

## Beneficios de la instalación de drivers VirtIO en la virtualización de servidores Benefits of Installing VirtIO Drivers in Server Virtualization

Jesús Pacheco Leyva<sup>1\*</sup>

[0000-0001-7888-5839](mailto:jpacheco.cmw@infomed.sld.cu)

Reinier Lugo García<sup>2</sup>

[0009-0004-7736-0407](mailto:rlugo@infomed.sld.cu)

<sup>1</sup> Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Filial Ciencias Médicas Nuevitas. Departamento de Informática Médica. Camagüey, Cuba.

<sup>2</sup> Hospital Docente Martín Chang de Nuevitas, Cuba.

\*Autor para la correspondencia (email): [jpacheco.cmw@infomed.sld.cu](mailto:jpacheco.cmw@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** La investigación continua de la utilización y rendimiento de los recursos informáticos, ha sido un pilar en la creación de nuevas tecnologías; la gestión de procesos beneficiosos como la virtualización de servidores, hace posible que cada servidor virtual actúe como un único dispositivo físico, que puede ejecutar sus propias aplicaciones y sistema operativo.

**Objetivo:** Mostrar las ventajas de la instalación de drivers virtIO en la Virtualización de los servidores, lo que permite aprovechar de manera óptima la infraestructura de dispositivos destinadas a esta función en el Hospital Docente Martín Chang de Nuevitas.

**Métodos:** Se realizó un estudio experimental donde se manipularon las variables y compararon los resultados. Se analizaron los recursos consumidos, en específico RAM y CPU en un servidor virtualizado utilizando la plataforma Proxmox Virtual Environment (VE) sin y con el uso de los drivers virtIO.

**Resultados:** Mejor rendimiento al usar menos recursos físicos del servidor una vez instalados los drivers virtIO en los servidores virtualizados.

**Conclusiones:** El uso de los drivers virtIO funciona de manera eficaz y eficiente, a través de una capa de abstracción, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mejor utilización de los recursos del sistema.

**Palabras clave:** virtualización; drivers virtIO; plataforma Proxmox.



## ABSTRACT

**Introduction:** Continuous research into improving the use and performance of computing resources has been a pillar in the creation of new technologies with the management of beneficial processes in institutions such as server virtualization, allowing each virtual server to act as a single physical device where each virtual server can run its own applications and its own operating system.

**Objective:** To show the advantages of installing VirtIO drivers in the Virtualization of servers that allows optimal use of the infrastructure of devices intended for this function at the Martín Chang Teaching Hospital in Nuevitas.

**Methods:** An experimental research study was carried out where the variables were manipulated and the results were compared. To obtain the information, the resources consumed such as RAM and CPU were taken into account on a virtualized server using the Proxmox Virtual Environment platform (VE) without and with the use of VirtIO drivers.

**Results:** Better performance is obtained by using fewer physical server resources once the VirtIO drivers are installed on the virtualized servers.

**Conclusions:** The use of VirtIO drivers works effectively and efficiently through an abstraction layer, which results in better performance and better utilization of system resources.

**Keywords:** Virtualization; VirtIO drivers; Proxmox platform.

**Recibido:** 22/04/2024

**Aprobado:** 11/09/2024

## Introducción

El proceso de la virtualización de la enseñanza en Cuba, trajo consigo inquietud para las instituciones educativas que no estaban centradas en la creación de entornos virtuales de aprendizaje y que no poseían suficiente capacidad de servidores, en algunas instituciones el equipamiento para brindar este servicio estaba obsoleto debido al alto costo en el mercado actual. La crisis sanitaria provocada por la pandemia COVID-19 evidenció la necesidad de optimizar los recursos y medios informáticos para un buen desempeño.<sup>(1),(2)</sup> La virtualización de los procesos en la educación superior es uno de los cimientos fundamentales de la calidad educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje (EA), permitiendo el progreso de los programas de estudios; beneficiando a estudiantes y profesores al mantener una comunicación efectiva a distancia en todo momento.

Las tecnologías de la información establecidas en el sistema educativo generan innovación, mejorándolo y optimizando su funcionamiento. La educación virtual tiene cada vez más influencia en el proceso de EA. En Cuba se introdujeron de forma paulatina plataformas como



MEDCAMPUS y Moodle, que se adaptaron a los requerimientos de los diferentes centros y se generalizaron casi de forma simultánea y rápida.<sup>(3)</sup>

Para lograr una eficiente virtualización de todas estas plataformas educativas es preciso contar con una infraestructura lo más robusta posible que permita brindar un servicio eficiente.

