

# DISEÑO DE PROTOTIPO DIDÁCTICO DE CÓMPUTO EN LA NUBE PARA EL DESPLIEGUE DE LABORATORIOS VIRTUALES

D. I. Gallardo Alvarez<sup>1</sup>  
J. P. Razón González<sup>2</sup>  
N. León Vega<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los avances en la tecnología han propiciado que las organizaciones vean al cómputo en la nube como la solución a muchos de sus problemas relacionados con infraestructura tecnológica. En específico para las instituciones educativas que imparten formación afín a las Tecnologías de Información, el cómputo en la nube aporta grandes ventajas para la implementación de laboratorios virtuales. Ante este panorama en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Irapuato, se observa un área de oportunidad para la obtención de aprendizaje significativo de y para los estudiantes del tecnológico, enfocada al despliegue de una nube institucional que ayude a solventar los problemas derivados de las limitantes de hardware especializado que requieren los alumnos de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales para desarrollar prácticas de laboratorio. Partiendo desde este enfoque, el presente trabajo plasma el estudio del modelo Infraestructura como Servicio (IaaS), a través del desarrollo de un prototipo realizado por dos estudiantes y tres profesores siguiendo la metodología PDIOO propuesta por Cisco Systems, que permita analizar sus ventajas en comparación con el método habitual conocido como “virtualización basada en host”, para proponerlo e incorporarlo como herramienta didáctica que apoye la innovación educativa dentro de la institución, que conduzca a un cambio significativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y por ende, fortalezca la formación de ingenieros.

## ANTECEDENTES

La creación de escenarios virtuales que técnicamente se conoce como “virtualización”, no es algo nuevo, la empresa IBM los utilizó a principios de los años sesenta para facilitar al máximo la capacidad de procesos de las grandes computadoras de aquella época y especialmente permitir que los usuarios pudieran ejecutar más de un sistema operativo en un gran ordenador (Joyanes, 2012).

Actualmente, existen diferentes tipos de virtualización y diferentes formas de implementarla, en el ámbito académico entre las más comunes se encuentra la virtualización basada en host que se refiere a una tecnología que permite crear múltiples entornos simulados o recursos dedicados desde un solo sistema de hardware físico. El software llamado "hipervisor" se conecta directamente con el hardware y permite dividir un sistema en entornos separados, diferentes y seguros, los cuales se denominan "máquinas virtuales" (VM). Estas VM dependen de la capacidad del hipervisor de separar los recursos de la máquina del hardware y distribuirlos adecuadamente (Red Hat, Inc., 2019).

Por su parte, el Cómputo en la Nube también conocido como “Informática en la nube” o simplemente “Nube”, ha abierto una nueva fase de la virtualización (Laverick, 2014). El cómputo en la nube es un modelo que permite el acceso bajo demanda a través de la red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo redes,

<sup>1</sup> Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. degallardo@itesi.edu.mx

<sup>2</sup> Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. jurazon@itesi.edu.mx

<sup>3</sup> Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. neleon@itesi.edu.mx

servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar rápidamente con el mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios (Joyanes, 2012).

Las dos tecnologías ofrecen grandes ventajas, pero, también tienen sus desventajas, incluso no son autónomas, ya que, la virtualización es uno de los pilares de la computación en la nube y, aunque con la virtualización se consiguen escenarios que difícilmente podrían lograrse con equipos físicos, sin duda alguna el cómputo en la nube ofrece entornos imposibles de implementar solo con la virtualización.

El cómputo en la nube se clasifica en tres modelos de servicio: Software como Servicio (SaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) e Infraestructura como Servicio (IaaS). IaaS proporciona acceso a recursos informáticos situados en un entorno virtual, la "nube", a través de una conexión pública o privada. Los recursos informáticos ofrecidos consisten en particular, en hardware virtual o, en otras palabras, infraestructura de procesamiento. Las empresas y organizaciones en general, están viendo en este modelo de servicio la solución a muchos de sus problemas de infraestructuras tecnológicas, pero para las instituciones educativas ¿cómo impacta contar con un modelo de este tipo en la formación de ingenieros?

