



Banco de Pruebas Portátil para Bombas Hidráulicas en Aplicaciones Didácticas de Flujo de Fluidos para Institutos Universitarios de Maracaibo

Hydraulic Pump Test Bench in Didactic Applications of Fluid Flow for University Institutes of Maracaibo

Francisco León. I.U.P. Santiago Mariño / donleoabreu@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9332-7616>

Raúl Ramos. I.U.P. Santiago Mariño / raulramos_3@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5204-828X>

RESUMEN

El presente artículo muestra los resultados de la propuesta de fabricación de un banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas y prácticas sobre el estudio del flujo de fluidos y sus características en el área de ingeniería de los institutos universitarios de Maracaibo. Este trabajo investigativo fue sustentado por autores como Potter y Wiggert (2011), Smith (2006), Mott (2009) y White (2011), entre otros. La investigación se tipificó como proyecto factible, de campo, con un diseño no experimental de tipo transeccional. La técnica aplicada fue la observación directa, la unidad de análisis de la investigación fue el banco de prueba de bombas hidráulicas. Finalmente, se realizaron procedimientos prácticos para la fabricación del banco de pruebas piloto, como la parametrización para el diseño del mismo, la selección de los materiales y equipos, al igual que el diseño y elaboración de planos con la utilización de AutoCAD 2015®, para finalmente proceder con los trabajos de fabricación con el corte y perforación de las láminas superior e inferior, fijación de la bomba hidráulica, colocación de tanques de almacenamiento y conexión de tuberías, limpieza y pintura, instalación de manómetro, pruebas de funcionamiento para validación de la presión de operación, desempeño, cabezal y robustez de la herramienta de estudio.

Palabras claves. Banco de Pruebas, Bombas Hidráulicas, Aplicaciones Didácticas, Flujo de Fluidos, Simulación

ABSTRACT

This article shows the results of the proposal to manufacture a portable test bench for hydraulic pumps in educational and practical applications on the study of fluid flow and its characteristics in the engineering area of the university institutes of Maracaibo. This investigative work was supported by authors such as Potter and Wiggert (2011), Smith (2006), Mott (2009) and White (2011), among others. The research was classified as a feasible, field project, with a non-experimental, transectional design. The applied technique was direct observation, the research analysis unit was the hydraulic pump test bench. Finally, practical procedures were carried out for the manufacture of the pilot test bench, such as the parameterization for its design, the selection of materials and equipment, as well as the design and preparation of plans with the



use of AutoCAD 2015 ©, to finally proceed with the manufacturing work with the cutting and drilling of the upper and lower sheets, fixing the hydraulic pump, placing storage tanks and connecting pipes, cleaning and painting, installation of pressure gauge, performance tests for validation of the operating pressure, performance, head and robustness of the study tool..

Keywords: Test Bench, Hydraulic Pumps, Didactic Applications, Fluid Flow, Simulation

Introducción

El crecimiento acelerado de la población ha ido de la mano con el desarrollo tecnológico en busca de mejoras en la calidad de vida, se han establecido la sistematización de diferentes procesos asociados a las etapas de producción, transformando maquinarias, herramientas y equipos para mejorar la eficiencia de producción en concordancia con los avances tecnológicos y de manera segura, proporcionando al hombre máquinas y herramientas que faciliten su trabajo.

Según Mott (2009), uno de los métodos que permiten el descubrimiento y desarrollo en el área de ingeniería es la fabricación y experimentación con bancos de prueba, con los cuales el estudiante obtiene un conocimiento sobre los procesos industriales existentes hoy día y los equipos presentes para la medición y control de dichos procesos.

No obstante, la generación de estas tecnologías parte de procesos iniciales de simulación, los cuales son pequeños procesos industriales para llegar a cabo un estudio investigativo con respecto a un fenómeno presente en las industrias brindando una forma de comprobación transparente y repetible de teorías científicas y tecnologías. Por esta razón, los bancos de prueba representan una herramienta imprescindible para cualquier instituto educativo que pretenda la formación de profesionales integrales, con miras al desarrollo de nuevas tecnologías.

Los bancos de prueba se han implementado en institutos educativos a nivel mundial, llevando a cabo el desarrollo de sistemas pedagógicos enriqueciendo las múltiples ramas de la ingeniería, describiendo diferentes procesos o actividades, equipos automatizados de control, técnicas de mediciones avanzadas y software que permiten aumentar niveles de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de dichos procesos, lográndose de esta manera un nivel de aprendizaje avanzado, permitiendo el crecimiento conjuntamente con el autodesarrollo profesional para el docente y el estudiante.