Un servidor físico se refiere a un servidor compuesto por una placa base, CPU, memoria y controladores IO (entrada/salida). Se considera un servidor bare-metal porque su hardware es utilizado directamente por un sistema operativo en lugar de una plataforma de software. Es un equipo informático que almacena, distribuye y suministra información. Los servidores funcionan basándose en la arquitectura “cliente-servidor”. El cliente, puede ser igualmente un ordenador como una aplicación y para recibir la información recabada al servidor, debe estar autorizado ante este.<sup>(4), (5)</sup>

Los servidores pueden ser físicos o virtuales. Los servidores físicos están constituidos por una máquina, a la que se llama host o anfitrión, integrada a una red de nodos basados en software. Los servidores virtuales (VPS, siglas de Virtual Private Server), son programas que brindan servicios a otros programas (clientes).<sup>(6)</sup>

Durante muchos años, ejecutar servidores físicos fue la única opción. Los centros de datos estaban llenos de servidores dedicados y cada uno hacía lo suyo y, en ese sentido, la administración era simple. Si había un problema con un servidor, solo se afectaba ese servidor y los administradores podían dirigir toda su atención hacia él para la solución de problemas y el mantenimiento. Sin embargo, el espacio de piso necesario en el centro de datos para servidores dedicados tiene un alto costo. Además, la mayoría de las organizaciones encontraron que los servidores solo funcionaban a una pequeña fracción de su capacidad.<sup>(4)</sup>

La virtualización es un proceso en el cual un software básicamente imita las características o recursos de un hardware y de esta manera se crea un sistema informático emulado o virtual, logrando así eliminar la necesidad de adquirir otro hardware para levantar un servicio, mejorando la agilidad, escalabilidad y flexibilidad de la infraestructura de tecnologías de la información.<sup>(7)</sup>

Un servidor virtual es una forma que permite la creación y gestión de uno o más servidores virtuales en un único servidor físico. Cada servidor virtual tiene su propio sistema operativo, recursos y configuración independientes, lo que permite a varias aplicaciones y sistemas operativos coexistir en un único servidor físico.

Los servidores virtuales ofrecen beneficios como la optimización del uso de recursos, la flexibilidad para escalar o reducir capacidades según sea necesario y la capacidad de gestionar múltiples servidores virtuales de forma centralizada. Además, permiten una mayor eficiencia energética y reducen los costos asociados al mantenimiento, ya que es posible virtualizar múltiples servidores en un solo hardware.<sup>(8),(9),(10)</sup>

Los servidores virtuales son una solución eficiente y escalable para alojar aplicaciones y sistemas operativos en entornos empresariales, donde una máquina física se puede dividir en muchas máquinas virtuales, cada una con su propio propósito. Algunos de sus beneficios son:



- Tanto la memoria como la capacidad de procesamiento son independientes del hardware.
- Es viable crear servidores remotos en una infraestructura virtual para gestionar el almacenamiento y la carga de trabajo.
- Disminuye significativamente el consumo de energía, número de equipos y espacio físico.
- En el caso de altas peticiones de almacenamiento o capacidad de procesamiento, se puede expandir a cloud público o privado.

La interfaz virtIO está diseñada para ser independiente del hardware subyacente y se implementa a través de controladores virtuales en el sistema operativo anfitrión y en el sistema operativo invitado. Esto permite que los dispositivos virtuales funcionen de manera eficaz y eficiente, a través de una capa de abstracción, sin dependencia de los detalles de hardware específicos.<sup>(11)</sup>

VirtIO es una interfaz para la virtualización de servidores. Es una especificación estándar que define una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API por sus siglas en inglés) para dispositivos virtuales, permitiendo a los sistemas operativos anfitriones (host) y a los sistemas operativos invitados (guest) comunicarse de manera eficiente.<sup>(12)</sup>

Los drivers virtIO proporcionan una interfaz de dispositivo virtualizado, lo que significa que la máquina virtual ve el dispositivo como si fuera un dispositivo físico real. Esto permite una comunicación más rápida y eficiente entre el sistema operativo anfitrión y la máquina virtual.

Actualmente la infraestructura Fedora alberga controladores VirtIO y agentes de software adicionales para máquinas virtuales Windows que se ejecutan en máquinas virtuales basadas en kernel (KVM, por sus siglas en inglés), esto facilita el proceso sobre todo de conexión a red ya que VirtIO es un estándar utilizado para la virtualización para controladores de dispositivos.<sup>(13)</sup> Estos controladores se utilizan generalmente en entornos de virtualización, como máquinas virtuales basadas en KVM o en VirtualBox permitiendo el funcionamiento y la comunicación eficiente entre un sistema operativo anfitrión y las máquinas virtuales que se ejecutan en él.

En virtualización, la emulación de hardware puede ser costosa en términos de rendimiento, ya que requiere traducción de instrucciones y puede introducir latencia. Los drivers virtIO eliminan la necesidad de emulación y permiten la comunicación directa entre el sistema operativo anfitrión y la máquina virtual, lo que resulta en un mejor rendimiento y una mejor utilización de los recursos del sistema.

