la presente investigación.

Por los motivos analizados anteriormente se propone la CMP CloudStack como solución aplicable a la CUJAE, teniendo en cuenta las necesidades recogidas al cliente y los resultados de las evaluaciones realizadas.

CONCLUSIONES

Actualmente existen deficiencias para las PyME en proceso de selección de CMP en cuanto a la presencia o identificación de procedimientos de selección de soluciones de tipo SLCA. En la presente investigación se da solución a esta problemática mediante la propuesta de un procedimiento de selección de CMP para PyME, por lo que el impacto de esta es:

- Independencia tecnológica: el procedimiento se centra en soluciones SLCA.
- Permite a las empresas seleccionar CMP de acuerdo a los requerimientos no funcionales, objetivos de negocios y restricciones presentes en la entidad.
- Propone herramientas para evaluar las distintas soluciones.
- Propone pruebas para evaluar los RNF de elasticidad, flexibilidad y tiempo de respuesta.
- El procedimiento fue aplicado en el centro de datos de la CUJAE, y se concluyó que el CMP, si se desea brindar IaaS teniendo en cuenta las restricciones existentes, es CloudStack, y en caso de no brindar IaaS emplear Proxmox.

RECONOCIMIENTOS

A todo el equipo de trabajo que colaboro con el proyecto, en especial a los administradores del Nodo de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. CUJAE.

REFERENCIAS

- [1] «A Guidance Framework for Selecting Cloud Management Platforms and Tools», *Gartner*, 2019. Disponible en: <https://www.gartner.com/en/documents/3873171/a-guidance-framework-for-selecting-cloud-management-plat>.
- [2] R. R. Kumar, S. Mishra, y C. Kumar, «A Novel Framework for Cloud Service Evaluation and Selection Using Hybrid MCDM Methods», *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 43, n.º 12, pp. 7015-7030, dic. 2018, doi: 10.1007/s13369-017-2975-3.
- [3] R. C. Zoie, B. Alexandru, R. Delia Mihaela, y D. Mihail, «A decision making framework for weighting and ranking criteria for Cloud provider selection», en *2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, Sinaia, Romania, oct. 2016, pp. 590-595, doi: 10.1109/ICSTCC.2016.7790730.
- [4] S. Kolb y G. Wirtz, «Data Governance and Semantic Recommendation Algorithms for Cloud Platform Selection», en *2017 IEEE 10th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, jun. 2017, pp. 664-671, doi: 10.1109/CLOUD.2017.89.
- [5] «Gartner Magic Quadrant Cloud Management Platform 2019», 2019. Disponible en: <https://info.flexera.com/SLO-CM-WP-Gartner-Magic-Quadrant-Cloud-Management-Platform-2019>.
- [6] «The Forrester Wave™: Private Cloud Software Suites, Q1 2016», 2016. Disponible en: <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+Private+Cloud+Software+Suites+Q1+2016/-/E-RES122899>.
- [7] «RightScale 2018 State of the Cloud Report™», p. 46, ene. 2018.

- [8] E. Baron, «Independent Technical Comparison of Cloud Management Platforms (CMPs)», dic. 18, 2017. <https://www.whatmatrix.com/comparison/Cloud-Management-Platforms>.
- [9] J. G. Ramírez Gil, F. Tarrau Prendes, y L. R. García Perellada, «PROPUESTA DE PRUEBAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE NUBES PRIVADAS CON SOPORTE PARA IAAS», en *18 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura.*, Palacio de Convenciones de La Habana, 25/11 2016, pp. 867-880.
- [10] B. Kumawat, S. Chaudhary, y S. Gaur, «A STUDY OF CLOUD TECHNOLOGIES-RESEARCH ISSUES, CHALLENGES, ENGINEERING, PLATFORMS AND APPLICATIONS: A SURVEY», *Image Process. Pattern Recognit.*, vol. 1, n.º 1, p. 10, 2018.
- [11] H. Coullon, C. Perez, y D. Pertin, «Production Deployment Tools for IaaS: An Overall Model and Survey», en *2017 IEEE 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, ago. 2017, pp. 183-190, doi: 10.1109/FiCloud.2017.51.
- [12] D. Dong, H. Xiong, G. G. Castañe, y J. P. Morrison, «Cloud Architectures and Management Approaches», *Heterog. High Perform. Comput. Self-Organ. Cloud*, pp. 31-61, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-76038-4_2.
- [13] G. R. Gangadharan, «Open Source Solutions for Cloud Computing», *Computer*, vol. 50, n.º 1, pp. 66-70, ene. 2017, doi: 10.1109/MC.2017.20.
- [14] D. Freet, R. Agrawal, J. J. Walker, y Y. Badr, «Open source cloud management platforms and hypervisor technologies: A review and comparison», en *SoutheastCon 2016*, Norfolk, VA, USA, mar. 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/SECON.2016.7506698.
- [15] A. Vogel, D. Griebler, C. A. F. Maron, C. Schepke, y L. G. Fernandes, «Private IaaS Clouds: A Comparative Analysis of OpenNebula, CloudStack and OpenStack», en *2016 24th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing (PDP)*, Heraklion, Crete, Greece, feb. 2016, pp. 672-679, doi: 10.1109/PDP.2016.75.

SOBRE LOS AUTORES

Alejandro Ruíz Bermejo, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, La Habana, Cuba. Administrador de Redes.

José Manuel Torralba Mustelier, Ingeniero en Informática, La Habana, Cuba. Administrador de Redes.

Lilia Rosa García Perellada, Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica, Master en ciencias técnicas, Directora de la DISERTIC, CUJAE, La Habana, Cuba.