De igual forma, en Latinoamérica, este sistema pedagógico ha generado un adelanto tecnológico de gran importancia en la etapa de enseñanza-aprendizaje para prácticas de laboratorio utilizando máquinas y equipos presentes en diferentes divisiones del sector industrial. Por consiguiente, estos bancos de prueba han representado un adelanto tecnológico de gran importancia en la etapa de enseñanza-aprendizaje de la comunidad universitaria en estos institutos.

Por su parte, en Venezuela existen distintos bancos de prueba en Institutos Universitarios, Politécnicos y Escuelas Técnicas, permitiendo al estudiante descubrir cual área o rama de la ingeniería es de su preferencia, dependiendo del trabajo a realizar que se manifiesta al momento de la fabricación del mismo, además de prácticas profesionales, el análisis de los procesos, los distintos dispositivos y elementos requeridos para su elaboración, entre otros.



En el caso particular de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, por información recabada por el investigador a través de entrevistas no estructuradas con personal de diversas Universidades como la Universidad del Zulia (LUZ), la Universidad Rafael Urdaneta (URU), la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín (URBE) y el Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño” Extensión – Maracaibo, se encontró que también poseen diversos bancos de pruebas para una variedad de procesos con equipos modernos, que son utilizados por los estudiantes para obtener una mayor comprensión y conocimiento a nivel de control de procesos y automatización industrial que será útil al momento de ejecutar sus habilidades en el área industrial.

No obstante, los laboratorio de Mecánica de Fluidos de los institutos universitarios a pesar de contar con bancos de prueba para control de temperatura, control de motores en corriente alterna y para el control de fluidos, carecen de un banco de pruebas automatizado para las pruebas de bombas hidráulicas y el cálculo de flujo de fluidos, situación causada por diferentes factores, como altos costos de estos equipos para su adquisición y baja investigación de la comunidad estudiantil en proyectos relacionados con banco de pruebas de bombas hidráulicas.

En consecuencia, la carencia de estos bancos en los institutos tecnológicos reduce el nivel de la enseñanza-aprendizaje, dificultades para llevar a cabo nuevas investigaciones relacionadas con los cálculos de flujo de fluidos, por ende, afecta la capacidad de actuación del futuro profesional en su campo laboral, colocándolo en desventaja con respecto a profesionales de otras instituciones universitarias que poseen las facilidades para este tipo de pruebas en su proceso de aprendizaje.

Ahora bien, el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, en su Extensión ubicada en la ciudad de Maracaibo , estado Zulia, tiene como misión formar profesionales de elevada calidad que respondan a las necesidades cambiantes de la región zuliana y el país en general; fomentar la investigación, así como promover actividades dirigidas a la integración e interrelación de la institución con la comunidad a objeto de elevar el nivel cultural, afianzar valores, favorecer el bienestar para así contribuir al mejoramiento de la calidad de vida, constituyéndose en una institución de educación superior signada por la excelencia, favoreciendo el desarrollo cultural, científico, humanístico y tecnológico de la región (Psmmaracaibo, 2019).

Por tales razones, esta casa de estudio consciente de la necesidad de dotación y equipamientos de sus laboratorios y demás facilidades para que los estudiantes puedan adquirir nuevos conocimientos teóricos-prácticos, ha impulsado esta investigación que busca diseñar y fabricar un banco de pruebas portátil de bombas hidráulica para ser utilizado en aplicaciones didácticas de flujo de fluido en los laboratorios de la institución, de esta manera elevar el nivel de competitividad de sus programas, así como la capacitación de su plantel de docentes y colaboradores, por ende el desempeño de sus egresados, quienes pasan a cumplir funciones operativas en las empresas demandantes de automatización de procesos para la reducción de los costos de producción.

Objetivo General

Proponer la fabricación de un banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos para Institutos Universitarios de Maracaibo.



Objetivos Específicos

Determinar los parámetros para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos.

Determinar los materiales y equipos requeridos para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos.

Diseñar el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos.

Construir el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos

Metodología

Esta investigación clasificó como proyectiva, por ser un trabajo de investigación orientado a la solución de la problemática de la carencia de un banco de prueba en los laboratorios de flujo de fluidos en los institutos universitarios de Maracaibo, en particular la extensión del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Para Hurtado (2015), las investigaciones proyectivas corresponden al diseño o creación de algo en base a un proceso investigativo que involucra un proceso que pasa por los estadios exploratorio, descriptivo, comparativo, explicativo, predictivo y propuestas de alternativas de cambio que no requieren, necesariamente, la ejecución de la propuesta. Es un tipo de investigación que propone soluciones a una situación determinada, basándose en un proceso previo de investigación.

