

T-UES
1503
C355Y
1992
EJ. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA



"REHABILITACION DE EQUIPO DE LABORATORIO
PARA EL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS
FLUIDOMECANICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA
MECANICA"

Trabajo de Graduación presentado por:

Salvador Castro Rivera
Jesús Stanley Palacios Pacas
Heriberto Pérez Orellana

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO

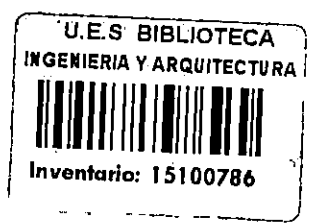
15100786

MAYO, 1992



SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

Heriberto Pérez Orellana 26 Mayo/92



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:


INGENIERO MECANICO

Título: REHABILITACION DE EQUIPO DE LABORATORIO PARA
EL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS FLUIDOMECANICOS DE
LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA.

Presentado Por: Salvador Castro Rivera
Jesus Stanley Palacios Pacas
Heriberto Pérez Orellana

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador y Asesor:


ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

San Salvador, Mayo de 1992.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO : ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR : ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

DEDICATORIA

AL CREADOR DEL UNIVERSO

Por permitirme existir en este plano físico, para que mi ego pudiese alcanzar una de las metas de mi loqos.

A MIS PROGENITORES

A quienes sin su pre existencia no hubiese sido posible que llegase a esta etapa de mi superación, más aún, por el valioso aporte socio económico que fueron capaces de darme, a pesar de las viscitudes que afrontaron.

A MI FAMILIA

Por darme el álo de energía necesaria para alcanzar las metas y en especial a mi esposa SILVIA MARADIAGA DE CASTRO,, quien tuvo la enteresa de solidarizarce en mis largas noches de desvelos y trabajos.

A MIS HERMANOS

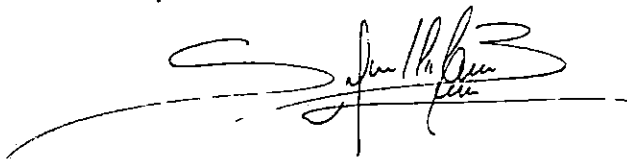
Por el apoyo moral que me brindaron en mi largo caminar.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO DE GRADUACION

Por respetar mis ideas y darme ese voto de confianza en la consecución de las multiples metas alcanzadas durante el desarrollo del trabajo.

A MIS AMIGOS EN GENERAL

Por su apoyo logístico, económico y cultural con que contribuyeron durante mis largos años de estudio.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Juan Pablo...', written over a horizontal line.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO Y MARIA SANTISIMA

Por permitirme existir y confortarme espiritualmente en los momentos más difíciles de mi vida.

A MIS PADRES

Jesús Antonio y Juana Francisca por brindarme su amor, confianza y apoyo incondicional durante toda mi vida.

A MIS HERNAMOS

Runy Idalia, Martín Rizzieri, Leda Lizzette por su colaboración, confianza y comprensión para los momentos más difíciles y siempre.

A MIS TIOS

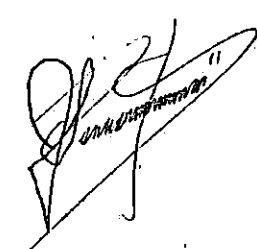
Por su confianza y apoyo a lo largo de mi estudio; de manera muy especial a tía Chave, tía Paqui y Lito por su ayuda incondicional en mi carrera de formación profesional.

A MIS FAMILIARES

Por su cariño, comprensión y apoyo.

A MIS AMIGOS

Por su estímulo y apoyo oportuno de manera especial a la familia Castro Maradiaga por compartir su hogar durante el desarrollo de este trabajo. A Lilo por su colaboración en la rotulación de gráficos y planos.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Lilo', is located at the bottom right of the page. The signature is stylized and written over a diagonal line.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO, MARIA SANTISIMA Y SAN FRANCISCO DE ASIS.

Por haberme protegido e iluminado y haber hecho posible que alcanzase este triunfo.

A MIS PADRES.

Felipe Heriberto y Ana Mirian, por los sacrificios que durante toda mi formación realizaron y por el amor y confianza que me brindaron.

A MIS HERMANAS.

Ana Rosario, Nery Milagro y Mirian Edith, por haberme brindado su apoyo en todo momento.

A MI TIO.

Juan Raul Orellana, por haberme transmitido sus conocimientos que tan valiosos han sido en mi formación.

A MIS TIOS Y TIAS.

Quienes siempre, con mucho cariño, me animaron y confiaron en mi.

A MIS ABUELOS Y ABUELAS.

Como un reconocimiento a los esfuerzos que ellos, un día, realizaron y hoy se ven fructificados.

A MIS MAESTROS Y FORMADORES.

En especial a la comunidad Franciscana de Los Planes de Renderos y a todos mis maestros que de manera desinteresada me transmitieron sus conocimientos a lo largo de mi formación.

A MIS AMIGOS.

Quienes en todo momento estuvieron conmigo y me ayudaron en mi formación. Rizzieri, Ronald, Guillermo..... y muchos otros que sería imposible mencionarlos, para ellos mis agradecimientos. A Silvia de Castro un agradecimiento especial por haber tenido la gentileza de atendernos en su hogar durante el desarrollo del presente.

A MI AMOR.

Marta Concepción, por brindarme su amor y apoyo en todo momento desde que nos amamos y a sus padres, un agradecimiento por su comprensión y apoyo.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Silvia de Castro', written in a cursive style with a horizontal line underneath.

INDICE

INTRODUCCION.....	I
ALCANCES Y JUSTIFICACIONES.....	II

CAPITULO UNO

DETERMINACION DEL ESTADO FISICO DE LOS EQUIPOS A REHABILITAR

1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	1
1.3	ESTADO FISICO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO A REHABILITAR	2
1.3.1	Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas	2
1.3.2	Banco para pruebas hidráulicas	3
1.3.3	Dispositivo para el estudio del flujo a través de orificios	4
1.3.4	Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro	5
1.3.5	Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo	5
1.3.6	Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetro tipo Bourdon	6
1.3.7	Visualizador de líneas de flujo de agua..	7
1.3.8	Visualizador de líneas de flujo de humo..	8

CAPITULO DOS
DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS
EQUIPOS A REHABILITAR

2.1	INTRODUCCION.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
2.3	PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO.....	10
2.3.1	Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas	10
2.3.2	Banco para pruebas hidráulicas	12
2.3.3	Dispositivo para el estudio de flujo a través de orificios	14
2.3.4	Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro	16
2.3.5	Dispositivo para medir la pérdida a lo largo de un tubo	18
2.3.6	Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon	19
2.3.7	Visualizador de líneas de flujo de agua ..	21
2.3.8	Visualizador de líneas de flujo de humo ..	23

CAPITULO TRES
REDISEÑO DEL EQUIPO A REHABILITAR

3.1	INTRODUCCION.....	26
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	26
3.3	REDISEÑO DEL EQUIPO A REHABILITAR PARA EL LABORATO- RIO DE MECANICA DE FLUIDOS.....	27
3.3.1	Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.....	27
3.3.1.1	Justificación del uso de la bomba existente en el laboratorio de Mecánica de los Fluidos.....	27

3.3.1.2	Cálculo de la bomba recomendada, para operar satisfactoriamente en el banco de pérdidas.....	38
3.3.1.3	Conexiones de tomas de presión..	40
3.3.1.4	Acople del conjunto motor-bomba..	41
3.3.1.5	Uso de manómetros en las tomas de presión.....	44
3.3.1.6	Diseño de perilla para válvulas...	45
3.3.1.7	Diseño del tubo de Pitot, para la medición del perfil de velocidad en la tubería de acrílico de dos pulgadas de diámetro.....	45
3.3.2	Banco para pruebas hidráulicas.....	47
3.3.2.1	Montaje de línea de bombeo.....	47
3.3.2.2	Justificación del uso de la bomba centrífuga zcp-1001 existente en el laboratorio de Mecánica de Fluidos.	49
3.3.3	Dispositivo para el estudio del flujo a través de un orificios.....	50
3.3.4	Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.....	51
3.3.4.1	Alabe hemisférico.....	51
3.3.4.2	Peso desplazable	52
3.3.5	Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.....	53
3.3.6	Calibrador hidráulico de peso muerto para manó metros tipo Bourdon.....	53
3.3.6.1	Vástagos de válvulas.....	53
3.3.6.2	Pesos de tara conocida.....	54
3.3.7	Visualizador de líneas de flujo de agua...	55
3.3.7.1	Estabilizador de flujo	55
3.3.7.2	Lámpara fluorescente para iluminación del área de trabajo.....	56
3.3.7.3	Uso de retroproyector	57

3.3.7.4	Utilización de partículas en suspensión.....	58
3.3.8	Visualizador de líneas de flujo de humo.....	58

CAPITULO CUATRO

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE LA RECONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO

4.1	INTRODUCCION.....	60
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	60
4.3	FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE RECONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO PARA MECANICA DE LOS FLUIDOS A SER REHABILITADOS.....	60
4.3.1	Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.....	60
4.3.2	Banco para pruebas hidráulicas.....	62
4.3.3	Dispositivo para el estudio del flujo a través de orificios.....	63
4.3.4	Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.....	63
4.3.5	Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.....	64
4.3.6	Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.....	65
4.3.7	Visualizador de líneas de flujo de agua..	65
4.3.8	Visualizador de líneas de flujo de humo..	66
4.3.9	Balance de costos y estimados extras.....	67

CAPITULO CINCO

DISEÑO DE GUIAS DE LABORATORIO Y ESTRUCTURACION DEL REPORTE

5.1	INTRODUCCION.....	69
5.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	70
5.3	GUIAS DE LABORATORIOS.....	70
5.3.1	Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.....	71
5.3.2	Dispositivo para el estudio del flujo a tráves de un orificio.....	80
5.3.3	Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.....	88
5.3.4	Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.....	96
5.3.5	Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.....	106
5.3.6	Visualizador de líneas de flujo de agua.	111
5.3.7	Visualizador de líneas de flujo de humo.	115
5.4	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PRESENTACION DEL REPORTE DEL LABORATORIO.....	133
5.4.1	Disposiciones generales.....	133
5.4.2	Estructura del reporte.....	133

CAPITULO SEIS

RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS

6.1	INTRODUCCION.....	137
6.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	137
6.3	PRESENTACION DE RESULTADOS.....	137
6.3.1	Tablas de lecturas y cálculos del laboratorio realizado en el banco para determinar las pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.....	139

6.3.2	Gráfica comparativas de las pérdidas primarias contra caudal, obtenidas del banco para el estudio de las pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.....	140
6.3.3	Tabla de lecturas y cálculos, y gráficos de la variación del caudal contra la altura piezométrica en el estudio del flujo a través de un orificio.....	142
6.3.4	Tabulación de lecturas y cálculos de los resultados del estudio del impacto de un chorro.....	144
6.3.5	Tabulación de lecturas y cálculos de los resultados del experimento del estudio de pérdidas a lo largo de un tubo, utilizando los manómetros piezométricos.....	146
6.3.6	Relaciones gráficas del gradiente hidráulico contra velocidad y el logaritmo del gradiente hidráulico contra el logaritmo de la velocidad.....	147
6.3.7	Resultados de la calibración de manómetros del tipo Bourdon, en el dispositivo de calibración de peso muerto.....	149
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
	BIBLIOGRAFIA.....	156
	ANEXOS.....	158

INTRODUCCION

La enseñanza experimental en ingeniería es de mucha importancia, ya que a través de ella se logran comprender mejor los conceptos físicos y matemáticos relacionados con algún fenómeno en particular para luego potenciar la capacidad de análisis de los estudiantes.

Al rehabilitar los diversos equipos de laboratorio se esta contribuyendo a mejorar cuantitativa y cualitativamente la educación, que a través del Departamento de Sistemas Fluido-Mecánicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica se sirve a los estudiantes.

Estableciendo la factibilidad técnica de reconstrucción, los costos de reparacion de los equipos y rediseñando elementos faltantes o deteriorados de los equipos se logra determinar la conveniencia de la rehabilitación.

Para que el equipo sea eficazmente utilizado, al final se desarrollan las guías de laboratorio de las prácticas que los estudiantes pueden realizar en los diferentes equipos rehabilitados; tambien, se propone una unificación de la estructura de los reportes que deberán presentar los estudiantes para su posterior evaluación por parte del docente.

Cada uno de los experimentos fueron cuidadosamente desarrollados, tratando de minimizar el error humano, de los cuales sus resultados son mostrados, para que sirvan de parámetros comparativos al momento de la evaluación. .

ALCANCES Y JUSTIFICACIONES

Establecer los costos de reparación de ocho equipos de laboratorios que se encuentran en deterioro; estos costos, se tomaran de base al rehabilitarlos, para su posterior rediseño, construcción y selección de mecanismos y componentes del equipo para su adecuado funcionamiento, y así, incrementar la enseñanza experimental y poder ofrecer servicios de laboratorios a otras unidades de la facultad, a través del Departamento de Sistemas Fluido-Mecánicos.

Dejar establecidos las guías de laboratorio que se ejecutaran en los equipos rehabilitados.

CAPITULO UNO

DETERMINACION DEL ESTADO FISICO DE LOS EQUIPOS A REHABILITAR

1.1 INTRODUCCION

En este capítulo, se describe brevemente la función que prestan los equipos de laboratorio a rehabilitar; además, se determina el estado físico en que se encuentran los mismos al inicio del trabajo de reconstrucción, para luego poder determinar si es posible su rehabilitación.

Entre los equipos sujetos de investigación estan: el banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas; los bancos utilizados para realizar diferentes pruebas hidráulicas; los dispositivos para el estudio de flujos a través de orificios, impacto de un chorro, para medir las pérdidas a lo largo de un tubo; el calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros del tipo Bourdon y los visualizadores de líneas de flujo de agua y de humo.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- A. Describir brevemente el funcionamiento de cada uno de los equipos a rehabilitar.**
- B. Establecer visualmente el estado de los diferentes equipos.**
- C. Listar la ausencia de elementos de cada uno de los equipos.**
- D. Determinar la posibilidad de rehabilitación de los equipos.**

1.3 ESTADO FISICO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO A REHABILITAR.

1.3.1 Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Este aparato está montado sobre un banco desplazable, que utiliza dos tipos de tubería (cobre y acrílico), de cuatro diferentes diámetros (2", 1", 1/2" y 1/8"), en la cual se trata de simular una instalación hidráulica, donde se dan las pérdidas primarias que forman parte importante de la sumatoria de pérdidas de energía que se dan en las distribuciones hidráulicas.

Forman parte de este banco, un número de elementos que nos dan la configuración física de las cuales solamente los tramos de tubería recta entran en el estudio de pérdidas. Se incorporan al banco, diferentes componentes que cumplen con los estándares normalizados para pruebas, tales como: los agujeros para medir caudales, tomas de presión, manómetros diferenciales, aforo; y los siguientes accesorios: motobomba, reservorio de agua, conectores de tubería, mangueras plásticas.

En cuanto al banco se puede apreciar un considerable deterioro físico, debido al abandono en que se encuentra, observándose la ausencia de los siguientes componentes:

- Conjunto motobomba (bomba del tipo centrifuga).
- Mercurio (para los manómetros diferenciales).
- Manguera plástica de 1/4" para conexión (entre manómetros y tomas de presión).
- Conectores de 1/4" (taps).
- Pernos y tornillos de diferentes medidas.
- Accesorios de PVC (codos, reductores, camisas y adaptadores), para tuberías de 3/4" y 2" de diámetro.

- Secciones de tubería PVC de 3/4" y 2" de diámetro.
- Tubería de acrílico de 1/4" para manómetros (plexiglass).
- Camisas flexibles para tubería de 2" de diámetro.
- Abrazaderas para tubería de 2" de diámetro.

1.3.2 Bancos para pruebas hidráulicas.

El banco esta construido para el uso de un adecuado y preciso control de reflujo de agua, el cual puede ser usado para la realización de distintos experimentos. El flujo puede ser fácilmente ajustado, y la cantidad descargada es medida usando un simple y preciso sistema de pesado.

La unidad actúa como un reservorio del agua necesaria para el experimento, de tal forma que ningún suministro adicional o drenaje es requerido.

La parte superior esta diseñada para ser usada como área de trabajo donde se realizan los experimentos.

En el Área de laboratorios de mecánica de fluidos se cuenta con dos de estos bancos, los cuales se encuentran, en forma general, en buen estado; faltando solamente algunos elementos, entre los cuales podemos mencionar:

- Conjunto motobomba (del tipo centrífuga) en ambos equipos.
- Secciones de mangueras (de 3/4" de diámetro).
- Abrazaderas (de 1/2", 3/4" de diámetro).
- Pernos plásticos (de 3/8" x 3/4").

Las unidades fueron probadas bajo presión de agua, utilizando un conjunto motobomba, detectándose las siguientes fallas:

- Válvulas de suministro presentan fugas a través del vástago.
- Empaquetaduras de las válvulas de drenaje de los tanques de pesado envejecidas, por lo que hay fugas.

- Guías de válvula de drenaje corroídas.
- Uno de los tanques de pesado presenta una grieta en el fondo.
- Falta de lubricación de los diferentes pivotes y rodamientos.
- Falta de limpieza del reservorio y tanque de pesado.

1.3.3 Dispositivo para el estudio del flujo a través de un orificio.

Este aparato hace posible realizar un completo análisis del flujo a través de un orificio, el cual está montado en el fondo del dispositivo. Cuando se utiliza sobre el banco de pruebas hidráulicas descrito en el apartado 1.3.2, se coloca de tal forma que el chorro del orificio descargue dentro del receptor que conduce el agua hacia el tanque de pesado.

El aparato está provisto de un soporte desplazable (mecanismo transversal), el cual permite posicionar un tubo de Pitot en cualquier parte del chorro; además, junto a él se encuentra una hoja metálica que permite medir el diámetro de la vena contracta.

La altura total y la altura de pitot se muestran en tubos manométricos adyacentes al tanque cilíndrico.

El estado actual del dispositivo es completamente satisfactorio, solamente necesita cuidados de limpieza y lubricación de las partes móviles.

1.3.4 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

El dispositivo esta diseñado para que sea utilizado sobre el banco de pruebas hidráulicas descrito en el apartado 1.3.2.

Con este dispositivo puede medirse directamente la fuerza ejercida por un chorro de agua sobre una superficie, permitiendo al estudiante comprender las leyes teóricas del impulso o cantidad de movimiento.

En la parte inferior del aparato se encuentra la tubería de suministro que conecta a un tubo vertical que termina en una tobera, y también la tubería de drenaje la cual esta ubicada sobre el mecanismo que nos permite medir el flujo másico que circula por el aparato.

La boquilla y el álabe están contenidas dentro de un cilindro transparente que permite observar la distribución de flujo al golpear la superficie.

El álabe esta sujeto a una palanca graduada la cual sostiene un peso desplazable.

El equipo se encuentra en buen estado y solamente le falta el peso desplazable (de 610 gr).

En cuanto al álabe cóncavo se encontró que no es hemisférico por lo que se recomienda la construcción correcta del álabe. También es muy necesaria una limpieza general del dispositivo.

1.3.5 Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.

El presente dispositivo esta diseñado para ser usado sobre el banco de pruebas hidráulicas descrito en el apartado 1.3.2.

Este permite realizar experimentos en las regiones de flujo laminar y turbulento. Sobre la base del aparato esta montado un tubo de gran longitud comparado con su radio. Esta dotado de conexiones para detectar la presión estática, en los extremos de la tubería y conducen hacia dos tubos piezométricos y hacia un manómetro en U (que contiene mercurio). Ambos manómetros están sostenidos por un panel. A la salida una válvula de aguja controla el flujo.

Un tanque de altura constante, montado sobre la base del aparato proporciona una parte del rango de caudales. Para obtener resultados en el rango de flujo turbulento, es necesario suministrar directamente el agua desde la válvula del banco hidráulico.

En cuanto al estado físico del dispositivo, se nota la falta de los elementos siguientes:

- Mercurio para el manómetro en U.
- Conexión de toma de presión aguas arriba.
- Manguera de desagüe.

Para realizar la práctica es necesario contar con un recipiente graduado y un cronómetro, para poder determinar el caudal de forma volumétrica.

1.3.6 Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

Con este instrumento de calibración se prueba la precisión de los manómetros del tipo Bourdon, contando para ello de un cuerpo hueco que conecta en uno de sus extremos un cilindro rectificado en su parte interior, por el que se desliza un pistón que, a su vez, sirve para sostener un peso conocido. En el otro extremo se encuentra una conexión que se utiliza para acoplar el manómetro sujeto a verificación. En la parte media del cuerpo se encuentra un

depósito que almacena aceite hidráulico o agua.

El dispositivo cuenta con un volante y una válvula desaireadora, las cuales permiten la entrada de fluido al cuerpo hueco.

El dispositivo presenta buen aspecto, faltándole los elementos siguientes:

- Vástago de válvula de desaire.
- Vástago de válvula del suministro de fluido.
- Pesas de tara conocida.
- Manómetro de prueba del tipo Bourdon.
- Fluido de trabajo.

1.3.7 Visualizador de líneas de flujo de agua.

Este aparato está diseñado para visualizar el comportamiento de las líneas de corriente al pasar por diferentes tipos de perfiles. El agua es utilizada como fluido, y esta contiene partículas en suspensión que delatan la dirección de las líneas de corriente. El fluido es recirculado utilizando un equipo motobomba, en la descarga de esta se encuentra una válvula reguladora de caudal.

El estado en que se encuentra este aparato es bueno, faltándole solamente los elementos siguientes:

- Estabilizador de flujo.
- Pantalla de acrílico blanco.
- Lámpara fluorescente 2x15w.

Para la observación de las líneas de corriente es necesario contar con partículas que se suspendan en el fluido.

1.3.8 Visualizador de líneas de flujo de humo.

Este aparato está diseñado para visualizar los patrones de líneas de corriente sobre perfiles aerodinámicos. Para lo cual utiliza como delator el humo producido al evaporarse un tipo de hidrocarburo. El dispositivo consta de: toma de aire, inyector de humo, tubo conductor de humo, área de visualización, aspirador de aire del tipo centrífugo, tubo de descarga al medio ambiente, calentador de hidrocarburo, y compresor.

El aparato se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento; pero, no se logra observar claramente las líneas de flujo.

Para lograr observar las líneas de corriente es necesario instalar una lámpara fluorescente que proporcione luz negra, para resaltar el color blanco del humo.

CAPITULO DOS

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS A REHABILITAR

2.1 INTRODUCCION

El capítulo trata de presentar los parámetros bajo los cuales se rigen los diferentes equipos de laboratorio a reconstruir, estos sirven de marco de referencia para la rehabilitación de los mismos.

Las condiciones de funcionamiento, establecen los límites de la experimentación, las especificaciones técnicas de diseño del equipo, el equipo complementario utilizado para la realización de una práctica de laboratorio, algunas recomendaciones de mantenimiento preventivo que deben darse a los equipos, el espacio requerido por ellos en la zona de laboratorios y sus dimensiones y pesos aproximados, de esa forma se obtiene una visión amplia de los equipos considerados en la investigación.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Determinar las especificaciones de construcción y operación de cada uno de los equipos a rehabilitar.**
- B. Establecer los límites de la experimentación.**
- C. Proponer algunas medidas de mantenimiento preventivo para evitar el deterioro de los equipos.**

2.3 PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO

2.3.1 Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

2.3.1.1 Límites de experimentación.

Este dispositivo está diseñado, para la determinación de pérdidas primarias a lo largo de 8 pies de tuberías rectas de 2", 1", 1/2" y 1/8" de diámetros, utilizando para el cálculo de ellas, las diferencias de presión que se dan a lo largo de las tuberías. Las mediciones de caudales se calculan por dos métodos, a saber: medición de caudales por aforo y medición de caudales por el método del flujo a través de un orificio calibrado.

En la tubería de mayor diámetro, se puede obtener además, el perfil de velocidades en una tubería, utilizando para ello un tubo de Pitot desplazable a lo largo del diámetro del tubo.

Para la generación del movimiento del fluido se utiliza una bomba centrífuga que se alimenta de un reservorio de agua reciclada.

2.3.1.2 Especificaciones.

La unidad está montada sobre un panel vertical que descansa sobre un banco y ruedas para que sea completamente desplazable.

- A. Caudal máximo : 600 gln/hr.
- B. Tubería de trabajo : Cobre y acrílico.
- C. Manómetros piezométricos: Altura en pies con divisiones de 0.1 pie de agua.

- D. Manómetro diferenciales :Altura en pies con divisiones de 0.1 pie de mercurio.
- E. Distancia entre tomas de presión en tubería :8 pies.
- F. Distancia entre tomas de presión en orificios
 - a. Tubería de 1/2" :3/4"
 - b. Tubería de 1" :1 5/8"
 - c. Tubería de 2" :3"
- G. Coeficientes de orificios
 - a. Tubería de 1/2" :0.0044
 - b. Tubería de 1" :0.0182
 - c. Tubería de 2" :0.044
- H. Válvulas: :3 válvulas de compuerta y 1 válvula de aguja.
- I. Capacidad del reservorio:10 gln.
- J. Motor eléctrico :120 VAC, 3 Amp, 60 Hz.373 W
- K. Bomba :Centrífuga de simple impulsor

2.3.1.3 Equipo complementario.

Un cronómetro para tomar el tiempo en que se llena el depósito graduado, para determinar el caudal que circula en la tubería.

2.3.1.4 Mantenimiento.

Verificar buena polarización eléctrica a tierra, de la bomba para evitar daños personales, drenar el agua al no utilizar el aparato por largos periodos, limpieza general del banco.

- A. Flujo a través de orificios.
- B. Impacto de un chorro.
- C. Pérdidas a lo largo de un tubo.

están:

Entre los experimentos realizables sobre este banco curso completo de hidráulica. base para la realización de una gama de experimentos de un a la comprensión de los fenómenos hidráulicos, pues sirve de pruebas de laboratorio que ayudan a los estudiantes La unidad es ideal para la realización de diferentes

2.3.2.1 Límites de experimentación.

2.3.2 Bancos para pruebas hidráulicas.

A. Dimensiones	a. largo	: 3.54 m.
	b. ancho	: 0.49 m.
	c. alto	: 1.47 m.
	B. Peso (en seco)	: 75 kg.

2.3.1.6 Dimensiones y peso.

El banco requiere de un área de trabajo en el piso de 4 m x 1.5 m y puede ser colocada en contra de la pared, para el ahorro de espacio, requiriendo de un toma corriente para energizar el conjunto moto-bomba.

2.3.1.5 Espacio requerido.

2.3.2.2 Especificaciones.

- A. Capacidad del reservorio: 100 Lts (26.42 galn USA)
- B. Capacidad del tanque de pesado: 40 Lts. (10.568 galn USA)
- C. Pesas : 2.5 y 5 kg.
- D. Motor eléctrico : 250 W, 120 VAC, 1.78 Amp.
- E. Bomba : Centrífuga de simple impulsor
- F. Alturas de presión : 1.5 - 6.4 m
- G. Caudales : 0 - 60 lts/min.

Para la determinación del caudal, se utiliza el método del equilibrio gravimétrico, anotando los tiempos en que el tanque de pesado se llena con una cantidad de agua determinada por las pesas. La medición se realiza inmediatamente después que el agua abandona el dispositivo de prueba.

La unidad es completamente movable, construida en material plástico. La superficie de trabajo integra un drenaje y bordes redondeados para evitar el rebalse hacia el piso. Se logra controlar el caudal por medio de la válvula de suministro.

2.3.2.3 Equipo complementario.

Se requiere de un cronómetro para la determinación exacta del flujo de agua.

2.3.2.4 Mantenimiento.

Limpieza de los tanques, vaciar el agua cuando el banco no sea utilizado por largos períodos, cubrirlo del polvo, lubricación de partes mecánicas pivotantes, antes de su uso verificar la buena polarización eléctrica a tierra, de la bomba, para evitar riesgos personales.

2.3.2.5 Espacio requerido.

Para la mejor utilización de este dispositivo, se recomienda adecuar un área de trabajo (en el piso), de 2.5 m x 1.5 m; además, para ejecutar las prácticas, los grupos de estudio no deben exceder de tres personas.

2.3.2.6 Dimensiones y peso.

- A. Dimensiones :1.46 m x 0.80 m x 1.10 m
- B. Peso en seco :65 kg.

2.3.3 Dispositivo para el estudio de flujo a través de un orificio.

2.3.3.1 Límites de experimentación.

El dispositivo permite un estudio de las características de un chorro de agua saliendo de un orificio, al posibilitar la toma de dimensiones, tales como caudal, velocidad, diámetro del orificio, diámetro de la vena contracta bajo diferentes cargas estáticas de fluido y tipos de orificios. Al tener el valor de los parámetros anteriores, el estudiante puede determinar:

- A. El coeficiente de contracción (C_c) y el coeficiente de velocidad (C_v), haciendo posible el calculo del coeficiente de descarga (C_d).
- B. El valor real del coeficiente de descarga (midiendo el caudal) y haciendo posible la comparación con el valor analítico.
- C. Los coeficientes a través de una gama de flujos para demostrar la influencia del número de Reynolds.

2.3.3.2 Especificaciones.

- A. Orificio normalizado :Bordes afilados, 12.7 mm de diámetro.
- B. Altura máxima: :390 mm.
- C. Caudal máximo: :nominal 13 lt/min.
- D. Mecanismo transverso :tornillo con tuerca calibrada con un paso de 0.1 mm por división, solidario a la boquilla de un tubo de Pitot.
- E. El acabado en los materiales proporciona una máxima protección contra la corrosión.
- F. La entrada de flujo y la tubería de rebose son plásticas y tienen un diámetro nominal externo de 22 mm.

2.3.3.3 Equipo complementario.

Consta de cuatro orificios normalizados intercambiables con el original para el estudio de diferentes perfiles, tales como, tobera, difusor, bordes redondeados y bordes rectos.

Este dispositivo se utiliza más eficiente sobre un banco de pruebas hidráulicas (apartado 2.3.2).

2.3.3.4 Mantenimiento.

Drenar el agua cuando no se encuentre en funcionamiento, además de un adecuado manejo de los elementos conservándolos limpios y secos, mantener lubricado el mecanismo transverso.

2.3.3.5 Espacio requerido.

Se necesita disponer de un lugar de almacenamiento, cuando el dispositivo no es utilizado, preferentemente cubriéndose con una capota para evitar el polvo.

2.3.3.6 Dimensiones y peso.

- A. Dimensiones : 320 mm. x 320 mm. x 680 mm.
- B. Peso neto : 10 kg.

2.3.4 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

2.3.4.1 Límites de experimentación.

Este dispositivo permite al estudiante, comprender experimentalmente las leyes de impulso o de cantidad de movimiento utilizadas en problemas que involucran el impacto de un chorro sobre diferentes superficies geométricas, considerando las limitantes siguientes:

- A. Medida de la fuerza de impacto del chorro sobre una superficie plana pudiendo comparar el cambio de momentum del fluido.
- B. Medida de la fuerza de impacto del chorro sobre una superficie hemisférica pudiendo comparar el cambio de momentum del fluido.
- C. Llegar a la conclusión de que la fuerza de impacto sobre la superficie hemisférica es el doble que en la superficie plana.

2.3.4.2 Especificaciones.

- A. Diámetro de tobera :10 mm.
- B. Distancia de la salida de la tobera a la superficie de impacto :35 mm.
- C. Peso desplazable :610 g.
- D. Longitud de brazo de la balanza :400 mm.
- E. Máximo flujo nominal :29 lts/min.
- F. Diámetro de superficie plana :74 mm.
- G. Diámetro de superficie hemisférica :70 mm.

2.3.4.3 Equipo complementario.

Para la utilización más eficiente de este equipo se requiere un banco de pruebas hidráulicas (apartado 2.3.2).

2.3.4.4 Mantenimiento.

Limpieza antes y después de utilizar el equipo, guardar y proteger del polvo cuando el dispositivo no este en uso.

2.3.4.5 Espacio requerido.

El utilizado por un banco de pruebas hidráulicas, además disponer de un lugar de almacenamiento cuando no se utilice.

2.3.4.6 Dimensiones y peso.

- A. Dimensiones :0.320 m x 0.320 m x 0.730 m.
- B. Peso neto :16 Kg.

2.3.5 Dispositivo para medir la pérdida a lo largo de un tubo.

2.3.5.1 Límites de experimentación.

- A. Sirve para la demostración y medida de los cambios en las leyes de resistencia desde el flujo laminar hasta el turbulento, pudiendo establecer que el gradiente hidráulico es directamente proporcional a la velocidad al estar en presencia de flujo laminar, tal como lo sugiere la ecuación de Poiseuille y que existe proporcionalidad directa a cierta potencia de la velocidad cuando se esta en presencia de un flujo turbulento, tal como lo sugiere la ecuación de Darcy.
- B. Establecer el número crítico de Reynolds, el cual separa las regiones laminares de las turbulentas.
- C. Las velocidades máximas alcanzadas en la tubería llegan solamente hasta 3.35 m/s.

2.3.5.2 Especificaciones.

- A. Tubo de prueba
 - a. Longitud :524 mm.
 - b. Diámetro :3 mm.
- B. Manómetro de agua :490 mm.
- C. Manómetro de mercurio :490 mm.
- D. Máximo flujo :1.42 lts/min.
- E. Altura constante de agua:0.56 m

2.3.5.3 Equipo complementario.

Este dispositivo se utiliza más eficiente, al montarlo sobre un banco de pruebas hidráulicas (apartado 2.3.2), un depósito graduado de un litro, con divisiones de 10 ml se debe utilizar junto con un cronómetro para medir el caudal por el método volumétrico.

2.3.5.4 Mantenimiento.

Limpieza y secado del equipo después del uso, cubrir para evitar el polvo.

2.3.5.5 Espacio requerido.

Disponer de un lugar de almacenamiento cuando el dispositivo no este en uso por largos periodos.

2.3.5.6 Dimensiones y peso.

A. Dimensiones

- a. largo : 0.810 m.
- b. ancho : 0.180 m.
- c. alto : 0.770 m.

B. Peso : 10 kg.

2.3.6 Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

2.3.6.1 Limites de experimentación.

Este dispositivo construido en forma integral, permite demostrar al estudiante la forma mas sencilla de comprender

el concepto de presión utilizando el principio de Pascal, permitiendo el estudio de la operación del tubo de Bourdon asociado al mecanismo de dial de un manómetro. Las limitantes de la experimentación son:

- A. La calibración de la presión en decrementos e incrementos es función de la verdadera presión aplicada.
- B. La determinación del error es función de la verdadera presión aplicada. Las posibles fuentes de error son:
 - a. Error debido a efectos de histéresis (fricción y falta de rectificación).
 - b. Error debido a la graduación misma del error en el dial del manómetro.

