

Mejoramiento del banco de pruebas para obtener curvas características de operación de bombas centrífugas fabricadas en la empresa industrial Moreno, El Milagro – Huanchaco – La Libertad

Improvement of the test bench to obtain characteristic curves of operation of centrifugal pumps manufactured in the industrial company Moreno, El Milagro - Huanchaco - La Libertad

Marcos Antonio Amaya Benites ¹

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar las especificaciones técnicas de los componentes para mejorar el equipo de ensayo de las bombas centrífugas fabricadas en la empresa Industrial Moreno S.A Trujillo y obtener las curvas características de operación para diferentes velocidades de rotación. El Diseño de investigación experimental, del tipo experimental puro, debido a que se hicieron pruebas directamente en el equipo mejorado de ensayo construido en la empresa Industrial Moreno S.A. Población y muestra: Equipo de pruebas de Bombas centrífugas de agua Fabricada en la empresa Industrial Moreno S.A. Actualmente la empresa Industrial Moreno Realiza su propio proceso de fundición, utilizando el más común y factible proceso de fabricación como es la fundición en arena, siendo ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido, garantizando un adecuado molde y por ende de la pieza obtenida. Para muchos ingenieros la aplicación de bombas es un tema nebuloso, rodeado por una abundancia de información miscelánea que es difícil de relacionar con un problema dado. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el banco de pruebas usando los nuevos componentes, son coherentes con las pruebas realizadas en el antiguo banco de ensayos, además de verificar su adecuado funcionamiento dentro de los valores permisibles con los que fueron seleccionados, llegando a alcanzar valores máximos del 90% del rendimiento. Se graficaron las cuatro curvas características de la bomba de agua fabricadas en Industrial Moreno S.A Trujillo, con lo cual se completó la ficha técnica de estas bombas. El nuevo equipo de ensayo fue cotizado y arrojó un costo total de S/.12185 Soles, lo cual es accesible por la empresa y cubierto dentro del costo de fabricación de las bombas de la empresa. Conclusiones: Se determinó la curva del comportamiento de la altura de succión positiva neta en función del caudal de bombeo para diferentes velocidades de rotación; Se calculó las pérdidas generadas en la línea de succión, por la válvula de estrangulamiento, principalmente que disminuyeron al NPSH disponible de la instalación hasta que se presentase cavitación; Se graficaron las cuatro curvas características de la bomba de agua fabricadas en Industrial Moreno S.A Trujillo, con lo cual se completó la ficha técnica de estas bombas; El nuevo equipo de ensayo tiene un costo total de S/.12185 Soles.

Palabras clave: Bomba de agua, Bomba centrífuga, Banco de ensayo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the general objective of determining the technical specifications of the components to improve the test equipment of the centrifugal pumps manufactured in the company Industrial Moreno S.A Trujillo and to obtain the characteristic curves of operation for different speeds of rotation. The design of experimental research, pure experimental type, because they were directly tested on the improved test equipment built at the company Industrial Moreno S.A. Population and sample: Test equipment of centrifugal pumps of water Manufactured in the company Industrial Moreno S.A. Currently the company Industrial Moreno performs its own process of casting, using the most common and feasible manufacturing process as sand casting, this is a refractory material very abundant in nature and, mixed with clay, acquires cohesion and moldability without To lose the permeability that makes it possible to evacuate the gases from the mold while pouring the molten metal, guaranteeing an adequate mold and therefore of the obtained piece. For many engineers the application of bombs is a hazy subject, surrounded by an abundance of miscellaneous information that is difficult to relate to a given problem. The results obtained from tests carried out on the test bench using the new components are consistent with the tests carried out on the old test bench, as well as verifying their proper functioning within the permissible values with which they were selected, reaching Values of 90% of the yield.

¹ Universidad César Vallejo - Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
E-mail: marcos_1607@hotmail.com

The four characteristic curves of the water pump manufactured at Industrial Moreno S.A Trujillo were plotted, which complemented the technical data of these pumps. The new test equipment was quoted and yielded a total cost of S/ .12185 Soles, which is accessible by the company and covered within the cost of manufacturing the company's pumps.

Conclusions: The performance curve of the net positive suction height was determined as a function of the pump flow rate for different rotation speeds; The losses generated in the suction line were calculated by the throttling valve, mainly reducing to the available NPSH of the installation until cavitation occurred;

The four characteristic curves of the water pump manufactured in Industrial Moreno S.A Trujillo were plotted, which complemented the technical data of these pumps; The new test equipment has a total cost of S/ .12185 Soles.

Keywords: Water pump, Centrifugal pump, Test bench.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa Industrial Moreno Realiza su propio proceso de fundición, utilizando el más común y factible proceso de fabricación como es la fundición en arena, siendo ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido, garantizando un adecuado molde y por ende de la pieza obtenida.

Para muchos ingenieros la aplicación de bombas es un tema nebuloso, rodeado por una abundancia de información miscelánea que es difícil de relacionar con un problema dado. Aun cuando muchos fabricantes dedican una parte de sus catálogos a las fases técnicas de aplicación de bombas, rara vez tienen suficiente espacio para presentar más que una tabulación de datos adecuados y delinear un ejemplo típico para la elección de una bomba. Esto es lamentable, debido a que el máximo problema con el que se encuentran muchos ingenieros hoy en día es el de cómo elegir y aplicar la mejor bomba para una combinación dada de condiciones. Al exhibir tantas excelentes bombas disponibles y tanta literatura existente para cada una de ellas, el problema se hace casi prohibitivo. En plantas industriales grandes y municipalidades en donde se necesitan varios cientos de bombas para alimentar servicios de procesos domésticos y otros, un ingeniero puede pasarse años, literalmente, desarrollando sistemas económicos de bombeo.