Por otra parte, la investigación fue de tipo descriptiva, según lo indicado por Hernández, Fernández y Baptista (2014), la misma busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno analizado. Los estudios descriptivos pretenden recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o información de dicha variable para decir cómo se relacionan o como se manifiesta el fenómeno de interés. Al respecto Chávez (2007) se refiere a las investigaciones descriptivas como todas aquellas que se orientan a recolectar informaciones relacionadas con estado real de las personas, objetos, situaciones o fenómeno, tal cual como se presentaron en el momento de su recolección, describe lo medido sin realizar inferencias ni verificar hipótesis.

De Igual forma, el diseño de la investigación fue de campo, no experimental, transeccional o transversal. Según Hernández et al. (2014) en un diseño de campo la recolección de los datos se realiza directamente de los sujetos investigados, no experimental porque no se manipula deliberadamente la variable de estudio, solo se observar el fenómeno tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo. Es de tipo transaccional o transversal, porque se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Arias, 2012). El propósito fue describir la variable y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, en este caso solo se observó y diseño el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas para su posterior fabricación para ser aplicado en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos n los institutos universitarios de la ciudad de Maracaibo.

La unidad de análisis de la investigación fue el banco de prueba de bombas hidráulicas, el cual fue fabricado e implementado para aplicaciones didácticas en la formación para la excelencia educativa. Al respecto, Hurtado (2015) define la unidad de análisis como aquella



unidad de observación seleccionada de antemano y reconocida por el observador en el campo y durante el tiempo de observación, se constituyen en objeto de la codificación y/o de la categorización en los registros contruidos a tal efecto.

Resultados

Parámetros del Diseño

Para la fabricación del banco de pruebas para bombas hidráulicas fue necesaria la parametrización del diseño del mismo, para conocer en detalle las especificaciones de los equipos, componentes, materiales e insumos requeridos para su fabricación. A través del estudio se realizaron mediciones directas para la recolección de los datos necesarios para llevar a cabo los cálculos para la determinación del tamaño del equipo a fabricar. Estos cálculos también arrojaron la capacidad de producción o el volumen de unidades de la planta piloto, así como determinar el área requerida y locación para su instalación. Finalmente, se desarrolló la ingeniería básica para la elaboración del diseño detallado de la planta piloto.

Dimensiones

En los parámetros de diseño, las dimensiones del banco de pruebas, al igual que detalles del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas fueron determinadas considerando los cálculos para determinar el tamaño del mismo en unidad de volumen, la ubicación exacta donde estará situado la planta piloto y la ingeniería básica la cual, es el desarrollo fundamental para la elaboración del diseño detallado de la planta piloto, tal como lo especifica Mott (2009).

Cuadro 1
Dimensiones del banco de pruebas

	Lamina Superior (m)	Lamina Inferior (m)
Largo	0.685	0.335m
Ancho	0.580	0.500m
Altura	0.670	0.671

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Tomando en cuenta las dimensiones reflejadas en el cuadro 1, se puede continuar con el siguiente paso, el cual consiste en la determinación del tamaño en unidad de volumen (V) que presenta la planta piloto. No obstante, este cálculo se llevó a cabo utilizando como base el largo, ancho, además de la altura para así obtener como resultado el volumen y el tamaño del banco de pruebas para bombas hidráulicas:



$$V = w \times L \times h$$

Dónde:

V: volumen
w: Ancho (lamina inferior)
L: Largo (lamina superior)
h: Altura del banco de pruebas

Sustituyendo los valores en la ecuación, queda:

$$V = 0.50m \times 0.685m \times 0.67m$$

$$V = 0.23m^3$$

El cálculo anteriormente realizado precisa que el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas es de tamaño pequeño en comparación con los bancos de pruebas existentes en la actualidad a nivel industrial. Por otra parte, el mismo permite una fácil percepción del sistema, así como un manejo práctico para el usuario obteniendo de esta forma un impacto positivo para el proceso enseñanza-aprendizaje al momento de su uso.

Locación

El estudio determinó que la mejor ubicación para la instalación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didáctica de flujo de fluidos, es el Laboratorio de Mantenimiento Mecánico, ubicado al lado del edificio académico Dr. Raúl Quero Silva del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Extensión Maracaibo, con fácil acceso para los docentes y estudiantes.

Materiales y equipos requeridos para la fabricación del banco de pruebas

Para la selección de equipos y materiales del banco de pruebas portátil de bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos, se realizó una revisión minuciosa de las especificaciones de cada elemento, erradicando de esta forma, inconvenientes al momento de la puesta en marcha del mismo, considerando normas nacionales e internacionales que certifican y concretan la construcción apropiada del mismo. No obstante, la tubería de ½" PVC para agua fría de ½" de diámetro está bajo la Norma Covenin 518-1 (1998), donde se reflejan las especificaciones de este tipo de tubería al momento de su fabricación mediante procesos científicos, permitiendo evidenciar su seguridad mediante la utilización de agua como flujo de trabajo.

