

Rediseño del banco de bombas en serie y paralelo del laboratorio de mecánica de fluidos de la Universidad Antonio Nariño

Hansel David Padilla Sierra Código 23551828600
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología. en mantenimiento electromecánico industrial

Universidad Antonio Nariño

Puerto Colombia

hpadilla32@uan.edu.co

Director

Rafael Ramírez Restrepo

rafael.ramirez@uan.edu.co

RESUMEN:

En el presente documento se establecerá una propuesta encaminada al rediseño del banco de bombas en serie y en paralelo de la Universidad Antonio Nariño sede Puerto Colombia con base en los requerimientos planteados en el diagnóstico mecánico y eléctrico del estado actual del equipo y las normas ISO para el diseño Hidráulico y el código eléctrico colombiano NTC 2050 con el propósito de obtener un equipo funcional acorde con las nuevas tecnologías es decir con sensores de presión y caudal con que permitirán desarrollar de manera adecuada las practica mediante las guías de laboratorios y el manual de operación del banco de pruebas que estará en las instalaciones de la Universidad Antonio Nariño Sede Puerto Colombia.

PALABRAS CLAVE: rediseño, *hidráulico*, *banco*, *bombas*, *rediseño*.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los inicios del desarrollo se dio un primer acercamiento a las bombas centrífugas, es decir, se realizó una caracterización ser caracterizado como tal. Este primer intento llegó en 1475 y se trató de una máquina para la elevación de barro que se incluyó en un tratado realizado por el ingeniero Francesco di Giorgio Martini (Moniruzzaman, 2015). [8]

Además, se puede destacar que es 1588, año en el que Agostino Ramelli, un ingeniero militar italiano, publica un diseño para una bomba volumétrica rotativa con mecanismo de paletas, es decir una nueva bomba de desplazamiento positivo (Skinner, 2014) [9]. Lo publicó en lo que se

considera el primer manual de ingeniería y se encontraba entre las ciento diez máquinas de elevación de agua que se incluían (Brashear, 2004).

Johannes Kepler, importante por su aportación al movimiento de los planetas, también realizó el primer diseño de una bomba de engranajes entorno al año 1600 (Skinner, 2014). Por loa años de 1604 un relojero se dedica a la construcción de un prototipo, que presentaría mayor posición.

Es una etapa en la que la relación entre la ciencia y la sociedad se advierte claramente, en la que la ciencia se convierte en característica indispensable de la naciente civilización industrial, se da un giro decisivo en el dominio del hombre sobre la Naturaleza con la introducción de las máquinas (Bernal, 1979) [7]. Durante la primera y segunda revolución industria alrededor de los años 1760 se presenta una gran transformación en la fabricación de nuevos dispositivos y por lo tanto desarrollo de los medios de producción. Años después entre 1789 y 1799 se da la revolución francesa lo cual favorece el desarrollo de la industria a dadas la nueva política económica por la eliminación de la monarquía

En la actualidad sigue diseñando y rediseñando bancos de bombas centrífugas con diferentes tipos de rodets según el flujo rodets y diferentes tamaños lo cual confirma que los diseños de estos son necesarios en el desarrollo de proyectos de investigación y de solución de problemas aplicativos en esta área. [1], [3], [5]

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Antonio Nariño se requiere por el compromiso académico, de igual manera la responsabilidad que tiene con programa de Tecnología en electromecánica, propender porque los estudiantes del dispongan de los medios y herramientas que garanticen la actualización, coherencia y pertinencia de las actividades prácticas de los talleres y laboratorios de acuerdo con los contenidos en la teoría de cada asignatura. Por la anterior se vienen desarrollando trabajos de grado que permitan obtener laboratorios para mejorar las competencias que están presentes en sus procesos de formación. En el laboratorio de mecánica de fluidos se ha detectado la necesidad rediseñar el equipo de pruebas de bombas en serie y paralelo. Por lo tanto, se requiere rediseñar el equipo para llevarlo a condiciones estándar, es decir, a condiciones de funcionalidad y permita que los estudiantes puedan contactar la teoría mediante el desarrollo de las guías de laboratorio y así mismo mostrara en las visitas de los pares académicos equipos de prácticas en esta área, lo que se representaría en un apoyo para los procesos de enseñanza y aprendizaje.

III. JUSTIFICACIÓN

Los principios de la mecánica de fluidos han permitido grandes desarrollos en la sociedad de aquí la importancia de esta disciplina en ingeniería

La evidente necesidad de estudiar la mecánica de los fluidos mediante esta se puede analizar ríos, mares, fuentes renovables de energía como la energía eólica, energía hidráulica y el diseño de sistemas de suministros de líquidos es motivo para que los estudiantes aprendan el comportamiento de los fluidos en sistemas en serie, en paralelo y en red. Los sistemas de bombeos en serie y en paralelo son ampliamente usados en acueductos, plantas de sedimentación y en aplicaciones donde se requiere aumentar los niveles de caudal.