Las bombas en su mayoría generalmente se instalaron sin tener en cuenta los valores óptimos de rendimiento, funcionando a un bajo rendimiento lo cual se observa en el elevado consumo de energía o potencia de accionamiento.

En el departamento de La libertad, las empresas fabricantes de bombas hidráulicas no cuentan con un banco de prueba de ensayo adecuado, ya que el costo de adquirirla es elevado alcanzando costos de aproximadamente \$45000, y por ende las bombas se fabrican empíricamente sin tener una ficha técnica, que contenga curvas características de operación o performance, lo cual está claramente en desventaja con

los productos que ya existen en el mercado.

Al implementar las curvas características de operación de las bombas de agua es un valor agregado bastante importante, pues otorga una mejor garantía de fabricante y poder comparar la calidad con otros productos que están en el mercado, ya que actualmente no existe ninguna empresa fabricante de los mismos productos en esta localidad siendo abastecidos mayormente de fabricantes de la ciudad de Lima como empresas proveedoras, productoras de bombas de agua como HIDROSTAL y de diferentes partes del mundo.

Así mismo la cavitación es un problema latente en estas bombas por lo cual es imprescindible el determinar cuáles son los límites en las instalaciones de la succión de estas bombas para evitar daños innecesarios y perjudiciales que limitan el normal funcionamiento de estas bombas.

La comercialización de las bombas centrífugas se complementa con la implementación de un banco de pruebas para hallar las curvas características de las bombas centrífugas producidas en la empresa INDUSTRIAL MORENO por lo cual se tomó la iniciativa de brindarle al producto un valor agregado para su óptima utilización en los proyectos de riesgo tecnificado en cuanto a su selección adecuada, disponiendo de un banco de ensayos construido con tecnología nacional, sin embargo las mediciones que se toman carecen de precisión y tiene un error experimental muy alto, debido a la falta de una instrumentación adecuada que pueda medir el caudal bombeado y un sistema que permita variar la velocidad de rotación y tener data directamente de la bomba, ampliar y completar las cuatro curvas características de las bombas centrífugas como son la de la altura de bomba, rendimiento total, potencia consumida y la altura neta de succión positiva, la cual se desconoce actualmente.

2. CONTENIDO

La investigación se basa en principio de Bernoulli, mecánica de fluidos, sistema de control y análisis económico.

Ecuación 01. Teorema de Bernoulli aplicado entre la succión y la descarga de una bomba.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Ecuación 02. Altura total de la bomba del banco experimental.

$$h_A = P_2 - P_1 + (Z_2 - Z_1)$$

Ecuación 3. Eficiencia de una bomba.

$$P_e = \frac{P_H}{\eta}$$

Ecuación 4. Potencia hidráulica entregada por una bomba.

$$P_H = \gamma \cdot Q \cdot h_A$$

Ecuación 5. Caudal volumétrico en una tubería.

$$Q = v \cdot A$$

Ecuación 6. Potencia eléctrica consumida por un motor monofásico.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$$

Ecuación 7. Altura requerida por un sistema de bombeo.

$$h_R = Z_B + h_L$$

La velocidad de entrada a la bomba se obtiene por:

$$V_e = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0.084} \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\pi (r)^2}{4}$$

Cálculo de Pérdidas de carga:

Línea de Succión:

I. Pérdidas Menores:

$$h_m = \sum \frac{K V^2}{2g} = (K_{ent} + K_{valvula} + 2K_{codos} + K_{red}) \left(\frac{V_2}{2g} \right)$$

$$K_{red} = 0.5 \left(1 - \left(\frac{3.5}{4} \right)^2 \right) = 0.1172; V_e =$$

$$\frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{Q}{\frac{\pi (103.42)}{4}}$$

$$h_{men} = (0.5 + 0.5 \times 2 + 0 + 0.1172 + K_v \times \left(\frac{V_e}{2g} \right)^2)$$

2. Pérdidas Mayores:

$$L = 0.6 + 1 + 0.91 = 2.51 \text{ m}$$

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$h_{may} = (f) \times \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V_e^2}{2g} \right)$$

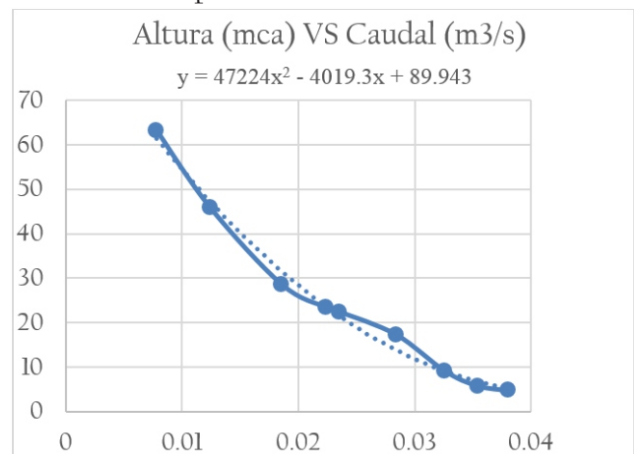
$$h_{perd} = \left[\frac{1.637 + K_v}{19.62} + 1.237 \times f \right] V_e^2$$

3. RESULTADOS

Se recopilaron los datos ensayados en el banco de pruebas construido para las bombas centrífugas, en la cual se observa que no se determinó la curva del comportamiento de la altura de succión positiva neta en función del caudal de bombeo, esto debido a que no se calculó las pérdidas generadas por la válvula de estrangulamiento, lo cual según los resultados mostrados se calcularon y midieron a partir de las pérdidas menores principalmente que disminuyeron al NPSH disponible de la instalación hasta que se presentase cavitación, lo cual fue identificado por observación directa en cada experimento.