Por otro lado, la Norma Covenin 1653-92 (1992) indica los niveles de requerimientos mínimos para una válvula de compuerta de acero de ½" a 24" en su fabricación, originando de esta forma, una conformidad inmediata de la válvula de compuerta de hierro fundido de ½". Seguidamente, las tuberías están pintadas de tonalidad verde y roja. Según lo indicado por la



Norma DIN 2403 (2014), el color verde indica que el sistema de tuberías transporta agua, mientras el color rojo especifica el ducto de succión de la bomba.

Por otra parte, la Norma Covenin 643-91 (1991) referida a las características adecuadas para el uso adecuado de las bombas centrífugas para ensayos permitiendo la utilización bomba centrífuga marca MAUTE de ½” Hp, teniendo este una capacidad máxima para desplazar 25L/min, detallando de esta forma los dos recipientes de almacenamiento presentes tienen una capacidad de 25 litros cada uno, considerando que uno de ellos es por donde el equipo de bombeo succionara la sustancia acuosa, mientras el otro será el del llenado de dicho flujo.

Siguiendo con la descripción anterior, en la construcción del banco de pruebas portátil para bomba hidráulicas, principalmente se utilizó un esmeril para el corte de láminas metálicas. Seguidamente, se manejó electrodos E6010 de 1/8”, conjuntamente con una máquina de soldar eléctrica Lincoln de 220V para la unión de los materiales metálicos, para formar las dos partes superiores del banco de pruebas. Por consiguiente, se empleó un taladro en la apertura de orificios que permitieron la colocación y ajuste de la bomba en la parte superior principal del banco siendo este fijado por tornillos en dicha base para evitar vibraciones excesivas al momento de su funcionamiento.

Por otro lado, se utilizó una segueta para un corte vertical de las tuberías PVC, según las dimensiones del banco de pruebas. Además, se manejó una cinta métrica para conocer numéricamente la cantidad de ductos poliméricos requeridos según el espacio presente del mismo y finalmente se aplicó pega Pavco para unir las tuberías. Así mismo, se especifica la utilización de otras herramientas como escuadras, destornilladores y llaves ajustables al momento de la construcción de la planta piloto. A continuación, en los cuadros 2 y 3 se muestra la lista de los materiales, equipos, además de las herramientas empleadas.

Cuadro 2
Lista de herramientas de uso

Herramientas de Uso	Cantidad
Esmeril	1
Máquina de Soldar Lincoln	1
Destornilladores	2
Alicates	2
Llaves De Ajuste	2
Llave De Tubo	1
Segueta	1
Taladro	1
Cinta Métrica	1
Escuadra	1

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Los equipos y materiales empleados en la construcción, previamente reflejados en el banco de pruebas para bombas hidráulicas, fueron adquiridos mediante donaciones de la Dirección de Mantenimiento Regional de la Gobernación del estado Zulia, quienes brindaron el apoyo institucional para la obtención de los mismos, mientras los restantes materiales e insumos, como la mesa metálica, el switch, entre otros, fueron materiales de reciclaje de fácil consecución.

Cuadro 3
Lista de materiales y equipos

Materiales		Cantidad
Metálicos	Mesa metálica	1
	Conexiones metálicas	3
	Tornillos de 5/16 de 1" con tuerca y arandela	4
	Rueda de 5"	4
No metálicos	Cable de la bomba	1
	Pega pavco	1
	Teflon	1
	Switch	1
	Pinturas	3
Polímeros	Codos	6
Equipos		Cantidad
Bomba	Centrifuga 1/2 hp	1
Tuberías	PVC 1/2"	3 m
Manómetro	Bourdon tipo c	1
Recipiente	25 lts	1
Válvula	Compuerta	1
Accesorios	Conexiones PVC	7

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Diseño del Banco de Pruebas Portátil para Bombas Hidráulicas en Aplicaciones Didácticas de Flujo de Fluidos

Para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos se realizó un diseño detallado del diagrama de instrumentación y procesos (P&ID), basado en los datos resultados de la ingeniería conceptual (parámetros de diseño, dimensiones y locación), tal como se observa en la figura 1, diagrama P&ID del sistema para el buen funcionamiento de la planta piloto.