Debido al auge en las investigaciones en el ensayo de bombas en serie y en paralelo de carácter experimental e incluso teóricas, en la actualidad se siguen realizando estudios de comportamiento

del flujo estudiando y diseñando estos dispositivos como se puede contratar en industria en las referencias [5], [6], esto gracias a la optimización constante en la eficiencia de los diferentes equipos en el campo de producción, es por ello por lo que el trabajo desarrollado por el personal científico es de una relevancia destaca [1],[4].

Por lo anterior se considera importante el rediseño de estos dispositivos para actualizarlos a las nuevas tecnologías en los programas de ingeniería, que mancomunadamente mejoraran los resultados de aprendizaje en los estudiantes.

IV. OBJETIVOS

Se pretende darle aplicabilidad a los conceptos adquiridas en la formación como ingenieros mecánicos, a través del rediseño y desarrollo de dispositivos mecánicos que tengan una aplicación directa en la ingeniería mecánica.

A. OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el banco de bombas en serie y paralelo del laboratorio de mecánica de fluidos de la Universidad Antonio Nariño

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del banco, con el propósito de realizar los cambios y así llevar el banco a condiciones estándar
- Rediseñar el sistema eléctrico y la instrumentación del banco con base en la normatividad vigente.
- Realizar el mantenimiento de las tres bombas conectadas en serie y paralelo y la estructura en acrílico.
- Elaborar el manual de mantenimiento, operación y las guías de laboratorio.

V. ALCANCE

Por medio de este proyecto, se busca entregar un equipo a la universidad en el cual se puedan desarrollar ensayos con bombas en series y paralelo

y se cumpla con las especificaciones planteadas en los objetivos en un periodo de tiempo de 4 meses, esto con base en la aplicación del rediseño propuesto, por parte de los autores.

VI. METODOLOGIA

Se plantea el siguiente esquema metodológico que consta en varias etapas, para alcanzar a desarrollar los objetivos propuestos:

- **ETAPA 1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL BANCO**

En esta etapa se realizará un diagnóstico del estado de las partes eléctrica, mecánica y estructura soporte del banco, tal como verificar el estado de los pulsadores, arrancadores y bombas con el propósito de determinar cuáles son los elementos del banco averiados, razón por la cual se deben cambiar.

- **ETAPA 2. REDISEÑAR EL SISTEMA ELÉCTRICO Y LA INSTRUMENTACIÓN DEL BANCO**

En la etapa de rediseño se deben determinar que partes del banco se deben modificar con el propósito de actualizarlo. Así mismo se determinan cuáles son los nuevos instrumentos para que el proceso sea más automático y poder determinar en tiempo real, para determinar cuál es la mejor alternativa de rediseño

- **ETAPA 3. REALIZAR EL MANTENIMIENTO DE LAS TRES BOMBAS CONECTADAS**

Realizar una inspección de la parte mecánica y eléctrica con el propósito de realizar el mantenimiento de acuerdo a las necesidades del banco. Lo anterior permitirá identificar que partes de los componentes del banco deben cambiar, como también que instrumentos se deben actualizar

- **ETAPA 4. ELABORAR EL MANUAL DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y LAS GUÍAS DE LABORATORIO.**

Después de realizar el rediseño y el mantenimiento

del banco se debe elaborar el manual de mantenimiento indicando la frecuencia de revisión y remplazo de cada uno de los componentes tanto de la parte mecánica como eléctrica.

Además, se debe realizar el manual de operación del equipo como también las guías de laboratorio de cada uno de los ensayos.

- **ETAPA 5. ACTIVIDADES FINALES.**

Entrega del documento de trabajo de grado, y así mismo manual del usuario y las guías de las prácticas de laboratorio para la evaluación y calificación. En este punto se describirán las experiencias que pueden realizar los estudiantes utilizando el banco de bombas, de igual manera un manual con especificaciones donde puedan hacer uso apropiado del equipo.

Redacción de las conclusiones de la investigación. Teniendo en cuenta las pruebas realizadas en el dispositivo, se redactarán las conclusiones que deja su puesta en marcha y validación.

Redacción documento final. Finalmente se documentará todo lo realizado durante esta investigación.

Sustentación. Se expondrá a los respectivos evaluadores todo lo realizado durante la investigación, defendiendo con argumentos científicos todo lo desarrollado en el proyecto.

A. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA.

El proyecto de grado está contemplado dentro de la línea de desarrollo tecnológico del grupo de investigación GI FOURIER, Sede Puerto Colombia, de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica de la Universidad Antonio Nariño.

B. USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

De los resultados obtenidos en este proyecto, se derivan adicionalmente al prototipo rediseñado, un documento en el que se consignan el desarrollo del banco totalmente renovado. En él se encontrarán las observaciones correspondientes suministradas por las normas que rigen el diseño y funcionamiento de estos equipos. Además, los

beneficiarios directos son los estudiantes y docentes del área de mecánica de fluidos de la Universidad Antonio Nariño

VII. MARCO TEORICO

Dentro de los elementos que hacen parte de la teoría pertinente para abordar este proyecto de rediseño, se consideran relevantes los conceptos asociados a la mecánica de fluidos como campo directo de aplicación del sistema.

El campo de la mecánica de fluidos se dedica al estudio de los gases y líquidos, la estática de los fluidos y la dinámica de estos con el propósito de determinar las

dentro de los campos de flujos sean en compuertas, diques si, sistemas de circulación de fluidos. Fundamentalmente las características que definen a los fluidos están ligados a su incapacidad para contrarrestar los esfuerzos cortantes y a su vez las interacciones de este con el medio [10].

Dentro de las principales características de los fluidos tenemos:

- Los fluidos son sustancias con la capacidad de fluir.
- Debido a la cantidad de movimiento lineal y angular a que están sometidos los fluidos, sus moléculas cambian continuamente de posición.
- Los fluidos son compresibles e incompresibles de cierto modo y en cierto grado.
- Cuentan con viscosidad
- De acuerdo con su viscosidad estos fluyen a mayor o menor velocidad.

Los fluidos por su naturaleza pueden clasificarse como Newtonianos y no Newtonianos, es así que para efectos de este trabajo solo se consideraran aquellos de naturaleza Newtoniana. Estos cuentan con unas propiedades en particular reconocidas universalmente.

Las propiedades más importantes de los fluidos y que son relevantes en la aplicación de las experiencias previstas para ser ejecutadas en el sistema a rediseñar son:

Viscosidad

Los líquidos se caracterizan porque poseen una resistencia al flujo, esta se conoce viscosidad. Una de las particularidades de la viscosidad de un

líquido, es que esta disminuye al aumentar la temperatura y aumenta al aumentar de forma similar la presión.

Peso específico

Esta propiedad es definida como el peso por unidad de volumen y se calcula al dividir el peso de la sustancia entre el volumen que esta ocupa [11].

El peso específico se calcula de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$P_e = \frac{W}{V} [1] \quad P_e = p * g [2]$$

donde:

Pe = Peso específico

W = Peso de la sustancia

V = Volumen que ocupa la sustancia

ρ = Densidad de la sustancia

g = Gravedad

Presión

La presión, que puede definirse como manométrica y absoluta, y con el propósito de evitar interpretaciones ambiguas, se define como la fuerza por unidad de superficie.

$$P = \frac{F}{A}$$

dónde: P es la presión, F es la fuerza normal y A es el área.

Volumen específico

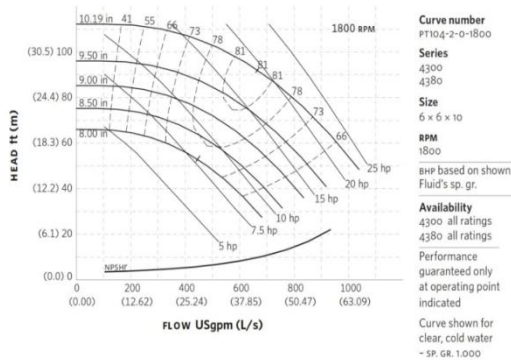
Es el volumen ocupado unidad de masa. Es comúnmente conocido como el inverso de la densidad. En el sistema internacional de unidades se expresa como m³ /kg. Uno de los componentes relevantes en contexto de la mecánica de fluidos, es el comportamiento de los sistemas de bombeo. Para estos es importante destacar el papel que desempeñan las curvas características.

Las curvas características de las bombas están los catálogos de los fabricantes, y representa la

relación entre la Carga “H” y Caudal “Q” y en esta relación se puede encontrar las curvas de eficiencia, las curvas de NPSHr, el diámetro del rodete y la velocidad de rotación del impulsor nominal de la bomba.

Después de determinar la curva característica del sistema elaborado por diseñador se verifica en los catálogos cual es la mejor bomba para seleccionar y el corte de las dos curvas me da el punto de operación de sistema, es decir, se determina el caudal requerido y la carga requerida sin que la bomba este sometida a cavitación, dada las condiciones de instalación

Figura 1. Curva característica de una bomba centrífuga



Fuente: Armstrong 2018.