En primer lugar, para las Instituciones de Educación Superior (IES), principalmente las escuelas de ingeniería, es esencial que cuenten con infraestructura básica y software que permita al alumno realizar prácticas actualizadas y acordes con su formación, ya que como Razón, Ortega y Lozano (2019) mencionan en el artículo “Impacto de la gestión de certificaciones internacionales en la inserción laboral de los ingenieros electromecánicos”, las prácticas de laboratorio deben considerarse un eje rector de las tendencias educativas para garantizar que el desarrollo de la vida profesional de los ingenieros sea exitoso.

Por otro lado, particularmente en el TecNM campus Irapuato, el uso de la computadora se ha convertido en una necesidad fundamental para la realización de prácticas de laboratorio, en específico, la ejecución de sistemas operativos de manera virtual es una práctica común que se requiere realizar por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, pero de acuerdo con experiencias de tres profesores que imparten materias relacionadas a las redes de computadoras se detecta la limitante de que no todos los alumnos cuentan con un computadora con la capacidad de ejecutar sistemas operativos que presenten la funcionalidad adecuada y con ello se observa que difícilmente se puede cubrir al cien por ciento la aplicación de la teoría, con lo que se desencadenan huecos conceptuales que se traducen en un aprendizaje deficiente y limitado.

Sin lugar a dudas, la implementación de un modelo IaaS conlleva grandes ventajas, por ejemplo, si se desea realizar una práctica de laboratorio que involucre la puesta en marcha de diferentes servidores esto puede lograrse mediante la “virtualización basada en host” con un solo equipo físico; sin embargo, la dificultad se presenta cuando no se tiene un equipo de cómputo con las características ideales para esta tarea, ya que, se exigen grandes cantidades de almacenamiento, se requiere más memoria y potencia de procesador. En cambio, con el cómputo en la nube, basta con que los estudiantes ejecuten una instancia de cada sistema operativo servidor que se desee implementar, sin necesidad inclusive, de instalar las propias

VM. En otras palabras, las instancias son VM que se ejecutan en la nube desde un navegador web del lado de los equipos cliente.

Ante este panorama y tomando en cuenta la problemática descrita anteriormente, este proyecto surge considerándolo como una excelente oportunidad para mejorar el proceso educativo de y para los alumnos de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales. El proyecto se centra en el desarrollo de un prototipo del modelo IaaS, con la participación de dos estudiantes, que permita crear instancias de sistemas operativos, con el fin de analizar la tecnología, compararla con la virtualización que actualmente utilizan los alumnos del tecnológico (en cuanto a rendimiento de hardware utilizado por los equipos cliente se refiere) y finalmente realizar pruebas de usabilidad, es decir, medir las experiencias que tiene una muestra de estudiantes para determinar la factibilidad del proyecto.

El objetivo esencial es aprovechar estos proyectos de innovación para que los estudiantes de ingeniería, bajo la guía y supervisión del profesor, fortalezcan sus conocimientos involucrándose con situaciones reales y desarrollen el perfil de egreso atendiendo las demandas actuales de los sectores público y privado. Además, inducir a que el alumno trabaje en este tipo de proyectos lo ayudará a fomentar el contacto con aspectos metodológicos de investigación, necesarios para realizar el estudio adecuado para una propuesta de solución.

Se presenta el procedimiento para el reclutamiento de alumnos participantes en este proyecto y cada una de las fases de la metodología seguida para la construcción del prototipo, finalmente se describen los resultados obtenidos así como las conclusiones a las que se ha llegado después de la culminación del estudio.

## **METODOLOGÍA**

Para iniciar el trabajo, en enero de 2019, se da a conocer el proyecto a los estudiantes bajo el esquema de banco de proyectos para titulación. Posteriormente, se realiza el proceso de asignación en el que se consideraron fundamentalmente dos aspectos:

1. Área de especialidad, que en este caso la competente es Redes de Computadoras debido al rubro del proyecto.
2. Actividades académicas. Este aspecto es valorado revisando el historial académico de los candidatos, con la finalidad de observar las materias pendientes por cursar para verificar la disponibilidad de tiempo que podrán invertir al proyecto.