2.3.6.2 Especificaciones.

- A. Cilindro de bronce con un diámetro de 0.25 pulgadas.
- B. Pistón de acero inoxidable de alta calidad con un área transversal de 0.05 pulgadas cuadradas.
- C. Manómetros de presión tipo Bourdon con escala graduada de 0 - 250 PSI. con incrementos de 10 psi.
- D. Pesos
 - :4 discos de 924 gr.
 - 3 discos de 341 gr.
- E. Fluido de trabajo :Aceite (tipo hidráulico) o agua cuando se calibran manómetros para utilizar con oxígeno.

2.3.6.3 Equipo complementario.

Se cuenta con cuatro boquillas para diferentes diámetros de tomas de manómetro.

2.3.6.4 Mantenimiento.

Aparte de una buena limpieza y lubricación no necesita mayores cuidados.

2.3.6.5 Espacio requerido.

Un banco de trabajo de aproximadamente 0.5 m. x 0.25 m. A una altura adecuada.

2.3.6.6 Dimensiones y peso.

- | | |
|----------------|------------------------------|
| A. Dimensiones | :300 mm. x 160 mm. x 360 mm. |
| B. Peso neto | :15 kg. |

2.3.7 Visualizador de líneas de flujo de agua.

2.3.7.1 Límites de experimentación.

El dispositivo permite visualizar lo que sucede cuando un fluido entra en contacto con algunas superficies, por lo que es ideal para las demostraciones en el salón de clases. Permite intercambiar los perfiles en demostración en forma rápida, y los modelos a utilizar pueden ser cortados por los mismos estudiantes o por el catedrático, en el mismo instante que se presente una interrogante, utilizando para ello materiales plásticos, pudiendo visualizarse como ejemplo los siguientes:

- A. Flujo alrededor de perfiles.
- B. Flujo alrededor de intercambiadores de calor.
- C. Flujo a través de un orificio.
- D. Flujo a través de una contracción y expansión

repentinas.

E. Flujo alrededor de perfiles de automóviles.

2.3.7.2 Especificaciones.

A. Canal de pruebas	:Superficie plana de acrílico transparente.
B. Dimensiones nominales	
a. ancho	:0.78 m.
b. largo:	:0.90 m.
c. alto:	:2.53 m.
C. Flujo	:Desde laminar hasta turbulento.
D. Partículas deladoras	:Polvo plástico color dorado o plateado.
E. Capacidad de agua	:11.355 Lts (3 galn USA).
F. Iluminación	:Tubo fluorescente colocado en una lámpara bajo el canal de pruebas protegido del agua.
G. Motor eléctrico	:60 W, 120 VAC, 0.5 Amp.
H. Bomba	:Centrífuga de simple impulsor.
I. Estabilizador:	:Cilindro con agujeros en sus paredes, colocado en la salida de la tubería de descarga.

2.3.7.3 Equipo complementario.

Diversos perfiles a probar, tal como: perfil de cilindro, triángulo, rombo, álabes direccionales.

2.3.7.4 Mantenimiento.

Limpieza del equipo, además, al iniciar una práctica asegurarse que el equipo este polarizado a tierra

eléctricamente para evitar daños personales.

Al guardarlo por largos períodos deberá drenarse completamente y protegerlo del polvo mediante cubiertas plásticas.

2.3.7.5 Espacio requerido.

Un banco con un área de trabajo de 1.37 m x 0.381 m es suficiente para acomodar el aparato.

2.3.7.6 Dimensiones y peso.

A. Dimensiones:

- a. ancho :0.41 m.
- b. largo: :1.20 m.
- c. alto: :0.50 m.

B. Peso (en seco) :20 kg.

2.3.8 Visualizador de líneas de flujo de humo.

2.3.8.1 Límites de experimentación.

Este banco es la contraparte aerodinámica de los equipos hidráulicos. Provee el flujo de aire para poder ejecutar una serie de experimentos los cuales se pueden desarrollar intercambiando en el área de trabajo los dispositivos a experimentar.

Las diferentes visualizaciones que se pueden obtener con la ayuda de este aparato son:

- A. Flujo alrededor de perfiles aerodinámicos.
- B. Flujo alrededor de cuerpos geométricos.

2.3.8.2 Especificaciones.

- A. Alimentación eléctrica :220 VAC.
- B. Ventilador :Tipo centrífugo, conducido por un motor eléctrico con interruptor incorporado al panel.
- C. Generación de humo :Por calentamiento de Kerosene
- D. Compresor de aire :0-150 PSI, calibrado de 50 a 100 PSI.

2.3.8.3 Equipo complementario.

- A. Lámpara fluorescente de luz negra.
- B. Kerosene.

2.3.8.4 Mantenimiento.

Asegurarse de que el aparato este polarizado a tierra eléctricamente.

Antes de iniciar una practica, proceder a:

- A. Limpiar el filtro del compresor.
- B. Verificar el nivel de aceite del compresor.
- C. Evacuar el agua condensada del tanque del compresor antes y después de utilizarlo.
- D. Acoplar el compresor al generador de humo.
- E. Verificar el nivel del carburante.
- F. Verificar las presiones de corte y entrada del compresor.

Al finalizar la practica, proceder a:

- A. Evacuar el aire comprimido del tanque.
- B. Evacuar el carburante del generador de humo.
- C. Limpiar de líquidos el área de trabajo.
- D. Limpieza general.

2.3.8.5 Espacio requerido.

Un área de trabajo en el piso de 2 m x 2 m es suficiente para instalar el equipo, con acceso a dos tomas corrientes trifilares cabeza de pollo de 220 VAC para energizarlo.

2.3.8.6 Dimensiones y peso.

A. Dimensiones

a. altura	:2.53 m.
b. ancho	:0.78 m.
c. largo:	:0.90 m.

B. Peso

Compresor	:20 kg.
Equipo visualizador	:80 kg.

C. Area de visualización

a. largo	:0.20 m.
b. ancho	:0.05 m.
c. altura	:0.25 m.

CAPITULO TRES

REDISEÑO DEL EQUIPO A REHABILITAR.

3.1 INTRODUCCION.

La importancia de un laboratorio reside en el equipo con que este cuenta, es por ello que en este capítulo se persigue orientar sobre la mejor manera de rehabilitar los equipos de laboratorio que se encuentran deteriorados en nuestras salas de experimentación.

De la realización de un buen experimento resulta la mejor comprensión del fenómeno estudiado, por lo que es de gran importancia tener un equipo de laboratorio en óptimas condiciones.

Se hace una reseña de los diferentes cambios que se realizarán al equipo de laboratorio a rehabilitar, así como la propuestas de diseño de construcción de los elementos a fabricar; así mismo, se razónan las justificaciones para utilizar elementos con que se cuenta en el laboratorio de Mecánica de los Fluidos.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar los elementos faltantes de los equipos de laboratorios a rehabilitar.
- Rediseño del sistema en algunos equipos, de forma tal que se pueda utilizar partes existentes en el laboratorio.
- Presentar soluciones alternativas para la rehabilitación del equipo.

3.3 REDISEÑO DEL EQUIPO A REHABILITAR PARA EL LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS.

3.3.1 Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Muchos componentes de este equipo, son piezas que únicamente se utilizan en dispositivos de laboratorio, por lo que no están disponibles en el mercado, lo que impone la necesidad de buscar soluciones prácticas. Entre las modificaciones a realizar tenemos las que se detallan a continuación.

3.3.1.1 Justificación del uso de la bomba existente en el laboratorio de Mecánica de los Fluidos.

Después del examen visual del banco para el estudio de pérdidas en tuberías rectas, se constató que éste utilizaba dos bombas para el funcionamiento, en vista del costo elevado que significa la compra de dos bombas que sustituyan a las originales, es necesario instalar una, capaz de hacer funcionar satisfactoriamente el sistema.

En la sala del laboratorio de Mecánica de los Fluidos de la Escuela de Ingeniería Mecánica se cuenta con una bomba del tipo centrífuga, marca F&W, cuyas especificaciones de fábrica se dan en el anexo 1; pero, es necesario obtener las curvas características de la bomba (funcionamiento, potencia y eficiencia), para poder determinar el caudal de mejor funcionamiento de ella, y con este determinar las pérdidas globales del sistema y predecir si se puede operar con la misma. Los resultados de los datos obtenidos para graficar las curvas se muestran en el anexo 1.

De la curva de funcionamiento real, la bomba opera a la mejor eficiencia, con un caudal de $7.87E-4 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con una altura de carga de 29.69 metros de columna de agua. Este caudal será el utilizado para calcular las pérdidas del sistema.

Para calcular las pérdidas primarias se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach expresada como sigue:

$$H_{fp} = f (L/D) (V^2/2g)$$

y en el caso de las pérdidas secundarias se utiliza el método del coeficiente de pérdidas (k), ecuación que se escribe así:

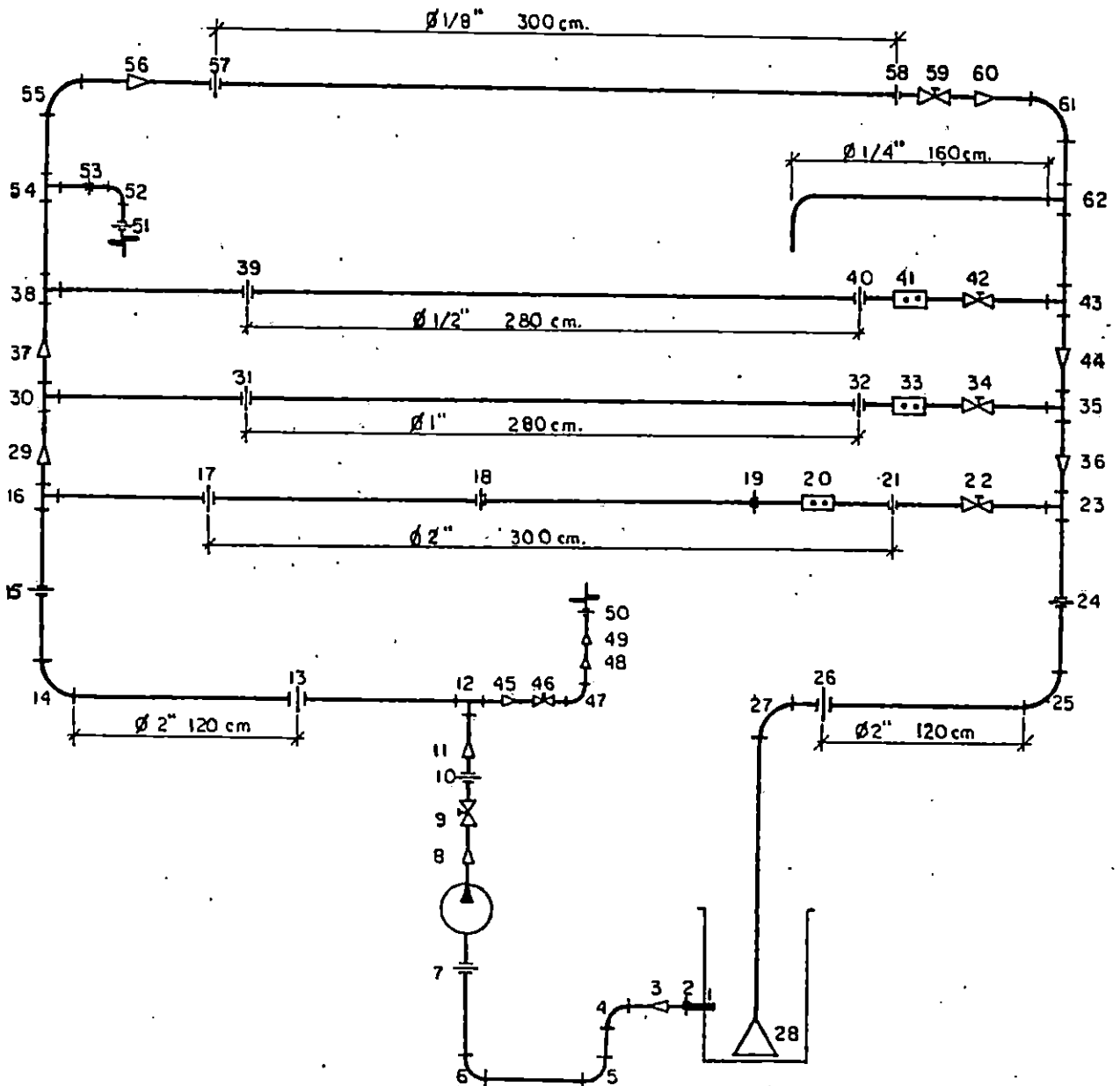
$$H_{fs} = k (V^2/2g)$$

Para la utilización de las anteriores ecuaciones es necesario conocer la velocidad a la que se conduce el fluido por la tubería de prueba; y en el caso de la ecuación de pérdidas primarias, es necesario conocer el valor del Número de Reynolds y la rugosidad de la tubería, véase anexo 2, (Tabla de rugosidades en tuberías), donde se consideran a las tuberías de cobre y plástico como lisas. Luego del diagrama de Moody se determina el coeficiente de pérdidas (f), a utilizar en la ecuación de pérdidas primarias.

Debido a que el fluido a utilizar es agua, se toman las propiedades de ésta a una temperatura de 20°C que es la temperatura ambiente del agua, véase anexo 2 (Propiedades del agua a diferentes temperaturas), donde la viscosidad cinemática del agua es $1.007 \times 10E-6 \text{ m}^2/\text{s}$.

La figura 3.1, muestra el diagrama de las instalaciones a analizar.

Para el cálculo de las pérdidas (primarias y secundarias), es necesario saber la velocidad promedio a la que se conduciría el caudal en la tubería o accesorio en que se desea conocer la pérdida, esto hace necesario que de la



SIMBOLOGIA

	Toma de agua		Válvula
	Codo 90°		Te
	Reductor		Ensanchamiento
	Juntas		Orificio medidor
	Deposito		Aquietador
	Bomba centrf.		

Fig.3.1 Diagrama total de la instalación hidráulica del banco para el estudio de pérdidas en tuberías rectas, donde se muestra la posición de los accesorios y las longitudes de las tuberías.

ecuación del caudal,

$$Q = V A, \implies V = Q / A;$$

donde:

Q: Caudal

V: velocidad promedio del caudal,

A: área de la sección, $(\pi \cdot D^2 / 4)$

se calculen las velocidades en las diferentes secciones que se tienen en el circuito hidráulico, así:

Datos: $D_1 = 0.05080 \text{ m}$ $D_2 = 0.02540 \text{ m}$
 $D_3 = 0.01270 \text{ m}$ $D_4 = 0.00317 \text{ m}$
 $Q = 7.81E-4 \text{ m}^3 / \text{s}$

Utilizando la fórmula para la velocidad, se obtiene:

$$V_1 = 4 \times 7.81E-4 \text{ m}^3 / \text{s} / \pi \times 0.0508^2 \text{ m}^2$$
$$V_1 = 0.3853 \text{ m/s},$$

el resto de velocidades se calcula de la misma forma, los resultados se muestran en la tabla 3.1.

Para obtener el coeficiente de pérdidas (f) de la ecuación de Darcy-Weisbach, debemos contar con el valor del número de Reynolds, el cual se calcula a partir de la fórmula:

$$Re = V D / \nu ;$$

donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional)

V : velocidad del fluido;

D : diámetro de la sección en donde se está calculando el Número de Reynolds,

ν : viscosidad cinemática del fluido (a 20°C).

Utilizando la ecuación anterior, se obtiene:

$$Re_1 = V_1 \times D_1 / \nu$$
$$Re_1 = 0.3853 \text{ m/s} \times 0.0508 \text{ m} / 1.007E-6 \text{ m}^2 / \text{s}$$
$$Re_1 = 19438.73 \approx 1.9E+4 ;$$

Con el dato anterior y sabiendo que las tuberías en estudio se consideran lisas, del diagrama de Moody (véase

anexo 2), se obtiene un coeficiente de pérdidas de:

$$f = 0.026.;$$

los demás coeficientes de pérdidas y los Números de Reynolds estan tabulados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Tabulación de datos para las secciones de estudio, para un caudal de $7.81E-4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Diámetros pulq.	m	Velocidad m/s	Número de Reynolds	Coefic. de fricc. f
2	0.0508	0.3853	1.9E+4	0.0260
1 1/4	0.0317	0.9864	-----	-----
1	0.0254	1.5413	3.8E+4	0.0218
3/4	0.0195	2.7403	-----	-----
1/2	0.0127	6.1653	7.3E+4	0.0188
1/4	0.00635	24.6612	-----	-----

Para el cálculo de las pérdidas secundarias producidas por los accesorios, en el circuito hidráulico, es necesario hacer un listado de todos los instalados en el mismo; en la tabla 3.2, se detallan los accesorios, el coeficiente de pérdidas y la referencia de donde se han tomado; así también, la posición que ocupan en el diagrama de la figura 3.1. En el cálculo de las pérdidas en las válvulas se asumen que estan completamente abiertas.

El cálculo de las pérdidas se realizará, por cada ruta que se pueda seguir en la instalación hidráulica, considerando cerradas las demás; también se asume que todo el caudal seleccionado ($7.81E-4 \text{ m}^3/\text{s}$), puede pasar por la ruta en estudio. El total de rutas simples que puede seguir el líquido son cuatro.

Tabla 3.2 Listado de accesorios, sus coeficientes de pérdidas y su posición en la figura 3.

Pos.	Descripción comercial	Especificación s/tablas	Diám. pulg.	K	Ref.
1	Toma de agua	Re-entrante	2	1.000	1
2	Conex./maquera	Junta roscada	2	0.052	1
3	Reductor recto	Reductor	2x1½	0.300	1
4	Codo 90°	rad.corto,rosc.	1½	1.300	1
5	Codo 90°	rad.corto,rosc.	1½	1.300	1
6	Codo 90°	rad.corto,rosc.	1½	1.300	1
7	Adaptador macho	Junta roscada	1½	0.075	1
8	Reductor recto	Ensanch.brusco	3/4x1½	0.400	2
9	Válv.de comp.	roscada	1½	0.220	1
10	Unión universal	Junta roscada	1½	0.075	1
11	Reductor recto	Ensanch.brusco	2x1½	0.037	2
12	Te	Fluj.rama rosc.	2	1.800	1
13	Adaptador hembra	Junta roscada	2	0.052	1
14	Codo 90°	Rad.corto,rosc.	2	0.950	1
15	Unión universal	Junta roscada	2	0.052	1
16	Te	Fluj.rama,rosc.	2	1.800	1
		Fluj.en línea		0.900	1
17	Camisa con sello	Junta roscada	2	0.052	1
18	Camisa con sello	Junta roscada	2	0.052	1
19	Camisa con sello	Junta roscada	2	0.052	1
20	Orificio medidor	Bordes afilados	1	1.800	2
21	Camisa con sello	Junta roscada	2	0.052	1
22	Válv.compuerta	Roscada	2	0.160	1
23	Te	Fluj.rama,rosc.	2	1.800	1
		Fluj.línea,rosc.		0.900	1
24	Unión universal	Junta roscada	2	0.052	1
25	Codo 90°	Rad.corto,rosc.	2	0.950	1
26	Conex./manquera	Junta roscada	2	0.052	1
27	Codo 90°	Rad.corto,rosc.	2	0.950	1
28	Aquietador	Cesta con malla	2	1.500	1
29	Reductor recto	Reductor	2x1	0.370	1
30	Te	Fluj.rama,rosc.	1	2.400	1
		Fluj.línea,rosc.		0.900	1
31	Unión universal	Junta roscada	1	0.082	1
32	Unión universal	Junta roscada	1	0.082	1
33	Orificio medidor	Bordes afilados	½	1.800	2
34	Válv.compuerta	Roscada	1	0.240	1
35	Te	Fluj.rama,rosc.	1	2.400	1
		Fluj.línea,rosc.	1	0.900	1
36	Reductor recto	Ensanch.brusco	1x2	0.550	2
37	Reductor recto	Reductor	1x½	0.370	1
38	Te	Fluj.rama,rosc.	½	2.800	1

39	Unión universal	Junta roscada	½	0.106	1
40	Unión universal	Junta roscada	½	0.106	1
41	Orificio medidor	Bordes afilados	3/8	0.800	1
42	Válv.compuerta	Roscada	½	0.300	1
43	Te	Fluj.rama, rosc.	½	2.800	1
44	Reductor recto	Ensanch.brusco	½x1	0.550	2
45	Reductor recto	Reductor	2x3/4	0.420	1
46	Válv.compuerta	Roscada	3/4	0.270	1
47	Codo 90°	Rad.corto, rosc.	3/4	1.700	1
48	Reductor recto	Reductor	3/4x½	0.270	1
49	Reductor recto	Reductor	½x3/8	0.220	1
50	Junta de manquera	Junta roscada	3/8	0.110	1
51	Junta de manquera	Junta roscada	3/8	0.110	1
52	Codo 90°	Radio corto, rosc.	3/8	2.500	1
53	Adaptador macho	Junta roscada	3/8	0.110	1
54	Te	Fluj.rama, rosc.	3/8	3.100	1
55	Codo 90°	Rad.largo, rosc.	3/8	1.000	1
56	Reductor recto	Reductor	3/8x1/8	0.430	1
57	Acople	Junta roscada	1/8	0.110	1
58	Acople	Junta roscada	1/8	0.110	1
59	Válv.de aguja	Asient.angular	1/8	8.000	1
60	Reductor recto	Ensanch.brusco	1/8x3/8	0.820	2
61	Codo 90°	Radio largo, rosc.	3/8	1.000	1
62	Te	Flujo en rama	3/8	3.100	1

Nota: PARA CALCULAR LAS PERDIDAS PRODUCIDAS POR LOS REDUCTORES O ENSANCHAMIENTOS BRUSCOS, SE DEBE UTILIZAR LA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN EL MENOR DIAMETRO.

Referencias:

- (1) Tabla de coeficientes de pérdidas en accesorios (k) del American Hydraulics Institute.
- (2) Figuras 6.21 y 6.34 del libro de Mecánica de los Fluidos Frank M. White.

-Cálculo de las pérdidas en el circuito 1, que contiene la tubería de prueba de 2".

Las pérdidas totales son la suma de las pérdidas primarias y secundarias, que se encuentran a partir de la ecuaciones siguientes:

$$H_t = H_{fp} + H_{fs} \quad ,$$

donde:

$$H_{fp} = f (L/D) (V^2/2g) \quad ,$$

$$H_{fs} = k (V^2/2g)$$

Para el cálculo de las pérdidas primarias en el circuito uno, contamos con los datos siguientes:

Longitud de tubería : 5.40 m (Diám.const.)
 Gravedad de la tierra : 9.807 m/s²

De tabla 3.1:

Diámetro : 0.0508 m
 Coeficiente de fricción: 0.026
 Velocidad : 0.3853 m/s

$$H_{fp} = 0.026 \times (5.40/0.0508) \times (0.3853^2/2 \times 9.807) \text{ mH}_2\text{O}$$

$$H_{fp} = 0.02092 \text{ mH}_2\text{O}$$

Para el cálculo de las pérdidas secundarias, se necesita el coeficiente de fricción de cada accesorio (listados en la tabla 3.2), hallar la pérdida de altura de cada accesorio y luego sumarlas; para facilitar el cálculo, se han reunido todos los accesorios que tengan el mismo diámetro, así, se podrá sumar el valor del coeficiente de fricción de los accesorios y multiplicarlos por la velocidad (según Tabla 3.1), correspondiente al diámetro del accesorio así:

$$\Sigma H_{fs} = H_{fs_2} + H_{fs_{1/4}} + H_{fs_{1/2}} + H_{fs_{3/4}}$$

$$H_{fs_2} = \Sigma K_2 \cdot (V^2/2g)$$

La sumatoria de los coeficientes de pérdidas secundarias (k), de los accesorios cuyo diámetro es 2", que se utilizan en el circuito uno (véase tabla 3.2), es:

$$\Sigma K_1 = 1.000+0.052+1.800+0.052+0.950+0.052+1.800+0.052+0.052$$

$$+0.052+0.052+0.160+1.800+0.052+0.950+0.052+0.950+1.500$$

$$\Sigma K_1 = 11.378$$

Sustituyendo los datos, en la ecuación de pérdidas secundarias de los accesorios de 2", tenemos:

$$H_{fs_2} = 11.378 \times (0.3853^2/2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_2} = 0.086 \text{ m H}_2\text{O}$$

Sumatoria de los coeficientes de pérdidas (k) de los

accesorios de 1¼ de pulgada:

$$\Sigma k_{1/4} = 0.300 + 1.300 + 1.300 + 1.300 + 0.075 + 0.22 + 0.075 + 0.037$$

$$\Sigma k_{1/4} = 4.607$$

Sustituyendo en la ecuación de pérdidas secundarias:

$$H_{fs\ 1/4} = 4.607 \times (0.9864^2 / 2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs\ 1/4} = 0.2285 \text{ m H}_2\text{O}$$

En el circuito uno, solamente se encuentra un accesorio de 1" de diámetro, que es el orificio medidor, así:

$$H_{fs\ 1} = 1.8 \times (1.5413^2 / 2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs\ 1} = 0.218 \text{ m H}_2\text{O}$$

También, en el circuito uno solamente se encuentra un accesorio de 3/4" de diámetro, que es un ensanchamiento brusco (3/4 x 1¼), así:

$$H_{fs\ 3/4} = 0.400 \times (2.7401^2 / 2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs\ 3/4} = 0.153 \text{ m H}_2\text{O}$$

La suma de pérdidas secundarias en el circuito uno es:

$$H_{fs\ \text{circuito uno}} = 0.086 + 0.2285 + 0.218 + 0.153 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs\ \text{circuito uno}} = 0.6855 \text{ m H}_2\text{O}$$

Ahora, las pérdidas totales en el circuito uno son:

$$H_{t\ \text{circuito uno}} = 0.02092 + 0.6855 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{t\ \text{circuito uno}} = 0.7064 \text{ m H}_2\text{O}$$

El anterior resultado, proporciona el requisito mínimo de altura de descarga que debe proporcionar la bomba para solventar las pérdidas en el circuito uno; de la curva real de funcionamiento de la bomba, se tiene que para el caudal de $7.81E-4 \text{ m}^3/\text{s}$ la bomba es capaz de proporcionar una altura de descarga de 29.6 m H₂O, esto, sobre pasa el mínimo requerido. Sin embargo, el objeto del banco de pérdidas es realizar un estudio cuantitativo de las pérdidas primarias que se producen en tramos rectos de tubería, cuya longitud es de 2.438 m. (8 pies), en el caso del circuito uno, las pérdidas primarias producidas en este tramo son:

$$H_{fp} = 0.026 \times (2.438/0.0508) \times (0.3853^2 / 2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fp} = 0.00944 \text{ m H}_2\text{O}$$

Las anteriores pérdidas no son apreciables en el manómetro piezométrico que, para tal fin, está instalado en el banco, por lo que puede concluirse que tal bomba no podrá ser utilizada para el estudio de pérdidas en este circuito.

Los resultados de las pérdidas para cada uno de los circuitos se presentan en la tabla 3.5, arreglados conforme al diámetro de las tuberías y accesorios. Cabe mencionar, que para el cálculo de las pérdidas en el circuito cuatro (que contiene a la tubería de prueba de 1/8"), el caudal que se utiliza para los demás circuitos resulta ilógico para el análisis, pues se necesitaría una bomba que proporcionara alturas de descarga de más de diez kilómetros de columna de agua, es por eso que parte de ese caudal se deriva por el circuito uno, y solamente se utiliza un caudal de aproximadamente $3.707E-5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\approx 0.587 \text{ galn/min.}$), los parámetros de velocidades y Números de Reynolds que se utilizan para el cálculo de pérdidas para esta ruta, se presentan en la tabla 3.3; además, el caudal en mención, solamente circula a partir del accesorio No.45 (Reductor de 2x3/4"), hasta la salida por la tubería de 0.00635 m de diámetro (1/4"), es por ello que solamente para ese tramo se realiza el cálculo, cuyos resultados aparecen incluidos en la tabla 3.4.

Cálculo de las pérdidas primarias esperadas en los tramos de tubería en estudio (2.43 m = 8 pies)

$$H_{fp \ 1/8"} = 0.015 \times (2.43/0.003175) \times (4.6822^2 / 2 \times 9.807)$$

$$H_{fp \ 1/8"} = 12.8318 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fp \ 1/2"} = 0.0188 \times (2.43/0.0127) \times (6.1653^2 / 2 \times 9.807)$$

$$H_{fp \ 1/2"} = 6.9711 \text{ m H}_2\text{O}$$

Tabla 3.3. Datos de los parámetros a utilizar en el cálculo de pérdidas en el circuito cuatro, con un caudal de $3.707E-5 \text{ m}^3/\text{s}$

Diámetros pulg.	m	Velocidad m/s	Número de Reynolds	Coefic. de fricc. f
3/4	0.01905	0.1301	-----	-----
½	0.0127	0.2926	-----	-----
3/8	0.00952	0.5202	4917.88	0.037
½	0.00635	1.1705	7381.01	0.033
1/8	0.00317	4.6822	14739.40	0.027

Tabla 3.4. Pérdidas primarias y secundarias en metros de columna de agua, calculadas para cada uno de los circuitos de la instalación hidráulica del banco para el estudio de pérdidas en tubería recta.

Pérdida	Diám.	Circ.uno	Circ.dos	Circ.tres	Circ.cuatro*
P R I M A R I A	2	0.2092	0.0093	0.0093	
	1½				
	1		0.3222		
	¾				
	½			8.8932	
	¾				0.127
S E C U N D A R I A	2	0.086	0.0628	0.0628	
	1½	0.2285	0.2286	0.2286	
	1	0.218	0.7417	0.3294	
	¾	0.153	0.1531		0.00206
	½		3.4883	13.6276	0.00118
	¾			4.89980	0.1552
	1/8				10.5848
Total de Pérd.		0.7064	5.0060	28.0507	39.9312

*Nota: Para el cálculo de las pérdidas de carga, en este circuito, se utiliza el caudal de $3.707E-5 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$$H_{fp} = 0.0218 \times (2.43/0.0254) \times (1.5413^2/2 \times 9.807)$$

$$H_{fp} = 0.2526 \text{ m H}_2\text{O}$$

De los resultados obtenidos de las pérdidas totales para cada circuito, y los cálculos de las pérdidas primarias esperadas en el tramo de tubería en estudio, se concluye que la bomba F&W, con que se cuenta en el laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Escuela de Ingeniería Mecánica, es capaz de proporcionar la carga de pérdidas calculada para cada circuito; más sin embargo, operará satisfactoriamente en los circuitos dos, tres y cuatro, que es donde las pérdidas ocurridas en los tramos rectos de 2.43 m (8 pies), pueden apreciarse en los manómetros.

3.3.1.2 Cálculo de la bomba recomendada para operar satisfactoriamente en el banco de pérdidas.

En vista que la bomba F&W, no puede operar satisfactoriamente con la tubería de 2" de diámetro, se hace necesario determinar el tipo de bomba que pueda suplir el caudal necesario para que las pérdidas sean visibles en el manómetro de columna de agua.

Según el Manual de Hidráulica de J. M. Azevedo y Guillermo Acosta A. (f 18.15, pag.253), cuando se tienen líneas de descarga cortas e inmediatas a las bombas, la velocidad sugerida para tuberías de 0.050 m de diámetro (≈2"), es de 1.3 m/s que conlleva un caudal de 2.5 l/s, véase tabla 3.5.

En base a la velocidad recomendada, el diámetro y la longitud de la tubería en estudio, las pérdidas primarias que se esperan observar en el manómetro, con el agua a 20°C, son:

$$H_p = 0.08037 \text{ m H}_2\text{O}$$

Tabla 3.5. Velocidades máximas recomendadas en tuberías de descarga cortas, próximas a la bombas.(3)

Diám.Tub. mm	50	60	75	100	150	200	300	400
Veloc. m/s	1.3	1.4	1.55	1.8	2.2	2.3	2.45	2.6
Caudal l/s	2.5	4.0	6.8	14.1	38.9	72.3	173.1	326.5

Datos:

Caudal : $2.635E-3 \text{ m}^3/\text{s}$ (2.5 Lts/s)
 Velocidad : 1.3 m/s
 Longitud : 2.43 m (8 pies)
 Diámetro : 0.0508 m (2 pulgadas)
 No. de Reynolds : 6.55 E+4
 Coef.de pérdidas : 0.01950 (de diagrama de Moody)

Lo anterior, es una altura de columna de agua fácilmente visible en el manómetro.

Las pérdidas primarias y secundarias generadas por el paso de este caudal (2.5 Lts/s), son calculadas a continuación:

Primarias:

$$H_{fp} = 0.0195 \times (5.40/0.0508) \times (1.3^2/2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fp} = 0.1786 \text{ m H}_2\text{O}$$

Secundarias:

$$H_{fs_{2.}} = 11.378 \times (1.3^2/2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_{2.}} = 0.9804 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_{1.}} = 4.607 \times (3.328^2/2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_{1.}} = 2.6019 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_{1.}} = 1.8 \times (5.2^2/2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs_{1.}} = 2.4814 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs \ 3/4} = 0.4 \times (9.2448^2 / 2 \times 9.807) \text{ m H}_2\text{O}$$

$$H_{fs \ 3/4} = 1.7429 \text{ m H}_2\text{O}$$

La suma de las pérdidas secundarias es:

$$H_{fs} = 7.8066 \text{ m H}_2\text{O}$$

Al sumar las pérdidas secundarias a las pérdidas primarias, se obtiene que las pérdidas totales son:

$$H_t = 7.9852 \text{ m H}_2\text{O}$$

El último dato calculado, es la resistencia a vencer por la bomba a recomendar, que equivale a una presión de 11.36 PSI.

Por lo tanto, las características de la bomba que se propone son:

- A. Que en su punto de máxima eficiencia entregue un caudal de 2500 gln/hr.
- B. Que la presión de descarga cuando opere en su punto de máxima eficiencia, sea de aproximadamente 15 PSI.

3.3.1.3 Conexiones de tomas de presión.

El diseño original contiene un tipo de válvula auto-sellante, de forma tal que al introducir la manguera de toma de presión se abre el paso al fluido, y al desconectar la manguera, un resorte hace regresar un vástago que en un extremo contiene un sello en O (O'Ring), que cierra el paso del fluido por la toma de presión de la tubería. La válvula en mención no pudo ser encontrada en plaza, por lo que se optó adaptar un sistema de conexión formado por una válvula, un nipple, una tuerca y una balona, todo en bronce, tal como lo muestra la figura 3.2. Este sistema no es el más simplificado pero es funcional y de un costo reducido.

