

Aplicación de un laboratorio remoto para la enseñanza del funcionamiento de componentes oleohidráulicos

Application of a remote laboratory for teaching the operation of oleohydraulic components

MORENO, Telmo J. 1; LÓPEZ, Santiago A. 2; OROZCO, Lenin S. 3 y BALSECA, Otto F. 4

Recibido: 24/01/2019 • Aprobado: 01/11/2019 • Publicado 11/11/2019

Contenido

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones

Referencias bibliográficas

RESUMEN:

El presente trabajo tiene como objetivo ofrecer a docentes y estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo un banco de pruebas operado remotamente, para la formación práctica en el área de la oleohidráulica. La característica principal es que permite al estudiante interactuar con un el equipo de manera fácil y económica. De manera práctica permite estudiar y comprender el funcionamiento de una bomba hidráulica analizando variables (presión, caudal y potencia) en condiciones reales. Por último, se elaboró una encuesta, para valorar la funcionalidad del equipo, el manejo de las herramientas disponibles y el conocimiento adquirido luego de la práctica, señalando los resultados que alcanzaron un buen aprendizaje. De esta manera, se concluye que el laboratorio remoto es una herramienta eficaz para la enseñanza de la oleohidráulica, pudiendo además utilizarse como un método de evaluación en esa asignatura.

Palabras clave: laboratorio remoto, enseñanza, oleohidráulica

ABSTRACT:

The present work has as objective to offer to the teachers and students of the Polytechnic School of Chimborazo a test bank operated remotely, for the practical training in the area of oleohydraulics. The main feature is that it allows the student to interact with the equipment in an easy and economic way. In a practical sense, it allows studying and understanding the operation of a hydraulic pump by analyzing variables (pressure, flow and power) in real conditions. Finally, a survey was prepared, in which laboratory users assessed the functionality of the equipment, the management of available tools and the knowledge acquired after practice, indicating that they achieved good learning. In this way, it is concluded that the remote laboratory is an effective tool for teaching oleohydraulics, and can also be used as an evaluation method.

Keywords: remote laboratory, teaching, oleohydraulics, hydraulic

1. Introducción

Esta investigación parte del interés por mejorar la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, específicamente en la asignatura de oleohidráulica del octavo semestre debido a que hoy en día la formación de un ingeniero requiere no solo de los fundamentos teóricos sino del dominio de técnico de equipos y herramientas de uso industrial, para ello se utilizan el método de enseñanza tradicionales de

carácter personal. Sin embargo, debido a factores de espacio y disponibilidad del laboratorio en la actualidad se utilizan métodos apoyados en la telemática y el uso del internet que ofrecen mejores posibilidades en cuanto al aprovechamiento de recursos.

En muchas universidades los docentes e investigadores trabajan en la implementación de laboratorios virtuales o remotos para la formación experimental de sus estudiantes. (Jara C et al, 2007). Son consideradas como valiosas herramientas desarrolladas con redes de comunicación de área extendida y sistemas multimedia, entre las más interesantes y con mayor desarrollo en los últimos tiempos y su propósito es permitir a los estudiantes interactuar directamente con el sistema para realizar actividades de manera remota, mediante la transferencia de información a través de una red local (Intranet) o una red de Internet (Rosado y Herreros, 2002).

Los laboratorios se basan en un entorno de acceso por internet que permite el desarrollo de clases prácticas generalmente utilizadas en áreas técnicas o de especialización como automática, mecatrónica y robótica, encontrando varias ventajas respecto a laboratorios tradicionales (Candelas et al, 2003). Estas herramientas también se están utilizando en el aprendizaje de materias básicas de ingeniería como matemática o física (Rosado y Herreros, 2005), en las que se ha encontrado un aporte didáctico importante en el desarrollo de prácticas de laboratorio.

Puede afirmarse así que en el área de la educación los laboratorios remotos son considerados innovadores, ya que ofrecen las siguientes ventajas:

- Existe un ahorro de recursos humanos y de materiales, debido a que todos los instrumentos requeridos para la elaboración de una práctica se disponen en un solo computador.
- Aumenta la disponibilidad del laboratorio ya que el acceso y ejecución de la práctica puede hacerse en cualquier horario, o al menos en un rango más amplio que en un laboratorio tradicional.
- No se requiere de un software especial ni de grandes recursos de memoria para ejecutar el software.

El impacto del uso de los laboratorios virtuales aplicados en la docencia, como estrategia de enseñanza, es posible medirlo como se hace en la Universidad de Alicante (Candelas y Torres, 2004) mediante un estudio de tiempos de uso, facilidad de manejo de las herramientas, funcionalidad del laboratorio, entre otros. En ese trabajo se concluye que los estudiantes valoran positivamente los laboratorios virtuales y remotos, como complemento al profesor y a la enseñanza convencional. Un trabajo que dispone de varios laboratorios en una sola plataforma denominada EducaControlaboV (Cerezo y Sastrón, 2015) desarrollada en la Universidad Politécnica de Madrid, también muestra la mejora del aprendizaje y propone que los laboratorios remotos, pueden ser utilizados como una herramienta efectiva y motivacional para estudiantes pre universitarios.