La curva característica mostrada en la figura 1 corresponde a una bomba que está operando en serie. Con estas graficas se pueden llegar a determinar los flujos, cabeza, caudal y eficiencias de estas, además de manera sencilla el punto óptimo de operación de esta.

VIII. MATERIALES Y METODOS

En este sentido se consideraron los materiales empleados para el rediseño del equipo, dentro de los que se encuentran los utilizados para el sistema de medición Digital con Arduino y los sensores de presión digital 5V, en esta clasificación se presenta primeramente en la figura 2 el sensor de presión digital que se adquirió para este proyecto de rediseño.

Figura 2. Sensor de presión digital



Fuente: mercadolibre.com.co

Otro de los elementos que se consideraron para el rediseño fue el que el contactor que está controlado por un interruptor eléctrico que conecta la carga y la fuente de alimentación al sistema, como también se adquirió un breaker, ya que el anterior se encontraban en mal estado.

Figura 3. Contactor



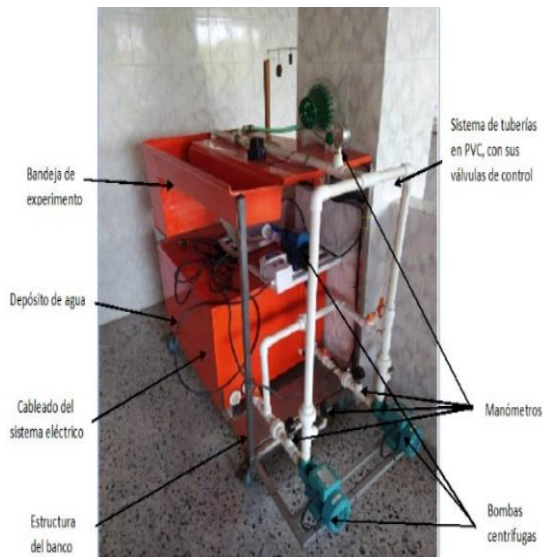
Fuente: homecenter.com.co

En la figura 3 se observa la imagen del contactor que se empleó para el rediseño del sistema eléctrico.

En este apartado se desarrollará un análisis de los elementos que requieren intervención para alcanzar un funcionamiento seguro y eficiente.

Empezamos por el diagnóstico del estado banco de ensayo de bombas serie paralelo mostrado en la figura 7, en la cual se muestran las partes fundamentales con el propósito de realizar los cambios y así llevar el banco a condiciones estándar.

Figura 7. Banco de ensayo con sus partes fundamentales



Fuente: El autor

Figura 8. Indicador de nivel del fluido



Fuente: El autor

En la figura 8 se muestra el indicador de fluido como uno de los elementos a intervenir en el sistema.

Después de realizar una revisión técnica y física del banco se encontró lo siguientes:

En la instalación de del banco se encontraron 4 manómetros tipo Bourdon con intervalo de medición de 0 –100 psi averiado dado que el puntero o aguja no se movía en el indicador de caratula lo cual indica que se deben cambiar por otros nuevos y de mejor tecnología ver figura 3, estos manómetros se remplazaron por sensores de presión con el propósito de actualizar tecnológicamente la instrumentación del banco.

Figura 9. Manómetro digital en mal estado



Fuente: El autor

El Banco tiene tres bombas centrífugas como se muestra en la figura 7, se revisaron interna y externamente; la carcasa se encuentra en buenas condiciones e igualmente las conexiones eléctricas, internamente el impulsor o rodete se encuentra en buen estado, una de las bombas tiene en mal estado

la empaquetadura y el sello mecánico que el sello mecánico, en la figura 11 se presentan la empaquetadura y el sello, razón por lo cual se deben cambiar y se realizara el mantenimiento correctivo y preventivo a las mismas. Además, se debe anotar que las bombas no están identificadas o rotuladas.

Figura 10. Bomba centrífuga marca Karson



Fuente: El autor

Figura 11. Sello mecánico y Empaquetaduras



Fuente: El autor

La estructura del banco en acrílico de color salmón se encontró averiada ver figura 12. por lo cual se requiere repararla razón por la cual se requiere la fabricación de placa en fibra (Reparación de bandeja superior) del banco y de esta manera quede en buenas condiciones para los ensayos.