Con la revisión de estos dos aspectos y considerando el alcance del proyecto como prototipo, se logra elegir a dos estudiantes aptos para la realización del mismo, quienes mediante la entrega de los formatos para titulación al departamento correspondiente, se responsabilizan del cumplimiento del mismo.

Por su parte, el desarrollo del prototipo se basa en las cinco fases de la metodología PDIOO propuesta por Cisco Systems: Planeación, Diseño, Implementación, Operación y Optimización, de ahí el origen de sus siglas (Cisco Systems, 2004).

Cada una de las fases cumple con su función específica y se relaciona con su antecesora y predecesora (ver Figura 1).

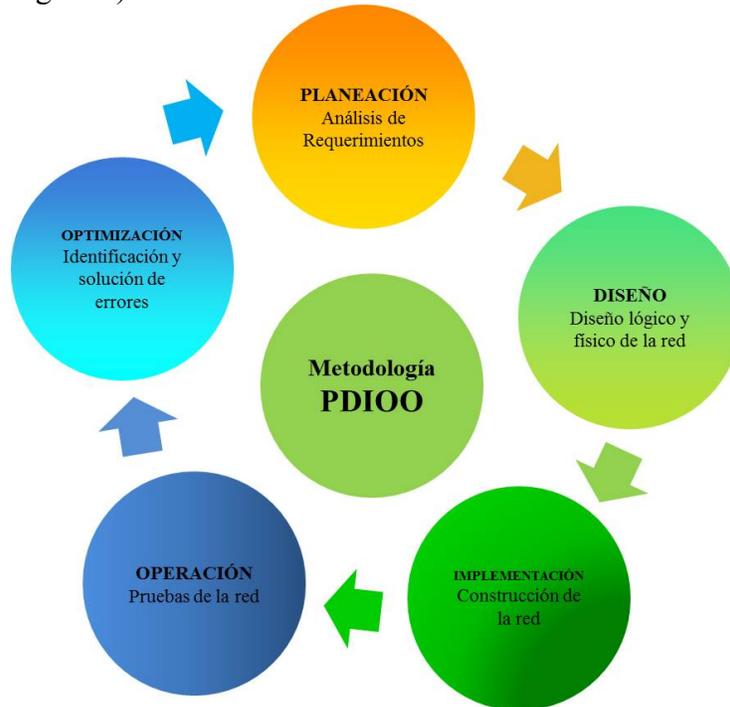


Figura 1. Metodología PDIOO. Cisco Systems (2004)

**Planeación**

En esta fase se requiere la consideración de cada componente a utilizar para el desarrollo del prototipo. En la Tabla 1 se describe tanto el hardware como el software utilizado:

**Tabla 1.** Características de hardware y software del equipo servidor

Hardware	Software	
Laptop de 16 GB de RAM, Procesador Intel Core i5 a 2.3 GHz, Disco duro de 1 TB	<b>Software de Virtualización:</b>	Virtual Box 6.0
	<b>Sistema Operativo:</b>	Ubuntu 16.04 Server (64-bit)
	<b>Software IaaS:</b>	OpenStack

Fuente: Elaboración propia

La computadora portátil desempeña el rol de servidor, es decir, es el equipo en el que se instala el software de virtualización para la implementación del sistema operativo Ubuntu, en el que a su vez se ejecuta la plataforma OpenStack y cada uno de los componentes necesarios.

OpenStack es un sistema operativo de nube del tipo IaaS de código abierto, conformado por varios componentes autónomos (ver Figura 2). Controla grandes grupos de recursos informáticos, de almacenamiento y de red, todos administrados y aprovisionados a través de una API (Application Programming Interface) con mecanismos de autenticación comunes.

