



# Diseño e implementación de una solución de alta disponibilidad usando clúster y virtualización de servidores web y de bases de datos para las aplicaciones de la FIEC

Katherine Campos Bustos <sup>(1)</sup>, José Vera Chávez <sup>(2)</sup>, Rayner Durango Espinoza <sup>(3)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Km 30.5 vía Perimetral, Código Postal: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador  
[kecampos@espol.edu.ec](mailto:kecampos@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>, [jlvera@espol.edu.ec](mailto:jlvera@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>, [rdurango@espol.edu.ec](mailto:rdurango@espol.edu.ec) <sup>(3)</sup>

## Resumen

*El presente documento se enfoca en el diseño e implementación de una solución de alta disponibilidad usando clúster y virtualización de los servidores web y de bases de datos de la FIEC. Para ello, se realizó un estudio de las diversas plataformas de virtualización y soluciones de clúster existentes. Los parámetros que se consideraron para la comparación y posterior elección de la tecnología de virtualización fue el rendimiento de la memoria RAM y del CPU. Mientras que el parámetro de comparación para la solución de clúster fue el tiempo de respuesta ante un fallo. La implementación del diseño final estuvo conformada por la plataforma de virtualización Xen en el modo de paravirtualización, y la solución de clúster conformada por Pacemaker, CMAN y Corosync.*

**Palabras Claves:** alta disponibilidad, clúster, virtualización, tiempo de respuesta.

## Abstract

*This paper focuses on the design and implementation of a high availability solution using virtualization and clustering of web servers and databases FIEC. For this, a study of various virtualization platforms and solutions existing cluster was performed. The parameters considered for comparison and subsequent choice of virtualization technology was the performance of RAM and CPU. While the comparison parameter for the cluster solution was the response time to a fault. The implementation of the final design consisted of the Xen virtualization platform paravirtualization mode and the cluster solution consists of Pacemaker, CMAN and Corosync.*

**Keywords:** high availability, cluster, virtualization, response time.

## 1. Introducción

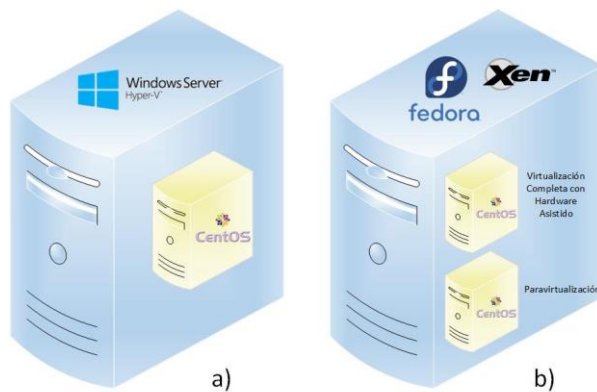
Este proyecto consiste en usar las tecnologías de virtualización y clúster para implementar una solución de alta disponibilidad para los servidores web y de bases de datos de la FIEC. El clúster de alta

disponibilidad, permite que los servicios que se encuentran ejecutando, permanezcan siempre activos sin ninguna interrupción, logrando que los clientes puedan acceder a los servicios en todo momento. Mientras que las plataformas de virtualización de servidores brindan la facilidad del uso de los distintos

tipos de clúster, minimizando los costos tan elevados al momento de la implementación de la infraestructura física de esta tecnología de alta disponibilidad.

## 2. Metodología

Inicialmente se realizó un estudio de las diferentes plataformas de virtualización y soluciones de clúster existentes y además de las aplicaciones que se ejecutan en la FIEC. Los equipos que se utilizaron fueron dos computadores de escritorio marca HP con Intel® Core (TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz, 8.00 GB de RAM, una tarjeta de red Intel® 82579LM Gigabit Network Connection y una tarjeta de red externa marca D’Link; un computador con Intel® Core 2 Duo 2.53 GHz, 2GB de memoria RAM y un disco duro de 1 TB; y dos conmutadores. Las plataformas de virtualización que se probaron fueron el rol Hyper-V de Windows Server 2012 R2 [1] (Figura 1 (a)) y el hipervisor Xen [2] en los modos de virtualización completa y paravirtualización, instalado sobre el S.O. Fedora (Figura 1 (b)), las cuales fueron sometidas a pruebas de estrés. Las soluciones de clúster que se probaron fueron el stack conformado por Pacemaker [3], CMAN [4] y Corosync [5] y el complemento de alta disponibilidad de Red Hat [6], a las cuales se les inyectó dos tipos de fallo para medir el tiempo de recuperación de los servicios.