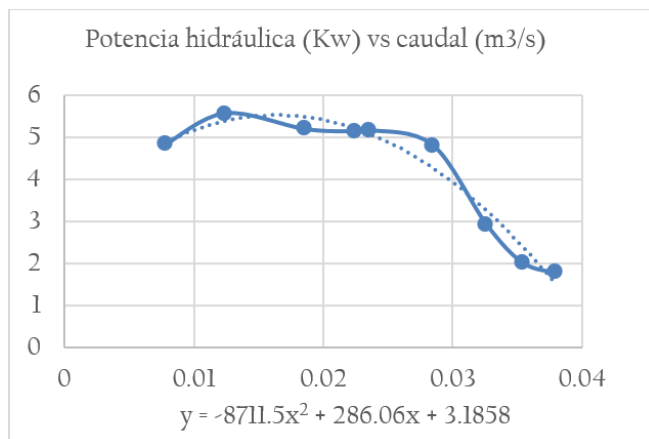
- Resultados de ensayos a $n = 3600$ rpm

Gráfico 01. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a $n = 3600$ rpm



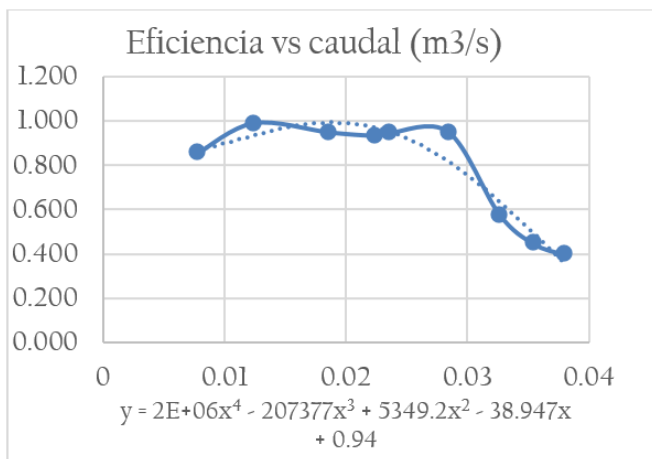
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 02. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n= 3600 rpm



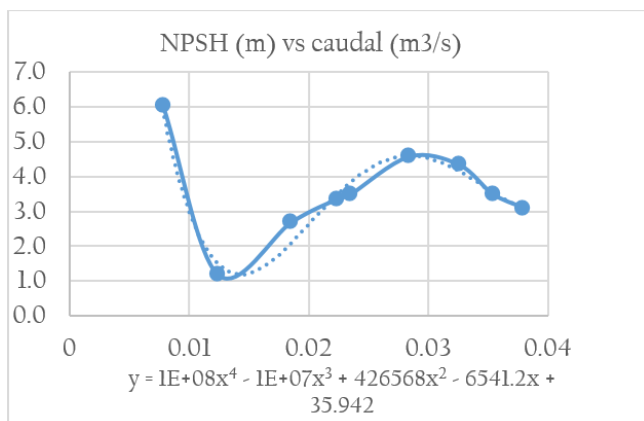
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 03. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n= 3600 rpm



Fuente: Elaboración propia

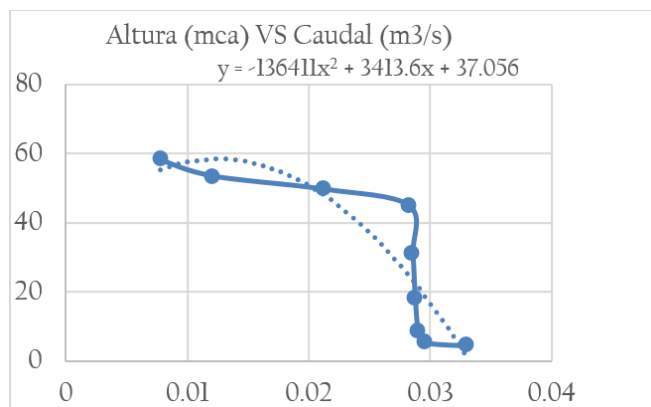
Gráfico 04. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n= 3600 rpm