En muchos espacios el rendimiento de la memoria RAM es un factor determinante para el rendimiento de un Servidor. Cuando se virtualiza una máquina se pasa a compartir el acceso a la memoria con N máquinas virtuales que pueden coexistir en el servidor físico y el propio host. En general existe una correlación entre el uso de CPU y los accesos a memoria pero se debe contextualizar en base a la carga.

En esta investigación se comparó el desempeño de dos de las principales máquinas virtuales existente en el host: la del servidor de dominio y la del servidor Versat Sarasola, debido a su



importancia en la institución. Versat Sarasola es un sistema contable que agrupa personas, recursos y conocimientos con la finalidad de recolectar, organizar, resumir y analizar la información que generan las transacciones, los hechos económicos y las actividades realizadas por la entidad.<sup>(14)</sup>

Se analizó el uso de herramientas para las pruebas de rendimiento y escalabilidad (benchmark ) pero teniendo en cuenta que la institución utiliza el sistema de virtualización Proxmox 4.2 el cual posee un administrador Web GUI basado en el marco de JavaScript ExtJS y puede usarla con cualquier navegador moderno, para configurar los servidores físicos, clústers y máquinas virtuales, se consideró innecesario instalar aplicaciones de terceros para medir el rendimiento del servidor virtual una vez instalado drivers virtIO.

El servidor Proxmox es una plataforma de virtualización de código abierto que se basa en el sistema operativo Linux.<sup>(15)</sup> Permite gestionar y virtualizar varios servidores virtuales en un solo sistema físico. Proxmox permite crear y administrar máquinas virtuales (VM) y contenedores basados en contenedores (LXC) de forma fácil y eficiente.<sup>(16),(17)</sup> Además proporciona una interfaz de usuario web intuitiva para administrar y monitorear servidores virtuales, lo cual la convierte en una herramienta muy útil desde el punto de vista tecnológico.<sup>(18),(19)</sup>

Proxmox admite varios controladores de dispositivo y cubre VirtIO y SCSI.

En Proxmox además de optimizar el almacenamiento, también es importante ajustar la configuración de las máquinas virtuales para mejorar su rendimiento. Una de las formas más efectivas de mejorar el rendimiento de ellas es asignarles más recursos de hardware (más memoria RAM y más CPU). No obstante asignar demasiados recursos de hardware a una máquina virtual puede incidir negativamente en el rendimiento de otras en el mismo servidor.

El objetivo de este trabajo es exponer las ventajas de la instalación de drivers virtIO en la Virtualización de los servidores con la plataforma Proxmox VE para aprovechar de manera óptima la infraestructura de equipos destinadas a esta función, teniendo en cuenta el rendimiento del CPU y la RAM; lo que optimiza el funcionamiento de las máquinas virtuales incluyendo las utilizadas para la virtualización del proceso de enseñanza aprendizaje.

## Método

Mediante el método analítico-sintético se estudió la bibliografía existente relacionada con el objeto de estudio, se aplicó la triangulación teórica de los resultados obtenidos de varias fuentes y el método experimental teniendo en cuenta dos momentos a estudiar uno antes de instalar drivers virtIO y otro después de instalado.



Como elemento constante los recursos asignados a la máquina virtual (MV), Procesador 3 núcleos , RAM 4GB y HDD 160GB, teniendo en cuenta que asignar demasiados recursos de hardware a una MV puede tener un impacto negativo en el rendimiento de otras MV en el mismo servidor y siguiendo como criterio para evitar la ralentización excesiva del procesamiento de CPU la propuesta de García Perellada y Garófalo Hernández (2015) que establece que cada núcleo real disponible en el ordenador anfitrión no debe atender más de 4 núcleos virtuales.<sup>(20)</sup>

El host o servidor físico cuenta con un procesador 16 x intel Xeon Silver 4110 a 2.10 GHz, RAM 16GB. Se realiza la comparación del desempeño antes de la instalación de los drivers virtIO y después de ser instalado, manteniendo como constante la misma carga en ambas pruebas. Los núcleos del CPU disponibles en el ordenador anfitrión (16x), determinan la cantidad de MV que pueden ser hospedadas, en dependencia de la cantidad de núcleos de CPU que se les desee asignar.

Se definieron como parámetros principales para medir el rendimiento de los dispositivos virtuales: el consumo de CPU y RAM, ya que estos parámetros representan componentes críticos en el desempeño de un servidor virtual.

## Resultados

Para el primer análisis se virtualizó el Versat Sarasola. En la figura 1 se observa el servidor con un consumo sostenido del CPU a 21.44 % sin la instalación de drivers virtIO.