**Figura 1.** Diseño de escenarios de virtualización  
a) Hipervisor Hyper-V b) Hipervisor Xen

Para llevar a cabo el análisis comparativo de las tres plataformas de virtualización seleccionadas se utilizaron la técnica de carga de trabajo “stress” y “apache benchmarking”, dando como resultado seis

escenarios de prueba. A cada máquina virtual correspondiente a cada una de las plataformas de virtualización elegidas se les instaló el sistema operativo CentOS 6.5, y cuyas características de hardware virtual fueron 1 GB de memoria RAM, 1 CPU Virtual y 20 GB de disco duro. Se hizo uso del comando sar para recolectar la información acerca del rendimiento de la memoria RAM y del CPU.

Por otro lado, para realizar el análisis comparativo de las dos soluciones de clúster elegidas se aplicaron dos técnicas de inyección de fallo, una a nivel de nodos y la otra a nivel de servicios. Además se realizó la migración de los recursos de manera manual desde uno de los nodos del clúster hacia el otro. Para cada solución de clúster se creó un clúster de servidores web y uno de servidores de bases de datos, obteniendo así cuatro escenarios de prueba. El parámetro de comparación entre las dos soluciones fue el tiempo de recuperación luego de inyectar las técnicas de fallo respectivas. La información del tiempo de respuesta se la obtuvo de los logs de los servicios web y de base de datos implementados en cada uno de los escenarios de pruebas.

Luego de obtener los resultados de las diferentes pruebas que se realizaron se procedió a elaborar el diseño final de la solución de alta disponibilidad a implementar.

## 3. Análisis de resultados de los diferentes escenarios de virtualización y soluciones de clúster

Durante las pruebas de las plataformas de virtualización, los resultados obtenidos del promedio de consumo de memoria RAM, como se observa en la figura 2, muestran que al generar carga de trabajo con la prueba ab, la plataforma de virtualización Xen en modo de paravirtualización presentó el menor consumo de memoria RAM con un 56,03%, seguida del hipervisor Hyper-V con un 59,85%, y posterior a ellos, Xen en el modo de virtualización completa presentó un mayor consumo de memoria RAM con un 93,19%, el cual fue un valor extremadamente grande comparado con los otros dos que diferían en tan solo un 3,82%. Este primer análisis permitió concluir que la plataforma de virtualización Xen en modo de virtualización completa no es recomendada para alojar servidores web, debido al alto consumo de memoria RAM que presenta.



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Por otro lado, al realizar la prueba stress en las tres plataformas de virtualización, se observó un consumo similar en todos los hipervisores, siendo el hipervisor Xen quien presentó el menor consumo de memoria RAM con valores de 78,04 % y 79,55% para los modos de virtualización completa y paravirtualización, respectivamente. Hyper-V, por su lado presentó un consumo de 86,51% de memoria RAM en la prueba stress.

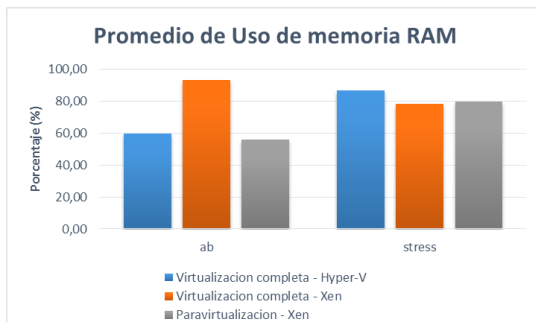


Figura 2. Promedio de Uso de memoria RAM

Los resultados de las pruebas para medir el consumo de CPU se muestran en la Figura 3. Al realizar la prueba ab, Hyper-V presentó el menor consumo de CPU por parte del sistema, con un 40,20%, seguido de Xen en modo de paravirtualización con un 46,81% y Xen en modo de virtualización completa con el mayor consumo de CPU con un 54,89%. Para la prueba stress en cambio, el Hipervisor Xen en modo de virtualización completa presentó el menor rendimiento con un 80,93% seguido del mismo hipervisor pero en modo de paravirtualización con un 83,72%, y finalmente el que consumió más de este recurso, por parte del sistema fue Hyper-V con un 84,67%.

