

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TRABAJO PROFESIONAL
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

QUE PRESENTA:

RAMÓN NICOLÁS VÁZQUEZ DÍAZ

CON EL TEMA:

**“MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS DE PRÁCTICAS DE
FLUÍDOS”**

MEDIANTE

OPCION X
(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

OCTUBRE 2012



INDICE

1. Introducción	5
2. Justificación	6
3. Objetivos	6
3.1 Objetivos generales	6
3.2 Objetivos específicos	6
4. Caracterización del área de trabajo	7
4.1 Datos de la empresa	8
5. Problemas a resolver	9
6. Alcances y limitaciones	10
7. Fundamento teórico	11
7.1 Antecedentes del Mantenimiento	11
7.2 Definición	11
7.2.1 Objetivos del mantenimiento	12
7.2.2 Principios Generales de la Organización del Mantenimiento	12
7.3 Tipos de mantenimiento	12
7.3.1 Mantenimiento Correctivo	13
7.3.2 Mantenimiento Preventivo	14
7.4 Mantenimiento Predictivo y por Condición	15
7.5 Control del Mantenimiento Preventivo	16
7.6 Cuantificación del personal de mantenimiento	17
7.7 Definición de Formatos de Registros	17
8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	19
8.1 Banco de bombas Crode	19
8.1.1 Descripción del equipo	19
8.1.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo	22
8.1.3 Resultados de las pruebas realizadas al Banco de bombas Crode	23
8.1.4 Mantenimiento correctivo al Banco de bombas Crode	24



8.1.5 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo.....	26
8.2 Banco de Turbinas.....	27
8.2.1 Descripción del equipo	27
8.2.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo	29
8.2.3 Resultados de las pruebas realizadas al Banco de turbinas.....	32
8.2.4 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo.....	32
8.3 Analizador de vibraciones IRD	33
8.3.1 Descripción del equipo	33
8.3.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo	34
8.3.3 Resultados de las pruebas realizadas al analizador de vibraciones IRD	35
8.3.4 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo.....	35
8.4 Canal variable.....	36
8.4.1 Descripción del equipo	36
8.4.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo	37
8.4 Resultados de las pruebas realizadas al canal variable	38
8.5 Tablero para fricción en tuberías.....	39
8.5.1 Descripción del equipo	39
8.5.2 Procedimiento para la preparación del funcionamiento del equipo	40
8.5.3 Resultados de las pruebas realizadas Tablero para fricción en tuberías	41
8.5.4 Mantenimiento correctivo al Tablero de fricción en tuberías.....	41
8.6 Banco de bombas BFG.....	43
8.6.1 Descripción del equipo	43
8.2.3 Mantenimiento al Banco de bombas BFG.....	45
8.7 Orden de mantenimiento Banco de bombas BFG	46



8.8 Orden de mantenimiento Tablero de pérdidas por fricción.....	47
9. Resultados.....	48
10. Conclusiones y recomendaciones	49
11. Referencias bibliográficas y virtuales	50
12. Anexos.....	51



1. Introducción

Se le denomina memoria de residencia profesional a aquella actividad realizada en las empresas o instituciones mediante la elaboración de un proyecto a fines a una especialidad, en la cual el alumno egresado tiene como objetivo dar solución a un problema real en el campo laboral, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en el aula.

La realización del siguiente proyecto de residencia tuvo como principal objetivo el dar mantenimiento a equipos del laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Un buen mantenimiento depende, no solo de un funcionamiento eficiente de las instalaciones, sino que además, es preciso optimizar su aplicación para conseguir los principales objetivos como son el de reducir costos de operación y disponer de un mayor tiempo posible en funcionamiento de las maquinas en las mejores condiciones de seguridad y eficiencia. Las estrategias convencionales de “reparar la falla cuando se produzca la avería” no son las adecuadas, debido a que la empresa es perjudicada grandemente en cuanto a su economía y esto se debe principalmente a que el tiempo de paro de la maquina se ve reflejado en una disminución de producción.

Pero el mantenimiento también está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento que ha tenido un desarrollo importante en las últimas décadas por su gran aplicación que representa la necesidad de ir eliminando al mantenimiento correctivo que tanto le cuesta a la industria.



2. Justificación

El buen desempeño de un trabajador en la industria depende muchos factores, como serian las instalaciones, el equipo necesario, el funcionamiento correcto de los equipos con los que trabaja, etc. Del mismo modo es con los estudiantes de una carrera profesional, en el que cuenten con un laboratorio de equipos para desarrollar las aptitudes necesarias y así obtener un mejor desenvolvimiento en el medio laboral.

Por las razones antes mencionadas y para dar un servicio de calidad a los alumnos de la carrera de ingeniería Mecánica; esta proyecto tuvo como principal objetivo de dar mantenimiento preventivo y/o correctivo a los equipos de prácticas de fluidos, que se encuentran en el laboratorio de la carrera de ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

3. Objetivos

3.1 Objetivos generales

El objetivo de este proyecto fue el Mantenimiento a los equipos de prácticas de fluidos que se encuentran en el laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Reducción de los costos de mantenimiento y una mayor calidad en los servicios prestados hacia con los estudiantes.
- ✓ Incrementar la vida útil de los equipos y maquinaria, además de un mayor rendimiento.
- ✓ Obtener una mayor confiabilidad de los equipos.
- ✓ Incrementar la seguridad de las condiciones de trabajo, eliminando las condiciones de inseguridad en las maquinas y equipos.



4. Caracterización del área de trabajo

La residencia se llevo a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica.



Figura 4.1 El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicado en la carretera Panamericana Km 1080. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas México.



Figura 4.2 Laboratorio de Ingeniería Mecánica



4.1 Datos de la empresa

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación. Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG). El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas. En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales. En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química. En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica. En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado. En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región. A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.



Misión

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores

- El ser humano
- El espíritu de servicio
- El liderazgo
- El trabajo en equipo
- La calidad
- El alto desempeño

5. Problemas a resolver

El mantenimiento a los equipos de prácticas de flujo de fluidos es el principal problema a resolver, pero surgieron unos problemas más específicos los cuales son:

- 1) Sistema de Alimentación de fluido (agua) al equipo de banco de bombas "Crode", el banco de bombas BFG y el equipo denominado canal variable para que no exista la necesidad de estar llenando el tanque de estos equipos con cubetas.
- 2) Conocer la capacidad de una bomba-motor para el banco de perdidas sin que este afecte las capacidades del equipo.
- 3) Sistema de alimentación eléctrica así como la reubicación correcta al banco de turbinas.
- 4) Verificación correcta de cada de uno de los equipos para prácticas de fluidos para determinar el tipo de mantenimiento que se le aplicara al equipo.



6. Alcances y limitaciones

El alcance que tiene este proyecto se ve reflejado en la calidad y en la mejora de la educación que se pueda ofrecer a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica. Este beneficio se alcanzara gracias a que ya se podrá contar con más herramientas para el desarrollo integral de los estudiantes y porque no decir también de los propios docentes que al realizar prácticas de laboratorio con equipos en buen estado tendrán un mayor acercamiento con los estudiantes de los diferentes semestres de la carrera.

Una de las limitaciones con las que nos encontramos en este proyecto fue cuando el equipo requirió de mantenimiento correctivo, el problema radica en la parte donde se necesito tener un manual del funcionamiento del sistema del equipo, por citar un ejemplo: El banco de bombas de la Crode, su funcionamiento correcto está limitado por un desperfecto en la visualización de un display del tablero; para poder reconocer el desperfecto de manera más eficaz se necesita de un dibujo de los circuitos que integran la parte electrónica, para ello se necesito comunicarse con la empresa en donde se adquirió al equipo, esto nos limito a esperar las respuestas que nos pueda enviar la empresa y por lo tanto el tiempo de trabajo con el equipo se ve reducido. El resultado de esta limitante se menciona en el punto No 9 del proyecto.

Otra limitante de esta residencia fueron los recursos necesarios para adquirir los materiales o las piezas que son necesarias para darle mantenimiento o simplemente para poner a funcionar el equipo. Un caso fue el banco de bombas BFG que necesita al menos 80L de aceite SAE-10w para su funcionamiento, pero su costo es demasiado elevado. Al igual que la limitante anterior los resultados se muestran en el punto No 9.



7. Fundamento teórico

7.1 Antecedentes del Mantenimiento

El concepto de mantenimiento organizado viene de la Revolución Industrial, en Inglaterra, a finales del siglo XVII. Este se conserva por años de manera simplista y empírica, interviniendo en los equipos, sólo al presentarse la falla. La segunda guerra mundial altera significativamente esta situación al introducir las complejidades tecnológicas y las escalas de producción, que obligan a optimizar el funcionamiento de los equipos militares y sus piezas.

Desde hace ya más de 50 años, el mantenimiento ha dejado de ser un conjunto de actividades empíricas, para convertirse en pilares de la productividad de todas las empresas, basado en consideraciones científicas y empleando técnicas de administración moderna, análisis estadístico, confiabilidad e incluso la informática.

Esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados (perdidas de producción, deficiencia en la calidad, etc.) y por ello las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de mantenimiento.

7.2 Definición

El mantenimiento es el trabajo emprendido para cuidar y restaurar hasta un nivel económico compatible o una norma aceptable, todos y cada uno de los medios de producción existentes; tales como: terrenos, edificios y los equipos e instalaciones contenidos en ellos. No solo involucra aspectos de ingeniería, sino que también abarca aspectos económicos, organizacionales y otros que son realmente materia de gerencia empresarial, para así poder determinar hasta qué punto se prestara el mantenimiento a los medios de producción existentes.

En los últimos años se ha comenzado a brindar mayor importancia a la planificación del mantenimiento de las instalaciones y equipos, con el propósito de garantizar su confiabilidad operacional y de mantener los niveles de producción de acuerdo con los requerimientos de cada empresa.



7.2.1 Objetivos del mantenimiento

- Reducir los costos de operación
- Optimizar la disponibilidad de los equipos e instalaciones para la producción.
- Incrementar la vida útil de los equipos e instalaciones de las empresas.
- Maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles para la función de mantenimiento.
- Mejorar la seguridad de las operaciones de la planta, trayendo consigo el bienestar de los trabajadores.

7.2.2 Principios Generales de la Organización del Mantenimiento

- Unidad de mando.
- Cada subordinado debe saber quién es su jefe.
- Cada jefe debe saber quiénes son sus subordinados.
- Todas de las funciones deben estar bien definidas.
- La jefatura de mantenimiento debe hacer provisiones específicas en todas las actividades.
- Amplitud de control.
- Limitaciones de personal
- Limitaciones de distancia en supervisiones.
- Limitaciones del escalón jerárquico.
- Homogeneidad en las tareas.

7.3 Tipos de mantenimiento

El mantenimiento puede dividirse en dos amplias categorías: el mantenimiento planeado y el mantenimiento no planeado. El mantenimiento planeado implica, en primer lugar, que todos los recursos necesarios para realizar las tareas que han sido planificadas previamente, estén disponibles, y en segundo lugar, que el trabajo se llevará acabo de acuerdo con un programa establecido.



El mantenimiento no planeado puede tener disponible un conjunto de instrucciones normales o puede tener a la mano los trabajadores y piezas necesarias, pero no cumple con los criterios de planeación previa.

La subdivisión más específica del mantenimiento es:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

7.3.1 Mantenimiento Correctivo

Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. Se clasifica en planificado y no planificado.

❖ No planificado

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

❖ Planificado

Se sabe con anticipación qué es lo que se debe hacer, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, refacciones y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente. Al igual que en el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, y los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro.



Ventajas del mantenimiento correctivo

- Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

Desventajas del mantenimiento correctivo

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
- Se puede producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

7.3.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo permite planear y ejecutar las actividades necesarias para conservar las máquinas y los equipos en buen estado de operación, así como para incrementar su tiempo de disponibilidad, también evita que estos fallen prematuramente y que tengan averías severas.

El mantenimiento preventivo puede estar basado en las condiciones o en datos históricos de fallas del equipo. Consta de dos categorías; la primera categoría se basa en datos históricos del equipo. La segunda categoría se basa en el funcionamiento y las condiciones del equipo.



En la administración del mantenimiento preventivo se puede considerar los siguientes aspectos:

❖ **Planeación del mantenimiento preventivo**

La planeación del mantenimiento preventivo tiene como finalidad determinar los aspectos siguientes:

- La maquinaria y el equipo que van a estar sujetos al mantenimiento preventivo.
- Las actividades que les va a proporcionar a dicha maquinaria y equipo.
- Los elementos principales que se deben considerar en cada máquina o equipo.
- Con que frecuencia se les va a proporcionar el mantenimiento preventivo.

❖ **Implementación del mantenimiento preventivo**

Para la implementación del mantenimiento preventivo en las instalaciones de la empresa se requiere el convencimiento de los dirigentes y para lograr dicho fin es necesario considerar los aspectos siguientes:

- La necesidad de ampliar el mantenimiento preventivo en la instalación de la empresa.
- Los beneficios que se obtendrían con la ampliación del mantenimiento preventivo.
- El tiempo que se necesita para implantar el mantenimiento preventivo.

❖ **Programación del mantenimiento preventivo**

La programación del mantenimiento preventivo consiste en concentrar la información obtenida de la planeación realizada en los documentos formatos destinados para tal fin. Los cuales se suelen emplear a su vez, como fuente emisor del trabajo a realizar y como elemento para controlar el mantenimiento preventivo suministrado a la máquina y/o el equipo considerado.

7.4 Mantenimiento Predictivo y por Condición

Es el que plantea seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través del análisis de síntomas, o estimación hecha por la evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.



El mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad o la forma sistemática de cómo preservar el rendimiento requerido basándose en las características físicas, la forma como se utiliza, especialmente de cómo puede fallar y evaluando sus consecuencias para así aplicar las tareas adecuadas de mantenimiento (preventivas o correctivas).

Su principal función es detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción. Está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos. También es conocido como mantenimiento predictivo, preventivo indirecto o mantenimiento por condición.

7.5 Control del Mantenimiento Preventivo

El control de este tipo de mantenimiento abarca dos aspectos generales conocidos como:

- ❖ Control de las actividades programadas
- ❖ Control de las actividades realizadas

El mantenimiento preventivo clásico prevé fallas a través de sus cuatro aéreas básicas.

- Limpieza: Las máquinas limpias son más fáciles de mantener, operan mejor y reducen la contaminación. La limpieza constituye la actividad más sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas.
- Inspección: Se realizan para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y equipo. El personal de mantenimiento deberá reconocer la importancia de una inspección objetiva para determinar las condiciones del equipo. con las informaciones obtenidas por medio de las inspecciones, se toman las decisiones a fin de llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.
- Lubricación: Un lubricante es toda sustancia que al ser introducida entre dos partes móviles, reduce el frotamiento, calentamiento y desgaste, debido a la formación de una capa resbalante entre ellas. La lubricación es la acción realizada por el lubricante.

Aunque esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante, la ubicación física y geográfica del equipo y maquinaria puede alterar las recomendaciones.



7.6 Cuantificación del personal de mantenimiento

Es tal vez el procedimiento más importante dentro del sistema de información del mantenimiento, pues de él se obtienen los datos necesarios para saber cuánto y qué tipo de personal satisface las necesidades de la empresa. Semana a semana se van acumulando los tiempos para cada tipo de frecuencia y cada tipo de actividad de mantenimiento según lo programado, para luego obtener:

- Tiempo total semanal por tipo de frecuencia de mantenimiento.
- Tiempo total semanal por tipo de actividad de mantenimiento.
- Tiempo total semanal por tipo de frecuencia para cada equipo o para cada proceso.
- Tiempo total semanal pro tipo de actividad de mantenimiento para cada equipo o para cada proceso.
- Tiempo total anual por tipo de frecuencia de mantenimiento.
- Tiempo total anual por tipo de actividad de mantenimiento.
- Tiempo total anual de ejecución de programas de mantenimiento por equipo, por subsistema o por un proceso.