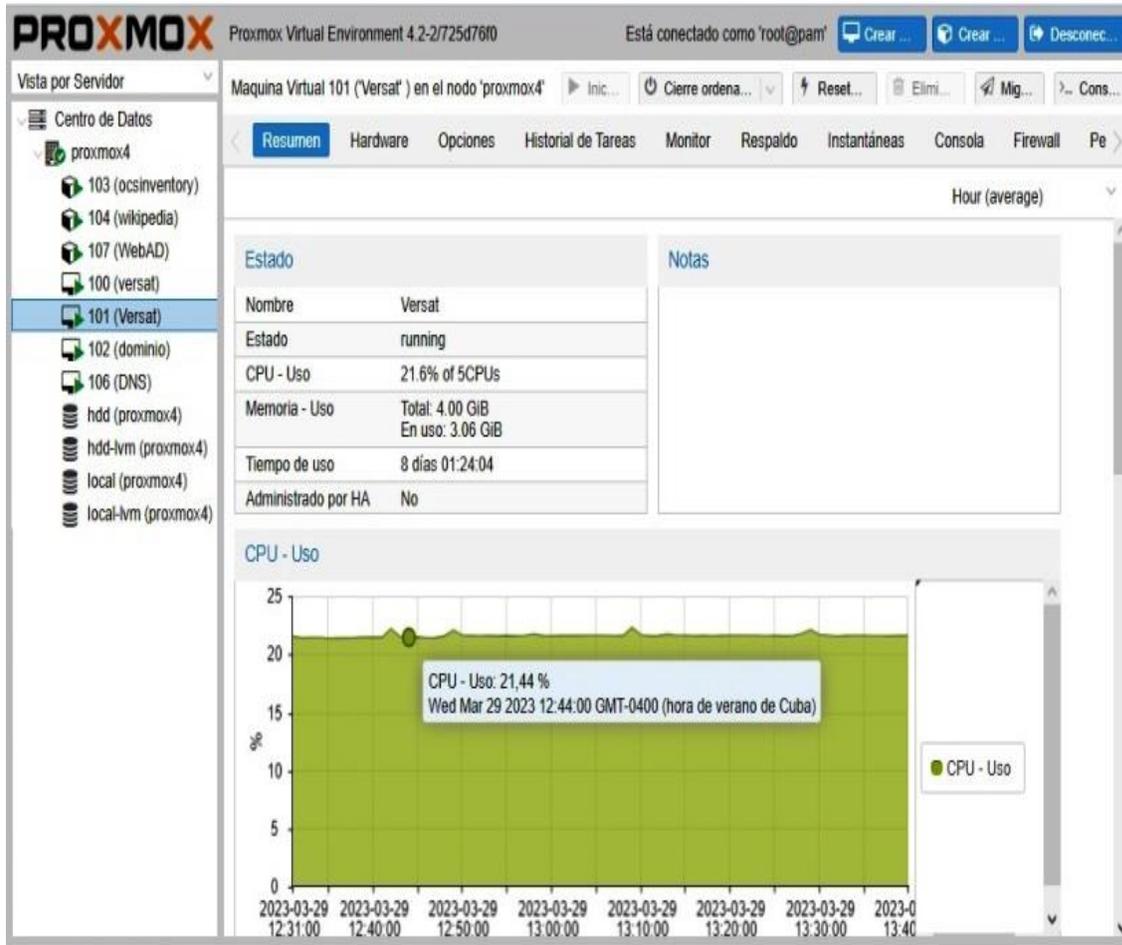


Fig. 1- Uso del CPU en el servidor Versat sin drivers virtio.

Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

Al instalar el driver virtIO como se puede constatar en la figura 2 del servidor virtualizado Versat, el consumo del CPU es 63,1% solo al inicio del arranque del servidor, lo cual es normalmente alto, dado que es un valor nominal de arranque por lo que no se tiene en cuenta. Luego baja a un consumo mínimo sostenido de 2.5 % del CPU, siendo considerablemente bajo comparado con el que tenía antes de la instalación del driver virtIO.



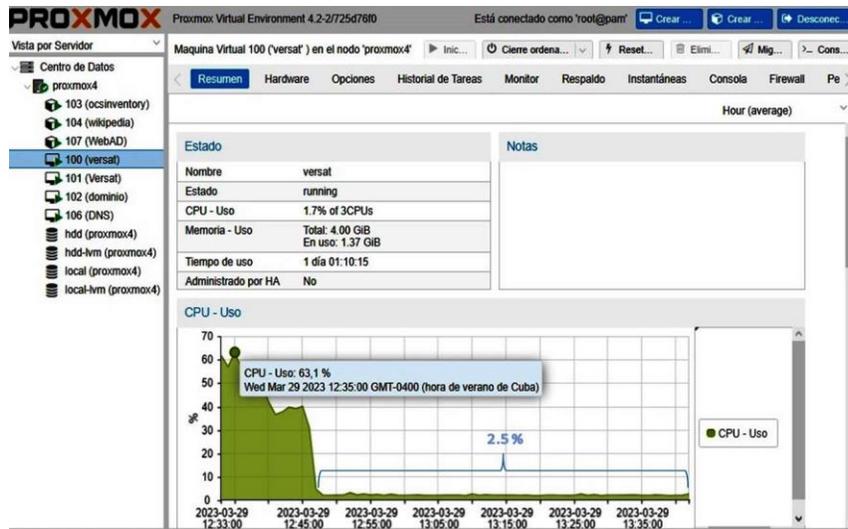


Fig. 2- Uso del CPU en el servidor Versat con drivers virtio.  
Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga,

En la Figura 3 se observa el servidor virtualizado de Versat sin drivers virtIO con un consumo sostenido de 3.28 GB de Memoria RAM.

