



**DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS
MÓDULOS DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRÁULICAS DE
LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

Modalidad: Práctica Empresarial

**JHOAN SEBASTIAN ANGARITA MAYORGA
CC 1005181369**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
INGENIERIA ELECTROMECHANICA
BUCARAMANGA
01 DE JULIO DEL 2025**



DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS
MÓDULOS DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRÁULICAS DE
LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Modalidad: Práctica Empresarial

JHOAN SEBASTIAN ANGARITA MAYORGA
CC 1005181369

Informe de práctica para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

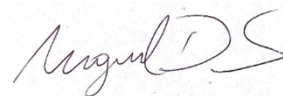
DIRECTOR
MSc. MIGUEL ARLENZO DURAN SARMIENTO
Docente

Grupo de Investigación en Diseño y Materiales – DIMAT

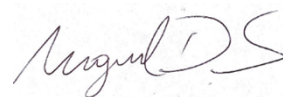
**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
INGENIERIA ELECTROMECHANICA
BUCARAMANGA
01 DE JULIO DEL 2025**

Nota de Aceptación

Trabajo de grado aprobado en cumplimiento de
los requisitos exigidos por las Unidades
Tecnológicas de Santander para optar al título de
Ingeniero Electromecánico según el acta de
comité de trabajos de grado número 17 del 1
de julio del 2025



Firma del Evaluador



Firma del director

DEDICATORIA

Este gran sueño ya materializado se lo dedico muy orgullosamente a Cristian Javier Angarita, quien hace años atrás haría de lado este mismo sueño, para sacar adelante a su único hijo varón. A mis madres María Angarita y Laura Mayorga quienes han edificado todo lo que puedo llegar a ser como hombre y futuro profesional.

A Claudia Vertel, Juan de Dios Monroy, Daniel Gómez y de manera general a la Familia Moreno Angarita. Por su apoyo, comprensión y sabio consejo en el transcurrir de mi carrera profesional.

A mis tres hermanas Andrea Yessenia, Laura Sofia y Valeria en quienes confié disfrutaran de todos mis logros profesionales y económicos, pues han sido mi inspiración en aquellas noches largas de estudio.

Por último, pero no menos importante a esos amigos brindados por esta profesión, los cuales nunca desistieron y con los cuales en “manada” logramos sacar adelante este sueño en común. A Luz Daniela Betancourt Madariaga quien me motivo e impulso a convertirme en una mejor versión de mí mismo y contribuyo de gran manera en hacer mi experiencia universitaria, inolvidable.

AGRADECIMIENTOS

Gracias principalmente a Dios puesto que sin él nada sería posible, Gracias a todos mis familiares y seres queridos por su apoyo, buenos consejos, motivación y ayudas económicas que fueron de vital importancia durante esta carrera profesional. A mi padre y a mis madres que nunca dudaron de que lo lograría y por el contrario me brindaron todo su apoyo, paciencia y sabio consejo.

Gracias a mí. Por nunca dejar de creer y luchar en contra de las adversidades por hacer este sueño realidad. El valor de la perseverancia es algo muy propio de mi personalidad, por lo que este es solo el gran logro que abrirá las puertas de cosas aún más grandes en mi vida.

Por último, pero no menos importante, gracias a los Ingenieros, Miguel Duran Brayan Tarazona y Javier Ascanio docentes que, con su excelente calidad humana, sabios consejos y oportunidades ofrecidas me permitieron lograr un sueño más. A las Unidades Tecnológicas de Santander y todo su cuerpo humano por brindar me la oportunidad a mí y miles de jóvenes Santandereanos de superarnos y lograr ser una generación que lleve a este país a un futuro mejor.

TABLA DE CONTENIDO

<u>1.</u>	<u>IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD</u>	<u>12</u>
<u>2.</u>	<u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>13</u>
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	13
2.2.	JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA	14
2.3.	OBJETIVOS.....	15
2.3	ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	16
<u>3.</u>	<u>MARCO REFERENCIAL.....</u>	<u>18</u>
3.1.	CONSERVACIÓN Y OPTIMIZACIÓN	18
3.2.	MEJORA CONTINUA.....	18
3.3.	DISPONIBILIDAD	19
3.4.	OBJETIVOS Y CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO	19
3.5.	OPTIMIZACION DE RECURSOS.....	20
3.6.	PREVENCION DE FALLAS	20
<u>4.</u>	<u>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</u>	<u>22</u>
4.1.	ETAPA 1: EJECUCIÓN, VERIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.....	22
4.2.	ETAPA 2: APOYO ACADÉMICO	24
4.3.	ETAPA 3: REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE MANUALES	27
4.4.	ETAPA 4: ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	29
<u>5.</u>	<u>RESULTADOS.....</u>	<u>32</u>
<u>6.</u>	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>56</u>
<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>58</u>
<u>8.</u>	<u>REFERENCIAS.....</u>	<u>60</u>
<u>9.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>61</u>

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Diagnostico eléctrico de la electrobomba del módulo de Perdidas en tuberías.	24
Imagen 2. Poster del Horario de atención a estudiantes	25
Imagen 3. Asistencia técnica en la instalación y adecuación de un nuevo banco de trabajo para el laboratorio	26
Imagen 4. Actualización de manuales a través de la cuenta de DRIVE	28
Imagen 5. Aplicación de soldadura de PVC, al módulo de bombas en serie y paralelo	30
Imagen 6. Primera página del Anexo A, Inventario	33
Imagen 7. Mantenimiento electrobomba del módulo de perdidas en tubería	34
Imagen 8. Diagnóstico y medición de componentes eléctricos de las electrobombas	35
Imagen 9. Proceso de gratado en la bomba del módulo de perdidas	36
Imagen 10. Aplicación de Dieléctrico	37
Imagen 11. Armado y Montaje de la Electrobomba.....	37
Imagen 12. Revisión y Mantenimiento de instrumentos de medición del laboratorio	38
Imagen 13. Mantenimiento eléctrico - Tablero del módulo de transmisores de flujo	39
Imagen 14. Revisión del cableado eléctrico de las electrobombas	39
Imagen 15. Asistencia y asesoría durante prácticas de laboratorio	40
Imagen 16. Tutorías a estudiantes de Máquinas Hidráulicas	41
Imagen 17. Apoyo en el diseño y montaje eléctrico del nuevo módulo	43
Imagen 18. Módulo en desarrollo de análisis comparativo de energía.....	44
Imagen 19. Apoyo a los estudiantes durante la actividad evaluativa	45

Imagen 20. Explicación del funcionamiento del módulo de bombas en serie y paralelo	46
Imagen 21. Máquina despulpadora y clasificadora de café.....	47
Imagen 22. Despiece de la Máquina despulpadora y clasificadora de café	48
Imagen 23. Código QR en el módulo de medidores de caudal	50
Imagen 24. Inventario de Laboratorio de Máquinas Hidráulicas.....	61
Imagen 25. F-RI-25 Informe interacción - Universidad UPTC	64
Imagen 26. Manual de pérdidas en tuberías	69
Imagen 27. Manual de desgaste en bombas.....	73
Imagen 28. Manual de bombas en serie y paralelo.....	77
Imagen 29. Manual del módulo de velocidad angular	82
Imagen 30. Manual del módulo de análisis de flujo volumétrico.....	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato diseñado para la realización del inventario	23
Tabla 2. Datos técnicos de electrobombas del módulo de desgaste.....	29
Tabla 3. Sección de observaciones, sugerencias y bitácora de la ficha de mantenimientos	31
Tabla 4. Datos de inicio de sesión y recuperación de la cuenta GMAIL.....	49
Tabla 5. Formato de Ficha de Mantenimiento	54
Tabla 6. Ficha de Mantenimiento – Módulo de caracterización de desgaste en bombas	93
Tabla 7. Ficha de Mantenimiento – Módulo de bombas en serie y paralelo.....	94
Tabla 8. Ficha de Mantenimiento – Módulo de medidores de flujo volumétrico	95
Tabla 9. Ficha de Mantenimiento – Módulo de Perdidas en Tubería	96
Tabla 10. Ficha de Mantenimiento – Módulo de caracterización de H vs Q en función de la velocidad angular de la bomba.....	97

INTRODUCCIÓN

La formación profesional en ingeniería electromecánica demanda una metodología teórico-práctica efectiva, que combine el aprendizaje conceptual con la aplicación práctica en entornos industriales. Las Unidades Tecnológicas de Santander, en su compromiso con la educación de alta calidad, invierten en recursos humanos especializados y laboratorios bien equipados. Sin embargo, para maximizar el potencial de estos recursos, se requiere la participación activa de los futuros ingenieros electromecánicos.

Los candidatos a Ingeniero Electromecánico pueden aportar soporte al personal académico y desarrollar planes de optimización para los equipos del Laboratorio de Máquinas Hidráulicas. En este contexto, se propone el desarrollo de actividades de optimización energética en los módulos de prácticas del laboratorio, con el objetivo de mejorar la eficiencia y el rendimiento de los equipos, impactando positivamente en la formación de los estudiantes y en la sostenibilidad de los recursos.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Las Unidades Tecnológicas del Santander (UTS) actualmente con 61 años de experiencia desde su fundación el 23 de diciembre de 1963 mediante la ordenanza número 90, donde comenzó sus actividades académicas al año siguiente con el nombre de Instituto Tecnológico Santandereano. Su misión principal era formar individuos para los procesos de producción y gestión de personal necesarios para la emergente industria nacional.

Las UTS, reconocidas por su excelencia en la educación, ofrecen una amplia variedad de programas tecnológicos y profesionales. Donde el programa de Ingeniería Electromecánica ha destacado y generado un impacto significativo en la industria regional y nacional debido a su enfoque epistemológico diverso, centrado en el desarrollo del talento humano para estas profesiones en el país. (Unidades Tecnológicas de Santander, 2019).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción de la Problemática

En el programa de “Ingeniería Electromecánica”, específicamente en la asignatura de Maquinas Hidráulicas, se ha reconocido la necesidad de contar con la asistencia de un auxiliar de laboratorio. Este auxiliar desempeñaría un papel fundamental en el respaldo, ejecución y organización de las distintas prácticas planificadas para la asignatura a lo largo del semestre educativo, con el propósito de evitar cualquier resultado negativo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Cabe destacar que la mencionada asignatura implica el desarrollo de habilidades prácticas que se aplicarán directamente en el ámbito laboral. Por lo tanto, se requiere la colaboración de un auxiliar comprometido, que guíe a los estudiantes y aclare dudas relacionadas con la manipulación, operación y desmontaje de los equipos. Además, este auxiliar desempeñaría un papel crucial para garantizar que el aprendizaje teórico se traduzca de manera precisa en la práctica mediante el uso y optimización de los equipos proporcionados por la institución educativa.

Con base en lo expuesto anteriormente, se hace la siguiente pregunta problema: **¿Qué acciones concretas puede realizar un Ingeniero Electromecánico para optimizar el funcionamiento de los módulos y equipos en un laboratorio de Máquinas Hidráulicas?**

2.2. Justificación de la Práctica

Dentro de la Unidades Tecnológicas de Santander más específicamente en el programa de Ingeniería Electromecánica se encuentra una asignatura denominada Maquinas Hidráulicas la cual se Lleva a cabo en un entorno de laboratorio, por lo que un Laboratorista en esta materia desempeñará un papel de respaldo para el profesor y permitirá una profundización para los estudiantes en relación con cada tema abordado. Su responsabilidad incluirá garantizar el buen estado y uso adecuado de los instrumentos y equipos del laboratorio. Además, velará por el cumplimiento de las normas de bioseguridad y promoverá un comportamiento ejemplar dentro del laboratorio. También se encargará del mantenimiento, análisis y optimización de los equipos disponibles en el laboratorio de Maquinas Hidráulicas, con el objetivo de prolongar su vida útil y garantizar equipos de mayor calidad en condiciones óptimas de operación.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Desarrollar Actividades de Optimización Energética y Mantenimiento Preventivo y/o Correctivo de los módulos de prácticas del Laboratorio de Maquinas Hidráulicas

2.3.2. Objetivos Específicos

- Optimizar el rendimiento y la eficiencia energética del sistema de electrobombas del laboratorio, mediante la evaluación exhaustiva de su desempeño, la identificación y minimización de pérdidas, y la implementación de estrategias de control avanzadas, todo ello con el fin de brindar un soporte académico de calidad a estudiantes y docentes.
- Revisar y actualizar los manuales de operación de los equipos del laboratorio. Con el fin de alinearlos con los procedimientos actuales para garantizar la vigencia de la documentación.
- Ejecutar iniciativas de apoyo académico mediante tutorías teórico-prácticas, con la intención de facilitar la comprensión detallada de los conceptos tanto teóricos como prácticos en el entorno del laboratorio. Esto con el fin de reforzar los conocimientos necesarios para que los estudiantes logren aprobar la asignatura.

2.3 Antecedentes de la Empresa

Con el pasar del tiempo, estas prácticas han consolidado la reputación del laboratorio de Maquinas Hidráulicas como un entorno fiable y eficiente. Esto se debe al compromiso del equipo docente en articulación con estudiantes en etapa práctica, de asegurar un rendimiento óptimo, brindando así a los estudiantes una experiencia de aprendizaje efectiva para desarrollar sus habilidades prácticas de manera efectiva.

La enseñanza de la Mecánica de Fluidos es fundamental para comprender el mundo que nos rodea. Conceptos básicos de esta disciplina, como la densidad y la presión, pueden explicarse de manera sencilla y relacionarse con experiencias diarias. Además, el estudio de los fluidos es esencial en campos como la Ingeniería Electromecánica, donde el concepto de caudal juega un papel crucial.

Los sistemas de bombeo con variadores de velocidad ofrecen un funcionamiento más suave y eficiente que los sistemas tradicionales de velocidad fija. Al ajustar la velocidad de la bomba según la demanda, se evitan los constantes arranques y paradas que dañan los equipos y generan picos de consumo eléctrico. Además, se reduce el desgaste en tuberías y se optimiza el proceso de bombeo.

Existen estudios que proponen un innovador sistema de bombeo solar que aprovecha al máximo la energía solar, gracias a un algoritmo de control avanzado. Diseñado para el sector agrícola, este sistema es escalable y compatible con diversas bombas del mercado, ofreciendo una solución eficiente y económica.

El artículo profundiza en la figura de Daniel Bernoulli y su contribución a la física, con especial atención a su tratado "Hidrodinámica". Se analiza cómo Bernoulli, como físico experimental y profesor, logró establecer una relación fundamental entre la presión y la velocidad de los fluidos, sentando las bases de un principio que hoy lleva su nombre.

En conclusión, la optimización del sistema de electrobombas del laboratorio de Máquinas Hidráulicas no solo redundará en un aumento de la eficiencia energética y una reducción de fallas, sino que también proporcionará un entorno de aprendizaje más enriquecedor para estudiantes y docentes. Al abordar de manera integral la evaluación del rendimiento, la identificación de pérdidas y la implementación de estrategias de control avanzadas, se logrará un laboratorio más eficiente, relevante y alineado con las demandas actuales de la ingeniería de fluidos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. CONSERVACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

Para que estos sistemas funcionen de manera óptima, es crucial reducir las pérdidas de energía por fricción y aumentar la eficiencia energética. Esto se consigue mediante la elección y el manejo correcto de las bombas, empleando variadores de frecuencia que adapten el consumo de energía al suministro de agua necesario. Además, es fundamental diseñar la red de tuberías de forma adecuada y realizar un mantenimiento constante de sus elementos (tuberías, válvulas y accesorios) para disminuir las pérdidas de energía generadas por el flujo del agua. (Mañay Yanez et al., 2025)

3.2. MEJORA CONTINUA

Con el fin de hacer seguimiento a las máquinas hidráulicas y sistemas de bombeo. Se diseñan equipos que sean capaces de tomar mediciones y generar señales para diagnosticar dichos equipos y sistemas. Pasando de un enfoque reactivo a uno proactivo y predictivo, lo que se traduce en una mayor eficiencia, seguridad y rentabilidad. (Espinoza et al., 2022)

3.3. DISPONIBILIDAD

Con el fin de mejorar la disponibilidad de un sistema de bombeo crítico en una mina subterránea, abordando el problema de su baja disponibilidad mecánica, que se situaba en un 83.92% mensual. Se aplicó la metodología de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM), la cual permitió analizar detalladamente el historial de fallas. Identificando los modos de falla más frecuentes. La implementación de RCM permitió un aumento del 4.8% en la disponibilidad mecánica, demostrando la eficacia de esta metodología para optimizar el rendimiento y la confiabilidad de sistemas de bombeo en diferentes entornos de alta exigencia. Como resultado de ello, se resalta la importancia del mantenimiento proactivo y la recopilación de datos para mejoras futuras en la eficiencia y disponibilidad operativa. (Bernahola & Ulloa, 2023)

3.4. OBJETIVOS Y CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO

Desde la perspectiva Internacional, el mantenimiento ha transitado desde un modelo correctivo (reactivo) hacia una estrategia más predictiva. Actualmente, se antepone la confiabilidad de los activos de los procesos a través de prácticas innovadoras, formalizadas bajo un sistema de gestión que permite la estandarización, medición y auditoría precisa y concisa de los procesos. El desempeño del mantenimiento depende a gran escala de su gestión. Administrar eficientemente las labores permite alcanzar la máxima calidad, controlar costos y recursos y asegurar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de los equipos con eficiencia económica en cualquier tipo de empresa o proceso. (Ledo, 2022)

3.5. OPTIMIZACION DE RECURSOS

En el panorama actual, la inversión en I+D de las organizaciones se dirige principalmente hacia IoT y la computación en la nube. Este modelo ofrece acceso a recursos informáticos compartidos a través de redes ubicuas y bajo demanda. Estos servicios virtuales se caracterizan por su escalabilidad masiva y su gestión como conjuntos de recursos en continua configuración. (Espino et al., 2020)

En contexto con lo esperado dentro del laboratorio de Maquinas Hidráulicas, y considerando la importancia del bienestar de los equipos de trabajo, se requiere la implementación de al menos una computadora para un control y monitoreo inteligente de eventos. Una vía efectiva para lograr esto es la inteligencia artificial, cuya robusta programación facilita la toma de decisiones autónoma en un sistema de IoT diseñado para el laboratorio. La aplicación de redes neuronales, como modelos computacionales paralelos y adaptativos altamente interconectados, podría contribuir significativamente al desempeño de este sistema.

3.6. PREVENCION DE FALLAS

En el entorno actual de la ingeniería, la prevención de fallas en sistemas industriales y de laboratorio, como los módulos de máquinas hidráulicas, es un pilar fundamental para asegurar la eficiencia operativa, la seguridad y la prolongación de la vida útil de los equipos. La transición hacia enfoques más proactivos en el mantenimiento ha demostrado ser económicamente ventajosa y responsable con el medio ambiente, al reducir los tiempos de inactividad no planificados y optimizar el consumo de recursos.