Fuente: Elaboración propia

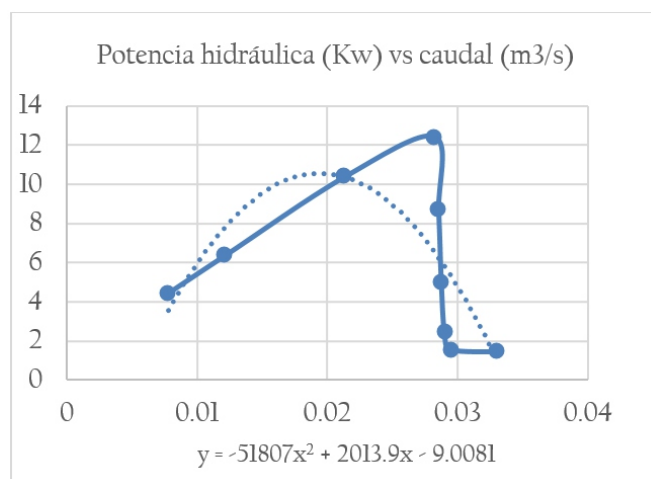
• Resultados de ensayos a n = 3400 rpm

Gráfico 05. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n= 3400 rpm



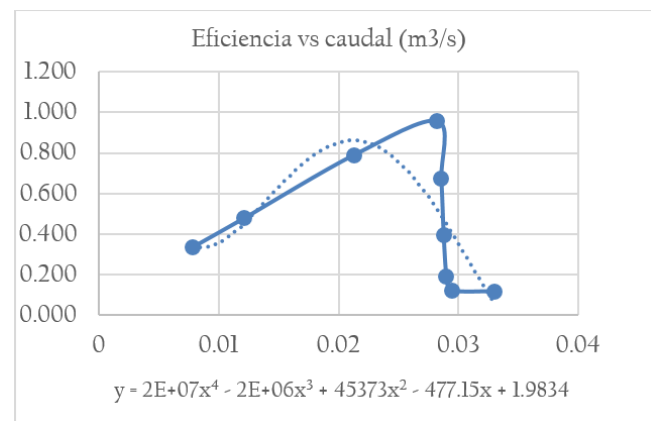
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 06. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n= 3400 rpm



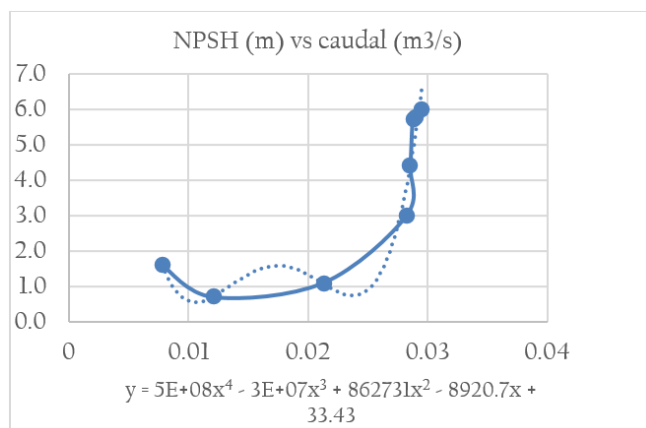
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 07. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n= 3400 rpm



Fuente: Elaboración Propia

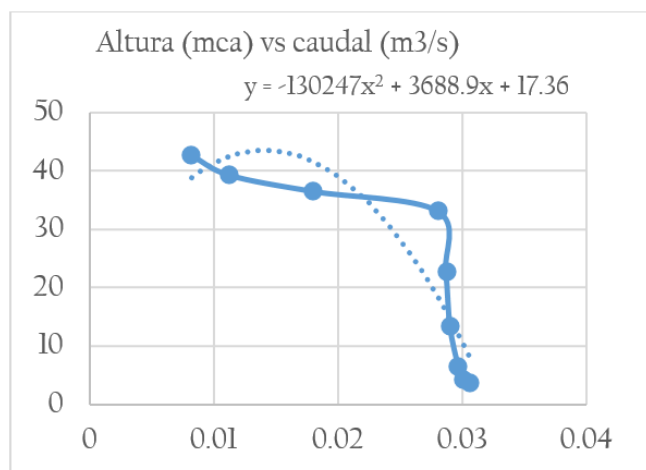
Gráfico 08. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n= 3400 rpm



Fuente: Elaboración propia

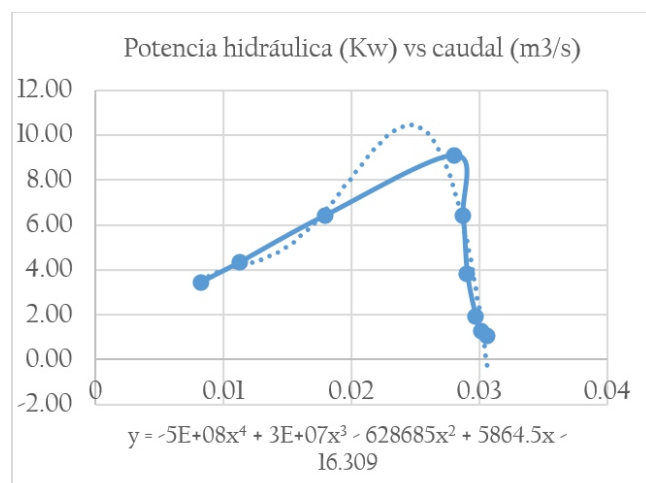
• Resultados de ensayos a n = 2800 rpm

Gráfico 09. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n= 2800 rpm



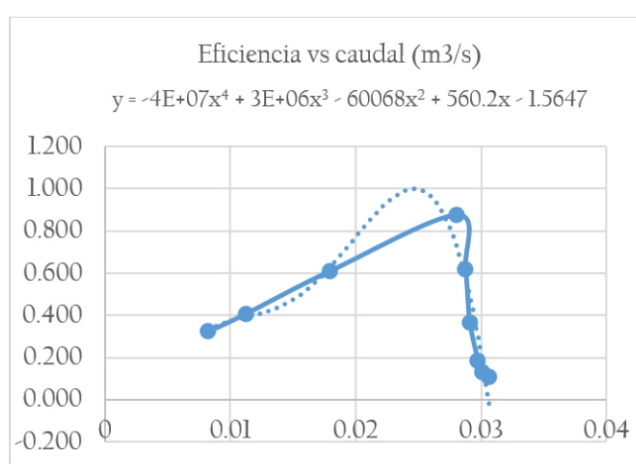
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n= 2800 rpm