La creación de laboratorios remotos responde a las nuevas tendencias de educación superior y en la sociedad, por eso se presenta la creación de un laboratorio remoto con una interfaz web, que se puede usar desde cualquier computador con internet. El software necesita ser instalado en la computadora remota. Como contrapeso a esto Sladek ofrece la posibilidad de utilizar un navegador web ordinario en lugar de un software especializado en la computadora del cliente. (Sládek et al, 2011)

Otro trabajo que presenta un laboratorio y permite realizar prácticas de control en un sistema MIMO 2x2 con aplicaciones industriales, utilizando Easy Java/ Javascript Simulations (EJS) empleando un entorno web gratuito de Learning Management System (Moodle) que facilita la administración de datos y el mantenimiento de los recursos (Sáenz et al, 2015). También se elaboró un laboratorio remoto denominado ArPi Lab, destinado para la experimentación de control de procesos de manera remota. Este fue construido con componentes hardware muy baratos como Raspberry Pi y Arduino, utilizando softwares como HTML 5 y JavaScript para la aplicación del lado del cliente, PHP y MySQL, para la implementación del servidor de laboratorio, JSON como estructura para la transferencia de datos, y el lenguaje C para la programación de servidor y microcontroladores. ArPi Lab controla tres tipos de sistemas físicos educativos: Tres plantas térmicas, una levitación magnética y un sistema de tanque hidráulico. (Kalúz et al, 2017)

Esta investigación se realizó con 20 estudiantes que cursan la asignatura de oleohidráulica para el desarrollo de una práctica de laboratorio, enfocada en el funcionamiento de una bomba hidráulica para el estudio y manejo de las variables (presión, caudal y potencia) del sistema en condiciones reales. Se empleó hardware libre Raspberry Pi aplicando el protocolo de comunicación Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP), para la recepción y transferencia de datos. El objetivo principal fue determinar el impacto en el aprendizaje del estudiante mediante el uso del sistema

remoto, además, medir la generación de conocimientos, y la funcionalidad del laboratorio como herramienta de enseñanza.

1.1. Importancia del problema

En la tarea de enseñar la ciencia de la oleohidráulica y principalmente en el desarrollo de prácticas, los maestros de nivel superior se ven limitados por el número de equipos y el espacio de trabajo disponible, esto implica que los estudiantes deben asistir en horarios o en turnos extras del establecido para cumplir con las tareas asignadas. En las clases prácticas el estudiante aplica el método científico que consta de las etapas de: observación, experimentación, análisis y clasificación de datos, para concluir con la evaluación de resultados. Los objetivos de las clases van desde la demostración de principios físicos, la aplicación de diversas técnicas o métodos o la simple observación de algún fenómeno. Intrínsecamente el estudiante conoce el uso de instrumentos de medición, recomendaciones de funcionamiento o instalación y puede compartir experiencias con el docente y otros compañeros.

Ese desarrollo de actividades prácticas es sumamente importante en la formación del futuro ingeniero mecánico, debido a que al momento de incorporarse al campo de trabajo debe demostrar las capacidades, destrezas y habilidades suficientes en la manipulación de los instrumentos de su área. Esto obliga a que las instituciones encargadas de prepararlo académicamente deban contar con todos los elementos y tecnología de última generación, para adecuar su formación a las exigencias del sector productivo.

Es necesario entonces buscar alternativas que mejoren el desarrollo de las prácticas proporcionando horarios más flexibles, mayor disponibilidad de recursos técnicos y además permitan cumplir los objetivos propios de cada clase. Bajo esta premisa se realizó esta investigación que emplea no sólo herramientas metodológicas y teóricas, sino que en forma práctica se aplican los conocimientos del campo de la ingeniería mecánica, para solucionar una problemática identificada en la formación y actualización de los futuros profesionales

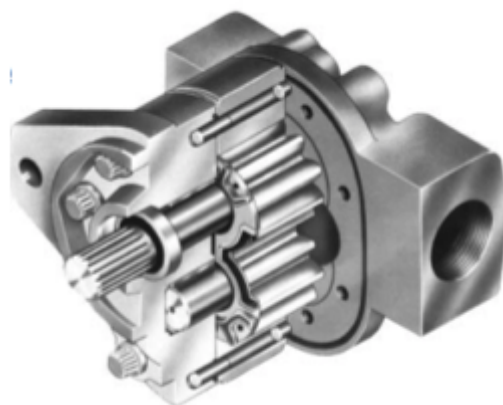
2. Metodología

A continuación, se presentan las principales características del sistema oleohidráulico que conforma el laboratorio remoto, para ello se analizan los elementos principales del grupo de generación de potencia y del grupo de adquisición y procesamiento de datos.

2.1. Características de la bomba

Uno de los elementos fundamentales del sistema oleohidráulico es la bomba, ya que es la responsable de abastecer de fluido y de generar la presión necesaria para que se produzca el trabajo en los actuadores. La bomba es una máquina hidráulica de desplazamiento positivo de tipo rotatorio, en el laboratorio se dispone del modelo 1AG206UR de engranajes externos.

Figura 1
Bomba de engranajes



Fuente: tomada de Eaton Gear Pumps (1998)

Se le considera compacta, potente y robusta ya que trabaja con presiones y velocidades de rotación elevadas. Su forma de trabajo es sencilla incluso para el operario al realizar su montaje e instalación, además estas bombas alcanzan porcentajes altos de eficiencia, siendo así, de las más

utilizadas en el campo industrial por su bajo costo. Las principales características técnicas de esta bomba se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 1
Características de la bomba

Características de la Bomba de Engranajes	Cilindrada	6,1 cm ³ /rev
		0,37 in ³ /rev
	Presión Nominal	3000 psi
	Presión Máxima	3600 psi
	Velocidad de Rotación	600-4000 rpm

Fuente: Autores (2018)

El correcto funcionamiento de la bomba se puede determinar al analizar las variables de presión y caudal, mediante principios hidrostáticos y aplicando diferentes cálculos aplicables a cualquier sistema hidráulico.