La integración de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo se ha vuelto indispensable. Esto implica no solo realizar intervenciones programadas basadas en el tiempo o el uso (mantenimiento preventivo), sino también monitorear continuamente el estado de los componentes (a través de IoT) para anticipar posibles fallas (mantenimiento predictivo). En el ámbito de las máquinas hidráulicas, la monitorización de parámetros como la presión, el caudal, la temperatura del fluido y la vibración puede proporcionar información crítica sobre el estado del sistema, permitiendo identificar anomalías antes de que escalen a fallas mayores.

La optimización energética va de la mano con la prevención de fallas, ya que un equipo que opera de manera eficiente es menos propenso a sufrir desgastes prematuros o sobrecargas que conduzcan a averías. Esto es especialmente relevante en entornos de laboratorio, donde los módulos son utilizados constantemente para fines educativos y de investigación. Implementar actividades que busquen reducir el consumo energético sin comprometer el rendimiento, como la mejora de la eficiencia de bombas y motores, la optimización de los ciclos de operación o la detección y corrección de fugas en el sistema, contribuye directamente a la sostenibilidad y a la reducción de costos operativos. (Mañay Yanez et al., 2025)

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

4.1. ETAPA 1: Ejecución, Verificación y Mantenimiento de equipos.

Esta primera etapa sienta las bases para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas, identificar posibles anomalías y optimizar su desempeño a futuro, contribuyendo así a la formación académica y al desarrollo sostenible de la infraestructura de laboratorio. Por consiguiente, se establecen las siguientes 2 subtareas.

4.1.1. Inventario

La primera subtarea fundamental dentro de esta etapa inicial del proyecto se centró en la elaboración de un inventario exhaustivo de los equipos y componentes presentes en el laboratorio de Máquinas Hidráulicas. Este proceso fue crucial para establecer una base de datos precisa y detallada de los activos, lo que permitirá posteriormente identificar sus características técnicas, estado actual y necesidades de mantenimiento. Además, la actualización y el mantenimiento riguroso de este inventario son de vital importancia, especialmente considerando que el programa de Ingeniería Electromecánica se encuentra en proceso de reacreditación en alta calidad, ya que demuestra la gestión eficiente de los recursos y el cumplimiento de los estándares requeridos para una formación de excelencia, sentando así las bases para las actividades de optimización energética y mantenimiento preventivo planificadas. En la Tabla 1 se evidencia el formato usado para suplir esta actividad.

Tabla 1. Formato diseñado para la realización del inventario

INGENIERIA ELECTROMECHANICA

DEPENDENCIA: HIDRAULICA

UBICACIÓN: LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS SOTANO DEL "B"

RESPONSABLE: COORDINACION INGENIERIA ELECTROMECHANICA

AUXILIARES 2025 - 1: SEBASTIAN ANGARITA - STIVEN LOZADA



INVENTARIO LABORATORIO

CODIGO	CALCOMANIA	NOMBRE DEL ARTICULO	FECHA	VALOR
--------	------------	---------------------	-------	-------

Nota. Fuente, Autor

4.1.2. Identificación de fallas

Una vez establecido el inventario detallado de los activos del laboratorio, la siguiente labor crucial realizada fue la identificación de fallas. Este paso fue fundamental para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y la continuidad de las actividades académicas. Esto implicó la detección temprana de posibles anomalías o desgastes, lo que permitió ejecutar tareas de mantenimiento preventivo de manera proactiva para solucionar estas posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores que afecten el rendimiento o la seguridad de los módulos de práctica.

Imagen 1. Diagnostico eléctrico de la electrobomba del módulo de Perdidas en tuberías.



Nota. Fuente, autor

4.2. ETAPA 2: Apoyo Académico

El proyecto avanzó hacia la Etapa 2: Apoyo Académico. Esta fase fue crucial para potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Máquinas Hidráulicas, ya que buscó complementar la labor docente y reforzar la comprensión de los estudiantes. Mediante diversas iniciativas, se facilitó el dominio de los conceptos teóricos y prácticos, asegurando que los futuros ingenieros electromecánicos adquieran las habilidades necesarias para un desempeño profesional de excelencia, lo que también contribuyó al objetivo de mantener la alta calidad académica del programa en miras de la reacreditación.

4.2.1. Tutorías teórico - Practicas

Dentro de la Etapa 2 de apoyo académico, una actividad central fue la implementación de Tutorías teórico – prácticas. Estas sesiones se diseñaron para ofrecer un acompañamiento directo y personalizado a los estudiantes, abordando sus dudas y reforzando los conceptos aprendidos tanto en el aula como durante las practicas del laboratorio. El objetivo primordial de estas tutorías fue asegurar una comprensión profunda y aplicabilidad de los conocimientos, consolidando así las bases para su desempeño en la asignatura y en su futuro profesional, enfocado en los sistemas hidráulicos o de bombeo de fluidos.

Imagen 2. Poster del Horario de atención a estudiantes

**AUXILIAR LABORATORIO DE
MAQUINAS HIDRAULICAS Y MECANICA
DE FLUIDOS
2025-1**

JHOAN SEBASTIAN ANGARITA MAYORGA



DIA	MAÑANA	TARDE
LUNES	-	13:30 - 20:00
MARTES	-	14:15 20:00
MIÉRCOLES	7:30 - 12:00	15:45 - 18:00
JUEVES	6:00 - 7:30	15:00 - 20:00
VIERNES	6:00 - 12:00	-

3219456147
Jhoansangarita@uts.edu.co

#SOYUTEÍSTA



Nota. Fuente, autor

4.2.2. Actividades Académicas

Complementando las tutorías, se llevaron a cabo diversas Actividades Académicas adicionales dentro de la etapa 2 de apoyo académico. Estas iniciativas buscaron enriquecer el proceso formativo de los estudiantes, a través de la participación en dinámicas, talleres o el desarrollo de materiales de apoyo como consultorías relacionadas a la asignatura que fomentaron un aprendizaje más interactivo y práctico. Estas actividades fueron fundamentales para fortalecer los conocimientos y habilidades requeridas en el programa de Ingeniería Electromecánica, contribuyendo a una experiencia educativa más completa. En la Imagen 3 se puede apreciar un ejemplo del cumplimiento de la etapa anteriormente mencionada.

Imagen 3. Asistencia técnica en la instalación y adecuación de un nuevo banco de trabajo para el laboratorio



Nota. Fuente, autor

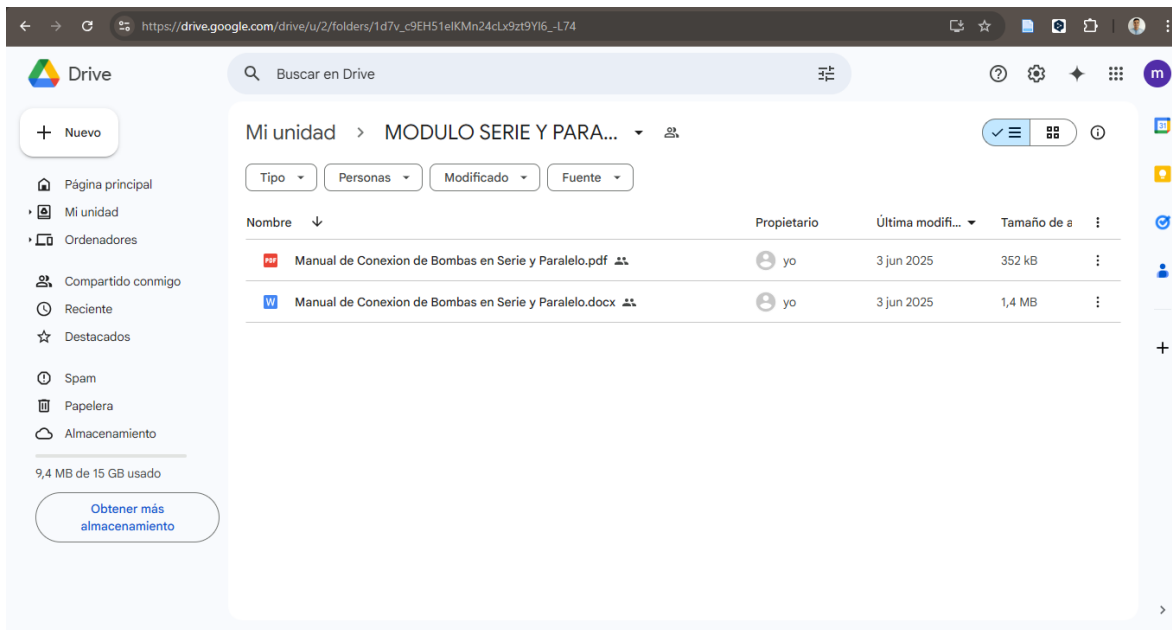
4.3. ETAPA 3: Revisión y actualización de manuales

Una etapa crucial para la sostenibilidad y el correcto uso de los recursos del laboratorio fue la Etapa 3: Revisión y actualización de manuales. Reconociendo la importancia de la documentación técnica precisa y vigente, esta fase se centró en la verificación y adecuación de los manuales de operación de los equipos. El objetivo fue asegurar que la información disponible para estudiantes y docentes reflejara los procedimientos actuales y las características optimizadas de los módulos, garantizando así su uso eficiente y seguro, lo que es fundamental para el mantenimiento de la alta calidad educativa en las Unidades Tecnológicas de Santander.

4.3.1. Evaluación y mejora de manuales técnicos

Esta tarea se enfocó en revisar críticamente la documentación existente de los módulos y equipos del laboratorio. El objetivo fue identificar inconsistencias, información desactualizada o áreas de mejora en claridad y exhaustividad, para luego proceder con su corrección y actualización. Este proceso aseguró que los manuales se convirtieran en herramientas didácticas y operativas precisas, esenciales para el uso correcto y seguro de la infraestructura por parte de la comunidad académica. En la Imagen 4 se pueden apreciar las fechas de modificación del manual del módulo de trabajo de conexión de bombas en serie y paralelo, la captura de pantalla como ejemplo de lo realizado con todos los manuales de los bancos de trabajo del laboratorio.

Imagen 4. Actualización de manuales a través de la cuenta de DRIVE



Nota. Fuente, autor

4.3.2. Implementación de mejoras en prácticas de laboratorio

Una vez actualizados y mejorados los manuales técnicos de los 5 módulos de trabajo del laboratorio se procedió con la actividad del título 0. Esta actividad consistió en aplicar directamente los cambios y optimizaciones identificados en los manuales a las prácticas que se realizaban con los módulos hidráulicos. El objetivo fue asegurar que los estudiantes trabajaran con procedimientos actualizados y eficientes, lo que no solo mejoró la experiencia de aprendizaje, sino que también contribuyó a una operación más segura y didáctica de los equipos del laboratorio.

4.4. ETAPA 4: Análisis y Optimización de los equipos del laboratorio

La fase final de este proyecto de prácticas se concentró en la Etapa 4, ya que esta etapa fue crucial para consolidar los esfuerzos previos, permitiendo una inmersión profunda en el funcionamiento de los módulos de máquinas hidráulicas. El objetivo principal fue identificar áreas de mejora y aplicar soluciones concretas para incrementar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas, lo que representó un paso fundamental para la operación óptima y sostenible del laboratorio.

4.4.1. Evaluación del rendimiento

Esta tarea implicó una recopilación y análisis exhaustivo de datos sobre el funcionamiento de los equipos existentes en el laboratorio. Se buscaron indicadores clave que permitieran comprender como estaban operando los sistemas, identificar sus puntos fuertes y, más importante aún, detectar aquellas áreas donde existían ineficiencias o rendimientos por debajo del óptimo. Esta evaluación sentó las bases para cualquier proceso de optimización posterior, Tabla 2.

Tabla 2. Datos técnicos de electrobombas del módulo de desgaste

CARACTERISTICAS TECNICAS					
Rango de Caudal (GPM)		Rango de Presión Max	Vacuómetro (PSI)	Voltaje	Corriente
Bomba 1:	7.98	32 PSI - 22.5 Mts	-1.74 -2.9	126	5.3 - 5.2
Bomba 2:	7.98	57 PSI - 40 Mts	-0.29 -2.9	127	5.4 - 5.4
Bomba 3:	21.92	30 PSI - 21.1 Mts	-1.45 -9.5	126	10.2 - 8.8
Bomba 4:	23.24	41 PSI - 28.8 Mts	-1.16 -9.5	125	11.4 - 9.8

Nota. Fuente, autor

4.4.2. Identificación de pérdidas

Una vez evaluado el rendimiento general de los equipos, esta fase se dedicó a pinpointar específicamente dónde se estaban generando las ineficiencias energéticas o funcionales. Se investigaron factores como pérdidas por fricción, fugas, operación subóptima de componentes o cualquier otro aspecto que mermara la eficiencia del sistema, Reconocer y cuantificar estas pérdidas fue esencial para diseñar estrategias de optimización efectivas y dirigidas. Acompañadas de una lista de recomendaciones para cada uno de los módulos de trabajo del laboratorio.

Imagen 5. Aplicación de soldadura de PVC, al módulo de bombas en serie y paralelo



Nota. Fuente, autor

4.4.3. Optimización de los sistemas

Finalmente, la culminación de la Etapa 4 se materializó en la Optimización de los sistemas hidráulicos del laboratorio. Con base en la evaluación del rendimiento y la precisa identificación de las pérdidas, se procedió a implementar acciones correctivas y mejoras concretas. Esto pudo incluir ajustes en la configuración de los equipos, modificaciones en los procedimientos de operación o la aplicación de las nuevas tecnologías para maximizar la eficiencia energética y operativa de los módulos. El resultado de esta actividad fue un laboratorio de máquinas hidráulicas más eficiente, confiable y adaptado a las demandas académicas y técnicas actuales.

Tabla 3. Sección de observaciones, sugerencias y bitácora de la ficha de mantenimientos

OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS

Las 4 Electrobombas por el poco uso que se les da, tienden a pegarse su respectivo sello al eje del inducido, ocasionando que no arranquen. Por lo que se sugiere se enciendan más seguido y en caso de estar "pegadas", a través del ventilador se giren manualmente hasta despegarlas y trabajen de manera correcta. | El vacuómetro de la Electrobomba número 4 se encontraba sin funcionar debido a suciedad acumulada en la entrada del mismo, falla corregida. | Se revisaron y corrigieron fugas en la tubería. | Se realizó mantenimiento preventivo tanto a las electrobombas como a las partes eléctricas e infraestructura del módulo y sus respectivos instrumentos de medición | Tubería con fisuras y fugas, por lo que se corrigieron. | Rodamientos en buen estado.

Nota. Fuente, autor

5. RESULTADOS

La presente sección detalla de manera pormenorizada los resultados obtenidos durante la ejecución del trabajo de práctica. En ella se documentan los logros alcanzados a lo largo de las diferentes etapas y actividades descritas previamente, presentando evidencias a través de imágenes y otros soportes pertinentes, en conformidad con las orientaciones proporcionadas por el director del proyecto. Estos resultados no solo reflejan el cumplimiento de los objetivos propuestos, sino que también constituyen insumos valiosos para el desarrollo de futuros productos como consultorías e innovaciones en el ámbito de la ingeniería electromecánica aplicada a las máquinas hidráulicas.

5.1. Ejecución, Verificación y Mantenimiento de equipos.

- **Inventario:**

Dando cumplimiento al cronograma de actividades detallado anteriormente. Se llevo a cabo una exhaustiva labor de levantamiento del inventario del laboratorio de Máquinas Hidráulicas. Este proceso fue realizado en estrecha colaboración con el auxiliar Steven Lozada y respondió a una solicitud explícita de la Coordinación del programa de Ingeniería Electromecánica, con el fin de establecer una base de datos precisa y actualizada de todos los equipos y componentes disponibles. La creación de este inventario no solo facilita una gestión de activos más eficiente, sino que también es fundamental para la planificación de mantenimientos futuros y la optimización del uso de los recursos. Por lo que a continuación en la Imagen 6 se podrá apreciar la primera página del inventario, siguiendo el formato establecido en la Tabla 1, el cual fue diseñado para asegurar la coherencia y la facilidad de consulta de la información recopilada. El inventario completo, conteniendo la totalidad de los elementos registrados, se podrá apreciar en ANEXOS.

Imagen 6. Primera página del Anexo A, Inventario

INGENIERIA ELECTROMECHANICA				
DEPENDENCIA: HIDRAULICAS				
UBICACIÓN: LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS SOTANO DEL "B"				
RESPONSABLE: COORDINACION INGENIERIA ELECTROMECHANICA				
AUXILIARES 2025 - 1: SEBASTIAN ANGARITA - STIVEN LOZADA				
INVENTARIO LABORATORIO				
CODIGO	CALCOMANIA	NOMBRE DEL ARTICULO	FECHA	VALOR
013778	2-10-A10539	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
013779	2-10-A10540	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
077088	2-10-A64512	CAUDALÍMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 81), DN 50 (2), DN 80 (3), DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077638	2-10-A65029	ROTÁMETRO DE ÁREA VARIABLE CON FLOTADOR - RANGO DE MEDIDA: 600-6000 L./H.	21/12/2018	8,235,294.00
077595	2-10-A64986	ROTÁMETROS DE TUBO METÁLICO CON PANTALLA (DISPLAY) LCD PARA LA INDICACIÓN LOCAL	21/12/2018	6,764,706.00
060215	2-14-A51353	COMPRESOR 2HP 1.5KW PROF 25L	19/08/2014	280,000.00
019094	2-18-A2093	ARCHIVADOR AEREO	26/11/2003	194,800.00
019298	2-18-A2077	ARCHIVADOR INFERIOR	26/11/2003	260,400.00
022975	2-18-A09893	ARCHIVADOR VERTICAL	31/12/2004	107,114.00
019933	2-18-A2052	BIBLIOTECA	23/02/1987	1,544,965.00
019300	2-18-A2079	BIBLIOTECA	13/04/1998	442,849.00
051977	2-18-A46276	SILLA FIJA ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCAZAS DE POLIPROPIL	1/04/2012	119,052.00
017599	2-18-A1322	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017603	2-18-A1326	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017607	2-18-A1330.	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
022364	2-10-A161456	CONTADOR DE ENERGIA DIGITAL	3/03/1998	1,780,000.00
077631	2-10-A65022	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077632	2-10-A65023	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077629	2-10-A65020	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077630	2-10-A65021	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
014948	2-18-A16016	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
077088	2-10-A64512	CAUDALÍMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 81), DN 50 (2), DN 80 (3), DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077600	2-10-A64991	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGICAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077596	2-10-A64987	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGICAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077597	2-10-A64988	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGICAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077598	2-10-A64989	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGICAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00

Nota. Fuente, autor

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

- **Identificación de fallas, armado y desarmado de Electrobombas:**

En esta sección se presentan las evidencias fotográficas que documentan las actividades de diagnóstico y mantenimiento preventivo llevadas a cabo en el laboratorio de Máquinas Hidráulicas. Es fundamental resaltar que todas las acciones detalladas a través de las imágenes subsiguientes, incluyendo la identificación de posibles fallas, el proceso de gratado, la aplicación de dieléctrico, el armado y montaje, así como las revisiones del cableado eléctrico y los instrumentos de medición, fueron ejecutadas como parte de un plan integral de mantenimiento preventivo. Este riguroso proceso se realizó en la totalidad de las nueve (9) electrobombas que se encuentran actualmente en funcionamiento dentro del laboratorio, asegurando su óptimo rendimiento y prolongando su vida útil.