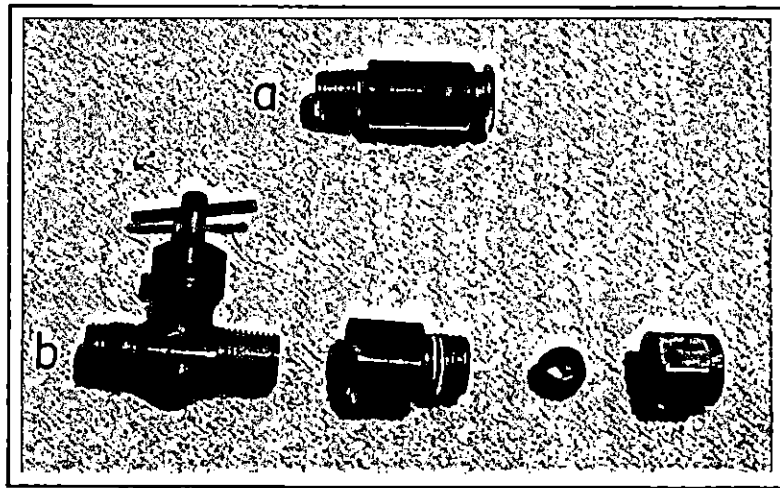


Fig. 3.2 Conexión de tomas de presión
a) diseño original,
b) modificación utilizando cuatro elementos

3.3.1.4 Acople del conjunto motor-bomba.

Para que el fluido de trabajo circule a través de las tuberías de prueba, se acopla un conjunto motor-bomba con que se cuenta en el laboratorio de Mecánica de Fluidos (con el fin de minimizar los gastos de rehabilitación). La succión se realiza desde un reservorio y la descarga se conduce hacia la tubería de 2" del banco de pruebas. Para asegurar el montaje y desmontaje a discreción, se realizarán los siguientes acoples removibles:

- A. En la succión se utiliza un manguera de radiador de 2" de diámetro para unir la tubería del reservorio y la tubería de succión de la bomba, esta manguera se mantendrá fija por medio de dos abrasaderas ajustables de 2", (véase figura 3.3.a).
- B. La tubería de succión se realiza con tubería y accesorios de PVC, contando con tres codos a 90° para describir la ruta desde el reservorio hasta la entrada al eyector de

la bomba; una junta roscada (adaptador macho) se sitúa entre la tubería de succión y el eyector con el fin de poder desmontarla, (véase figura 3.3.b).

C. La descarga se realiza a través de tubería y accesorios de hierro galvanizado roscados, para prevenir la desconexión por las altas presiones que se generan. La descarga contará en su orden con:

- niple de $3/4"$,
- reductor de $3/4"$ a $1"$,
- niple de $1"$,
- reductor de $1"$ a $1 \frac{1}{4}"$,
- niple de $1 \frac{1}{4}"$,
- válvula de compuerta de $1 \frac{1}{4}"$,
- niple de $1 \frac{1}{4}"$,
- junta universal de $1 \frac{1}{4}"$,
- niple de $1 \frac{1}{4}"$,
- reductor recto de $1 \frac{1}{4}"$ a $2"$,
- Te de $2"$, y
- niple de $2"$;

al final del niple se rosca un adaptador hembra pegado a la tubería de $2"$ del banco. Toda la conexión puede apreciarse en la figura 3.3.c.

En la Te de $2"$, se conecta la toma de agua que conduce el fluido hacia la tubería de $1/8"$, haciendo uso de los siguientes accesorios:

- reductor recto de $2"$ a $3/4"$,
- niple de $3/4"$,
- codo $3/4"$ x 90° ,
- niple de $3/4"$,
- válvula de $3/4"$,
- reductor recto de $3/4"$ a $1/2"$,
- reductor recto de $1/2"$ a $3/8"$,
- niple de $3/8"$.

al final del niple de 3/8", se ensambla una manguera flexible para conducir el líquido hasta la tubería de 1/8".

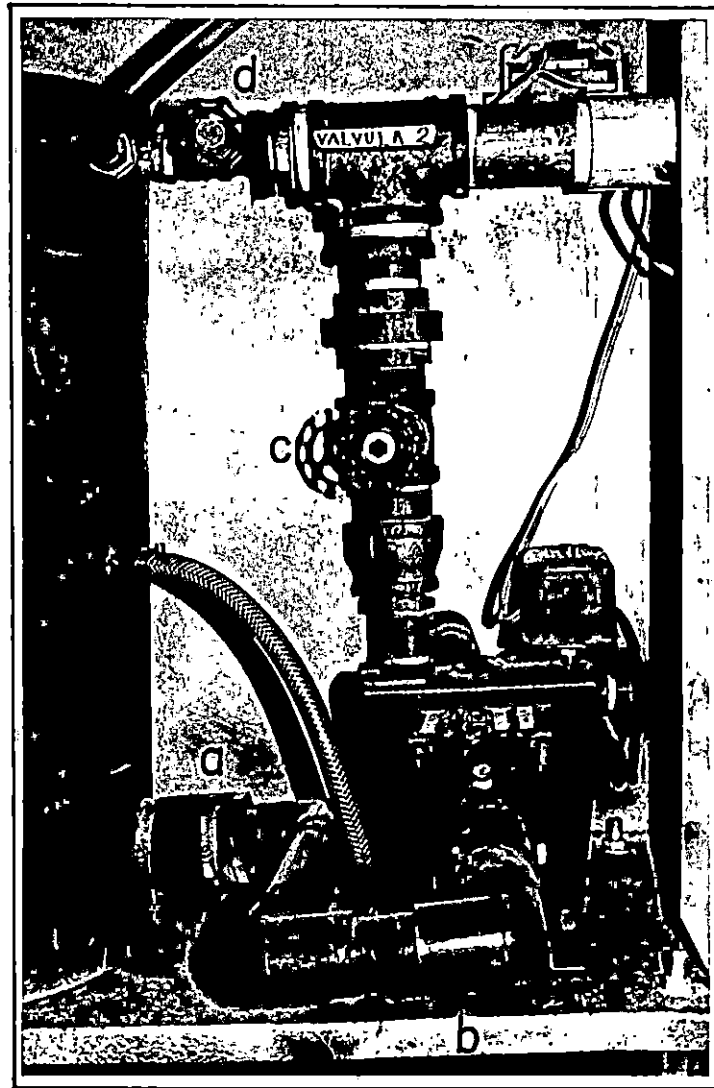


Fig.3.3 Montaje hidráulico del motor-bomba
a) conexión de la succión al reservorio,
b) línea de succión,
c) línea de descarga,
d) línea de suministro a tubería de 1/8".

3.3.1.5 Uso de manómetros en las tomas de presión.

Para facilitar las lecturas de las tomas de presión y evitar derrames de agua en el área de trabajo, al sacar las burbujas de aire de las mangueras plásticas, se utilizarán en dos puntos de tomas de presión, manómetros del tipo Bourdon calibrados de 0 - 60 PSI (véase figura 3.4); de esta forma, las lecturas de las presiones se harán rápidamente. Al mismo tiempo se pretende ejercitar al estudiante en la toma de lecturas de diferentes tipos de manómetros, a saber: piezométricos, diferenciales y del tipo Bourdon y luego poder interrelacionarlos.

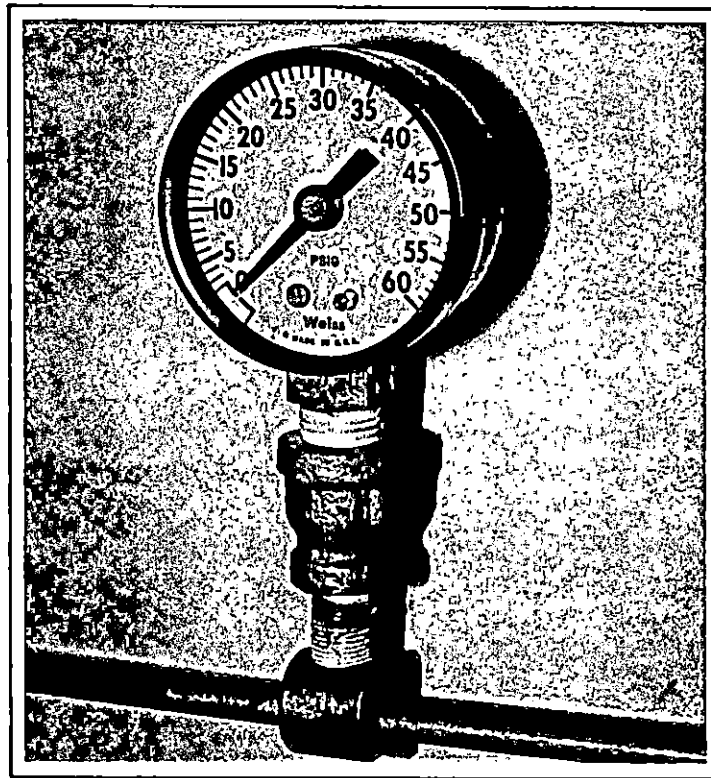


Fig.3.4 Toma de presión utilizando manómetro del tipo Bourdon, en tubería de 1/8".

3.3.1.6 Diseño de perillas para válvulas.

Debido a que en el mercado nacional no se puede encontrar un tipo de perilla que se acople al fresado del vástago de la válvula de compuerta, se hace necesario la construcción de dos perillas para las válvulas de las tuberías de $\frac{1}{2}$ " y 1", las cuales se elaborarán en bronce (véase plano de construcción en anexo 3), para asegurar su duración y resistencia a la corrosión. Estas se fijarán al vástago por medio de un tornillo prisionero (véase figura 3.5).

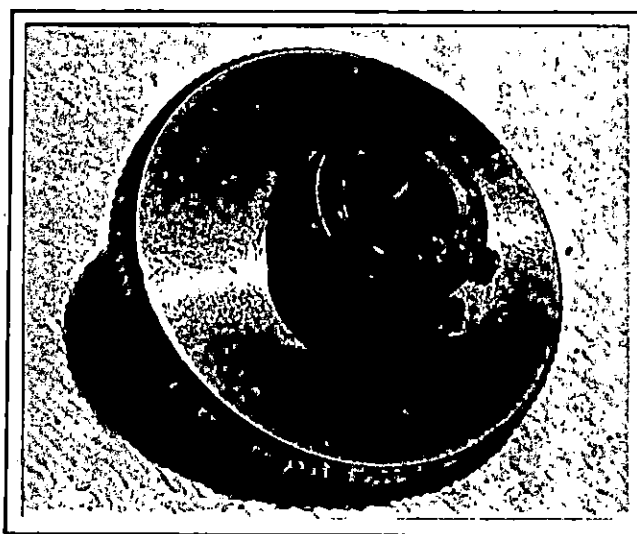


Fig. 3.5 Perilla de válvula.

3.3.1.7 Diseño del tubo de Pitot, para la medición del perfil de velocidades en la tubería de acrílico de dos pulgadas de diámetro.

Este elemento es uno de los más difíciles en su diseño y construcción, debido a los grados de libertad que debe poseer para su movimiento a través de la corriente de agua.

En el anexo 3 se encuentran los planos de diseño del tubo de Pitot a utilizarse en el equipo de medición de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Entre otros, el tubo de Pitot considerado cumple con los requisitos siguientes:

- A. Puede desplazarse transversalmente al flujo, atravesando la tubería de dos pulgadas desde un punto cercano a la pared hasta la parte central de la misma. Esto posibilita calcular los valores de velocidad en diferentes puntos transversos a la tubería y así graficar un perfil de velocidades a un gasto constante.
- B. Debido al deslizamiento manual del tubo sobre su eje se deberá marcar sobre el, el mayor número de posiciones para las cuales se puedan obtener datos de velocidad.
- C. El dispositivo contará con posicionador que asegure obtener el paralelismo entre las líneas de corriente y el tubo de Pitot, para reducir al mínimo los errores influenciados por la posición del mismo. La base sostenedora del tubo tiene calibrados los ángulos, debiendo estar el posicionador en la marca de cero grados.
- D. Las influencias de la viscosidad pueden ser despreciadas, pues el diámetro del tubo es muy pequeño, por lo que las perturbaciones no son consideradas.
- E. La estanqueidad se logra por medio de un sello en O (O'Ring), entre la pared del tubo y la base sostenedora, complementándose con el contacto de las roscas de los mismos, en cuyo intersticio las fuerzas de adhesión del líquido se suman, ayudando al auto sellado.
- F. La conexión del tubo al piezómetro se realiza, utilizando una pieza de adaptación para la manguera.
- G. Todo el conjunto es completamente desmontable.

3.3.2 Bancos para pruebas hidráulicas.

Debido a que el estado actual de estos bancos de prueba es bastante satisfactorio, no necesitan mayores cambios en su funcionamiento, únicamente se tiene que dotar de mangueras para el suministro del fluido a los diferentes dispositivos de prueba, lo que si es necesario agregar como nuevo es la bomba impulsora del fluido, además de reparar los asientos de las válvulas de drenaje de los tanques de pesado, debido a que actualmente se encuentran deteriorados. Los asientos se fabricarán en hule puro con espesor de $\frac{1}{8}$ pulgada (véase figura 3.6), siendo colocados en la misma posición que el original; además, las bridas de los asientos de las válvulas, que están hechas de fundición de aluminio, se encontraron rotas, siendo necesario unirlos con soldadura (proceso TIG), previa preparación de las piezas.

Es necesario reparar las guías de las válvulas que se encuentran en el tanque de pesado, ya que han sufrido deterioro causado por la corrosión del agua; las reparaciones se limitaran a re-soldar los elementos metálicos utilizando soldadura manual de arco eléctrico.

3.3.2.1 Montaje de línea de bombeo.

El diseño original de este banco, contenía un tipo de bomba sumergible de 200 watts, con una entrega de 0 - 60 litros por minuto hasta una altura de 1.5 - 6.4 metros; el laboratorio cuenta con una bomba centrífuga no sumergible, cuyas características son 250 watts, altura máxima de 30 metros, y un volumen entregado de 100 litros por minuto, la cual puede ser utilizada como unidad impulsora del fluido según las justificaciones que se dan en el apartado 3.3.2.2. La curva de funcionamiento es mostrada en el anexo 1.

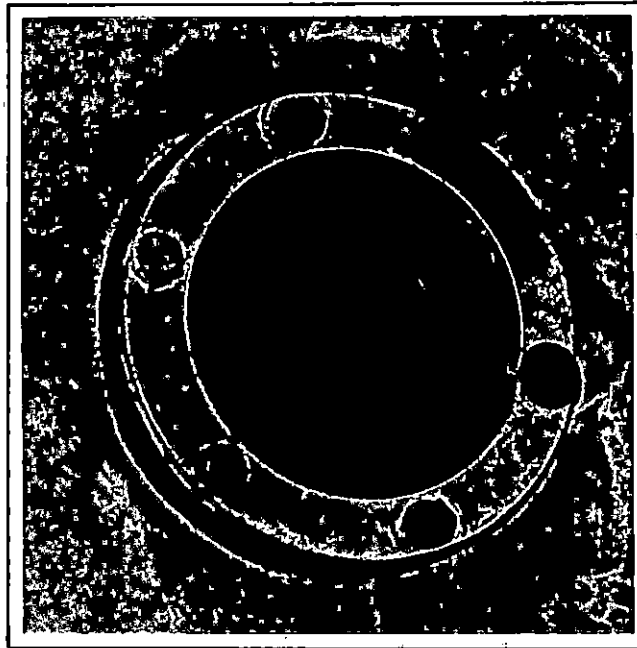


Fig.3.6 Montaje de asiento de válvula de desagüe del tanque de pesado.

En la succión se pondrá una manguera de 3/4" de diámetro, de paredes rígidas pero flexible en su extensión, con el fin de evitar el colapso de la misma al producirse la succión, se sujeta en ambos extremos con sendas abrazaderas ajustables.

La descarga de la bomba contará con una tubería bifurcada, un extremo para proporcionar el caudal utilizado en la experimentación y el otro con el objetivo de aliviar presión en la descarga y el caudal a utilizar, provocando un cuadal en corto circuito, lo cual se logra abriendo la válvula de control y derivando el exceso de gasto hacia la tubería de succión, con lo cual se aumentan las pérdidas hidráulicas y volumétricas. Lo anterior se ideó, motivado porque algunos equipos requieren menores presiones de trabajo (p.ej. el dispositivo para determinar las pérdidas a lo largo de un tubo).

La descarga de recirculación de agua contará con una válvula de compuerta para gobernar el caudal a desechar.

La salida a la descarga de la bomba, contará con una válvula de compuerta, con la cual se puede variar las condiciones a la salida, según los requerimientos del dispositivo en experimentación (véase figura 3.7).

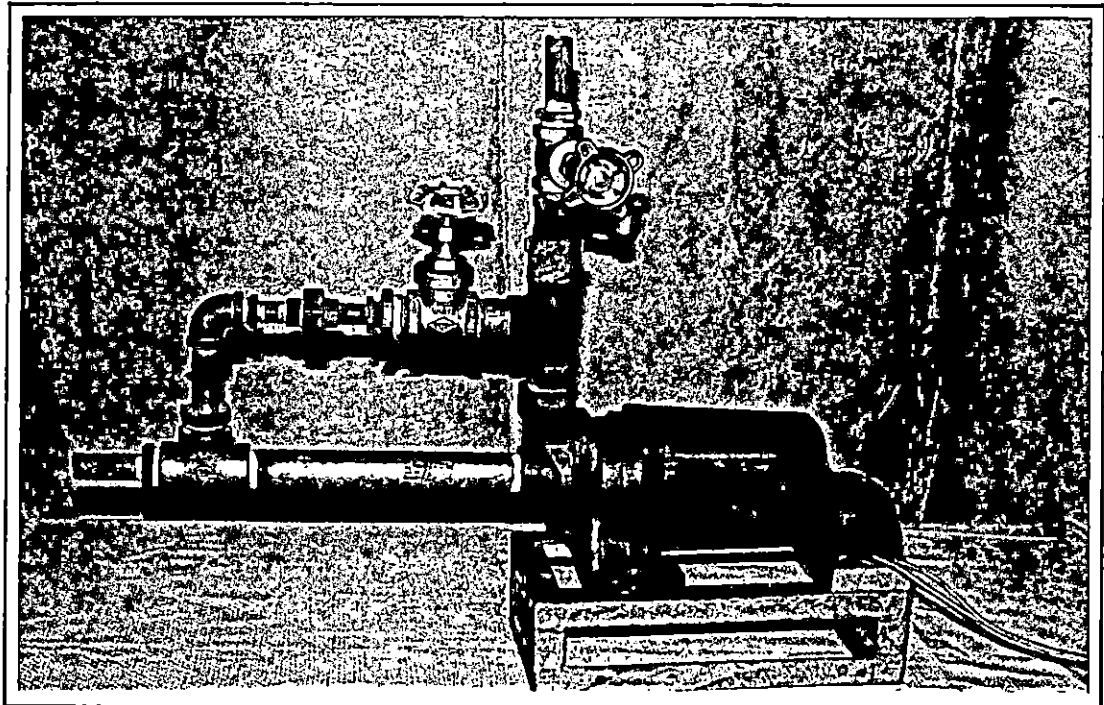


Fig.3.7 Montaje de bomba centrífuga del banco de pruebas hidráulicas, mostrando la tubería de corto circuito.

3.3.2.2 Justificación del uso de la bomba existente en el laboratorio de Mecánica de Fluidos.

En el anexo 1 se encuentran las especificaciones de los parámetros de funcionamiento de la bomba, zcp-1001, disponible en el laboratorio de Mecánica de Fluidos, la cual

entre otros proporciona una potencia de 250 watts y alturas de presión hasta de 30 m de columna de agua (descarga cerrada); también, se puede obtener un caudal de hasta 100 litros por minuto con la descarga completamente abierta.

Los dispositivos a rehabilitar solicitan un gasto que se advierte a continuación:

- El dispositivo para el estudio del flujo a través de orificios requiere un gasto máximo de 13 litros por minuto (véase "Parámetros de funcionamiento", 2.3.3.2),
- El dispositivo para el estudio del impacto de un chorro requiere un gasto máximo de 29 litros por minuto (véase "Parámetros de funcionamiento", 2.3.4.2),
- El Aparato de Reynolds (pérdidas en tuberías), requiere un gasto de 1.4 litros por minuto (véase "Parámetros de funcionamiento", 2.3.5.2).

Siendo estos dispositivos los llamados a experimentar sobre el banco de pruebas hidráulicas, es viable utilizar la bomba existente con el fin de minimizar los costos de rehabilitación de este banco de pruebas, pues es capaz de proporcionar un caudal satisfactorio para cualesquiera de los dispositivos a experimentar, aún con un excedente de 50%.

3.3.3 Dispositivo para el estudio del flujo a través de un orificio.

El dispositivo solamente requiere de la instalación de accesorios en la tubería de rebose y la adición de unos cuantos metros de manquera flexible y el reajuste de la hoja del mecanismo transversal que se utiliza para medir el diámetro de la vena contracta.

Es importante lubricar el mecanismo transversal, para que

los movimientos sean fáciles de ejecutar y sin chirrido alguno.

Es importante, contar con un nivelador, al momento de disponerse a realizar una práctica, para que el chorro salga completamente vertical hacia abajo.

3.3.4 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

Este dispositivo cuenta con dos tipos de álabes intercambiables para la observación del impacto de un chorro, uno de los cuales presenta la forma de superficie hemisférica y el otro de una superficie plana; ambos álabes se acoplan a un brazo de nivelación que pivota. Sobre el brazo se desplaza un peso que se utiliza para igualar el momento producido por la fuerza de impacto del chorro con el momento producido por el peso.

De los elementos descritos, solo se cuenta con la superficie plana, además de una superficie hemisférica defectuosa, faltando el peso desplazable.

Para prever que el chorro a la salida de la tobera salga completamente en dirección vertical hacia arriba, es necesario contar con un nivelador, y hacer uso de las patas ajustables.

3.3.4.1 Alabe hemisférico.

El álabe con que cuenta el equipo presenta una forma que no esta de acuerdo con las especificaciones del diseño original, motivo por el cual se tiene la necesidad de construir un álabe que se sujete a las medidas originales de forma tal que la salida del fluido despues del impacto se realice tal como lo describe el manual. La forma del álabe

hemisférico puede apreciarse en la figura 3.8 (las dimensiones estan plasmadas en el anexo 3)

Para la realización de la prueba experimental con el dispositivo en cuestión, no se cuenta con el peso desplazable recomendado, siendo esto, causa de error en los resultados obtenidos en anteriores prácticas.

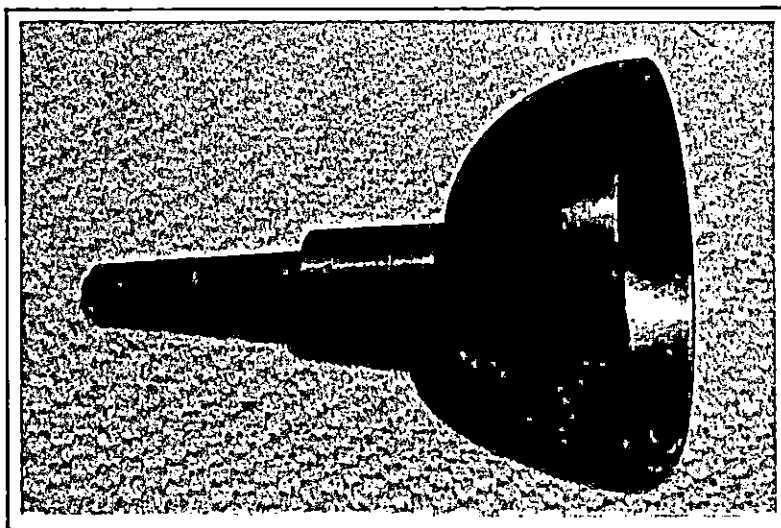


Fig. 3.8 Alabe de superficie hemisférica.

3.3.4.2 Peso desplazable.

Es necesaria la construcción de un cuerpo desplazable de la forma y peso recomendado por el diseño original. La forma del peso puede apreciarse en la figura 3.9 (las dimensiones se especifican en el plano de diseño en el anexo 3).

3.3.5 Dispositivo para medir la pérdida a lo largo de un tubo.

En vista de que el estado físico del dispositivo y sus componentes son satisfactorios, no existe la necesidad del rediseño, y solamente tendrán que obtenerse accesorios descritos en el apartado 4.4.5.

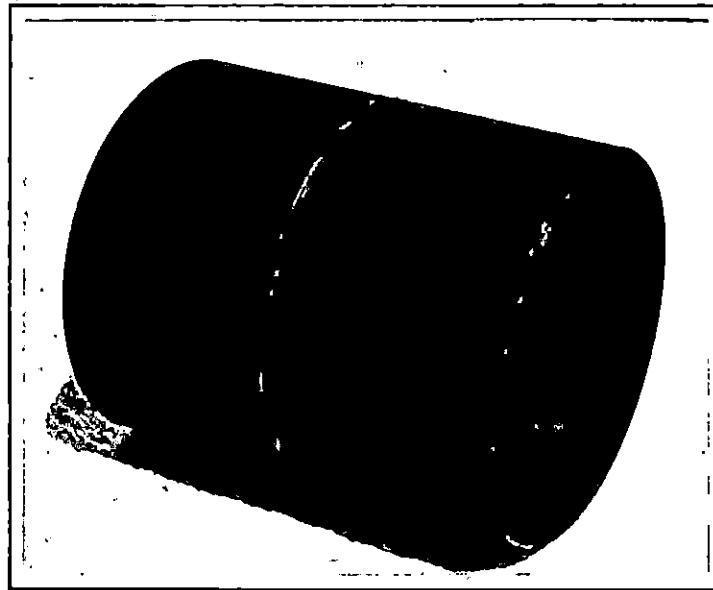


Fig. 3.9 Peso desplazable.

3.3.6 Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

3.3.6.1 Vástagos y perillas de válvulas.

Para el buen funcionamiento y aprovechamiento de este aparato, existe la necesidad de rediseñar completamente dos vástagos de válvulas con sus perillas respectivas, una de ellas se utiliza para desairear el sistema y la otra para el suministro del fluido de trabajo. Este rediseño fue posible

a la mera observación de los asientos de las válvulas, acompañada de una serie de mediciones para establecer las dimensiones y forma de los mismos. Estos elementos se recomienda construirlos en bronce, para que en el apriete de cierre, el sello entre vástago y asiento de válvula se auto-realice en forma óptima. Las piezas en mención pueden apreciarse en la figura 3.10 (las dimensiones de los vástagos y perillas se muestran en el anexo 3).

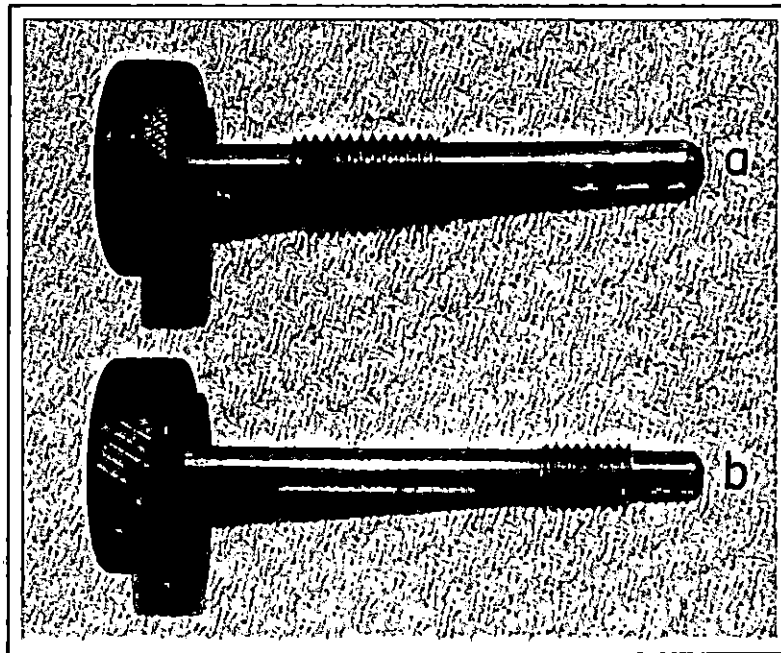


Fig.3.10 Vástagos y perillas de válvulas.
a) de desaire,
b) de suministro de fluido.

3.3.6.2 Masas de peso conocido.

Teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento descritos, es necesario construir cuerpos de masa conocida

para poder establecer diferentes rangos de calibración. La forma puede apreciarse en la figura 3.11 (las dimensiones de los cuerpos en cuestión se describen en el anexo 3).

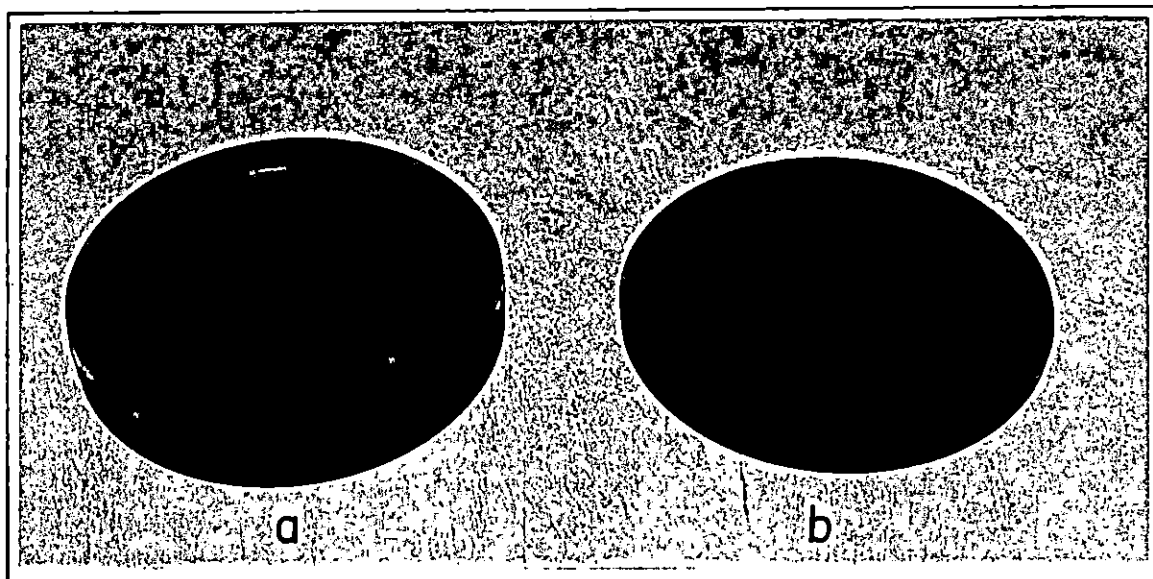


Fig. 3.11 Pesas para la calibración de manómetros

a) 925 g.

b) 341 g.

3.3.7 Visualizador de líneas de flujo de agua.

3.3.7.1 Estabilizador de flujo.

Para la mejor apreciación de las líneas de corriente, este dispositivo debe contar con un estabilizador de flujo colocado a la salida de la descarga de la bomba, con el objeto de redistribuir el chorro de líquido en toda el área aguas arriba del canal de visualización. El estabilizador se construirá de un tubo de PVC de 4" de diámetro (véase plano de construcción en anexo 3), al cual se le han efectuado

orificios para permitir la redistribución del flujo de agua en toda la extensión de su cuerpo (véase figura 3.12). Este se coloca y mantiene en posición debido a un montaje en apriete en el fondo del recipiente a la salida de la descarga de la bomba.

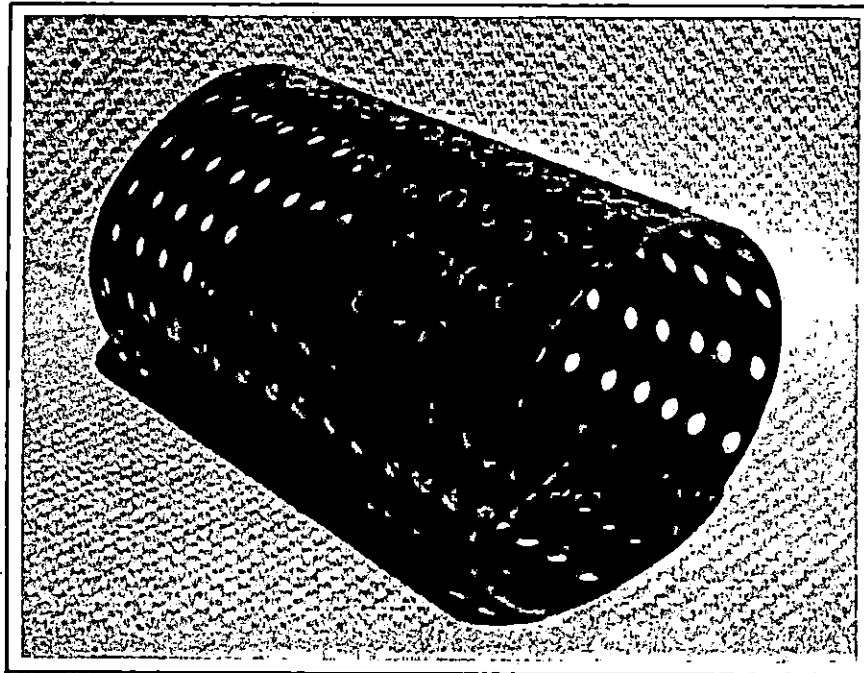


Fig. 3.12 Estabilizador de flujo.

3.3.7.2 Lámpara fluorescente para iluminación de área de trabajo.

El equipo se dotará de una lámpara fluorescente circular de 35 watts que se monta en la base del dispositivo (véase figura 3.13), utilizando para ello un receptáculo con rozca mogul y energizando con un circuito en paralelo comandado por el interruptor de puesta en marcha existente; además, una pantalla de acrílico blanco, desmontable del cuerpo del equipo, para que sirva de contraste con la sombra de las

partículas en suspensión que delatan las líneas de corriente.