Figura 12. Acrílico de la bandeja de experimento averiada



Fuente: El autor

La instalación eléctrica se encontró con demasiadas pegas por y sin las normas eléctricas vigentes ver figura 13, por lo cual se necesita el cambio del cableado e instalar una canaleta se en donde se pueda ver con claridad de las líneas eléctricas correspondiente a cada bomba. Además, se instalará un nuevo kit de conectores eléctricos. También se encontró el circuito Eléctrico en Pulsadores y Testigos de los arrancadores en mal estado como se puede observar en la figura 13 y en la figura 14 se tiene un relevador con un breaker instalados sin la normatividad eléctrica.

Figura 13. Cableado de poder para Bombas sin soportes.



Fuente: El autor

Figuras 14. Circuito Eléctrico en Pulsadores y estigos de los arrancadores en mal estado



Fuente: El autor

Figura 15. Se tiene un relevador con un breaker instalados sin la normatividad eléctrica.



Fuente: El autor

Para ello se realizaron las adecuaciones pertinentes para alcanzar los requerimientos establecidos en la norma, los cuales se describieron en las figuras 15, 16 y 17.

Teniendo en cuenta lo anterior y con base en la figura 15, se procedió a realizar las adecuaciones pertinentes, como también se realizó las adecuaciones necesarias para las bombas, de tal manera que en la figura 18 se presenta el estado actual de las bombas.

Figura 17. Caja de breaker no funcional

B. REDISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

En este punto el rediseño se sustentó mediante las especificaciones mencionadas en el código eléctrico colombiano, compilado en la norma NTC 2050.

En ese sentido se implementaron las especificaciones contempladas en la norma NTC 2050 correspondientes a la sección 110 en cuanto los requisitos de las instalaciones eléctricas, en la cual se hace referencia a él examen previo de validación en la sección 110 en los numerales 1-11 del código.

Para el case de la instalación y los usos de esta, se consideraron las especificaciones registradas en el código en los numerales 110-4 hasta el 110-8.

Figura 16. Cableado en mal estado



Fuente: El autor

Figura 17. Estado actual de las bombas



Fuente: El autor

En la figura 15 se observa la caja de breaker y el contactor en mal estado, este fue uno de los principales temas abordados en este rediseño y aplicación de la norma, los cuales fueron subsanados en el rediseño y se pueden apreciar en la figura 18.

En la figura 18 se puede observar con claridad el estado actual del sistema de alimentación eléctrica.

Figura 18. Estado actual del sistema eléctrico de control



Fuente: El autor

Figura 19. Sistema digital instalado



Fuente: El autor

Para el caso de las bombas se procedió a realizar el mantenimiento en el que se incluyeron el cambio de los sellos mecánicos, como también la instalación de los sensores. las especificaciones de la norma se aplicaron y se evaluó la curva de NPSH que aparece en la gráfica característica de rendimiento de la bomba, suministrada por el fabricante. Este valor es la cantidad mínima que debe ser suministrado por el sistema. Si la ASPN disponible en un sistema es insuficiente, implica problemas serios de operación, tales como cavitación, vibración, reducción en caudal y eficiencia y como tal un daño físico en la bomba. El estado actual se puede apreciar en la figura 18.

C.LAS GUIAS DE LABORATORIOS DEL BANCO

Las guías de las experiencias que se pueden a realizar en el laboratorio de mecánica se presentan en un documento por aparte anexo.

D.MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los detalles en cuanto a la funcionalidad del sistema de bombeo requieren de un mantenimiento regular, el cual se detalla en el anexo A de este documento.

Se procedió a realizar el cambio de los sensores de presión, por unos integrados a Arduino.

Figura 20. Sistema digital instalado en las bombas



Fuente: El autor

Se diseñó e instaló un sistema digital el cual como se mencionó anteriormente, está vinculado a un sistema Arduino, el cual se puede apreciar en la figura 20.

Ya por último se presenta el rediseño en su totalidad, en la cual se realizaron intervenciones en el sistema de alimentación eléctrica y de bombeo, como también adecuaciones estéticas del banco de pruebas, las cuales se pueden apreciar en la figura 21.

Figura 21. Sistema rediseñado en su totalidad



Fuente: El autor

X. CONCLUSIONES

Se realizaron las inspecciones necesarias para el correcto rediseño del equipo con base en las normas vigentes, que para efectos de este se limitaron a el sistema eléctrico, el cual sustentó su rediseño sobre la norma NTC 2050 y para efectos del sistema de bombeo se realizó con base en norma DIN 24255 la cual hace referencia a estos dispositivos hidráulicos en los aspectos relevantes con respecto al mantenimiento e instalación.

El diagnóstico preliminar que se desarrolló y se basó en primera instancia en el sistema eléctrico, el cual se diagnosticó de acuerdo con las recomendaciones dadas en la norma NTC 2050 más específicamente en la sección 110 de esta.