Imagen 7. Mantenimiento electrobomba del módulo de pérdidas en tubería



Nota. Fuente, autor

Imagen 8. Diagnóstico y medición de componentes eléctricos de las electrobombas



Nota. Fuente, autor

Imagen 9. Proceso de gratado en la bomba del módulo de pérdidas



Nota. Fuente, autor

Imagen 10. Aplicación de Dieléctrico



Nota. Fuente, autor

Imagen 11. Armado y Montaje de la Electrobomba



Nota. Fuente, autor

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

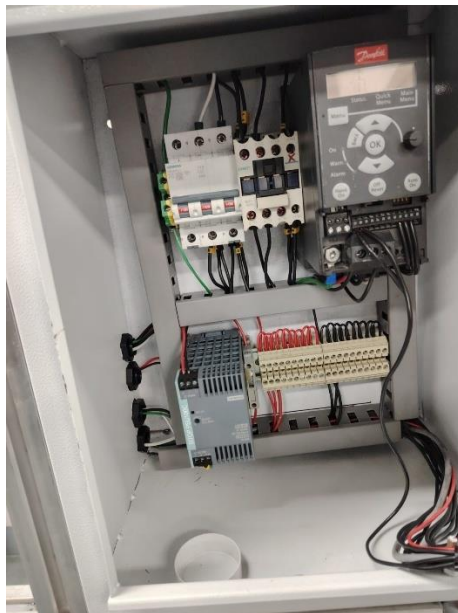
APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

Imagen 12. Revisión y Mantenimiento de instrumentos de medición del laboratorio



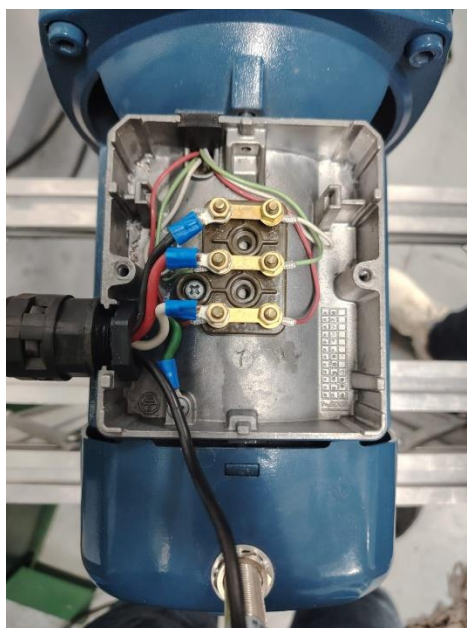
Nota. Fuente, autor

Imagen 13. Mantenimiento eléctrico - Tablero del módulo de transmisores de flujo



Nota. Fuente, autor

Imagen 14. Revisión del cableado eléctrico de las electrobombas



Nota. Fuente, autor

5.2. Apoyo académico

- **Tutorías teórico – practicas:**

A continuación, se evidenciará por medio de las siguientes imágenes el cumplimiento de la actividad que involucra la cercanía y apoyo académico para con los estudiantes que hacen parte de la asignatura de Máquinas Hidráulicas y Mecánica de fluidos. Con el fin de reforzar la comprensión de los conceptos teóricos y prácticos, facilitar el desarrollo de sus habilidades en el laboratorio y contribuir a una formación más sólida y completa en su programa de Ingeniería Electromecánica, lo que finalmente redundó en un mejor desempeño académico y una mayor preparación para los desafíos futuros de su profesión.

Imagen 15. Asistencia y asesoría durante prácticas de laboratorio



Nota. Fuente, autor

Imagen 16. Tutorías a estudiantes de Máquinas Hidráulicas



Nota. Fuente, autor

Lo anterior se realizó durante todo el semestre académico y siguiendo el horario establecido en la Imagen 2. Este seguimiento riguroso del cronograma permitió un acompañamiento constante y estructurado a los estudiantes de las asignaturas de Máquinas Hidráulicas y Mecánica de fluidos. La implementación de estas actividades de apoyo académico, como se ha evidenciado a través de las imágenes presentadas, fue fundamental para reforzar la comprensión de los conceptos teóricos y la aplicación práctica, resolver dudas específicas y consolidar las habilidades necesarias para el desarrollo de las prácticas. Esta interacción directa y programada fue crucial para optimizar el proceso de aprendizaje de los futuros ingenieros electromecánicos y contribuir a su desempeño exitoso en la asignatura durante las semanas de evaluaciones parciales.

- **Actividades académicas:**

Durante el semestre académico 2025-1 en miras de la reacreditación en alta calidad se recibió una visita de un selecto grupo de estudiantes de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) al laboratorio de Máquinas Hidráulicas, donde se promovió la cooperación entre pares académicos a través de esta visita técnica. Esta interacción fortaleció los vínculos académicos con instituciones a nivel nacional y demostró el impacto regional de la investigación y el desarrollo de habilidades prácticas que se llevan a cabo en las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), especialmente en áreas fundamentales como la mecánica de fluidos, el análisis de materiales y la ingeniería Mecánica.

Lo anterior se puede evidenciar en la lista de ANEXOS, exactamente en el Anexo B. Donde se encontrará un documento (informe) institucional denominado "F-RI-25 Informe interacción".

Adicionalmente se brindó asistencia y apoyo dentro del laboratorio a las siguientes actividades:

- **Actividad académica 1:** Se brindó asistencia durante el semestre académico al desarrollo del diseño eléctrico y construcción de un módulo nuevo de análisis comparativo de la eficiencia energética de una Electrobomba mediante tres métodos de control de caudal, para el laboratorio de Máquinas Hidráulicas. Una pequeña parte del trabajo realizado se puede apreciar en la Imagen 17. Y en la Imagen 18 se puede observar la evidencia del módulo anteriormente mencionado, durante su etapa de ensamblaje.

Imagen 17. Apoyo en el diseño y montaje eléctrico del nuevo módulo



Nota. Fuente, autor

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

Imagen 18. Módulo en desarrollo de análisis comparativo de energía



Nota. Fuente, autor

- **Actividad académica 2:** Durante la última semana de parciales del semestre académico 2025-1, se brindó asistencia académica a la Ingeniera Química Paola Andrea Sanguino Barajas, docente de la asignatura de Mecánica de Fluidos del programa de Ingeniería Ambiental. Ante la solicitud de la docente al Ingeniero Miguel Arlenzo Durán Sarmiento, encargado del laboratorio, para la realización del tercer parcial práctico de la asignatura, se facilitó el acceso a los módulos e instalaciones. Con el fin de velar por el buen uso de los equipos y la seguridad, se proporcionó acompañamiento tanto a la Ingeniera Sanguino como a los estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental durante el desarrollo de la actividad.

Imagen 19. Apoyo a los estudiantes durante la actividad evaluativa



Nota. Fuente, autor.

Imagen 20. Explicación del funcionamiento del módulo de bombas en serie y paralelo



Nota. Fuente, autor

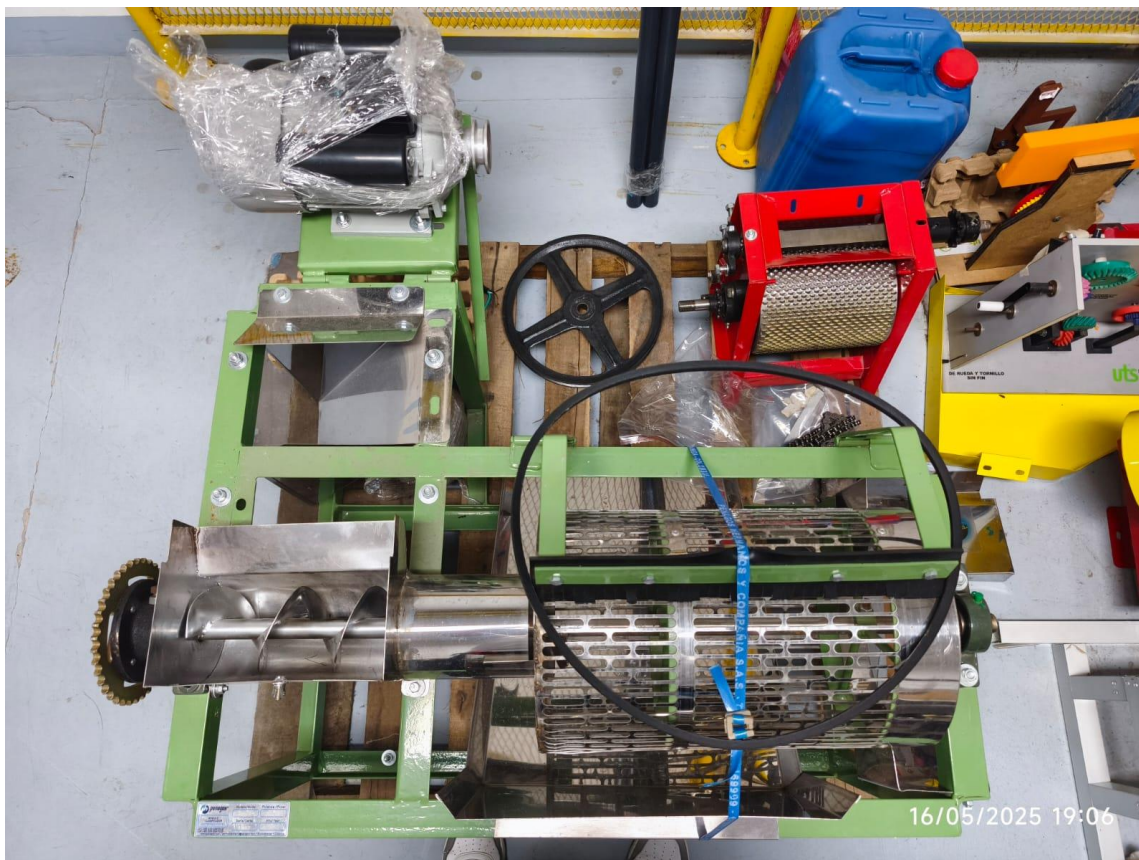
- **Actividad académica 3:** Durante el semestre académico 2025-1, se proporcionó asistencia técnica y académica en el laboratorio de Máquinas Hidráulicas para el armado y desarmado de una máquina despulpadora y clasificadora de café. Esta actividad se enmarcó dentro de un proyecto de grado a cargo del Doctor en ciencias Javier Ascanio Villabona, y fue fundamental para el desarrollo del modelado de dicha maquinaria, la cual se encuentra ubicada en las instalaciones del laboratorio. Con el propósito de facilitar el progreso del proyecto de investigación y contribuir a la comprensión de sus componentes mecánicos y de fluidos, se brindó apoyo durante las fases de manipulación y análisis de la despulpadora. Por lo que en la Imagen 21 e Imagen 22 se evidencia lo mencionado instantes atrás.

Imagen 21. Máquina despulpadora y clasificadora de café



Nota. Fuente, autor

Imagen 22. Despiece de la Máquina despulpadora y clasificadora de café



Nota. Fuente, autor

5.3. Revisión, actualización e implementación de las mejoras en los manuales de los módulos del laboratorio

Los resultados correspondientes a esta etapa del proyecto se encuentran detallados en la sección de ANEXOS, específicamente desde el Anexo C hasta el Anexo G. No obstante, es fundamental señalar que, durante la fase práctica desarrollada en el laboratorio y en cumplimiento de los objetivos de esta etapa, se procedió a la creación de una cuenta de correo electrónico en la plataforma Gmail, destinada exclusivamente para el laboratorio de Máquinas Hidráulicas (Tabla 4). En el espacio de almacenamiento en la nube asociado a esta cuenta, se alojaron los cinco manuales de operación de los módulos actualmente en uso dentro del laboratorio, en formatos .DOC y .PDF. Esta disposición facilitó la generación de códigos QR, los cuales representan una aproximación tangible hacia la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas en aras de posicionar el laboratorio de Máquinas Hidráulicas como una instalación vanguardista. Los códigos QR, que dirigen a la comunidad estudiantil al manual requerido para cada práctica, se evidenciarán en el Anexo H (Imagen 23).

Tabla 4. Datos de inicio de sesión y recuperación de la cuenta GMAIL

DATOS DEL CORREO ELECTRONICO DEL LABORATORIO	
Dirección de correo electrónico:	m.hidraulicasyfluidos@gmail.com
Contraseña:	Lab.saludestructural
Fecha de nacimiento para recuperación:	18 de agosto de 1988
Correo de recuperación:	sebas727jhoan@gmail.com

Nota. Fuente, autor

Imagen 23. Código QR en el módulo de medidores de caudal



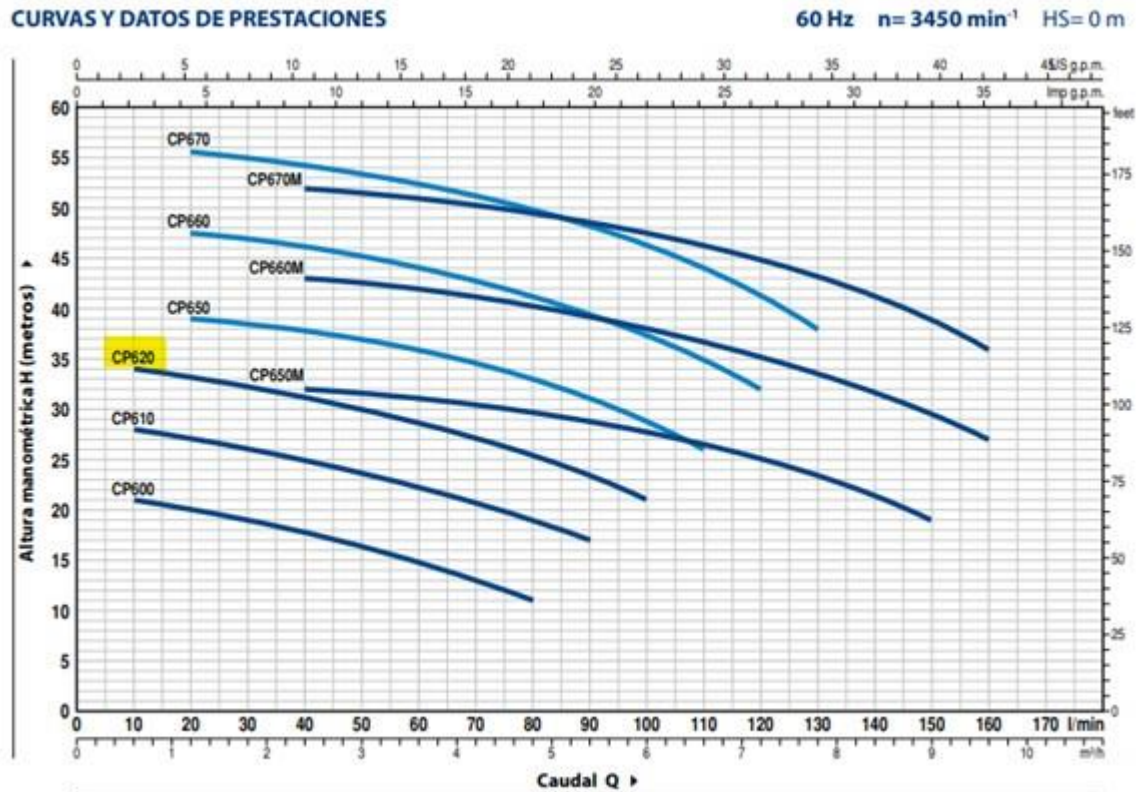
Nota. Fuente, autor

5.4. Análisis y Optimización de los equipos del laboratorio

A continuación, se presentan los resultados derivados de la ETAPA 4: Análisis y Optimización de los equipos del laboratorio. Se documentan los hallazgos clave obtenidos tras la evaluación del rendimiento de los módulos de máquinas hidráulicas y la subsiguiente identificación de las pérdidas energéticas o funcionales. Finalmente, se detallan las mejoras implementadas a los sistemas, las cuales constituyen la culminación de los esfuerzos de optimización. Estos resultados evidencian el impacto de las intervenciones realizadas para incrementar la eficiencia y el desempeño general de la infraestructura del laboratorio, y se presentan con el rigor técnico apropiado para su análisis y comprensión.

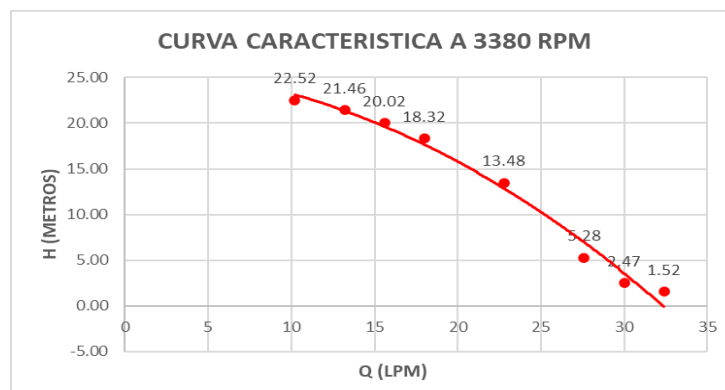
Como primera subtarea ejecutada en cumplimiento del objetivo principal de este proyecto de grado, se procedió a la comparación de las curvas características de las electrobombas. Esta actividad consistió en confrontar las gráficas de rendimiento suministradas por los fabricantes, predominantemente PEDROLLO, con la curva experimental desarrollada durante el semestre académico, utilizando los datos recopilados en el momento de la realización del mantenimiento de las electrobombas. Este análisis, centrado en el módulo de caracterización de curvas H vs Q en función de la velocidad angular de la electrobomba, arrojó como evidencia los resultados presentados en la Grafica 1 y la Grafica 2.

Grafica 1. Curva característica del fabricante PEDROLLO



Nota. Fuente, fabricante Pedrollo

Grafica 2. Curva característica experimental



Nota. Fuente, autor

Como resultado de la comparación de las gráficas anteriores, se concluyó que el estado de la electrobomba evaluada dentro del módulo de trabajo ya mencionado con anterioridad, no se encontraba en condiciones óptimas. Durante las pruebas, el caudal máximo registrado fue de aproximadamente 30 LPM, lo cual contrasta significativamente con el caudal nominal de 100 LPM indicado en la placa del fabricante. Esta discrepancia pudo atribuirse a diversas causas, incluyendo una posible falla en el transmisor de flujo Siemens o en una instalación deficiente. Adicionalmente, se identificó que la toma del medidor de presión estaba ubicada a escasos 5 centímetros de la salida de un codo de 90°. Esta configuración incumple directamente con las buenas prácticas de ingeniería y las recomendaciones de diversas normativas relacionadas con la instrumentación y la medición de fluidos, lo que pudo haber afectado la precisión de las lecturas y, por ende, el desempeño registrado.