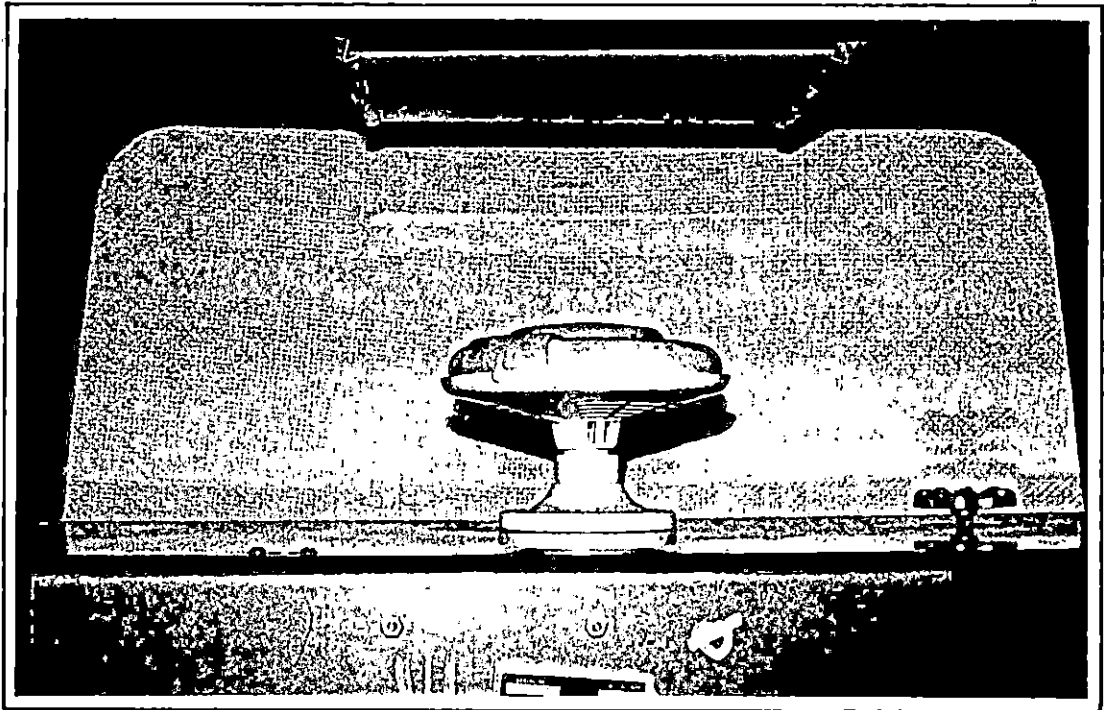


Fig. 3.13 Montaje de lámpara fluorescente y pantalla de acrílico.

3.3.7.3 Uso de retroproyector.

Un retroproyector puede ser utilizado para proyectar el área de estudio hacia una pantalla, de esa forma mayor número de espectadores podrán apreciar las rutas de las líneas de corriente al paso por los perfiles, vease el montaje apropiado en la figura 3.14.

3.3.7.4 Utilización de partículas en suspensión.

Para visualizar las líneas de corriente, es necesario utilizar un tipo de material que se mantenga en suspensión en el seno del líquido que corre por el canal.

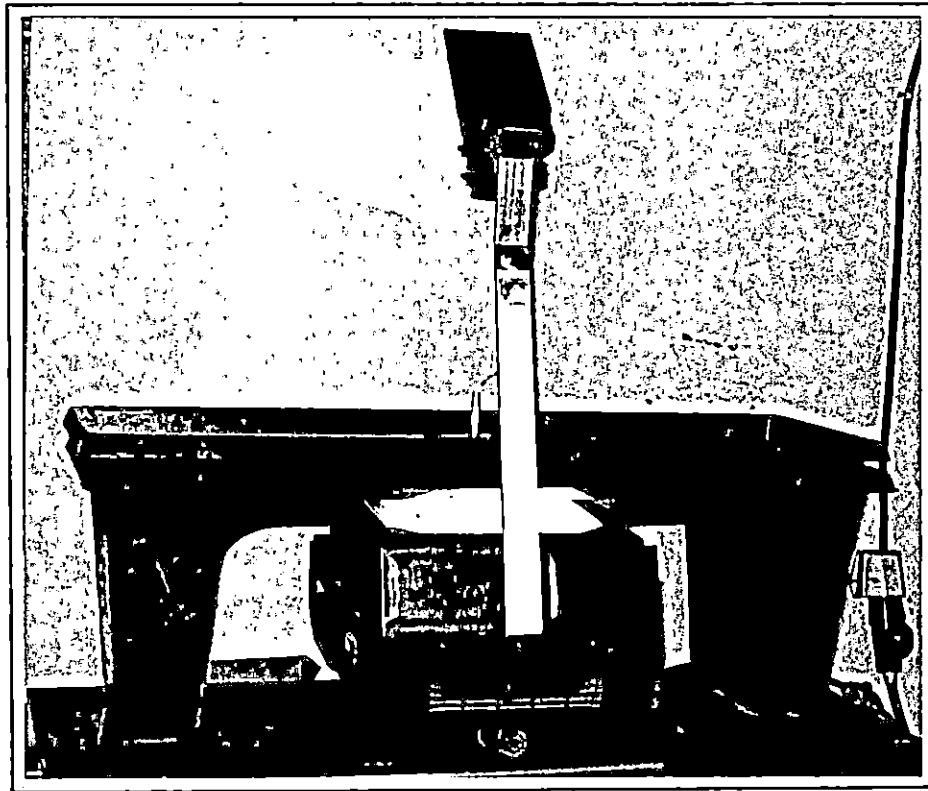


Fig. 3.14 Montaje de retroproyector en el visualizador de flujo de agua.

Después de pruebas con diferentes partículas tales como, la diamantina (que provoca problema de abrasión), el sulfato de cobre (que solamente tiñe el líquido) y el polvo dorado, se seleccionó este último debido a que se mantiene en

suspensión en el agua, y además es suave (por ser derivado de plástico) y no tiene ningún efecto abrasivo en los álabes de la bomba; además es visible cuando es arrastrado por el agua. El polvo dorado es el que mejor se adapta a las condiciones requeridas para la experimentación, es por ello que se recomienda para ser utilizado en este equipo.

3.3.8 Visualizador de líneas de flujo de humo.

Este equipo es de los más completos en cuanto al estado físico se refiere, pues al momento de realizar el inventario de sus componentes, se contó con la totalidad de los mismos.

En las especificaciones de diseño el equipo trae consigo un tipo de aceite para la producción de humo, pero al realizar pruebas se determinó que el vapor de aceite no era lo suficientemente visible para poder apreciar con claridad el fenómeno de las líneas de corriente de humo al pasar por los perfiles. Para solventar el inconveniente se realizaron pruebas con diferentes derivados del petróleo, llegando a establecer que el Kerosene proporciona suficiente claridad de las líneas, pues su humo es más denso, y permite una mayor visibilidad; además, el precio de obtención es relativamente bajo y su adquisición puede realizarse en cualquier tienda de artículos de primera necesidad, la volatilidad es pequeña y no presenta problemas de inflamabilidad por lo que puede ser manejado con relativa confianza por el experimentador.

La claridad de las líneas de humo vuelve innecesario el uso de la lámpara de luz negra propuesta como equipo complementario.

Se considera necesario dotar al estudiante de una llave allen para el montaje y desmontaje de los diferentes perfiles a estudiar.

CAPITULO CUATRO

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE LA RECONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO.

4.1 INTRODUCCION

El capítulo trata de mostrar, los costos presupuestados para rehabilitar cada uno de los dispositivos que abarca el trabajo, estos, presentan en detalle las cantidades de piezas, accesorios, equipo y costos de cada uno, de los elementos que se utiliza en la rehabilitación.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- A. Presentar una aproximación de los costos de rehabilitación de los equipos.
- B. Proponer soluciones económicas y prácticas de los elementos a modificar.

4.3 FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE RECONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO PARA MECANICA DE LOS FLUIDOS A SER REHABILITADOS.

4.3.1. Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Desde del punto de vista técnico y económico la reconstrucción de este banco es posible, no sin antes hacer cambios sustanciales al equipo para solventar la inexistencia de algunos elementos en el mercado.

En cuanto a factibilidad económica, se tropieza con el alto costo de los componentes y accesorios, por lo que se recurre a modificar el diseño original, sin cambiar su funcionalidad y apariencia. En la tabla 4.1, se detalla el

costo de los componentes y accesorios utilizados en la rehabilitación.

Tabla 4.1 Presupuesto para la rehabilitación del banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Cantidad	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Adaptador hembra PVC 2"	4.90	4.90
1	Adaptador macho PVC 2"	6.80	6.80
1	Codo PVC 2" x 90º	10.70	10.70
3	Codo PVC 1 ¼" x 90º	5.80	17.40
1	Adaptador macho 1 ¼"	3.15	3.15
1	Bushing reductor 2" x 1 ¼"	6.30	6.30
1	Bushing reductor 2" x ¾"	6.30	6.30
1	Adaptador macho PVC ¾"	1.50	1.50
1	Unión PVC 2"	15.30	15.30
4	Acoples para válvula de ¼"	10.00	40.00
4	Válvulas Tee 1/8"	56.50	226.00
53	Pies de manquera plastica azul de ¼"	1.50	79.50
4	Acoples para tubo de 1/8"	11.00	44.00
2	Pies de manquera para radiador	25.50	51.00
6	Abrazaderas de 2"	8.00	48.00
4	Tornillos de 3/16" x ¼"	0.20	0.80
4	Tornillos de 3/16" x 1 ¼"	0.30	1.20
5	¼ libra de mercurio	150.00	750.00
1	tubo de cemento para PVC	20.00	20.00
1	tubo de PVC ¾"	15.00	15.00
8	Cintas de Teaflon	2.90	23.20
6	Anillos O #006	1.80	10.80
8	Anillos O #228	3.50	28.00
2	Tapones cabeza cuadrada	7.60	15.20
1	1/8 gln de resina de fibra de vidrio	20.00	20.00
1	Válvula de compuerta 1 ¼"	100.00	100.00
3	Nipple de ¾"	3.50	10.50
1	Reductor recto de ¾" a 1"	8.00	8.00
1	Reductor campana de 1" a 1 ¼"	10.00	10.00
3	Nipple todo rozca de 1 ¼"	6.00	18.00
1	Junta universal de 1 ¼"	35.00	35.00
1	Reductor de 1 ¼" a 2"	20.00	20.00
1	Te 2" galvanizada	28.00	28.00

1	Reductor recto de 2" a 3/4"	20.00	20.00
1	Codo de 3/4" x 90°	5.00	5.00
1	Válvula de compuerta 3/4"	90.00	90.00
1	Reductor recto de 3/4" a 1/2"	5.00	5.00
1	Reductor recto de 1/2" a 3/8"	4.00	4.00
1	Nipple de 3/8"	3.50	3.50
1	Nipple de 2"	6.00	6.00
10	Balonas de 1/4"	1.75	17.50
1	Toma corriente macho	8.00	8.00
2	Perillas para válvula	75.00	150.00
4	Manómetros WEISS 0 - 60 PSI	65.00	260.00
4	Codos mixtos galvanizados 1/2"	3.50	14.00
4	Nipples galvanizados 1/8"	4.00	16.00
4	Reductores campana 1/2"x1/8"	3.75	15.00
4	Yardas de cable duplex 14	3.00	12.00

TOTAL

2300.55

4.3.2 Banco para pruebas hidráulicas.

Estos bancos, que en general se encuentran en buen estado, requieren de pocos elementos o material para ser rehabilitados y puestos en óptimas condiciones, los elementos a obtener se detallan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Presupuesto para la rehabilitación de los bancos para pruebas hidráulicas.

Cant.	Descripción	Costo unit. colones	Total
1	Tubo sellador de Silicone	27.00	27.00
4	Abrazaderas de 1 1/2"	5.00	20.00
1	Pie de hule puro de 1/4" espesor	130.00	130.00
1	1/8" gln resina de fibra de vidrio	20.00	20.00
4	Yardas de manguera rígida 3/4"	20.00	80.00
8	Yardas de manguera plástica 3/4"	3.00	24.00
1	Yarda de cinta de fibra de vidrio	17.00	17.00

TOTAL

318.00

De estos bancos queda a consideración de la Escuela de Ingeniería Mecánica la compra de las motobombas sumergibles, para que queden equipadas completamente.

4.3.3 Dispositivo para el estudio del flujo a través de un orificio.

Son pocos los elementos faltantes en este dispositivo, los cuales tienen un bajo costo y son de fácil adquisición, ellos se concretan a lo descrito en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Presupuesto para la rehabilitación del dispositivo para el estudio del flujo a través de orificios.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Codo adaptador de PVC 90º de ½"	3.00	3.00
1	Nipple de ½" de PVC	2.00	2.00
2	Yardas de manquera Tygon de ½"	15.00	15.00
1	Bisturí #24	2.00	2.00

TOTAL 22.00

4.3.4 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

Siendo este uno de los dispositivos que se encuentran más completo y en mejores condiciones en cuanto al estado de sus componentes, solamente es necesario reconstruir algunas partes que se detallan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Presupuesto para la rehabilitación del dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Alabe hemisférico	250.00	250.00
1	Peso desplazable	75.00	75.00

TOTAL 325.00

4.3.5 Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.

Este dispositivo no amerita ningún rediseño, y es posible rehabilitarlo dotándolo de los accesorios que se detallan en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Presupuesto para la rehabilitación del dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Mercurio $\frac{1}{4}$ libra	150.00	150.00
6	Sellos O (O'ring)	1.80	10.80
4	Abrasaderas de $\frac{1}{2}$ " ajustables	2.00	8.00
1	Acople soldado a tubería	20.00	20.00
1	Broca 1/16"	3.00	3.00
2	Broca 5/64"	3.00	6.00
3	Yardas de manquera Tygon $\frac{1}{4}$ "	10.00	30.00
2	Yardas de manquera alta presión	20.00	40.00
1	Probeta graduada 450 ml	50.00	50.00
1	*Cronómetro	400.00	400.00
1	*Termómetro 0 - 150 °C	150.00	150.00

TOTAL 867.00

* Queda a criterio de la Escuela de Ingeniería Mecánica, dotar de cronómetro y termómetro propios al equipo para el

estudio de pérdidas a lo largo de un tubo. Lo anterior, debido a que en la Facultad de Ingeniería se cuenta con estos elementos que se utilizan en otras áreas y pueden ser facilitados para la consecución de los objetivos de las prácticas de laboratorio.

4.3.6 Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

Para la rehabilitación total de este dispositivo es necesario contar con una serie de elementos que se detallan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Presupuesto para la rehabilitación del calibrador de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Vástago con perilla para válvula de suministro	90.00	90.00
1	Vástago con perilla para válvula de desaire	90.00	90.00
1	Manómetro USG 0 - 200 PSI	100.00	100.00
1	Manómetro ASHCROFT 0 - 100 PSI	90.00	90.00
1	¼ Galón de aceite hidráulico	15.00	15.00
1	Pinta de líquido de frenos	15.00	15.00
4	Pesas de 2 libras c/u	80.00	320.00
3	Pesas de 3/4 libras c/u	60.00	180.00
2	Pernos prisioneros	1.00	2.00
1	Sierra para máquina 18"x1 ¼"	62.00	62.00

TOTAL 954.00

4.3.7 Visualizador de líneas de flujo de agua.

Con el objeto de lograr una mejor observación de las líneas de flujo en este dispositivo, es necesario dotar al

equipo de lo especificado en el rediseño de equipo (vease apartado 3.3.7); además, de las partículas deladoras de las líneas de corriente, lo cual se detalla en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Presupuesto para la rehabilitación del equipo para visualizar líneas de flujo de agua.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Lámpara fluorescente circular de 35 watts, 120 V rozca mogul transistorizada	73.00	73.00
1	Receptáculo rozca mogul	7.00	7.00
1	Yarda cable duplex 14	3.00	3.00
2	Pernos con tuerca 5/16"	0.50	1.00
1	Pantalla de acrílico blanco de 27.5 cm. x 20 cm.	25.00	25.00
3	Cajas de canicas	7.00	21.00
4	Bolsas de diamantina	2.50	10.00
1	Onza de polvo dorado oro	4.50	4.50
1	Pieza de tubo PVC 4" X 20 cm.	15.00	15.00
1	Pie de tamiz No.50	24.00	24.00

TOTAL

183.50

4.3.8 Visualizador de líneas de flujo de humo.

Por ser de los equipos más completos, los costos de rehabilitación de este dispositivo son bajos, debido a que existe únicamente la necesidad de utilizar un nuevo líquido para la generación de humo, para lo cual tendran que hacerse pruebas con diferentes derivados del petroleo que se detallan en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Presupuesto para la rehabilitación del visualizador de líneas de flujo de humo.

Cant.	Descripción	Costo unit. Colones	Total
1	Galón aceite combustible (DIESEL)	7.00	7.00
1	Galón Kerosene	10.00	10.00
1	Galón de gasolina regular	16.00	16.00
1	Galón de solvente mineral	25.00	25.00
1	Llave allen 3/32"	6.00	6.00
1	Abrazadera ajustable 1"	3.00	3.00
1	Bote de pintura negra en spray	17.00	17.00

TOTAL 84.00

4.3.9 Balance de costos y estimados extras.

Un primer balance de los costos de la rehabilitación se presenta en la tabla 4.9, en la cual se consideran además los gastos extras en que se pueden incurrir, tales como el pago de transporte y gastos imprevistos.

Tabla 4.9 Balance de los costos de rehabilitación de los equipos de laboratorio de Mecánica de los Fluidos.

Descripción	Costo
Banco para la determinación de pérdidas	¢2300.55
Banco para pruebas hidráulicas	¢ 318.00
Dispositivo de Flujo a través de orifios	¢ 22.00
Dispositivo de Impacto de chorro	¢ 325.00
Aparato de Reynolds	¢ 867.00
Calibrador de Peso muerto	¢ 954.00
Visualizador de líneas de flujo de agua	¢ 183.50
Visualizador de líneas de flujo de humo	¢ 84.00

SUBTOTAL ¢5054.05

Estimado de gastos de transportes	¢ 400.00
Imprevistos 10% de costos	¢ 505.40

SUBTOTAL ¢ 905.40

T O T A L ¢5959.45

La tabla 4.9, refleja de una manera aproximada el costo de rehabilitación de los equipos de laboratorio, dejando ver que es una inversión fuerte, considerando necesario que en parte sea absorbida por la Escuela de Ingeniería Mecánica, en vista que será para beneficio de la misma.

CAPITULO CINCO

DISEÑO DE GUIAS DE LABORATORIO Y ESTRUCTURACION DE REPORTE.

5.1 INTRODUCCION.

El capítulo desarrolla la idea de unificar la estructura de una guía de laboratorio, el cual debe ser: objetivo, interactivo, descriptivo y evaluativo.

Las guías, contienen los objetivos perseguidos en la experimentación de un fenómeno; un detalle del equipo que utilizará el estudiante al momento de la práctica; una introducción que sirve de marco teórico al experimento; se proponen preguntas de pre-laboratorio que tienen la intención de sondear en el estudiante los conocimientos básicos del tema. En cada una de las guías se describe el aparato a utilizar, esto haciendo uso de diagramas esquemáticos y fotografías, para que la comprensión y visualización sea total; además, se acompaña del procedimiento a seguir para realizar en forma ordenada la experimentación; se proporcionan los datos de dimensiones físicas en los casos que es necesario conocerlos y no forman parte de la investigación. La estructura del laboratorio proporciona los formatos de las tabulaciones a realizar, las cuales serán complementadas por el estudiante con los datos observados y calculados; como parte última de la guía de laboratorio se presenta una serie de actividades a realizar por el estudiante tales como el desarrollo de gráficas que muestran la relación entre las variables, presentación de resultados, cuestionamiento sobre soluciones a problemas prácticos y preguntas, todo relacionado con la práctica realizada.

En seguida, se propone el diseño de la estructura del reporte de laboratorio, el cual unifica la presentación del mismo, facilitando su revisión y evaluación.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Presentar un diseño de guías de laboratorio para realizar los experimentos en los equipos rehabilitados.
- B. Presentar un formato de la estructura del reporte de laboratorio, que presentará el estudiante para su evaluación.

5.3 DISEÑO DE GUIAS DE LABORATORIO

A continuación, se presentan las guías de laboratorios que se pretende utilizar en los dispositivos rehabilitados, estas contienen un desarrollo lógico-estructural, de los pasos a seguir para la experimentación del fenómeno estudiado.

La estructura contiene los elementos siguientes:

- Tema
- Objetivos específicos
- Equipo utilizado
- Introducción
- Pre-laboratorio
- Descripción del aparato
- Procedimiento
- Datos
- Resultados
- Reporte

El contenido es el resultado de una investigación bibliográfica y de la observación, con el objeto de enfocar el fenómeno y poder estudiarlo en condiciones de laboratorio para tener dominio de las variables que intervienen.

5.3.1 Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

DETERMINACION DE PERDIDAS HIDRAULICAS PRIMARIAS

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- A. Comprender la importancia del diámetro de la tubería al conducir un fluido.
- B. Trazar la curva de pérdidas primarias para tres diámetros de tubería del mismo material (bronce).
- C. Determinar experimentalmente el coeficiente de fricción para tres diámetros de tubería del mismo material (bronce).
- D. Determinar las pérdidas por fricción que ocurren en tramos rectos de tubería.
- E. Determinar el perfil de velocidades en una tubería.

EQUIPO UTILIZADO.

- Banco para determinar pérdidas en tuberías rectas.
- Cronómetro.

INTRODUCCION

El principal objetivo de este laboratorio, es determinar las pérdidas de energía en tuberías.

Las pérdidas de energía que ocurren como resultado de la fricción, pueden ser catalogadas como pérdidas primarias (pérdidas de presión en un ducto de área constante) y pérdidas secundarias (que ocurren como resultado del paso del fluido a través de accesorios de tuberías).

Para una tubería recta de sección uniforme horizontal, las pérdidas de energía están representadas por la diferencia de

presión entre dos puntos de la tubería.

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = H_f \quad (\text{en régimen laminar}).$$

Esta pérdida de presión aparece como un aumento de la energía interna del fluido.

En flujo turbulento, las pérdidas de energía (H_f) debidas a la fricción en una tubería recta de área constante, depende del diámetro de la tubería, la longitud, la rugosidad, la velocidad media del flujo, la densidad y viscosidad del fluido, lo que expresado en forma funcional es:

$$H_f = H_f (D, L, e, V, \rho, \mu)$$

Recurriendo a la experimentación para determinar la forma de la relación funcional, llegamos a la expresión:

$$H_f = f (L/D) (V^2/2g) \quad (\text{en régimen turbulento}).$$

Esta ecuación es conocida como la ecuación de Darcy-Weisbach.

La variable f representa el factor de fricción, el cual es determinado experimentalmente y, estando en presencia de flujo laminar completamente desarrollado se puede calcular a partir de la ecuación de Blasius:

$$f = 64/Re$$

PRE-LABORATORIO

1. De qué factores depende el coeficiente de pérdidas f ?
2. Qué entiende por pérdidas de carga en tuberías?
3. Existe alguna relación entre las pérdidas en una tubería y el tipo de material de que están construidas? Explique.
4. Describa el procedimiento para la determinación del caudal utilizando el método volumétrico.
5. Describa el procedimiento para la determinación del caudal utilizando un orificio medidor de bordes

afilados.

6. Describa como se calcula la velocidad de un fluido al utilizar un arreglo de tubo de Pitot y tubo piezométrico, instalado en una tubería.
7. Para qué se utiliza un gráfico de pérdidas contra caudal?

DESCRIPCION DEL APARATO

En la figura 1 se muestra el circuito hidráulico de cuatro tuberías en paralelo, que utiliza una bomba centrífuga para impulsar el fluido y un reservorio para captación del mismo. La longitud del tramo de tubería en estudio es de 8 pies, en cada uno de los extremos del tramo existen tomas de presión, ésta es registrada por manómetros del tipo Bourdon en la tubería de 1/8" de diámetro y cuyas lecturas se obtienen en PSI. En las tuberías de 1/2", 1" y 2" por manómetros diferenciales de columna de agua y mercurio, con graduaciones en decimas de pie; existe tambien un manómetro diferencial que proporciona las lecturas en metros de columna de agua y el cual se encuentra instalado en el orificio medidor de la tubería de 1".

Para determinar el caudal circulando en cualquier momento se utilizan dos tipos de métodos, así: en la tubería de 1/8" el caudal se obtiene tomando el tiempo que transcurre en llenar un depósito hasta un volumen pre-establecido esto se conoce como método volumétrico de medición de caudal ($Q=V/t$); en las restantes tuberías el caudal se determina mediante la utilización de un orificio medidor y la diferencia de presión que se genera en ambos puntos del orificio (aguas arriba y aguas abajo), que al relacionarlos dan la ecuación de la forma:

$$Q = k \sqrt{h} \quad [\text{pie}^3/\text{seg}],$$

donde:

k : constante del orificio medidor [pies^(5/2)/seg],

h : diferencia de presiones [pies de columna de agua].

Este cálculo proporciona una medida del caudal circulando por esa tubería (para determinar la diferencia de presiones se utilizan tomas de presión a ambos lados del orificio medidor y el coeficiente del orificio es una constante conocida).

Los caudales pueden variarse accionando las válvulas de compuerta existentes al final de las tuberías de pruebas.

La bomba se pone en funcionamiento mediante el accionamiento de dos interruptores localizados en la base del panel.

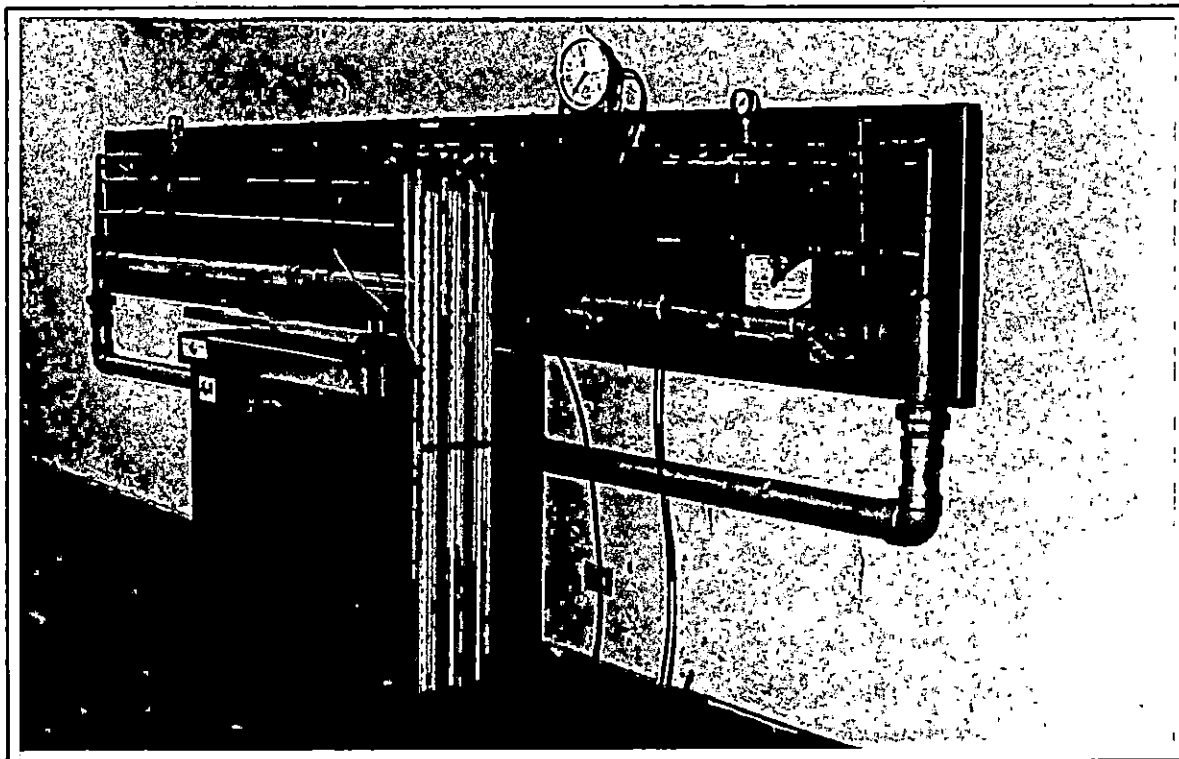


Fig. 1 Banco para la determinación de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

PROCEDIMIENTO

Para poner en marcha el sistema se debe asegurar que las válvulas 2, 4, 5 y 6, estén cerradas y las válvulas 1 y 3, completamente abiertas.

Ponga en funcionamiento la bomba, y ajuste el sistema de tal forma que el agua descargada llene completamente la tubería de 2" de diámetro, y espere hasta que el aire de las tuberías sea desalojado (pequeñas burbujas de aire no afectan el experimento).

Determinación de pérdidas en tubería de 1 pulgada de diámetro.

Abra completamente la válvula 4, y comience a cerrar la válvula 3, hasta obtener una lectura máxima en el tubo piezométrico correspondiente a la tubería de 1 pulgada de diámetro; cierre despacio la válvula 4, obteniendo diferencias de altura de 0.1 pies de columna de agua hasta que la válvula esté completamente cerrada. Obtener por lo menos seis datos de pérdidas de presión en ambos manómetros para trazar posteriormente, la gráfica de pérdidas de energía contra caudal de la tubería en estudio.

Al terminar de tomar las lecturas, asegúrese de abrir completamente la válvula 3 y cerrar la válvula 4.

Determinación de pérdidas en tubería de 1/2 pulgada de diámetro.

Teniendo la válvula 3 y 5, completamente abiertas, proceda a cerrar la válvula 3 (esto hará que el caudal se desvíe hacia la tubería de prueba), hasta obtener la máxima lectura posible en el manómetro diferencial de mercurio, que registra las diferencias de presiones en el orificio medidor de la tubería de prueba, en ese momento comience a tomar las primeras lecturas de los manómetros que registra las

diferencias de presiones, entre la toma aguas arriba y aguas abajo de la tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada y del orificio medidor; abrir lentamente la válvula 3, obteniendo decrementos de presión en el manómetro de mayor lectura.

Realizar por lo menos seis lecturas hasta que la válvula 3 este completamente abierta nuevamente.

Al final, cerciórese de abrir completamente la válvula 3 y cerrar completamente la válvula 5.

Determinación de pérdidas en tubería de $\frac{1}{8}$ de pulgada de diámetro.

En la parte posterior del panel existe una toma de agua, que puede cerrarse por medio de la válvula 2. En las pruebas anteriores ha permanecido cerrada, ahora se procederá a abrirla completamente, de esta forma parte del caudal entregado por la bomba centrífuga puede derivarse hacia la tubería de prueba de $\frac{1}{8}$ de pulgada.

Debido a que la válvula 6, dispuesta al final de la tubería de prueba de $\frac{1}{8}$ de pulgada de diámetro esta cerrada, los manómetros colocados en las tomas de presión registrarán la misma presión, que de no ser la máxima, se debe cerrar la válvula 3, hasta que los manómetros registren 55 PSI; en este punto, se comienzan a tomar lecturas de presión, abriendo lentamente la válvula de $\frac{1}{8}$ de pulgada, y para cada lectura tomar el tiempo de llenado de un volumen determinado, y así, poder calcular el caudal circulando por la tubería de prueba.

Tomar por lo menos seis lecturas a diferentes aberturas de la válvula 6, al finalizar cerciórese de cerrar completamente la válvula 6 y dejar abierta la válvula 3.

Determinación del perfil de velocidades en tubería de 2 pulgadas de diámetro.

Cerciorarse que las válvulas 2,4,5 y 6 esten cerradas y las válvulas 1 y 3 abiertas; proceder a tomar lecturas en el manómetro inclinable, sin variar la abertura de la válvula 3; una de las columnas (la conectada al tubo de Pitot), proporciona la altura total del fluido ($p/\gamma + V^2/2g$), mientras que la otra columna proporciona la presión estática del fluido, la diferencia entre ellas proporciona la carga de velocidad ($V^2/2g$), a la que se conduce el fluido. Variando la posición del tubo de Pitot desplazable, desde la vecindad de la pared del tubo y dirigiéndose hacia el centro del mismo, realizar por lo menos 6 lecturas en diferentes puntos. Verifique el caudal, utilizando para ello el método del orificio medidor.

Efectúe el procedimiento anterior, disminuyendo la abertura de la válvula 3.

Al finalizar, apagar la bomba y cerciorarse de cerrar todas las válvulas, excepto la válvula 3, que debe quedar abierta.

DATOS

Tabla 1. Características de las tuberías en estudio.

Diametro de Tubería (pulq)	Distancia de toma de presión (pies)	Distancia de tomas en orificios (pulq)	Coefficientes de orificios k	Tipo de Manómetro
1/8	8	-----	-----	Bourdon
1/2	8	3/4	0.0044	Dif.Hg.
1	8	1 5/8	0.0182	Dif.Hg.
2	8	3	0.044	Dif.H ₂ O



RESULTADOS

Tabla 2. Tabulación de las lecturas y cálculos utilizando la tubería de 1".

H1 pies de agua	H2 pies de agua	H3-H4 metros de agua	H1-H2 pies de agua	H3-H4 pies de agua	Q p3/s	V p/s	Re	f calc.	f Moody

Tabla 3. Tabulación de las lecturas y cálculos utilizando la tubería de ½".

H1 pie Hg	H2 pie Hg	H3 pie Hg	H4 pie Hg	H2-H1 pie Hg	H4-H3 pie Hg	Q p3/s	V p/s	Re	f calc.	f Moody

Tabla 4. Tabulación de las lecturas y cálculos utilizando la tubería de 1/8".

P1 PSI	P2 PSI	Volumen pie ³	Tiempo seg.	H1-H2 pies de agua	Q p ³ /s	V p/s	Re	f calc.	f Moody

Anotar el diámetro de la probeta graduada _____ pie.

REPORTE

1. Obtener los gráficos Pérdidas versus Caudal de cada una de las tuberías.
2. Obtener coeficiente de pérdidas (f), a partir de los datos obtenidos para cada una de las tuberías.
3. Compare los coeficientes de pérdidas calculados con los proporcionados por el diagrama de Moody.
4. Basado en los resultados, en que tubería se obtienen las menores pérdidas y porqué?
5. Por que se consideran las tuberías de bronce y plexiglas como lisas?

5.3.2 Dispositivo para el estudio del flujo a través de un orificio.

FLUJO A TRAVES DE UN ORIFICIO.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Determinar los coeficientes de velocidad (C_v), contracción (C_c) y de descarga (C_d), de un orificio de bordes afilados.
- B. Observar la contracción del chorro de agua al salir de un orificio de bordes afilados.

EQUIPOS A UTILIZAR

- Banco de pruebas hidráulicas.
- Bomba centrífuga, zcp-1001.
- Dispositivo para el estudio de flujo a través de un orificio.
- Cronómetro.

INTRODUCCION

La figura 1, muestra las características esenciales del flujo a través de un orificio. Se considera que el tanque es lo suficientemente grande como para poder asumir que la velocidad en él sea pequeña; excepto en los puntos cercanos al orificio.

En las inmediaciones del orificio, el fluido se acelera hacia el centro del mismo, de tal forma que el chorro resultante sufre una reducción de área debido a la curvatura de las líneas de corriente, ejemplificadas por la línea MN de la citada figura.