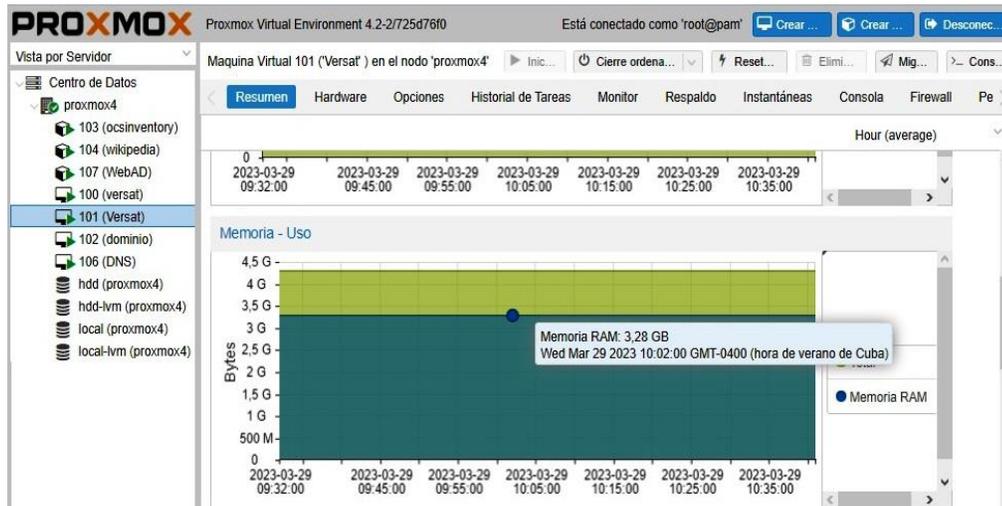


Fig. 3- Consumo de memoria RAM en el servidor Versat sin drivers virtIO.  
Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

Al instalar el driver virtIO (Fig. 4), en el servidor virtualizado de Versat se aprecia un consumo sostenido de 1.35 GB de Memoria RAM siendo menor comparado con el que tenía antes de la instalación del driver virtIO.



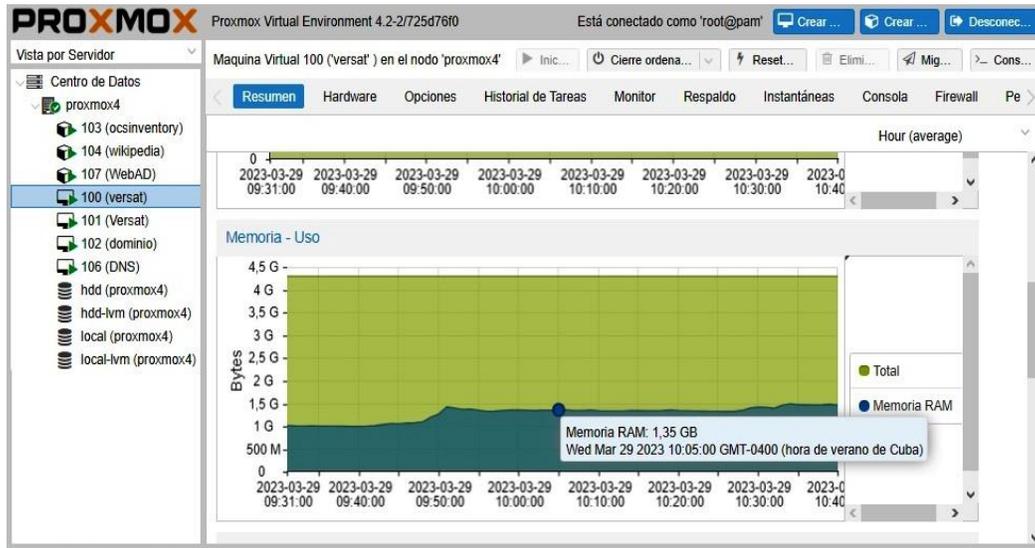


Fig. 4- Consumo de memoria RAM en el servidor Versat con drivers virtio.

Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

En la figura 5 se observa el servidor virtualizado de dominio con un consumo máximo del CPU a 1.6 %.