7.7 Definición de Formatos de Registros

❖ Carta maquina

Describe una serie de datos necesarios para llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo y son las siguientes:

- *Descripción:* Nombre del equipo o máquina.
- *Numero de control:* Clave asignada por el departamento de mantenimiento para llevar un control adecuado durante el mantenimiento de cada equipo o maquinaria.
- *Localización:* Área donde se encuentra operando la máquina o equipo.
- *Modelo/Tipo:* Se describen los datos especificados por el fabricante mediante la placa característica.
- *Fabricante:* Es el encargado de fabricar el equipo o maquinaria y sus especificaciones se obtienen en la placa característica.
- *Proveedor:* Es el intermediario o distribuidor entre el fabricante y el consumidor y sus datos se obtienen de la factura de compra.



❖ Carta mantenimiento

Este es el formato donde se obtienen las recomendaciones del mantenimiento adecuado que se le dará al equipo o maquinaria durante su tiempo de vida o de operación y se describe las actividades que se realizarán en cada equipo de cada área, el tipo de trabajo que se efectuará (mecánico, eléctrico u otra) las herramientas y lubricantes que se utilizarán durante el mantenimiento (especificados por el fabricante o dictados por la experiencia misma), la frecuencia con la que se le tiene que dar éste (diario, quincenal, mensual, semestral, etc.) y esto dará como consecuencia una mejor operación durante el servicio y aumentará su rendimiento y calidad así como la vida útil de las máquinas o equipos utilizados para esta operación.

❖ Solicitud del mantenimiento

El formato de solicitud de mantenimiento contiene lo siguiente:

- *Solicitante:* Es la persona encargada del departamento de mantenimiento y servicio.
- *Fecha y hora de emisión:* Es la fecha y la hora en que se está solicitando el mantenimiento.
- *Máquina o equipo:* Nombre de la máquina o equipo al que se le dará mantenimiento.
- *Número de control:* Clave asignada por el departamento de mantenimiento para la localización rápida en caso de que existan máquinas semejantes.
- *Servicio requerido:* Es la especificación del trabajo que se debe aplicar.
- *Descripción:* Se especifica los presuntos indicios de falla que este presentando la máquina, y la forma como este operando.

❖ Orden de trabajo

El formato de orden de trabajo contiene lo siguiente:

- *Requerimiento del mantenimiento:* Normal, urgente o extra urgente.
- *Indicación de fecha y hora en la que se gira la orden de trabajo.*
- *Trabajador:* Nombre de la persona encargada para realizar el mantenimiento.
- *Firma del Supervisor que gira la orden.*
- *Costo estimado:* Se valora un presupuesto para el mantenimiento por la falla presentada.



8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.1 BANCO DE BOMBAS CRODE

El Banco de bombas Crode es uno de los equipos para realizar prácticas de las materias relacionadas con los fluidos incompresibles, primeramente se realizara la descripción del equipo para se tenga un conocimiento preciso de las partes a las que se le dio mantenimiento.

8.1.1 Descripción del equipo

El banco para pruebas de bombas, es un equipo didáctico, pensado para el desarrollo de experimentos, por parte de estudiantes de asignaturas como hidráulica y maquinas hidráulicas, permitiendo mediante la observación, una mejor comprensión de los conceptos aprendidos en el aula y ofreciendo una vía para que los estudiantes obtengas sus propias conclusiones, acerca del desempeño de las bombas de liquido.

El banco para pruebas de bombas tiene cinco elementos fundamentales que son:

A. Tres bombas centrifugas:

- Bomba centrifuga 1 tipo voluta (1)
- Bomba centrifuga 2 tipo voluta (2)
- Bomba centrifuga tipo turbina (3)

B. Dos bombas de desplazamiento positivo:

- Bomba rotatoria de engranes (4)
- Bomba reciprocante de pistón(5)

Las bombas son movidas por un par de motores de $\frac{3}{4}$ de HP (6 y 7), cuya velocidad puede variarse a voluntad, hasta un máximo de 1800 R.P.M. Estos motores se acoplan a las bombas mediante poleas y bandas dentadas que garantizan una relación de velocidad fija. Mecanismos tensores (8 y 9) de accionamiento rápido que facilitan el cambio y ajuste de tensión de las bandas.



Las bombas: centrífuga 2, de turbina, de engranes y pistones disponen de válvulas de succión (10) colocadas en la parte frontal del aparato en el múltiple de succión general.

Las bombas de turbina, engranes y pistones disponen de válvulas de alivio (12) así como de válvulas en la descarga (13). Las válvulas de alivio descargan al depósito de aforo a través de las líneas de alivio (14).

La succión de la bomba centrífuga 1 puede ser directamente del depósito de alimentación (16) o de la descarga de la bomba centrífuga 2. Esto con el propósito de poder trabajar estas dos bombas de forma independiente, en serie o en paralelo. Para lograr estos arreglos se dispone de:

- Una válvula para operación en serie (17).
- Una válvula de succión desde el depósito a la bomba centrífuga 1 (18).
- Dos válvulas de descarga (19) una para cada bomba centrífuga.

El depósito de aforo (20) está dividido en dos secciones de aforo. Cada sección de aforo cuenta con una válvula de drenado (21 y 22) y de una mirilla de nivel (23) que sube a lo largo de la escala para la lectura (24).

Se provee la instrumentación necesaria, para conocer las etapas de transformación de energía y las correspondientes eficiencias: amperímetro (25) y voltímetro (26), indican la potencia eléctrica que demanda el motor, torquímetros (27) y tacómetros (28) señalan la potencia mecánica entregada a las bombas y mediante manómetros de succión (35 y 36) y descarga (37) así como los tanques de aforo se determina la potencia hidráulica que entregan las bombas.

La instrumentación antes citada se encuentra convenientemente localizada en un panel (30) en el cual, se representa en un diagrama, la relación entre los sensores e instrumentos, para una más fácil comprensión de los estudiantes. En la parte lateral inferior derecha del gabinete se encuentra el interruptor general (29). Bajo el panel, se tiene una superficie de trabajo (31). El interruptor de emergencia (32) se encuentra en la lámina frontal inferior del gabinete (33).

El panel forma parte del gabinete (33) que aloja los instrumentos y que cuenta con sus propias puertas de servicio. En la parte lateral inferior derecha se encuentra localizado el receptáculo de alimentación general.

El equipo cuenta con un manómetro de succión general (36) que es intercambiable, que dispone de una conexión rápida que puede ser posicionada en las tomas de presión que se localizan en cada bomba en su succión. La excepción es la bomba centrífuga 1 que dispone de su propio manómetro de succión (35). Cada bomba dispone de un manómetro de descarga.

El área de motores y bombas está protegida con guardas y el acceso es a través de puertas las cuales deberán estar cerradas para que los motores funcionen.

El torque es censado a través de celdas de carga (38) localizadas bajo las bases de los motores. El tacómetro cuenta con sensores ópticos dirigidos a un disco reflector montado sobre la flecha de cada motor.

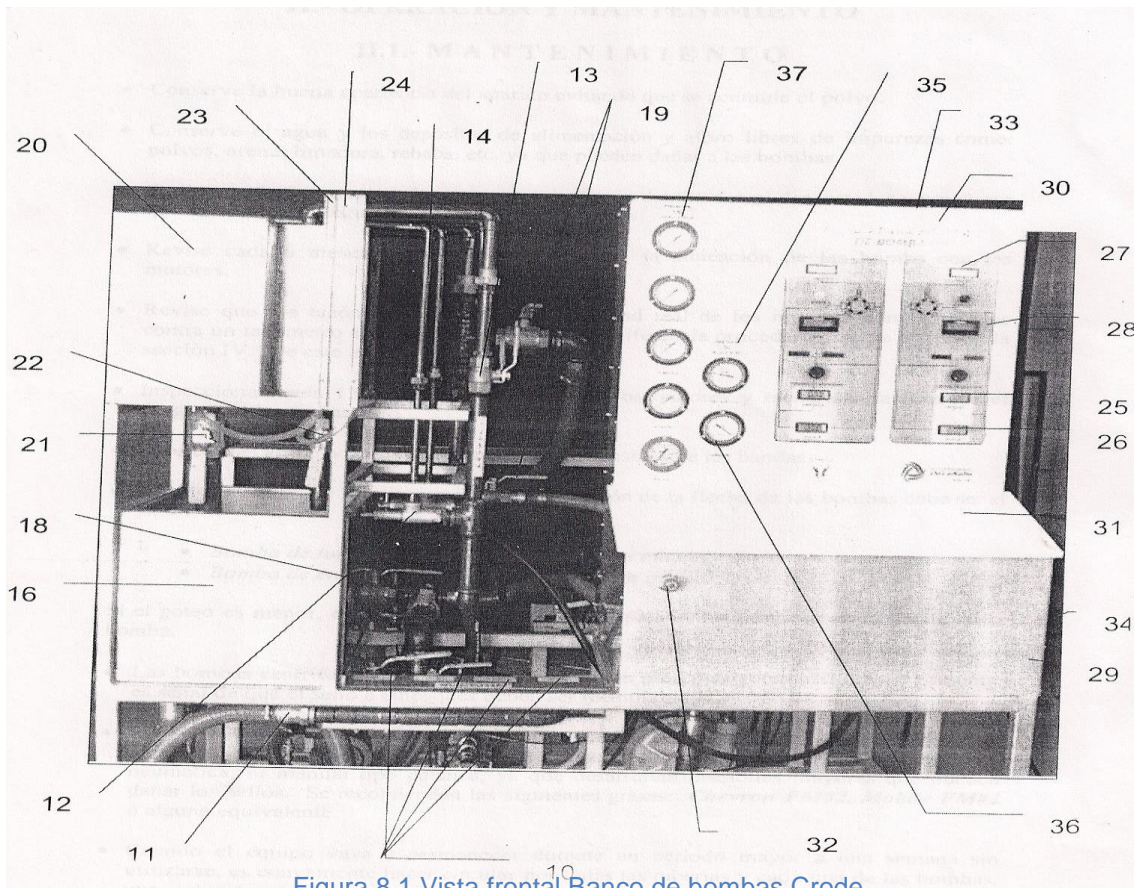


Figura 8.1 Vista frontal Banco de bombas Crode

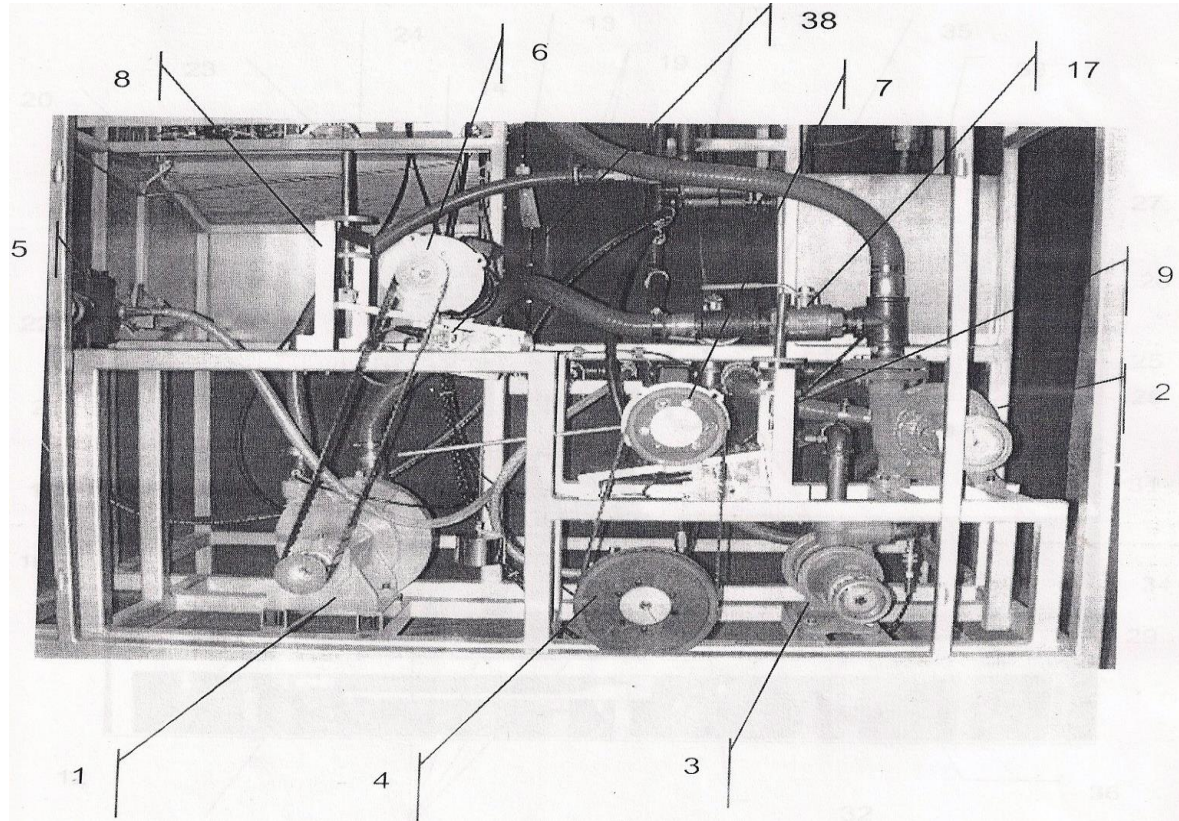


Figura 8.1.2 Vista posterior Banco de bombas Crode

8.1.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo

Con el fin de revisar el correcto funcionamiento del equipo y de detectar algún posible fallo en alguno de sus componentes, el banco de bombas se puso en marcha y se realizaron las pruebas según como lo establece la guía de prácticas que se muestra en el anexo A de la siguiente manera:

1. Se seleccionó la bomba de acuerdo al experimento correspondiente.
2. Se abrió la válvula de succión y descarga de la bomba utilizada.
3. La conexión rápida del manómetro de succión general (36) fue colocada en la toma de presión de la succión de la bomba seleccionada. (la bomba centrífuga 1 dispone de su propio manómetro de succión conectado permanentemente).



4. La banda dentada fue ajustada entre la bomba escogida y su motor. La base del motor tiene un mecanismo tensor que permite ajustar la banda girando las tuercas de apriete manual del mismo, a lo largo del tornillo sinfín. Una vez que se tuvo la tensión adecuada se apretaron ambas tuercas para fijar la base en esa posición. Al colocar las bandas, se cuidó de no tensionar demasiado, ya que una tensión excesiva puede ocasionar sobre carga en los rodamientos, las flechas de los motores y de las bombas. La tensión adecuada es la que evita que la banda oscile demasiado durante su trabajo. Un desplazamiento de aproximadamente $\frac{1}{2}$ pulgada al aplicar una ligera presión con el dedo sobre la banda, puede indicar la tensión correcta.
5. Se cerraron las puertas de acceso a las bombas y los motores.
6. El interruptor del motor se puso en la posición de “apagado”.
7. Se abrió totalmente la válvula de descarga de la bomba seleccionada.
8. El control de velocidad del motor tuvo que ajustarse en mínimo.
9. Se cerraron los interruptores: general y el del motor.
10. Se ajustó a cero el torquímetro correspondiente, girando la perilla adyacente a este indicador. (el motor no debe estar girando).
11. Se comenzó a girar la perilla de control de velocidad del motor para establecer el flujo de agua.
12. Una vez que se estableció el flujo, el aparato queda listo para realizar el experimento.
13. Después de utilizar el aparato se abrieron los interruptores del motor y el general.
14. Quedaron abiertas todas las válvulas de descarga y del depósito de aforo.

8.1.3 Resultados de las pruebas realizadas al Banco de bombas Crode

Al término de la última prueba que se le realizó al Banco de bombas Crode que concluyó después de haber probado todas las bombas en un total de cinco, se encontraron las siguientes fallas en el equipo:

- ❖ No se visualiza los valores en el display del torquímetro
- ❖ No se visualiza los valores en el display en el tacómetro
- ❖ El manómetro de descarga de la bomba tipo turbina no marcó cambios de presión
- ❖ El manómetro de descarga de la bomba recíproca de pistón marcó un valor muy bajo en el cambio de presión aun en valores grandes de revolución del motor.

8.1.4 Mantenimiento correctivo al Banco de bombas Crode

Detectado cuales son los problemas que el equipo presenta, se procedió a realizar las correspondientes reparaciones para ello se necesitaron desmontar algunas partes y verificar si lo que necesitaba era solo limpieza, lubricación y reacomodo de las piezas o quizás solo un cambio de alguna de estas partes.