También tiene un panel de control que brinda a los administradores el control y permite a sus usuarios aprovisionar recursos a través de una interfaz web (OpenStack, 2020).

What is OpenStack?

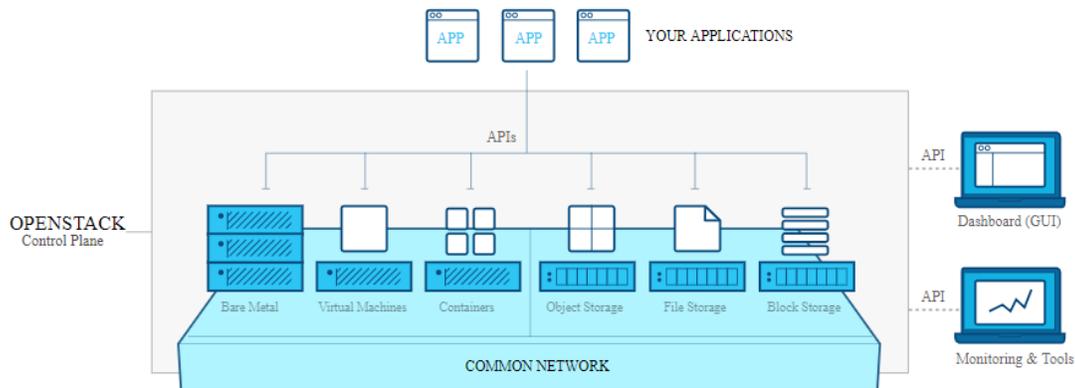


Figura 2. Estructura de OpenStack (2020)

**Diseño**

Debido al alcance de este proyecto y a las limitantes de equipo de cómputo que se tienen para el desarrollo del prototipo, se decide utilizar una infraestructura monolítica, que consiste en la instalación de todos los componentes de OpenStack en un solo equipo y no por separado, por tanto, la topología propuesta requiere de un servidor y al menos un cliente para realizar pruebas, interconectados por un conmutador como se observa en la Figura 3, para que a través de un inicio de sesión en la plataforma, el cliente pueda ejecutar una instancia.

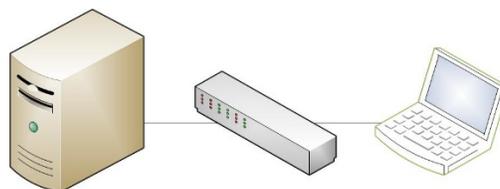


Figura 3. Topología de red. Elaboración propia

**Implementación**

Durante el desarrollo de esta etapa se realizó la instalación y configuración de los componentes necesarios para el cumplimiento del objetivo del prototipo especificado al inicio del proyecto. Cada paso de la implementación se documentó incluyendo pasos para reversión en caso de fallas, o rollback como se conoce en el lenguaje técnico.

**Operación**

En la fase operativa se llevaron a cabo las pruebas finales del diseño del prototipo. El equipo cliente usado para realizar las pruebas cuenta con las características de hardware mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de hardware del cliente

Componente	Características
Procesador	Intel Core i5 2.40GHz
Memoria RAM	8 Gb DDR3
Disco duro	1Tb

Fuente: Elaboración propia

Estas pruebas se enfocaron al funcionamiento del prototipo y al análisis de recursos de hardware (RAM y CPU) utilizados al crear una instancia del sistema operativo Windows 7, es decir, se ejecutó dicho sistema operativo desde un cliente conectado al servidor con tan solo el inicio de sesión en OpenStack.

### Optimización

En este estudio, esta fase se centró en la realización de pruebas de usabilidad con los estudiantes. Se eligió como muestra un grupo de 28 alumnos de la materia “Redes de Computadoras” del semestre agosto-diciembre 2019 de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales, considerando únicamente como criterio de elección el semestre cursado (sexto semestre). La prueba consistió en crear nuevamente una instancia del sistema operativo Windows 7 desde las computadoras personales de cada estudiante; cabe mencionar que, esta prueba se realizó en parejas debido a las características de hardware del servidor en el que se implementó OpenStack. Para el inicio de sesión simultáneo fue necesaria la creación de cuentas de usuario en la plataforma.