La reducción de área debido a esta curvatura, puede considerarse que se completa a una distancia igual a la mitad del diámetro del orificio, aguas abajo del plano del

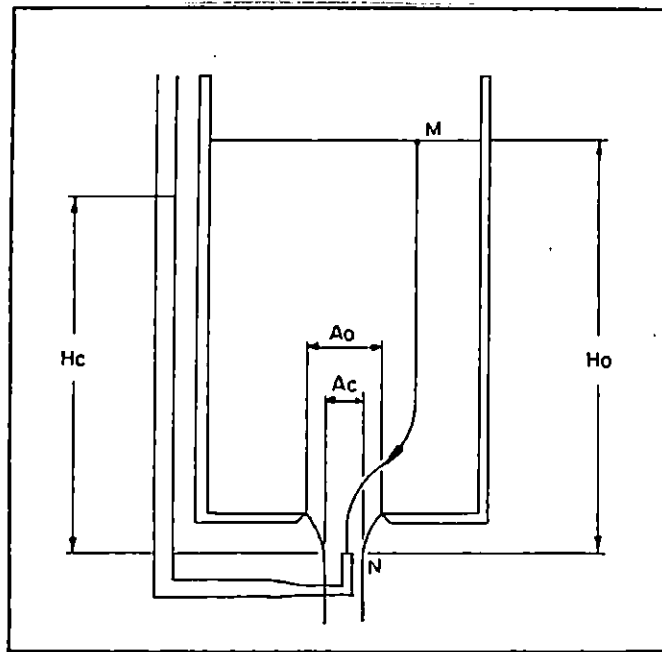


Fig. 1 Características esenciales del flujo a través de un orificio.

orificio, usualmente se hace referencia a esta sección reducida denominándole vena contracta.

La presión en toda la superficie del chorro es la atmosférica, pero dentro del chorro, la presión no desciende hasta ese valor, mientras la aceleración no se ha completado, es decir, hasta no alcanzar la vena contracta.

Considera ahora la carga total de agua en los puntos M y N de una típica línea de corriente; M está en la superficie y N en el plano de la vena contracta. Aplicando la ecuación de Bernoulli entre los puntos M y N, tenemos:

$$P_m/\gamma + V_m^2/2g + Z_m = P_n/\gamma + V_n^2/2g + Z_n \quad [1]$$

En esta ecuación, $P_m = P_n = P$ atmosférica y V_m es despreciable, de acuerdo a la asunción hecha inicialmente.

Por otra parte:

$$Z_m - Z_n = H_o \quad [2]$$

Luego, sustituyendo [2] en [1], se obtiene la velocidad ideal en N, ésto es:

$$V_n = \sqrt{2 g H_o} \quad [3]$$

Este resultado es aplicable a todos los puntos en el plano de la vena contracta; cambiando notación para hacer que V_0 sea la velocidad ideal, tenemos:

$$V_n = V_0 = \sqrt{2 g H_0} \quad [4]$$

Ahora bien, realmente cuando el agua desaloja el tanque a través del orificio, ocurre una pérdida de energía, por lo que la velocidad real V_c en la vena contracta, será menor que V_0 ; aquella puede ser calculada a partir de la lectura del tubo de Pitot, por la ecuación:

$$V_c = \sqrt{2 g H_c} \quad [5]$$

Comparando [4] y [5], resulta obvio que $(H_0 - H_c)$, representa la pérdida de energía.

A la relación entre las velocidades real e ideal, se le denomina coeficiente de velocidad del orificio C_v . Así, de [4] y [5], obtenemos:

$$C_v = \frac{V_c}{V_0} = \frac{\sqrt{2 g H_c}}{\sqrt{2 g H_0}} = \sqrt{H_c / H_0} \quad [6]$$

En forma similar, el coeficiente de contracción C_c , se define como la relación entre la sección transversal de la vena contracta A_c y la sección transversal del orificio A_0 , así:

$$C_c = \frac{A_c}{A_0} \quad [7]$$

Finalmente, el coeficiente de descarga C_d es definido como la relación entre la descarga real y la descarga ideal, ésto es:

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_0} \quad [8]$$

Donde:

$$Q_r = V_c A_c \quad \text{caudal real} \quad [9]$$

$$Q_0 = V_0 A_0 \quad \text{caudal ideal} \quad [10]$$

Sustituyendo [4] en [10] y luego en [8], expresamos el coeficiente de descarga en términos de cantidades medibles

experimentalmente:

$$C_d = \frac{Q_r}{A_o \sqrt{2 g H_o}} \quad [11]$$

De las ecuaciones [6], [7] y [11], se concluye que:

$$C_d = C_v \times C_c \quad [12]$$

PRE-LABORATORIO

- A. Mencione tres tipos diferentes de orificios y haga un esquema de cada uno de ellos.
- B. Describa el funcionamiento de un tubo de Pitot.
- C. Describa el método gravimétrico para determinar caudales.
- D. Para que se utilizan los diferentes tipos de orificios?
- E. Cuál es la diferencia entre un tubo de Pitot y un tubo de Prandtl?

DESCRIPCION DEL APARATO

La figura 2, muestra el dispositivo a utilizar. Este es alimentado a través de la tubería vertical, la cual termina en un quietador para eliminar los efectos de turbulencia dentro del tanque.

La tubería de rebose permite desalojar el agua sobrante hacia el drenaje. El agua desciende y sale a través del orificio, el cual está acoplado a la base del tanque, de tal manera que no existan rebordes a lo largo de la superficie interna, descargándose así, directamente en el depósito utilizado para medir el flujo másico.

En la base del tanque, se cuenta además con una derivación, la cual se conecta con un tubo plástico montado sobre una escala con el objeto de leer directamente la altura del nivel de agua sobre el plano del orificio.

Un segundo tubo plástico se conecta a un tubo de Pitot, el cual puede ser introducido dentro del chorro de descarga,

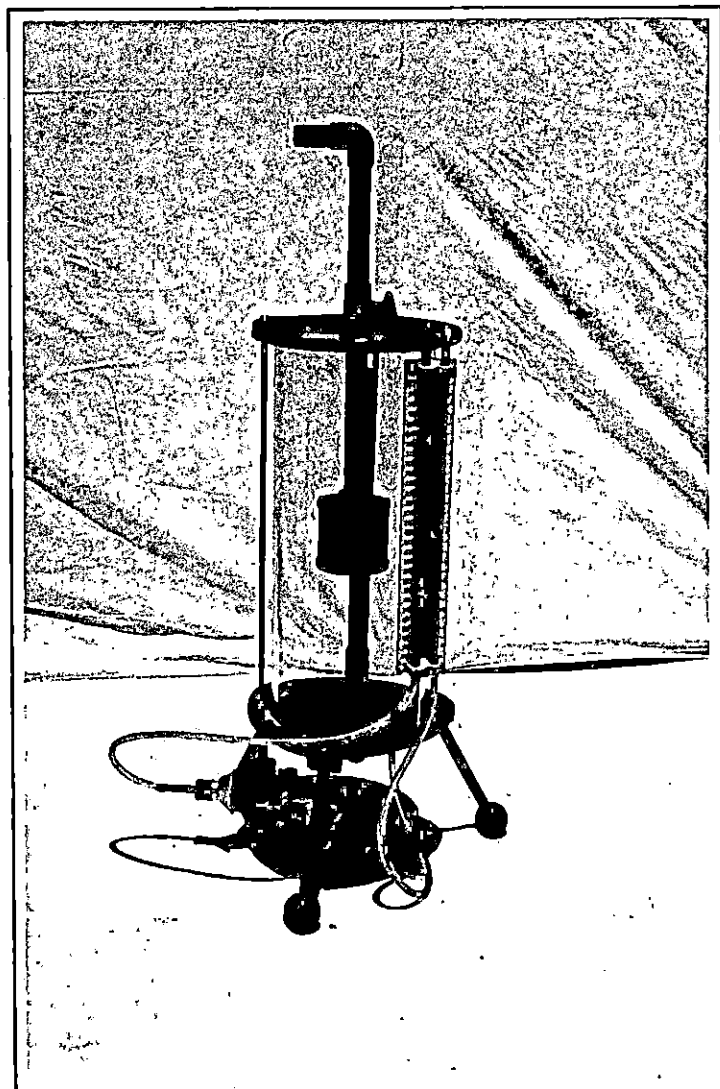


Fig. 2 Dispositivo para el estudio de flujo a través de un orificios.

midiendo así, su presión de estancamiento.

El tubo de Pitot puede atravesar la sección transversal del chorro, girando la perilla graduada, la cual tiene un paso de rosca de 1 mm, es decir, que cada vuelta completa mueve el tubo de Pitot una distancia de 1 mm. De esta manera se puede medir directamente el diámetro del chorro,

al atavezarlo de un lado al otro, utilizando el borde afilado de la cuchilla instalada en el Pitot.

PROCEDIMIENTO

El experimento puede ser dividido en dos partes; primero, la medición de los coeficientes de velocidad (C_v), descarga (C_d) y contracción (C_c) para un valor constante único de H_o , y segundo, medir la descarga a un número de valores diferentes de H_o .

En la primera parte del experimento, el flujo de agua suministrado al tanque, deberá ser tal que el nivel alcance la salida del tubo de rebose y se mantenga constante, asegurando así una altura estática (H_o) constante.

Para medir el coeficiente de descarga (C_d), es necesario medir la descarga real (Q_r), procedente del orificio de bordes afilados, así como la altura estática (H_o).

Para medir el coeficiente de velocidad (C_v), se deberá utilizar el tubo de Pitot para conocer la altura de presión de estancamiento (H_c) y además anotar la altura estática (H_o).

Para determinar el coeficiente de contracción (C_c), del orificio, se necesita medir el diámetro del chorro, exactamente a la altura de la vena contracta, ésto se logra utilizando la hoja de bordes afilados instalada en el extremo del tubo de Pitot.

En la segunda parte del experimento, el flujo de agua se reduce para lograr descender el nivel del tanque a varias posiciones, siendo medida la descarga del orificio en cada caso.

Deberá tenerse el cuidado de permitir que el nivel se establezca a un valor fijo antes de que el flujo de entrada sea cambiado, además se deberá observar el nivel del agua, mientras se está midiendo el agua descargada y anotar el

valor promedio en el tiempo cronometrado.

Se deberán realizar por lo menos 8 lecturas (8 posiciones del nivel del agua) para poder establecer la relación entre la descarga Q_r y la presión estática en el orificio.

DATO:

Diámetro del orificio..... $D_o = 13.0$ mm

RESULTADOS:

Anotar los siguientes datos:

Area de la sección transversal del orificio $A_o = \underline{\hspace{2cm}}$ m²

Altura estática $H_o = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Tiempo requerido para recoger 7.5 Kg de agua $t = \underline{\hspace{2cm}}$ seg

Caudal real $Q_r = \underline{\hspace{2cm}}$ m³/s

Lectura del tubo de Pitot $H_c = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Diámetro de la vena contracta $D_c = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Con los datos anteriores se determina los coeficientes C_d , C_v y C_c .

Variando el nivel del agua, completar la tabla 1.

Tabla 1. Tabulación de lecturas y cálculos utilizando el dispositivo del flujo a través de orificios.

PESOS Kg	TIEMPO seg	H_o mm	Q_c m ³ /seg	$\sqrt{H_o}$ \sqrt{m}

REPORTE

1. Con los datos de la tabla anterior, grafique Q vs. H_o y determine el valor de C_d , comparándolo con el valor encontrado en la primera parte del experimento.
2. Si al dibujar el gráfico anterior, se obtiene una línea que aparentemente no pasa a través del origen, ¿qué posibles razones existen para esto?, ¿cómo se verá afectado el valor del C_d obtenido a partir del gráfico?
3. Se asume que el tanque es lo suficientemente grande como para que la velocidad del nivel de agua sea despreciable. ¿Es esto justificable? Si el área plana del tanque es $4.12E-2 \text{ m}^2$, ¿Cuál es la velocidad del nivel, cuando la descarga es de $1.97E-4 \text{ m}^3/\text{seg.}$? ¿A qué H_o corresponde esto?
4. Suponiendo que no es posible medir el diámetro de la vena contracta, pero que el diámetro es medido a alguna distancia abajo de ella. ¿Serán afectados los resultados? Si es así, estimar la variación del diámetro del chorro en la vena contracta y en un plano que se encuentre 25 mm abajo de ella.

5.3.3 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

TEOREMA DEL IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Medir la fuerza generada por un chorro de agua que choca contra un plato plano y una copa hemisférica.
- B. Aplicar el Teorema del Impulso y Cantidad de Movimiento.

EQUIPO UTILIZADO

- Banco para pruebas hidráulicas.
- Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.
- Bomba centrífuga zcp-1001.
- Cronómetro.
- Dos álabes (plato plano y copa hemisférica).
- Peso desplazable (610 grs.).

INTRODUCCION

Una forma de convertir la energía cinética contenida en una corriente de fluido, es hacer incidir dicha corriente sobre los álabes de una turbina, ésta es puesta a rotar dada la fuerza generada, debido al cambio de cantidad de movimiento que tiene lugar cuando el chorro golpea el álabe, produciéndose así trabajo mecánico.

Considere un álabe simétrico alrededor del eje "Y", como se muestra en la figura 1. Una corriente de fluido, con cierto valor de flujo másico m° , a una determinada velocidad V_0 , a lo largo del eje "Y", golpea el álabe y es deflectado un ángulo β , de tal forma que el fluido deja el álabe con una velocidad V_1 .

El Momentum a la entrada del volumen de control, es el

(es decir, cuando no existan pérdidas de energía), así que el valor máximo posible de la fuerza sobre la copa hemiesférica será:

$$F = 2 m^{\circ} V_0 \quad \text{[NEWTON]}$$

esto es dos veces el valor de la fuerza sobre la placa plana.

PRE-LABORATORIO

- A. Qué es un álabe?
- B. Mencione al menos dos aplicaciones de los álaves.
- C. Para que se utilizan las toberas?

DESCRIPCION DEL APARATO

En la figura 2, se muestra el dispositivo a utilizar.

En la parte inferior, se muestra la manguera de suministro, que conecta al tubo vertical que termina en una tobera; así como la tubería de drenaje, la cual está montada sobre el mecanismo que nos permite medir el flujo másico que circula por el aparato.

La tobera y el álabe están contenidas dentro de un cilindro transparente, permitiéndonos así observar cuidadosamente la distribución del flujo al golpear dicha superficie.

El álabe está sujeto a una palanca graduada, y esta a un resorte, el cual puede nivelar al conjunto moviendo la tuerca de ajuste; sobre la palanca se coloca un peso móvil.

La posición horizontal es indicada por una tarja, que consiste en una pieza cilíndrica que contiene dos muescas, las cuales deben coincidir con el espesor de pared de la tapa superior; esta pieza se encuentra suspendida por un cordel en un extremo de la palanca.

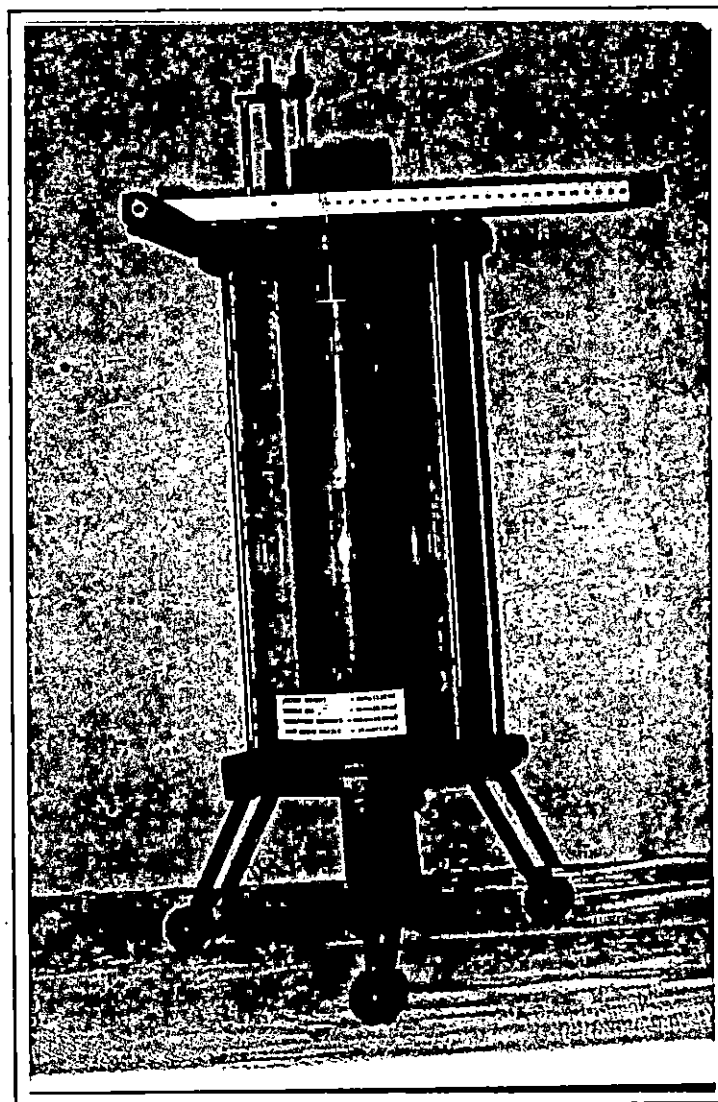


Fig. 2 Dispositivo para el estudio del impacto de un chorro.

PROCEDIMIENTO.

Una vez colocada, ya sea el álabe plano o el álabe hemisférico, se procede a nivelar la palanca graduada.

Se coloca el peso móvil en la posición cero, luego se regula la tuerca de ajuste hasta que la tarja indica la posición horizontal. Cualquier fuerza generada por el

impacto del chorro, puede ser medida, moviendo el peso a lo largo de la palanca hasta que la tarja indique de nuevo la posición de equilibrio.

Cuando el peso se mueve desde su posición cero, una distancia "x" a lo largo de la palanca, la fuerza sobre el álabe puede obtenerse aplicando sumatoria de momentos respecto al pivote, ésto es:

$$F \cdot a = (m \cdot g) \cdot x$$

$$F = (m \cdot g) \cdot x / a ;$$

donde,

- F: fuerza sobre el álabe,
- a: distancia del centro del pivote al centro del álabe,
- m: masa de agua,
- g: gravedad de la tierra,
- x: distancia recorrida por el peso móvil desde la posición cero.

Aplicando la ecuación de continuidad, la velocidad en la tobera está dada por:

$$V_t = \dot{m} / \rho A$$

Donde:

- \dot{m} = Flujo másico [Kg/s]
- A = Area de la tobera [m²]
- ρ = Densidad del fluido [Kg/m³]

Ahora bien, la velocidad V del chorro incidiendo sobre el álabe, es menor que la velocidad V₀ debido a la desaceleración, debido a la gravedad, por lo que habrá que evaluarla aplicando la ecuación de Bernoulli, así:

$$V^2 = V_0^2 - 2 g h$$

por ejemplo, un chorro de sección transversal "a", en la cual la velocidad es $0.5 V$, en una mitad del área y $1.5 V$ en la otra mitad. La descarga es la misma si la velocidad fuera V en el área total, es decir: $m^{\circ} = a V$. Muestre que la razón de transferencia de Momentum en el chorro es $1.25 m^{\circ} V$, es decir, 25% mayor que si la velocidad fuera uniforme en toda la sección transversal.

4. ¿Cuál será el efecto en la fuerza calculada en el álabe plano, si se asumió que el chorro deja la placa en forma no totalmente horizontal, sino inclinada hacia arriba en un ángulo de 10° ?
5. Es importante la forma geométrica del álabe, ¿Porqué?

5.3.4 Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo.

PERDIDAS A LO LARGO DE UNA TUBERIA.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Determinar las pérdidas a lo largo de una tubería, conocidas como el gradiente hidráulico, en función de la velocidad, en forma lineal y logarítmica.
- B. Determinar el número de Reynolds a diferentes caudales.
- C. Determinar el coeficiente de viscosidad del agua, utilizando la ecuación de Poiseuille.
- E. Determinar el factor de fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach.
- F. Determinar la dependencia del factor de fricción en los diferentes regímenes de flujo.
- G. Establecer el valor crítico del número de Reynolds.

EQUIPO A UTILIZAR

- Banco para pruebas hidráulicas,
- Dispositivo para medir las pérdidas a lo largo de un tubo,
- Probeta graduada,
- Cronómetro,
- Termómetro (0-100°C).

INTRODUCCION.

La resistencia por fricción a la cual está sometido un líquido que fluye a lo largo de una tubería conlleva a una pérdida de energía, lo cual puede ser detectado conectando dos tubos piezométricos entre dos puntos de la tubería en estudio.

En ingeniería hidráulica es costumbre referirse al

cociente entre la pérdida de altura total y la longitud de la tubería entre puntos de estudio como el gradiente hidráulico, denotado por el símbolo i , así:

$$i = dH / dL$$

Osborne Reynolds, realizó experimentos con el fin de determinar las leyes de resistencia en las tuberías. Los experimentos con tuberías de diferentes diámetros y agua a diferentes temperaturas fueron concluyentes para establecer el parámetro que determina si el flujo es laminar o turbulento; en cualquier caso particular es un número adimensional conocido como número de Reynolds.

$$Re = V D / \nu ;$$

donde:

Re = Número de Reynolds del movimiento,

V = Velocidad del fluido,

D = Diámetro del tubo,

ν = Viscosidad cinemática del agua a la temperatura en estudio.

El movimiento es clasificado como laminar o turbulento de acuerdo al valor del número de Reynolds, verificando si este número es menor o mayor que cierto valor crítico. Si el experimento se realiza con incrementos de flujo, el valor del número de Reynolds dependerá de los cuidados que se tomen para eliminar cualquier disturbio en el suministro a lo largo de la tubería. Por otro lado, si el experimento se realiza con decrementos de flujo, la transición entre flujo turbulento a laminar tomará lugar a un valor del número de Reynolds el cual es mucho menor que depende del disturbio inicial. El valor del número de Reynolds es aproximadamente 2000, bajo del cual, el flujo se considera laminar aguas abajo, lo suficientemente alejado de la perturbación, no importa cuan severa sea.

Leyes diferentes se aplican al flujo laminar y

turbulento, para un flujo en un tubo dado, los experimentos han mostrado que, para flujo laminar, el gradiente de pérdidas se comporta proporcional a la velocidad, así:

$$i \propto V ,$$

y para flujo turbulento, el gradiente es proporcional a una potencia de la velocidad, así:

$$i \propto V^n ,$$

n, se convierte en un índice que cae dentro de 1.7 y 2 (dependiendo del valor del número de Reynolds y de la rugosidad de las paredes de la tubería).

Se ha comprobado que la proporcionalidad, $i \propto V$, esta de acuerdo con la ecuación de Poiseuille que se escribe de la siguiente forma:

$$i = 32 \nu V / \rho g D^2$$

En flujo turbulento, en las practicas ingenieriles se acostumbra utilizar la ecuación de Darcy-Weisbach, que se escribe así:

$$i = f V^2 / 2 g D ,$$

donde "f" denota al factor de fricción determinado experimentalmente. Dicho valor depende del número de Reynolds y de la rugosidad de las paredes de la tubería.

PRE-LABORATORIO

- A. Apartir de la ecuación generalizada de Bernouilli, encuentre una expresión para las pérdidas de energía entre dos puntos de una tubería recta de diámetro constante.
- B. Cúal es la ecuación de pérdidas más utilizada y como se define?
- C. De qué factores depende el coeficiente de pérdidas (f)?
- D. Explique como funciona un manómetro diferencial de Hg.
- E. Cómo se determina el caudal, utilizando el método volumétrico?

DESCRIPCION DEL DISPOSITIVO

La figura 1 muestra el arreglo en el cual el agua es conducida desde el tanque de suministro, a través de una manquera, hasta la entrada de la tubería recta, a lo largo de la cual se miden las pérdidas por fricción. Dos conexiones de tubo están dispuestas a una distancia adecuadamente alejada de la entrada y salida de la tubería de prueba, previniendo que los resultados se vean afectados por los disturbios causados en esos puntos. Las conexiones conducen a los tubos piezométricos de columna de agua y a un manómetro diferencial de mercurio.

El flujo se maneja por medio de la válvula de aguja situada a la salida del tubo recto y puede medirse tomando el tiempo en que se acumula un volumen de agua, establecido, en una probeta graduada.

La bomba centrífuga del banco hidráulico proporciona el gasto constante que es introducido al tanque de suministro por gravedad, para establecer regímenes laminares en la tubería, y el banco de pruebas hidráulicas se utiliza como reservorio del líquido en recirculación.

PROCEDIMIENTO

El dispositivo se coloca sobre el banco hidráulico y se nivela de tal manera que los manómetros estén perpendiculares. Los tubos piezométricos registrarán una lectura igual al nivel del agua en el tanque de suministro por gravedad, cuando la válvula de aguja esté cerrada.

La válvula de suministro entre la bomba y el tanque, se ajusta de tal manera que se establezca un flujo constante en el derrame del tanque de suministro por gravedad (el derrame ocurre a través de una tubería colocada en el centro del tanque). Con la válvula de aguja a la salida de la tubería recta, parcialmente abierta, deje fluir agua a través del

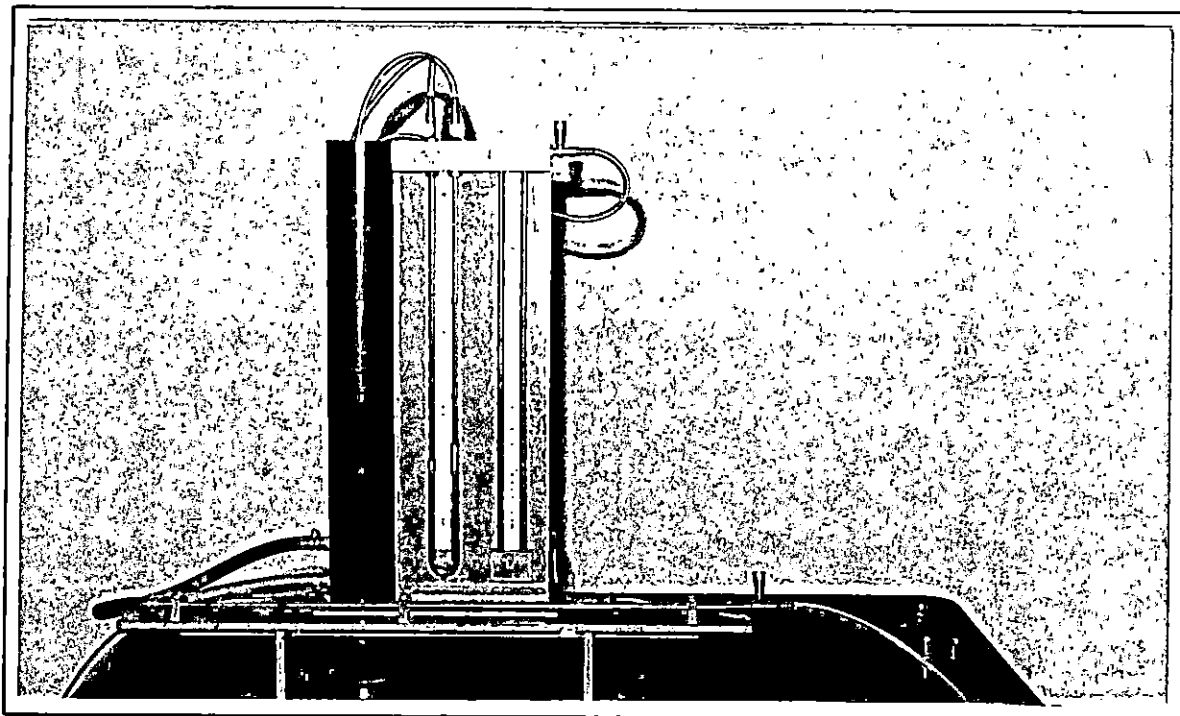


Fig. 1 Dispositivo para medir pérdidas a lo largo de un tubo.

sistema, cualquier burbuja de aire atrapada puede sacarse manipulando la tubería flexible. Al cerrar la válvula de aguja, ambos niveles del manómetro deben situarse a la misma altura, si no sucede, revise que el flujo se ha detenido completamente y que todas las burbujas han salido. El aire puede ser sacado a través de las válvulas situadas arriba del panel.

Las primeras lecturas de pérdidas de energía del flujo pueden realizarse.

Abra completamente la válvula de aguja para obtener la máxima diferencia de alturas y mida el tiempo en que se recoge 300 ml. de agua en el recipiente graduado.

Los cuidados que deben tenerse durante la operación son:

- a. Asegurarse que la salida del flujo nunca este sumergida bajo la superficie libre del agua colectada en el recipiente graduado,
- b. Coloque el recipiente graduado bajo el nivel del aparato.

Las fallas que se observan al no seguir las anteriores instrucciones son lecturas imprecisas de flujo, especialmente en los flujos pequeños.

Varias lecturas de flujo deben ser tomadas, la válvula de aguja servirá para variar la descarga, de tal forma que el piezométrico que registra la presión aguas abajo suba de 20 en 20 mm. La temperatura del agua debe ser medida tan precisamente como sea posible.

Las lecturas deben cubrir una gama de flujo entre la región laminar y de transición hasta el flujo turbulento. Debe advertirse que para realizar un gráfico de alturas contra descarga deben tomarse suficientes lecturas para poder establecer la pendiente de la recta en la región laminar.

Para obtener un rango de resultados en la región turbulenta es necesario trabajar con un diferencial de alturas mucho mayor que el que puede medir con los tubos piezométricos, por lo cual, se utiliza el manómetro diferencial de mercurio. Cerrando la válvula de desaire de los tubos piezométricos y desaireando el manómetro de mercurio, estaremos en posición de leer diferencias de presión en mm de mercurio, el suministro se realiza directamente desde la bomba centrífuga.

Asegurarse de que las abrazaderas esten bien apretadas para evitar la desconexión por las altas presiones generadas.

Abra la válvula de descarga de la bomba y la de derivación completamente.

Arranque la bomba y ajuste la presión a la entrada del dispositivo para medir pérdidas, cerrando parcialmente la válvula de derivación, hasta obtener una diferencia de presiones de 200 mm de mercurio, en el manómetro diferencial (para obtener diferencia se tiene que abrir totalmente la válvula de aguja de control del flujo).

El aire se evacúa a través de la válvula de desaire, hasta que el agua toque la superficie libre del mercurio y llenen el tubo en U, esto se logra cerrando la válvula de aguja, las superficies del mercurio deben estar al mismo nivel.

Las lecturas de pérdidas de altura se pueden tomar ahora, iniciando con flujo máximo y reduciéndolo poco a poco hasta el cierre de la válvula de aguja. La temperatura debe ser tomada a intervalos frecuentes.

Debido a que 20 mm de mercurio corresponden a 252 mm de agua, cuatro lecturas deben ser tomadas en la región de 20 mm de mercurio (esto corresponde al traslape entre las lecturas de los tubos piezométricos y el tubo en U).

DATOS

El diámetro interno del tubo recto de la prueba y la longitud entre las tomas de presión son las siguientes:

Longitud entre tomas de presión.....L = 524.000 mm.
Diámetro interno del tubo.....d = 3.000 mm.
Area transversal del tubo.....A = 28.274 mm²

REPORTE

1. Grafique la variación del gradiente hidráulico (i), contra la velocidad (V), a lo largo de un tubo.
2. Grafique la variación del $\text{Log } i$, contra el $\text{Log } V$, para el flujo a lo largo del tubo.
3. Utilizando los resultados de la región laminar de la gráfica del numeral uno, calcule el coeficiente de viscosidad (μ) para tres puntos, utilizando la ecuación de Peuseuille:

$$i = 32 \mu V / \rho g D^2;$$

comparelos con los proporcionados por tablas de propiedades del agua.

4. Utilizando el valor de velocidad del punto donde se produce el cambio de pendiente en el gráfico del numeral uno, y el valor de la viscosidad del agua a la temperatura promedio, calcule el número crítico de Reynolds.
5. Para cinco puntos de la gráfica del numeral uno, calcule el coeficiente de pérdidas (f), de la ecuación de Darcy-Weishbach:

$$H = f (L/D) (V^2/2g),$$

y compárelos con los que proporciona el diagrama de Moody, cuando se utiliza tubería lisa. Muestre los datos en la tabla tres.

Tabla 3. Tabulación de datos para el cálculo del coeficiente de pérdidas (f).

Velocidad m/seg.	i	$V^2/2gD$	Re	f calculado	f Moody

6. Que puede concluir del gráfico del numeral uno.
7. Compare los coeficientes de fricción con los calculados a partir de la ecuación de Blasius:

$$f = 0.079 \operatorname{Re}^{-1/4} \quad ;$$

qué concluye?

5.3.5 Calibrador hidráulico de peso muerto para manómetros tipo Bourdon.

CALIBRACION DE MANOMETROS DE TIPO BOURDON.

OBJETIVOS

- A. Conocer una de las aplicaciones del principio de Pascal.
- B. Verificar la calibración de manómetros tipo Bourdon.

MATERIALES Y EQUIPO

- Calibrador de peso muerto.
- Un manómetro (0 - 100 PSI).
- Un manómetro (0 - 200 PSI).
- Cuatro pesas de 924 gramos cada una.
- Tres pesas de 341 gramos cada una.
- Cuatro acoples para manómetros.
- 1/8 de galón de líquido para frenos.

INTRODUCCION

Los manómetros que se ensamblan al calibrador, son del tipo conocido como manómetros Bourdon, los cuales se usan extensamente en aplicaciones de ingeniería.

El tubo de Bourdon, que tiene paredes delgadas, con sección ovalada curvada en un arco de unos 270°. Es sostenido rígidamente por uno de sus lados terminales por donde la presión entra y se transmite hasta el otro extremo el cual esta sellado. Al generarse presión, el tubo tiende a estirarse, este movimiento hace que el extremo libre opere un sistema mecánico el cual mueve una aguja alrededor de una escala graduada. El movimiento de la aguja es proporcional a la presión generada en el interior del tubo de Bourdon. La sensibilidad del manómetro depende de los materiales y las dimensiones del tubo de Bourdon.

Cuando se desea revisar la presión de un manómetro de Bourdon, el procedimiento usual es cargarlo con una presión conocida en un calibrador de peso muerto, utilizando aceite para transmitir la presión.

Las pruebas pueden llevarse a cabo satisfactoriamente, con agua a cambio de aceite (al calibrar manómetros utilizados con gases tal como el oxígeno).

PRE-LABORATORIO

- A. Cómo se define la presión?
- B. Qué importancia tiene la calibración de manómetros?
- C. En qué consiste el tubo de Bourdon?
- D. Enuncie el principio de Pascal.

DESCRIPCION Y PROCEDIMIENTO

La figura 1, muestra el exterior del calibrador de peso muerto, el cual consiste en un pistón, libre, que puede moverse verticalmente dentro de un cilindro en el cual encaja. Sobre el pistón se coloca un peso conocido para generar una presión dentro del cilindro. La presión se trasmite a través del cuerpo hasta el manómetro a ser calibrado, por medio de un fluido.

Para llenar de fluido los conductos del calibrador, deberá llenarse el depósito de suministro, ubicado en la parte media del dispositivo, abrir la válvula de suministro y accionar la manivela con movimiento antihorario para que el émbolo desplazable corra hacia atrás y admita la mayor cantidad de líquido, luego cierre la válvula de suministro y abra la válvula que conecta al cuerpo del calibrador, con la toma del manómetro de prueba, opere la manivela con movimiento horario para que el émbolo desplazable corra hacia adelante y llene de líquido esa parte del calibrador. Conecte el manómetro a ser calibrado.