2.2. Ecuaciones para bombas

Relación flujo y velocidad

En una máquina sin fugas se tiene que el caudal teórico está determinado por el tamaño de la bomba o cilindrada y el número de revoluciones a la que gira.

Por lo tanto

$$Q_t = \frac{C \cdot N}{1000}$$

Donde

Q_t es el caudal teórico (l/min)

N es el número de revoluciones de la bomba (rpm)

C es la cilindrada nominal de la bomba (cc/rev)

Eficiencia volumétrica

Las fugas internas en las bombas afectan directamente a la relación entre flujo y velocidad, esta relación es tomada en cuenta mediante el rendimiento volumétrico.

$$Q = \frac{\eta_v \cdot C \cdot N}{100}$$

Donde

Q es el caudal real de la bomba (l/min)

η_v es el rendimiento volumétrico (%)

Relación entre torque y presión

En una bomba ideal toda la potencia mecánica es convertida en potencia hidráulica mediante la siguiente relación.

$$Potencia = TN = \Delta p \cdot Q$$

Donde

T es el torque (N.m)

Δp es el diferencial de presión en la bomba (N/m²)

2.3. Sensores

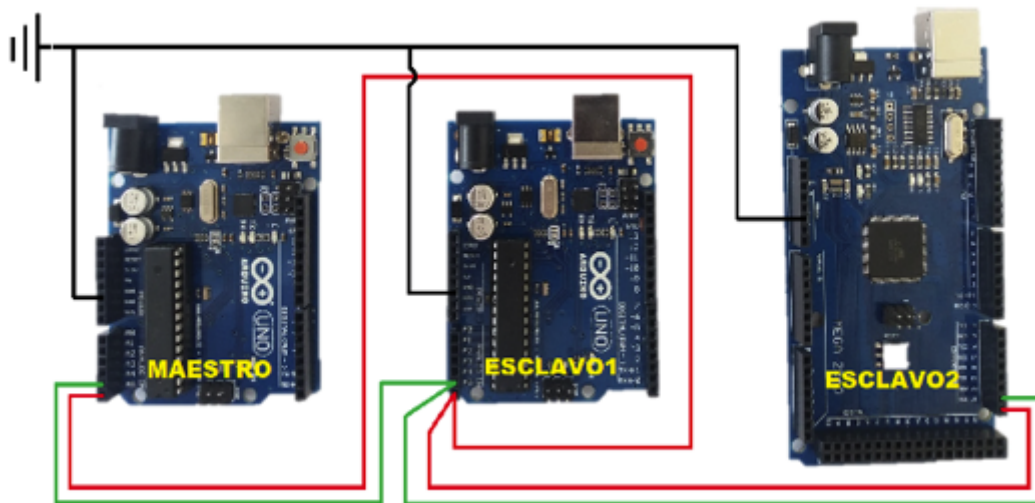
Los equipos y sensores utilizados con sus características principales se describen a continuación: a) Fuente energética: motor trifásico de 3 HP de potencia nominal a 1720 RPM; b) Manómetro analógico: con una precisión de 0,25%, rango de trabajo de 3000 PSI; c) Transmisor de presión A-10 con alinealidad de 0,25 % o 0,5 %, rango de trabajo de 0 a 5000 PSIg, d) Válvula de alivio de presión; e) Caudalímetro tipo turbina: con precisión de 0,5 L y un rango de trabajo de 2 a 83 L/min; f) Flujoímetro: con precisión de 0,1 L y un rango de trabajo de 2 a 20 L/min; g) Sensor inductivo: utilizado como un encoder; h) Termocupla tipo K: con una precisión de un °C y un rango de trabajo de 0 a 80 °C; i) Válvula de control direccional; j) Actuador: motor oleohidráulico K) Watímetro: desde 1 hasta 100 kW.

Los parámetros que se midieron son los siguientes: presión (psi), caudal que entrega la bomba (L/min), frecuencia de rotación de los engranajes de las bombas (min-1), temperatura (°C) y potencia consumida por la bomba (kW).

2.4. Adquisición de datos

La toma de datos se realizó mediante la conexión entre las placas y los sensores para su posterior enlace al laboratorio remoto, el cual se desarrolló con la ayuda de protocolos de comunicación y software, permitiendo la visualización de las curvas características. Para la adquisición de datos mediante las tarjetas arduino se incorporó el protocolo I2C, el cual fue diseñado por Philips al inicio de la década de 1980. Su nombre viene de *Inter Integrated Circuit*. Este bus tiene una velocidad de transmisión de 100Kbits por segundo en el modo estándar, también permite velocidades de 3.4 Mbit/s. La principal característica de I2C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y otra para la señal del reloj, como se indica en la figura 2.