Con la prueba ab, Xen mostró menor consumo de CPU para las técnicas de Virtualización Completa y Paravirtualización, con 19,24% y 19,28%, respectivamente. Hyper-V presentó un mayor consumo de CPU en el modo de ejecución usuario con un 21,55%. En la prueba stress, sin embargo, Hyper-V tuvo un menor consumo de CPU con un 15,33% seguido de Xen en modo de paravirtualización con 16,28% y Xen en modo de virtualización completa con un 18,68%.

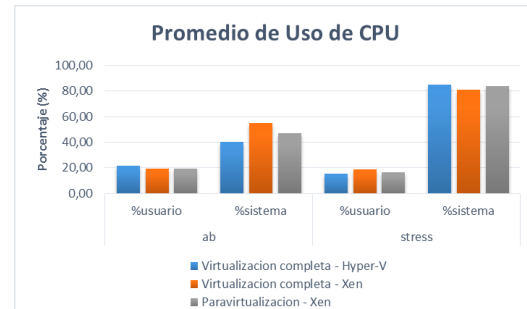


Figura 3. Promedio de Uso de CPU

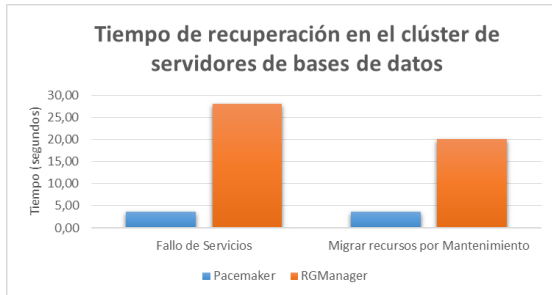
Por otra parte, los resultados que se obtuvieron de las dos soluciones de clúster que se probaron, giraron en torno a las técnicas de inyección de fallo que se aplicaron. Para hacer la comparación nos referiremos a estas dos soluciones con el nombre de los administradores de recursos de clúster, es decir Pacemaker y RGManager. Las técnicas de inyección de fallo se dieron a nivel de servicios y a nivel de fallo de los nodos de los clústeres. Las figuras 4 y 5 muestran los resultados obtenidos al aplicar tales técnicas, para el clúster de servidores de base de datos y el clúster de servidores web, respectivamente.

Los resultados de la técnica de inyección de fallo a nivel de servicios para el clúster de Servidores de bases de datos, muestran que el tiempo de respuesta de Pacemaker fue de 3,67 segundos, mientras que el tiempo de respuesta de RGManager fue de 27,94 segundos. Así mismo, para el clúster de servidores web, el tiempo de respuesta de Pacemaker fue de 6,33 segundos, mientras que RGManager presentó un tiempo de respuesta de 28,90 segundos.

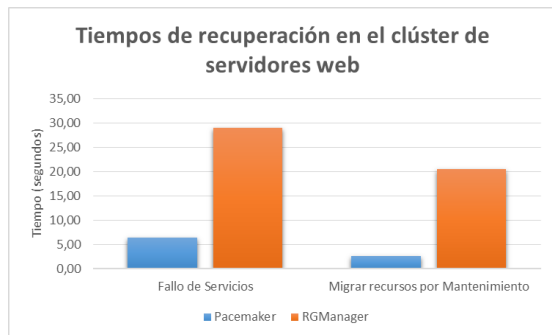
Cuando se aplicó la técnica de inyección de fallo a nivel de nodos, Pacemaker reaccionó favorablemente, dando un tiempo de recuperación ante el fallo de 10,17 segundos en el clúster de servidores de bases de datos, y de 9,43 segundos en el clúster de servidores web. Sin embargo al momento de aplicar esta técnica de inyección de fallo, RGManager no pudo realizar la conmutación.