En este punto, el que haya una pequeña cantidad de aire en el suministro no afectará la prueba, pero si hay demasiado se podrá comprimir bajo la presión aplicada, dejando que el pistón pueda alcanzar el fondo de la cámara, aun en presencia de presión. Si esto ocurriese repita los pasos detallados anteriormente, para inundar todas las cámaras.

Las pesas se pueden agregar una a una, produciendo consecuentemente un incremento de presión, debe anotarse la lectura del manómetro y el peso que se encuentra sobre el pistón.

Para prevenir el error por histéresis (pistón pegado al cilindro), es necesario rotar el pistón en sentido horario y antihorario mientras marca la presión, además es necesario que el calibrador este perfectamente nivelado para mantener el cilindro perpendicular al plano base.

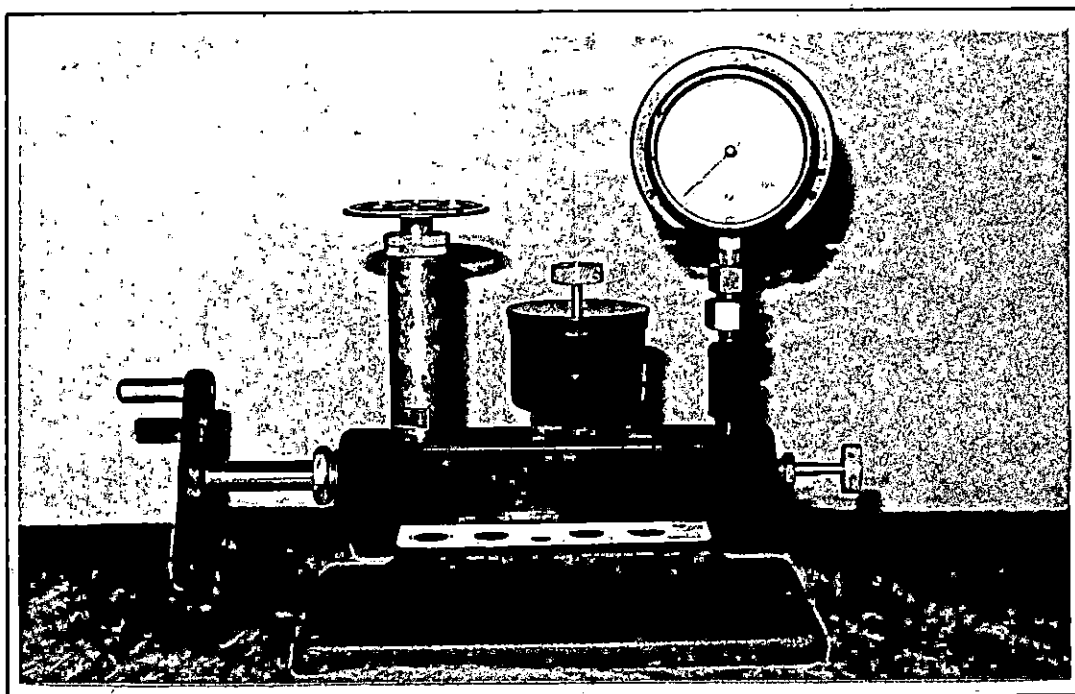


Fig. 1 Dispositivo para calibrar manómetros del tipo Bourdon.

DATOS

Diámetro del pistón..... 0.250 pulgadas
Presión inicial producida por el
conjunto pistón-plato..... 10 PSI

RESULTADOS

Tabla 1. Tabulación de datos y cálculos, utilizando el manómetro uno.

Masa agregada Kq.	Lectura del manómetro PSI	Presión real PSI	Error del manómetro PSI

Tabla 2. Tabulación de datos y cálculos, utilizando el manómetro dos.

Masa agregada Kq.	Lectura del manómetro PSI	Presión real PSI	Error del manómetro PSI

REPORTE

1. Para cada uno de los manómetros, grafique la presión real contra la lectura del manómetro; y la gráfica del error contra la presión real.
2. Qué tipo de errores se encuentran en el calibrador de peso muerto.
3. Qué tipo de errores se encuentran en los manómetros?
4. Créa Ud. que al despreciar la diferencia de niveles entre la base del piston y el centro del manómetro se comete algun error? De que tipo es el error? Es considerable en el análisis? Explique.
5. Interprete los resultados de las gráficas de errores de los manómetros.

5.3.6 Visualizador de líneas de flujo de agua.

COMPORTAMIENTO DE LAS LINEAS DE FLUJO DE UN LIQUIDO.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Visualizar el comportamiento de las líneas de corriente de un fluido al encontrarse con obstrucciones en su trayectoria.
- B. Determinar visualmente la forma geométrica que presenta menos resistencia al paso de un fluido.
- C. Localizar áreas de mayor presión alrededor de los perfiles geométricos.
- D. Observar el efecto de desprendimiento de la capa límite.
- E. Observar las estelas de fluido.

EQUIPO UTILIZADO

- Dispositivo para visualizar las líneas de flujo de agua.
- Polvo dorado o plateado.
- Perfiles de prueba.
- Base para montar retroproyector.
- Retroproyector.

INTRODUCCION

El estudio visual de los fenómenos que ocurren alrededor de un sólido inmerso en un líquido que fluye, es de gran importancia para comprender y analizar las razones que conllevan a ese comportamiento. El canal visualizador de flujo presta gran ayuda en este procedimiento experimental; en él pueden llevarse a cabo observaciones de los patrones de ondas que se generan cuando el líquido golpea y fluye alrededor de la obstrucción (modelos en prueba), la vorticidad subsecuente al desprendimiento de la capa límite y la observación de los patrones de líneas de flujo en una

amplia gama de caudales desde laminar a turbulento.

La facilidad de colocación de los modelos en estudio permite mayor rapidez de experimentación.

Al utilizar la pantalla y retroproyector, pueden bosquejarse los patrones de corriente a gran escala para que sean explicados por el instructor.

PRE-LABORATORIO

- A. Qué entiende por capa límite?
- B. Qué es vorticidad?
- C. Qué relación existe entre el desprendimiento de la capa límite y los tipos de flujo?
- D. Existe alguna relación entre la forma geométrica de un cuerpo y el desprendimiento de la capa límite?
- E. Qué son ondas de choque?

DESCRIPCION DEL APARATO

El canal que permite la visualización del flujo, es un dispositivo construido en forma integral, tal como lo muestra la figura 1.

El dispositivo cuenta con una bomba centrífuga que permite recircular el fluido de trabajo, dos recipientes uno de los cuales es el de captación y el otro de distribución, este último contiene un aquietador de flujo para disminuir la velocidad del fluido a la salida de la descarga de la bomba y distribuirlo uniformemente en toda el área del canal de distribución.

Para la regulación del caudal, se dispone de una válvula de control localizada en la descarga de la bomba.

El canal cuenta con un área de trabajo con fondo transparente, sobre el cual se colocan los cuerpos geométricos a estudiar. Por debajo del área de trabajo es posible instalar una pantalla de acrílico blanco con el fin

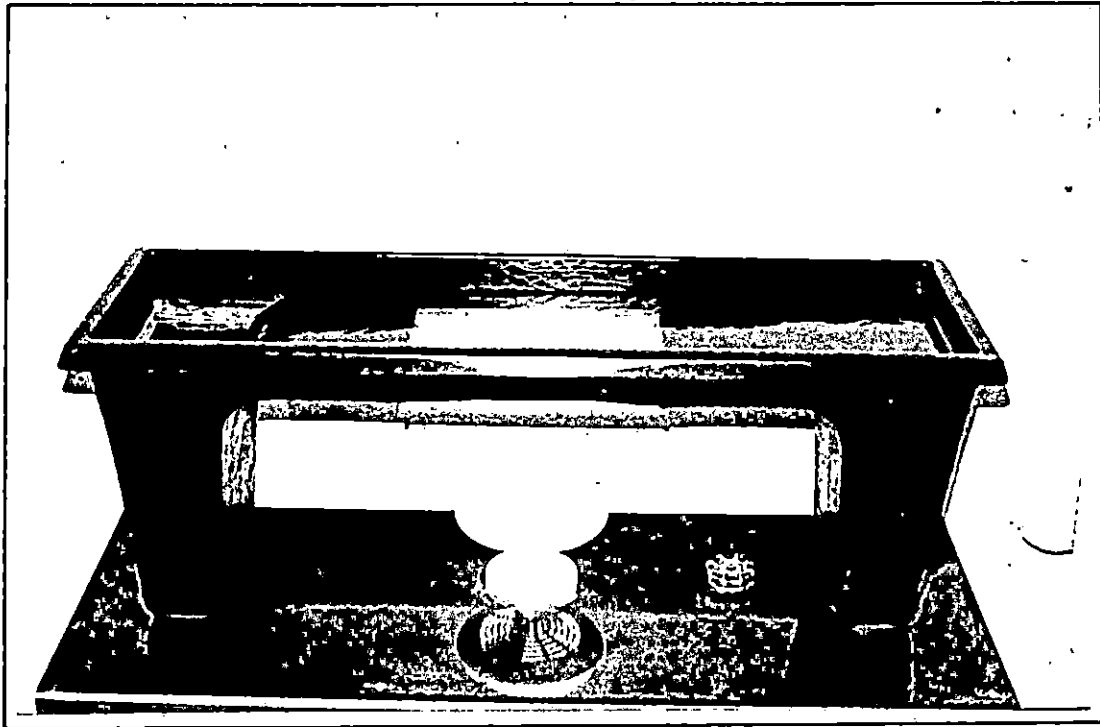


Fig. 1 Visualizador de líneas de flujo.

de obtener una luz difusa para la mejor observación del fenómeno. La luz proviene de una lámpara fluorescente instalada directamente bajo el área de trabajo.

La bomba y la lámpara están controladas por un interruptor colocado en la línea de alimentación de energía eléctrica.

Todo está apoyado sobre una base de lámina metálica que mantiene al conjunto unido.

Para mejorar la visualización de las líneas de corriente, al fluido de trabajo se le agrega cristales de polvo dorado o plateado.

PROCEDIMIENTO.

A. Verificar que el dispositivo contiene fluido de trabajo, sino, llenarlo con tres galones de agua.

- B. Agregar polvo dorado o plateado si se ha colocado agua nueva.
- C. Encender el dispositivo accionando el interruptor.
- D. Instalar la pantalla para observar directamente el flujo o instalar el retroproyector para visualizar indirectamente el fenómeno. (esto se podrá realizar desmontando la lámpara).
- E. Colocar el cuerpo a estudiar.
- F. Variando la abertura de la válvula de control (lo que varía el caudal), observe cada uno de los cuerpos geométricos al estar obstruyendo el paso de fluido en el área de trabajo, a diferentes ángulos de incidencia.

REPORTE

1. Bosquejar la orientación de las líneas de corriente, así como los puntos donde se detecta vorticidad (o el desprendimiento de la capa límite), para cada uno de los perfiles en estudio.
2. Realizar un bosquejo de las distribución de presiones sobre los perfiles en estudio.
3. Determine, cuál de los cuerpos geométricos presenta menor resistencia, al paso del fluido y porqué?
4. A qué se debe la vorticidad?
- 5.Cuál es la importancia del ángulo de incidencia?
- 6.Cuál es la importancia de la geometría del cuerpo?
7. En que cuerpos se observan mejor las ondas de choque?

5.3.7 Visualizador de líneas de flujo de humo.

COMPORTAMIENTO DE LAS LINEAS DE FLUJO DE UN GAS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Que el estudiante observe los fenómenos que se producen cuando un flujo gaseoso se encuentra con un sólido.
- B. Establecer qué perfiles geométricos presentan menor resistencia al flujo.
- C. Observar la importancia del ángulo de incidencia cuando un perfil aerodinámico se ubica en un flujo gaseoso.

EQUIPO UTILIZADO

- Visualizador de líneas de flujo de humo.
- Compresor de aire.
- Juego de seis perfiles (circular, triangular, rombo, ala plano-convexa, ala biconvexa, ala concava-convexa).

INTRODUCCION.

El equipo se utiliza para mostrar los patrones de las líneas de corriente de gases pasando sobre superficies de formas aerodinámicas y cuerpos geométricos diversos.

De hecho, el estudio de los esfuerzos producidos por el movimiento relativo de una masa dentro de un fluido (por ejemplo un aeroplano), es equivalente a considerar el aire en movimiento, manteniendo el cuerpo estático (estudios donde las naves se introducen en un tunel de viento).

Un flujo de aire es forzado por un ventilador llegando por la parte superior del equipo, a una velocidad constante; las corrientes de humo muestran las áreas de flujo laminar o el desprendimiento de la capa límite, lo cual genera turbulencia.

Cada uno de los modelos presenta diferente resistencia al

flujo, ésta varía dependiendo del ángulo de incidencia o de la variación del flujo.

Los carros de carrera, los aeroplanos, las lanchas rápidas son unos de los ejemplos de máquinas diseñadas y construidas de forma tal que tengan la menor resistencia durante su movimiento.

Para este propósito, se diseñan y se prueban dentro de los túneles de viento.

Las corrientes de flujo, que se mueven muy cerca de la superficie de un perfil aerodinámico, se mantienen adheridas a él en virtud de la viscosidad del aire, siempre y cuando la velocidad del aire sea baja, esto difiere de las corrientes alejadas al perfil (vease figura 1).

En caso de que haya desprendimiento de la capa límite, cada área de turbulencia sobre el perfil será mostrado por las líneas de humo.

El teorema de Bernouilli en el área subsónica demuestra que cuando la velocidad de un fluido se incrementa, la presión decrece, y por lo contrario, cuando la velocidad decrece, la presión se incrementa.

Más aún, toda la energía cinética de la porción de la corriente del fluido que corresponde a un estancamiento sobre el perfil, es convertida en energía de presión.

Los modelos en prueba deben ser observados modificando su ángulo de incidencia.

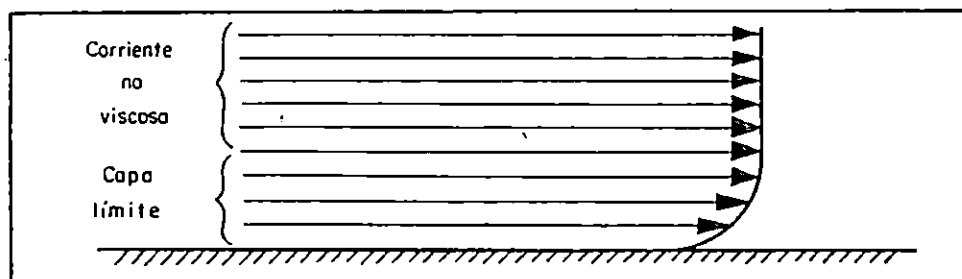


Fig. 1 Perfil de velocidades sobre una superficie aerodinámica.

PRELABORATORIO

- A. Qué entiende por perfil aerodinámico?
- B. Explique las fuerzas y presiones que se generan en la ala de aeroplano.
- C. Mencione que es el coeficiente de sustentación.
- D. Qué formas de perfiles son consideradas aerodinámicas?
- E. Qué se entiende por punto de estancamiento en un ala?
- F. Qué se entiende por ángulo de incidencia?
- G. Qué entiende por punto de atascamiento?

DESCRIPCION DEL DISPOSITIVO.

La figura 2, muestra el visualizador de flujo de humo, enumerando sus componentes principales, en la figura 3, se muestra un acercamiento del panel de controles y se enumeran sus diferentes interruptores, así como se muestra en detalle el área de trabajo.

En la figura 4, se muestra el detalle de la carcasa del extractor de gases y la descarga del mismo, siendo este componente parte importante para la evacuación de los gases, es necesario que el estudiante este familiarizado con esta área. Exactamente en la descarga, se conecta una manguera corrugada de 4" de diámetro, la cual se encarga de conducir los gases de escape hacia el exterior del lugar de trabajo.

Así mismo, la figura 5, muestra un acercamiento del área de trabajo en su parte posterior, donde se puede apreciar el sistema en el que se montan los diferentes perfiles aerodinámicos a estudiar, la tubería de drenaje del kerosene condensado y la tubería corrugada de suministro de humo.

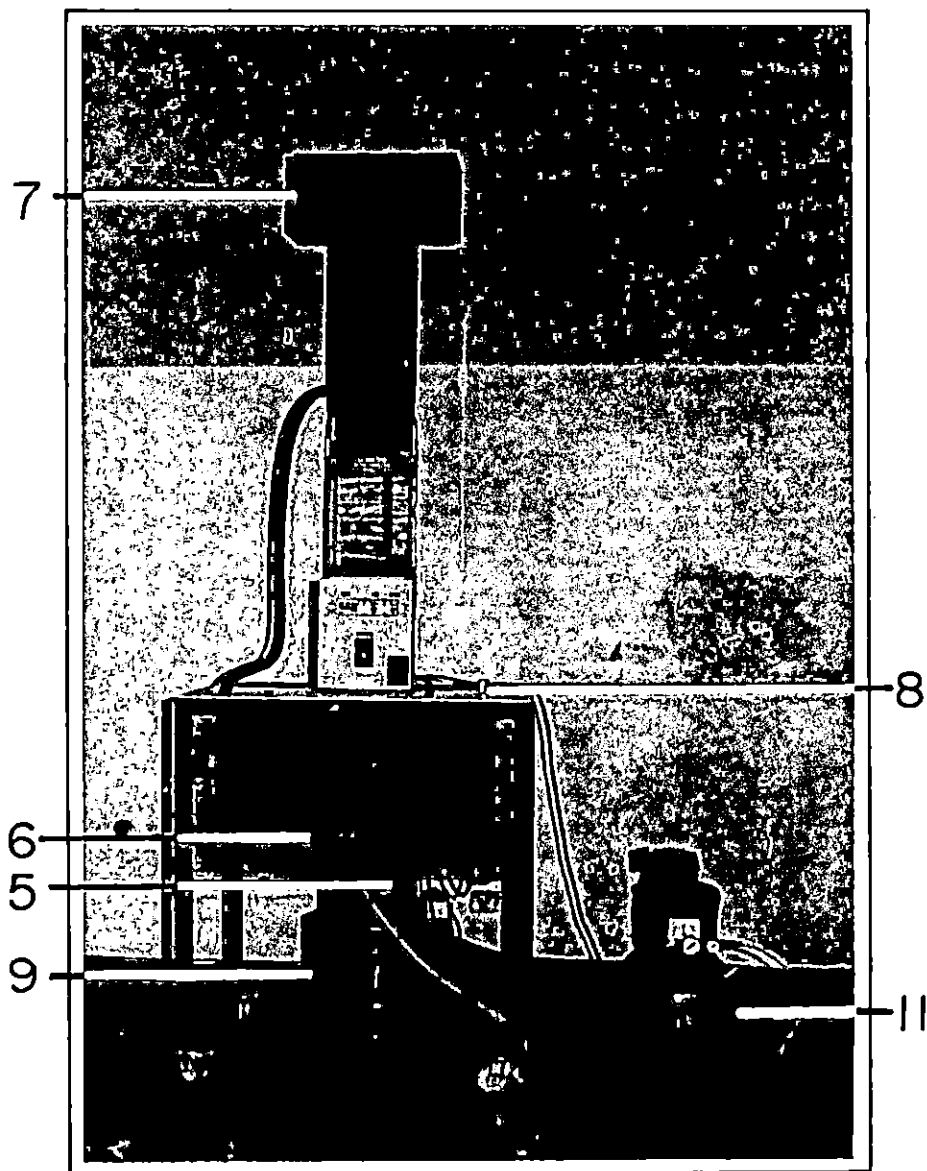


Fig. 2 Visualizador de líneas de flujo de humo.
5 y 6) válvulas de control de humo, 7) admisión de
aire, 8) tapón de tanque de kerosene, 9) extractor
centrífugo, 11) compresor de aire.

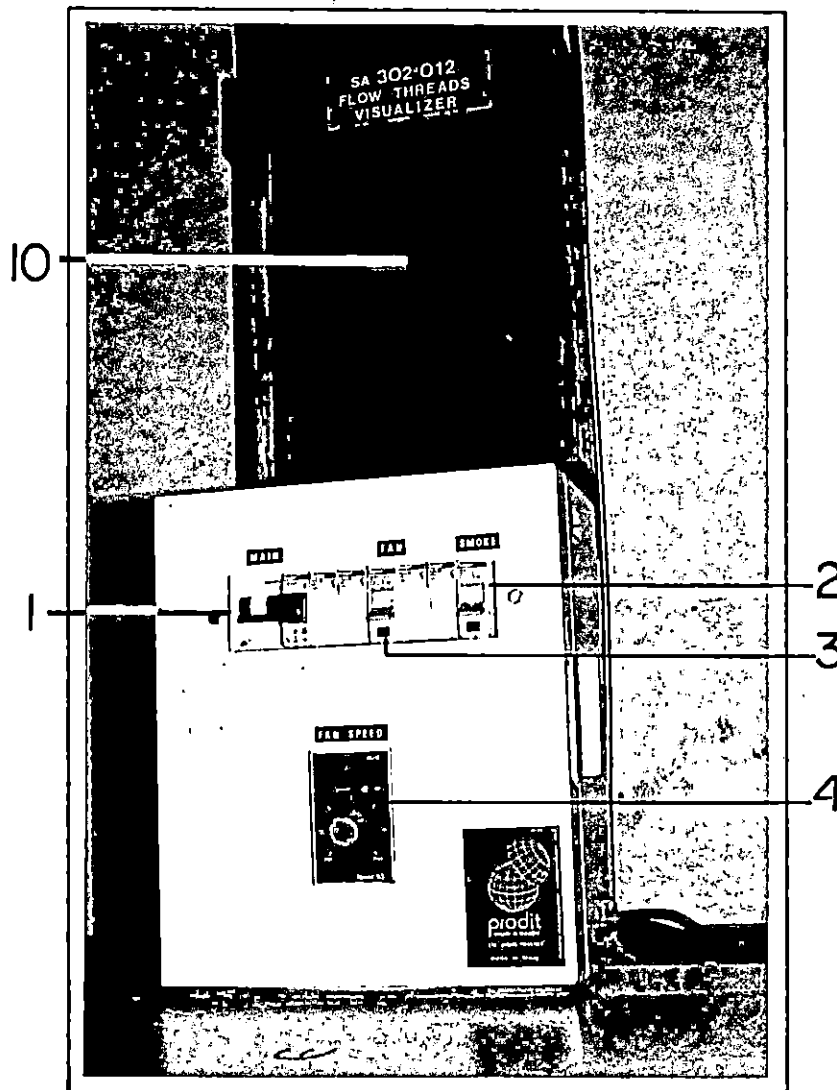


Fig. 3 Panel de control y área de trabajo en detalle.
1) Interruptor principal, 2) interruptor del generador de humo, 3) interruptor del extractor, 4) Reostato regulador de velocidad, 10) área de trabajo.

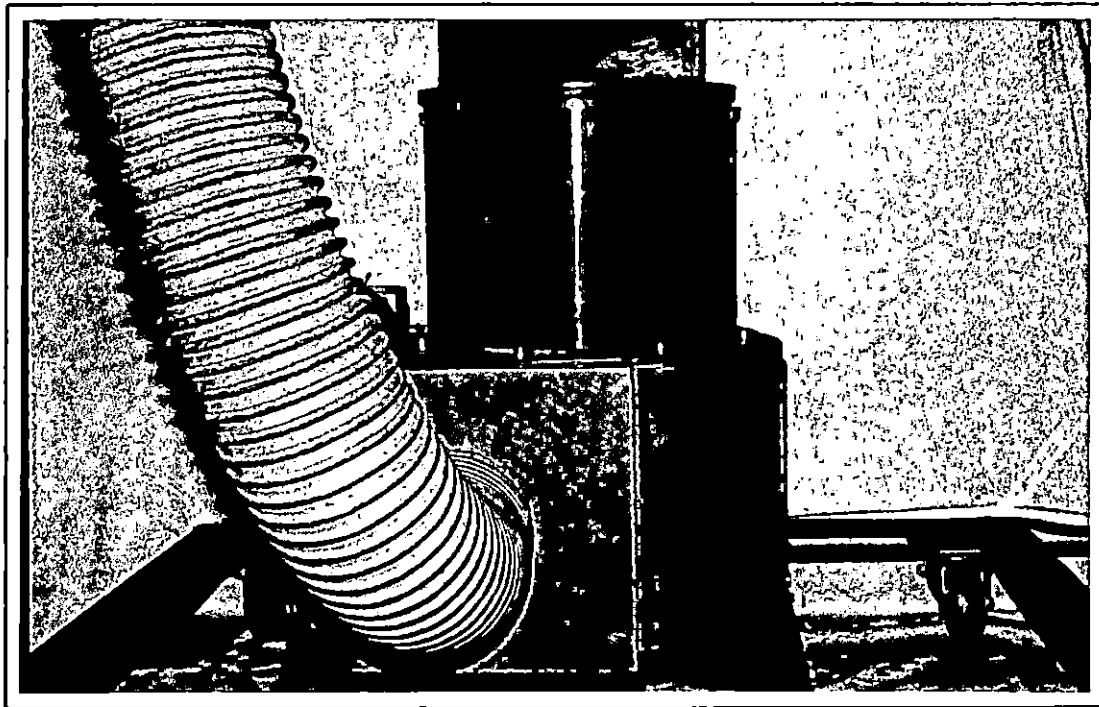


Fig. 4 Descarga de gases.

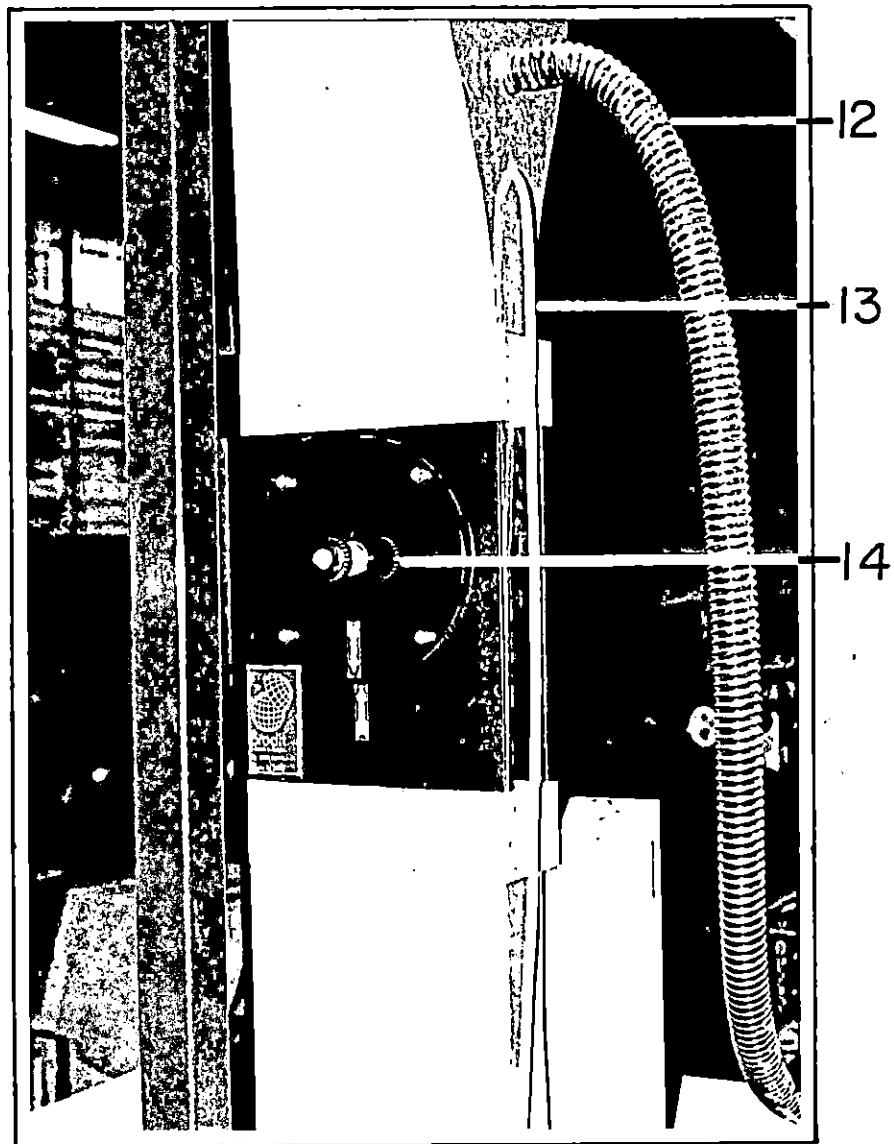


Fig. 5 Parte posterior del Área de trabajo.

- 12) manguera inyectora de humo desde el generador,
- 13) tubería de drenaje de kerosene condensado,
- 14) sistema de montaje de los perfiles en estudio.

PROCEDIMIENTO.

Puesta en marcha.

Para el manejo del equipo visualizador en forma óptima siga las instrucciones detalladas a continuación, lo cual lo llevará a no correr riesgos innecesarios al operar este equipo.

- A. Llene el tanque del generador de humo con el kerosene hasta el nivel indicado por la flecha dibujada en la pared del generador.
- B. Conecte el compresor de aire con el generador de humo, a través de la manguera flexible de $\frac{1}{4}$ "; el compresor deberá estar ajustado hasta una presión de 100 PSI y la válvula reguladora de presión deberá estar ajustada hasta una presión máxima de 2 bar. Encienda el compresor.
- C. Conecte el interruptor principal (1), encienda el generador de humo por medio del interruptor (2) y espere unos 15 minutos para que haya una buena producción de vapor de kerosene.
- D. Encienda el extractor centrífugo, por medio del interruptor (3) y ajuste su velocidad a un valor aproximado de la mitad de su máxima velocidad, con el reostato (4).
- E. Abra despacio las válvulas (5) y (6), verifique que una razonable cantidad de humo pasa dentro de la cámara de pruebas.
- F. Antes de cambiar el perfil en estudio, pare el extractor centrífugo y cierre las válvulas (5) y (6), proceda a su cambio extrayendo las tuercas situadas en la parte trasera del área de trabajo; cuide de no romper las partes de acrílico.
- G. Al terminar una practica, pare el extractor centrífugo, cierre las valvulas (5) y (6), pare el compresor, apague

el generador de humo y desconecte el sistema desde el interruptor principal (1).

- H. Evacúe el aire comprimido por medio de la válvula de desaire situada bajo el recipiente del compresor, con el objeto de evacuar así el agua condensada.

Visualización.

- A. Acondicione el modelo aerodinámico dentro de la cámara de prueba, realizando las operaciones de ensamble por la parte de atrás de la misma.
- B. Opere las válvulas (5) y (6), y ajuste la velocidad del extractor centrífugo hasta que tenga una vista clara de las líneas de corriente del fluido alrededor del modelo aerodinámico.
- C. Observe los diferentes patrones de las líneas de corriente de humo bajo diferentes ángulos de incidencia y a diferentes velocidades del aire y el humo.

DATOS

Secciones de los modelos aerodinámicos.

En la figura 6, puede verse los diferentes modelos aerodinámicos con que cuenta el equipo de visualización de flujo de humo, para la realización de las pruebas.

Pruebas con la sección cilíndrica.

Para analizar los efectos aerodinámicos sobre una esfera, podemos entregar las trasas de humo de forma que corten transversalmente la superficie de un cilindro.

Es posible observar la corriente laminar sobre la parte delantera, mientras que en la parte trasera y a los lados se puede ver el desprendimiento de la capa límite.

Los hilos de corriente tienden a volver hacia adelante del perfil y generan cierta vorticidad mostrando áreas de baja presión, tal como lo indica la figura 7.

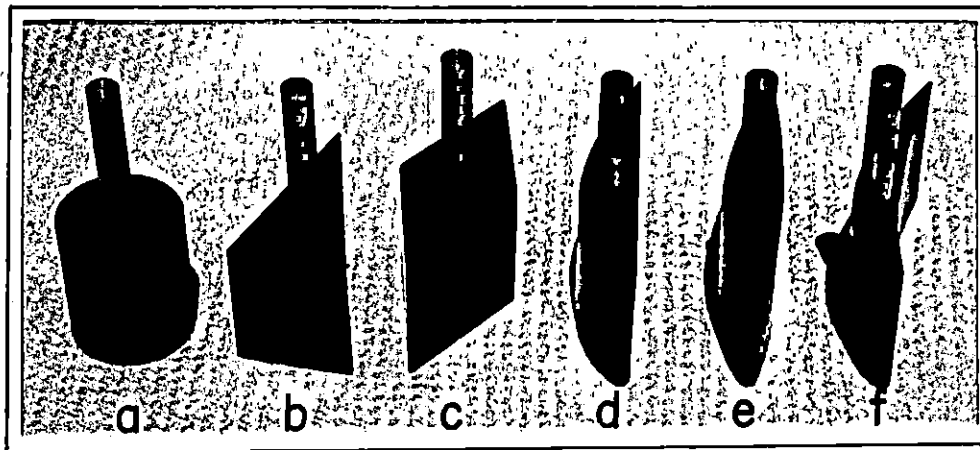


Fig. 6 Modelos aerodinámicos:
 a) cilindro, b) triángulo, c) rombo, d) plano-convexo, e) biconvexo y f) concavo-convexo.

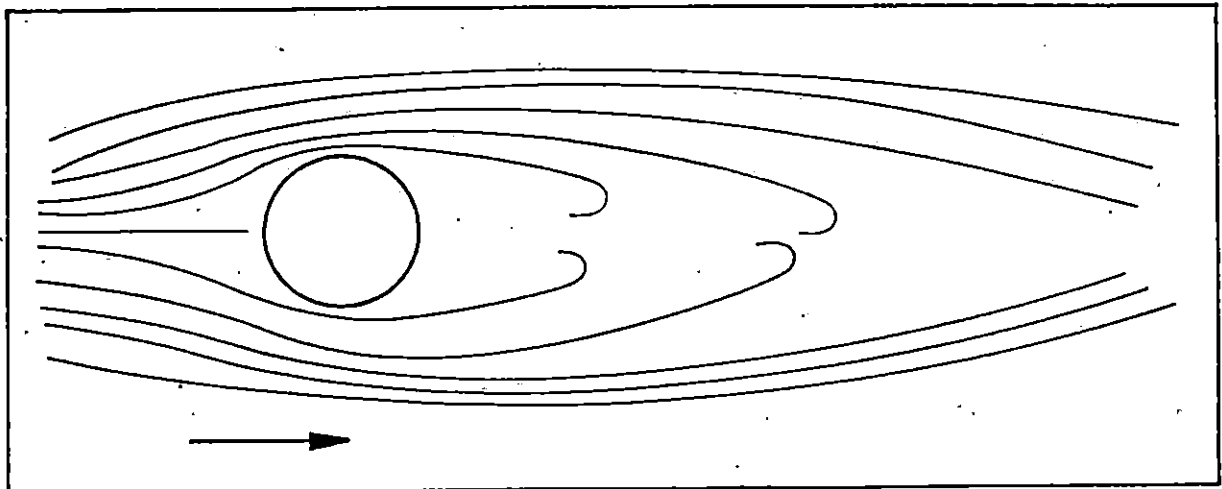


Fig. 7 Patrón de hilos de corriente de humo sobre una superficie cilíndrica.