- **Mantenimiento al display del torquímetro y del tacómetro**

Para realizar este mantenimiento correctivo se procedió a abrir la parte posterior del panel (30) del equipo y revisar que los circuitos estuvieran en su posición correcta. Para esta actividad se necesito del siguiente equipo:

- a) Un destornillador tipo cruz
- b) Un destornillador plano
- c) Multímetro
- d) Cautín
- e) Pasta para soldar y estaño

El display del tacómetro funciona con unas baterías que se alojan en la parte posterior del mismo; para corregir el desperfecto en el tacómetro primeramente se checo que la batería estuviera con carga útil, al ver si tenía carga útil entonces se utilizo el multímetro para comprobar que tuviera continuidad sus terminales, pero al no tener continuidad se procedió a destornillar sus conexiones y conectarlas en otras terminales para que existiera el paso de corriente, entonces fue así como el problema con la visualización de dígitos en este display fue corregido.

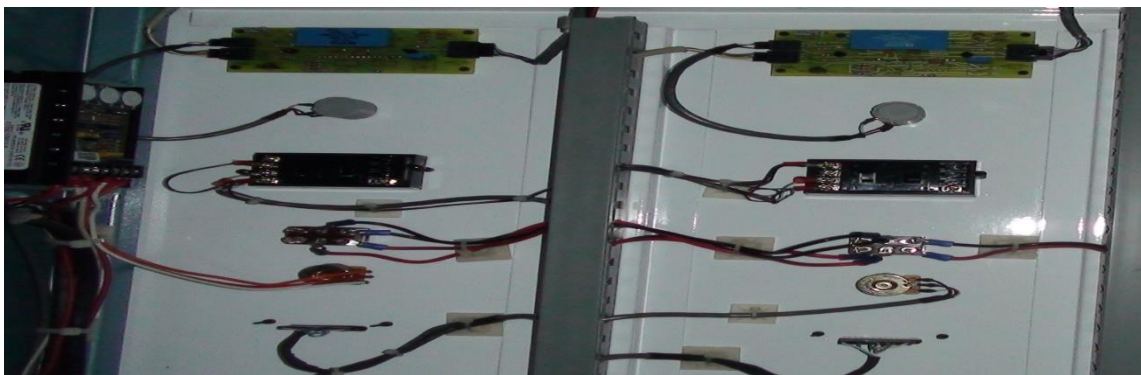


Imagen 8.1.3 Parte posterior e interior del panel del banco de bombas

Para con el display del taquímetro se verifico de primera instancia con la ayuda del multímetro la continuidad en sus terminales, ya que está alimentada directamente con la corriente alterna de 220 V (para esta operación fue desenergizado el sistema en su totalidad) y se pudo ver que no había continuidad, se procedió a buscar si en alguna parte de sus líneas de alimentación estaba la falla. El problema se encontraba en un cable suelto de un convertidor de voltaje, el cable fue soldado en su lugar correspondiente sin embargo el problema no fue solucionado. Se mando a pedir con la Crode de Chihuahua un plano de los circuitos para poder analizar en donde se podrá encontrar el fallo.

- **Mantenimiento de los manómetros de descarga**

Para llevar a cabo este mantenimiento preventivo se tuvo que desmontar cada una de las conexiones de los manómetros del lado de la bomba y del lado de la caratula. Solo se necesito de una pinza mecánica para realizar esta operación. Una vez que las mangueras estaban desconectadas se purgaron para que de esta manera las lecturas de los manómetros fueran correctas. Esta fue la forma en que se corrigió la falla en la parte de los manómetros de descarga.



Imagen 8.1.4 conexión de la bomba de engranes hacia el manómetro de descargar correspondiente



8.1.5 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo

Para que el Banco de bombas Crode tenga una tiempo de vida más largo y se reduzcan los gastos por mantenimiento correctivo, se enlistaran una serie de pasos que ayudaran a que se cumplan con los objetivos mencionados:

- ✓ Conserve el agua y los depósitos de alimentación y aforo libres de impurezas como: polvo, arena, limadura, rebaba, etc., ya que pueden dañar a las bombas de engranes, pistones y turbinas.
- ✓ La estructura del aparato debe ser aterrizada hacia una tubería de agua o una tubería conduit.
- ✓ Nunca arranque u opere las bombas en seco.
- ✓ Nunca arranque las bombas de pistones, engranes o turbina con su válvula de descarga cerrada.
- ✓ Comprobar que ambas puertas de acceso a las bombas y motores estén perfectamente cerradas antes de arrancar cualquiera de los motores.
- ✓ Al colocar las bandas, tener cuidado de no tensionar demasiado, ya que una tensión excesiva puede ocasionar sobre carga en los rodamientos y las flechas de los motores y de las bombas.
- ✓ El tacómetro cuenta con su propia batería y por lo mismo permanece encendido al desenergizar el aparato.
- ✓ Cuando las condiciones de operación de alguna bomba provoquen que el motor demande mas de 5Amp. Actua la protección de corriente máxima al controlador impidiendo poder aumentar la velocidad del motor.

Al termino de las pruebas o experimentos, todas las válvulas de descarga y drenado deben ser abiertas totalmente. El interruptor general también debe ser abierto.

8.2 BANCO DE TURBINAS

El banco de Turbinas es un equipo que requerirá solo de mantenimiento preventivo además de eso su reubicación para que pueda ser usado por alumnos de la materia como la de maquinas de fluidos incompresibles. Hay que mencionar que el banco de turbinas trabaja con agua purificada, por lo tanto su ubicación no es necesaria para estar al lado de los demás bancos de bombas.

8.2.1 Descripción del equipo

La turbina FM6X unidad de servicio proporciona un suministro de agua que se requiere para operar las manifestaciones de la turbina FM60, FM61 y FM62. La unidad de servicio se compone de una base de acero inoxidable sobre la que se monta un depósito de agua, una bomba compacta de tres fases y un medidor de flujo electrónico. La unidad tiene incorporado un dinamómetro que se puede usar como un freno magnético para aplicar una carga a la turbina, y un medidor de la velocidad del eje.

La bomba se controla directamente desde el ordenador utilizando el controlador de velocidad dentro de la unidad de interfaz IFD7 (un accesorio esencial).

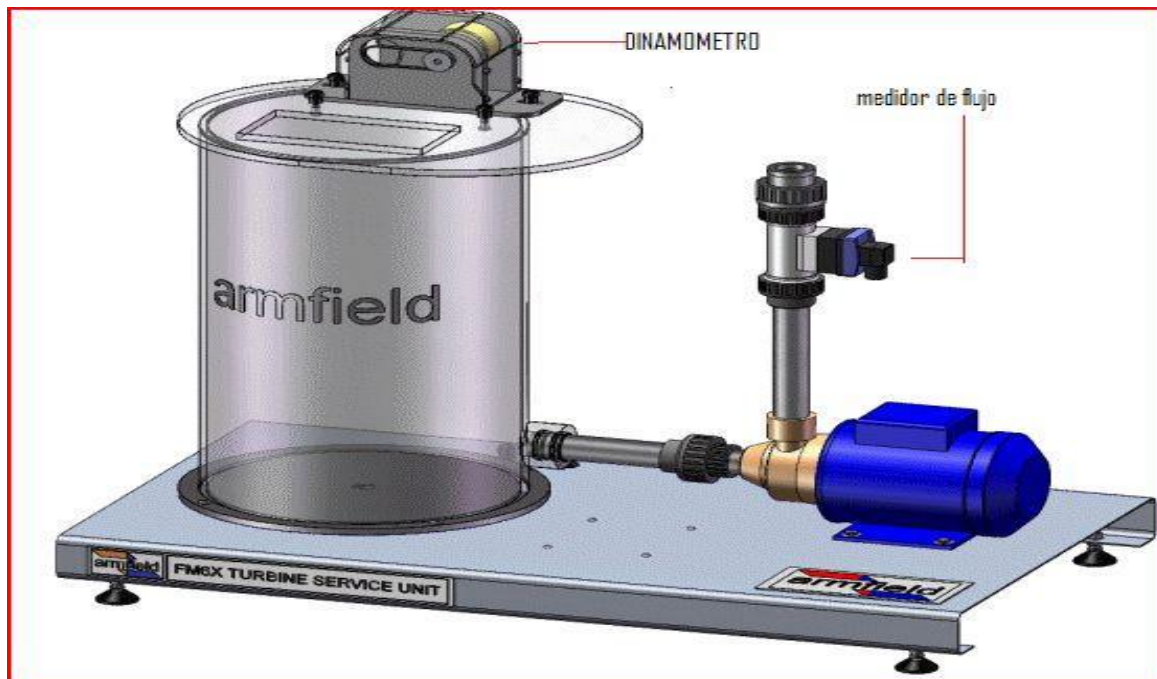
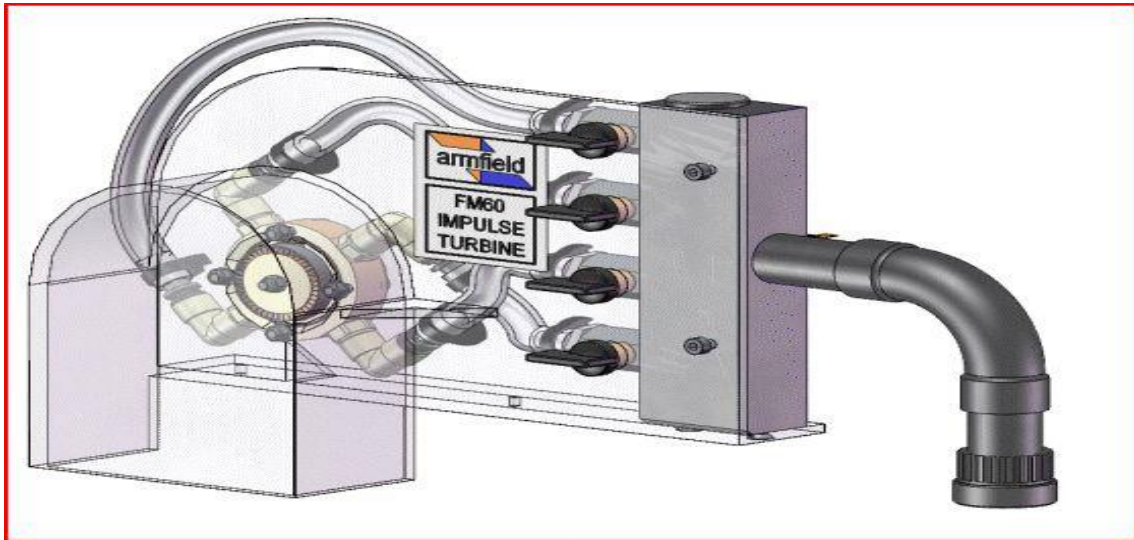


Figura 8.2 FM6X TURBINE SERVICE UNIT

La turbina FM60 es una turbina didáctica de impulso que consta de cuatro boquillas independientes, se acopla a la parte superior de la FM6X junto al dinamómetro para realizar las prácticas correspondientes.



.Figura 8.2.1 FM60 Turbina de impulso

La turbina FM61 es un dispositivo didáctico que funciona como una turbina tipo *Francis* que también es adaptable al dispositivo FM6X, para que se puedan realizar prácticas que involucren temas a la materia de Maquinas de Fluidos Incompresibles.

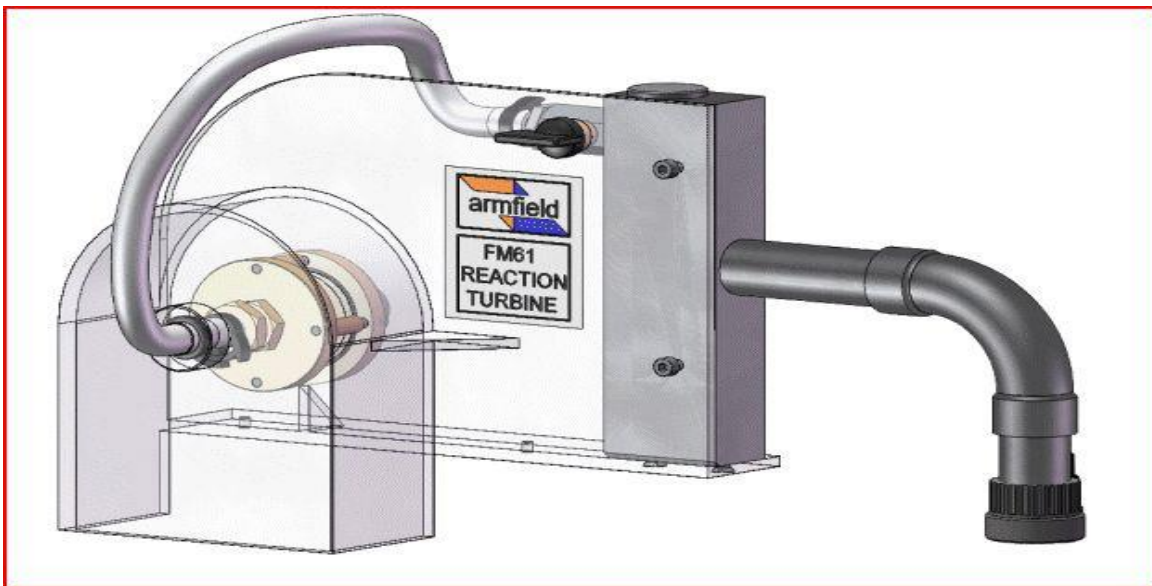


Figura 8.2.2 FM61 Turbina de Reacción

La turbina FM62 al igual que las anteriores turbinas es un dispositivo intercambiable y didáctico que representa a una turbina tipo pelton. La FM62 cuenta con una válvula de aguja para que pueda regularse el gasto que se le suministra a las palas de la turbina.

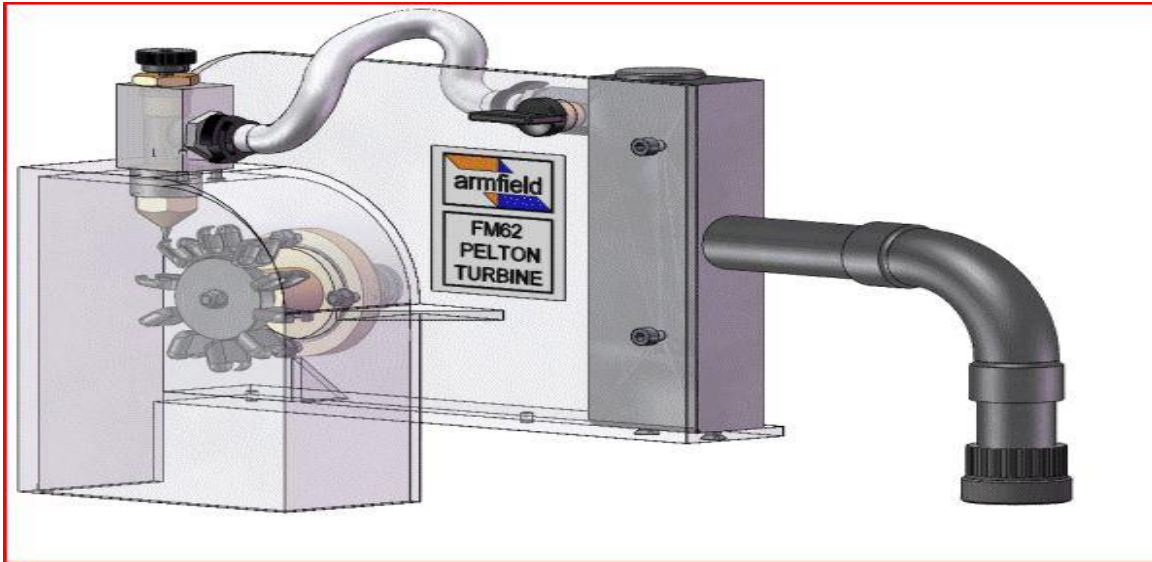


Figura 8.2.3 FM62 Turbina Pelton

8.2.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo

Para verificar que todo en el equipo de las turbinas estuviera en orden el equipo tuvo que ponerse a funcionar, para ello se necesitó de la guía de prácticas del banco de turbinas que se muestra en el anexo B y se realizaron los experimentos que ahí se mencionan de la forma siguiente:

CONEXIÓN DE LOS ACCESORIOS DE PC

- ❖ Tuvo que encenderse PC y conectar el cable USB color crema que sirve para unir la interface IFD7 con el ordenador al puerto correspondiente en el CPU.