La migración de los recursos de manera manual dieron como resultado que Pacemaker demoraba 3,58 segundos en promedio para migrar los recursos del nodo activo al otro nodo, mientras que RGManager demoró 20,14 segundos en migrarlos, para el clúster de bases de datos. Los tiempos de respuesta al migrar los

recursos en el clúster Web fueron 2,60 segundos con Pacemaker y 20,42 segundos en RGManager.



**Figura 4.** Tiempo de recuperación en el clúster de servidores de bases de datos



**Figura 5.** Tiempo de recuperación en el clúster de servidores web

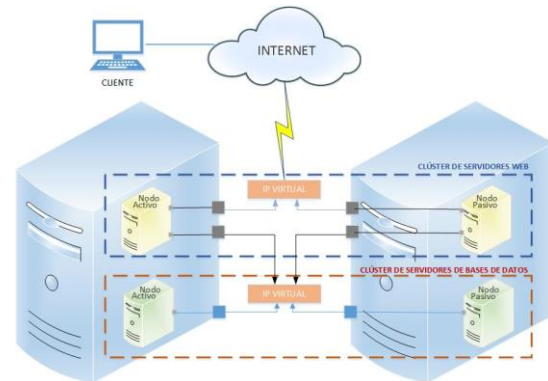
#### 4. Diseño e Implementación de la solución de alta disponibilidad

En base a los resultados obtenidos de las pruebas de rendimiento se seleccionó al hipervisor Xen en modo de paravirtualización como la plataforma a utilizar en la implementación final, por su bajo consumo de recursos y además por ser de código abierto y de libre distribución.

Por su parte, los resultados obtenidos de las pruebas que se hicieron para las dos soluciones de clúster, mostraron que Pacemaker en todos los casos presentó un tiempo de respuesta menor ante un fallo en comparación con los tiempos de recuperación de RGManager.

Fue así como se utilizó la plataforma de virtualización Xen para instalar los servidores virtuales web y de bases de datos en cada uno de los servidores físicos (Figura 6). El hardware virtual de los nodos que

conformarían el clúster se modificó, aumentando la capacidad de memoria RAM a 3Gb, y se cambió el número de CPUs virtuales de uno a dos. Los dos servidores virtuales de bases de datos instalados en los servidores físicos, uno en cada máquina, fueron los nodos que formaron el clúster de servidores de bases de datos, el cual tuvo una IP en común denominada IP Virtual, a través de la cual los servidores web tendrían acceso a la bases de datos. Los otros dos servidores virtuales Web también fueron instalados, uno en cada servidor físico. Asimismo estos dos servidores virtuales fueron los nodos que formaron el clúster de servidores web, el cual también tuvo una IP virtual a través de la cual los clientes tuviesen acceso a los diferentes servicios web, que presta la facultad.



**Figura 6.** Diagrama de la topología lógica de la solución de alta disponibilidad para los servidores de la FIEC.

La figura 7 muestra la topología física de la implementación de la solución de alta disponibilidad. En ella, se puede apreciar los tres computadores de escritorio que fueron los equipos donde se alojaron los nodos del clúster y el almacenamiento compartido, el cual contenía tanto las aplicaciones web como las bases de datos. Las dos interfaces de red de los servidores físicos donde estaban instalados los nodos del clúster, permitían la comunicación con la red A y con la red B, respectivamente. A través de La red A los nodos podían monitorearse continuamente con la técnica Heartbeat, y además tenían acceso al almacenamiento compartido. Por su parte las interfaces conectadas a la red B, permitieron que los equipos tengan acceso a internet.