Una vez que los estudiantes interactuaron con el prototipo se hace necesario aplicar una encuesta con el objetivo de analizar la factibilidad del proyecto. En la tabla 3, se muestran los reactivos realizados.

**Tabla 3.** Cuestionario para estudiantes

No.	Pregunta	Respuesta			
1.	¿Tiene computadora portátil que pueda traer a la escuela?	SI	NO		
2.	¿Su computadora portátil soporta la virtualización?	SI	NO		
3.	¿Cuántas máquinas virtuales en ejecución soporta su computadora portátil?	1	2	3	Más de 3
4.	¿Al realizar prácticas de laboratorio enfocadas a la virtualización se ha visto afectado por el lento funcionamiento de su computadora portátil?	SI	NO		
5.	¿Considera necesaria una nube privada institucional para la realización de prácticas encargadas por los profesores?	SI	NO		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, las primeras cuatro preguntas se orientaron a la revisión de la problemática detectada y descrita anteriormente, la última pregunta se enfocó a la posibilidad de tener un modelo de cómputo en la nube como herramienta institucional.

### RESULTADOS

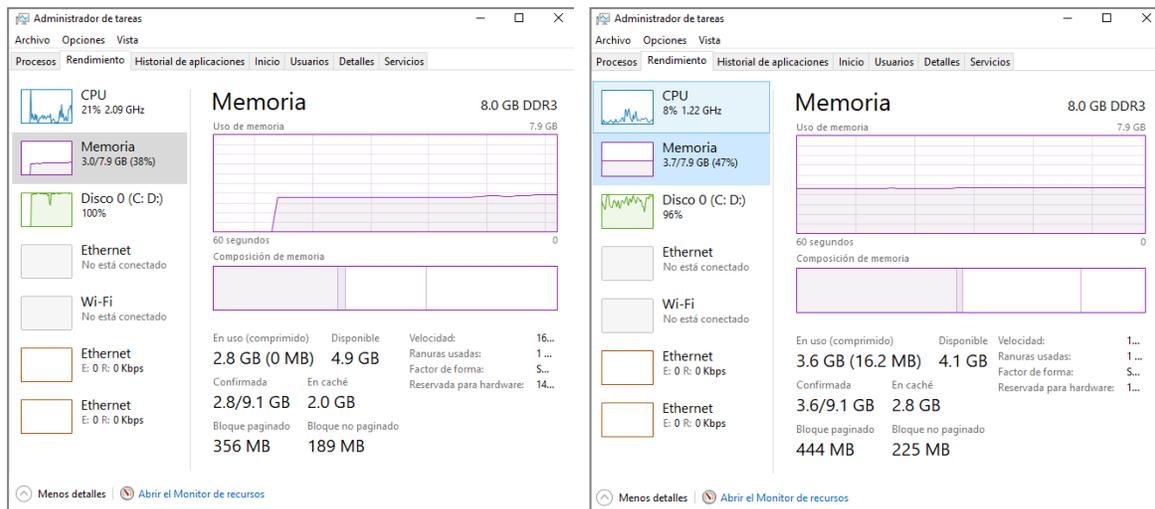
Los resultados que se han tenido con el desarrollo de este proyecto incitan a seguir motivando a los estudiantes para el aprovechamiento de la tecnología que tienen a su alcance y de esta manera consoliden una conducta autodidacta.

Los estudiantes con la participación en este proyecto han desarrollado habilidades y fortalecido competencias tales como trabajo en equipo, uso de nuevas tecnologías e interpretación de resultados, entre otras, que le ayudarán a una mejor reflexión para la toma de decisiones y la creación de ideas innovadoras en futuros proyectos que beneficien a la sociedad. Y aunado a esto, han logrado obtener su grado académico como Ingenieros en Sistemas Computacionales.