CONEXION DE LA TURBINA Y SUS ACCESORIOS.

Cada turbina puede ser instalada en la placa superior del depósito para uso. Se designó una turbina se realizaron todos los pasos que se especifican a continuación:

- ❖ Se retiraron las dos tuercas que fijan al dinamómetro y se tuvo el cuidado de no jalar el cable conectado a la base plateada. El dinamómetro se colocó sobre un lugar seguro a lado del depósito.
- ❖ Las dos tuercas de fijación de la turbina se aflojaron y posteriormente se retiraron.

- ❖ La turbina fue colocada en la parte superior del depósito fijándolo sobre los 2 tornillos, posteriormente se enroscaron las tuercas (no fue necesario apretar demasiado las tuercas con llegar al tope del enroscado fue suficiente).
- ❖ Se acoplo la unión por encima de la instalación del medidor de flujo para unirse a la tubería teniendo cuidado de no aplicar demasiada fuerza para no barrer la unión (el enroscado se hace con la mano); asegurándose de que el anillo de goma estaba en su lugar.
- ❖ El dinamómetro fue colocado de nuevo en su lugar con la correa de transmisión puesta.
- ❖ La correa de transmisión se acomodo de forma correcta sobre las dos poleas.
- ❖ Deslizando el dinamómetro de nuevo a la tensión de la correa. Sólo la una suficiente tensión se requiere. No apreté demasiado.
- ❖ Se apretaron las tuercas del dinamómetro solo hasta llegar al tope del enroscado.
- ❖ El sensor de presión se conecto en la toma de la base plateada.

Se revirtieron los pasos de este procedimiento para quitar la turbina y sus accesorios. Los accesorios utilizados fueron almacenados en el embalaje original para evitar daños.

AJUSTE DE LOS ACCESORIOS DE LA INTERFACE IFD7.

Antes de comenzar las conexiones de la interface IFD7 se aseguro que estuviera apagado el interruptor principal en el frente.

- ❖ Realizar todas las conexiones en el frente de la interface IFD7 con la FM6X turbine service unit.



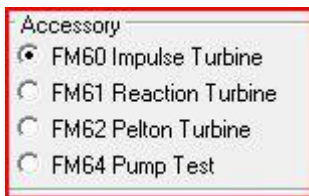
Imagen 8.2.4 Vista Frontal de la interface IFD7

Las turbinas fueron probadas una a una completado los pasos anteriores de la manera siguiente:

1. Se energizó la interface con cuidado. El equipo trabaja con 220v.
2. En la computadora se procedió a ir al menú de inicio y se presionó al clic izquierdo al icono del programa “FM6x turbinas”.
3. Una vez abierto el programa nos dirigimos al submenú y se presionó clic al icono que dice view diagram.



4. En la parte inferior izquierda de la pantalla decía accessory, se escogió la turbina con la que se estuvo probando su funcionamiento.



5. Se procedió a ir de nueva cuenta al menú de inicio y busco el icono que dice IFD7 Configuration Tool.
6. Como todos los elementos fueron conectados correctamente seleccionamos el equipo en la ventanilla correspondiente y se dio clic izquierdo al icono que dice “write”.
7. El proceso de carga de la turbina tardo unos cuantos minutos.
8. Una vez cargado el equipo se llevaron todos los valores a cero que en este caso fueron el valor del freno, el valor de la bomba.
9. Se Procedió a encender la bomba para suministrar el gasto, para poder hacer esto solo basto con presionar el botón del encendido de bomba que se llama “pump on”. Encendido marca el número uno y apagado el número cero.

Con estos pasos basto para hacer funcionar y tener conocimiento del estado en que se encontraban todos los elementos del banco de turbinas.



8.2.3 Resultados de las pruebas realizadas al Banco de turbinas

Los resultados fueron favorables, todo el equipo funciona en óptimas condiciones a excepción de la FM61, el rodete de esta turbina presenta demasiada fricción, esto ocasiona que su velocidad nominal este muy revolucionada. La solución más viable a este problema es llamar a la empresa con la que se adquirió este equipo puesto que a aun tiene garantía y es más factible que ellos realicen la reparación pertinente.

8.2.4 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo

Para que el Banco de turbinas tenga una tiempo de vida más largo y se reduzcan los gastos dándole mantenimiento preventivo, se enlistaran una serie de pasos que ayudaran a que se cumplan con los objetivos mencionados:

- ✓ Los accesorios utilizados deben ser almacenados en el embalaje original para evitar daños.
- ✓ Siempre llevar una franela limpia cada vez que realice una práctica con las turbinas.
- ✓ No apretar con demasiada fuerza la unión por encima del medidor ya que son materiales sintéticos y estas fácilmente se pueden barrer.
- ✓ Al finalizar cada práctica ver que quede debidamente seco cada una de las turbinas para evitar deterioros.

8.3 ANALIZADOR DE VIBRACIONES IRD MOD 880

El analizador de vibraciones IRD es un equipo que destinado para trabajar en la materia de mantenimiento en los temas de análisis de vibraciones y de balance de masas. Aunque el mantenimiento del equipo es en general, en esta residencia se realizo el mantenimiento dirigido al tema de balance de masas por lo tanto se realizaron pruebas para verificar el equipo con una práctica de balance de masas.

8.3.1 Descripción del equipo

El analizador de vibraciones I.R.D es un equipo de laboratorio que tiene partes removibles para su fácil transportación estos elementos son:

- Varilla desmontable para medir las vibraciones
- Sensor de vibraciones en donde se monta la varilla
- Cable del sensor para unirse al I.R.D por la parte lateral izquierda.
- Lámpara de luz estroboscópica.
- Cable para unir la lámpara con el I.R.D por la parte lateral derecha.
- Cable para alimentar de C.A al equipo I.R.D



Imagen 8.3 Balanceador IRD



8.3.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo

Se determino el tipo de mantenimiento del equipo verificando primeramente si todas las partes que integran la unidad estaban completas. Al comprobar que todas las piezas estaban completas se puso en funcionamiento la unidad realizando pruebas de balanceo según la guía de práctica que se muestra en el anexo C y con ello determinar su correcto funcionamiento. Los pasos que se siguieron para preparar el equipo fueron los siguientes:

1. En el analizador de vibraciones I.R.D. se verificó el nivel de carga de la batería, pero en este caso se usó la energía de C.A. se verificó la conexión del circuito interno del analizador y esta correspondía al voltaje de C.A. con la que se alimentó el analizador.
2. Se ensambló la varilla junto con el sensor, una vez acoplados se conectó al equipo I.R.D mediante su cable respectivo por la parte lateral izquierda (far input o near input) cuidando la posición de ensamble; para conectar se giró en sentido de las manecillas del reloj y hasta oír un click. Para retirar solo bastó girar en sentido contrario a las manecillas del reloj agarrando por la parte semidentada del cable conector.
3. Se ensambló de modo similar la lámpara de luz estroboscópica pero su conexión es la parte lateral derecha, bastó con presionar la conexión hasta que el interruptor quedo completamente salido.
4. Se Colocó la balanza de precisión en un sitio apropiado, a continuación se ajustó a cero sus lecturas iniciales.
5. Tuvo que confeccionar en una cartulina una grafica polar con sus ángulos en sentido contrario al sentido del giro del rotor y se fijó esta grafica sobre una de las tapas laterales de la máquina de manera que su eje sobresalió por el centro de la grafica y se marcó sobre el eje una línea longitudinal corta que sirvió como referencia para registrar los ángulos de desfase de las amplitudes de las vibraciones que se midieron con el analizador.
6. Se dispuso de papel blanco, cartas polares, lápices o bolígrafo un juego de escuadras y un transportador.
7. Se Energizó el equipo.
8. Una vez terminada la prueba bastó con desmontar todas las partes mencionadas desde el punto (2) hasta el punto (3) y se guardaron en la parte hueca del equipo.



8.3.3 Resultados de las pruebas realizadas al analizador de vibraciones IRD

Los resultados encontrados al finalizar las pruebas fueron satisfactorios puesto que no se encontró ningún desperfecto en el funcionamiento del equipo. El mantenimiento que se le dio al equipo analizador de vibraciones IRD fue solo mantenimiento preventivo:

- ❖ Se contabilizaron y se verificó que todos los elementos removibles estuvieran completos
- ❖ Se realizó una limpieza general de toda la unidad
- ❖ Se asignó un espacio en el laboratorio de automatización y control.

8.3.4 Instrucciones para el cuidado y uso del equipo

Para que el analizador de vibraciones se prolongue su vida útil y se reduzcan los gastos dándole mantenimiento preventivo, se enlistaron los cuidados necesarios cumplir con los objetivos:

- ✓ Los accesorios utilizados deben ser almacenados en la parte posterior del equipo en un espacio dedicado para estos elementos para evitar que se pierdan.
- ✓ En las conexiones tener cuidado en el momento de conectar y desconectar para no barrer estas uniones.
- ✓ Tener cuidado al manejar la luz estroboscópica ya que es un elemento muy caro de conseguir.
- ✓ Alimentar el equipo con CA de 110v.



8.4 CANAL VARIABLE

El canal variable, es un equipo didáctico, pensado para el desarrollo de experimentos, por parte de estudiantes de asignaturas como mecánica de fluidos y flujo de fluidos, permitiendo mediante la observación, una mejor comprensión de los conceptos aprendidos en el aula y ofreciendo una vía para que los estudiantes obtengas sus propias conclusiones, acerca del desempeño de los canales abierto.

8.4.1 Descripción del equipo

Se dispone de un tanque de almacenamiento (7) de donde la bomba toma agua para enviarla al tanque (5). Este tanque (5) está provisto de una descarga de demasías.

El agua fluye al canal desde el tanque (5) y el flujo se controla mediante la compuerta colocada cerca de la entrada del canal.

El agua descargada del canal al deflector (12) que envía el flujo de retorno al tanque (4) o la sección de aforo de este mismo tanque (4)

La bomba de que se dispone da un gasto de 30 lts/s contra un tirante de 1kg/cm^2 y es movida por un motor de $\frac{3}{4}$ HP de potencia.

La distancia que existe desde el eje de giro del canal hasta el eje del tornillo del mecanismo de volante (11) es de $l = 465$ cm.

El paso de la rosca del tornillo es de $P = 0.6$ cm por lo tanto:

$$\frac{P}{l} = \text{tg } \alpha \dots \dots \text{ec. 8.4}$$

Siendo α el ángulo de inclinación del canal por cada vuelta del volante.

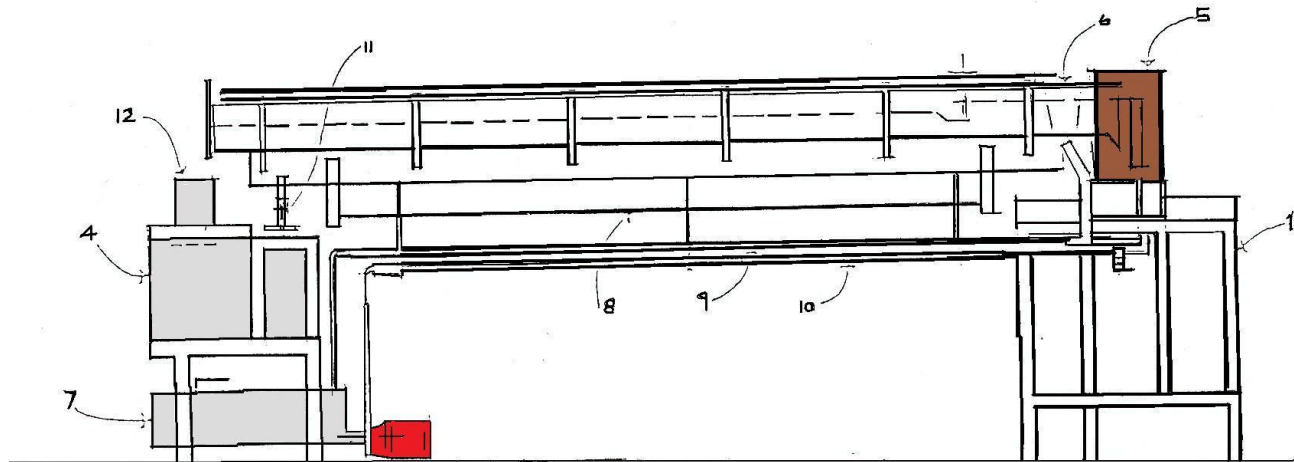


Imagen 8.4 vista lateral del Canal variable

8.4.2 Procedimiento para la preparación del encendido del equipo

Del mismo modo que en los equipos anteriores se verificó si a simple vista resaltaba un desperfecto antes de poner en marcha al equipo, para después comprobar el funcionamiento correcto del equipo y así determinar el tipo de mantenimiento que se aplicara a la unidad de trabajo. El único detalle que se observó fue que hacía falta un elemento para el funcionamiento de la bomba (capacitor), pero que fue adquirido sin dificultad por el departamento de Metal-Mecánica para su funcionamiento.

Los pasos que se siguieron para realizar pruebas sobre el canal variable fueron los siguientes:

1. Se comprobó que el equipo estuviera desenergizado.
2. El tanque de almacenamiento (7) tuvo que llenarse al menos $\frac{3}{4}$ de su capacidad de agua limpia de la tubería.
3. Se revisó que no existiera elementos que pudieran afectar al funcionamiento de la bomba, revisando a lo largo del canal y en los depósitos como podría ser basura, piedras etc.
4. Se conectó a la corriente de 110 v de CA y se energizó la bomba.
5. El ángulo de inclinación del canal se determinó dando vueltas al mecanismo de volante (11).
6. Una vez terminada las pruebas se procedió a desenergizar a la bomba



8.4 Resultados de las pruebas realizadas al canal variable

Con las pruebas realizadas en el canal variable se pudo verificar que el equipo se encuentra en un buen estado para seguir operando de manera normal en las prácticas de laboratorio que se realicen con ella; solo a excepción del capacitor que faltaba en el motor-bomba el mantenimiento que se le dio al canal variable fue mantenimiento preventivo.



8.5 TABLERO PARA FRICCIÓN EN TUBERÍAS

El tablero para fricción en tuberías es un equipo destinado para la materia de flujo de fluidos que va a necesitar de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo para que pueda ser utilizado en las prácticas que lo requieran.

8.5.1 Descripción del equipo

Es sistema cuenta con dos circuitos que pueden trabajar independientemente y son controlados por las válvulas de globo y de compuerta. Toda la tubería es estándar de cobre de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro, salvo el tramo No 5 que es de $1\frac{1}{2}$ de pulgada de diámetro.