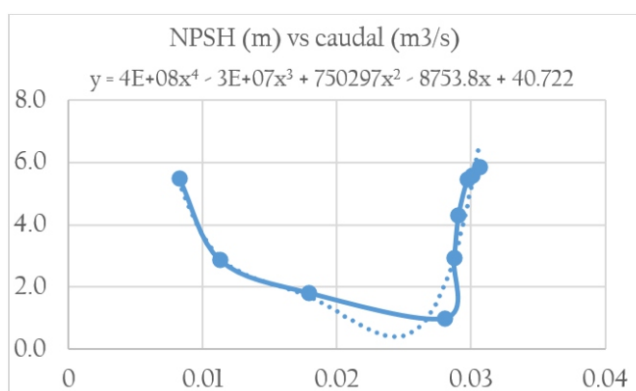
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n= 2800 rpm



Fuente: Elaboración propia

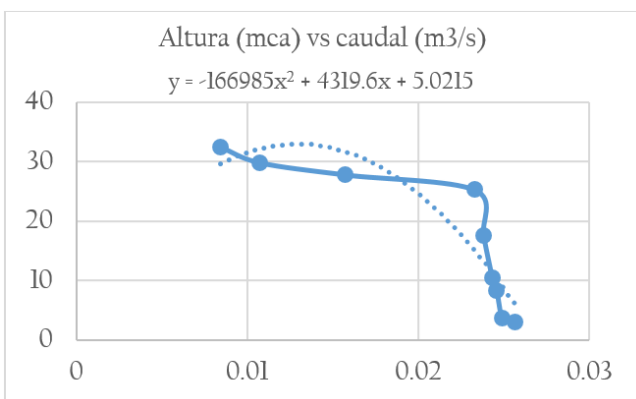
Gráfico 12. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n= 2800 rpm



Fuente: Elaboración propia

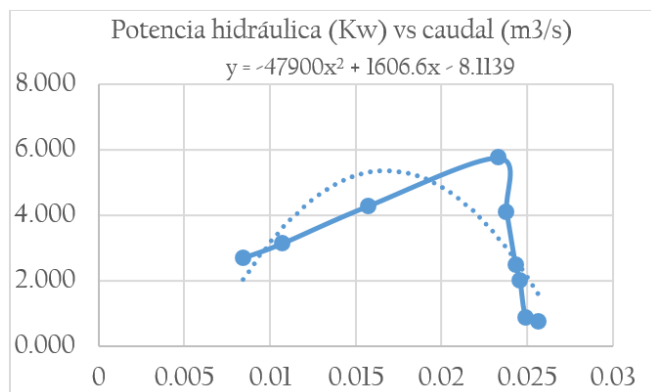
• Resultados de ensayos a n = 2800 rpm

Gráfico 13. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n= 2400 rpm



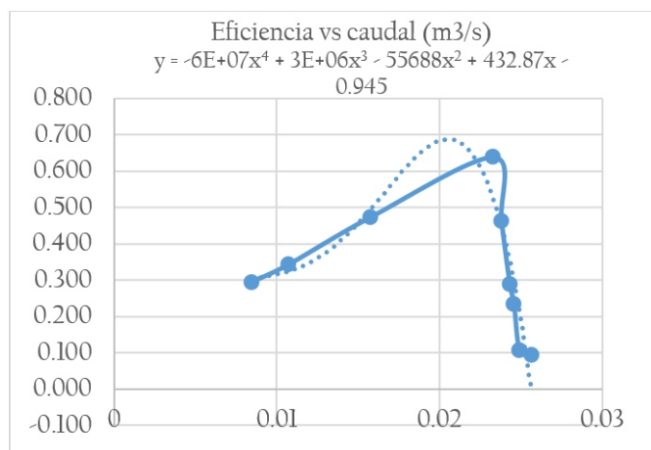
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n= 2400 rpm



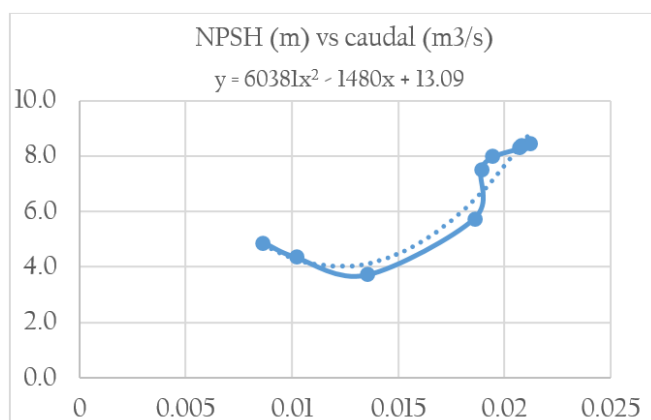
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n= 2400 rpm



Fuente: Elaboración propia

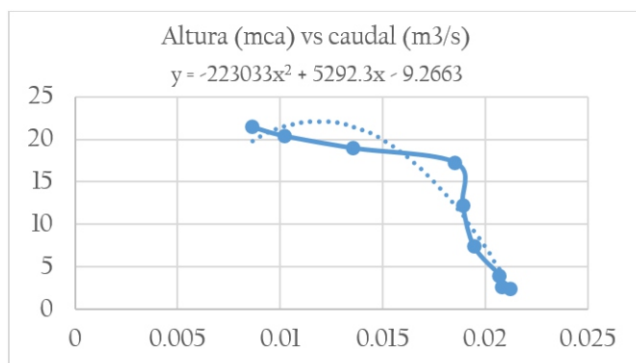
Gráfico 16. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n= 2400 rpm