En cuestión tecnológica, se logró construir un prototipo que permita medir las ventajas que tiene el cómputo en la nube, relacionadas al uso de recursos de hardware. Esta valoración se efectuó realizando una comparativa de este contra la virtualización basada en host. Para ello, se desplegó un segundo escenario mediante el software “VirtualBox” y se ejecutó el mismo sistema operativo (Windows 7) montado en la plataforma.

Se visualizó el consumo de hardware del cliente al hacer uso de la plataforma IaaS y posteriormente al hacer uso de la virtualización basada en host; se usó la herramienta “administrador de tareas” en el equipo y se registró el consumo tras la ejecución del sistema operativo en ambos escenarios.

Primeramente, en la Figura 4 se presenta la comparativa de uso de memoria RAM. En el inciso a) se muestra el resultado del cliente al crear la instancia a partir de un sistema operativo alojado en la plataforma IaaS y en el inciso b) se muestra el resultado del cliente independiente a la plataforma IaaS, es decir, al utilizar la virtualización basada en host.



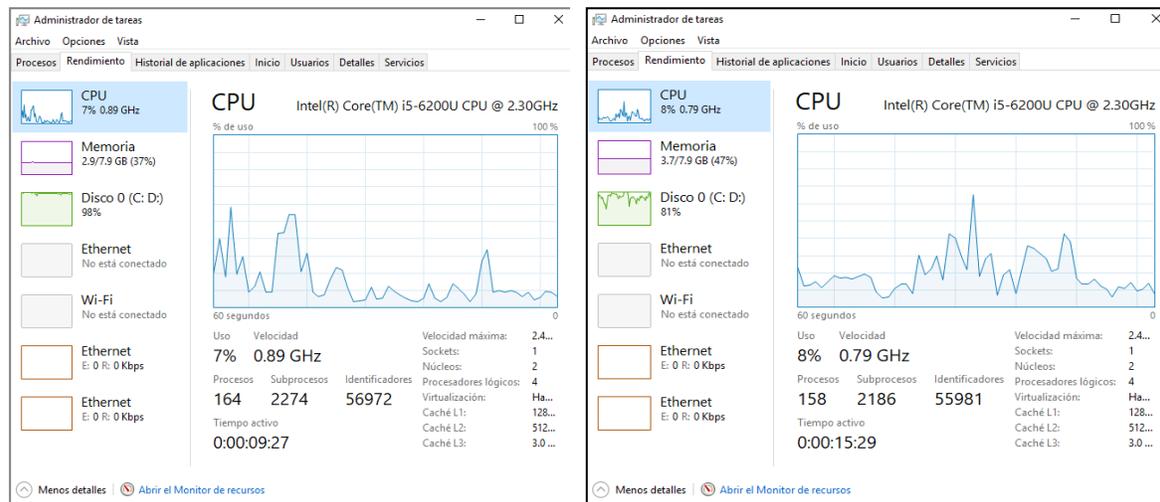
a) Consumo de RAM del cliente al utilizar la plataforma IaaS.

b) Consumo de RAM del cliente al utilizar virtualización basada en host.

Figura 4. Comparativa de memoria RAM. Elaboración propia

De esta evaluación se verifica que con el prototipo de IaaS, se presenta un mayor rendimiento, con una diferencia considerable en uso de memoria RAM respecto a una computadora que realiza virtualización por sí misma.

Por otro lado, en la Figura 5 se presenta la comparativa del rendimiento del procesador. En el inciso a) se muestra el resultado del equipo que ejecutó la instancia del sistema operativo alojado en la plataforma IaaS; en el inciso b) se muestra el rendimiento del procesador en la computadora independiente a la plataforma.



- a) Uso de procesador del cliente al utilizar la plataforma IaaS.      b) Uso de procesador del cliente al utilizar virtualización basada en host.

Figura 5. Comparativa de procesador. Elaboración propia

Con respecto a esta segunda valoración, se puede observar que de igual manera el procesador tiene un rendimiento mayor cuando la computadora hace uso de la plataforma IaaS.