Por otra parte, en cuanto al sistema de bombeo se realizaron las mejoras de las bombas con base en las recomendaciones que se establecen en la norma DIN 24255 en detalle, esto para su instalación, puesta en marcha, control y mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

Además, se elaboró un manual de operación en el cual se describen las características de la bomba, aunque el sistema cuenta con tres, pero de la misma referencia, en este de manera complementaria se presentan indicaciones en cuanto al funcionamiento inicial y de también se hace referencia a las posibles fallas que se puedan presentar y cómo afrontarlas con un enfoque técnico y profesional.

Por último, se procedió a realizar la construcción de las guías de laboratorio para apoyar el proceso de enseñanza.

XI. PRESUPUESTO

Este proyecto se desarrolla en gran parte con recursos propios y de la institución, los cuales se representan en la siguiente tabla con un “e” lo que significa en especies.

| Ítem | Descripción | Fuente | | | \$ Unit | \$ Total |
|------|---|--------|-----|------|-------------------|-------------|
| | | Est. | UAN | Ext. | | |
| 1 | Tubería de PVC 1/2" | E | | | \$50.000 | \$50.000 |
| 2 | Válvula de compuerta Belt - G | E | | | \$71.000 | \$71.000 |
| 3 | Codos 1/2" y uniones | E | | | \$5.000 | \$10.000 |
| 4 | Filtro | E | | | \$50.000 | \$50.000 |
| 5 | Procesos de manufactura. Fabricación de placa en fibra (Reparación de bandeja superior) | E | | | \$100.000 | \$100.000 |
| 6 | Manómetros Digitales (Importación) | E | | | \$195.000 | \$585.000 |
| 7 | Kit de Empaquetadura Bombas | E | | | \$35.000 | \$105.000 |
| 8 | Kit de Conectores Eléctricos | E | | | \$25.000 | \$25.000 |
| 9 | Canaleta para Cableado | E | | | \$25.000 | \$50.000 |
| 10 | Rotulación de Instalaciones | E | | | \$50.000 | \$50.000 |
| 11 | Honorarios asesores tutor (4hr/sem) x8 | | e | | \$50.000 | \$10000.000 |
| 12 | Honorarios estudiantes (20hr/sem) x8sem | E | | | \$20.000 | \$400.000 |
| | | | | | SUBTOTAL | \$2.396.000 |
| | | | | | IMPREVISTOS (10%) | \$2396.000 |
| | | | | | TOTAL | \$2.635.600 |

XII. BIBLIOGRAFIA

[1] [1] C. Cubillos - Rodríguez. “Diseño de banco para pruebas de bombas centrífugas para la empresa servicio eléctrico Agroindustrial LTDA.” 2021, agosto de 2021.

- [2][2] L. Amores-Silva. Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión y paralelo. Vol. 22, núm. 1, pp. 51-59, 2018. 25 de octubre de 2017
- [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/614/6145800006/html/>
- [3] [3] C. Vilca Silvestre. Diseño de banco de pruebas para bombas centrífugas. 2017.20 de agosto. [Online]. Available: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/14513/Vilca_sc-Resumen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] [4] Correa Haz, Alexandre. Proyecto de banco de pruebas para bombas centrífugas. diciembre de 2017. Universidad de Coruña.
- [Online]. Available: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17661>
- [5] Pozo Tapia Ingeniería conceptual, básica y detalle de un banco de pruebas para bombas centrífugas bajo la norma bs en iso9906:2012 para el laboratorio de fluidos. 30 de julio de 2020. [Online]. Available: <https://fdocuments.co/document/tesis-norma-iso-9906-56e0d5567cd85.html>
- [6] K. Bolovic Riquelme. Evaluación, equipamiento y puesta en marcha del banco de ensayos de bombas centrífugas del laboratorio de termofluidos según norma ISO 9906-2012
- [7] Bernal, J. B. (1979). *Historia social de la Ciencia 1 / La Ciencia en la Historia*. Ediciones Península.
- [8] Moniruzzaman, M. (2015). A Study on Dealer's Preference towards Water Pumps with Special Reference to Beacon Pump in Chennai City. *Global Journal of Management and Business Research*, 15(1), 11-20
- [9] Skinner, S. (2014). *Hydraulic Fluid Power – A Historical Timeline*. Steve Skinner Presentations
- [11] Física conceptual. - 10. ed. Pearson Education, 2007.
- [12] D. d. Zúñiga, Física. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra, 2009.
- [13] "Código eléctrico colombiano NTC 2050". Icontec.
- [14] "Manual de electrobombas norma DIN 4255". 2018. <https://www.benoit.cl/Manual.htm>

ANEXO A.