El medidor de Venturi tiene las dimensiones:

Ø Entrada = Ø Salida = 19.94 mm

Ø De la garganta = 9.8 mm

Este aparato para medir pérdidas por fricción en tuberías y diversas conexiones, consta de lo siguientes elementos:

- 1) Entrada del agua
- 2) Salida del agua
- 3) Rotámetro
- 4) Tubo recto
- 5) Expansión y contracción bruscas
- 6) Codos de 90° tipo MITRE
- 7) Medidor de venturi
- 8) Codos estándar de 90°
- 9) Codo de radio largo
- 10) Codo de radio largo
- 11) Manómetro de Hg
- 12) Tableros de manómetros
- 13) Válvula de compuerta
- 14) Válvula de globo
- 15) Manómetro de H₂O

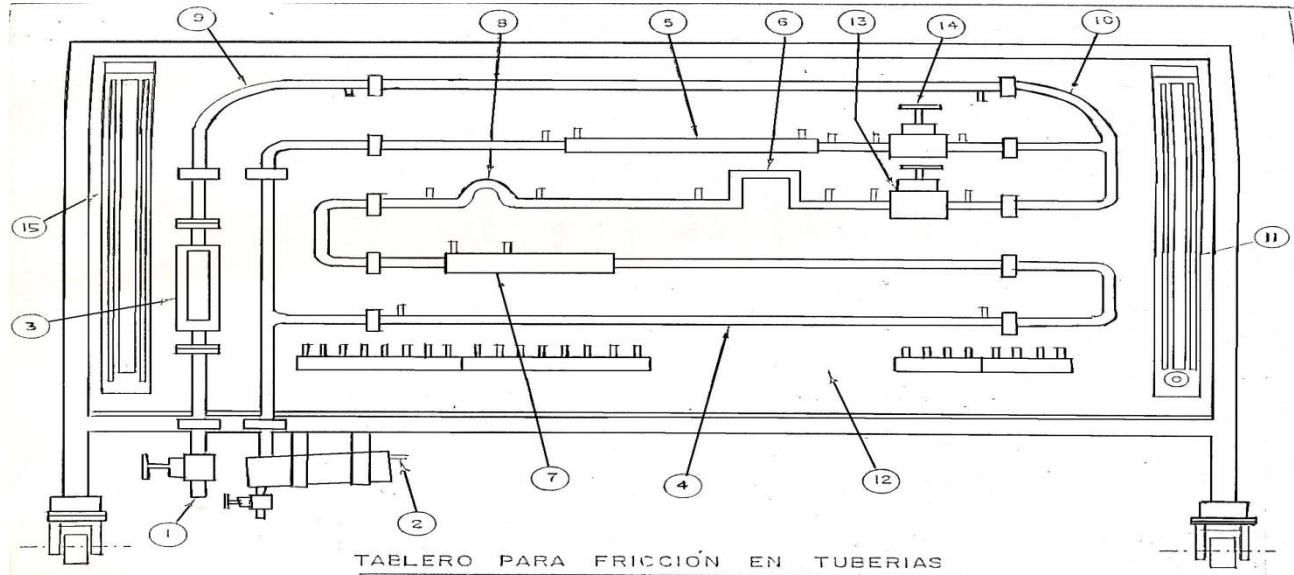


Imagen 8.5 vista frontal del tablero para fricción en tuberías

8.5.2 Procedimiento para la preparación del funcionamiento del equipo

Para suministrarle el líquido a este equipo se utilizó una bomba-motor de $\frac{3}{4}$ de caballo y de un depósito de agua. Se realizaron pruebas con el equipo apoyándose de la guía de prácticas que se muestran en el anexo D para ver si existen fugas o fallos en el sistema. Se describirá la forma en que se hizo preparar el equipo:

1. Se verificó que la salida de la bomba de $\frac{3}{4}$ hp del canal variable estuviera conectada a la entrada (1) del tablero de fricciones.
2. Se verificaron que todas las válvulas estuvieran abiertas que son la válvula de entrada (1), la válvula de globo (14) y la válvula de salida pero a excepción de la válvula de compuerta (13) que sirvió posteriormente.
3. Se abrieron los grifos con las letras F, E, C, A y B. todos los demás deberán permanecer cerrados.
4. En la salida del agua (2) se colocó un depósito grande.
5. Se energizó el motor de $\frac{1}{4}$ hp.



8.5.3 Resultados de las pruebas realizadas Tablero para fricción en tuberías

Las pruebas realizadas con diferentes valores de apertura de la válvula de entrada (1) nos permitió observar cuales eran las fallas que presenta el tablero para fricciones, se enlistaron cada uno de esos detalles así como también se incluyeron en dicha lista elementos que son de relevancia para el mantenimiento correcto de este equipo, haciendo énfasis que esta lista se giro al jefe del departamento de Metal-mecánica para la adquisición de los materiales nombrados el resultado se menciona en el punto No 9:

- ❖ Fugas en las conexiones de las mangueras por falta de abrazaderas
- ❖ Fuga en la válvula de compuerta
- ❖ Los grifos presentan demasiada dureza al momento de abrirlas
- ❖ El manómetro de mercurio no marca cambios de altura
- ❖ Las mangueras de entrada y de salida están demasiadas desgastadas
- ❖ El motor-bomba con el que se suministra el fluido es de improviso
- ❖ El depósito para el fluido también es de improviso

8.5.4 Mantenimiento correctivo al Tablero de fricción en tuberías

Como se puede apreciar en el listado de problemas que presenta el equipo, se le tendrá que realizar un mantenimiento correctivo a este tablero. Para el mantenimiento de este equipo se necesitaron los siguientes elementos para desarmar algunas partes:

- a) Destornillador plano
- b) Destornillador tipo cruz
- c) Pinza de presión
- d) Pinza mecánica
- e) Vernier
- f) Llave de 22 mm
- g) Cepillo y franelas

- **Mangueras y abrazaderas**

A la primera parte que se le comenzó a dar mantenimiento fue al sistema de conexiones quitando las abrazaderas y revisándolas una por una, checando a cual entrada le faltaba abrazaderas y al mismo tiempo ir purgando cada una de estas mangueras para que cuando se realizara otras pruebas estas no tuvieran aire en su interior.

- **Válvula de compuerta**

Cuando se hizo circular agua por todo el sistema se observó que había fuga en la válvula de compuerta, por lo tanto, se procedió a desarmar este dispositivo para ello se tuvo que utilizar el vernier y ver las medidas de las roscas (de esta manera se obtuvo la medida de la llave). Se retiró de su lugar la válvula y posteriormente se desarmó para encontrar la falla. El empaque de plástico en forma de anillo estaba demasiado desgastado y la rosca principal barrida, por lo tanto era necesario adquirir una válvula nueva.

- **Grifos**

Terminado de revisar y purgar el sistema de mangueras se procedió a dar mantenimiento al sistema de grifos del equipo; primeramente se le roció con un aceite aflojadora de elementos mecánicos, se dejó reposar unos minutos, en esta operación se necesitó de la pinza de presión para poder girar las perillas por que estaban demasiadas duras para girarlas con las manos.



Imagen 8.5.1 Grifos del Tablero de pérdidas por fricción



8.6 BANCO DE BOMBAS BFG

El Banco de bombas BFG es otro equipo que está destinado para realizar prácticas relacionadas con las materias de fluidos o materias como circuitos hidráulicos. Una ventaja de este banco de bombas es el hecho de que se puede trabajar con dos diferentes fluidos como sería agua y aceite que lo hace diferente al banco de bombas de la Crode.

8.6.1 Descripción del equipo

El banco de Bombas para fluidos es un equipo integral, concebido especialmente para la enseñanza de los diferentes principios de bombeo, consta de cuatro bombas: una autocebante de tipo turbina regenerativa, otra centrífuga, otra positiva de diafragma y una más positiva de engranes externos.

Su diseño es ergonómico e integral, no requiere de equipos adicionales. El tablero incluye todos sus instrumentos básicos, desde donde se controla el equipo. El aparato está montado sobre un bastidor unitario, con rodajas de hule reforzado 102mm, las dos de enfrente con freno, para facilitar su almacenamiento y operación.

Requiere de una alimentación de energía eléctrica de 220v, 60Hz, neutro y tierra física y de sus tanques llenos para iniciar su operación. El banco tiene las facilidades para desarrollar experimentos mayor complejidad aprovechando la capacidad completa del inversor de frecuencia y del control para el motor de CD.

Partes que integran al Banco de bombas BFG:

- 1) Bomba auto cebante tipo turbina
- 2) Bomba centrífuga
- 3) Bomba positiva de diafragma
- 4) Positiva de engranes externos
- 5) Inversor de frecuencia
- 6) Motor AC
- 7) Motor DC
- 8) Válvulas selectoras
- 9) Válvula reguladora de presión
- 10) Deposito de aceite
- 11) Depósito de agua

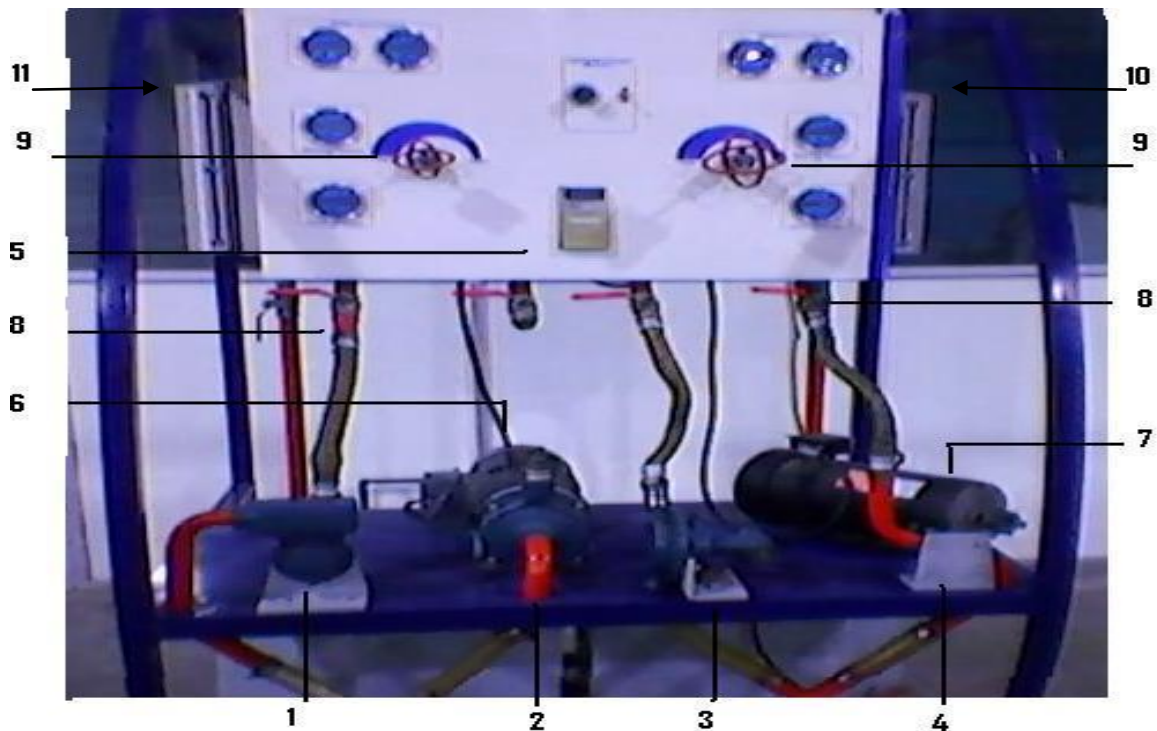


Figura 8.2 Banco de bombas BFG



8.2.3 Mantenimiento al Banco de bombas BFG

El Banco de bombas BFG presento a simple vista varios problemas para su funcionamiento y a diferencia del los anteriores equipos este equipo no pudo ponerse en marcha para detectar otros fallos. A continuación se mencionaran dichos elementos así como otros que serán necesarios para que el equipo pueda funcionar en las más óptimas condiciones, recordando que dicha lista fue presentada al jefe del departamento de Metal-mecánica para que este departamento solventara los gastos en la adquisición de estos materiales:

- ❖ Un fallo en el medidor de velocidad
- ❖ Dos mangueras de alta presión están rotas
- ❖ Se necesita 80 litros de aceite SAE 10W para las bombas de desplazamiento positivo
- ❖ Se necesitan 2 coples hule tipo araña
- ❖ Se necesitan 2 conexiones para los ejes de los motores hacia las bombas
- ❖ Una rueda de la parte frontal está dañada



Para llevar a cabo de forma correcta y ordenada el mantenimiento correctivo de los equipos en este proyecto se elaboro una solicitud de mantenimiento. El formato que se siguió fue el siguiente que a su vez fue dirigido y hecho llegar al jefe departamento de Metal-mecánica quien está a cargo de proveer o de adquirir los materiales que se mencionan en la orden de mantenimiento. Los equipos que requirieron fueron: el Tablero de pérdidas por fricción y el Banco de bombas BFG

8.7 Orden de mantenimiento Banco de bombas BFG

Solicitante: Ramón Nicolás Vázquez Díaz

Fecha de emisión: 20 de octubre del 2011

Maquina o equipo: Banco de bombas BFG

Servicio requerido: mantenimiento correctivo

Descripción: estos son los elementos que se necesitan para poder hacer funcionar al equipo y otros son para optimizar su funcionamiento:

- ❖ Un fallo en el medidor de velocidad
- ❖ Dos mangueras de alta presión están rotas
- ❖ Se necesita aceite SAE 10W para las bombas de desplazamiento positivo
- ❖ Faltan coples hule tipo araña
- ❖ Faltan conexiones para los ejes de los motores hacia las bombas
- ❖ Una rueda de la parte frontal está dañada

Por lo tanto el material que se requiere es el siguiente:

- ✓ Dos mangueras de alta presión de 200 lb
- ✓ Ochenta a cien litros de aceite SAE 10W
- ✓ Dos coples de hule tipo araña
- ✓ Dos conexiones para ejes de motores
- ✓ Una rueda de hule reforzado de 102 mm



8.8 Orden de mantenimiento Tablero de pérdidas por fricción

Solicitante: Ramón Nicolás Vázquez Díaz

Fecha de emisión: 15 de noviembre del 2011

Maquina o equipo: Tablero de pérdidas por fricción

Servicio requerido: mantenimiento correctivo

Descripción: estos son los elementos que se necesitan para poder hacer funcionar al equipo y otros son para optimizar su funcionamiento

- ❖ Fugas en las conexiones de las mangueras por falta de abrazaderas
- ❖ Fuga en la válvula de compuerta
- ❖ Los grifos presentan demasiada dureza al momento de abrirlas
- ❖ El manómetro de mercurio no marca cambios de altura
- ❖ Las mangueras de entrada y de salida están demasiadas desgastadas
- ❖ El motor-bomba con el que se suministra el fluido es de improviso
- ❖ El depósito para el fluido también es de improviso

El material que se necesita es el siguiente:

- ✓ Veinte abrazaderas pequeñas
- ✓ Una válvula de compuerta soldable
- ✓ Diez metros de manguera transparente
- ✓ Un motor-bomba de ¼ HP
- ✓ Un deposito de 60 litros



9. Resultados

Según lo planeado en los objetivos se logro cumplir aproximadamente un ochenta por ciento de lo que se había propuesto en la realización de darles mantenimiento a los equipos de prácticas de fluidos.

No se llevo el proyecto en su totalidad por la falta de tiempo para poder adquirir las refacciones que iban a servir para llevar a cabo el mantenimiento correctivo y preventivo de las unidades como el Tablero de pérdidas por fricción y el Banco de bombas BFG, aun no pudiendo dar el mantenimiento correctivo en estos equipos se logro un avance en enlistar las fallas y las partes que hacen falta y en cualquier momento que se tenga el presupuesto y se adquieran los materiales se podrán poner en marcha con facilidad los equipos antes mencionados.

En los demás equipos que se sometieron a mantenimiento en esta residencia los resultados fueron más favorables. La reubicación del banco de turbinas y el haber detectado la falla en la turbina de tipo reacción fue de gran ayuda para los alumnos de la materia de maquinas de fluidos incompresibles quienes estuvieron realizando prácticas de laboratorio con estos equipos por que tuvo un impacto benéfico para su desenvolvimiento en sus prácticas de laboratorio.

De manera similar con el analizador de vibraciones IRD se obtuvo un buen resultado ya que este es un equipo que sirve para muchos temas de mantenimiento por lo tanto es requerido con mucha frecuencia para realizar prácticas de laboratorio, el llevar un buen control de sus piezas y de los cuidados que se deben tener cuando se maneje este equipo, alargara significativamente su vida útil. El banco de bombas de la Crode con el mantenimiento correctivo y preventivo que se le otorgo quedo listo para realizar prácticas de las materias de flujo de fluidos y maquinas de fluidos incompresibles siempre y cuando se corrija el detalle del display del torquímetro, ya que no se consiguió respuesta por parte de la Crode.



10. Conclusiones

Con el presente trabajo profesional puedo concluir que el mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no solo para la institución quien a esta inversión se le revertirá en mejoras de calidad educativa, sino también el ahorro que representa tener alumnos practicando con equipos funcionando en buen estado con índices de accidentalidad muy bajo.

El mantener las áreas y ambientes de trabajo (en este caso particular laboratorio de prácticas) con adecuado orden, limpieza, iluminación, etcétera es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de estudio.

El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El estudiante debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramientas, maquinarias que se puedan encontrar en el laboratorio, esto permitirá mayor responsabilidad del estudiante y prevención de accidentes.

Así mismo puedo concluir que el haber realizado el trabajo profesional me dio una gran idea y un significativo panorama acerca de la vida laboral y de la importancia que tiene llevar a cabo estos proyectos para realizarnos de manera integral como alumnos y como próximos profesionistas.