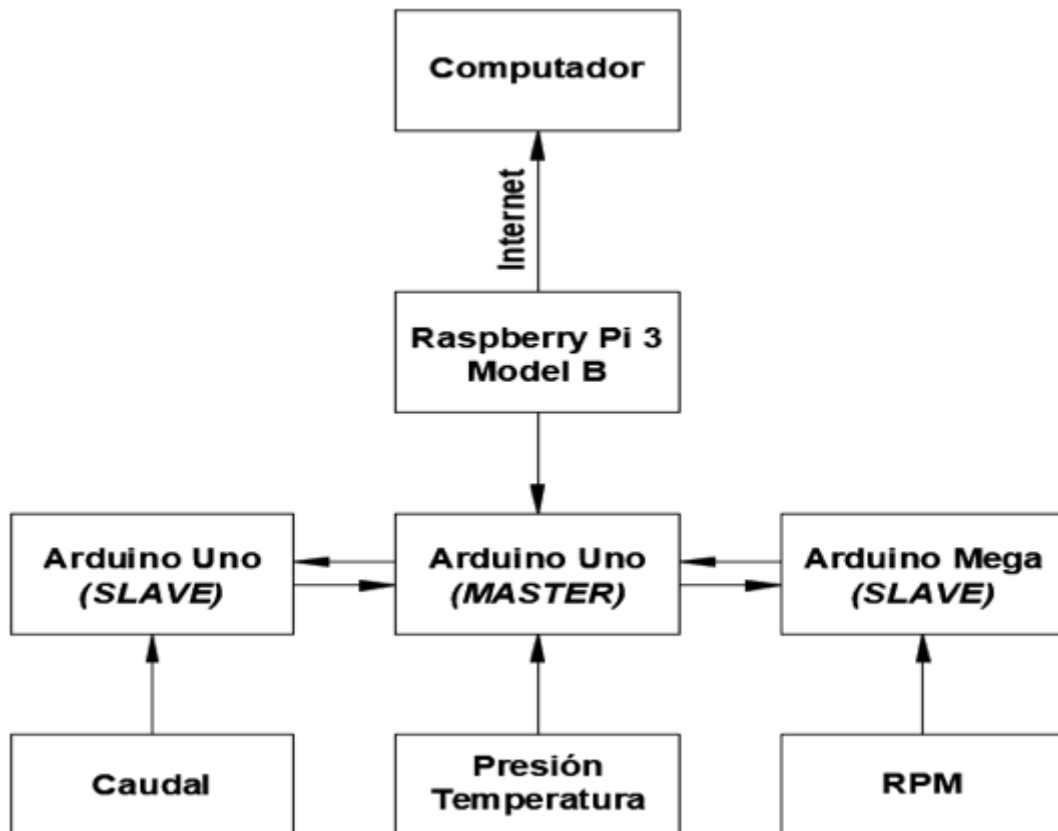
Figura 2
Conexión de placas Arduino mediante protocolo I2C



Fuente: Autores (2018)

Se utilizaron tres tarjetas arduino para evitar problemas con el envío de información, retrasos en los tiempos de respuesta, generación de señales parásitas y reseteo de la placa, entre otras. La transferencia de datos hacia la Raspberry Pi se realizó mediante comunicación serial mediante el cable conector USB tipo AB. El diagrama de bloques de la figura de abajo muestra como la Raspberry Pi sirve de procesador central de datos.