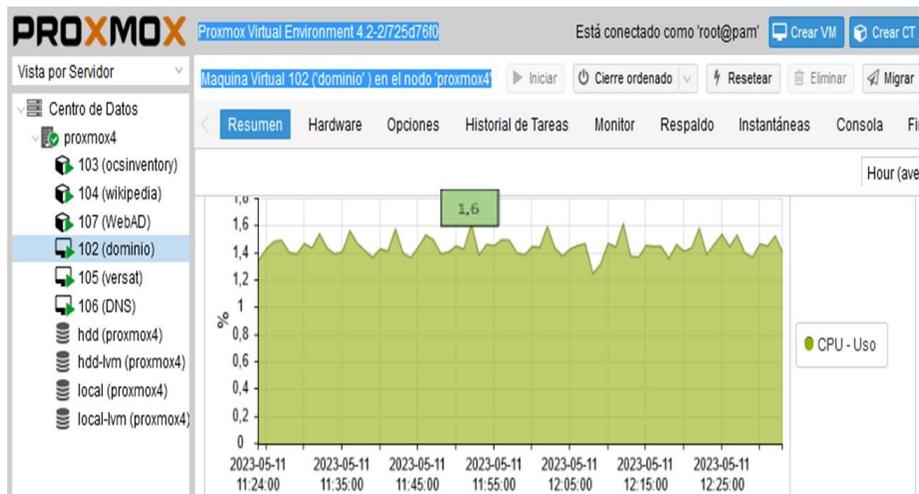
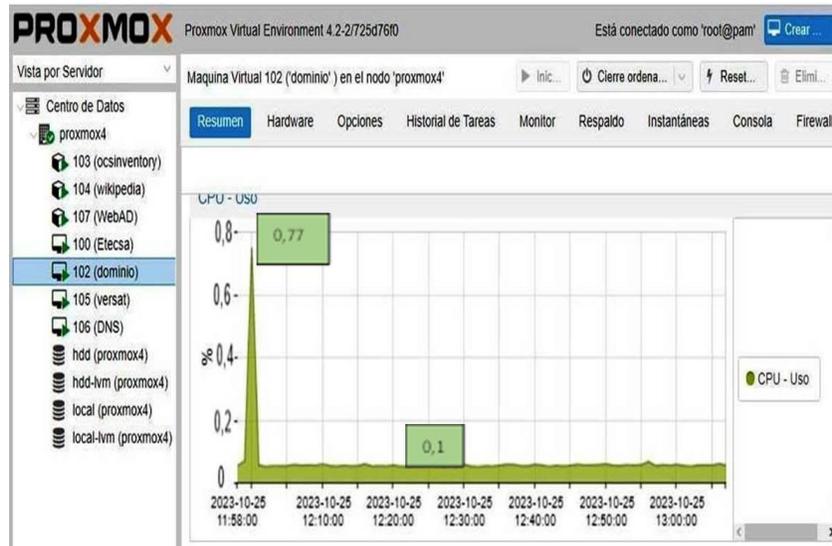


Fig. 5- Uso del CPU en el servidor de dominio sin drivers virtIO.

Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

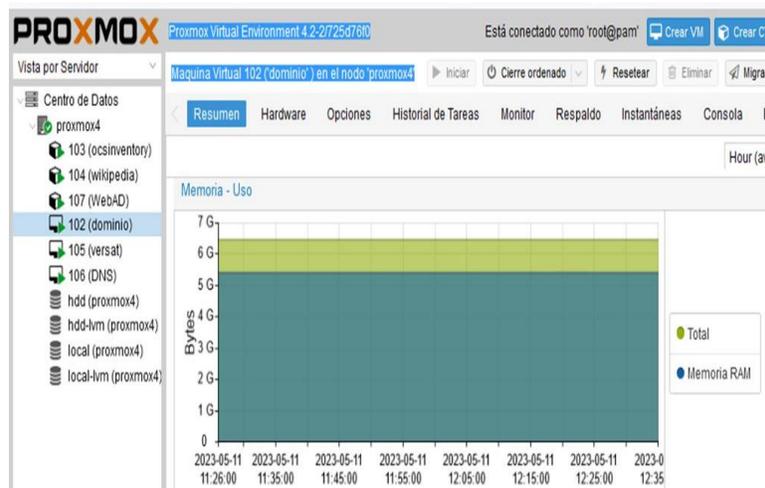


Como se puede observar en la figura 6 al instalar el driver virtIO en el servidor virtualizado de dominio se aprecia un pico de uso del CPU de 0.7 % y un consumo sostenido de 0.1 menor comparado con el que tenía antes de la instalación del driver virtIO.