Fuente: Elaboración propia

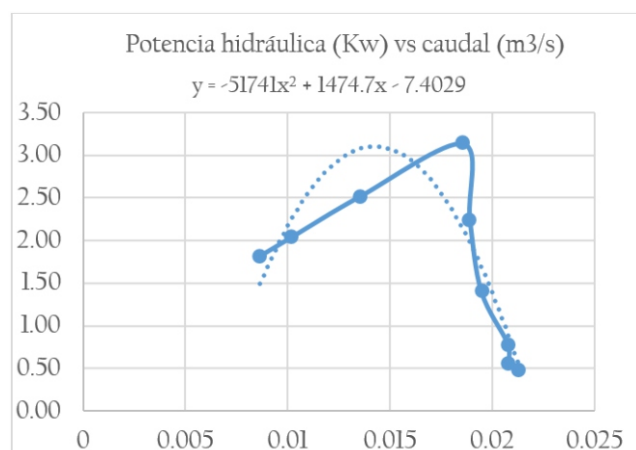
• Resultados de ensayos a n = 2000 rpm

Gráfico 17. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n= 2000 rpm



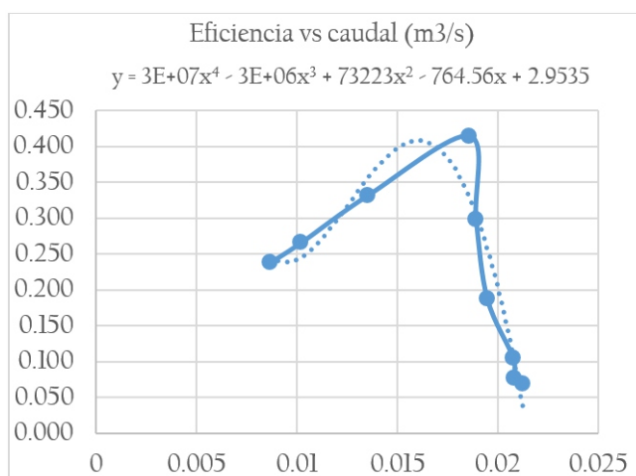
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n= 2000 rpm



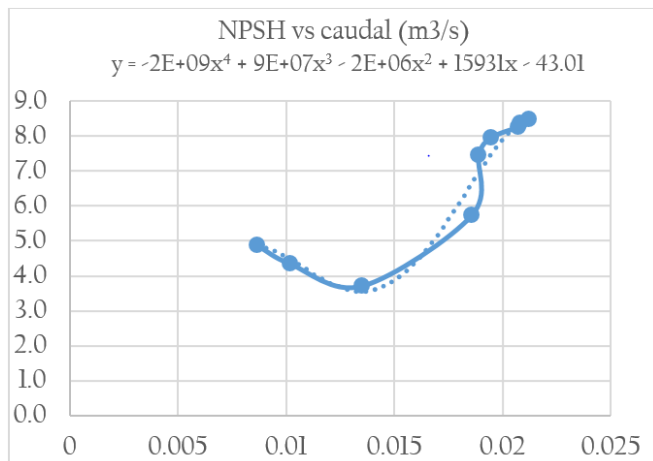
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n= 2000 rpm



Fuente: Elaboración propia

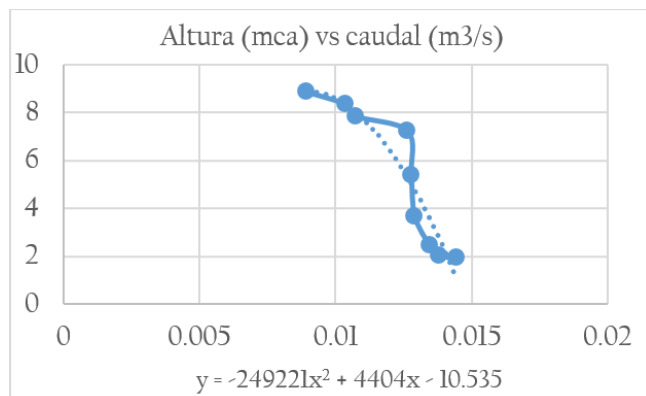
Gráfico 20. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n=2000 rpm



Fuente: Elaboración propia

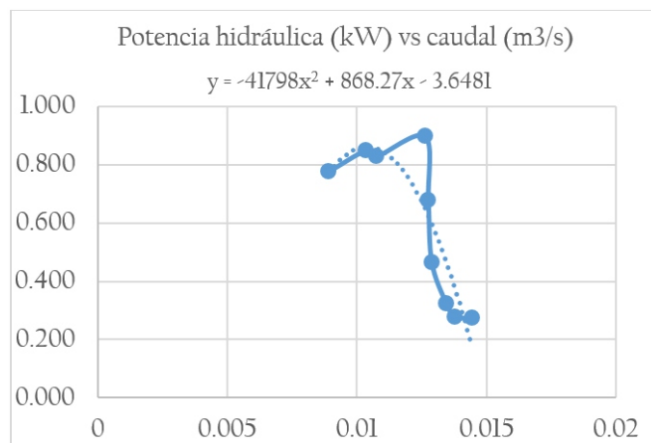
• **Resultados de ensayos a n = 1500 rpm**