Figura 3
Diagrama del proceso de transferencia de datos

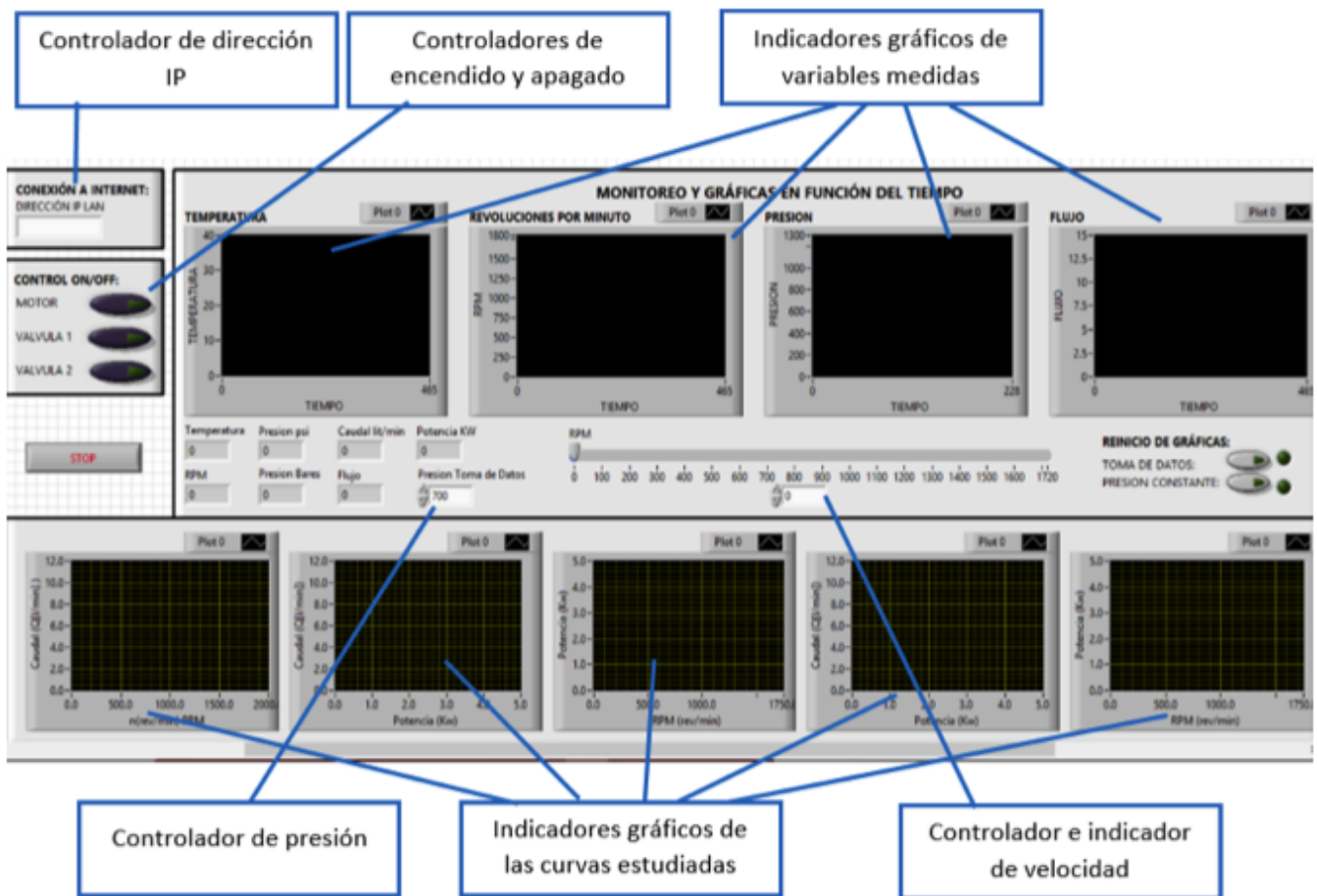


Fuente: Autores (2018)

Para el almacenamiento de datos obtenidos de la toma de datos se realizó una base de datos, tomando en cuenta el protocolo *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), que permite la comunicación de dos computadores, mediante la conexión a una misma red. El protocolo TCP/IP de la misma manera está conformado por dos protocolos independientes: el TCP que es encargado de dividir la información en porciones o paquetes pequeños, para la corrección de errores y el protocolo IP, basado en las direcciones físicas de cada computador, por los cuales se transmitirá la información. Este protocolo permite que, de forma independiente, sin importar el sistema operativo de las PC, se logre la comunicación entre sí. (Atkinson, 2015)

Luego de conocer los protocolos se realizó la interfaz del laboratorio remoto, mediante LabVIEW en donde se dispone de controladores para encendido y apagado del equipo, un control de texto para ingresar la IP, cuatro indicadores gráficos para las variables medidas y cinco indicadores gráficos para cada una de las curvas de estudio, también se dispone de los controles de velocidad y presión.

Figura 4
Interfaz del laboratorio remoto



Fuente: Autores (2018)

2.5. Procedimiento de la práctica

Una vez que los estudiantes ingresan a la plataforma y se conectaron al laboratorio remoto se procedió a la toma de datos de caudal, presión y potencia de la siguiente manera: Se tomaron los datos cada 100 rpm, empezando en 100 rpm hasta llegar a 1720 rpm. Los datos fueron tomados a presiones constantes, con valores de 500, 800, 1000 y 1200 psi.

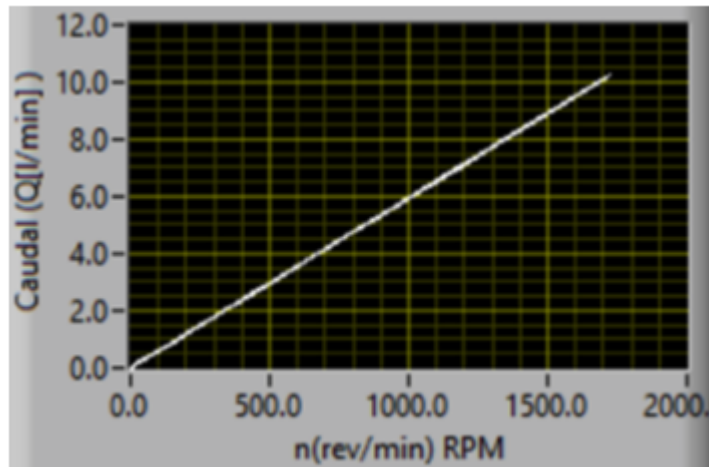
Para mantener la presión constante se estrangula la válvula de flujo que controla el actuador, hasta obtener la presión requerida cada vez que se incremente la velocidad angular de giro. Se esperó alrededor de dos minutos por cada variación de velocidad, hasta alcanzar la estabilización del sistema para obtener así valores aceptables, al final de las pruebas se obtuvo una base de datos generada por el laboratorio remoto. Se realizaron cinco tomas de datos experimentales, con el fin de comparar la base de datos de cada prueba entre sí para ver si existía un margen de error considerable.

3. Resultados

3.1 Análisis de las curvas características de la bomba 1AG2U06R

En la siguiente figura se indica gráficamente el comportamiento del caudal en función de la velocidad angular. Estos dos parámetros son directamente proporcionales entre sí, es por eso que se observa que a medida que se aumenta la velocidad angular, también es mayor el caudal, obteniendo una tendencia lineal creciente, alcanzando un valor de caudal máximo de 9,884 LPM a 1720 RPM ya que no se pueden tomar datos a velocidades mayores de la nominal del motor. La velocidad fue modificada mediante el variador de frecuencia, controlado desde el laboratorio remoto.