Adicionalmente, durante el semestre académico y con el objetivo de optimizar el rendimiento energético de las electrobombas del laboratorio, se procedió al diseño, establecimiento e implementación de un plan de mantenimiento integral para los cinco (5) módulos de trabajo actualmente en funcionamiento. Este plan se materializó mediante la creación de un formato específico denominado "Fichas de Mantenimiento", el cual se presenta en la Tabla 5. La evidencia del diligenciamiento de este formato para cada módulo del laboratorio se encuentra documentada en la sección de ANEXOS, específicamente desde el Anexo H hasta el Anexo L.

Tabla 5. Formato de Ficha de Mantenimiento

FOTOGRAFIA DEL MODULO DE PRACTICA		FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA					
Nombre del modulo de practica:		Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas		Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran			
COMPONENTES PRINCIPALES							
Electrobombas		Instrumentos de medición		Otros componentes			
CARACTERISTICAS TECNICAS						FUNCIONAMIENTO	
Rango de Caudal	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje	Corriente			
Bomba 1:							
Bomba 2:							
Bomba 3:							
Bomba 4:							
MANTENIMIENTO						ACTIVIDADES	
Periodicidad:	Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año				Inspeccion Visual		
PRECAUCIONES						Verificación de conexiones eléctricas	
- Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.) - No operar las bombas en seco - Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo - Seguir las instrucciones del manual de usuario						Verificación de Partes Mecanicas	
						Limpieza de bombas y componentes	
						Reemplazo de partes desgastadas	
						Calibración de instrumentos de medición	
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS							
Mantenimiento elaborado Por:							
Fecha de Mantenimiento: 00/00/00							

Nota. Fuente, autor

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

Es relevante destacar que el formato de las Fichas de Mantenimiento (Tabla 5) incluye una sección específica denominada 'observaciones generales y en caso de fallas'. En este apartado, y para cada módulo de trabajo, se consignaron sugerencias técnicas dirigidas a los futuros grupos de auxiliares del laboratorio de máquinas hidráulicas. El objetivo de esta práctica fue establecer un mecanismo de control y seguimiento continuo sobre los módulos, lo que permitirá, a lo largo del tiempo, alcanzar una optimización progresiva y un mejoramiento sustancial del desempeño eléctrico de las electrobombas de los bancos de prácticas.

6. CONCLUSIONES

La ejecución de las actividades de práctica en el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas de las Unidades Tecnológicas de Santander permitió alcanzar de manera satisfactoria los objetivos planteados en el proyecto.

- Se logró optimizar el rendimiento y la eficiencia de las electrobombas del laboratorio mediante una evaluación exhaustiva de su desempeño y la implementación de estrategias de control y mantenimiento. Se identificaron y abordaron problemas específicos como la discrepancia en el caudal de una electrobomba y la inadecuada ubicación de tomas de presión, lo que resalta la necesidad de adherencia a las buenas prácticas de ingeniería para asegurar la precisión de las mediciones y el óptimo funcionamiento de los equipos.
- La revisión y actualización de los manuales de operación de los equipos del laboratorio fue fundamental para alinear la documentación con los procedimientos actuales y las características optimizadas de los módulos, garantizando información precisa y vigente para estudiantes y docentes. La creación de una cuenta de correo electrónico exclusiva y la generación de códigos QR para el acceso a los manuales representan un avance significativo en la digitalización y accesibilidad de la información.

- Las iniciativas de apoyo académico, a través de tutorías teórico-prácticas y actividades complementarias, fortalecieron la comprensión de conceptos y el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes de Ingeniería Electromecánica e incluso ambiental, mejorando su desempeño en las asignaturas de Máquinas Hidráulicas y Mecánica de Fluidos.
- El diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los cinco módulos de trabajo, evidenciado en las Fichas de Mantenimiento (Tabla 5), contribuyó directamente a prolongar la vida útil de los equipos y a asegurar su operatividad continua. La inclusión de un espacio para 'observaciones generales y en caso de fallas' en dicho formato facilita la continuidad en el seguimiento y la mejora por parte de futuros auxiliares.
- En síntesis, este trabajo de práctica no solo optimizó la infraestructura del laboratorio, sino que también mejoró la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, alineándose con las demandas actuales de la Ingeniería y la sostenibilidad de los recursos.

7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados y conclusiones obtenidas, se plantean las siguientes recomendaciones para la continuidad y mejora de las actividades en el laboratorio de máquinas hidráulicas:

- **Mantener el Plan de Mantenimiento Implementado:** Se recomienda la continuidad y el estricto seguimiento al plan de mantenimiento preventivo establecido, utilizando la 'Fichas de Mantenimiento' (Tabla 5) como herramienta principal. Esto asegurará la durabilidad de las electrobombas y demás equipos, y evitará la recurrencia de fallas comunes como el "pegado" de sellos o el inducido debido al poco uso.
- **Revisión y Optimización de la instrumentación crítica:** Es fundamental que se realice una revisión exhaustiva del transmisor de flujo Siemens y se corrija la ubicación de la toma del medidor de presión en el módulo de caracterización, adhiriéndose a las normativas y buenas prácticas de ingeniería para garantizar mediciones precisas y representativas del desempeño real de los equipos.
- **Integración de Tecnologías para monitoreo inteligente:** Se sugiere explorar la implementación de soluciones de monitoreo inteligente basadas en IoT o inteligencia artificial, como se menciona en el marco referencial, para un control y seguimiento en tiempo real del estado de los equipos. Esto permitirá una gestión más proactividad del mantenimiento y la optimización energética.

- **Actualización Periódica de Manuales y Documentación:** Se recomienda establecer un ciclo de revisión y actualización periódica de los manuales técnicos y las fichas de mantenimiento. Aunque se realizó una actualización inicial, la evolución de los equipos y las prácticas requiere un proceso continuo para asegurar la vigencia y la utilidad de la documentación.
- **Continuidad del Apoyo Académico:** Es crucial mantener las iniciativas de apoyo académico, como las tutorías y la asistencia en actividades evaluativas y proyectos, dado su impacto positivo en el proceso de aprendizaje y la consolidación de habilidades prácticas de los estudiantes.
- **Exploración de Proyectos de Investigación Futuros:** Con base en la experiencia de optimización, se recomienda identificar nuevas oportunidades para proyectos de grado o investigación que profundicen en la mejora del rendimiento energético y operativo de otros equipos o sistemas del laboratorio.

8. REFERENCIAS

- Bernahola, E., & Ulloa, C. (2023, noviembre). Mejora de un Plan de Mantenimiento de un Sistema de Bombeo en una Empresa Minera, aplicando la Metodología del Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM).
- Espino, L. E., Rios, Y. P. P., & Franco, E. G. C. (2020). Propuesta de un sistema de control, monitoreo y asistencia para optimización de recursos energéticos en el hogar.
- Espinoza, A., López, P., Ruíz, E., & Mass, J. (2022). Generador y analizador de señales PWM para la evaluación de máquinas hidráulicas.
- Ledo, L. V. (2022). ANALISIS DE HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.
- Mañay Yanez, E. I., Hidalgo Osorio, W. A., & Vásquez Carrera, P. J. (2025). Optimización de sistemas de bombeo en redes de distribución de agua: Análisis de eficiencia energética y reducción de pérdidas por fricción. Revista Ingenio global, 4(1), 203-218. <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.217>
- Riaño Valle, F. (2020). Antecedentes de la conocida ecuación de Bernoulli. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 41(1), 71-84.

9. ANEXOS

ANEXO A

INVENTARIO DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Imagen 24. Inventario de Laboratorio de Máquinas Hidráulicas

INGENIERIA ELECTROMECANICA				
DEPENDENCIA: HIDRAULICAS				
UBICACION: LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS SOTANO DEL "B"				
RESPONSABLE: COORDINACION INGENIERIA ELECTROMECHANICA				
AUXILIARES 2025 - 1: SEBASTIAN ANGARITA - STIVEN LOZADA				
INVENTARIO LABORATORIO				
CODIGO	CALCOMANIA	NOMBRE DEL ARTICULO	FECHA	VALOR
013778	2-10-A10539	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
013779	2-10-A10540	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
077088	2-10-A64512	CAUDALIMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 (1), DN 50 (2), DN 80 (3). DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077638	2-10-A65029	ROTÁMETRO DE ÁREA VARIABLE CON FLOTADOR - RANGO DE MEDIDA: 600-6000 L/H.	21/12/2018	8,235,294.00
077595	2-10-A64986	ROTÁMETROS DE TUBO METÁLICO CON PANTALLA (DISPLAY) LCD PARA LA INDICACIÓN LOCAL	21/12/2018	6,764,706.00
060215	2-14-A51353	COMPRESOR 2HP 1.5KW PROF 25L	19/08/2014	280,000.00
019094	2-18-A2093	ARCHIVADOR AEREO	26/11/2003	194,800.00
019298	2-18-A2077	ARCHIVADOR INFERIOR	26/11/2003	260,400.00
022975	2-18-A09893	ARCHIVADOR VERTICAL	31/12/2004	107,114.00
019933	2-18-A2052	BIBLIOTECA	23/02/1987	1,544,965.00
019300	2-18-A2079	BIBLIOTECA	13/04/1998	442,849.00
051977	2-18-A46276	SILLA FUA ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCAZAS DE POLIPROPIL	1/04/2012	119,052.00
017599	2-18-A1322	SILLA FUA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017603	2-18-A1326	SILLA FUA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017607	2-18-A1330.	SILLA FUA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
022364	2-10-A161456	CONTADOR DE ENERGIA DIGITAL	3/03/1998	1,780,000.00
077631	2-10-A65022	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077632	2-10-A65023	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077629	2-10-A65020	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077630	2-10-A65021	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
014948	2-18-A16016	SILLA INTERLOCUTORA FUA	27/10/2006	137,600.00
077088	2-10-A64512	CAUDALIMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 (1), DN 50 (2), DN 80 (3). DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077600	2-10-A64991	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALOGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077596	2-10-A64987	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALOGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077597	2-10-A64988	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALOGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077598	2-10-A64989	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALOGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00

INGENIERIA ELECTROMECANICA				
DEPENDENCIA: HIDRAULICAS				
UBICACIÓN: LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS SOTANO DEL "B"				
RESPONSABLE: COORDINACION INGENIERIA ELECTROMECHANICA				
AUXILIARES 2025 - 1: SEBASTIAN ANGARITA - STIVEN LOZADA				
INVENTARIO DE SOBRANTES				
CODIGO	CALCOMANIA	NOMBRE DEL ARTICULO	FECHA	VALOR
013778	2-10-A10539	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
013779	2-10-A10540	RELE SOBRE CORRIENTE DIRECCIONAL	2/02/2006	300,000.00
077088	2-10-A64512	CAUDALIMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 81), DN 50 (2), DN 80 (3), DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077638	2-10-A65029	ROTAMETRO DE ÁREA VARIABLE CON FLOTADOR - RANGO DE MEDIDA: 600-6000 L/H.	21/12/2018	8,235,294.00
077595	2-10-A64986	ROTÁMETROS DE TUBO METÁLICO CON PANTALLA (DISPLAY) LCD PARA LA INDICACIÓN LOCAL	21/12/2018	6,764,706.00
060215	2-14-A51353	COMPRESOR 2HP 1.5KWPROF 25L	19/08/2014	280,000.00
019094	2-18-A2093	ARCHIVADOR AEREO	26/11/2003	194,800.00
019298	2-18-A2077	ARCHIVADOR INFERIOR	26/11/2003	260,400.00
022975	2-18-A09893	ARCHIVADOR VERTICAL	31/12/2004	107,114.00
019933	2-18-A2052	BIBLIOTECA	23/02/1987	1,544,965.00
019300	2-18-A2079	BIBLIOTECA	13/04/1998	442,849.00
051977	2-18-A46276	SILLA FIJA ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCAZAS DE POLIPROPIL	1/04/2012	119,052.00
017599	2-18-A1322	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017603	2-18-A1326	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017607	2-18-A1330	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
022364	2-10-A161456	CONTADOR DE ENERGIA DIGITAL	3/03/1998	1,780,000.00
077631	2-10-A65022	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077632	2-10-A65023	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077629	2-10-A65020	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
077630	2-10-A65021	TRANSMISORES PARA PRESION RELATIVA Y ABSOLUTA	21/12/2018	4,789,916.00
014948	2-18-A16016	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
077088	2-10-A64512	CAUDALIMETRO. CARACTERÍSTICAS: TAMAÑO DN 15 (1/2), DN 25 81), DN 50 (2), DN 80 (3), DISPLAY GRÁFICO COMPLETO DE 240 X 160 PÍXELES	2/10/2018	10,756,303.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077091	2-10-A64515	UNIDAD DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI). CARACTERÍSTICAS: UNIDAD DE PANEL TÁCTIL (7) COMPATIBLE CON EL PLC Y CON SUS RESPECTIVAS HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN DESDE PC Y ACCESORIOS PARA SU CORRECTA. MANDO POR TECLAS/TÁCTIL INTERFAZ PROFINET.	2/10/2018	4,369,748.00
077600	2-10-A64991	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077596	2-10-A64987	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077597	2-10-A64988	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00
077598	2-10-A64989	TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES: COMUNICACIÓN: USB. E/S DIGITALES 8. ENTRADAS ANALÓGAS 8. SALIDAS ANALÓGICAS 4-6. VELOCIDAD: 250KB. 16 BITS DE RESOLUCIÓN, (0-10V) COMPATIBLE CON LABVIEW.	21/12/2018	6,890,756.00

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

INGENIERIA ELECTROMECANICA				
DEPENDENCIA: HIDRAULICAS				
UBICACIÓN: LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS SOTANO DEL "B"				
RESPONSABLE: COORDINACION INGENIERIA ELECTROMECHANICA				
AUXILIARES 2025 - 1: SEBASTIAN ANGARITA - STIVEN LOZADA				
INVENTARIO DE BAJAS				
CODIGO	CALCOMANIA	NOMBRE DEL ARTICULO	FECHA	VALOR
077100	2-10-A64524	TACÓMETROS DIGITALES DE DISPARO. CARACTERÍSTICAS : SEÑAL DE SALIDA: SALIDA ANALÓGICA Y DE PULSOS. PANTALLA LCD PARA LA INDICACIÓN. PRESIÓN: +- 1 DIGITO. A PRUEBA DE POLVO Y CAÍDAS (IP 50) DISTANCIA OBJETO (SIN CONTACTO) 500MMM	2/10/2018	3,277,311.00
077102	2-10-A64526	TACÓMETROS DIGITALES DE DISPARO. CARACTERÍSTICAS : SEÑAL DE SALIDA: SALIDA ANALÓGICA Y DE PULSOS. PANTALLA LCD PARA LA INDICACIÓN. PRESIÓN: +- 1 DIGITO. A PRUEBA DE POLVO Y CAÍDAS (IP 50) DISTANCIA OBJETO (SIN CONTACTO) 500MMM	2/10/2018	3,277,311.00
013780	2-10-A10536	EQUIPO DE INYECCION DE RELES UNIV.	2/02/2006	2,000,000.00
013781	2-10-A10537	EQUIPO DE INYECCION DE RELES UNIV.	2/02/2006	2,000,000.00
013782	2-10-A10538	UNIDAD PORTATIL CAMBIADORA DE FASES	2/02/2006	2,000,000.00
014929	2-18-A16006	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
014931	2-18-A16008	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
000817	2-18-A16017	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	15/06/2007	137,600.00
014941	2-18-A16018	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
014940	2-18-A16019	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
015029	2-18-A16107	SILLA INTERLOCUTORA FIJA	27/10/2006	137,600.00
057184	2-18-A47901	MODULO DE COMPUTADOR 100X70	29/07/2013	534,805.00
017594	2-18-A1317.	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017608	2-18-A1331.	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI	3/03/2003	92,340.00
017872	2-18-A05741	SILLA UNIVERSITARIA	26/11/2003	105,000.00
062540	2-18-A52516	SILLA UNIVERSITARIA:SILLA FIJA CON ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCASAS DE POLIPROPILENO	19/05/2015	203,500.00
062541	2-18-A52517	SILLA UNIVERSITARIA:SILLA FIJA CON ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCASAS DE POLIPROPILENO	19/05/2015	203,500.00
062542	2-18-A52518	SILLA UNIVERSITARIA:SILLA FIJA CON ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCASAS DE POLIPROPILENO	19/05/2015	203,500.00
062543	2-18-A52519	SILLA UNIVERSITARIA:SILLA FIJA CON ASIENTO Y ESPALDAR EN CARCASAS DE POLIPROPILENO	19/05/2015	203,500.00
067651	2-24-CS8551	TECLADO DELL (DONACION UIS)	18/12/2015	1
077093	2-10-A64517	ACCESORIOS PARA EL PLC. CABLE TP CRUZADO 4X2 CON CONECTORES RJ45 LONGITUD 6 M. MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS: 1 AO, +- 10 VDC RESOLUCIÓN 12 BITS, O 4-20 MA RESOLUCIÓN 11 BIT. REQUERIMIENTOS DE MARCA RECONOCIDA EN EL MERCADO NACIONAL POR MÁS DE 10 AÑOS.	2/10/2018	1,344,538.00
077635	2-10-A65026	DIAFRAGMA - CARACTERÍSTICAS GENERALES: BORDES REDONDEADOS DIAFRAGMAS CALIBRADOS EN UN RANGO DE DIÁMETRO DE (14 - 20) MM COMO DIÁMETRO INFERIOR Y UN RANGO DE (25 - 40) MM DE DIÁMETRO.	21/12/2018	5,294,118.00
077104	2-10-A64528	FUENTES DE ALIMENTACIÓN. CARACTERÍSTICAS: FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24 VOLTS DC. CORRIENTE MÁXIMA 2A. PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA LA FUENTE.	2/10/2018	462,185.00
077105	2-10-A64529	FUENTES DE ALIMENTACIÓN. CARACTERÍSTICAS: FUENTES DE ALIMENTACIÓN 24 VOLTS DC. CORRIENTE MÁXIMA 2A. PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA LA FUENTE.	2/10/2018	462,185.00

Nota. Fuente, autor

ANEXO B

EVIDENCIA DE VISITA TECNICA POR PARTE DE LA UPTC

Imagen 25. F-RI-25 Informe interacción - Universidad UPTC

DATOS PERSONALES
Nombre y Apellidos: <u>Orlando Díaz Parra</u> No. Documento <u>88154600</u>
Correo Electrónico: <u>Orlando.diazparra@uptc.edu.co</u> No. Celular: <u>3138284242</u>
Programa académico / Dependencia: <u>Ingeniería Electromecánica</u> Facultad: <u>Seccional Duitama</u>
Campus: <u>Duitama</u> Tipo vinculación: <u>Docente ocasional tiempo completo</u>
Grupo de investigación o semillero: <u>GIEM – GRUPO DE INTEGRIDAD Y EVALUACION DE MATERIALES</u>

DATOS INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR / ENTIDAD VISITADA
Duración de la Interacción: <u>1 día</u> Fecha de inicio: <u>15/05/2025</u> Fecha Final: <u>15/05/2025</u>
Nombre: <u>Unidades Tecnológicas de Santander</u> , País: <u>Colombia</u> , Ciudad: <u>Bucaramanga, Santander</u>
Facultad: <u>Facultad de ciencias Naturales e Ingenierías</u> Programa académico: <u>Ingeniería Electromecánica</u>
Nombre coordinador o decano: <u>Javier Gonzalo Ascanio Villabona</u>
No. Celular: <u>(+57) 317-318-7594</u> Correo electrónico: <u>electromecanica@correo.uts.edu.co</u>

NUEVOS CONTACTOS		
NOMBRE	CORREO	INSTITUCIÓN / CARGO
Orlando Díaz Parra	Orlando.diazparra@uptc.edu.co	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia / Docente

ELABORADO POR:
Relaciones Interinstitucionales

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA DE APROBACIÓN: Noviembre de 2024

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

RESULTADOS**Personal académico (Estudiantes y docente) del Programa de Ingeniería Electromecánica de la UPTC fueron bien recibidos en las instalaciones de las UTS**

El docente Orlando Diaz Parra y un grupo de 20 estudiantes destacados, personal adscrito al **programa de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**, asistieron a una **visita técnica de pares académicos**, celebrado el día 15 de mayo en las instalaciones de las **Unidades Tecnológicas de Santander**, en la ciudad de Bucaramanga.