**Fig.6-** Uso del CPU en el servidor de dominio con drivers virtIO.  
Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

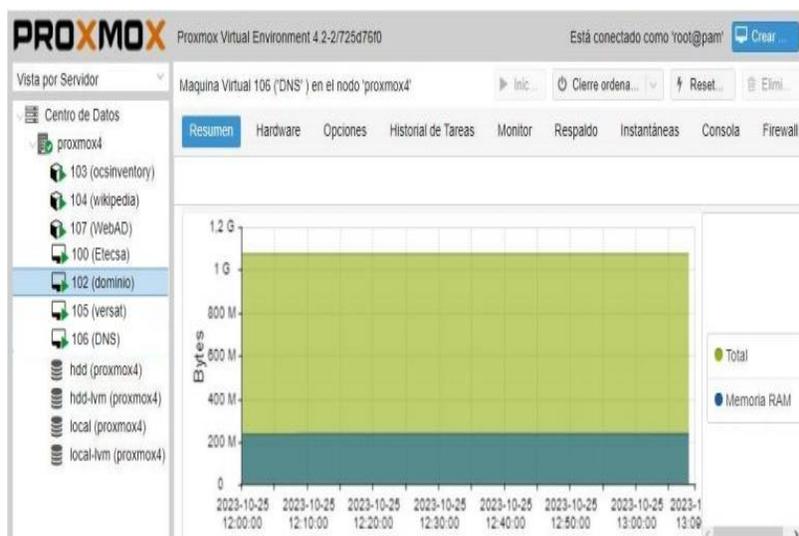
En la Figura 7 se observa el servidor virtualizado de dominio con un consumo sostenido de 5.3 GB de Memoria RAM.



**Fig.7-** Consumo de memoria RAM en el servidor dominio sin drivers virtIO.  
Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.



Al instalar el driver virtIO (Fig. 8), en el servidor virtualizado de dominio se aprecia un consumo sostenido de 200 Mb de Memoria RAM, siendo considerablemente menor comparado con el que tenía antes de la instalación del driver virtIO.



**Fig. 8-** Consumo de memoria RAM en el servidor Versat con drivers virtIO.  
Fuente: Servidor Virtual del Hospital General Docente Martin Chang Puga.

En la tabla 1 se aprecia la considerable diferencia que existe entre antes y después de la instalación de drivers virtIO; traduciéndose esta diferencia en ganancia, ahorro de recursos de las máquinas virtuales. En el versat hay un consumo de CPU 21.4% y una vez instalado DV solo hay un consumo de 2.5 % con una diferencia de 18.94 % . En el caso de la memoria RAM hay un consumo de 3.28 GB, después de la instalación de DV solo ocupa 1.35 GB de RAM con una diferencia de 1.93 GB. De igual manera ocurre con el servidor de dominio de 1.6 % de uso del CPU, después de la instalación de DV solo hay un consumo de 0.1 % y en el caso de la RAM de 5.3 GB, después de la instalación de DV el consumo bajó considerablemente a 200 MB, cabe destacar que todas estas pruebas se realizaron con las mismas condiciones de carga en todos los casos.

Tabla 1- Resultados del uso del CPU y la RAM antes y después de las instalación de drivers virtIO.

Servidor	CPU Versat		RAM Versat		CPU Dominio		RAM Dominio	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
hots	21.44 %	2.5 %	3.28 GB	1.35 GB	1.6 %	0.1 %	5.3 GB	200 Mb
Procesador 16 x intel Xeon Silver 4110 2.10 GHz, 16GB RAM	Diferencia		Diferencia		Diferencia		Diferencia	
	18.94 %		1.93 GB		1.5 %		5.1 GB	



## Conclusiones

Se evidenció que la instalación de drivers virtIO es una opción eficiente para la virtualización de servidores, que proporciona ahorro y uso óptimo de los recursos de hardware. El uso de los drivers virtIO funciona de manera eficaz y eficiente, a través de una capa de abstracción, sin depender de los detalles de hardware específicos, eliminando la necesidad de emulación y permitiendo la comunicación directa entre el sistema operativo anfitrión y la máquina virtual, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mejor utilización de los recursos del sistema. Estos resultados benefician el proceso de enseñanza aprendizaje para el cual es importante contar con una infraestructura lo más robusta posible que contribuya a brindar un servicio eficiente.