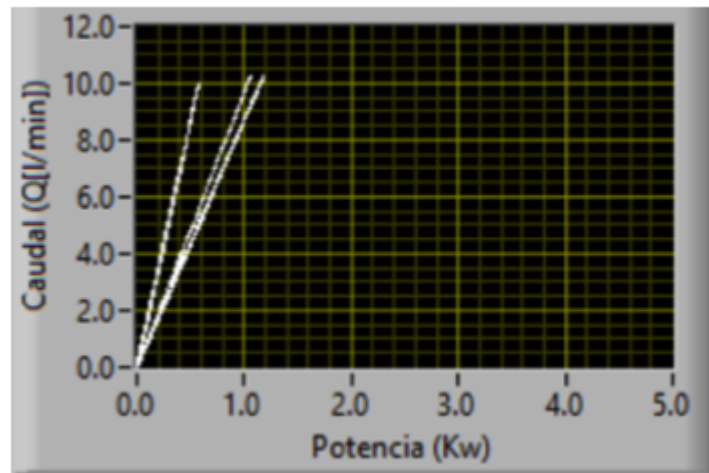
Figura 5
Gráfica de caudal en función de la velocidad



Fuente: Autores (2018)

Figura 6

Curva potencia vs caudal



Fuente: Autores (2018)

En la figura 6 se muestra el comportamiento de la potencia hidráulica en función del caudal, donde se observa que a medida que aumenta el caudal también sube la potencia que genera la bomba. Esto se debe a que al ser el caudal una de las variables para calcular la potencia, se crea una relación de proporcionalidad entre los dos parámetros, acompañados de la presión del sistema que tiene que ser constante para la generación de cada curva.

3.2. Evaluación del método de aprendizaje

El uso de laboratorios como método de aprendizaje ha sido utilizado en diversas áreas de conocimiento, principalmente en asignaturas de carácter técnico, con buenos resultados en cuanto a funcionalidad y aceptación de la herramienta (Paladini et al, 2008). La experiencia con el laboratorio remoto fue realizada con 20 estudiantes, cursantes de la asignatura de oleohidráulica del octavo semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica en el año 2018, específicamente para la realización de una práctica de laboratorio sobre el funcionamiento de la bomba hidráulica.

El objetivo principal fue determinar el impacto en el aprendizaje y generación de conocimientos, además de conocer la funcionalidad del laboratorio y la facilidad de uso entre otras características. Para ello se elaboró y aplicó una encuesta que recogiera la opinión de los estudiantes sobre los resultados de la experiencia y permitiera emitir alguna sugerencia en cuanto al funcionamiento del laboratorio; además, de su incorporación como herramienta de enseñanza y evaluación en el laboratorio de oleohidráulica. La encuesta se contestaba señalando SI o NO o con un rango de 1 a 5, en el que se indicaba que: una respuesta valorada con **1** significaba "No aprendí nada", **2** "Aprendí poco", **3** "Aprendí", **4** "Aprendí bien" y **5** para la consideración "Aprendí muy bien". Las preguntas realizadas se muestran en la tabla 2.

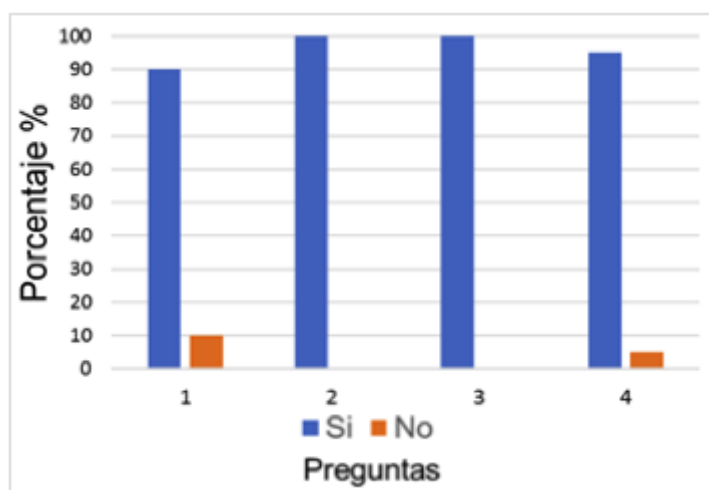
Tabla 2
Preguntas de la encuesta realizada a estudiantes

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿Cree que el laboratorio remoto puede ser operado fácilmente por los estudiantes, luego de una breve introducción del docente sobre su operación?.	SI__ NO__
2. ¿Cree que el uso del laboratorio remoto es necesario para su formación técnica en la asignatura de oleohidráulica?	SI__ NO__
3. ¿Cree que es necesario realizar más prácticas con el uso de un laboratorio remoto?	SI__ NO__
4. ¿Está de acuerdo que la práctica realizada con el laboratorio remoto sea considerada como nota sumativa de la asignatura?	SI__ NO__
Responda del 1 al 5 cuánto aprendió en las actividades desarrolladas en el proyecto	
5. En la manipulación de la velocidad del motor para establecer diferentes valores de caudal.	(1 al 5) ____
6. En la modificación de la carga para obtener diferentes valores de presión.	(1 al 5) ____
7. En la obtención de las curvas de funcionamiento	(1 al 5) ____

Fuente: Autores (2018)

En las cuatro primeras preguntas se buscó identificar los siguientes aspectos: facilidad de uso del laboratorio, importancia que le dan al laboratorio remoto, grado de aceptación y la validación como un método de evaluación. Los resultados en porcentaje de las preguntas se muestran en la figura 6.