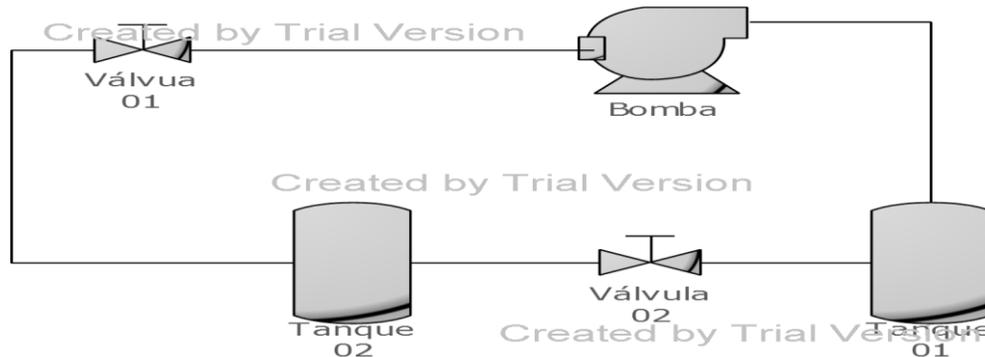


Figura 1. Diagrama P&ID del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas.
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Según Juvinal y Marshek (2013), el diseño es la representación física y gráfica del banco de prueba portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas para flujo de fluidos, con el mismo se puede observar las dimensiones consideradas, conjuntamente con los elementos que la componen. No obstante, inicialmente se requiere la ejecución de la ingeniería conceptual, simultáneamente con la ingeniería básica para obtener una perspectiva específica, además de detallada del alcance a obtener con el resultado final de la planta piloto a fabricar Potter y Wiggert (2011).

Con el diagrama de instrumentación y procesos se procedió al desarrollo de la ingeniería básica y elaboración de los planos para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas para flujo de fluidos, dando como resultado imágenes acotadas, donde se detalla la localización exacta de cada elemento que formará parte de la planta piloto, en concordancia con el alcance para el mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje de los docentes y estudiantes de esa casa de estudio, de forma más significativa y motivadora.

Los resultados del estudio arrojaron que el banco de pruebas debe contar con una bomba de capacidad $\frac{1}{2}$ Hp de potencia mecánica para el impulso y desplazamiento del volumen de agua través de un sistema de tuberías PVC de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, este flujo (agua) se obtiene directamente de un tanque de almacenamiento de 25 litros, este volumen de agua es trasladado a otro recipiente con la misma capacidad de almacenamiento.

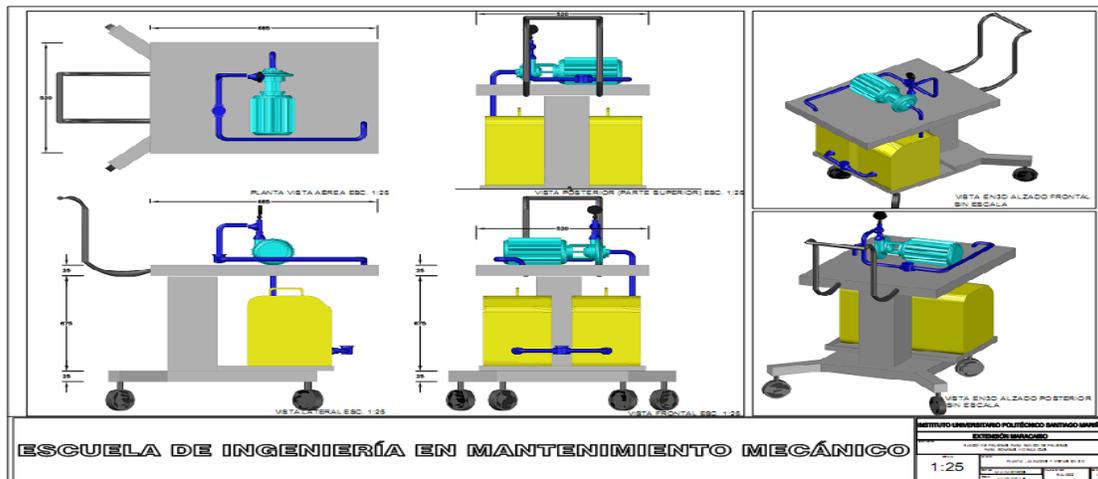
Por otro parte, para conocer la lectura directa de la presión que maneja el banco de prueba con el uso del dispositivo de bombeo mecánico, se utilizará un manómetro que será instalado en la descarga de este equipo. Al mismo tiempo, la planta piloto constará con una válvula de compuerta de $\frac{1}{2}$ " metálico, permitiendo la regulación de la descarga del fluido de esta forma se controla la velocidad de llenado de uno de los tanques o recipientes de almacenamiento, en conjunto con una válvula de bola manual polimérica de $\frac{1}{2}$ " de diámetro interno, de rosca interna por ambos extremos ubicada entre los dos tanques, obteniendo un control de flujo a manejar en el proceso (Smith, 2006).