La posición de los vórtices es llamada VORTICE DE KARMAN, fenómeno que también ocurre a los conductores de los carros de Formula 1 o a los conductores de motocicletas, lo que causa que las chaquetas de nylon se adhieran a la espalda del conductor.

Este fenómeno está ligado a las presiones del área del perfil que se muestran en la figura 8.

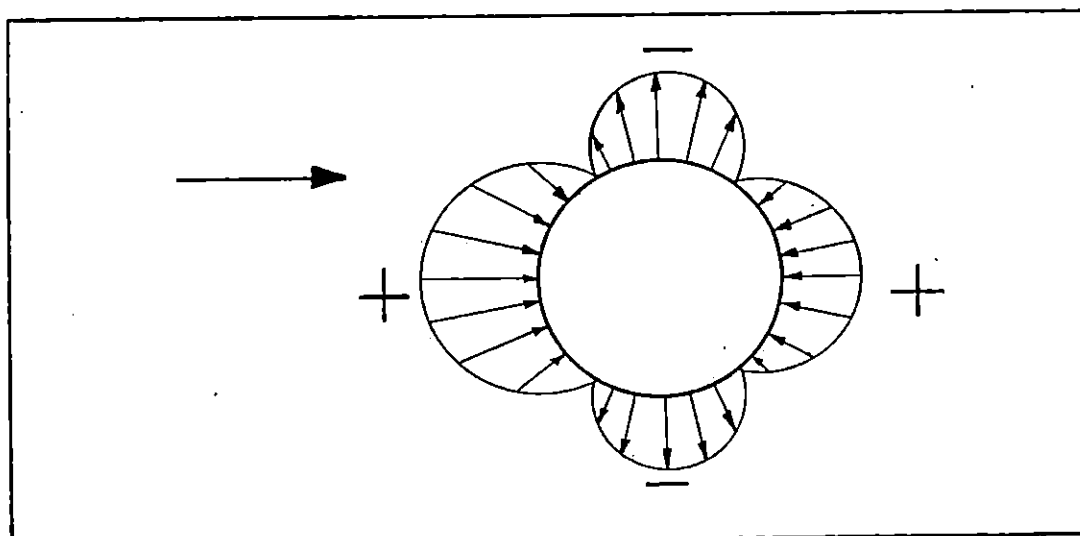


Fig. 8 Distribución de presiones sobre un perfil cilíndrico.

PRUEBA CON UNA SECCION ROMBOIDAL.

En el campo de la aerodinámica los perfiles en forma de rombo únicamente son estudiados para aplicaciones a velocidades subsonicas.

Este tipo de perfil permite verificar la corriente de un fluido relacionadas con diferentes ángulos de incidencia sobre el cuerpo aerodinámico.

Observemos en la figura 9, las líneas de corriente del fluido a lo largo de la diagonal principal del rombo, con un ángulo de incidencia de cero grados. Debido a que la sección es simétrica las líneas de flujo también lo son.

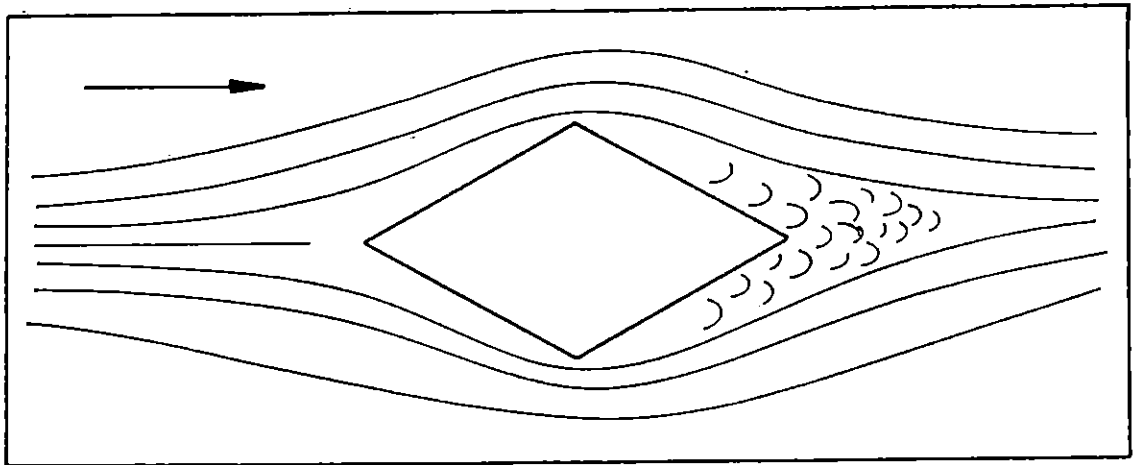


Fig. 9 Tramas de corriente sobre un perfil romboidal, con un ángulo de incidencia de cero grados.

Particularmente, los hilos se adhieren a la superficie, además una pequeña zona de turbulencia se genera próxima al final del rombo.

Si variamos el ángulo de incidencia de tal forma que dos lados opuestos se dispongan paralelos al flujo, se puede observar una variación en los hilos de corriente tal como lo muestra la figura 10. Un incremento del ángulo de incidencia hasta un máximo de 90 grados produce un considerable aumento de esta turbulencia, tal como lo muestra la figura 11. Prueba con un perfil de un triángulo isosceles.

Este tipo de perfil, tiene una buena penetración dentro del aire, pero al mismo tiempo también tiene una gran resistencia que genera una marcada zona de turbulencia, vease figura 12.

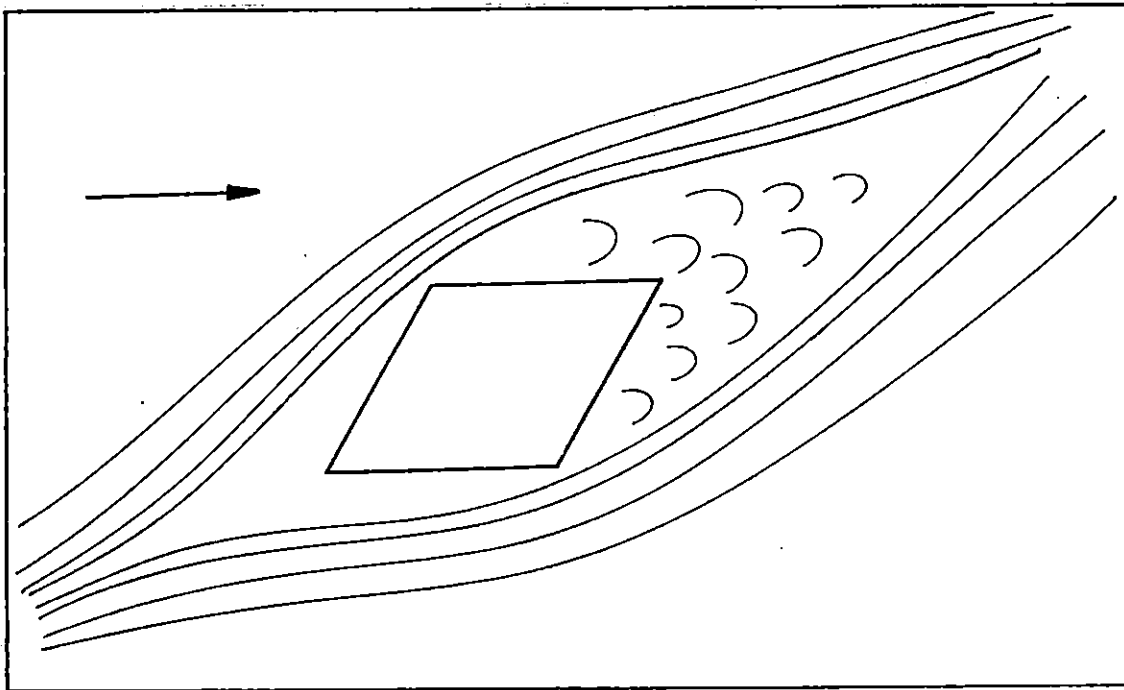


Fig. 10 Rombo dispuesto con un ángulo de incidencia entre cero y 90 grados.

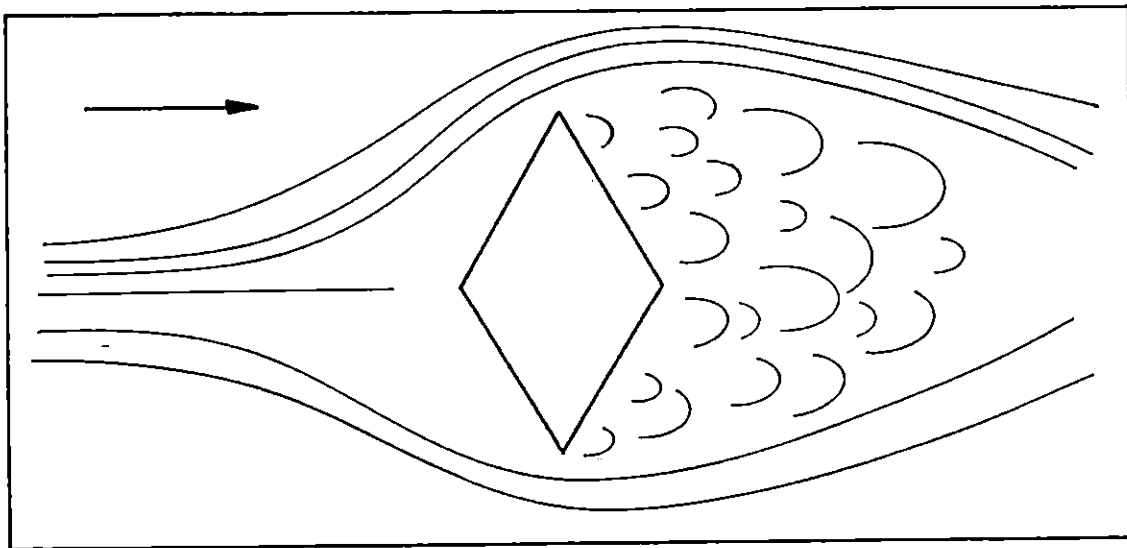


Fig. 11 Rombo dispuesto con ángulo de incidencia de 90 grados.

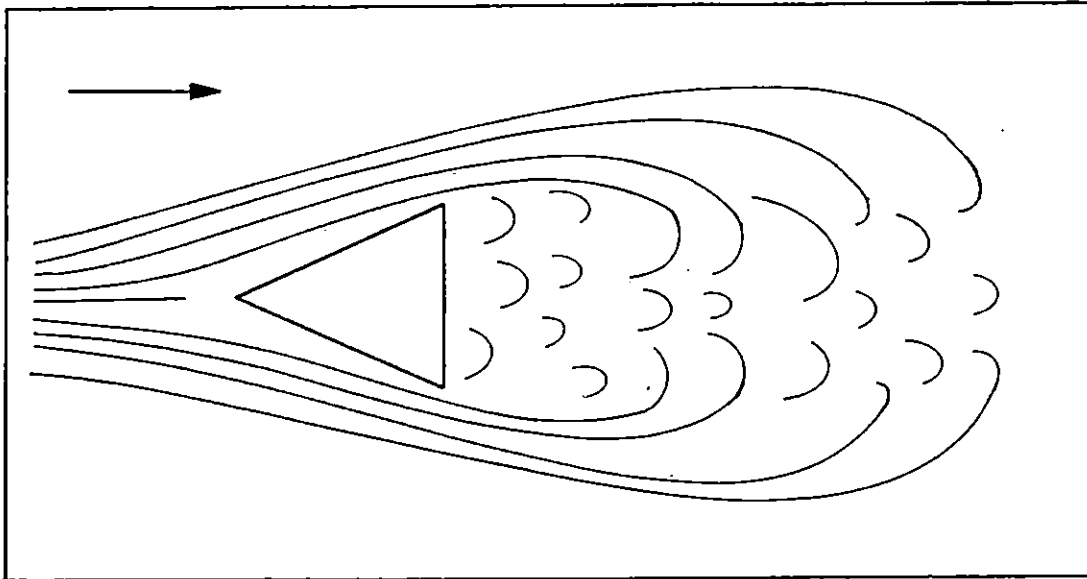


Fig. 12 Patrón de líneas de corriente sobre un triángulo.

En el caso que las líneas de flujo estén yendo hacia la base del triángulo bajo ciertas condiciones de velocidad, se genera turbulencia y también una onda de choque la cual no toca el modelo. Este fenómeno muestra un gran arrastre dirigido hacia el perfil, vease figura 13.

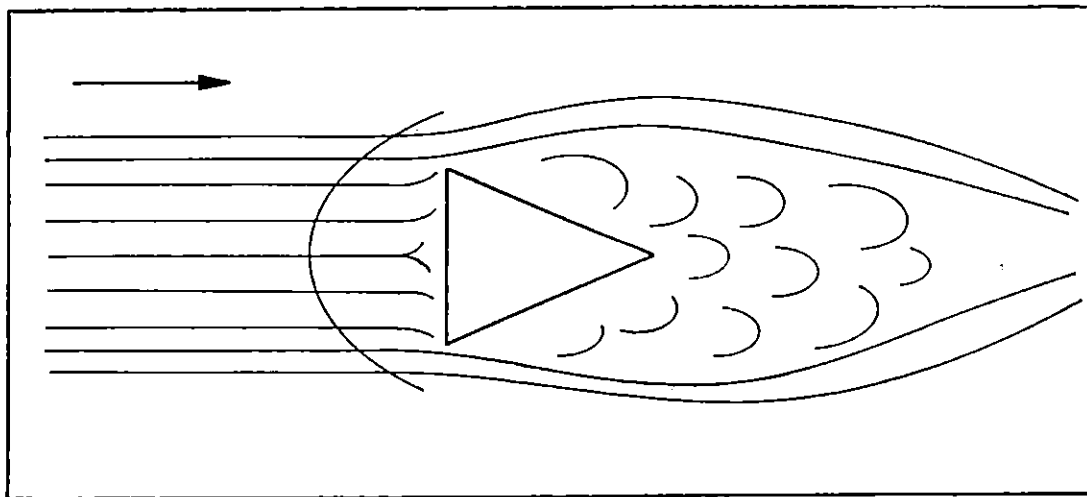


Fig. 13 Patrón de líneas de corriente incidiendo sobre la base del triángulo isosceles.

PRUEBAS CON LOS CONTORNOS DE ALAS.

El contorno de un ala y sus puntos principales se muestran en la figura 14, este tipo de perfil es usado en el campo de la aeronautica, debido a que permite obtener una buena penetración dentro del aire y buenas fuerzas de elevación.

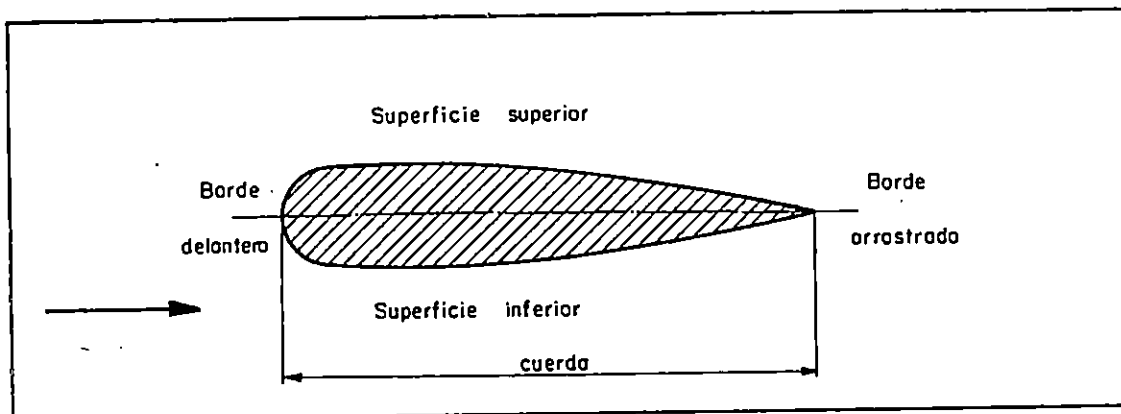


Fig. 14 Contorno de ala.

Cuando el ángulo de incidencia se incrementa, el empuje de ascensión aumenta también hasta un límite, más allá del cual se genera un punto de atascamiento en el cual repentinamente la fuerza de elevación disminuye abruptamente.

El empuje de elevación depende de las diferentes distancias de las líneas de corriente sobre las partes superior e inferior del perfil, y además, de la velocidad que se obtenga.

Esto es consecuente con el teorema de Bernouilli, que muestran que zonas de depresión y presión se generan sobre el contorno del ala, vease figura 15.

Cuando la velocidad del aire sobre la superficie superior alcanza cierto valor, el flujo empieza a separarse, comenzando desde el borde trasero del perfil; cada vez que la velocidad se incrementa o cuando el ángulo de incidencia se incrementa, ocurre una mayor separación del flujo. La

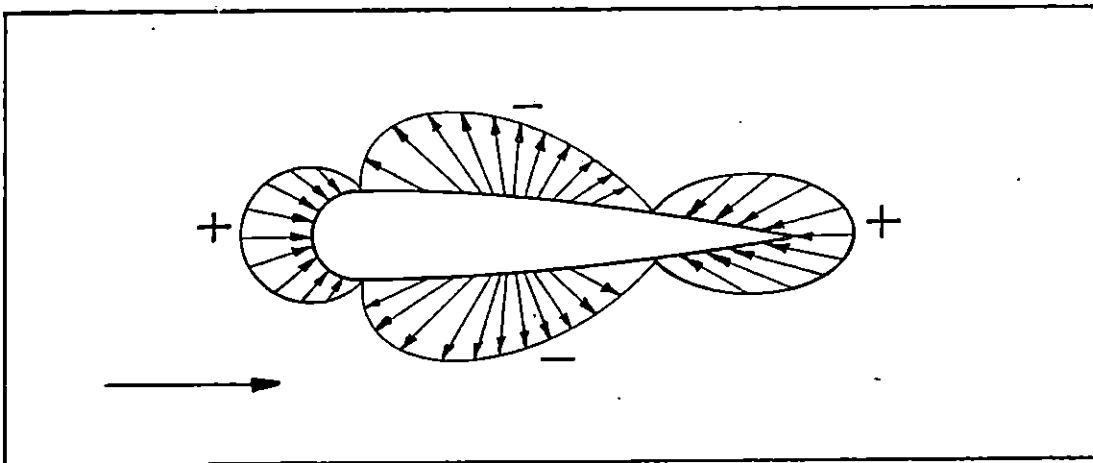


Fig.15 Distribución de presiones sobre el contorno de un ala.

separación corre hacia el borde delantero.

Cuando el fenómeno mencionado anteriormente esta cerca de la sección media, se genera una zona de atascamiento, como puede verse en la figura 16.

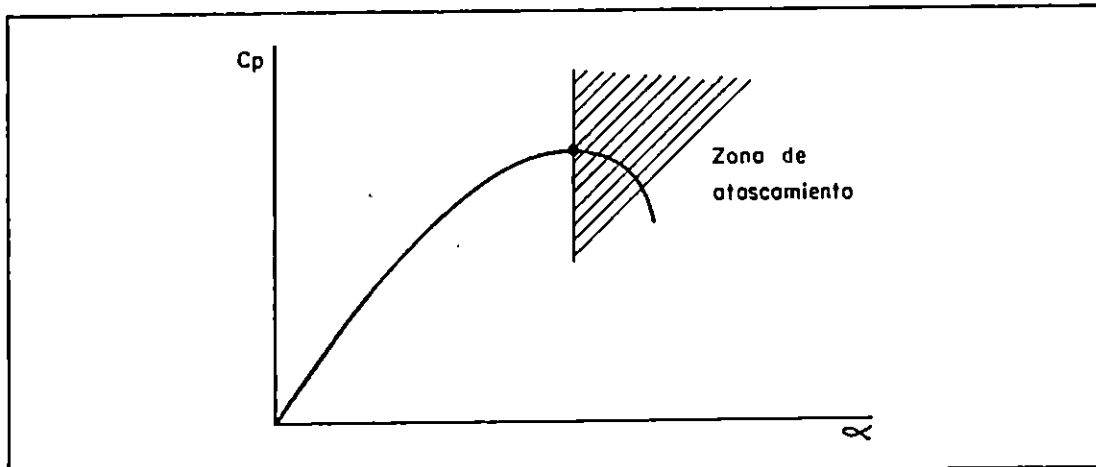


Fig.16 Gráfico del coeficiente de sustentación vrs. el ángulo de incidencia, donde se muestra la zona de estancamiento.

PRUEBAS CON UN ALA PLANO-CONVEXA.

Obsérvense las situaciones que ocurren en un perfil plano convexo:

- Cuando el perfil se ajusta con un ángulo de incidencia de

00 las líneas de corriente están regularmente distribuidas sobre todo el perfil (véase figura 17)

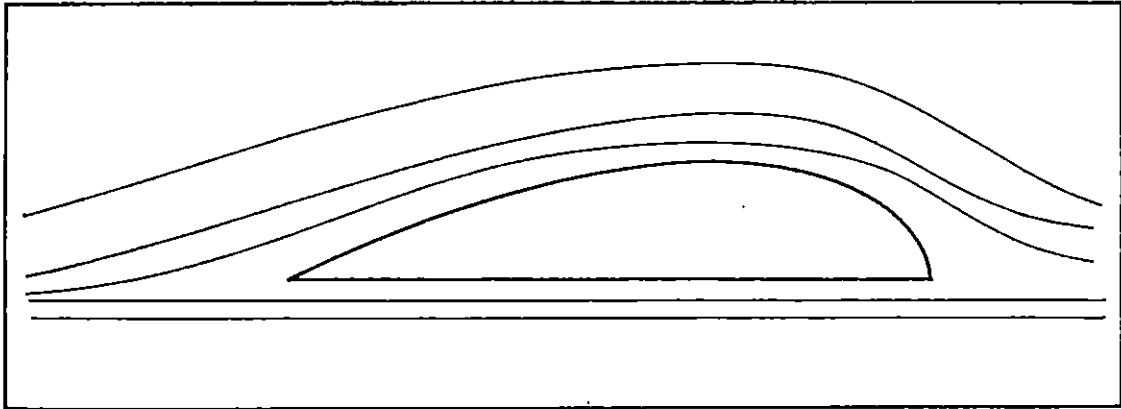


Fig.17 Distribución de líneas de corriente en una ala plano-convexa, con un ángulo de incidencia de cero grados.

- Al variar el ángulo de incidencia (por ejemplo 30°), se genera una zona de turbulencia y el desprendimiento de la capa límite comienza a desarrollarse desde el borde trasero; este desprendimiento tiende a hacer volver el humo a lo largo de la superficie dirigiéndose a la parte superior del ala (véase figura 18).

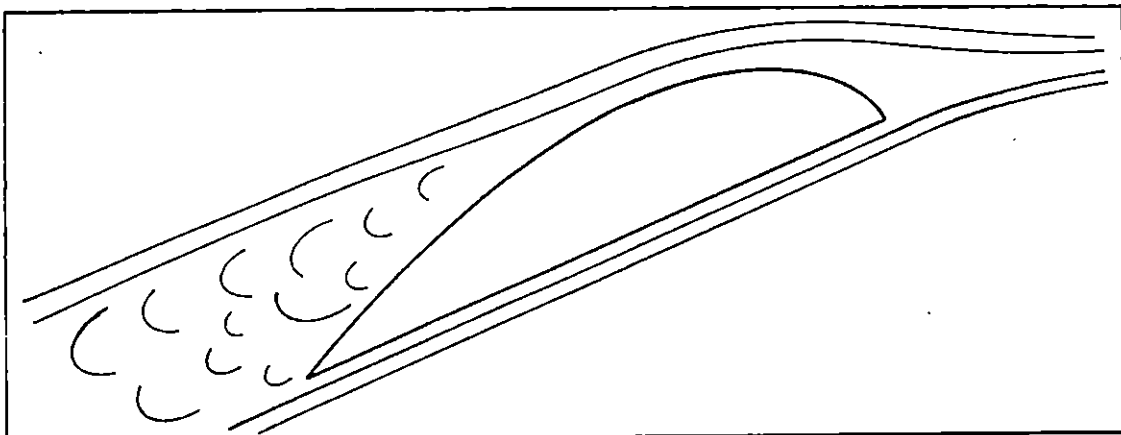


Fig.18 Distribución de las líneas de corriente en un ala plano-convexa, con un ángulo de incidencia de 30° .

REPORTE

1. Bosqueje la tendencia de las líneas de flujo al pasar sobre las superficies en estudio, según lo observado, así:

SUPERFICIE DE PRUEBA	ANGULO O POSICION
Cilindrico	única
Rombo	0° , 30° y 90°
Triángulo	flujo sobre la base flujo sobre vértice agudo
Ala plano convexa	0° , 15° y 30°
Ala biconvexa	0° , 15° y 30°
Ala concava-convexa	0° , 15° y 30°

2. Basado en la observación, cuál de los perfiles en estudio presenta mayor resistencia al flujo y en qué posición.
3. De acuerdo a la observación, cuál de los perfiles en estudio presenta menor resistencia al flujo y en qué posición.
4. Qué importancia tiene el ángulo de incidencia del perfil en estudio dentro del flujo?
5. Porqué se produce mayor turbulencia cuando se aumenta el ángulo de incidencia de las alas?
6. Diga y explique con cuál de los perfiles de alas se pueden lograr mayores ángulos de incidencia antes de que el fenómeno de atascamiento ocurra.
- 7.Cuál de los perfiles de alas considera Ud. más aplicable en la aerodinámica? Explique.

5.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PRESENTACION DEL REPORTE DE LABORATORIO.

5.4.1 Disposiciones generales.

Para facilitar y unificar la presentación de un reporte de laboratorio, es necesario adoptar una actitud de colaboración con el grupo de trabajo, practicando por lo menos los siguientes hábitos:

- A. Antes de presentarse a una práctica, estudie cuidadosamente la guía de laboratorio, principalmente en lo que se fundamenta la experiencia y el procedimiento a seguir. Si tiene duda consulte con su instructor de laboratorio.
- B. Antes de iniciar la práctica, revise el equipo entregado, percatándose que coincida con el descrito en la guía; si dicho equipo funciona con energía eléctrica, revise cuidadosamente la instalación.
- C. Anote todos los datos obtenidos en la casilla respectiva de la tabla correspondiente, además anote todas las observaciones necesarias para la complementación del reporte.
- E. Discuta con sus compañeros de grupo el procedimiento y resultados obtenidos en la experimentación.

5.4.2. Estructura del reporte.

La elaboración del reporte queda a criterio del estudiante, quien debe contar con herramientas gramaticales,

ortográficas y de redacción, muy necesarias en la presentación de un trabajo científico; además, en la elaboración del reporte se seguirá una estructura que deberá contener los siguientes elementos:

I. PORTADA.

Constituye la primer página del reporte y tendrá un formato como el siguiente:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS FLUIDOMECAVICOS
Nombre de la asignatura
TITULO DE LA PRACTICA
GRUPO DE LABORATORIO:
INTEGRANTES DE GRUPO:
INSTRUCTOR:
CJUDAD UNIVERSITARIA, FECHA DE ENTREGA.

II. INDICE.

Consiste en especificar la manera en que se ordena el reporte, indicando la página donde comienza cada subtítulo.

III. OBJETIVOS.

Se especifica en forma corta y clara en palabras del estudiante el objetivo perseguido tanto en la realización de la práctica, como el del reporte de laboratorio.

IV. TEORIA.

Breve resumen de los conceptos aplicados al realizar la experimentación, y la solución de lo requerido en la guía de laboratorio.

V. MATERIAL, EQUIPO Y APARATOS UTILIZADOS.

Enumerar cada uno de los elementos utilizados en la realización del experimento, agregando aún los no considerados en la guía de laboratorio, que a juicio del estudiante sean necesarios para el desarrollo del mismo.

VI. ESQUEMAS.

Mostrar a grandes rasgos, la disposición relativa del equipo a utilizar en el experimento, y la forma teórica u observada, de cómo se presentan las condiciones en el experimento.

VII. PROCEDIMIENTO.

Consiste en redactar en forma ordenada el desarrollo del experimento. En la guía del laboratorio, aparece descrito el proceder, pero este pueden variar debido a variables no consideradas al momento de realizar la práctica, por lo que estas variantes deben ser consideradas en la redacción.

VIII. TABULACION DE LOS DATOS OBSERVADOS Y CALCULOS.

Consiste en presentar ordenadamente los datos y cálculos obtenidos del experimento, en una tabla que debe ser

titulada y enumerada, al final de ella debe especificarse de que manera se obtienen los datos observados y que ecuaciones se utilizan para los cálculos obtenidos.

IX. GRAFICOS.

Deben mostrar las variables relacionadas según lo requerido en la guía de laboratorio, para poder inferir conclusiones del comportamiento del fenómeno. Se debe tener cuidado en titular el gráfico, identificar las variables, señalar escalas utilizadas, señalar puntos críticos o de importancia en la gráfica.

X. CONCLUSIONES.

Es la parte donde se realiza el análisis del fin expuesto en los objetivos; en esta parte, se incluye las preguntas y respuestas planteadas en la guía.

XI. RECOMENDACIONES.

En esta parte se expondrá qué partes de la guía resultaron inadecuadas, ya sea por su dificultad o falta de claridad u otros motivos, recomendaciones que deberán ser solventados en futuras sesiones.

XII. BIBLIOGRAFIA.

Esta debe contener un listado de los libros, revistas, folletos u otro material consultado para la elaboración del reporte.

CAPITULO SEIS

RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS.

6.1 INTRODUCCION.

El capítulo presenta los resultados obtenidos, de cada uno de los experimentos realizados siguiendo las instrucciones de las guías de laboratorios. Se muestra la tabulación de los resultados observados y calculados, así como también, las gráficas que se obtienen al relacionar las variables involucradas; además, se comenta cada resultado y las conclusiones a que se arriva. Estos, pueden servir, al docente, como parámetro de comparación, al momento de la evaluación de los resultados físicos, que el estudiante presenta.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- A. Mostrar las tabulación de resultados obtenidos en la realización de los experimentos.
- B. Graficar relaciones de variables.
- C. Comentar resultados obtenidos.

6.3 PRESENTACION DE RESULTADOS.

Todas las prácticas conducen hacia un resultado específico, las cuales son exigidas al estudiante a través de la presentación de los objetivos en la guía de laboratorio.

En esta sección, se muestran los resultados de cada uno de los experimentos con la tabulación de los datos observados y calculados y sus gráficas respectivas, las cuales servirán como guía al docente para evaluar el procedimiento del estudiante, la precisión y cuidados que

éste tubo en la realización del mismo.

Los resultados obtenidos en el laboratorio varían de acuerdo al error que se produce o existe; pero, al tomar las mejores precauciones para evitarlos, ayuda a que la tendencia de los mismos se mantenga en un rango de aceptación, por lo que representan lo esperado de los estudiantes, al realizar la experiencia.

Las tablas que se muestran, llevan la misma numeración que las identifica en la guía del laboratorio respectiva, con el objeto de hacerlas fácilmente identificables.

6.3.1 Tablas de lecturas y cálculos del laboratorio realizado en el Banco para determinar pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.

Tabla 2. Tabulación de las lecturas y calculos utilizando la tubería de 1 pulg.