La diferencia entre ejecutar el sistema operativo en el mismo equipo y ejecutarlo desde la nube es notable ya que el 100% del esfuerzo computacional recae en el servidor.

Cabe resaltar que, este prototipo fue desarrollado sobre una computadora portátil con características óptimas para examinar el funcionamiento de la tecnología OpenStack en un entorno de laboratorio, por lo que para un segundo proyecto se observa la necesidad de la implementación en un servidor dedicado o en un arreglo de computadoras para realizar un análisis profundo.

Finalmente, con respecto a los resultados de las encuestas realizadas a los estudiantes, en la Figura 6 se observan las estadísticas de cada reactivo.

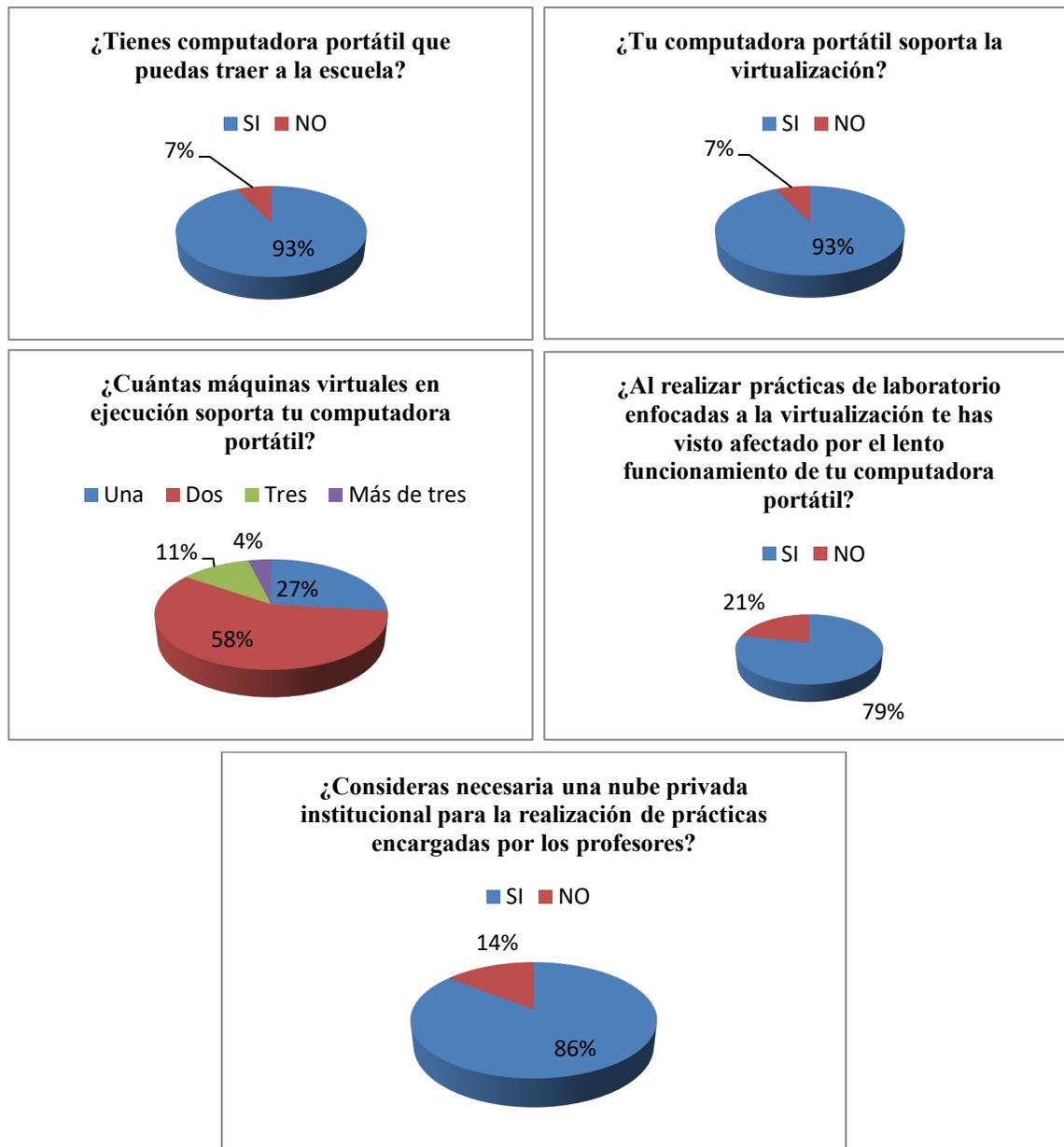


Figura 6. Resultados – Cuestionario a alumnos. Elaboración propia

Con estos resultados, se comprueba que la problemática descrita existe y que con una infraestructura de nube los estudiantes podrían realizar las prácticas de laboratorio sin la preocupación de limitantes de hardware de sus computadoras, que con gran posibilidad se concluye en un proceso de enseñanza- aprendizaje de calidad.

### CONCLUSIONES

Dada la importancia de una educación de calidad, las Instituciones de Educación Superior tienen ante sí la responsabilidad de buscar proyectos y herramientas que fortalezcan la formación de los estudiantes. En tema de innovación, las transformaciones tecnológicas imponen el reto, la necesidad y sobre todo la posibilidad de renovar las técnicas

de enseñanza y el tipo de material didáctico que se pone a disposición de los estudiantes y maestros.

El proyecto presentado en este trabajo puede no cubrir la totalidad de estudiantes de la especialidad de redes de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales del tecnológico, sin embargo, el conjunto de experiencias obtenidas por los profesores involucrados, han ayudado a ampliar el panorama sobre las áreas de oportunidad que los alumnos pueden aprovechar para mejorar su formación académica y consolidar un espíritu emprendedor que los lleve a innovar productos y/o servicios antes de egresar.