Durante esta Visita Técnica, se hicieron partícipes el siguiente personal Uteista:

- **PhD. Javier Gonzalo Ascanio Villabona – Coordinador del Programa Ingeniería Electromecánica.**
- **MSc. Miguel Arlenzo Duran – Docente Tiempo Completo Encargado del Laboratorio de Maquinas Hidráulicas y Mecánica de Fluidos**
- **Ing. (C) Jhoan Sebastian Angarita Mayorga – Auxiliares del Laboratorio de Maquinas Hidráulicas**
- **Tec. (C) Steven Lozada Machado – Auxiliares del Laboratorio de Maquinas Hidráulicas**

La cooperación entre pares académicos a través de visitas técnicas, clases espejo, congresos entre otros. Fortalece los vínculos académicos con instituciones a nivel nacional y demuestra el impacto regional de la investigación desarrollada en las UTS, especialmente en áreas como la mecánica de fluidos, el análisis de materiales y la ingeniería mecánica.

ELABORADO POR:
Relaciones InterinstitucionalesREVISADO POR:
Sistema Integrado de GestiónAPROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA DE APROBACIÓN: Noviembre de 2024**ELABORADO POR:**
Docencia**REVISADO POR:**
Sistema Integrado de Gestión**APROBADO POR:** Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

EVIDENCIAS (INFORME, FOTOS EN ALTA CALIDAD, CERTIFICACIONES)



ELABORADO POR:
Relaciones Interinstitucionales

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA DE APROBACIÓN: Noviembre de 2024

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023



ELABORADO POR:
Relaciones Interinstitucionales

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA DE APROBACIÓN: Noviembre de 2024

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

PLAN DE DIVULGACIÓN (NOTICIA INFORMATIVA PARA MEDIOS)

Página web institucional:

<https://www.uts.edu.co/sitio/docentes-uteistas-se-destacan-en-congreso-internacional-de-ingenieria-en-mexico/>

Al diligenciar este documento, autorizo de manera previa, expresa e inequívoca a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER a dar tratamiento de mis datos personales aquí consignados, incluyendo el consentimiento explícito para tratar datos sensibles aun conociendo la posibilidad de oponerme a ello, conforme a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información publicada en www.uts.edu.co y/o en Calle de los estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas, que declaro conocer y estar informado que en ella se presentan los derechos que me asisten como titular y los canales de atención donde ejercerlos

ELABORADO POR:
Relaciones Interinstitucionales

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA DE APROBACIÓN: Noviembre de 2024

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

ANEXO C

MANUAL TÉCNICO - MÓDULO DE PERDIDAS EN TUBERIA

Imagen 26. Manual de perdidas en tuberías



EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE ENERGÍA EN TUBERÍAS DE DIFERENTE MATERIAL

*Maquinas Hidráulicas, PEM405, Departamento de Ciencias Básicas, Unidades
Tecnológicas de Santander.*



RESUMEN:

Esta guía practicas tiene como **OBJETIVO PRINCIPAL** analizar cómo el caudal y la temperatura afectan la pérdida de energía en diferentes tipos de materiales de tuberías. Se busca establecer una comparación entre las pérdidas de energía de cada material en función de la temperatura, utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach para determinar las pérdidas de energía. la metodología se basa en la utilización de un banco de pruebas para medir presiones en tuberías de distintos materiales. Los datos obtenidos son tabulados y comparados con datos teóricos, permitiendo la creación de gráficas y tablas que muestran la relación entre el caudal y la temperatura. Esta práctica es fundamental para comprender las pérdidas de energía en sistemas de transporte de fluidos, lo cual es crucial para grandes empresas del sector industrial que requieren transportar fluidos a través de largas distancias.

Palabras Clave: Número de Reynolds; Ecuación de la energía; Factor de fricción.

ABSTRACT: *This laboratory guide aims to analyze how flow rate and temperature affect energy loss in different types of pipe materials. The goal is to compare the energy losses of each material as a function of temperature, using the Darcy-Weisbach equation to determine the energy losses. The methodology is based on the use of a test bench to measure pressures in pipes of different materials. The obtained data are tabulated and compared with theoretical data, allowing the creation of graphs and tables that show the relationship between flow rate and temperature. This practice is essential for understanding energy losses in fluid transport systems, which is crucial for large industrial companies that need to transport fluids over long distances.*

Keywords: *Reynolds number; Energy equation; Friction factor*

1. INTRODUCCIÓN

El transporte de fluidos a través de tuberías es una actividad esencial en diversas industrias, especialmente en aquellas que requieren el movimiento de grandes volúmenes de líquidos o gases a lo largo de extensas distancias. La eficiencia de este transporte depende en gran medida de la pérdida de energía que ocurre debido a la fricción entre el fluido y las paredes de la tubería, así como por los accesorios y cambios de dirección que el sistema pueda tener.

La ecuación de Darcy-Weisbach es una herramienta fundamental en este análisis, ya que permite calcular la pérdida de carga debida a la fricción en una longitud determinada de tubería. En esta práctica, se utilizará un banco de pruebas para medir las presiones en tuberías de diversos materiales.

Los resultados obtenidos de esta práctica no solo ayudarán a estudiantes y profesionales a comprender mejor las dinámicas de las pérdidas de energía en sistemas de tuberías, sino que también proporcionarán información valiosa para la industria en la optimización del diseño y operación de sistemas de transporte de fluidos.

2. FUNDAMENTACION TEORICA

Numero de Reynolds: El número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional utilizado en la mecánica de fluidos para caracterizar el flujo de un fluido dentro de una tubería u otro conducto. Fue introducido por el científico Osborne Reynolds en el siglo XIX. Este número permite predecir el tipo de flujo que se desarrollará en el sistema, ya sea laminar, transitorio o turbulento.

El numero de Reynolds se define como:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (1)$$

Donde:

- ρ = es densidad del fluido en $[Kg/m^3]$
- V = es velocidad media del fluido en $[m/s]$
- μ = es la viscosidad dinámica del fluido en $[kg/m \times s]$
- D = es el diámetro hidráulico de la tubería.

Ecuación de Darcy-Weisbach: La ecuación de Darcy-Weisbach es crucial para el diseño y análisis de sistemas de tuberías porque permite calcular las pérdidas de energía debido a la fricción, lo cual es esencial para dimensionar correctamente las bombas, optimizar el transporte de fluidos y minimizar costos operativos. La ecuación es aplicable a una amplia variedad de tipos de flujo y condiciones de tuberías, lo que la hace muy versátil y ampliamente utilizada en la ingeniería de fluidos.

La ecuación se expresa como:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

Donde:

h_f = es la pérdida por carga de fricción.

f = es el factor de fricción de Darcy-Weisbach.

L = es la longitud de la tubería (m)

D = es el diámetro hidráulico de la tubería (m)

V = es la velocidad media del fluido (m/s)

g = es la aceleración debida a la gravedad.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Bomba centrífuga, EVANS PEP 05A16L, 220 V, 60 Hz.
- Válvula de estrangulamiento
- Termómetro
- Manómetro en U
- Manómetro
- Vacuómetro
- Tanque
- Tomas de Presión

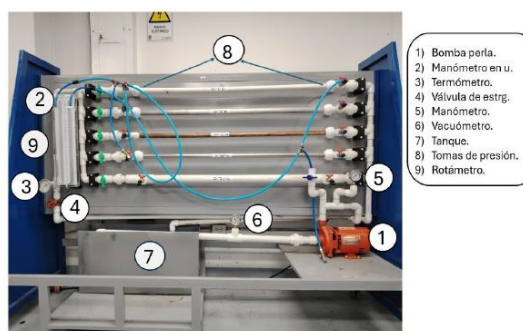


Imagen 1. Banco de Pruebas

4. METODOLOGIA

Recomendaciones:

Antes de iniciar la puesta en marcha del sistema es importante que siga estas instrucciones.

Inspección general: Proceda a Verificar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén correctamente realizadas.

- Revise que no haya partes dañadas o faltantes.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia y segura.
- Asegúrese de que el tanque de agua se encuentre lleno.
- Compruebe que la tensión de alimentación del sistema sea 220 V-2ø a 60 Hz

Proceso de puesta en marcha:

Una vez realizadas las verificaciones anteriores, se puede proceder al arranque del sistema ejecutando las siguientes instrucciones.

Realizar cebado: Se abre la llave de paso ubicada en la ramificación de la tubería de descarga y se llena con agua. Es importante cerrar luego del cebado para evitar derrames de agua.

Arranque:

- A. Conecte las tomas de presión de la tubería que desea caracterizar al manómetro
- B. Abra la llave de paso de esta tubería y cierre las de las demás tuberías
- C. Accione el pulsador START del sistema

Toma de datos: Una vez el sistema se encuentre en operación proceda a seguir el siguiente paso a paso:

1. Mida el tramo de tubería a analizar
2. Ajuste la apertura parcial de la válvula de estrangulamiento
3. Registre la temperatura del fluido
4. Registre la lectura de caudal correspondiente a esta apertura de la válvula mediante el rotámetro
5. Anote los datos de presión la succión y descarga de la bomba.
6. Lea la diferencia de altura en el manómetro en U [mm Hg]
7. Repita los pasos del 2 al 6 las veces que le sea indicado por el profesor.
8. Apague el sistema para cambiar de tubería

NOTA: SI DESEA HACER PRUEBAS EN FUNCION DEL CAMBIO DE TEMPERATURA DEBE AÑADIR UNA RESISTENCIA AL TANQUE.

5. CALCULOS Y RESULTADOS

Propiedades del agua:

Para utilizar las propiedades del agua en los cálculos se debe tener en cuenta la temperatura del termómetro. Se debe consultar la densidad, peso específico y viscosidad del agua a esta temperatura.

Propiedades de la tubería.

las primeras cuatro tuberías son de 1 pulgada diámetro comercial y sus materiales son: PVC, galvanizado, cobre, acero inoxidable respectivamente. Consultar: diámetro, área y rugosidad.

La última tubería es de PVC 1 1/2 consultar: Diámetro, área y rugosidad.

Velocidad: La velocidad se determina a partir del caudal medido

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Donde:

- Q = Es el caudal medido en el rotámetro
- A = Es el área de la tubería

Factor de Darcy-Weisbach:

El factor de fricción f depende del régimen de flujo (laminar o turbulento). Para ello determine el número de Reynolds definido (ecuación 1)

- Para flujo laminar:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

- Para flujo turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (5)$$

Perdidas por Ecuación de Darcy-Weisbach:

Reemplazar en f , v en: (ecuación 2)

Entonces $hf = [m]$

Convertir esta pérdida a un diferencial de presión se multiplica por el peso específico.

Entonces $\Delta P = hf * \gamma$ [Pa]

Perdidas experimentales:

La pérdida obtenida en mmHg se convierte a diferencial de presión al multiplicarlo por 133.3

Entonces $\Delta P = hf(\text{mmHg}) * 133.3 \text{ [Pa]}$

Análisis de Datos:

Tabule y grafique los datos obtenidos de tal forma que sean comparables, puede guiarse del siguiente ejemplo de comparación de pérdidas en la tubería 1.

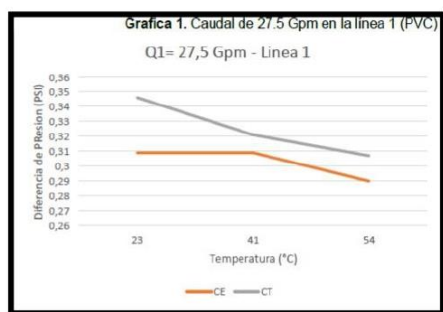


Imagen 2. Grafica de pérdidas. Fuente: Gómez, 2022

6. CONCLUSIONES

- Este tipo de análisis es crucial para la industria, donde la eficiencia en el transporte de fluidos puede traducirse en ahorros significativos de energía y costos operativos. La práctica ha resaltado la necesidad de seleccionar adecuadamente los materiales de las tuberías y de considerar las condiciones operativas para minimizar las pérdidas de energía y mejorar el rendimiento de los sistemas de transporte de fluidos.

En resumen, esta práctica ha proporcionado un valioso entendimiento de los principios de la mecánica de fluidos aplicados a sistemas de tuberías y ha destacado la relevancia de la ecuación de Darcy-Weisbach en la ingeniería moderna. La capacidad de predecir y mitigar las pérdidas de energía es esencial para el desarrollo de sistemas más eficientes y sostenibles en la industria.

7. ANEXOS

Ficha técnica bomba:

<https://www.printfriendly.com/p/g/pZWL92>

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Mataix, C. (2005). Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas - 2b: Edición. Alfaomega Grupo Editor.

Gomez Mendez, J. A., & Rueda Lucuara, J. E. (2022).

Evaluación de la pérdida de energía en un fluido en tuberías de diferente material, usando la ecuación de Darcy-Weisbach, mediante la variación de temperatura y caudal.

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/10529>

ANEXO D

MANUAL TÉCNICO – MÓDULO DE DESGASTE EN BOMBAS

Imagen 27. Manual de desgaste en bombas



CARACTERIZACIÓN DEL DESGASTE EN BOMBAS

Maquinas Hidráulicas, PEM405, Departamento de Ciencias Básicas, Unidades Tecnológicas de Santander.



RESUMEN: Esta guía describe una práctica de laboratorio enfocada en la caracterización del desgaste en bombas centrífugas y periféricas. El objetivo es comparar curvas de altura vs caudal para bombas en condiciones óptimas y bombas con desgaste deliberado en el impulsor, simulando años de operación. Los estudiantes medirán datos de caudal y presión utilizando manómetros y un rotámetro, y construirán curvas características para analizar el impacto del desgaste en el rendimiento de las bombas. La práctica incluye una descripción de equipos y materiales, y el procedimiento detallado para la toma de datos. Los estudiantes deben cebar las bombas, ajustar válvulas, y registrar datos de presión y caudal en diferentes condiciones operativas. Los resultados incluyen la graficación de curvas H vs Q y P vs Q , y el análisis del efecto del desgaste en el rendimiento de las bombas.

Palabras Claves: Sistemas hidráulicos; Bombas centrífugas; Bombas periféricas; Rotámetro; cebado

ABSTRACT: This guide describes a laboratory practice focused on the characterization of wear in centrifugal and peripheral pumps. The objective is to compare head vs. flow rate curves for pumps in optimal conditions and pumps with deliberate wear on the impeller, simulating years of operation. Students will measure flow rate and pressure data using manometers and a rotameter, and construct characteristic curves to analyze the impact of wear on pump performance. The practice includes a description of equipment and materials, and a detailed procedure for data collection. Students must prime the pumps, adjust valves, and record pressure and flow rate data under different operating conditions. The results include plotting H vs. Q and P vs. Q curves, and analyzing the effect of wear on pump performance.

Key Words: Hydraulic systems; Centrifugal pumps; Peripheral pumps; Rotameter; Priming

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de laboratorio tiene como objetivo caracterizar el desgaste en bombas mediante la comparación de curvas de altura vs caudal de dos tipos de bombas: centrífugas y periféricas. Se utiliza un par de bombas de cada tipo, una en condiciones óptimas y la otra con desgaste deliberado en el impulsor para simular el desgaste por años de trabajo. Los estudiantes utilizarán datos de manómetros y medidores de caudal para construir las cuatro curvas y realizar comparaciones entre ellas, extrayendo conclusiones sobre el desgaste y el rendimiento de las bombas.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

• Bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas son dispositivos mecánicos utilizados para aumentar la presión y mover líquidos a través de un sistema de tuberías. Funcionan convirtiendo la energía cinética del líquido en energía de presión a medida que éste es acelerado por un rodete o impulsor giratorio. Este impulsor tiene paletas curvas que giran dentro de una carcasa cerrada, lo que genera un movimiento centrífugo que impulsa el líquido hacia afuera desde el centro del impulsor hacia la periferia



Figura 1. Bomba centrífuga.

• Bombas periféricas.

Las bombas periféricas son un tipo específico de bombas centrífugas que se caracterizan por tener un diseño particular de su impulsor. En una bomba periférica, el impulsor tiene paletas curvas que están situadas más cerca del borde exterior del impulsor en comparación con las bombas centrífugas convencionales. Esto permite que el líquido sea acelerado en una trayectoria circular más corta antes de ser expulsado por la bomba. Esto crea un flujo constante y de alta presión en el sistema de tuberías.



Figura 2. Bomba periférica.

• Válvula de estrangulamiento

Las válvulas de estrangulamiento son dispositivos utilizados para controlar el flujo de líquidos, gases o vapores en un sistema. Funcionan reduciendo la sección transversal disponible para el paso del fluido al girar un volante o actuador, lo que aumenta la resistencia al flujo y, por lo tanto, reduce la cantidad de fluido que puede pasar a través de la válvula

3. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

- Rotámetro, 150 LPM, 40 GPM
- Bombas periféricas, PEDROLLO PKm 60, 0.37 kW/0.50 HP, 110 V, 60 Hz, 5.5 A.
- Bombas centrifugas, PEDROLLO CPm 610, 0.60 KW/0.85 HP, 110 V, 60 Hz, 8 A.
- Manómetros, 60 psi.
- Vacuómetros, -30 mmHg.
- Válvula de estrangulamiento.
- Taque.
- Tablero de control (Figura 3).