11. Referencias bibliográficas y virtuales

Referencias bibliográficas

- 1.- Manual de mantenimiento preventivo y correctivo. RP602. Biblioteca ITTG
- 2.- Manual Banco de bombas BFG internacional S.A de C.V
- 3.- Manual de instalación e instructivo Tablero de pérdidas por fricción

Referencias virtuales

- 4.-http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_preventivo
- 5.-<http://www.monografias.com/trabajos82/rutina-mantenimiento-correctivo-preventivo/rutina-mantenimiento-correctivo-preventivo.shtml>



ANEXO A

Práctica 1 Altura útil o efectiva

Objetivo

Obtener experimentalmente la altura útil o efectiva de una bomba centrífuga y compararla con la altura manométrica para diferentes gastos.

Introducción

La altura útil o altura efectiva H que da la bomba centrífuga es la altura que imparte el rodete (llamada altura teórica o altura hidráulica H_v), menos las pérdidas de altura en el interior de la bomba. Estas pérdidas conocidas como pérdidas hidráulicas son de 2 clases: pérdidas de superficie y pérdidas de forma. Las primeras se producen por fricción interna entre las partículas del fluido y fricción del fluido contra las superficies internas de las bombas y las segundas por el desprendimiento de la capa límite en los cambios bruscos de dirección y en toda forma difícil al flujo en su paso por el rodete.

La altura útil se puede definir como: “La diferencia de alturas totales entre la salida y la entrada de la bomba y que corresponde al incremento de altura útil comunicada por la bomba al fluido”



Material y equipo

- Banco para prueba de bombas*	- Tabla de adquisición de mediciones.
	- Cronometro.

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Para el desarrollo de este experimento se utiliza una bomba centrifuga y se prepara el aparato como se describe en la **guía de verificaciones previas en el equipo de la practica 1**.
2. El experimento consiste en variar el gasto, lo cual se hace con ayuda de la válvula de descarga en aproximadamente 10 incrementos.
3. Para cada incremento se toman las lecturas de los manómetros de presión de succión (presión de entrada P_E) y presión de descarga (presión de salida P_S) adicionalmente se mide el gasto con el recipiente de aforo y un cronometro.
4. También es necesario medir la distancia vertical que existe entre la salida y la entrada de la bomba (Z_S-Z_E). Estos datos permiten calcular la altura útil H para cada gasto.
5. Se observara que la altura útil disminuye apreciablemente al aumentar el gasto, debido al aumento de perdidas hidráulicas, tanto de superficie como de forma dentro de la bomba.

$$H = H_v - H_{r-int} \dots\dots\dots Ec.(1)$$

Donde:

H = altura efectiva o útil

H_v = altura teórica o altura hidráulica

H_{r-int} = perdidas en el interior de la bomba



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Al aplicar la ecuación de Bernoulli entre las secciones de entrada E y salida S de una bomba se tiene:

$$\frac{P_E}{\rho g} + Z_E + \frac{V_E^2}{2g} + H = \frac{P_S}{\rho g} + Z_S + \frac{V_S^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Ec.(2)}$$

Al despejar H :

$$H = \left(\frac{P_S}{\rho g} + Z_S + \frac{V_S^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_E}{\rho g} + Z_E + \frac{V_E^2}{2g} \right) \dots\dots\dots \text{Ec.(3)}$$

Donde:

H = Altura efectiva o útil

V = Velocidad del fluido

P = Presión estática

E = Condiciones de entrada

G = aceleración gravitacional

S = Condiciones de salida

Z = altura geodésica

El primer paréntesis es la altura total del fluido en la salida y el segundo la altura total del mismo en la entrada; por lo que la altura útil se puede definir como: “La diferencia de alturas totales entre la salida y la entrada de la bomba y que corresponde al incremento de altura útil comunicada por la bomba al fluido”

La formula anterior puede ser reordenada de la siguiente manera:

$$H = \frac{P_S - P_E}{\rho g} + (Z_S - Z_E) + \frac{V_S^2 - V_E^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Ec.(4)}$$

Al término $\frac{V_S^2 - V_E^2}{2g}$ se le llama altura dinámica y al término $\frac{P_S - P_E}{\rho g}$ se le llama altura manométrica o altura de presión y muy frecuentemente se utiliza como altura útil ya que:

$$Z_S - Z_E \approx 0 \quad \text{y} \quad \frac{V_S^2 - V_E^2}{2g} \approx 0$$

Entonces:

$$H \approx \frac{P_S - P_E}{\rho g} \dots\dots\dots \text{Ec.(5)}$$



Ejemplo

Para una $Z_S - Z_E = 0.19$ m, un gasto Q de $92.86 \frac{lt}{min}$ sabiendo que el diámetro interior en la sección de entrada es de 40.89 mm y en la sección de salida 26.64mm. Las presiones fueron:

$$P_E = -6 \text{ inHg} = (-2.94 \text{ PSI}) = (-0.21 \frac{kg}{cm^2})$$

$$P_S = 7 \text{ PSI} = (0.49 \frac{kg}{cm^2})$$

Altura manométrica:

$$\frac{0.49 \frac{kg}{cm^2} + 0.21 \frac{kg}{cm^2}}{0.001 \frac{kg}{cm^2}} = 7 \text{ m. c. a}$$

Altura dinámica:

$$\frac{\left(2.777 \frac{m}{s}\right)^2 - \left(1.178 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.32 \text{ m. c. a}$$



Práctica 2

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS HIDRAULICAS

Objetivo

Realizar el ensayo elemental de diferentes tipos de bombas para obtener sus curvas características.

Introducción

Las curvas características indican cual es el desempeño de la bomba en cuanto a altura disponible H , potencia de accionamiento P_a y rendimiento o eficiencia total η_{tot} cuando el caudal Q se varía cerrando la válvula de la descarga. Estas curvas son experimentales y se pueden obtener fácilmente en un banco de pruebas. Se hacen una serie de ensayos a diferentes aperturas de la válvula de descarga desde la apertura completa hasta el cierre completo. Para cada ensayo se obtiene H , P_a y η_{tot} . A la operación descrita previamente se le da el nombre de ENSAYO ELEMENTAL y se lleva a cabo sin variar la velocidad de la bomba.

Las bombas hidráulicas pueden ser clasificadas en:

- a) Rotodinámicas
- b) De desplazamiento positivo

Al grupo de las bombas hidráulicas rotodinámicas pertenecen las bombas centrifugas de flujo radial, de flujo axial y de flujo mixto, además de los de turbina. El elemento transmisor de energía se llama rodete, el cual cuenta con un cierto número de alabes y gira con el eje de la maquina impartiendo energía cinética al fluido que lo rodea, contenido dentro de una caja de forma espiral capaz de transformar la energía cinética en energía de presión.

Al grupo de bombas de desplazamiento positivo pertenecen las bombas alternativas (de pistón) y las rotoestáticas (engranés, paletas, tornillos, etc.). Cuentan con un elemento intercambiador de energía que cede su energía al fluido en forma de energía de presión, creada por la variación de volumen; pues cuentan con una cámara cuyo volumen aumenta en la succión y disminuye en la descarga, por lo que son llamadas también bombas volumétricas.



Material y equipo

- Banco para prueba de bombas*	- Tabla de adquisición de mediciones.
	- Cronometro.

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se prepara el equipo para el ensayo de cada una de las bombas según la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1**. Para realizar el ensayo elemental, se fija la velocidad del motor en un determinado valor. El gasto Q se controla con la válvula de descarga llevándolo desde 0 hasta el máximo en aproximadamente 10 incrementos. Para cada incremento se miden los siguientes parámetros:

- Presión en la entrada P_E : con el manómetro de succión.
- Presión en la salida P_s : con el manómetro de descarga.
- Gasto Q: con el depósito de aforo y un cronometro.
- Par demandado T: con el torquimetro.
- Velocidad angular ω : con el tacómetro.
- Voltaje V.
- Amperaje A.

Con las mediciones previamente obtenidas es posible calcular:

La altura disponible $H = \frac{P_s - P_E}{\rho g}$ Ec.(6)

Potencia eléctrica: $P_{ELEC} = V.A$ Ec.(7)

Potencia útil P: $P = Q\rho gH$ Ec.(8)

Eficiencia total η_{tot} : $\eta_{tot} = \frac{P}{P_a}$ Ec.(9)

Al graficar P_a , H y η_{tot} contra Q se tiene las curvas características de la bomba para determinada velocidad.



Práctica 3

Ensayo completo de bombas

Objetivo

Realizar el ensayo completo de diferentes tipos de bombas para observar las diferencias que se tienen en su desempeño.

Introducción

El ensayo completo de una bomba es un conjunto de ensayos elementales caracterizados cada uno por una velocidad distinta. Este ensayo permite conocer el desempeño de la bomba cuando es accionado con motores o transmisiones de velocidades variables.

Asimismo revela todas las posibilidades de la bomba funcionando de todas las maneras posibles dentro de una región del plano presión-gasto.



Material y equipo

- Banco para prueba de bombas*	- Tabla de adquisición de mediciones.
	- Cronometro.

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se sigue el procedimiento descrito para el ensayo elemental para aproximadamente 5 velocidades diferentes, cada ensayo elemental arroja sus propias curvas características. Al poner en un mismo grafico las curvas de altura útil H contra gasto Q , es posible obtener las curvas en concha o colina de rendimientos si se escogen para cada curva los mismos valores exactos de rendimiento y se unen entre sí.



Práctica 4

Operación de bombas en serie

Objetivo

Observar las ventajas que se obtiene al operar las bombas centrifugas en serie.

Introducción

Cuando son variables los requerimientos de gastos Q y/o altura útil H de una instalación hidráulica, es necesario limitar la descarga de la bomba, lo cual se logra con una válvula de estrangulamiento en la descarga o disminuyendo la velocidad. Ambas opciones implican que la operación de la bomba se aleje de su máxima eficiencia. Una buena alternativa es instalar varias bombas en una estación de bombeo en serie o en paralelo de manera que al presentarse variaciones en la demanda de gasto o altura útil las bombas puedan ser activadas o desactivadas de forma independiente sin perjudicar la eficiencia de las que sigan trabajando.

Se operan bombas en serie con el propósito de suministrar mayor altura disponible H (presión) de la que proporcionan individualmente. La altura útil total suministrada por el sistema es la suma de la altura útil de cada bomba operando individualmente.



Material y equipo

- Banco para prueba de bombas*	- Tabla de adquisición de mediciones.

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Con el propósito de poder comparar el desempeño de las bombas trabajando de forma independiente contra el desempeño de las bombas trabajando en serie, se obtiene primeramente las curvas características de cada una de las bombas operando de forma independiente para una determinada velocidad como se explica en el experimento No.2. Posteriormente se hace la interconexión en serie de las dos bombas para obtener las curvas características del sistema con las bombas trabajando a la velocidad a la que fueron evaluadas independientemente.

Se prepara el equipo para operar las bombas centrífuga 1 y la bomba centrífuga 2 como se indica en la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1**.

Para lograr la conexión en serie entra ambas bombas, se debe cerrar la válvula de succión (18) de la bomba centrífuga 1, así como la válvula de descarga de la bomba centrífuga 2 y abrir la válvula para conexión en serie (17) y de la succión (10) de la bomba centrífuga 2.

Se regula el gasto Q con la válvula de descarga, llevándolo desde 0 hasta el máximo en 10 incrementos. Para cada incremento se mide los siguientes parámetros.

- **Presión en la entrada P_E** : con el manómetro conectado en la succión de la bomba centrífuga 2.
- **Presión de la salida P_s** : con el manómetro de descarga de la bomba centrífuga 1.
- **Gasto Q** : con el depósito de aforo y un cronometro.
- **Par demandado T** : con el torquímetro de cada uno de los motores.
- **Velocidad angular ω** : con el tacómetro para cada uno de los motores.
- **Voltaje V** : de cada uno de los motores.
- **Amperaje A** : de cada uno de los motores.



Con las mediciones obtenidas se calcula:

A).- La altura disponible H de la estación de bombeo:

$$H = \frac{P_S - P_E}{\rho g} \dots\dots\dots \text{Ec.(10)}$$

B).- Potencia eléctrica P_{ELEC} . Demandada

$$P_{ELEC} = V_1 A_1 + V_2 A_2 \dots\dots\dots \text{Ec.(11)}$$

C).- potencia de accionamiento (En la flecha de la bomba) de cada bomba:

$$P_a = P_{a1} + P_{a2} \dots\dots\dots \text{Ec.(12)}$$

$$P_{a1} = T_1 \omega_1 \dots\dots\dots \text{Ec.(13)}$$

$$P_{a2} = T_2 \omega_2 \dots\dots\dots \text{Ec.(14)}$$

D) Potencia útil P :

$$P = Q \rho g H \dots\dots\dots \text{Ec.(16)}$$

E) Eficiencia total del sistema

$$\eta_{tot} = \frac{P}{P_{a1} + P_{a2}} \dots\dots\dots \text{Ec.(17)}$$

Para hacer un mejor comparativo es conveniente graficar las curvas características de cada bomba.



Práctica 5

Operación en paralelo

Objetivo

Analizar las diferencias entre los sistemas de línea de tubería en serie y los sistemas de línea en paralelo.

Introducción

Si un sistema de línea de tuberías se dispone de tal forma que el fluido corra en una línea continua sin ramificaciones, se le llama sistema en serie. Por el contrario, si el sistema provoca que el fluido se ramifique en dos o más líneas, se le llama sistema en paralelo.

La naturaleza de los sistemas paralelos requiere que la técnica utilizada para su análisis sea diferente a la que se utiliza en el análisis en serie. En general, un sistema paralelo puede tener cualquier número de ramas.

El análisis de los sistemas de línea de tubería paralelos requiere el uso de la ecuación general de la energía junto con las ecuaciones que relacionan las velocidades del flujo de volumen en las diferentes ramas del sistema y las expresiones para las pérdidas de cabeza a lo largo del sistema



Material y equipo

- Banco para prueba de bombas*	- Tabla de adquisición de mediciones.

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Con el propósito exclusivamente didáctico e ilustrativo, en esta parte del experimento es conveniente considerar que la presión manométrica P_E para bombas es igual a cero, lo que equivale a considerar el límite de la bomba por el lado de la succión se extiende hasta un punto donde la presión de succión es igual a la presión atmosférica, considerando que toda ganancia o pérdida de altura geodésica, así como a las pérdidas por fricción en la tubería de succión son imputables a la bomba.

Esto nos ofrece la ventaja de tener la misma presión en la entrada para las dos bombas.

Tomando en cuenta lo anterior y con el objetivo de poder comparar el desempeño de las bombas trabajando en forma independiente contra el desempeño de las bombas trabajando en paralelo, se obtienen primeramente las curvas características de cada una de las bombas, operando de forma independiente para una determinada velocidad, como se explica en la Práctica 2.

Posteriormente se hace la interconexión en paralelo de las dos bombas para obtener las curvas características del sistema con las dos bombas trabajando a la velocidad a la que fueron evaluadas de forma independiente.

Para la conexión en paralelo de las bombas, es necesario cerrar la válvula para interconexión en serie (17) y abrir la válvula de succión (18) de la bomba centrífuga 1, la válvula de succión (10) de la bomba centrífuga 2, así como las válvulas de descarga (19) de ambas bombas.

Se regula el gasto Q con las válvulas de descarga haciendo que las presiones de salida P_S de ambas bombas sean iguales para aproximadamente 5 gastos diferentes, midiendo para cada gasto los siguientes parámetros:

Presión en la descarga P_S .- Con los manómetros de descarga de cada bomba los cuales deben dar las mismas lecturas.



Gasto Q.- Con el depósito de aforo y un cronometro.

Par demandado T.- Con el taquímetro de cada uno de los motores.

Velocidad angular ω.- Con el tacómetro para cada uno de los motores, debiendo ser iguales a las velocidades con que se hicieron los ensayos elementales de cada bomba por separado.

Voltaje V: de cada uno de los motores.

Amperaje A: de cada uno de los motores.