Manual de operación y mantenimiento de las bombas

En este manual se describen las características de la bomba que para este sistema son tres las que se les realizó el respectivo mantenimiento, en las tablas 1 y 2 se pueden observar las principales características.

Tabla 1. Características de la bomba

| Características de la bomba | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Material | Hierro fundido |
| Impulsor | Bronce |
| Eje | Acero inoxidable AISI 304 |
| Succión | 8 m/nivel del mar |
| Sello | Cerámica y grafito |

Tabla 2. Características del motor

| Motor | |
|--------------------|-----------------------|
| Tipo | Inducción, monofásico |
| Aislamiento | Clase F |
| Protección | IP 44 |
| Temperatura | 60°C |
| Frecuencia | 60 Hz |
| rpm | 3450 |
| Voltaje | 125 V |

Funcionamiento de la bomba

Es importante considerar antes de iniciar la operación de la bomba las siguientes indicaciones:

- a) Verificar el cebado de la bomba, que no se encuentre aire presente en la tubería.
- b) Que la empaquetadura este bien sellada
- c) Eje de giro suave.
- e) Grupo alineado.
- f) Sentido de giro de acuerdo con la flecha indicadora.

Antes de iniciar con el encendido de la bomba, se debe verificar que la válvula reguladora de impulsión se encuentre cerrada. Se dispondrá su funcionamiento cuando se haya alcanzado la velocidad del régimen de trabajo establecido para su puesta en marcha.

La válvula reguladora debe coincidir en cuanto a su posición con las del pare.

En el transcurso de su operación se deberá vigilar la temperatura de los rodamientos.

Control del sistema

Se sugiere considerar las siguientes indicaciones:

- a) La operación debe ser silenciosa y sin vibraciones.
- b) El nivel del fluido de operación debe ser constante.
- c) La intensidad eléctrica debe ser constante.

Tabla 3. Frecuencias recomendadas de lubricación.

| Soporte | 1.500 rpm | 3.000 rpm | Cantidad |
|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 250 | 1.400 | 800 | 5 gr |
| 300 | 1.000 | 600 | 8 gr |
| 400 | 800 | -- | 10 gr |
| 500 | 600 | -- | 15 gr |
| 600 | | Aceite | 1'5 L |
| 800 | | Aceite | 1'5 L |

Fuente: El autor

Lubricación

Se recomienda hacer uso de los aceites Castrol Spheerol Ap3, Esso Beacon 3 y Shell Alvania 3, dado que son los que mejores resultados de desempeño han mostrado y son fáciles de encontrar en el mercado. Para efectos del primer cambio de este, se recomienda realizarlo en las primeras 200 horas de uso y posteriormente después de 1000 horas o en su defecto una vez al año.

Problemas en el funcionamiento

En la table 4 se detallan las posibles fallas que se pueden presentar en el funcionamiento de la bomba.

Tabla 4. Problemas en el funcionamiento.

| Anomalia | Causa | Remedio |
|-------------------------------|--|--|
| 1. Bomba no eleva agua | 1.1 Giro en sentido inverso | 1.1 Cambio de conexiones de motor eléctrico |
| | 1.2 Bomba no cebada | 1.2 Válvula de pie pierde. Perdida en juntas o tubería de aspiración. Revisar estos elementos |
| | 1.3 Velocidad de giro baja | 1.3 Con tacómetro comprobar la velocidad .Motor explosión acelerar. Motor Eléctrico: Averiguar motivo que provoca esa baja velocidad: a) consumo excesivo b) Frecuencia baja |
| | 1.4 Altura elevación real mayor que la de la bomba | 1.3 Aumentar velocidad de giro de la bomba o aumentar el diámetro del rodete |
| | 1.5 Altura de aspiración muy alta | 1.5 Acelerar la bomba al nivel del agua. Cambiar la bomba por otra de menor NSPHr. Mayor diámetro de la tubería |
| | 1.6 Conducto de rodete obstruido | 1.6 Desatascar los conductos del rodete |
| | 1.7 Toma aire tubo de aspiración | 1.7 Probar a presión. La tubería de aspiración, incluyendo la bomba y observar cualquier escape en liquido |
| | 1.8 Poca sumergencia | 1.8 Prolongar tubería de aspiración aumentar sumergencia. |