Figura 3. Tablero de control.

4. METODOLOGÍA

Recomendaciones.

Antes de iniciar la puesta en marcha del sistema es importante que siga estas instrucciones.

Inspección general.

- Proceda a Verificar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén correctamente realizadas.
- Revise que no haya partes dañadas o faltantes.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia y segura.
- Asegúrese de que el tanque de agua se encuentre lleno.

Inspección eléctrica.

- Asegúrese de que los interruptores de encendido y apagado estén en la posición correcta (Fig. 3).
- Verifique que los dispositivos de seguridad, como los interruptores breaker y las protecciones térmicas, estén funcionando adecuadamente.
- Compruebe que la tensión de alimentación del sistema sea 110 V a 60 Hz

Proceso de puesta en marcha.

Una vez realizadas las verificaciones anteriores, se puede proceder al arranque del sistema ejecutando las siguientes instrucciones.

- Realizar cebado: Se abre la llave de paso ubicada en la ramificación de la tubería de descarga y se llena con agua (Fig. 4). Es importante cerrar luego del cebado para evitar derrames de agua.



Figura 4. Tubería de Cebado.

- Cierre de llaves: El sistema solo funciona una bomba a la vez no se trabajan bombas en simultaneo por esto antes de arrancar una bomba las ramificaciones de la descarga de las otras 3 deben estar cerradas
- Arranque: Accione el pulsador o interruptor de la bomba que le sea indicada por el profesor o tutor. (Verifique que la parada de emergencia no se encuentre activada)
- Toma de datos: una vez el sistema se encuentre en operación proceda a la toma de datos para construcción de las curvas. Para la toma de datos debe seguir estos pasos:

1. Ajuste la apertura parcial de la válvula de asiento.
2. Tome la lectura de caudal correspondiente a esta apertura de la válvula mediante el rotámetro.
3. Anote los datos de presión en los manómetros situados en succión y descarga de la bomba.
4. Reajuste la apertura de la válvula según las indicaciones del instructor. Registre los datos de caudal y presiones.
5. Repita este proceso mínimo doce veces para las bombas centrífugas y seis veces para las periféricas. Tenga en cuenta que los datos de válvula totalmente abierta y totalmente cerrado deben estar incluidos en su medición

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Caracterización de las curvas.

Después de tomar los datos de las cuatro bombas proceda graficarlos.

• Curva h vs Q.

Para graficar datos de altura vs caudal. Antes se debe convertir el diferencial de presión arrojado por la bomba en cada medición a altura.

Si se conoce que:

$$p = \rho * g * h = \gamma * h \quad [1]$$

Donde:

p es presión

g es gravedad

h altura

ρ es densidad

γ es peso específico $\rho * g$

Si se reemplaza la presión por el diferencial de presión entre descarga y succión (Δp) medido.

Entonces:

$$h = \Delta p / \gamma \quad (2)$$

Grafique esta altura junto con el caudal registrado en un plano (eje x caudal, eje y altura) y aproxime la curva característica.

Ejemplo de curva característica del fabricante PEDROLLO.

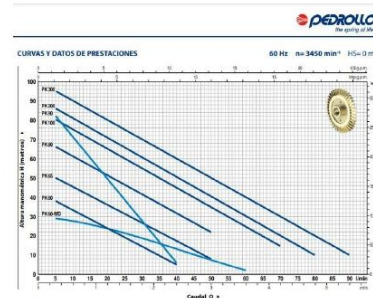


Fig. 5. Curvas H vs Q fabricante PEDROLLO. Fuente: (PEDROLLO, 2024)

- Curva P vs Q
Para graficar la potencia comunicada al fluido (P) vs caudal (Q). Antes se debe convertir los valores de energía en forma de altura a potencia. Utilizando la ecuación (3) se obtienen los valores de potencia.

$$P = \gamma * Q * h \quad [2]$$

Grafique los valores de P obtenidos para los respectivos valores de caudal como en el punto anterior.

Análisis de datos.

Confronte las gráficas obtenidas en los pasos anteriores, de tal forma que pueda analizar el cambio en las condiciones de un tipo de bomba debido al desgaste propio del trabajo

6. CONCLUSIONES

La comparación de curvas de altura vs caudal de bombas centrífugas y periféricas, proporciona una profunda comprensión del efecto del desgaste en el rendimiento hidráulico de las bombas. Se observará que el desgaste en el impulsor afecta significativamente el rendimiento de las bombas, reduciendo la altura y el caudal máximo que pueden alcanzar.

Se puede identificar que el desgaste influye de manera distinta en cada tipo de bomba, lo que sugiere la importancia de considerar el tipo de bomba al seleccionar la bomba de un sistema

7. ANEXOS

- Ficha técnica bomba PEDROLLO CPm 610:
https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/CP%20.37-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf
- Ficha técnica bomba PEDROLLO PKm 60:
https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/PK_ES_60Hz.pdf

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] F. López Peña, Mecánica de fluidos. Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións, 2004.
- [2] A. J. Flores Castillo y N. Taiña Sanchez, «Diseño y construcción de un generador de vapor pirotubular experimental de 10 BHP de potencia, para fines académicos», 2022.

ANEXO E

MANUAL TÉCNICO – MÓDULO, CONEXIÓN DE BOMBAS EN SERIE Y PARALELO

Imagen 28. Manual de bombas en serie y paralelo



CONEXIÓN DE BOMBAS EN SERIE Y PARALELO

Maquinas Hidráulicas, PEM405, Departamento de Ciencias Básicas, Unidades Tecnológicas de Santander.



RESUMEN:

Esta práctica tiene como objetivo investigar el funcionamiento de dos bombas gemelas periféricas conectadas en serie y en paralelo. Se utiliza un módulo de pruebas que permite configurar las bombas mediante la apertura y cierre de tres válvulas.

Se busca comparar las curvas de altura (H) versus caudal (Q) obtenidas experimentalmente con las curvas teóricas deducidas a partir de la información del fabricante. Esto permite identificar discrepancias y analizar factores como altura y caudal en la disponibilidad, pérdidas por fricción, eficiencia hidráulica y condiciones operativas que influyen en el rendimiento del sistema.

Palabras Claves: Sistemas hidráulicos; Bombas periféricas; Rotámetro; Succión positiva.

ABSTRACT: This practice aims to investigate the operation of two twin peripheral pumps connected in series and parallel. A test module is used to configure the pumps by opening and closing three valves.

The goal is to compare the experimentally obtained height (H) versus flow (Q) curves with the theoretical curves deduced from the manufacturer's information. This comparison allows for the identification of discrepancies and the analysis of factors such as height and flow in availability, friction losses, hydraulic efficiency, and operating conditions that influence the system's performance.

Key Words: Hydraulic systems; Peripheral pumps; Rotameter; Positive suction.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento de las bombas en diferentes configuraciones de conexión es fundamental para optimizar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas de bombeo en aplicaciones industriales y de ingeniería. En esta práctica de laboratorio, se investiga el funcionamiento de dos bombas gemelas conectadas en serie y en paralelo. Utilizando un módulo de pruebas que permite configurar las bombas mediante la apertura y cierre de tres llaves de paso, se busca comparar las curvas de altura (H) versus caudal (Q) obtenidas experimentalmente con las curvas teóricas deducidas a partir de la información del fabricante.

Las relaciones teóricas proporcionan una base para evaluar el comportamiento real del sistema bajo condiciones controladas. La comparación entre las curvas teóricas y experimentales permite identificar posibles discrepancias y analizar los factores que influyen en el rendimiento del sistema, tales como pérdidas por fricción, eficiencia hidráulica y condiciones operativas. Por ello se hace importante

que estos factores sean estudiados por un estudiante de ingeniería [1]

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Bombas periféricas: Las bombas periféricas son un tipo específico de bombas centrífugas que se caracterizan por tener un diseño particular de su impulsor. En una bomba periférica, el impulsor tiene paletas curvas que están situadas más cerca del borde exterior del impulsor en comparación con las bombas centrífugas convencionales. Esto permite que el líquido sea acelerado en una trayectoria circular más corta antes de ser expulsado por la bomba. Esto crea un flujo constante y de alta presión en el sistema de tuberías



Figura 1. Bomba periférica EVANS BP1ME050.

Rotámetro: Un rotámetro de tubo es un dispositivo utilizado para medir el flujo de líquidos o gases en un sistema. Consiste en un tubo transparente vertical que contiene una bola flotante o un flotador que se eleva o desciende dentro del tubo según la tasa de flujo del fluido. El flujo del fluido causa una fuerza de arrastre sobre el flotador, lo que equilibra la fuerza de flotación y la gravedad, manteniendo el flotador en una posición específica dentro del tubo.[2]



Figura 2. Rotámetro 6000 l/h.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

- Bombas periféricas, EVANS BP1ME050, 0,5 HP, 110 V, 60 Hz, 4.2 A.
- Válvula de diafragma.
- Taque.
- Rotámetro, 6000 l/h
- Manómetro, 60 psi
- Manómetro 15 psi
- Tablero de control (Figura 3).



Figura 3. Tablero de control.

4. METODOLOGÍA

Recomendaciones:

Antes de iniciar la puesta en marcha del sistema es importante que siga estas instrucciones.

- Proceda a Verificar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén correctamente realizadas.
- Revise que no haya partes dañadas o faltantes.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia y segura.
- Asegúrese de que el tanque de agua se encuentre lleno.
- Asegúrese que la tensión de alimentación del sistema sea 110 V a 60 Hz.

Proceso de puesta en marcha.

Configuración del sistema. El sistema cuenta con 3 llaves de paso que dependiendo de cuales se encuentren cerradas o abiertas el banco trabajara en serie, paralelo y bomba independiente.

- Conexión Bomba independiente: Cuando se desea trabar con una solo bomba, por ejemplo, la bomba dos se debe cerrar la válvula 1 que conecta a la descarga de la bomba uno con la descarga del sistema. Se debe cerrar la válvula 2 que une la descarga de la bomba uno con la succión de la bomba dos. Se abre la válvula 3 que conecta la succión de la bomba dos con el tanque (Figura 5). Si se desea conectar solo la bomba uno se debe se debe abrir la válvula 1 y cerrar las llaves 2 y 3.[3]

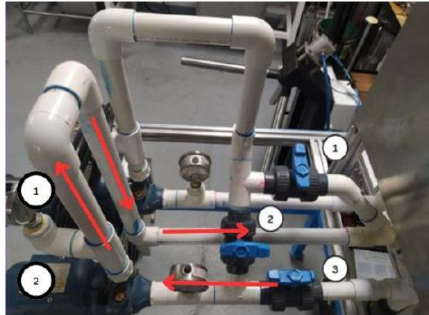


Figura 4. Conexión bomba 2.

- **Conexión de Bombas en Serie:** Cuando se desea trabajar Bombas en serie se debe definir la succión de la Bomba uno como succión primaria la cual siempre está conectada directamente al tanque por ello es el INICIO del recorrido de nuestro sistema. teniendo esto en cuenta se deben cerrar las válvulas 1 y 3 para garantizar una línea de flujo sin bifurcaciones, se debe abrir la válvula 2 para conectar la descarga de 1 con la succión 2. [2]

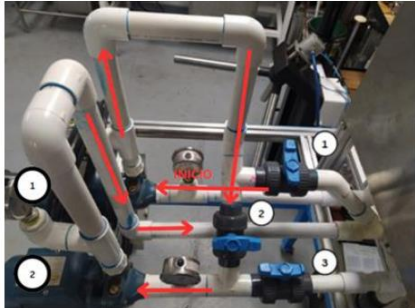


Figura 5. Conexión serie.

- **Conexión de Bombas en paralelo:** Para la conexión de bombas en paralelo las 1 y 3 deben estar abiertas para garantizar que los flujos de descargas se sumen y que la succión dos esté conectada al tanque. La llave 2 debe estar cerrada para que la descarga uno no se mezcle con la succión dos.

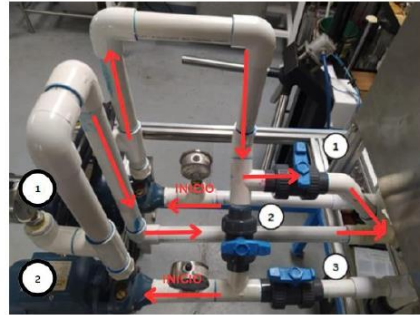


Figura 6. Conexión en paralelo.

Arranque: Accione el pulsador o interruptor de la bomba que sea necesaria para la configuración indicada por el profesor o tutor.

Toma de datos: una vez el sistema se encuentre en operación proceda a la toma de datos para construcción de las curvas. Para la toma de datos debe seguir estos pasos:

1. Ajuste la apertura parcial de la válvula de diafragma.
2. Tome la lectura de caudal correspondiente a esta apertura de la válvula mediante el rotámetro.
3. Anote los datos de presión en los manómetros situados en succión y descarga de la bomba. Tenga en cuenta que para la configuración de Bombas en serie se debe medir el diferencial de presión entre el manómetro situado en la succión de la bomba uno y el manómetro en la descarga de la bomba dos.
4. Reajuste la apertura de la válvula según las indicaciones del instructor. Registre los datos de caudal y presiones.

NOTA: Repita este proceso mínimo ocho veces. Tenga en cuenta que los datos de válvula totalmente abierta y totalmente cerrado deben estar incluidos en su medición siempre y cuando no excedan el rango de presión de los manómetros del banco.[4]

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Caracterización de las curvas:

Después de tomar los datos de las tres configuraciones de bombas proceda graficarlos.

- Curva h vs Q.
Para graficar datos de altura vs caudal. Antes se debe convertir el diferencial de presión arrojado por la bomba en cada medición a altura.
Si se conoce que:

$$\begin{aligned} p &= \rho * g * h \\ \gamma &= g * \rho \\ p &= \gamma * h \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

p es presión

g es gravedad

h altura

ρ es densidad

γ es peso específico $\rho * g$.

Si se reemplaza la presión por el diferencial de presión entre descarga y succión (Δp) medido.

Entonces:

$$h = \frac{\Delta p}{\gamma} \quad (2)$$

Grafique esta altura junto con el caudal registrado en un plano (eje x caudal, eje y altura) y aproxime la curva característica.

Ejemplo de curva característica del fabricante EVANS.

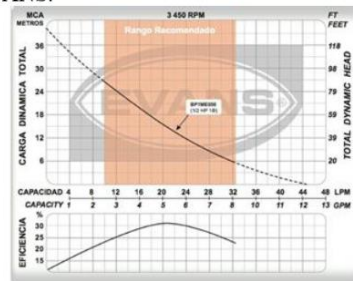


Fig. 7. Curvas H vs Q fabricante EVANS.

Fuente: (EVANS, 2024).[5]

Cálculo de altura y caudales teóricos:

Para deducir la curva H vs Q teóricamente se parte de la curva proporcionada por el fabricante para las bombas empleadas en este banco (Bombas periféricas EVANS BP1ME050). (Figura 7).

- Serie. Para la configuración en serie de estas bombas se toman tal cual los datos de caudal entregados por el fabricante y se duplican los de altura.
- Paralelo. Para la configuración en paralelo de estas bombas se toman tal cual los datos de altura del fabricante y se duplican los de caudal.

6. ANÁLISIS DE DATOS

Confronte las gráficas obtenidas en los pasos anteriores, de tal forma que pueda analizar cada configuración de forma independiente. Usted graficará las curvas en serie teórica y experimental sobre puestas. Repita este proceso para las curvas en paralelo y una sola bomba.

Compare el rendimiento del sistema con el ideal. Responda las siguientes preguntas:

¿Cuál es el comportamiento de un sistema hidráulico con curva plana conectado en serie?

¿Cuál es el comportamiento de un sistema hidráulico con curva plana conectado en paralelo?

¿Cómo se relaciona esto con los resultados obtenidos?

6. CONCLUSIONES.

- La práctica permitió a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en un entorno controlado, desarrollando una comprensión más profunda de los sistemas de bombeo y su comportamiento en diferentes configuraciones, así como mejorando sus habilidades en la interpretación de datos experimentales y en la resolución de problemas técnicos.
- Se sugiere realizar estudios adicionales que incluyan variaciones en la velocidad de las bombas y el uso de diferentes tipos de fluidos para evaluar su impacto en el rendimiento del sistema. Además, se recomienda utilizar instrumentos de medición más precisos para reducir las incertidumbres en los datos experimentales.
- Por motivos de fallos dentro del sistema de alimentación se ha decidido conectar de manera directa las bombas las cuales están presentando fallas mas precisamente en el potenciómetro encargado de regular las Rpm de la bomba buscando la solución al problema de la ineficiencia de la bomba numero 1 respecto a la numero 2 para lo cual se tomó en cuenta las condiciones de operación de cada bomba a nivel individual y se compararon posterior mente con condiciones de operación previas al mantenimiento y a su perdida de eficiencia motivo por el cual se ha tomado la decisión de realizar la alimentación de manera directa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Mataix, «Mecanica de fluidos y maquinas hidraulicas 2da edicion», *Ediciones Castillo SA* *Httpsconver2 Files Wordpress* *Com201211ingenieriaclaudio-Mataix Mec.-- Fluidos--Maquinas-Hidraul. Pdf*, 1986.
- [2] J. D. Vargas-Chávez y M. E. León-Cárdenas, «Desarrollo y caracterización de un prototipo de sistema hidráulico de bomba periférica operando como turbina hidráulica para el aprovechamiento de energía eléctrica», 2022.
- [3] S. Castrillón Barrera, «Caracterización cualitativa de una bomba recíprocante de doble efecto de operación manual», 2023.
- [4] A. D. Gallegos Cuenca y D. R. Toaquiza Curco, «Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo.», 2022.
- [5] L. B. Vásquez Valdez, «Sensibilidad in vitro de *Moniliophthora roreri* hc Evans, aislado de (*Theobroma cacao* L.) a fungicidas comerciales y extractos vegetales», 2024.

8. ANEXOS

- Manual de bomba EVANS BP10M050: https://evans.com.mx/media/manuales/Mp_B_P1ME050_Evans.pdf
- Ficha técnica: <https://www.printfriendly.com/p/g/3Bhpr6>

ANEXO F

MANUAL TÉCNICO – MÓDULO DE CARACTERIZACIÓN H vs Q, CON VELOCIDAD ANGULAR

Imagen 29. Manual del módulo de velocidad angular



CARACTERIZACIÓN DE CURVAS H VS Q EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Maquinas Hidráulicas, PEM405, Departamento de Ciencias Básicas, Unidades Tecnológicas de Santander.



RESUMEN: Esta práctica de laboratorio tiene como objetivo caracterizar la curva de altura (h) versus caudal (q) de una bomba centrífuga, variando la velocidad angular mediante un variador de frecuencia. La altura se determina midiendo el diferencial de presión entre la succión y la descarga de la bomba, mientras que el caudal se registra modificando la apertura de la válvula de descarga. Los datos experimentales obtenidos se comparan con los valores teóricos para evaluar el rendimiento de la bomba en diferentes condiciones de operación.