Figura 7
Resultados de las preguntas 1, 2, 3 y 4

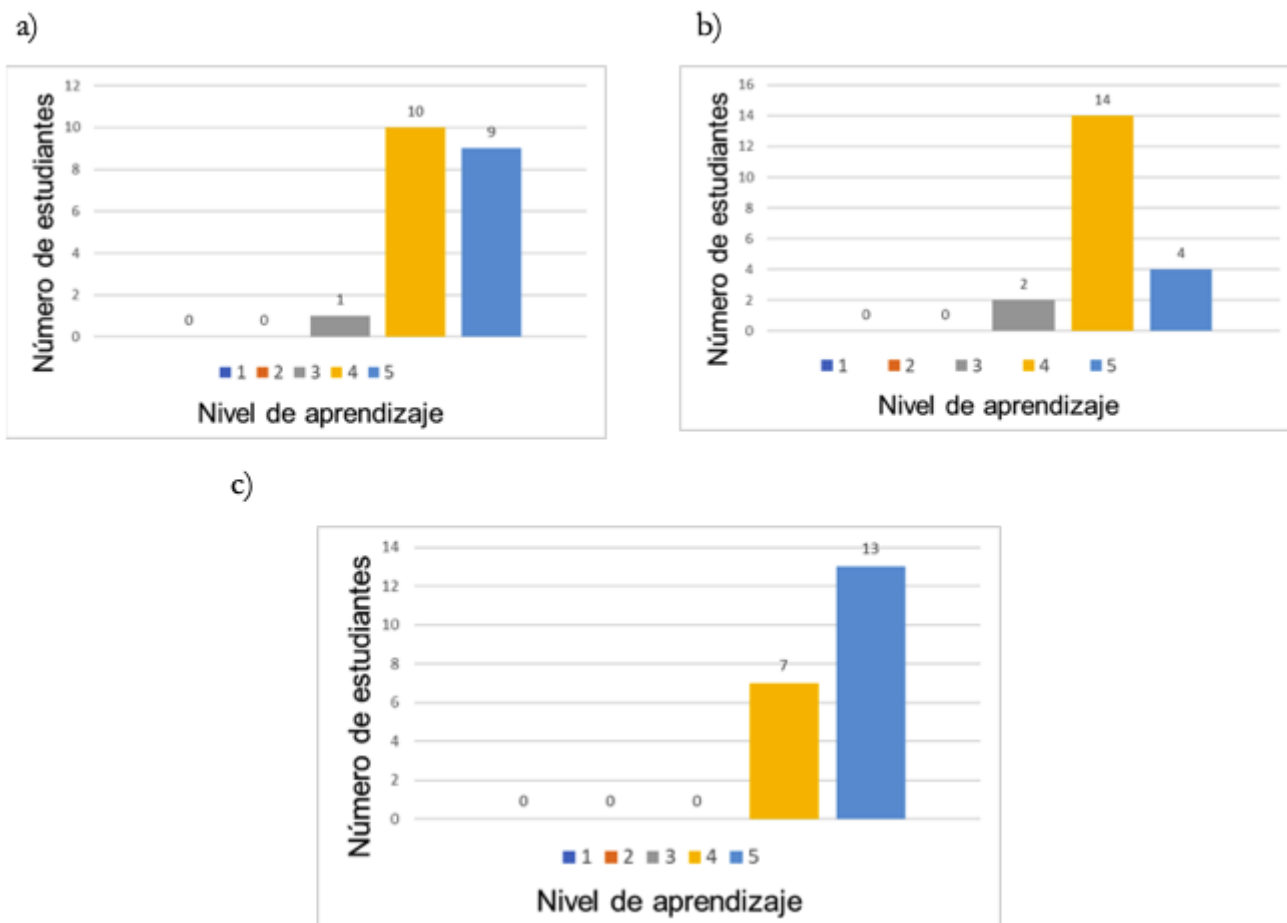


Fuente: Autores (2018)

En los resultados de las preguntas de la figura 7, se observa que la pregunta 5 se mide qué tanto aprendió el estudiante de la relación entre el número de revoluciones de la bomba y el caudal generado de acuerdo a la cilindrada de la bomba. La pregunta 6 trata de determinar qué tanto aprendió el estudiante acerca de la influencia de la carga en la potencia producida en la bomba. En la interrogante 7 se miden los conocimientos adquiridos en cuanto a las curvas de funcionamiento de una bomba hidráulica y cómo difieren de los valores teóricos. Todos estos resultados se muestran en la figura siguiente.

Figura 8

Resultados de aprendizaje de:
a) pregunta 5, b) pregunta 6 y c) pregunta 7



Fuente: Autores (2018)

4. Conclusión

Se puede implementar un laboratorio con equipos de bajo costo y de acceso libre, con ello se consiguió mejorar las condiciones para las clases experimentales ya que los estudiantes pudieron ingresar desde un computador ubicado de manera remota y tuvieron acceso a modificar los parámetros de funcionamiento de la bomba con el fin de estudiar su comportamiento.

Como se puede observar en los resultados de la encuesta, el laboratorio remoto puede ser utilizado fácilmente por los estudiantes para el desarrollo de una práctica de laboratorio, considerándolo además como un recurso necesario para su formación personal ya que es una herramienta tecnológica con grandes ventajas y aplicaciones. También es bien visto por los estudiantes para el uso de esta herramienta para la realización de más prácticas, debido a que se tenía limitados horarios para el uso del laboratorio convencional.