Gráfico 21. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n=1500 rpm



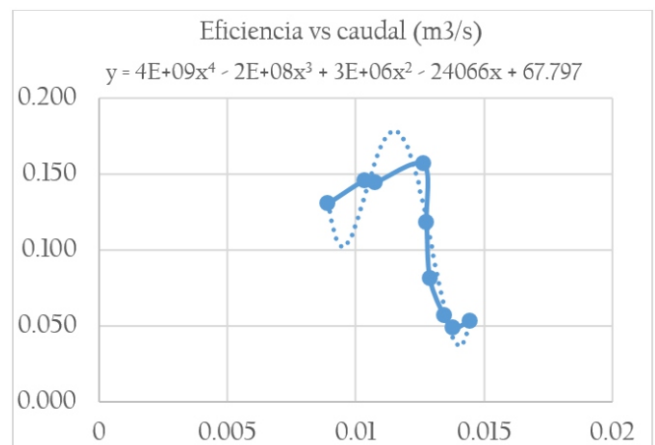
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n=1500 rpm



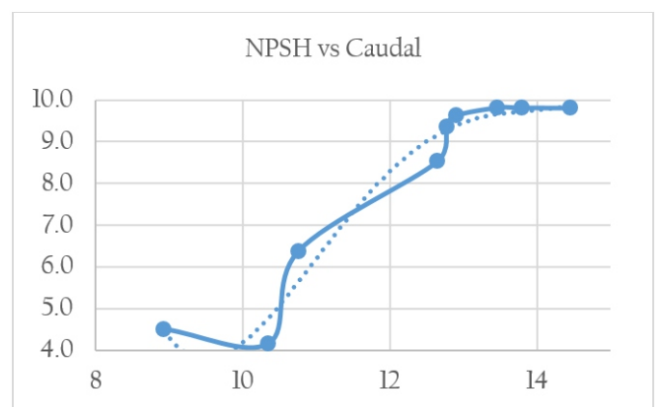
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 23. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n=1500 rpm



Fuente: Elaboración propia

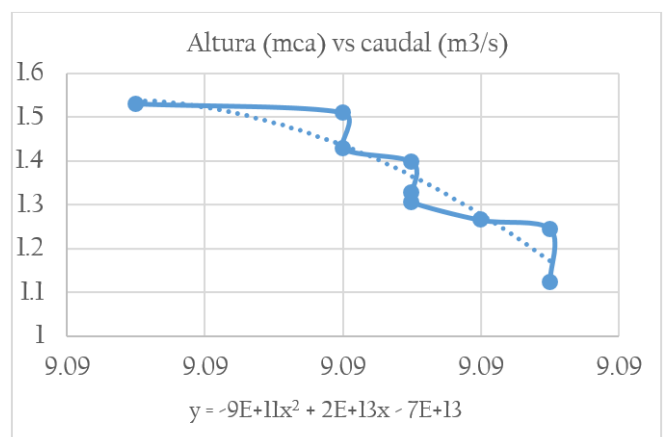
Gráfico 24. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n=1500 rpm



Fuente: Elaboración propia

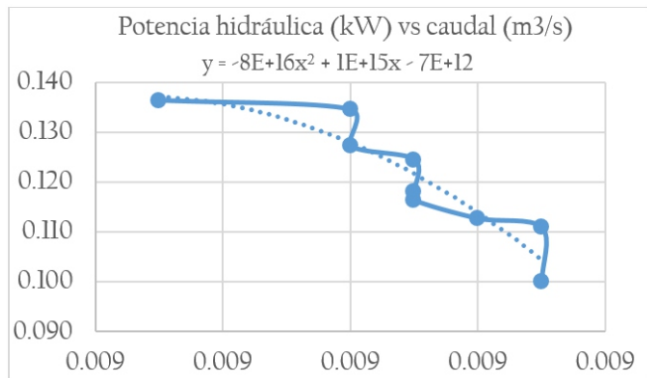
• **Resultados de ensayos a n = 1200 rpm**

Gráfico 25. Curva característica Altura de bomba vs Caudal a n=1200 rpm



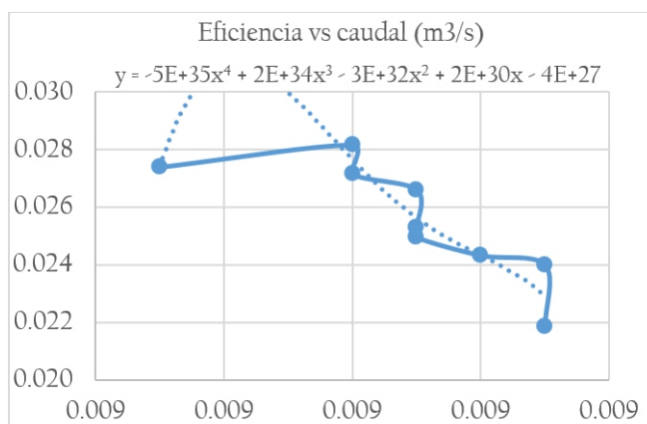
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26. Curva característica Potencia de bomba vs Caudal a n=1200 rpm



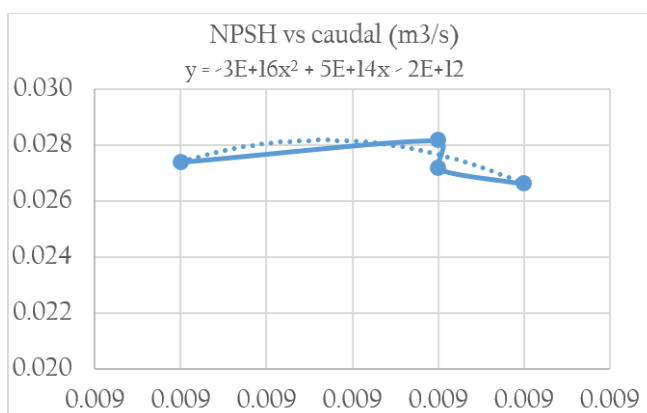
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27. Curva característica Rendimiento de bomba vs Caudal a n=1200 rpm



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28. Curva característica NPSH de bomba vs Caudal a n=1200 rpm



Fuente: Elaboración propia

Se presenta cavitación para un solo caudal, a la ausencia de caudal variable de operación.