Siguiendo con la descripción de los elementos que conformaran la planta piloto, se instalara un soporte con cuatro ruedas para su mejor desplazamiento y traslado a cualquier área donde sea requerida su utilización, dos de ellas son ruedas libres y las otras dos presentan un sistema

de freno, accionado al ejercer presión con la parte baja del pie. Toda la estructura metálica será pintada con una capa de fondo gris anticorrosivo, mientras las tuberías del sistema de agua serán pintadas de color verde y rojo, según lo indicado por las normas.

Planos

A continuación, en la figura 2 se presentan los planos detallados elaborados para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas para flujo de fluidos, donde se observa el sistema de tuberías, la ubicación de la bomba y demás componentes, las



dim
ens
ion
es
y
dist
anc
iam
ient
o.

Figura 2. Planos del banco de prueba portátil para bombas hidráulicas
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Cálculos hidráulicos

Los cálculos hidráulicos a determinar en el sistema de tuberías la cual, está presente en el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas permiten estipular la cantidad de pérdidas de carga en valores numéricos en unidad de volumen en el mismo, utilizando como herramienta fundamental la ecuación de Veronesse-Datei (Franquet, 2005), teniendo en cuenta que, los datos a emplear son considerados autónomas para así llevar a cabo, la ejecución de este procedimiento matemático que será a continuación:

$$h = 9,2 \times 10^{-4} x (Q^{1,8} / D^{4,8}) x L \quad (1)$$

Dónde:

h= pérdida de carga (m³/s)

Q= caudal (m³/s)

D= Diámetro interno de la tubería (m)

L=longitud de la tubería

Considerando los postulados teóricos de White (2011), con un caudal a manejar constante de 25 lts/min, se realizó la conversión a metro cúbico (m^3) para así tener el valor adecuado a trabajar en este procedimiento matemático. El diámetro interno de la tubería es de 21,3 mm (1/2"), igualmente se la realizó la conversión a metros, obteniendo una forma práctica para la elaboración de este cálculo hidráulico para el sistema de tuberías presente en el banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas:

$$Q = \frac{25 \text{ lts}}{\text{min}} \times \frac{0,001 \text{ m}^3}{1 \text{ litro}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$Q = 4,16 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$D = 21,3 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$D = 0,0213 \text{ m}$$

Perdidas de cargas en la succión

Tramo #1

$$h = 9,2 \times 10^{-4} \times \left[(9,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg})^{1,8} / 0,0213 \text{ m}^{4,8} \right] \times 0,37 \text{ m}$$

$$h = 0,11 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tramo #2

$$h = 9,2 \times 10^{-4} \times \left[(9,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg})^{1,8} / 0,0213 \text{ m}^{4,8} \right] \times 0,15 \text{ m}$$

$$h = 0,04 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tramo #3

$$h = 9,2 \times 10^{-4} \times \left[(9,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg})^{1,8} / 0,0213 \text{ m}^{4,8} \right] \times 0,12 \text{ m}$$

$$h = 0,03 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tramo #4

$$h = 9,2 \times 10^{-4} \times \left[(9,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg})^{1,8} / 0,0213 \text{ m}^{4,8} \right] \times 0,115 \text{ m}$$

$$h = 0,03 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$ht1 = (0,11 + 0,04 + 0,03 + 0,03) \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$ht1 = 0,21 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Perdidas de carga en la descarga

Tramo #1

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,14m$$

$$h = 0,04 m^3/seg$$

Tramo #2

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,19m$$

$$h = 0,06 m^3/seg$$

Tramo #3

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,32m$$

$$h = 0,10 m^3/seg$$

Tramo # 4

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,28m$$

$$h = 0,08 m^3/seg$$

Tramo #5

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,115m$$

$$h = 0,03 m^3/seg$$

Tramo #6

$$h = 9,2x10^{-4} x \left[(9,2x10^{-4} m^3/seg)^{1,8} / 0,0213m^{4,8} \right] x 0,23m$$

$$h = 0,07 m^3/seg$$

$$ht2 = (0,04 + 0,06 + 0,10 + 0,08 + 0,03 + 0,07)m^3/seg$$

$$ht2 = 0,38 m^3/ seg$$

$$\sum ht = ht1 + ht2$$

$$\sum ht = (0,21 + 0,38) m^3/ seg$$

$$\sum ht = 0,59m^3/ seg$$

Construcción del Banco de Pruebas Portátil para Bombas Hidráulicas en Aplicaciones Didácticas de Flujo de Fluidos

A continuación se presentan los procedimientos realizados para la fabricación del banco de pruebas portátil para bombas hidráulicas en aplicaciones didácticas de flujo de fluidos para el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Extensión Maracaibo, al igual que la secuencia de procedimientos se ilustrará mediante la utilización de fotografías referidas a las actividades ejecutadas durante la construcción del mismo. Seguidamente, en la figura 3, se puede observar la colocación de la lámina superior para la construcción del banco de pruebas.