Con el diseño del prototipo de cómputo en la nube, se ha cumplido el resultado esperado en un 100%. Se logró desarrollar el prototipo obteniendo un sistema cloud funcional; OpenStack instalado y en operación sobre una topología monolítica. Se ha profundizado en su funcionamiento, arquitectura y el potencial que tiene este tipo de infraestructura, se ha analizado el rendimiento y las funcionalidades que ofrece.

Por otro lado, es importante enfatizar que, al hacer uso de las instancias, el hardware disponible en los equipos cliente no es tan relevante en términos de rendimiento, excepto en el caso del procesador y la tarjeta de red, por ello, para obtener mayor provecho de la IaaS lo recomendable para los equipos clientes (si son parte de la institución) es usar clientes livianos o ligeros.

Finalmente, la posibilidad de instalar, configurar y gestionar, en el ámbito educativo una infraestructura de nube, permitirá contar con una herramienta sin lugar a dudas flexible que ayude en el aprendizaje de los estudiantes a través de la interacción con una mayor diversidad de sistemas operativos.

## BIBLIOGRAFÍA

Cisco Systems, Inc. (2004). *CCDA Self-Study: Designing for Cisco Internetwork Solutions (DESGN)*. Cisco Press

Joyanes, L. (2012). *Computación en la nube - Estrategias del Cloud Computing en las empresas*. Alfaomega

Laverick, M. (2014). *¿Cómo la evolución de la virtualización redefinió los Centros de Datos eficientes?*. Recuperado de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Como-la-evolucion-de-la-virtualizacion-redifinio-los-centros-de-datos-eficientes>

OpenStack (2020). *Open source software for creating private and public clouds*. Recuperado de: <https://www.openstack.org/>

Razón, J., Ortega, F. y Lozano, A. (2019). Impacto de la gestión de certificaciones internacionales en la inserción laboral de los ingenieros electromecánicos. *Revista*

*ANFEI Digital*, (10). Recuperado de:  
<https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/495>

Red Hat, Inc. (2019). *Nube versus Virtualización*. Recuperado de:  
<https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/cloud-vs-virtualization#>