4. DISCUSIONES

- Se recopilaron los datos ensayados en el banco de pruebas construido para las bombas centrífugas, en la cual se observa que no se determinó la curva del comportamiento de la altura de succión positiva neta en función del caudal de bombeo, esto debido a que no se calculó las pérdidas generadas por la válvula De estrangulamiento, lo cual según los resultados mostrados se calcularon y midieron a partir de las perdidas menores principalmente que disminuyeron al NPSH disponible de la instalación hasta que se presentase cavitación, lo cual fue identificado por observación directa en cada experimento.
- Los componentes seleccionados que permitieron mejorar el equipo de ensayo y obtener las cuatro curvas características de operación fueron seleccionados y verificados en disponibilidad comercial y económica en el mercado nacional, con lo cual su instalación y funcionamiento se realizaron sin problema alguno.
- Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el banco de pruebas usando los nuevos componentes, son coherentes con las pruebas realizadas en el antiguo banco de ensayos, además de verificar su adecuado funcionamiento dentro de los valores permisibles con los que fueron seleccionados, llegando a alcanzar valores máximos del 90% del rendimiento.
- La cabeza de succión positiva neta NPSH en estas bombas por experimentación y observación con los componentes nuevos instalados, son coherentes y válidos pues la cavitación demostró la igualdad entre el NPSH disponible y el NPSH de la bomba, cuyo comportamiento es coherente con otras bombas de similar geometría y estructura.
- Se graficaron las cuatro curvas características de la bomba de agua fabricadas en Industrial Moreno S.A Trujillo, con lo cual se completó la ficha técnica de estas bombas.
- El nuevo equipo de ensayo fue cotizado y arrojó un costo total de S/.12185 Soles, lo cual es accesible por la empresa y cubierto dentro del costo de fabricación de las bombas de la empresa.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó la curva del comportamiento de la altura de succión positiva neta en función del caudal de bombeo para diferentes velocidades de rotación.

- Se calculó las pérdidas generadas en la línea de succión, por la válvula de estrangulamiento, principalmente que disminuyeron al NPSH disponible de la instalación hasta que se presentase cavitación.
 - Se obtuvieron las especificaciones técnicas de los componentes seleccionados que permitieron mejorar el equipo de ensayo y obtener las cuatro curvas características de operación.
 - Se verificó el adecuado funcionamiento de los nuevos componentes seleccionados dentro de los valores permisibles.
 - Se determinó la cabeza de succión positiva neta NPSH en estas bombas cuyo comportamiento es coherente con otras bombas de similar geometría y estructura.
 - Se graficaron las cuatro curvas características de la bomba de agua fabricadas en Industrial Moreno S.A Trujillo, con lo cual se completó la ficha técnica de estas bombas.
 - El nuevo equipo de ensayo tiene un costo total de S/.12185 Soles.
- [3] Cruz, Franco Balcazar. Analisis de las variables de la cavitacion en bombas centrífugas horizontales. Mexico : Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica unidad Azcapotzalco, 2013. 2009360051.
- [4] Mott, Robert L. Mecánica de fluidos aplicada. Mexico : Pearson, 1996. 0023842318.
- [5] Moubray MJ. RCM Reliability Centered Maintenance. United Kingdom: Aladon Ltd; 2004
- [6] Alvarez, Jose Antonio E. Garcia. AF. AF. [En línea] 10 de Marzo de 2004. [Citado el: 09 de Marzo de 2017.] http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_3.htm. 960.
- [7] Franzini. Mecánica de fluidos con aplicaciones en ingeniería. Madrid : MCGraw-Hill, 1999. 9788448124748.
- [8] Sowell, Thomas. Economía Básica. s.l. : Deusto S.A. Ediciones, 2013, 2013.
- [9] Díaz, Aguila y Calahorrano Pérez. Diseño y construcción de un banco de prueba para bombas centrífugas conectadas en serie y paralelo. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Quito : Grupo editorial Alfa Omega S.A, 2011. pág. 10, Tesis.

6. RECOMENDACIONES FINALES

- Hacerle un mantenimiento periódicamente a las tuberías, tanque de agua por donde se bombea el fluido para evitar acumulaciones de residuos sólidos que puedan dañar los componentes internos de las bombas.

- Capacitar al personal de trabajo técnicamente para la programación y usos de los nuevos equipos instalados en el banco de prueba de las bombas centrífugas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mantilla, Garcia y Quitian Pizón. Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio del fenómeno de la cavitación en válvulas de control hidráulicas. Universidad Industrial De Santander Facultad De Ciencias Fisico - Mecánicas Escuela De Ingeniería Mecánica. Bucaramanga : Universidad industrial de Santander, 2008. Tesis.
- [2] Gustavo, Yambombo Guanutaxi. Diseño y Construcción de un banco de pruebas para. Universidad Central Del Ecuador. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2012. Tesis.
- [10] Eric, Jara Segura Marlon. DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS DE. Pontificie Universidad Católica del Perú. Lima : Pontificie Universidad Católica del Perú, 2016. tesis. 2010.0998.