Figura 3. Lámina superior
Fuente: Elaboración Propia (2018).

No obstante, a ésta lámina se le realizaron unas perforaciones u orificios con el uso de un taladro, para la colocación de las tuberías de policloruro de vinilo (PVC) que llegarían posteriormente a los tanques o recipientes de almacenamiento de agua. Seguidamente, en la siguiente figura 4, se observa la colocación de la lámina inferior, en la cual estarán ubicados los recipientes del banco de pruebas.



Figura 4. Corte de la lámina inferior
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Posteriormente en la figura 5, se ubicó la bomba para luego, hacer la demarcación del sitio donde iría ubicada la misma y con la ayuda de un taladro, se realizaron orificios en la lámina superior del banco de prueba de esta forma, realizando un anclaje o acople de este dispositivo de bombeo mecánico en la planta piloto permitiendo un sistema de bombeo con un alto nivel de confiabilidad para este proceso.



Figura 5. Colocación y anclaje de bomba centrífuga a la lámina superior
Fuente: Elaboración Propia (2018).

No obstante, se procedió a la colocación de los tanques o recipientes de almacenamiento del fluido acuoso denominado como agua e instalación de distribuida de las tuberías desde la bomba hasta los recipientes, obteniendo un sistema de proceso seguro y práctico presente en el banco de pruebas para bombas hidráulicas desde la bomba hasta los recipientes. Lo previamente mencionado, se puede observar en la figura 6.



Figura 6. Colocación de los recipientes y las tuberías
Fuente: Elaboración Propia (2018).

En la figura 7, se aprecia las tuberías a instalar con una gama de pigmentación distinta, con la finalidad de recubrir estas tuberías para ampliar su vida útil, considerando el color verde como el desplazamiento de agua potable y el color rojo simboliza la succión de este fluido acuoso que realiza la bomba de $\frac{1}{2}$ " de potencia mecánica



Figura 7. Aplicación de recubrimiento de las tuberías.
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Por consiguiente, en la siguiente figura 8 se refleja del manómetro o indicador de presión, en conjunto con una conexión de hierro fundido tipo “T” y un bushing o reducción de bronce de 1”-1/2” en la zona de descarga de la bomba centrífuga de ½ Hp de potencia mecánica, obteniendo de esta forma directa, una lectura de la presión de salida que presenta este equipo mecánico.



Figura 8. Instalación del manómetro en la bomba centrífuga
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Finalmente, se realizó la aplicación de pintura al banco de prueba portátil de bombas hidráulicas para flujo de fluidos, al igual que el montaje de todas las piezas del mismo, obteniendo como resultado un sistema de proceso práctico y seguro para el personal docente y estudiantil del Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño” Extensión-Maracaibo, procedimiento que se muestra en la figura 9.



Figura 9. Ensamblaje y aplicación de pintura al banco de prueba portátil
Fuente: Elaboración Propia (2018).

Comprobación Mediante Pruebas del Funcionamiento del Banco de Prueba Hidráulico

Para validar o comprobar el funcionamiento general del banco de pruebas portátil, se debe realizar una serie de pruebas utilizando herramientas, tanto digitales como tradicionales, es decir, mediante la utilización de un multímetro se verifica si la corriente eléctrica, que permite el encendido de la bomba, es la correspondiente para un óptimo funcionamiento y con el método de observación directa se detectan las posibles grietas o fugas en el sistema de tuberías, en los recipientes de agua o en las válvulas de control, además que el manómetro este correctamente calibrado para obtener una medición confiable con respecto a esta variable.

Las pruebas referentes al banco de pruebas portátil, permiten detectar el rendimiento o el funcionamiento de cada equipo y sistema presente en el proceso. No obstante, al validar este conjunto de elementos mediante ensayos programados, considerando estos un vínculo directo con las herramientas a emplear, variando de esta forma, que este dispositivo de estudio didáctico es seguro y de fácil manejo para el personal tanto estudiantil como docente del ente institucional la cual, está referido la planta piloto.

Al realizar las respectivas pruebas a la planta piloto se llegó a detectar el manejo de distintas presiones, considerando qué tan abierta o no esté la válvula de compuerta manual que permite regular el flujo de agua, vinculada directamente con la presión presente en el sistema de proceso del banco de pruebas para bombas hidráulicas, para tener una perspectiva directa de lo previamente mencionando, se presenta a continuación en el cuadro 4, las pruebas de presión realizadas.