Fuente: www.benoit.cl

Tabla 5. Posibles fallas que se pueden presentar en la bomba

| Anomalia | Causa | Remedio |
|------------------------|--|---|
| 2. Caudal insuficiente | 2.1 Válvula de parcialmente obstruida | 2.1 Limpiar |
| | 2.2 Poca sumergencia | 2.2 Sumergir mas la válvula de pie. Reducir caudal. |
| | 2.3 Toma aire tubo de aspiración | 2.3 Probar a presión. La tubería de aspiración, incluyendo la bomba y observar cualquier escape en liquido |
| | 2.4 Rodete parcialmente atascado | 2.4 Desatascar los conductos del rodete |
| | 2.5 Bolsa de aire aspiración | 2.5 Cambiar disposición tubería disponer llaves de purga de aire |
| | 2.6 Altura aspiración grande | 2.6. Acelerar la bomba al nivel del agua. Cambiar la bomba por otra de menor NSPHr. Mayor diámetro de la tubería |
| | 2.7 Toma de aire en prensa estopa o sello mecánico | 2.7 Comprobar cierre hidráulico conducto de agua a presión al cierre hidráulico. Mayor presión del liquido del cierre |
| | 2.8 Sentido de giro cambiado | 2.8 Cambio de conexiones de motor eléctrico |
| | 2.9 Desgaste de piezas internas | 2.9 Cambiar las piezas desgastadas |
| | 2.10 Fuga en tubería de impulsión o descarga. | 2.10 Probar presión de tubería y eliminar las fugas. |

Fuente: www.benoit.cl

Tabla 6. Posibles fallas que se pueden presentar en la bomba

| Anomalia | Causa | Remedio |
|--|--|--|
| 3. La potencia absorbida superior a la prevista | 3.1 Altura real de la instalación es inferior a la suministrada por la bomba | 3.1 Reducir el diámetro del rodete |
| | 3.2 Peso específico y viscosidad superior a lo previstos. | 3.2 Reducir caudal con la válvula reguladora o cambio de motor |
| | 3.3 Prensa estopa muy apretado | 3.3 Aflojar tuercas |
| | 3.4 Velocidad alta | 3.4 Reducir velocidad Disminuir diámetro de rodete |
| | 3.5 Demasiado consumo | 3.5 Comprobar abroches bornes. Verificar tensión red, que el eje gire a mano, disminuir el caudal con válvula reguladora |

Fuente: www.benoit.cl

Tabla 7. Posibles fallas que se pueden presentar en la bomba

| Anomalia | Causa | Remedio |
|---|---|---|
| 4. La bomba se desceba después de arrancar | 4.1 Excesiva altura de aspiración. | 4.1 Acelerar la bomba al nivel del agua. Cambiar la bomba por otra de menor NSPHr. Mayor diámetro de la tubería |
| | 4.2 Toma de aire por el prensa estopa o sello mecánico. | 4.2 Comprobar cierre hidráulico conducto de agua a presión al cierre hidráulico. Mayor presión del liquido del cierre |
| | 4.3 Toma de aire en aspiración. | 4.3 Probar a presión. La tubería de aspiración, incluyendo la bomba y observar cualquier escape en liquido |
| | 4.4 $NSPHr < NSPHd$ | 4.4 Disminuir NSPHr de la bomba aumentar NSPHd de la instalación, consultar servicio técnico. |

Fuente: www.benoit.cl

Procedimiento para la identificación de problemas en la bomba

Tabla 8. Procedimiento selectivo de identificación

| PROBLEMA | POSIBLE CAUSA | COMPROBACION | CORRECCION |
|----------------------------|--|---|--|
| I. BOMBA NO ARRANCA | 1. No llega fuerza eléctrica a la bomba | Compruebe si hay voltaje en el control de la bomba | Revise los fusibles o térmicos en el panel de fuerza principal |
| | 2. Fusibles quemados o térmicos disparados | Remueva los fusibles y mida la continuidad de cada uno. | Reemplace los fusibles o restablezca los térmicos. Si los fusibles se queman de nuevo o los térmicos se disparan, tiene que revisar toda la instalación, desde el panel, cable y motor. |
| | 3. Protección de sobrecarga se ha disparado o se ha quemado. | Compruebe si hay voltaje en los terminales del arrancador tanto del lado de la línea como del lado de la carga (motor). | Oprima el botón de Reset del arrancador para restablecerlo o cambie los calentadores quemados. Revise si el arrancador tiene otra clase de daño. Si los calentadores se disparan otra vez, compruebe que el voltaje esté correcto y revise la bobina (coil) del arrancador |
| | 4. La bobina del arrancador no se energiza | Energice el circuito de control y compruebe si le llega voltaje a la bobina. | Si no le llega voltaje, revise el circuito de control. Si le llega voltaje, compruebe la continuidad de la bobina y reemplácela si está abierta o está en corto-circuito |

Fuente: www.benoit.cl