Con las mediciones obtenidas se calcula:

A).- La altura disponible H de la estación de bombeo:

$$H = \frac{P_S - P_E}{\rho g} \dots\dots\dots Ec.(18)$$

donde $P_E = 0$

B).- Potencia eléctrica P_{ELEC.} Demandada

$$P_{ELEC.} = V_1 A_1 + V_2 A_2 \dots\dots\dots Ec.(20)$$

C).- potencia de accionamiento (En la flecha de la bomba) de cada bomba P_a:

$$P_a = P_{a1} + P_{a2} \dots\dots\dots Ec.(21)$$

$$P_{a1} = T_1 \omega_1 \dots\dots\dots Ec.(22)$$

$$P_{a2} = T_2 \omega_2 \dots\dots\dots Ec.(23)$$

D) Potencia útil P:

$$P = Q \rho g H \dots\dots\dots Ec.(24)$$

E) Eficiencia total del sistema

$$\eta_{tot} = \frac{P}{P_{a1} + P_{a2}} \dots\dots\dots Ec.(25)$$

Para hacer un mejor comparativo es conveniente graficar las curvas características de cada bomba.



ANEXO B

Práctica 1 Turbinas hidráulicas

Objetivo

Trazar las curvas características de las turbinas a partir de los datos experimentales generados en las prácticas.

Introducción

En esta práctica se van a operar turbinas hidráulicas de acción y reacción lo cual nos dará un panorama de la importancia que tiene interpretar los datos adquiridos durante dicha operación.

Las turbinas Pelton son turbinas de chorro libre que se acomodan a la utilización de saltos de agua con mucho desnivel y caudales relativamente pequeños, con márgenes de empleo entre 60 y 1500 metros, consiguiéndose rendimientos máximos del orden del 90%.

Las turbinas Francis son de tipo radial, admisión centrípeta y tubo de aspiración; siempre se construyen en condiciones de rendimiento máximo, dando lugar a tres tipos fundamentales, lentas, normales y rápidas, diferenciándose unas de otras en la forma del rodete.

La importancia de las turbinas Hélice y Kaplan en pequeños saltos con grandes caudales, las hacen idóneas tanto en posición horizontal como vertical; por su similitud con las turbinas Bulbo, empleadas tanto en centrales maremotrices como en algunas minicentrales hidráulicas.

Las turbomáquinas de reacción se caracterizan, por producir un gradiente de presión entre la entrada y la salida del rodete. La presión de entrada del rodete es superior a la atmosférica y a la salida inferior.

Las turbinas de acción o de impulso solamente aprovechan la energía cinética del fluido; es decir, no existe gradiente de presión entre la entrada y la salida de la máquina.



Material y equipo

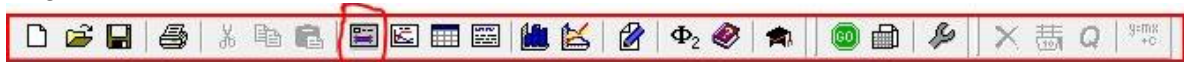
- Equipo FM6X TURBINE SERVICE UNIT*	- Hoja de adquisición de datos
- Turbina Pelton, turbina Kaplan y de Reacción	

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

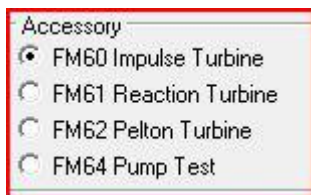
Metodología

Conformar equipos pequeños de 5 personas o más para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

10. Energizar la interface con cuidado. Recuerda que estás trabajando con 220v.
11. En la computadora nos dirigimos al menú de inicio y le damos clic izquierdo al icono del programa “FM6x turbines”.
12. Una vez abierto el programa nos vamos al submenú y le damos clic al icono que dice view diagram.



13. En la parte inferior izquierda de la pantalla dice accessory, escogemos la turbina con la que vamos a trabajar.



14. Nos dirigimos de nueva cuenta al menú de inicio y buscamos el icono que dice IFD7 Configuration Tool.
15. Si todos los elementos fueron conectados correctamente seleccionamos el equipo en la ventanilla correspondiente y le damos clic izquierdo al icono que dice “write”.
16. El proceso de carga de la turbina tarda unos cuantos minutos.



17. Una vez cargado el equipo debemos poner todos los valores a cero que en este caso sería el valor del freno, el valor de la bomba.
18. Procederemos a encender la bomba para suministrar el gasto, para poder hacer esto solo basta con presionar el botón del encendido de bomba que se llama “pump on”. Encendido marca el número uno y apagado el número cero.
19. Una vez encendida la bomba iremos subiendo el porcentaje de la velocidad de la bomba y a la vez el porcentaje del freno de manera simultánea o alternada. Este proceso se realizara hasta que el eje de la turbina comienza a girar.
20. En el momento que la turbina gire se comenzara a tomar los datos del sistema para eso presionaremos el icono verde que dice “GO” que esta el submenú de la parte de arriba de la pantalla. Siempre que necesitemos una muestra hay que presionar el icono “GO” pero antes debemos esperar unos segundos para que el sistema se estabilice.
21. Para visualizar los datos obtenidos solo basta presionar en el submenú de arriba un icono que dice view table y ahí nos mostrara todos los parámetros necesarios para completar nuestra práctica.
22. Una vez que comenzó a girar la turbina buscaremos una velocidad apropiada en el caso de la turbina Pelton $\pm 2000rpm$, Kaplan $\pm 2500rpm$ y la turbina Francis $\pm 2000rpm$. seria para mantenerla constante mientras que nosotros subimos el valor del freno y el valor de la velocidad de la bomba. Recordando tomar muestras de los diferentes valores.
23. La práctica se termina cuando llegamos al 100% del valor de la velocidad de la bomba.

Repetir todo este procedimiento con las demás turbinas.



ANEXO C

Práctica 1

Balanceo de masas en un plano

Objetivo

Aprender a balancear de manera experimental un sistema rotativo apoyándose del equipo IRD.

Introducción

Balancear es ajustar la distribución de la masa de una parte rotativa de manera que las fuerzas en los rodamientos (debido a efectos centrífugos) se reduzcan a valores pequeños. El rotor está balanceado si el centro de distribución de masa coincide con el centro de rotación. El balanceo reduce el consumo de energía en las máquinas, reduce los niveles de vibración e incrementa la vida de los rodamientos a veces de manera importante.

En la construcción de los rotores de las maquinas, resulta muy difícil o imposible hacer coincidir el centro geométrico, el centro de masas con el centro de giro de un rotor y el conjunto de estas tres causas originan desbalances de masas cuando gira el rotor y estas a su vez causan vibraciones cuya severidad depende de la magnitud de la masa desequilibrante del rotor al girar.

El balanceo de masas en un plano pretende equilibrar estáticamente las masas del rotor cuando gira a su velocidad nominal y de esta manera atenuar en lo posible los efectos de las vibraciones remanentes permisibles.



Material y equipo

- Analizador de vibraciones IRD*	-
- Una balanza de precisión y masas patrones	- Un lote de diferentes masas que puedan fijarse al rotor

* Consultar la **guía de verificaciones previas en el equipo de la práctica 1** (Para uso del personal del laboratorio).

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Sujetar los sensores de vibración sobre los cojinetes de la maquina en posición horizontal o vertical a condición de tener una de ellas la lectura más alta de vibración.
2. Cuando los sensores de vibración no se puedan sujetar sobre los cojinetes, se les acopla una varilla y en este caso se debe tener la precaución de mantener en la misma posición el sensor durante la realización del balanceo.
3. Cuando se ponga en marcha la máquina dejarla girar a SU VELOCIDAD NOMINAL.
4. Ajustar los controles del analizador como se indica a continuación.
Units: DISP
Freq. Range: 60-60k cpm.
Function: Filter Out.
5. Ajustar el selector de la “amplitud” para obtener lecturas arriba de 2/3 de la escala de medida.
6. Desactive el botón pulsador “vib freq” y fije el selector de la función “osc”.
7. Ajuste el control sintonizador de la frecuencia a la frecuencia de giro (R.P.M.) del eje o a las partes de movimiento como sigue:
 - a).-Encienda la lámpara de luz estroboscópica y dirija su luz intermitente sobre el eje en rotación.
 - b).-Ajuste la frecuencia y sintonice su control para obtener una imagen estática en la parte que se está moviendo.
 - c).-La lectura de la frecuencia registrada en el L.C.D. y obtenida al sintonizar la frecuencia para crear una imagen estática, es el valor exacto de las R.P.M. a la cual gira el eje.



- 8. Fijar el selector en la función “bal” y oprimir el botón pulsador 1-pl. la incorporación del impresor será el primer segmento del proceso del balanceo como se indica a continuación:

Balance < 1-PL >
 Mach I.D. Fan
 Spin rotor
 Original Bal
 160° Deg *1 Vo = 8.0< 160°
 8.0 Mils 2
 * Meas cw from
 Statney ref Mrk
 To Rotor ref Mrk
 Stop Rotor
ENGLISH

Balance < 1-PL >
 Mach I.D. Fan
 Spin rotor
 Original Bal
 160° Deg *1 Vo = 203< 160°
 203 mm 2
 *Meas cw from
 Statney ref Msk
 To Rotor ref Mrk
 Stop Rotor
METRIC

- 9. Con la maquina girando a su velocidad de balanceo y el analizador con el filtro sintonizado a la frecuencia exacta de las R.P.M. del eje, oprímale botón pulsador “Ampl.” y observando la lectura de la pantalla del L.C.D. (si se necesita reajustar el selector de la amplitud hágala) se obtendrá el nivel de de la lectura de la amplitud real en el medidor analógico. El registro de esta amplitud original (8.0 mils) del desbalance y del ángulo de fase (160°) referido a las marcas impresas (ver figura 4-7 del instructivo).
- 10. Detener el giro de la maquina y oprima el botón pulsador 1-PL las siguientes etapas de la secuencia de balanceo estará impreso como sigue:

$$\text{Safe Tw < oz-inch >} = \frac{\text{Rtr Wt In Lbs}}{17.7(\text{Ram}/1000)^2}$$

$$\text{Safe Tw < 6M-cm >} = \frac{\text{Rtr Wt In Kg}}{0.1115 (\text{Ram}/1000)^2}$$

1OZ = 28.35 Gm. Mp = 5< 270°
 IST Tw r = 6 Pulg.
 270° Deg ** 5
 5 Oz 6
 6“ Rad
 **Meas Cw From
 Rot Ref Mrk
 To Tw Pos

15T Tw Mp = 142< 270°
 r = 15.2 Cm
 270° Deg ** 5
 142 Gm ** 5
 15.2 cm Rad
 ** Meas Cw From
 Rot Ref Mrk
 To Tw Pos

ENGLISH

METRIC



11. Empleando la ecuación proporcionada por el impresor, calcule el valor de la masa de prueba adecuado, e instale dicha masa sobre el rotor de la maquina en el punto localizado con un radio y ángulo seleccionados convenientemente. Generalmente se suele emplear el mismo radio para fijar otras masas del rotor durante su balanceamiento.

Advertencia: Todas las masas que se instalen sobre algún rotor que se va a balancear se deben sujetar para evitar accidentes.

Precaución: Si se usa soldadura eléctrica para sujetar los contrapesos de balanceo al rotor, antes se procederá a desmontar los sensores de las chumaceras de la maquina, a fin de evitar daños severos al analizador, que pueden originar las altas corrientes que suministran los cables del equipo de soldadura.

12. Poner en marcha la máquina a su velocidad nominal de funcionamiento posteriormente oprima el botón pulsador 1PL y la siguiente etapa del procedimiento de balanceo será impreso como sigue:

Spin rotor
Ist tw bal
110 Deg * 3 $V_{O+P} = 3.5 < 110^\circ$
3.5 Mils 4
Stop motor
Remove Tw

Spin rotor
Ist tw bal
110 Deg * 3 $V_{O+P} = 79 < 110^\circ$
79 mm 4
Stop motor
Remove Tw

ENGLISH

METRIC

13. Fije el selector en la función “osc” y oprima el botón pulsador “vib. Freq.” Verifique la sintonía de la frecuencia de giro del motor afinando el control de la luz estroboscópica y de ser necesario ajústela moviendo lentamente su selector hacia atrás y hacia delante y oprima el botón pulsador “Ampl.”. Registre el ángulo de fase y la amplitud del balanceo en la impresión. (La figura 4-8 del instructivo ilustra las lecturas de 110° y 3.1 mils del desbalance que produjo la masa de prueba instalado en el rotor).

14. Se para la maquina y se desmonta del rotor la masa de prueba.

15. Calcular la masa de corrección y el ángulo en que se instalara dicha masa tomando en consideración los datos obtenidos en el proceso. Los datos del balanceo pueden estar guardados en la memoria del programa de cálculos descrito en el apartado “D” o aplicando la técnica de la suma grafica de vectores que se realiza como sigue:



a).- *Los vectores se suelen representar gráficamente por medio de flechas, cuya longitud se dibuja a escala a la magnitud de la vibración que representa y su dirección lo indica la punta de la flecha dibujada con su ángulo de desfase con relación a una referencia.
-Construcción del diagrama vectorial.

A partir del centro de una carta polar se trazan los vectores V_o y V_{O+P} y los extremos externos de ambos vectores se unirán con una línea recta, que representa al vector V_p y que fue inducida por la masa de prueba y su valor está representada con la misma escala y de su sentido es la misma que la de V_o a la que se suma gráficamente y opuesta al vector resultante V_{O+P} .

En una carta polar se construye a escala un diagrama vectorial, en donde V_o representa el vector original de la vibración que origina la masa desbalanceada del rotor y posee el valor de la amplitud de la vibración así como el ángulo de desfase de la misma vibración y V_{otp} representa al vector resultante de la vibración que inducen los efectos de la suma de la masa original de desbalance y la masa de prueba instalada sobre el rotor.

b).-Se recurre a la carta polar en donde fue trazado el diagrama vectorial, la magnitud de cada vector esta dibujado a la misma escala y la dirección de los vectores están relacionados con los ángulos internos de los vectores del diagrama vectorial. Empleando un transportador se mide el ángulo interno θ que existe entre los vectores V_o y V_p y para este ejemplo ilustrativo su valor es de 25° determinación del ángulo de corrección (θ_c) en las que se instalara la masa DC corrección, se obtiene con el valor del ángulo (θ_p) en la que fue instalado la masa de prueba sobre el rotor sumando algebraicamente el ángulo interno medido (θ) en el diagrama vectorial. El signo del ángulo θ se obtiene comparando los sentidos de los giros siguientes: Considerando como centro de giro el vértice del ángulo θ se alinea mentalmente el vector V_p con el vector V_o (en el ejemplo ilustrativo) El desplazamiento angular es en sentido de las manecillas del reloj y los ángulos considerados en la carta polar tienen el sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, entonces al ángulo θ se le antepone el signo negativo y cuando coinciden dichos sentidos se les antepone el signo positivo a θ . Así que para el ejemplo ilustrativo se tendrá $\theta_c = \theta_p - \theta = 270 - 25 = 245^\circ$ Ec.(1)

c).- Cálculo del valor de la masa de corrección requerido para balancear la masa del rotor y con esto atenuar sus vibraciones.

Este cálculo depende del valor del vector V_p que es obtenido del diagrama que fue trazado en una carta polar.

La masa de corrección se obtiene multiplicando el valor de la masa de prueba por la relación del valor del vector (V_o) de la vibración original y el valor de la vibración (V_p) inducida por la masa de prueba instalada en el rotor.

$$\text{Masa de corrección} = (\text{masa de prueba}) \frac{V_o}{V_p} \dots\dots\dots \text{Ec.(2)}$$



Para el ejemplo ilustrativo se tiene:

Masa de prueba = 5 onzas, Vo = 8 mils de amplitud de la vibración y del diagrama vectorial se obtiene el valor de Vp = 6.36 mils.