## Referencias

1. Ramos González L, Díaz Ramos Y. La virtualización del proceso de enseñanza-aprendizaje como continuidad de la educación en tiempos de COVID-19. Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas [Internet]. 2021 [Citado 20 sep 2023]; 14(7):96-107. Disponible en: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/909>
2. Guevara Espinoza JC, Paredes Menéndez GE, Malo Toledo C, Morales Caguana EF. La virtualización del proceso de enseñanza - aprendizaje y el desafío de sus anomias en la universidad de Guayaquil. *Revista Universidad y Sociedad* [Internet]. 2022 [Citado 20 sep 2023];14(5):288-294. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202022000500288&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000500288&lng=es&tlng=es)
3. Luzbet Gómez FR, Laurencio Leyva A. La virtualización como alternativa para la educación de posgrado. *Revista Cubana de Educación Superior* [Internet]. 2020 [Citado 20 sep 2023];39(3):e17. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142020000300017&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000300017&lng=es&tlng=es)
4. Perdigón Llanes R, Ramírez Alonso R. Plataformas de software libre para la virtualización de servidores en pequeñas y medianas empresas cubanas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* [Internet]. 2020 [Citado 20 sep 2023];14(1):40-57. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992020000100040&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992020000100040&lng=es&tlng=es)
5. ¿Qué es un servidor y para qué sirve? [Internet]. España: TIC Portal; 2022 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://www.ticportal.es/glosario-tic/servidores>
6. Llanes R. Herramientas de software libre como solución de infraestructura de red -para PYMES cubanas. *Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas*[Internet]. 2022 [Citado 20 sep 2023];15(9):30-41. Disponible en: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1151>



7. Guinea C. Diferencias entre servidores virtuales y servidores físicos [Internet]. España: NoticiasCIO; 2022 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://noticiascio.com/servidores-virtuales-vs-servidores-fisicos/>
8. Solis DC. Virtualización de servidores: Ventajas y desventajas [Internet]. Argentina: OpenWebinars; 2022 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/virtualizacion-de-servidores-ventajas-y-desventajas/>
9. Moreira Aldeán DA. Virtualización para optimizar los recursos tecnológicos de las medianas empresas comerciales en la ciudad de Santo Domingo [Tesis Maestría]. Ecuador: Universidad Regional Autónoma de los Andes; 2022 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/15893/1/USD-SIS-EAC-003-2022.pdf>
10. Rodríguez Mosquera SA. Automatización de Centro de Datos: Infraestructura de Centros de Datos Virtuales [Tesis Maestría]. Quito: Escuela Politécnica Nacional; 2023 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25020>
11. Correa Bedón DO. Análisis del software de la Tienda Anita para la migración de datos en la nube [Tesis Maestría]. Ecuador: Universidad técnica de Babahoyo; 2023 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14985>
12. Rivas Alpizar A. Creación de una máquina virtual de Windows usando los drivers VirtIO [Internet]. La Habana: SYSADMINS DE CUBA; 2019 [Citado 20 sep 2023] Disponible en: <https://www.sysadminsdecuba.com/2019/01/creacion-de-una-maquina-virtual-de-windows-usando-los-drivers-virtio/>
13. ¿Cómo configurar un disco usando el controlador de VirtIO en Virtualization Station? [Internet]. España: QNAP; 2017 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://www.qnap.com/es-es/how-to/tutorial/article/c%C3%B3mo-configurar-un-disco-usando-el-controlador-de-virtio-en-virtualization-station>
14. Rodríguez del Cristo L. Los sistemas contables automatizados y su utilización en las entidades. Cofin Habana [Internet]. 2021. [Citado 20 sep 2023];15(1):e08. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612021000100008&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612021000100008&lng=es&tlng=es)
15. Cole R. Creando máquinas virtuales Windows usando controladores virt [Internet]. España: Fedora Docs; 2021 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://docs.fedoraproject.org/es/quick-docs/creating-windows-virtual-machines-using-virtio-drivers/>
16. Molina Álvarez MR. Análisis de la plataforma Proxmox como alternativa de software libre para virtualización de servidores [Tesis Maestría]. Quito: PUCE; 2023 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/22270?show=full>
17. Proxmox VE. Una plataforma open source completa y eficiente para la virtualización de tu empresa [Internet]. España: Genos Soporte Proxmox VE; 2023 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <https://genos.es/proxmox-ve/>
18. Molina Álvarez MR. *Análisis de la plataforma Proxmox como alternativa de software libre para virtualización de servidores* [Tesis Maestría]. Quito: PUCE; 2023 [Citado 20 sep 2023]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/22270>



19. Aponte Castro J. Herramienta PROXMOX como plataforma tecnológica para la virtualización de servidores en la organización. Revista *Aula Virtual* [Internet]. 2023 [Citado 20 sep 2023];4(9):220-31. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7601106>

20. Perellada LRG, Hernández CAG. Arquitectura de Referencia para el diseño y despliegue de Nubes Privadas/A Private Cloud's Reference Architecture Proposal. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones [Internet]. 2015 [Citado 20 sep 2023];36(1):1. Disponible en: <https://link.gale.com/apps/doc/A599186900/IFME?u=googlescholar&sid=bookmark-IFME&xid=85d5dba8>

#### **Conflicto de interés**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

#### **Declaración de autoría**

Jesús Pacheco: Dirigió el proyecto, recopiló información, análisis e interpretación de resultados.

Reinier Lugo: Documentación e información, dio acceso a los recursos de los servidores virtuales.