Palabras Claves: Sistemas hidráulicos; Bombas centrífugas; cebado; Variador de Frecuencia; Caudalímetro.

ABSTRACT:

This laboratory practice aims to characterize the head (h) versus flow rate (q) curve of a centrifugal pump by varying the angular velocity using a frequency inverter. The head is determined by measuring the pressure differential between the suction and discharge of the pump, while the flow rate is recorded by adjusting the discharge valve opening. The experimental data obtained are compared with theoretical values to evaluate the pump's performance under different operating conditions.

Keywords: Hydraulic systems; Centrifugal pumps; Priming; Frequency converter; Flowmeter.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de laboratorio se enfoca en la representación de la curva característica de una bomba centrífuga a través del análisis de su comportamiento bajo diferentes velocidades angulares. Este análisis es crucial para entender cómo la velocidad de rotación, controlada por un variador de frecuencia, influye en el flujo volumétrico y la altura generada por la bomba. La bomba PEDROLLO modelo CP 620 será sometida a pruebas, utilizando un medidor de flujo Siemens FM MAG6000 y un transmisor de presión WIKA modelo UPT-20 2x, para determinar el flujo y la altura entregadas por la bomba a diferentes velocidades de giro. Los resultados experimentales se graficarán y se compararán con los valores teóricos, que serán determinados a partir de la aplicación de las leyes de afinidad a la curva original de la bomba que será igual a la determinada por el banco a 60 Hz. Comparar el comportamiento de estas curvas proporcionará una visión completa del rendimiento de la bomba bajo diversas condiciones operativas.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

• Bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas son dispositivos mecánicos utilizados para aumentar la presión y mover líquidos a través de un sistema de tuberías. Funcionan convirtiendo la energía cinética del líquido en energía de presión a medida que éste es acelerado por un rodete o impulsor giratorio. Este impulsor tiene paletas curvas que giran dentro de una carcasa cerrada, lo que genera un movimiento centrífugo que impulsa el líquido hacia afuera desde el centro del impulsor hacia la periferia.



Figura 1. Bomba centrífuga.

• Variador de frecuencia.

Un variador de frecuencia (VFD, por sus siglas en inglés: Variable Frequency Drive) es un dispositivo electrónico que permite controlar la velocidad y el par de un motor de corriente alterna (AC) al variar la frecuencia y el voltaje suministrado al motor. Este control preciso de la velocidad y el par es fundamental para optimizar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas motorizados en diversas aplicaciones industriales. Este se deberá dejar a una frecuencia de 60 HZ.



Figura 2. Variador de frecuencia.

- **Medidor de revoluciones por minuto.**

Un medidor de revoluciones por minuto (RPM) es un dispositivo que se utiliza para medir la velocidad de rotación de un objeto, generalmente un eje o un motor. La medición se expresa en revoluciones por minuto (RPM), que indica el número de veces que el objeto gira alrededor de su eje en un minuto.



Figura 3. Medidor de RPM.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

- Bombas centrifugas, PEDROLLO CP 620, 0.75 kW/1 HP, 220 V, 60 Hz, 4.2 A. altura máxima 34 m altura mínima 21 m.
- Vacuómetros, -30 mmHg.
- Válvula de diafragma.
- Taque.
- Tablero de control (Figura 3).
- Transmisor de presión WIKA UPT-20 2x. DC 12 ... 36 V
- Transmisor de flujo siemens FM MAG6000. 110/220 V. 50/60 Hz.
- Variador de frecuencia Danfoss FC 51.



Figura 4. Tablero de control.

4. METODOLOGÍA

Recomendaciones.

Antes de iniciar la puesta en marcha del sistema es importante que siga estas instrucciones.

Inspección general.

- Proceda a Verificar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén correctamente realizadas.
- Revise que no haya partes dañadas o faltantes.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia y segura.
- Asegúrese de que el tanque de agua se encuentre lleno.

Inspección eléctrica.

- Asegúrese de que los interruptores de encendido y apagado estén en la posición correcta (Fig. 3).
- Verifique que los dispositivos de seguridad, como los interruptores breaker y las protecciones térmicas, estén funcionando adecuadamente.

- Compruebe que la tensión de alimentación del sistema sea 220 V-3ø a 60 Hz

Proceso de puesta en marcha.

Una vez realizadas las verificaciones anteriores, se puede proceder al arranque del sistema ejecutando las siguientes instrucciones.

- Realizar cebado: Se abre la llave de paso ubicada en la ramificación de la tubería de descarga y se llena con agua. Es importante cerrar luego del cebado para evitar derrames de agua.
- Arranque: Accione las 2 moletillas y luego el pulsador START de la bomba (Verifique que la parada de emergencia no se encuentre activada)
- Toma de datos: una vez el sistema se encuentre en operación proceda a la toma de datos para construcción de las curvas. Para la toma de datos debe seguir estos pasos:
 1. Ajuste el potenciómetro al máximo lo que corresponde a 60 Hz y anote la velocidad mostrada por el tablero control.
 2. Ajuste la apertura parcial de la válvula de asiento al máximo.
 3. Tome la lectura de caudal correspondiente a esta apertura de la válvula mediante el caudalímetro SIEMENS.
 4. Anote los datos de presión en el transmisor WIKA y el vacuómetro de la succión.
 5. Reajuste la apertura de la válvula según las indicaciones del instructor. Registre los datos de caudal y presiones.
 6. Repita este proceso mínimo ocho veces. Tenga en cuenta que los datos de válvula totalmente abierta y totalmente cerrado deben estar incluidos en su medición
 7. Reajuste la velocidad de giro con el potenciómetro y registre esta velocidad. Repita los pasos anteriores a esta nueva velocidad.

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Caracterización de las curvas.

Después de tomar los datos de las cuatro bombas proceda graficarlos.

- Curva h vs Q.

Para graficar datos de altura vs caudal. Antes se debe convertir el diferencial de presión arrojado por la bomba en cada medición a altura.

Si se conoce que:

$$p = \rho * g * h$$

$$\gamma = g * \rho$$

$$p = \gamma * h \quad [1]$$

Donde:

p es presión

g es gravedad

h altura

ρ es densidad

γ es peso específico $\rho * g$.

Si se reemplaza la presión por el diferencial de presión entre descarga y succión (Δp) medido. Entonces:

$$h = \frac{\Delta p}{\gamma} \quad [2]$$

Grafique esta altura junto con el caudal registrado en un plano (eje x caudal, eje y altura) y aproxime la curva característica.

Ejemplo de curva característica del fabricante PEDROLLO.

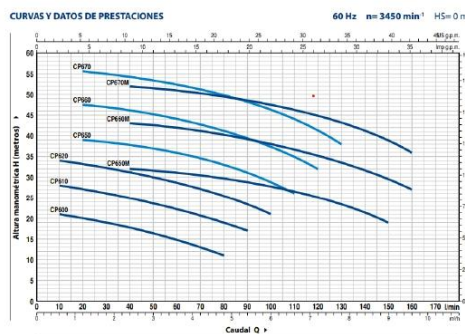


Fig. 5. Curvas H vs Q fabricante PEDROLLO. Fuente. (PEDROLLO, 2024)

Cálculo de altura y caudales teóricos.

Para hallar estos datos se parte de los resultados de la Primera prueba a los cuales le aplicamos las leyes de afinidad de la siguiente forma:

Para los datos de caudal se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{n_A}{n_B} \quad [2]$$

- Q_A corresponde al valor teórico de caudal leído a 60 Hz (perilla del potenciómetro al máximo).
- n_A corresponde al valor teórico de velocidad leído en la Prueba a 60 Hz.
- n_B corresponde a la velocidad obtenida en las otras pruebas realizadas.
- Q_B corresponde al valor teórico de caudal que deseamos hallar.

Para los datos de altura se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{H_A}{H_B} = \left[\frac{n_A}{n_B} \right]^2 \quad [2]$$

- H_A corresponde al valor teórico de altura calculado a 60 Hz (perilla del potenciómetro al máximo).
- n_A corresponde al valor teórico de velocidad leído en la Prueba a 60 Hz.
- n_B corresponde a la velocidad obtenida en las otras pruebas realizadas.
- H_B corresponde al valor teórico de caudal que deseamos hallar

Grafique esta altura junto con el caudal registrado en un plano (eje x caudal, eje y altura).[2]

Análisis de datos.

Confronte las gráficas obtenidas en los pasos anteriores, de tal forma que pueda analizar en una sola grafica todas las curvas tanto las teóricas como las experimentales, grafique por separado las gráficas teóricas y experimentales a una velocidad determinada. Concluya

6. CONCLUSIONES

- Los variadores de frecuencia son herramientas esenciales en sistemas hidráulicos, ya que proporcionan un control preciso de la velocidad y el par de las bombas. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce el desgaste mecánico y los costos de energía que representa la mayor parte de costo de vida de un sistema hidráulico.
- La velocidad angular es un factor crítico que afecta directamente la curva característica de una bomba centrífuga. El uso de un variador de frecuencia permite ajustar esta velocidad, lo que facilita el control del flujo y la altura generada por la bomba, optimizando su rendimiento para diversas aplicaciones.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Mataix, «Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas 2da edición», *Ediciones Castillo SA*
Httpsconver2 Files Wordpress
Com201211ingenieriaclaudio-Mataix Mec.--
Fluidos--Maquinas-Hidraul. Pdf, 1986.
- [2] J. de J. Alvarado Jiménez, «DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA BOMBAS ELECTRICAS Y REPRESENTACION DE PARAMETROS Y VARIABLES EN EXCEL», 2013.
- [3] S. Castrillón Barrera, «Caracterización cualitativa de una bomba reciprocante de doble efecto de operación manual», 2023.

8. ANEXOS

- Ficha técnica bomba PEDROLLO 620:
https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/CP%200.37-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf
- Ficha técnica Transmisor de flujo siemens FM MAG6000:
https://www.gavasa.com/wpcontent/uploads/2021/04/Siemens_MAG-5000-MAG-6000.pdf
- Ficha técnica variador de frecuencia Danfoss FC 51:
https://assets.danfoss.com/documents/243126/A_M447245614445es-000101.pdf
- Manual transmisor de presión WIKA UPT-20 2x. DC 12 ... 36 V.:
https://www.wika.co/upload/OI_UPT_2x_fr_es_87463.pdf
- Ficha técnica transmisor de presión WIKA UPT-20 2x. DC 12 ... 36 V.:
https://www.wika.co/upload/DS_PE8605_es_es_90475.pdf

ANEXO G

MANUAL TÉCNICO – MÓDULO DE TRANSMISORES DE FLUJO VOLUMETRICO

Imagen 30. Manual del módulo de análisis de flujo volumétrico



ANÁLISIS DE FLUJO VOLUMETRICO MEDIANTE INSTRUMENTOS DIGITALES Y ANALOGOS

*Maquinas Hidráulicas, PEM405, Departamento de Ciencias Básicas, Unidades
Tecnológicas de Santander.*

RESUMEN:

Esta guía pretende realizar el análisis de medidores de caudal al evaluar y comparar el desempeño de instrumentos digitales y análogos para medir el flujo volumétrico en diversas aplicaciones industriales. El banco cuenta con medidores electromagnéticos, de flujo de área variable y análogos cada uno con sus ventajas y limitaciones. Este análisis considera el desempeño de cada medidor en diferentes condiciones de operación (Frecuencia de operación) y compara los resultados de los instrumentos digitales y análogos para determinar cuál es el más preciso respecto al medidor patrón. En resumen, este análisis es esencial para garantizar mediciones precisas y confiables, de cara a la utilización de estos equipos de medida en la industria.

Palabras Claves: Sistemas hidráulicos; Bombas centrifugas; cebado; Variador de Frecuencia; Caudalímetro.

ABSTRACT:

This guide aims to analyze flow meters by evaluating and comparing the performance of digital and analog instruments for measuring volumetric flow in various industrial applications. The bench is equipped with electromagnetic meters, variable area flow meters, and analog meters, each with their own advantages and limitations. This analysis considers the performance of each meter under different operating conditions (operating frequency) and compares the results of the digital and analog instruments to determine which is the most accurate compared to the standard meter. In summary, this analysis is essential for ensuring accurate and reliable measurements when using these measurement devices in the industry

Key Words: Hydraulic systems; Flow meters; Volumetric Flow; Accuracy

1. INTRODUCCION

Esta práctica de laboratorio tiene como propósito realizar una investigación experimental para analizar diferentes tipos de medidores de caudal, como el Tubo Venturi, la placa de orificio, contador de caudal FILL RITE, rotámetro de área variable. evaluando su rendimiento en diversas condiciones de operación (cambio de frecuencia). Para ello, se efectuarán pruebas en este banco que cuenta con cada uno de estos elementos y un medidor Patrón Siemens MAG6000.

La práctica comparará medidores digitales y análogos para determinar cuál es más preciso y confiable respecto al equipo patrón. La realización de esta investigación experimental proporcionará resultados precisos y confiables sobre el desempeño tipo de cada de medidor, ayudando a seleccionar el más adecuado para identificar las limitaciones y ventajas de cada medidor.[1]

2. FUNDAMENTO TEORICO

• Transmisor de caudal.

Un transmisor de caudal es un dispositivo que mide el caudal volumétrico de un fluido y envía una señal eléctrica proporcional al caudal medido. Para calcular el caudal.

A partir de la señal eléctrica del transmisor se utiliza una ecuación de calibración específica para cada tipo de transmisor y medición. $Q = k * S$ Q es el caudal volumétrico K es una constante de calibración específica del transmisor, y S es la señal eléctrica medida en unidades de corriente



Figura 1. Medidor de caudal siemens MAG6000.

• Tubo Venturi:

Un tubo Venturi es un dispositivo utilizado para medir la velocidad del flujo de un fluido dentro de una tubería y para crear una caída de presión que puede ser utilizada para diversas aplicaciones. El tubo Venturi opera basándose en el principio de Bernoulli, que describe la relación entre la velocidad y la presión de un fluido en movimiento.



Figura 2. Tubo Venturi.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

- Bombas centrifugas, PEDROLLO CP 620, 0.75 kW/1 HP, 220V -3ø, 60 Hz, 4.2 A. altura máxima 34 m altura mínima 21 m.
- Caudalímetro, TRUCK, FTCL-15D15A4P- 2UP8X-H1141.



Figura 3. Rotámetro TRUCK.

- Caudalímetro, siemens MAG6000.
- Contador de volumen, FILL-RITE.
- Tubo Venturi.
- Placa de orificio
- Manómetro en U
- Tanque
- Cronometro.



Figura 4. Tablero de control.

4. METODOLOGIA

Recomendaciones.

Antes de iniciar la puesta en marcha del sistema es importante que siga estas instrucciones.

Inspección general.

- Proceda a Verificar que todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén correctamente realizadas.
- Revise que no haya partes dañadas o faltantes.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia y segura.
- Asegúrese de que el tanque de agua se encuentre lleno.
- Inspección eléctrica.
- Asegúrese de que los interruptores de encendido y apagado estén en la posición correcta (Fig. 3).
- Verifique que los dispositivos de seguridad, como los interruptores breaker y las protecciones térmicas, estén funcionando adecuadamente.

- Compruebe que la tensión de alimentación del sistema sea 220 V-3ø 60 Hz
- Compruebe que la tensión independiente de alimentación sea 110V 60Hz [2]

Proceso de puesta en marcha.

Una vez realizadas las verificaciones anteriores, se puede proceder al arranque del sistema ejecutando las siguientes instrucciones

Arranque:

- Accione el pulsador START/STOP.
- Accione el pulsador señal del variador.
- Accione la muetilla de 2 posiciones.

Toma de datos:

- a) Ajuste una frecuencia de operación con la perilla del potenciómetro. (Tenga en cuenta que el punto de operación de la placa de orificio debe ser menor a 50 Hz).
- b) Tome las medidas de caudal.
 - Para tubo Venturi y placa de orificio diferencial de altura en mmHg.
 - Para el contador de caudal FILL-RITE litros.
- c) Repita los pasos anteriores las veces que le sea indicado por el profesor.
- d) Apague el sistema con la muletilla de dos posiciones.
- e) Cierre la llave de paso de este equipo y abra la del siguiente medidor a evaluar.
- f) Repita de los pasos de A - E hasta terminar.

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Cálculo de caudales:

SIEMENS y TRUCK: Para el rotámetro digital TRUCK y el caudalímetro Siemens la onotar la lectura de caudal tal y como es arrojada en l/s para siemens y G/min para TRUCK.

FILL-RITE: este elemento censa la cantidad de fluido que pasa en litros. Por ello para conocer el caudal es necesario cronometrar el tiempo que este trabajando y dividir el volumen en la unidad de tiempo.

Tubo Venturi: las salidas del tubo Venturi deben estar conectadas al manómetro en U la diferencia de alturas se traducen en un diferencial de presión

$$\Delta P = mmHg * 133.3 [Pa] [1]$$

A partir de esta diferencia de presión se puede aplicar la fórmula de caudal para tubo Venturi.

$$Q = \left(\frac{Ad}{AD} \right) * \sqrt{2 * \frac{\Delta P}{\rho}} [2]$$

Donde:

- Q es caudal
- Ad es área de baja presión: 0,000506 m²
- AD es área de alta presión: 0.002021 m²
- ΔP diferencial de presión
- ρ densidad del agua.

Placa de orificio: para la placa de orificio utilizaremos el diferencial de altura en el manómetro convertido a diferencial de presión con la ecuación (2).

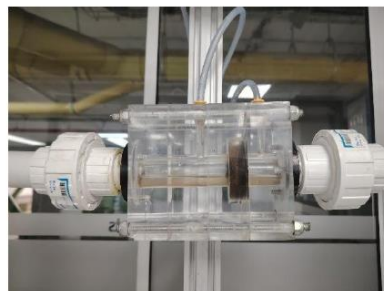


Figura 5. Placa de orificio.

El caudal se hallará con la siguiente ecuación.

$$Q = C * A_o * \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}} [3]$$

Donde:

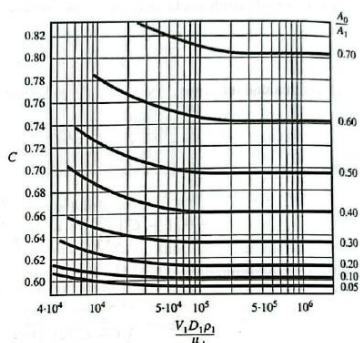
- Q es caudal.
- C es el coeficiente descarga de la placa de orificio.
- A_o es área de la superficie de orificio en m².
- ΔP diferencial de presión.
- ρ densidad del fluido.

Realice las mediciones y cálculos de caudal para diferentes frecuencias de operación.