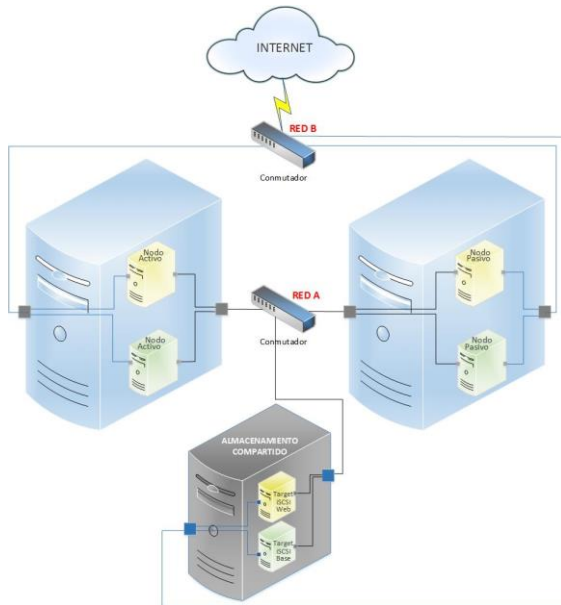


Figura 7. Diagrama de la topología física del diseño de alta disponibilidad

A las configuraciones del clúster que se hicieron para las pruebas se les adicionó la creación de los recursos `iscsiUnit` y `iscsi-mount`, que permitirían tener acceso al almacenamiento compartido. Finalmente se procedió a instalar algunas de las aplicaciones de la FIEC, las cuales son Nemesis, Reservar Salas, Certifiec, ARAFIEC y SATT, que se alojaron en el almacenamiento compartido, junto con sus respectivas bases de datos.

## 5. Conclusiones

Las plataformas de virtualización permiten un ahorro de los recursos de hardware que se usan dentro de una infraestructura tecnológica.

La plataforma de virtualización Xen en modo de paravirtualización, presentó un menor consumo de memoria RAM en promedio, que las otras dos plataformas al momento de realizar la prueba de carga de trabajo ab.

La plataforma de virtualización Hyper-V presentó un menor consumo de CPU en promedio, que las otras dos plataformas de virtualización al realizar la prueba de carga de trabajo stress.

El complemento de alta disponibilidad de RedHat, demora más tiempo en restaurar los servicios que sufrieron algún fallo, debido a que utiliza una lista con todos los recursos y servicios y los va monitoreando uno a uno durante un período de 10 segundos, de manera que luego de monitorear un recurso, este debe esperar a que los otros sean monitoreados según el orden de la lista que posee RGManager.

Pacemaker realiza el monitoreo de los recursos de manera individual, de manera que si uno de los servicios falla, Pacemaker lo detectará de forma más rápida y por consiguiente el tiempo de respuesta ante un fallo será menor que el de RGManager.

El desarrollo de nuevas tecnologías con software libre, permiten la implementación económica y eficaz de soluciones que permiten aumentar el rendimiento y la disponibilidad de los servidores.

## 6. Recomendaciones

Realizar en un futuro la implementación de este proyecto sobre servidores físicos especializados, que permitan agregar funcionalidades que por limitaciones de los equipos usados, no se pudo realizar.

Utilizar hardware más potente que permita una rápida comunicación entre los nodos que conforman el clúster.

Crear configuraciones de redes redundantes que permitan fortalecer la solución de alta disponibilidad.

Agregar la implementación de una solución de recuperación de desastres, que permita realizar un backup del almacenamiento compartido y así fortalecer la implementación de la solución de alta disponibilidad.

## Referencias

[1] Instalar el rol Hyper-V y configurar una máquina virtual, Disponible: <https://technet.microsoft.com/es-es/library/hh846766.aspx> Fecha de consulta: Mayo 2015

[2] The Xen Project™, Disponible: <http://www.xenproject.org/> Fecha de consulta: Mayo 2015



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



[3] Pacemaker A scalable High Availability cluster resource manager, Disponible: <http://clusterlabs.org/>  
Fecha de consulta: Mayo 2015

[4] Corosync, The corosync cluster engine, Disponible: <http://corosync.github.io/corosync/> Fecha de consulta: Mayo 2015

[5] CMAN Project, Disponible: <https://www.sourceware.org/cluster/cman/> Fecha de consulta: Mayo 2015

[6] Red Hat Enterprise Linux 6 High Availability Add-On Overview, Disponible: <https://access.redhat.com/>  
Fecha de consulta: Mayo 2015