Masa de corrección = (5onzas) $\frac{8.0\ mils}{6.36\ mil} = 6.2893\ onzas$

- 16. Oprima para activar el botón pulsador "1 - PL" y registre el valor de la masa de corrección de la grafica de vectores o del programa de cálculo como se ilustra a continuación:

Calculate corr. Wt
Correction Wt
245 deg * B
6.2893 oz A
6" Rad

Calculate corr. Wt
Correction Wt
245 Deg ** B
178.3 Gm A
15.24Cm Rad

ENGLISH

METRIC

- 17. Instale la masa de corrección sobre el rotor con las coordenadas polares indicados en el inciso anterior (O-d) y haga girar la maquina a su velocidad nominal. Oprima para reactivar el botón pulsador "1-PL" y registre la información del balanceo en el impresor como sigue:

Spin rotor
Correccion Bal
260 Deg * 3
1.0 mils 4
Stop rotor
Remoe Tw and
Calculate Corr. Wt
If Required

Spin rotor
Correccion Bal
260 Deg * 3
25.4 m 4
Stop rotor
Remoe Tw and
Calculate Corr. Wt
If Required

ENGLISH

METRIC



Considerando las lecturas (paso no 17) de la vibración remanente del desbalanceo que todavía existe en el rotor y que no concuerda con el resultado diagnosticado por el diagrama vectorial debido que las amplitudes de la vibraciones de V_p y V_p no son las mismas y para compensar este posible error, se deberá realizar una o más corridas adicionales de balanceo, variando el valor de la masa de Corrección en las cercanías del valor calculado, por experiencia se sabe, que se necesita de muchísimas corridas adicionales para que la vibración remanente resulte cercano a cero y por esa razón, es necesario conocer las tolerancias aceptables de las amplitudes de las vibraciones remanentes resulte cercano a cero, y por esa razón es necesario conocer las tolerancias aceptables de las vibraciones remanentes a fin de ahorrar el tiempo de indisponibilidad de las maquinas así como los altos costos inherentes del balanceo para continuar realizando dichas correcciones se continuara usando el método grafico de la suma de vectores o el programa para realizar dichos cálculos ya explicados anteriormente en el paso 16.

Para ilustrar dicho proceso se supondrá una masa de corrección de 6.15 onzas que será fijada al rotor a 6 pulgadas del centro de giro y con un ángulo de 245° de la marca de referencia, a continuación oprima el botón pulsador "1 P-L" y registre los valores de la Corrección en el impresor como se muestra a continuación.

Correction Wt
245 Deg ** B
6.15 oz A
6 Pulg Rad

Correction Wt
245 Deg ** B
174.4 Gm A
15.2 Cm Rad

ENGLISH

METRIC

NOTA: Oprima para desactivar el botón pulsador "Clear/Reset" al terminar la impresión del balanceo.

18. Parar y desenergizar la maquina en la que se realizo las prácticas de balanceo.
19. Elaborar el informe de la práctica realizada anotando sus conclusiones.



ANEXO D

Práctica 1 Fricción en un tubo recto

Objetivo

Estudiar experimentalmente las pérdidas de carga en una línea de distribución mediante tubos piezométricos.

Introducción

El flujo de fluido en tuberías siempre está acompañado del rozamiento de las partículas del fluido entre sí, y consecuentemente, por la pérdida de energía disponible, es decir, tiene que existir una pérdida de presión en el sentido del flujo.

La fórmula de Darcy-Weisbah*, es la fórmula básica para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías y conductos.

La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar (si el coeficiente de fricción $64/Re$, donde el Re no sobre pase el valor de 2000). Ahora para flujo turbulento de cualquier líquido en una tubería se puede aplicar sin restricción Sin embargo, puede suceder que debido a velocidades extremas, la presión corriente abajo disminuya de tal manera que llegue a igualar, la presión de vapor del líquido, apareciendo el fenómeno conocido como cavitación. Con el debido razonamiento se puede aplicar a tubería de diámetro constante o de diferentes diámetros por la que pasa un fluido donde la densidad permanece razonablemente constante a través de una tubería recta, ya sea horizontal, vertical o inclinada. Para tuberías verticales, inclinada o de diámetros variables, el cambio de presión debido a cambios en la elevación, velocidad o densidad del fluido debe hacerse de acuerdo a la ecuación de Bernoulli.

Esto es importante, ya que permite al ingeniero determinar las características del flujo de cualquier fluido que se mueva por una tubería, suponiendo conocidas la viscosidad, la densidad en las condiciones de flujo.

- Factor De Fricción Flujo Laminar ($Re < 2000$)
- Factor De Fricción Para Flujo Turbulento ($Re > 4000$)

Cuando el flujo es turbulento el factor de fricción no solo depende del número de Reynolds, sino también de Rugosidad relativas de las paredes de la tubería, ϵ/D , es decir, la rugosidad de las paredes de la tubería ϵ comparadas con el diámetro de la tubería D .

Como el tipo de la superficie interna de la tubería comercial es prácticamente independiente del diámetro, la rugosidad de las paredes tiene mayor efecto en el factor de fricción para diámetros pequeños.



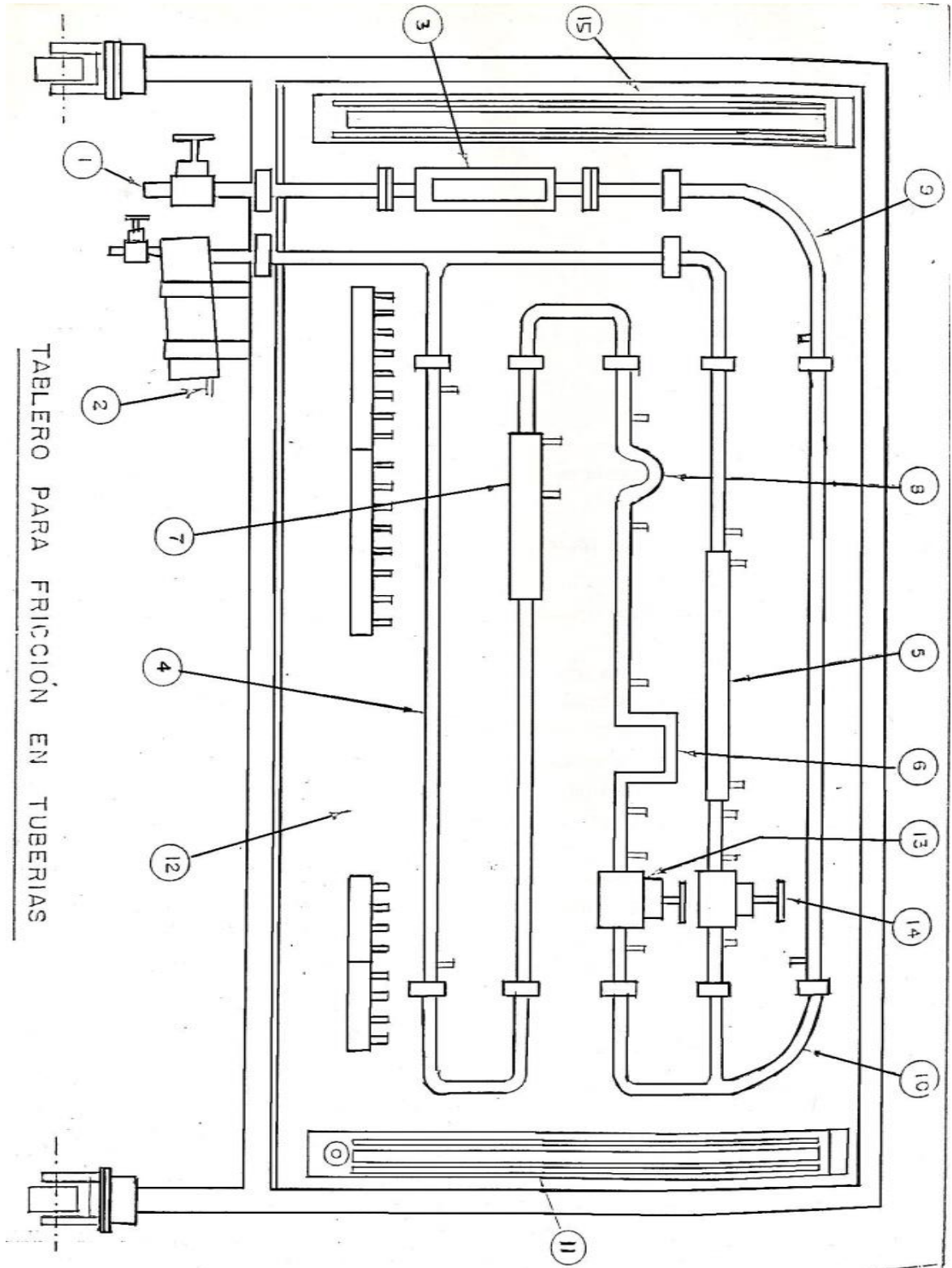
Material y equipo

- Tablero para fricción en tuberías.	- Deposito graduado.
- Motor-bomba de ¼ de hp	- Cronometro.

Metodología

Se hará la descripción del equipo para medir perdidas por fricción en tuberías y diversas conexiones:

- 1) Entrada del agua
- 2) Salida del agua
- 3) Rotámetro
- 4) Tubo recto
- 5) Expansión y contracción bruscas
- 6) Codos de 90° tipo MITRE
- 7) Medidor de venturi
- 8) Codos estándar de 90°
- 9) Codo de radio largo
- 10) Codo de radio largo
- 11) Manómetro de Hg
- 12) Tableros de manómetros
- 13) Válvula de compuerta
- 14) Válvula de globo
- 15) Manómetro de H₂O





Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Verificar que la salida de la bomba de ¼ hp del canal variable este conectada a la entrada (1) del tablero de fricciones de no ser así pedir al laboratorista que realice la conexión hacia el tablero de fricciones.
2. Verificar que todas las válvulas estén abiertas que son la válvula de entrada (1), la válvula de globo (14) y la válvula de salida pero a excepción de la válvula de compuerta (13) que nos servirá posteriormente .
3. Dejar abierto los grifos con las letras F, E, C, A y B. todos los demás deberán permanecer cerrados
4. Colocar en la salida del agua (2) el depósito graduado y tener listo el cronometro para realizar las mediciones.
5. Energizar el motor de ¼ hp.
6. Con el depósito graduado y el cronometro, realizar 3 mediciones de caudales, el caudal promedio será utilizado para cálculos posteriores.
7. Medir las diferencias de alturas en el manómetro de Hg (11) del diámetro de la tubería con la cual se está trabajando.
8. Medir la temperatura del agua y determinar la viscosidad cinemática que corresponde.(a través de una tabla)

Con las mediciones obtenidas es posible calcular:

A) Velocidad media $V = \frac{Q}{A}$ Ec.(1)

En donde:

A: área de la tubería de cobre con un diámetro 3/4 "

B) Numero de Reynolds

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu}$$
Ec.(2)

C) Determinar el factor de fricción según el régimen de escurrimiento (fricción experimental).

Escurrimiento laminar: $f = \frac{64}{R_e}$ Ec.(3)



Escurecimiento turbulento en paredes lisas:

f = 0.316 / Re^0.25 Ecuación de Blassius 4,000 < Re > 10^5.....Ec.(4)

f = 0.0032 + 0.221 / Re^0.237 Ecuación de Nikuradse Re > 10^5.....Ec.(5)

Cañerías en transición lisas-rugosas:

1/f^0.5 = -2 log [epsilon / (3.7D) + 2.51 / (Re * f^0.5)] Ecuación de Blassius Re > 10^5.....Ec.(6)

Escurecimiento turbulento en cañerías Rugosas

1/f^0.5 = -2 log [epsilon / (3.7D)] Ecuación de BlassiusEc.(7)

D) Con la formula de Darcy- Weisbach calcular la fricción teórica y comparar la diferencia porcentual con la fricción experimental.

hf = (f * L * V^2) / (D * 2g)Ec.(8)

E) Para la misma tubería cambiar el caudal y repetir los paso anteriores.



Práctica 2 Tubo de Venturi

Objetivo

Estudiar teórica y experimentalmente las características de funcionamiento de un aforador de Venturi, instrumento que permite medir caudales en tuberías de presión.

Introducción

El principio de funcionamiento de un tubo de Venturi se basa en la constancia del Bernoulli entre una sección de la tubería próxima al instrumento y la zona de estrechamiento o garganta del Venturi. Combinando la ecuación de Bernoulli con la ecuación de continuidad, se llega a obtener una expresión para el gasto, como una función de la diferencia de presiones entre la tubería y la garganta. Esta diferencia de presiones se mide con un piezómetro. Si Δh es la lectura piezométrica, A_2 es el área del Venturi en la garganta, D es el diámetro del Venturi aguas arriba y d es el diámetro del Venturi en la garganta.

La expresión del gasto que se ha considerado con las variables expuestas no se a tomado en cuenta las perdidas por carga, por lo tanto representa una aproximación teorica; por lo cual esta se factoriza por un coeficiente de corrección denominado *coeficiente de gasto* (C_d).

El coeficiente C_d , se determina por una calibración con la determinación experimental del caudal y la diferencia piezométrica.



Material y equipo

- Tablero para fricción en tuberías.	- Deposito graduado.
- Motor-bomba de ¼ de hp	- Cronometro.

Metodología

Conformar equipos de 5 personas para llevar a cabo las pruebas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Verificar que la salida de la bomba de ¼ hp del canal variable este conectada a la entrada (1) del tablero de fricciones.
2. Verificar que solamente la válvula de entrada (1) la válvula de compuerta (13) y la de salida estén completamente abiertas. Exceptuando la válvula (14).
3. Cerrar todos los grifos a excepción de los que tienen las letras marcadas K, M y N. Puestos estos nos darán los valores de altura según la imagen No. 2
4. Colocar en la salida del agua (2) el depósito graduado y tener listo el cronometro para realizar las mediciones.
5. Energizar el motor de ¼ hp.
6. Con el depósito graduado y el cronometro, realizar 3 mediciones de caudales, el caudal promedio será utilizado para cálculos posteriores.
7. Medir las diferencias de alturas en el manómetro de H₂O (15) para el Venturi.

8. Se calculara el gasto teórico con la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}} \times A_2 \dots\dots\dots Ec.(1)$$

Donde: Δh = lectura piezométrica

A_2 = área del Venturi en la garganta

D = diámetro del Venturi aguas arriba (19.94 mm)

d = diámetro del Venturi en la garganta (9.8 mm ó 3/8")

9. Con el gasto experimental y el gasto teórico calcular el coeficiente de gasto C_d mediante la ecuación:

$$Q = C_d \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}} \times A_2 \dots\dots\dots Ec.(2)$$

10. Fijar un nuevo gasto y repetir el procedimiento.

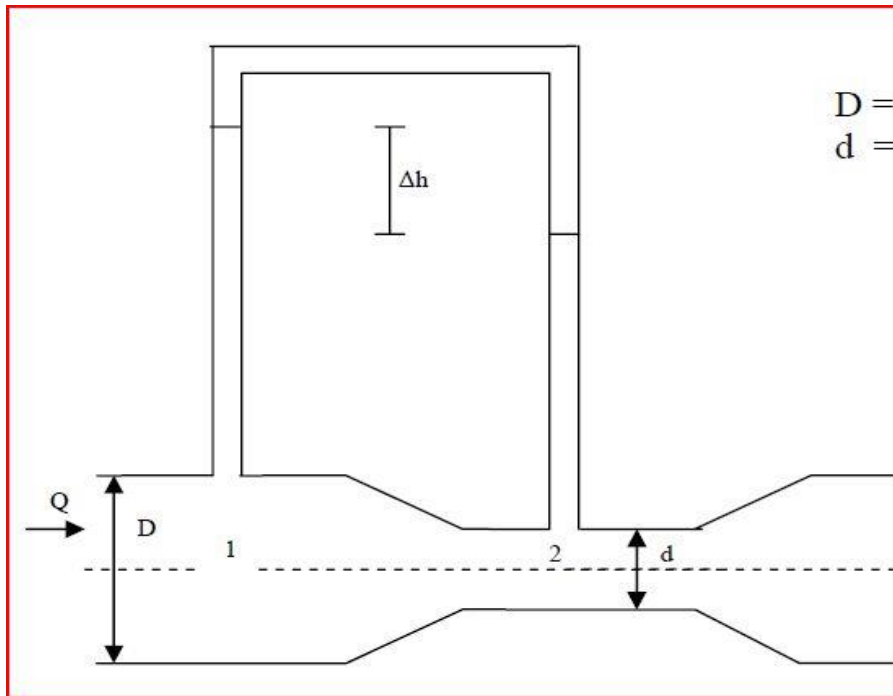


Imagen No .2