Nota: Para calcular en CD se hace uso de la Grafica 1 para identificar el valor mediante su intercepción dentro de los valores de los ejes para los cuales nuestra abscisa es el valor del número de Reynolds, la ordenada es el CD y mediante la curva dada por la relación entre A0 Y A1 donde:

A0 = área de la placa orificio

A1 = área de la tubería



Grafica 1. Orificio VDI y coeficientes de Descarga

Arrojando como resultado un **CD de 0.65**, con base a la Grafica 1 y relación a las variables anteriormente mencionadas. Recordar que este será el CD que se va a implementar de ahora en adelante, para todas las practicas realizadas con la Placa Orificio de este módulo.

6. ANALISIS DE DATOS

Confronte los valores de caudal de cada elemento a la misma frecuencia. Grafique los valores de caudal vs frecuencia y determine que elemento es más preciso respecto al equipo patrón.

7. CONCLUSIONES

La investigación y comparación de diferentes tipos de medidores de caudal es esencial para garantizar mediciones precisas y confiables en aplicaciones industriales. Cada medidor, ya sea digital o análogo, presenta ventajas y limitaciones específicas en términos de precisión, rango de medición, costo y requisitos de instalación. Al realizar pruebas experimentales en un entorno controlado, se puede evaluar el rendimiento de medidores como el Tubo Venturi, la placa de orificio y dispositivos digitales diversas condiciones de operación.

8. REFERENCIAS

- [1] I. Borrella, C. Mataix, y R. Carrasco-Gallego, «Smallholder farmers in the speciality coffee industry: opportunities, constraints and the businesses that are making it possible», IDS Bull., vol. 46, n.o 3, pp. 29-44, 2015.
- [2] R. L. Mott, J. A. Untener, J. E. M. Murrieta, y R. H. Cárdenas, «Mecánica de fluidos», 2006.
- [3] C. Mataix, «Mecanica de fluidos y maquinas hidraulicas 2da edicion», Ediciones Castillo SA Httpsconver2 Files Wordpress Com201211ingenieriaclaudio-Mataix Mec.--Fluidos--Maquinas-Hidraul. Pdf, 1986.

9. ANEXOS

☐ Ficha técnica bomba PEDROLLO CP 620: https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/CP%200.37-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf

☐ Ficha técnica rotámetro TRUCK: https://www.turck.de/datasheet/es/edb_6870_043_esl_es.pdf

☐ Instrucciones de servicio medidor de caudal MAG6000:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/673/45345673/att_81585/v1/MAG5100_OI_Es_es-ES.pdf

ANEXO H

Tabla 6. Ficha de Mantenimiento – Módulo de caracterización de desgaste en bombas



FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA						 Ingeniería Electromecánica		
Nombre: Módulo de Caracterización del Desgaste en Bombas			Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas		Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran			
COMPONENTES PRINCIPALES								
Electrobombas			Instrumentos de medición		Otros componentes			
2 Bombas Centrífugas (PEDROLLO CPM 610, 0.85 HP, 110 V, 60 Hz, 8A) Rodamientos 6201 Ambos 2 bombas periféricas (PEDROLLO PKM 60, 0.50 HP, 110 V, 60 Hz, 5.5 A) Rodamientos 6201 Ambos			4 manómetros (60 psi) 4 vacuómetros (-30inHg) rotámetro (150 LPM, 40 GPM)		1 1. Válvula de estrangulamiento 2. Tanque de agua 3. Tablero de control y sus componentes 4. Tuberías y conexiones			
CARACTERISTICAS TECNICAS						FUNCIONAMIENTO		
Rango de Caudal (GPM)	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje	Corriente	Este equipo permite realizar pruebas de rendimiento en bombas centrífugas y periféricas, incluyendo la medición de caudal, presión y la construcción de curvas características (altura vs. caudal y potencia vs. caudal).			
Bomba 1:	7.98	32 PSI - 22.5 Mts	-1.74 -2.9	126				5.3 - 5.2
Bomba 2:	7.98	57 PSI - 40 Mts	-0.29 -2.9	127				5.4 - 5.4
Bomba 3:	21.92	30 PSI - 21.1 Mts	-1.45 -9.5	126				10.2 - 8.8
Bomba 4:	23.24	41 PSI - 28.8 Mts	-1.16 -9.5	125				11.4 - 9.8
MANTENIMIENTO						ACTIVIDADES		
Periodicidad:	Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año				Inspeccion Visual		✓	
PRECAUCIONES						Verificación de conexiones eléctricas		✓
- Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.) - No operar las bombas en seco - Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo - Seguir las instrucciones del manual de usuario						Verificación de Partes Mecánicas		✓
						Limpieza de bombas y componentes		✓
						Reemplazo de partes desgastadas		✓
						Calibración de instrumentos de medición		✓
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS								
Las 4 Electrobombas por el poco uso que se les da, tienden a pegarse su respectivo sello al eje del inducido, ocasionando que no arranquen. Por lo que se sugiere se enciendan mas seguido y en caso de estar "pegadas", a través del ventilador se giren manualmente hasta despegarlas y trabajen de manera correcta. El vacuometro de la Electrobomba numero 4 se encontraba sin funcionar debido a suciedad acumulada en la entrada del mismo, falla corregida. Se revisaron y corrigieron fugas en la tubería. Se realizo mantenimiento preventivo tanto a las electrobombas como a las partes electricas e infraestructura del modulo y sus respectivos instrumentos de medición Tubería con fisuras y fugas, por lo que se corrigieron. Rodamientos en buen estado.								
Elaborado Por: Sebastian Angarita - Stiven Lozada								
Fecha de Mantenimiento: 26/02/25								

ANEXO I

Tabla 7. Ficha de Mantenimiento – Módulo de bombas en serie y paralelo



FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA							
Nombre: Modulo de Bombas en Serie y Paralelo			Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas		Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran		
COMPONENTES PRINCIPALES							
Electrobombas			Instrumentos de medición		Otros componentes		
1. Bombas perifericas, EVANS BP1ME050, 0.5 HP, 110V, 60 Hz, 4.2 A. 2. Bombas perifericas, EVANS BP1ME050, 0.5 HP, 110V, 60 Hz, 4.2 A.			1. Rotametro, 6000 L/H 2. Manometro, 60 PSI 3. Manometro 15 PSI		1. Valvula de diafragma 2. Tanque 3. Tablero de control		
CARACTERISTICAS TECNICAS					FUNCIONAMIENTO		
Rango de Caudal	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje	Corriente	Este modulo permite el funcionamiento de bombas gemelas perifericas las cuales se puede configurar en serie, en paralelo y de manera independiente la bomba 2, su configuracion depende de la apertura y cierre de 3 válvulas. Y el objetivo de este es el de comparar las curvas de altura (H) versus caudal (Q) obtenidas experimentalmente con las curvas teoricas deducidas a partir de la informacion del fabricante. Esto permite identificar discrepancias y analizar factores como altura y caudal en la disponibilidad, pérdidas por fricción, eficiencia hidráulica y condiciones operativas que influyen en el rendimiento del sistema.		
Bomba 1:	27 - 30 LPM	20 - 25 PSI	NA	124 V			1.8 - 2.24 Amp
Bomba 2:	40 - 44 LPM	40 - 50 PSI	NA	124 V			1.8 - 4.11 Amp
Bomba 3:	NA	NA	NA	NA			NA
Bomba 4:	NA	NA	NA	NA			NA
MANTENIMIENTO					ACTIVIDADES		
Periodicidad:	Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año				Inspeccion Visual	✓	
PRECAUCIONES - Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.) - No operar las bombas en seco - Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo - Seguir las instrucciones del manual de usuario					Verificación de conexiones eléctricas	✓	
					Verificación de Partes Mecanicas	✓	
					Limpieza de bombas y componentes	✓	
					Reemplazo de partes desgastadas	✓	
					Calibración de instrumentos de medición	✓	
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS							
Durante el mantenimiento se corrigieron algunas fugas en los manómetros y en la tubería, se recomienda todos los semestres aplicarle "soldadura de PVC" a toda la tubería para evitar fugas en el sistema Se les realizo mantenimiento preventivo a ambas electrobombas, se les aplico dielectrico y se encuentran en buen estado electrico incluyendo sus respectivos condensadores, los rodamientos de ambas bombas aun tienen vida útil y mecanicamente aun estan en buen estado. Por orden del Ing. Miguel Duran se configuro el sistema electrico de las bombas para que quedaran directas (Por medio de los pulsadores), inhabilitando los circuitos electronicos de variacion de velocidad a traves del voltaje. Las diferencias en las medidas de corriente se deben a que la bomba 1 no tiene la misma carga dinamica que la bomba 2 por lo que investigando se llego a la conclusion de que el caudal y la corriente se ven directamente afectadas por las conexiones de la tubería. Se recomienda ser cuidados al momento de las practicas y hacer la toma de datos de las practicas lo mas rapido posible.							
Elaborado Por: Sebastian Angarita - Stiven Lozada							
Fecha de Mantenimiento: 6/05/2025							

ANEXO J

Tabla 8. Ficha de Mantenimiento – Módulo de medidores de flujo volumétrico



FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA			
Nombre: Módulo de Medidores de Flujo Volumetrico (Caudal)		Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas	Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran
COMPONENTES PRINCIPALES			
Electrobombas	Instrumentos de medición	Otros componentes	
Bombas centrifugas, PEDROLLO CP 620, 0.75 kW/1 HP, 220V -3ø, 60 Hz, 4.2 A. altura máxima 34 m altura mínima 21 m	1. Caudalímetro, TRUCK, FTCl 2. Caudalímetro, siemens MAG6000 3. Contador de volumen, FILL-RITE 820 4. Tubo Venturi 5. Placa Orificio 6. Manometro en U	1. Tanque 2. Tablero de control 3. Manometro de descarga en Gliserina	
CARACTERISTICAS TECNICAS		FUNCIONAMIENTO	
Rango de Caudal	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje
Bomba 1: 75 - 82 LPM	35 - 42 PSI	NA	220 V - 3F
Bomba 2: NA	NA	NA	3.0 - 3.5 Amp
Bomba 3: NA	NA	NA	NA
Bomba 4: NA	NA	NA	NA
El banco cuenta con medidores electromagnéticos, de flujo de área variable y análogos cada uno con sus ventajas y limitaciones. Este análisis considera el desempeño de cada medidor en diferentes condiciones de operación (Frecuencia de operación) y compara los resultados de los instrumentos digitales y análogos para determinar cuál es el más preciso respecto al medidor patrón. En resumen, este análisis es esencial para garantizar mediciones precisas y confiables, de cara a la utilización de estos equipos de medida en la industria.			
MANTENIMIENTO		ACTIVIDADES	
Periodicidad:	Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año	Inspeccion Visual	✓
PRECAUCIONES		Verificación de conexiones eléctricas	✓
- Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.)		Verificación de Partes Mecánicas	✓
- No operar las bombas en seco		Limpieza de bombas y componentes	✓
- Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo		Reemplazo de partes desgastadas	✓
- Seguir las instrucciones del manual de usuario		Calibración de instrumentos de medición	✓
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS			
Manometro de descarga no estaba operativo, Se cambio por otro y quedo funcional El Caudalímetro digital FILL RITE 820 presentaba fugas por oring mal ubicado, se corrigio y quedo en optimas condiciones. Electrobomba presentaba ruidos en el impulsor, al realizar mantenimiento se encuentra mucho oxido en la misma y mucho mugre en el impulsor, se le aplica dielectrico al bobinado y se deja en optimas condiciones En la tubería de descarga se cambio la llave de bola por una valvula de compuerta solicitada por el Ing. Duran para tener mas precision al momento de Bypasear el sistema cuando durante la practica sea necesario. Se realizo mantenimiento preventivo al tablero de control y durante este se encontro que la bomba despues de un par de minutos a pleno funcionamiento reduce su velocidad, esto debido ha que el variador de frecuencia al que esta conectada la bomba se encuentra subdimensionado en cuanto a la corriente nominal de operacion, el variador trabaja con una corriente nominal de 3.5 Amp, mientras que la bomba tiene una corriente maxima nominal de 4.2 Amp. Para el siguiente semestre del año 2025, se planea cambiar el variador por uno con mas amperaje nominal, puesto que este defecto no permite el funcionamiento optimo del modulo para las practicas requeridas. Ademas se investigo y calculo matematicamente el CD (0.65) adecuado para el buen funcionamiento de la placa orificio, aunque no esta completamente bien diseñada, matematicamente cumple su cometido para las practicas en la academia.			
Elaborado Por: Sebastian Angarita - Stiven Lozada			
Fecha de Mantenimiento: 26/03/25			

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023

ANEXO K

Tabla 9. Ficha de Mantenimiento – Módulo de Perdidas en Tubería

FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA			
Nombre: Modulo de Perdidas en Tuberia		Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas	
Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran			
COMPONENTES PRINCIPALES			
Electrobombas	Instrumentos de medición		Otros componentes
Bomba Centrífuga, EVANS PEP 05A16L, 220V, 60HZ	1. Termometro 2. Vacuometro 3. Manometro 4. manometro en U		1. Tanque 2. Tomas de Presion (2 Por segmento de tubería)
CARACTERISTICAS TECNICAS			FUNCIONAMIENTO
Rango de Caudal	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje
Bomba 1: 90 - 100 LPM	35 - 40 PSI	-2.5 -5 InHg	220 V
Bomba 2: NA	NA	NA	NA
Bomba 3: NA	NA	NA	NA
Bomba 4: NA	NA	NA	NA
Este modulo permite analizar cómo el caudal y la temperatura afectan la pérdida de energía en diferentes tipos de materiales de tuberías. La metodología se basa en la utilización de un banco de pruebas para medir presiones en tuberías de distintos materiales. La Practica realizada en este modulo es fundamental para comprender las pérdidas de energía en sistemas de transporte de fluidos, lo cual es crucial para grandes empresas del sector industrial que requieren transportar fluidos a través de largas distancias.			Op = 5.7 CI = 4.4 A
MANTENIMIENTO			ACTIVIDADES
Periodicidad: Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año			Inspeccion Visual
PRECAUCIONES			Verificación de conexiones eléctricas
- Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.) - No operar las bombas en seco - Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo - Seguir las instrucciones del manual de usuario			Verificación de Partes Mecánicas
			Limpieza de bombas y componentes
			Reemplazo de partes desgastadas
			Calibración de instrumentos de medición
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS			
El modulo presentaba demasiadas fugas en la tubería, se corrigieron El vacuometro ubicado en la tubería de succion se encontraba tapado, se corrigio Se desmonto la Electrobomba y se le realizo el debido mantenimiento electrico y mecanico, su estado electrico es optimo. Sin embargo se recomienda cambiar los rodamientos para el segundo semestre del año Presentaba fallas simples de corregir que no permitian su correcto funcionamiento o al menos no una toma de datos adecuada. Se realizaron mantenimientos a las valvulas de las tomas de presion, tenian fuga. La electrobomba presentaba fuga en la tapa de la bomba debido a que el oring estaba deteriorado practicamente roto, se cambio por uno nuevo y se corrigieron fugas			
Elaborado Por: Sebastian Angarita - Stiven Lozada			
Fecha de Mantenimiento: 28/03/25			

ANEXO L

Tabla 10. Ficha de Mantenimiento – Módulo de caracterización de H vs Q en función de la velocidad angular de la bomba



FICHA TECNICA - MODULOS DE PRACTICA								
Nombre: Modulo H vs Q con base en la Velocidad Angular			Ubicación: Lab. de Maquinas Hidraulicas		Responsable: Ing. Miguel Arlenzo Duran			
COMPONENTES PRINCIPALES								
Electrobombas			Instrumentos de medición			Otros componentes		
Bomba Centrífuga, PEDROLLO CP 620, 1 HP, 220 V, 60 Hz, 4.2A. Altura maxima 34 metros - Altura minima 21 metros - Rodamientos 6203 (Ambos)			1. Vacuómetros, -30mmHg 2. Transmisor de presión WIKA UPT-20 2x. DC 12-24 3. Transmisor de flujo siemens FM MAG6000. 110/220 V, 50/60 Hz			1. Variador de frecuencia Danfoss FC 51 2. Valvula de Diafragma 3. Medidor de revoluciones		
CARACTERISTICAS TECNICAS						FUNCIONAMIENTO		
Rango de Caudal	Rango de Presion Max	Vacuometro (PSI)	Voltaje	Corriente	El modulo de Caracterizacion de Curvas H vs Q en Funcion de la Velocidad Angular permite analizar como la velocidad de rotación afecta el rendimiento de la bomba, proporcionando una vision completa de su comportamiento bajo diversas condiciones operativas.			
Bomba 1:	8 GPM - 30 LPM	40 PSI - 28.1 Mts	-0.14 -2.03 PSI	220 - 3F				4.0 Amp
Bomba 2:	NA	NA	NA	NA				NA
Bomba 3:	NA	NA	NA	NA				NA
Bomba 4:	NA	NA	NA	NA				NA
MANTENIMIENTO						ACTIVIDADES		
Periodicidad:	Se recomienda realizar el mantenimiento 1 vez por semestre - 2 veces al año				Inspeccion Visual		✓	
PRECAUCIONES						Verificación de conexiones eléctricas		✓
- Utilizar equipo de protección personal adecuado (gafas de seguridad, bata, guantes etc.) - No operar las bombas en seco - Verificar conexiones eléctricas antes de encender el equipo - Seguir las instrucciones del manual de usuario						Verificación de Partes Mecánicas		✓
						Limpieza de bombas y componentes		✓
						Reemplazo de partes desgastadas		✓
						Calibración de instrumentos de medición		✓
OBSERVACIONES GENERALES Y EN CASO DE FALLAS								
Vacuometro no indicaba valores de presion, se encontraba tapado por teflon (Tener presente). Durante el armado de la Electrobomba no se tuvo presente la distancia entre el sensor de velocidad y el ventilador por lo que se partieron algunas aletas. Se reparo temporalmente (A tener en cuenta) Se calibro el transmisor de presion de 0 a 50 PSI Se corrigio una fuga a la salida del Transmisor de Flujo. Ademas de calibrarlo y establecer sus unidades de medicion en GPM, tal como lo solicito el Ingeniero Miguel Duran Electrobomba en buen estado electricamente, se le aplico dielectrico. Se realizo limpieza a la tubería y ademas se recorto un pedazo de tubería en la seccion de descarga para poder visualizar el fluido de descarga y comparar el caudal registrado en el transmisor con el trasegado, esto debido a que el caudal maximo de la bomba se esta viendo limitado, se recomienda hacer seguimiento. La corriente nominal es de 4.2 Amperios por placa y estableciendo a 60Hz el variador se encuentra registrando una corriente de trabajo maxima de 4.0 Amp. Se recomienda establecer el variador a 60 Hz y no a mas de esto para cuidar la vida util del modulo. Se recomienda por orden del Ingeniero Miguel Duran Reestructurar las posiciones del trasmisor de presion y de flujo puesto que las practicas se estan viendo afectadas por la mala toma de datos, debido a la incorrecta ubicacion de los instrumentos de medición.								
Elaborado Por: Sebastian Angarita - Stiven Lozada								
Fecha de Mantenimiento: 04/03/2025								

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: octubre de 2023