Desde otra perspectiva, la mayoría de los estudiantes está de acuerdo que se utilice la práctica de laboratorio efectuada con el laboratorio remoto como un método de evaluación, ya que con él se obtiene información valiosa que puede ser analizada, presentada en un informe y ser valorada con una nota sumativa.

En cuanto a la medición de conocimientos adquiridos sobre la relación del caudal con el número de revoluciones: 19 estudiantes experimentan un aprendizaje bueno y muy bueno. Sobre la relación entre carga y potencia de la bomba: 18 estudiantes experimentaron un aprendizaje bueno y muy bueno y sólo dos jóvenes aceptaron que aprendieron normalmente.

Por último, en el aprendizaje experimentado sobre la generación de las curvas reales de funcionamiento, los 20 estudiantes manifestaron tener un aprendizaje bueno y muy bueno. Con estos resultados se puede concluir que el laboratorio remoto es una herramienta poderosa y eficaz, para la enseñanza de conocimientos técnicos y específicamente en el ámbito de la oleidráulica para la comprensión del funcionamiento de la bomba de engranajes.

Referencias bibliográficas

- Atkinson, R. (2015). *Security Architecture for the Internet Protocol*. RFC 1825. RFC Editor. Estados Unidos.
- Candelas, F., Torres, F., Gil, P., Ortiz, F., Puente, S y Pomares, J. (2003). *A Virtual Laboratory for Teaching Robotics*. International Journal of Engineerin Education, vol 19(2), pp 363-370
- Candelas, F., Torres, F., Gil, P., Ortiz, F., Puente, S y Pomares, J. (2004). *Laboratorio Virtual Remoto para Robótica y Evaluación de su Impacto en la Docencia*. Revista Iberoamericana de Autoática e Informática Industrial, vol 1(2), pp 49-57.
- Candelas, F. A. y Moreno, J. S., (2005). *Recursos didácticos basados en Internet para el apoyo a la enseñanza de materias del área de Ingeniería de Sistemas y Automática*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, vol. 2, pp 93.
- Cerezo, F., Sastrón, F. (2015). *Laboratorios Virtuales y Docencia de la Automática en la Formación Tecnológica de Base de Alumnos Preuniversitarios*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, vol 12, pp 419-431.
- Eaton Gear Pumps.(1998). *Catalogo de bombas de engranajes Series L2*.pp 2.
- Jara, C. A.; Candelas, F. A.; Torres, F. (2007). *Herramientas interactivas para la enseñanza de robótica*. Jornadas de Enseñanza a través de Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática (EIWISA-2007). Zaragoza, España.
- Juarez, M. *Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica*. (2015)
- Kalúz, M., Cirka, L., Valo, R., & Ficar, M. (2017). *ArPi Lab: A Low-cost Remote Laboratory*. IFAC.
- López, G., Rivas, D., & Pérez, M. (2015). *Diseño e Implementación de Software y Hardware de un Registrador de Variables Eléctricas con Comunicaciones Ethernet Basado en Tecnología Arduino y Sistema de Supervisión HMI*. ESPEL, 2-3.
- Paladini, S., Da Silva, J.B., Alves, G.R., Fischer, B.R., da Mota Alves, J.B.(2008). *Using Remote Lab Networks to Provide Support to Public Secondary School Education Level*. Computational Science and Engineering Workshops, 2008. CSEWORKSHOPS '08. 11th IEEE International Conference on, pp 275-280.
- Rosado L y Herreros J.R. (2002). *Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines*. Madrid, UNED, pp. 415-603.
- Rosado, L., Herreros, J.(2005). *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*. International Conference on Multimedia and CT in Education.
- Sáenz, J., Chacón, J., De la Torre, L., Visioli, A., & Dormido, S. (2015). *Open and Low-Cost Virtual and Remote Labs on Control Engineering*. pp 805-811
- Santana, I., Ferre, M., Hernández, L., Aracil, R., Rodríguez, Y., Pinto, E.(2010). *Aplicación del Sistema de Laboratorios a Distancia en Asignaturas de Regulación Automática*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 7, Num. 1, pp. 46-53.
- Sládek, P., Pawera, L., & Válek, J. (2011). *Remote laboratory - new possibility for school experiments*. Science Direct, pp 164-167.

-
1. Ingeniero Mecánico. Magister en Dirección de Empresas. Docente titular de asignaturas de Administración y Gestión de Proyectos, Estadística. Investigador en proyectos de innovación tecnológica y energías renovables. Carrera de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. tmoreno@esPOCH.edu.ec
 2. Ingeniero Mecánico. Magister en Diseño Mecánico. Docente en asignaturas de Sistemas Neumáticos, Oleohidráulicos. Investigador en proyectos de innovación tecnológica y resistencia de materiales. Carrera de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. sa_lopez@esPOCH.edu.ec
 3. Ingeniero Mecánico. Magister en Eficiencia Energética. Docente en área de Energía. Experiencia en proyectos de mantenimiento y facilidades de producción en el sector petrolero. Carrera de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. lsorozco@esPOCH.edu.ec
 4. Ingeniero Mecánico. Magister en Sistemas de Transporte de Petróleos y derivados. Docente e investigador en proyectos de servicios petroleros. Carrera de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. otto.balseca@esPOCH.edu.ec