Cuadro 4
Pruebas de presión de la planta piloto

Numero de Prueba	Apertura de la Válvula de Compuerta	Presión Indicada por el Manómetro
1	Totalmente abierta	0-2 PSI
2	Semi abierta	12-15 PSI
3	Cerrada	25-30 PSI

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Desempeño

Para detectar el desempeño del funcionamiento del banco de pruebas portátil de bombas hidráulicas se utilizó como herramienta fundamental un multímetro para verificar si la energía eléctrica que acciona el funcionamiento de la bomba centrífuga es de 110V AC y el método de

observación directa, permitió conocer el rendimiento del sistema de tuberías, los recipientes de almacenamiento de agua, las válvulas de control, además del manómetro. No obstante, en el cuadro 5 se puede observar el nivel operacional de cada uno de ellos.

Cuadro 5. *Desempeño* del banco de pruebas portátil

Equipos	Desempeño
Bomba	La bomba centrífuga opera en óptimas condiciones con 110V AC la cual, fue detectado por el multímetro.
Válvulas De Control	La válvula de compuerta no presente fugas al momento de ser manejada regulando el agua óptimamente. De igual forma, la válvula de bola permite el paso o no de fluido sin presentar ningún inconveniente.
Tanques	No presentan ningún tipo de fugas o grritas permitiendo el almacenamiento del agua adecuado.
Manómetro	No presenta des-calibración, dando una lectura de la variable confiable en cada momento.
Sistemas	Desempeño
Sistema de Tuberías	No presenta ningún tipo de fugas o grietas ocasionando un desplazamiento optimo del fluido.
Sistema Eléctrico	Los cables de la bomba no ocasionan corto circuito permitiendo accionar el dispositivo de la bomba sin ningún inconveniente.

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Conclusiones

Se logró obtener las dimensiones de la mesa metálica y la proyección con respecto al tamaño del banco de pruebas. En el mismo sentido, se determinó la locación o lugar específico donde se ubicaría la planta piloto, desarrollándose la ingeniería básica y elaborándose el listado de los materiales, equipos y herramientas requeridos para la fabricación del banco de pruebas. Considerando que el fluido a utilizar es agua, para las tuberías, conexiones y el tanque para almacenamiento de agua se seleccionó como material el policloruro de vinilo (PVC) o poliméricas. No obstante, algunas conexiones se diseñaron con materiales metálicos.

Los cálculos hidráulicos o de pérdidas de carga por cada tramo presente en el sistema de tuberías, al igual que la elaboración de los planos acotados, se realizó utilizando como herramienta principal un software de diseño conocido como AutoCAD 2015 ® permitiendo una visión concreta de la apariencia física del banco de pruebas.



Por consiguiente, se ejecutaron las fases de procedimientos con respecto a la construcción de la planta piloto, elaborándose en forma secuencial y obteniendo resultados satisfactorios al momento de culminar esta actividad. Finalmente, se chequeó el funcionamiento general de cada equipo y sistema presente en la planta piloto utilizando un conjunto de herramientas, comprobándose la presión que puede manejar el mismo, siendo los resultados plasmados en cuadros para una fácil percepción visual de los mismos.

Referencias Bibliográficas

- Arias, F (2012). *El proceso de investigación*. Editorial Episteme, 6ta edición, Caracas, Venezuela.
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa*. Maracaibo: Gráfica González.
- Franquet, B. J. (2005). *Cálculos Hidráulicos de las conducciones Libres y Forzadas*. 1era edición. Universidad Internacional de Cataluña. España.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill Education.
- Hurtado, J. (2015). *Investigación Holística*. Caracas, Venezuela: Editorial Quirón.
- Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, extensión Maracaibo (2019). <http://www.psmmaracaibo.edu.ve/>
- Juinall, R. C., & Marshek, K. M. (2013). *Diseño de elementos de máquinas*. 2da. Edición. Editorial Limusa Willey. México D.F
- Mott, L. (2009). *Diseño de elementos de máquinas*. México, D.F: Editorial Pearson.
- Norma Covenin 518-1 (1998). Policloruro de Vinilo (PVC). Tuberías para la conducción de agua a presión. Serie Métrica. 1ra. Revisión.
- Norma Covenin 643-91 (1991). Bombas Centrifugas. Métodos de Ensayo. 1ra. Revisión.
- Norma Covenin 1653-92 (1992). Válvulas de Compuerta. 1ra. Revisión.
- Norma DIN 2403 (2014). Colores de Tuberías. Edición: 2016-12-21. 1era Modificación.
- Potter, C. y Wiggert, C. (2011). *Mecánica de Fluidos*. España, Madrid: Editorial Ciencias de la ingeniería.
- Smith, F. (2006). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. México, DF: Editorial McGraw Hill.
- White, F. (2011). *Mecánica de fluidos*. México, DF.: Editorial Mw Graw Hill.