H1 Pie H2O	H2 pie H2O	H3-H4 m H2O	H2-H1 pie H2O	H3-H4 pie H2O	CAUDAL pie ³ /seg.	VELOCID. pie/seg.	REYNOLDS	f Calculado	f Moody
3.530	3.530							*****	*****
3.290	3.580	0.200	0.290	0.656	1.47E-03	2.70310	21270.85	0.02662	0.026185
3.120	3.650	0.400	0.590	1.312	2.08E-02	3.82276	30081.53	0.02433	0.024008
2.960	3.700	0.600	0.740	1.969	2.55E-02	4.68191	36842.20	0.02265	0.022816
2.810	3.780	0.800	0.970	2.623	2.95E-02	5.40620	42541.71	0.02226	0.022001
1.900	3.090	1.000	1.190	3.281	3.30E-02	6.04432	47563.07	0.02185	0.021392
1.250	2.600	1.200	1.350	3.937	3.61E-02	6.62122	52102.74	0.02066	0.020917
0.900	2.230	1.220	1.330	4.003	3.64E-02	6.67616	52535.13	0.02002	0.020874

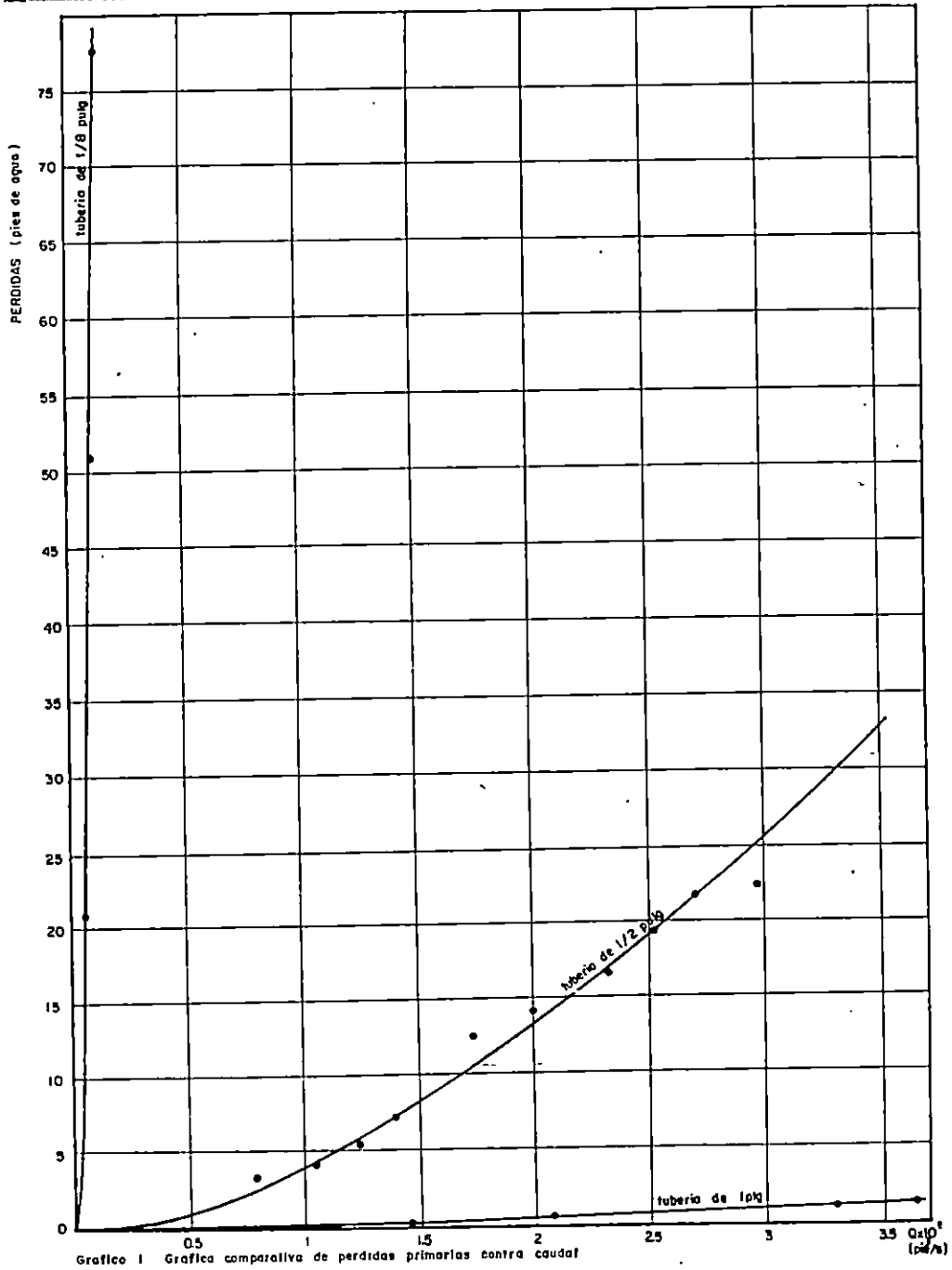
Tabla 3. Tabulación de las lecturas y calculos utilizando la tubería de 1/2"

H1 pie Hg.	H2 pie Hg.	H3 pie Hg.	H4 pie Hg.	H1-H2 pie H2O	H3-H4 pie H2O	CAUDAL pie ³ /seg.	VELOCID. pie/seg.	REYNOLDS	f Calculado	f Moody
1.060	1.060	1.770	1.770						*****	*****
1.200	0.950	1.940	1.630	3.150	3.906	8.70E-03	6.37751	25092.52	0.02598	0.025104
1.245	0.915	2.010	1.560	4.158	5.670	1.05E-02	7.68381	30292.19	0.02362	0.023951
1.300	0.860	2.100	1.470	5.544	7.930	1.24E-02	9.09161	35771.21	0.02250	0.022976
1.370	0.800	2.200	1.380	7.182	10.332	1.41E-02	10.37236	40810.35	0.02239	0.022249
1.490	0.680	2.410	1.180	10.206	15.498	1.73E-02	12.70349	49982.26	0.02121	0.021141
1.650	0.520	2.700	0.890	14.238	22.806	2.10E-02	15.41026	60632.10	0.02011	0.020141
1.750	0.420	2.900	0.700	16.758	27.720	2.32E-02	16.98955	66845.89	0.01947	0.019645
1.860	0.310	3.100	0.490	19.530	32.886	2.52E-02	18.50507	72808.75	0.01913	0.019243
1.960	0.220	3.300	0.280	21.924	38.052	2.71E-02	19.90554	78318.94	0.01856	0.018896
1.990	0.200	3.500	0.100	22.554	42.840	2.88E-02	21.12078	83100.34	0.01696	0.018611

Tabla 4. Tabulación de lecturas y calculos utilizando la tubería de 1/8"

P1 psi	P2 psi	VOLUMEN pie ³	TIEMPO Seg.	H1-H2 pie H2O	CAUDAL pie ³ /seg.	VELOCID. pie/seg.	REYNOLDS	f Calculado	f Moody
47.000	12.000	0.0412	31.500	80.7450	1.31E-03	15.3651	15113.54	0.02868	0.0285
45.000	11.000	0.0412	32.300	78.4380	1.28E-03	14.9845	14739.21	0.02929	0.0287
40.000	10.000	0.0412	34.400	69.2100	1.20E-03	14.0638	13839.43	0.02931	0.0291
36.000	9.000	0.0412	36.560	62.2890	1.13E-03	13.2385	13021.79	0.02980	0.0296
31.500	8.000	0.0412	39.000	54.2145	1.06E-03	12.4102	12207.09	0.02952	0.0301
29.000	7.000	0.0412	41.000	50.7540	1.01E-03	11.8049	11611.62	0.03054	0.0304
24.500	6.000	0.0412	45.300	42.6795	9.11E-04	10.6843	10509.41	0.03135	0.0312
20.500	5.000	0.0412	50.000	35.7585	8.25E-04	9.6800	9521.53	0.03200	0.0320
16.500	4.000	0.0412	56.160	28.8375	7.34E-04	8.6182	8477.15	0.03255	0.0329
12.000	3.000	0.0412	65.900	20.7630	6.26E-04	7.3445	7224.23	0.03227	0.0343

6.3.2 Gráficos comparativos de las pérdidas primarias contra caudal, obtenidas del Banco para el estudio de las pérdidas hidráulicas en tuberías rectas.



Al comparar las gráficas obtenidas de las pérdidas en las tuberías de 1/2 y 1 pulgada de diámetro, es apreciable que para el mismo caudal, se obtienen mayores pérdidas de energía en la tubería más delgada, ambas gráficas se comportan en forma parabólica, lo que hace pensar que las pérdidas se comportan como lo indica la relación:

$$H_p \propto V^2;$$

ya que el caudal es un parámetro que lo determina la velocidad del fluido.

En el caso de la tubería de 1/8 pulgada de diámetro, las pérdidas son considerablemente mayores, como puede apreciarse que para alcanzar un caudal de $1.31E-3$ pie³/seg, se requiere una considerable presión que venza la fricción que genera estas velocidades. El flujo se encuentra completamente en la región turbulenta, como lo demuestra el Número de Reynolds.

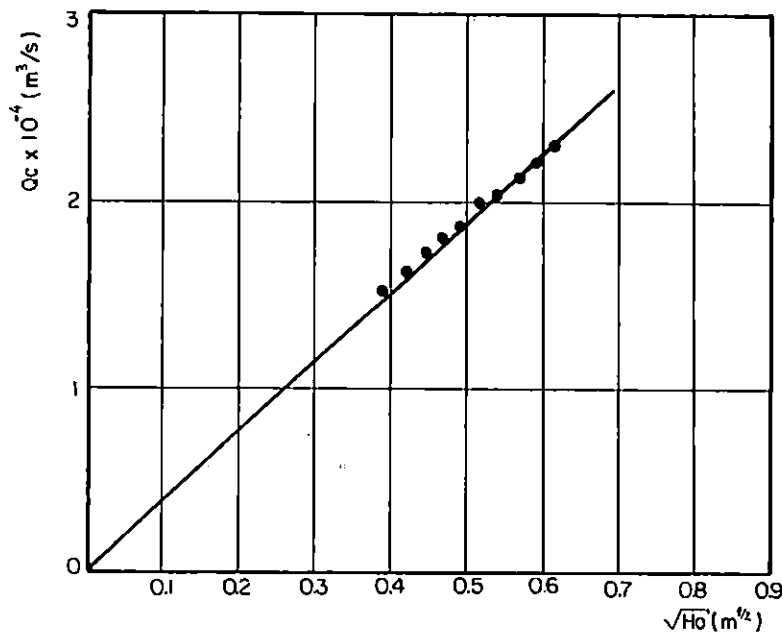
Debido al control que se tuvo en las condiciones de laboratorio cuando se realizó la práctica, los coeficientes de fricción calculados, a partir de los datos, se acercan a los esperados por los graficados en el diagrama de Moody.

De los resultados se concluye, la importancia del diámetro de las tuberías al transportar un fluido para aplicación, y nos demuestra que debemos encontrar un punto óptimo del diámetro a utilizar, que se encuentre en armonía con el costo de la tubería, esto se conoce como el diámetro más económico, y es aquel que reduce a un mínimo la suma del costo de la tubería y el valor monetario de la energía perdida por rozamiento.

6.3.3 Tabla de lecturas y cálculos y gráfica de la variación del caudal contra la altura piezométrica del estudio del flujo a través de un orificio.

Tabla 1. Tabulación de lecturas y cálculos utilizando el dispositivo de flujo a través de orificios.

MASA Kg.	TIEMPO seg.	Ho mm	Qc m ³ /seg.	$\sqrt{H_0}$ m ^{1/2}
7.500	33.000	376.00	2.27E-04	0.61319
7.500	34.100	352.00	2.20E-04	0.59330
7.500	35.000	329.00	2.14E-04	0.57359
7.500	37.000	295.00	2.03E-04	0.54314
7.500	38.000	277.00	1.97E-04	0.52631
7.500	40.500	247.00	1.85E-04	0.49699
7.500	42.000	228.00	1.79E-04	0.47749
7.500	44.000	208.00	1.70E-04	0.45607
7.500	46.500	185.00	1.61E-04	0.43012
7.500	49.700	159.00	1.51E-04	0.39875



Graf. 1 Grafico de Qc vs. $\sqrt{H_0}$

Varias medidas de descarga a varias alturas sobre el nivel del orificio estan escritas en la en la tabla 1, estos datos se muestran en la gráfica 1.

De acuerdo con la ecuación:

$$C_d = Q / \sqrt{(2 g H_o A_o)}$$

la variación de la raíz cuadrada de la altura H_o contra el caudal Q , debe ser lineal, esto determina que C_d debe permanecer constante en todo el rango del experimento.

La gráfica 1, muestra que esto es cierto dentro de los límites confiables del error experimental, y posibilita el cálculo del valor medio del coeficiente de descarga a partir de la pendiente de la línea recta graficada, tal como se detalla a continuación:

$$C_d = 2.27E-4 m^3/s / (2 \times 9.81 m/s^2 \times 0.376 m)^{1/2} \times 132.73E-6 m^2$$
$$C_d = 0.629 \approx 0.63$$

Debe enfatizarse que no hay valores teóricos de los coeficientes que pueden extenderse a todos los orificios, sino que los coeficientes deben ser determinados experimentalmente. También es notable que la pérdida total de la energía es tan pequeña que puede despreciarse la reducción que sufre el flujo a través del orificio. La reducción del flujo, se debe enteramente a la contracción del chorro dentro del plano del orificio y el plano de la vena contracta.

La variación de la descarga respecto a la altura, muestra que en un rango de cerca de 150 mm hasta 350 mm, el coeficiente de descarga permanece constante. Esto debe ser interpretado como un resultado positivo del experimento, ya que antes no había una razón para suponer que así sucedería.

6.3.4 Tablas de lecturas y cálculos de los resultados del estudio del impacto de un chorro y gráficas comparativas de las fuerzas contra el flujo de momentum.

Tabla 2. Tabulación lecturas y calculos utilizando el plato plano

Masa Kg.	Tiempo Seg.	Distancia m.	M ² Kg/seg.	Vt m/seg.	Vi m/seg.	M ² Vi Newton	F Newton
15.000	54.000	0.020	0.278	3.537	3.438	0.955	0.798
15.000	41.000	0.035	0.366	4.658	4.584	1.677	1.396
15.000	35.000	0.050	0.429	5.457	5.394	2.312	1.992
15.000	31.000	0.065	0.484	6.161	6.105	2.952	2.592
15.000	28.000	0.080	0.535	6.821	6.770	3.627	3.191
15.000	25.500	0.095	0.588	7.490	7.444	4.372	3.789
15.000	24.000	0.110	0.625	7.958	7.915	4.947	4.357
15.000	22.500	0.125	0.667	8.488	8.448	5.631	4.985

Tabla 3. Tabulación de lecturas y calculos utilizando la copa hemisferica.

Masa Kg.	Tiempo Seg.	Distancia m.	M ² Kg/seg.	Vt m/seg.	Vi m/seg.	M ² Vi Newton	F Newton
15.000	54.500	0.040	0.275	3.504	3.405	0.937	1.595
15.000	45.000	0.060	0.333	4.244	4.163	1.388	2.393
15.000	39.000	0.080	0.385	4.897	4.827	1.856	3.191
15.000	35.000	0.100	0.429	5.457	5.394	2.312	3.988
15.000	32.000	0.120	0.469	5.968	5.911	2.771	4.786
15.000	29.500	0.140	0.508	6.474	6.421	3.265	5.583
15.000	27.500	0.160	0.545	6.945	6.895	3.761	6.381
15.000	26.000	0.180	0.577	7.346	7.299	4.211	7.179

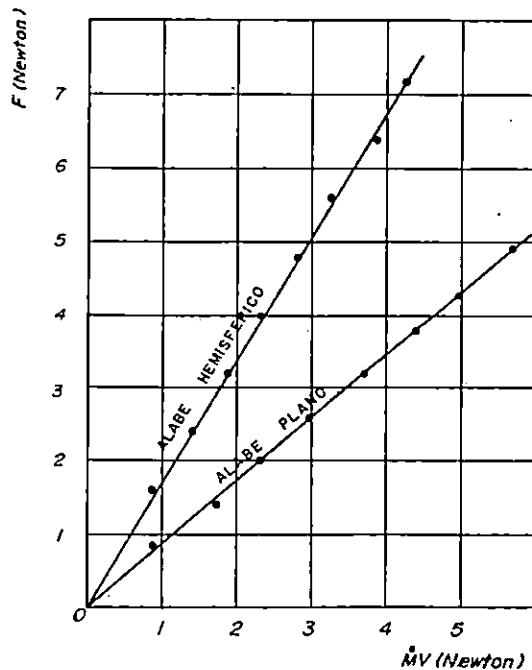


Grafico 1 Grafico comparativo de fuerza contra flujo de momentum

De la gráfica 1, se ve claramente que la fuerza producida en cada uno de los álabes es proporcional a la cantidad de movimiento que pasa a través del chorro. En el caso del álabe plano, la pendiente de la gráfica es de aproximadamente 0.91, luego:

$$F_p = 0.91 \dot{M} V_i ;$$

que puede compararse con el resultado predicho:

$$F_p = \dot{M} V_i .$$

En el caso del álabe hemisférico, la pendiente de la recta es de aproximadamente 1.61, luego la fuerza es:

$$F_c = 1.61 \dot{M} V_i ;$$

según la predicción del cálculo, la máxima fuerza posible es:

$$F_c = 2 \dot{M} V_i ;$$

la cual ocurre cuando el chorro es deflectado por un álabe hemisférico, 180° , sin pérdidas de energía. La relación entre la fuerza medida y la máxima fuerza posible (0.81 en nuestro caso) puede ser tomada como medida de la eficiencia del álabe, y siempre será menor que 1.00, debido a las pérdidas que ocurren en la práctica.

6.3.5 Tabulación de lecturas y cálculos de los resultados del experimento del estudio de pérdidas a lo largo de un tubo, utilizando los manómetros piezométricos.

Tabla 1. Tabulación de lecturas y calculos utilizando los tubos piezometricos

VOLUMEN ml	TIEMPO seg.	H1 mm H2O	H2 mm H2O	TEMPERAT. °C	VELOCIDAD m/seg.	H1-H2 m H2O	i	Log i	Log V
300.00	45.900	397.00	156.00	20.000	0.92465	0.2410	0.45992	-0.3373	-0.0340
300.00	47.700	403.00	177.00	20.000	0.88975	0.2260	0.43130	-0.3652	-0.0507
300.00	49.500	408.00	197.00	20.000	0.85740	0.2110	0.40267	-0.3950	-0.0668
300.00	50.900	412.00	215.00	20.000	0.83382	0.1970	0.37595	-0.4249	-0.0789
300.00	52.700	417.00	240.00	20.000	0.80534	0.1770	0.33779	-0.4714	-0.0940
300.00	53.400	419.00	256.00	20.000	0.79478	0.1630	0.31107	-0.5071	-0.0998
300.00	55.600	422.00	276.00	20.000	0.76333	0.1460	0.27863	-0.5550	-0.1173
300.00	58.000	426.00	294.00	20.000	0.73175	0.1320	0.25191	-0.5988	-0.1356
300.00	60.100	432.00	318.00	20.000	0.70618	0.1140	0.21756	-0.6624	-0.1511
200.00	42.400	437.00	338.00	20.000	0.66731	0.0990	0.18893	-0.7237	-0.1757
200.00	46.500	445.00	357.00	20.000	0.60840	0.0880	0.16794	-0.7748	-0.2158
200.00	52.300	454.00	376.00	20.000	0.54100	0.0780	0.14885	-0.8272	-0.2668
150.00	45.700	462.00	397.00	20.000	0.46435	0.0650	0.12405	-0.9064	-0.3332
150.00	55.200	471.00	419.00	20.000	0.38443	0.0520	0.09924	-1.0033	-0.4152
100.00	46.700	478.00	437.00	20.000	0.30294	0.0410	0.07824	-1.1065	-0.5187
75.00	55.200	487.00	463.00	20.000	0.19222	0.0240	0.04580	-1.3331	-0.7162
50.00	81.100	493.00	482.00	20.000	0.08722	0.0110	0.02099	-1.6779	-1.0594

6.3.6 Relaciones gráficas del gradiente hidráulico contra velocidad y el logaritmo del gradiente hidráulico contra el logaritmo de la velocidad.

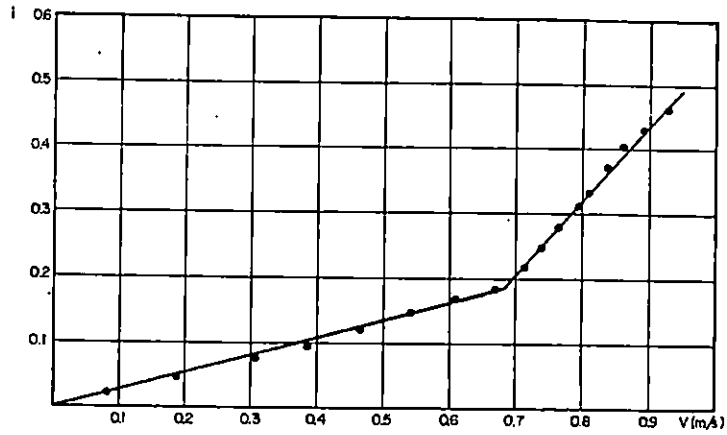


Gráfico 1 Gradiente hidráulico contra velocidad al utilizar los tubos piezométricos

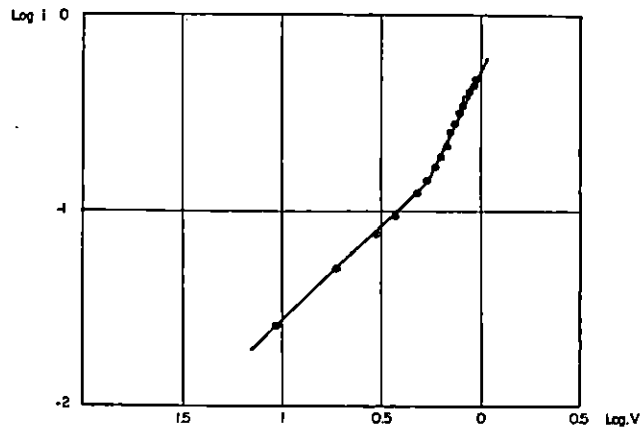


Gráfico 2 Log i contra log V al utilizar los tubos piezométricos

La medida de las pérdidas por fricción a lo largo de una tubería a diferentes velocidades, muestran dos regiones bien definidas, en las cuales se aplican diferentes leyes de la resistencia.

Cuando las velocidades varían entre 1.00 y 0.6867 m/s, las pérdidas decrecen mucho más rápido que cuando el fluido se conduce a velocidades menores que 0.6867 m/s, en donde las pérdidas varían proporcionalmente a la velocidad. El valor crítico de la velocidad de 0.6867 corresponde a un Número de Reynolds de:

$$Re = \rho \times V \times D$$

$$Re = 1000 \times 0.6877 \text{ E } -4 \times 0.003 = 2060.1$$

este valor está muy cercano a 2000, el cual representa la transición entre flujo laminar y turbulento.

6.3.7 Resultados de la calibración de manómetros del tipo Bourdon en el dispositivo de calibración de peso muerto.

Tabla 1. Tabulación de datos y cálculos utilizando el manómetro 1

MASA AGREGADA Kg.	LECT. DEL MANOMETRO psi	PRESION REAL psi	ERROR DEL MANOMETRO psi
0.000	10.00	10.00	0.00
0.341	25.50	25.30	-0.20
0.682	40.50	40.60	0.10
0.924	51.50	51.60	0.10
1.023	56.00	55.90	-0.10
1.265	67.00	66.90	-0.10
1.606	82.50	82.20	-0.30
1.848	93.50	93.00	-0.50
1.947	98.00	97.50	-0.50

Tabla 2. Tabulación de datos y cálculos utilizando el manómetro 2

MASA AGREGADA Kg.	LECT. DEL MANOMETRO psi	PRESION REAL psi	ERROR DEL MANOMETRO psi
0.000	15.00	10.00	-5.00
0.341	30.00	25.30	-4.70
0.682	45.00	40.60	-4.40
0.924	57.00	51.60	-5.40
1.023	62.00	55.90	-6.10
1.265	73.00	66.90	-6.10
1.606	87.00	82.20	-4.80
1.848	99.00	93.00	-6.00
1.947	103.00	97.50	-5.50
2.189	114.00	108.30	-5.70
2.530	129.00	123.60	-5.40
2.772	140.00	134.50	-5.50
2.871	144.00	138.90	-5.10
3.113	155.00	149.80	-5.20
3.454	170.00	165.10	-4.90
3.696	180.00	176.00	-4.00
3.795	185.00	180.40	-4.60
4.037	195.00	191.30	-3.70

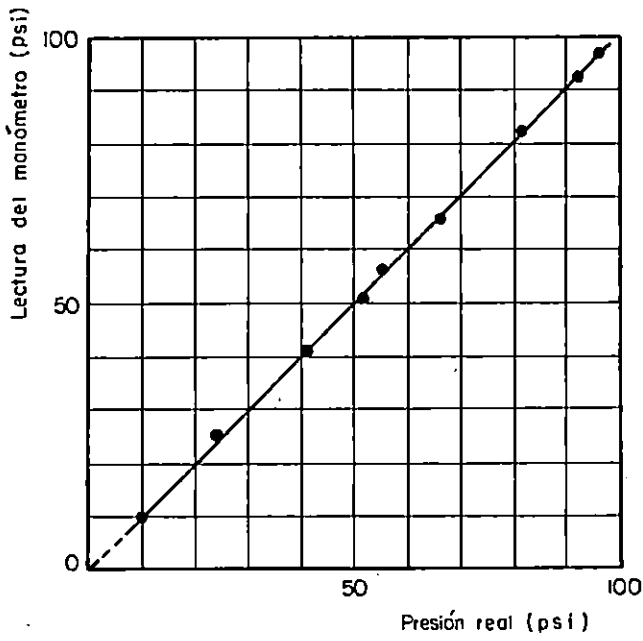


Grafico 1 Presión real contra lectura de presión en manómetro No. 1

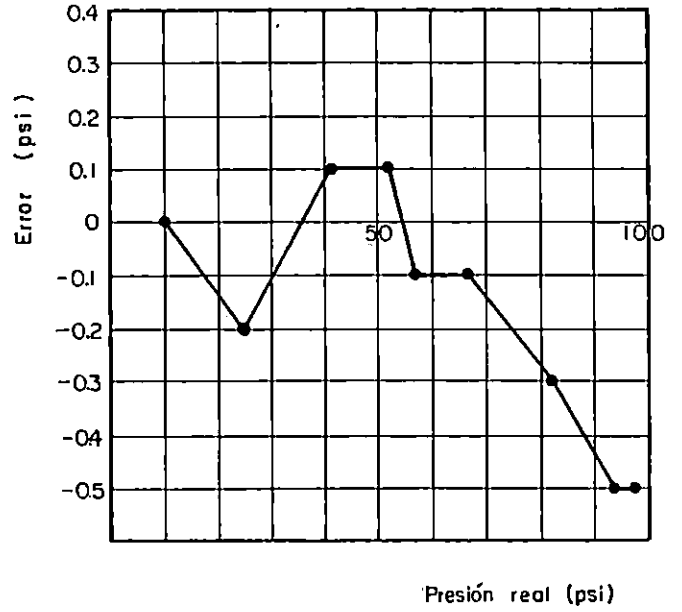


Grafico 2 Presión real contra error del manómetro No. 1

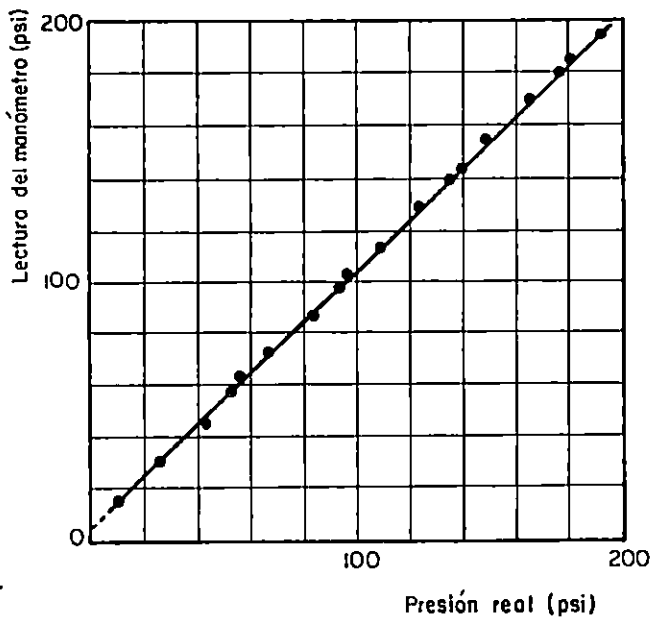


Grafico 3 Presión real contra lectura de presión en manómetro No. 2

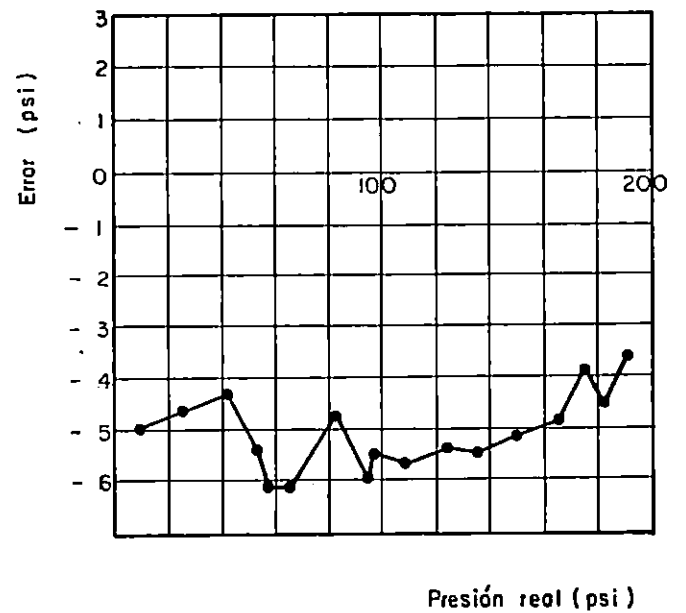


Grafico 4 Presión real contra error del manómetro No. 2

En este experimento, se espera determinar dos tipos de error en la calibración. Primero, existe la posibilidad de la histéresis (pistón pegado a las paredes del cilindro), fricción y pérdida de presión por la mala rectificación del cilindro respecto a el embolo; esto introduce un error pequeño, el cual puede considerarse despreciable cuando se toman lecturas a grandes presiones; pero, considerable a pequeñas presiones. La forma de evitarlo es haciendo girar el pistón.

En segundo lugar, otro error esperado es el de la graduación de la escala, la cual pudo ser marcada incorrectamente. Uno de los manómetros (0-100 PSI), tiene un error de 0.5 PSI, de esta clase, que representa aproximadamente el 0.6% de error en la medición (véase la novena lectura), lo cual es pequeño y puede despreciarse en aplicaciones de ingeniería que no requieran precisión extrema, por lo que se concluye que el manómetro esta en buenas condiciones; el otro manómetro (0-200 PSI), introduce un error de 6.1 PSI de esta clase, que representa el 8.4% de error en la medida (véase la sexta lectura), este es considerablemente grande y se concluye que el medidor ya no esta en condiciones de prestar un buen servicio en el trabajo para el cual fue fabricado, por lo tanto debe desecharse.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se determinó que las causas principales del deterioro del equipo, se debió en primer lugar, al saqueo perpetrado durante la intervención militar a la Universidad de El Salvador; en segundo lugar, al completo abandono en que se encontraron los equipos; y en tercer lugar, a la falta de un mantenimiento adecuado (preventivo y correctivo), que prolongara la vida útil de los mismos.

Una de las mayores dificultades que se presentó para la rehabilitación de los equipos, fué la falta de información técnica de los mismos; no obstante, todo el equipo propuesto para ser rehabilitado, se reparó, no sin antes, invertir una "fuerte" cantidad de dinero y modificar ciertas funciones.

No todo el equipo fue llevado a su estado original, debido a que algunos componentes, debido a su valor, representan una mayor inversión de capital, y en algunos casos, los componentes no se encontraron en el mercado nacional y por su complejidad y precisión no fue posible fabricarlos; más sin embargo, el equipo fue rediseñado para que funcionara de manera satisfactoria.

Es importante hacer notar que si bien los equipos funcionan satisfactoriamente, hacen falta algunos de sus componentes principales tales como el tubo de Pitot desplazable y las dos bombas centrífugas propias del Banco para el estudio de pérdidas hidráulicas en tuberías rectas; el dispositivo generador de burbujas de hidrógeno y la pantalla para medir velocidades en el visualizador de líneas de flujo de agua; manómetros y termómetros que se utilizan como equipo complementario en muchos experimentos, que debido a su alto costo, no fueron adquiridos. Es acá, donde se requiere la ayuda de la Facultad de Ingeniería y

Arquitectura para que gestione la compra de ellos.

Esto vendria en ayuda de los alumnos usuarios de los equipos para que puedan comprender de mejor manera los fenómenos de la Mecánica de los Fluidos.

Sugerimos hacer conciencia, tanto en el docente como al estudiante, sobre la gran importancia que los dispositivos de laboratorio tienen como elementos auxiliares en la comprensión práctica de los fenómenos hidráulicos y de esta manera entender las leyes de la Mecánica de Fluidos.

Para evitar el deterioro y extravío de equipo de laboratorio es imperativo contar con un área para almacenar los diferentes dispositivos utilizados en las prácticas.

Las personas encargadas del equipo de laboratorio deben responsabilizarse del mantenimiento y cuidado de los mismos, pues se ha notado que actualmente, despues de utilizado, se dejan en completo abandono. Muy necesario se hace que la Escuela tome parte activa en la elaboración de un programa de mantenimiento adecuado de todos los equipos que se encuentran en los laboratorios, esto puede lograrse utilizando el recurso estudiante en sus horas sociales y preparando un programa de mantenimiento completo, que vendra a ser parte de la preparación integral del estudiante, siendo, uno de los objetivos de la Ingeniería Mecánica el poder proporcionar un mantenimiento preventivo y correctivo a todo equipo mecánico, hidráulico y electromecánico.

Todo daño o pérdida de equipo deberá ser responsabilidad de la o las personas que lo causaren, viéndose éstas obligadas a reparar el daño de los equipos o elementos involucrados.

Los grupos de laboratorios no deberán exceder de cuatro estudiantes, para la mejor comprensión de la práctica.

Para desarrollar los laboratorios, no solo en el área de Mecánica de Fluidos, sino en todas las ramas de Ingeniería

Mecánica, es necesario institucionalizar una cuota de derecho de utilización de laboratorios, pagadera por los estudiantes, con la cual se cubra, tanto los gastos de mantenimiento (compra de repuestos, materiales y herramientas, ayudas audio-visuales y otros), como los de ejecución de los experimentos y prácticas; además capacitar y entrenar al personal, para que se especialice en la realización de los mismos.

Por otra parte, las guías de los laboratorios, presentadas en este documento, forman parte de un empeño en querer normalizar situaciones en la enseñanza-aprendizaje, del conocimiento científico basado en la experimentación. La estructuración esta diseñada para que sea comprensible; será responsabilidad del alumno, adquirirla con anterioridad a la realización del experimento y leerla cuidadosamente, para que así se responda sobre todas las cuestiones tratadas.

Dependiendo del grado de interés que se tenga y la precisión con que se ejecuten los procedimientos, así serán los resultados obtenidos, lo cual es de única responsabilidad del alumno-docente.

El formato de la presentación de los reportes, corre por cuenta propia de cada alumno, o responde a los requerimientos de la cátedra; más sin embargo, si estos fuesen presentados con el modelo propuesto, se tendrá uniformidad en la estructura, y se reduce la información caótica utilizada por el estudiante, al presentar la idea central, de tal forma que los conceptos vertidos tengan mayor concretividad y sean concisos, facilitando la evaluación.

Al analizar los resultados obtenidos de cada experiencia es apreciable que lo esperado se aproximan a los datos calculados a partir de las formulas presentadas en los

textos, por lo que podemos concluir que han sido realizados con cierto grado de precisión, lo cual permite conciliar la teoría con la práctica. Por lo que se espera, que cualquier persona que realice las experiencias acá descritas, obtenga los mismos resultados, si procede tal como se describe en las guías.

BIBLIOGRAFIA.

De Azevedo Netto, J.M.; Acosta Alvarez, Guillermo.

Manual De Hidráulica.

México: Editorial Harla S.A., 1983.

Fox, R.W.; McDonald, A.T. Introducción a la Mecánica de Fluidos.

México: Editorial Interamericana, primera edición en español, 1988.

Markland, E. A First Course In Hydraulics.

England: TecEquipment Ltd., first edition, 1973.

Mataix, Claudio. Mecánica De Los Fluidos Y Máquinas Hidráulicas.

México: Editorial Harla S.A., segunda edición, 1982.

Vernard, John K. Elementos de Mecánica de Fluidos.

México: CECOSA, tercera edición, 1989.

Viejo Zubizaray, Manuel. Bombas, Teoría Diseño Y Aplicaciones.

México: Editorial Limusa, quinta reimpresión, 1986.

White, Frank M. Mecánica de Fluidos.

España: McGraw Hill, primera edición, 1983.

Flow Threads Visualizer.

Torino Italy: Prodit

Fluid Mechanics.

England: TecEquipment International.

Tecquipment Products for Engineering Education.

England: Tecequipment Ltd., 1972.

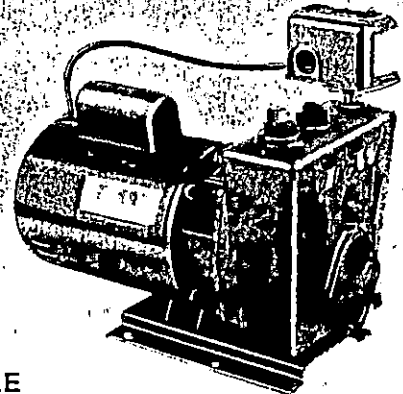
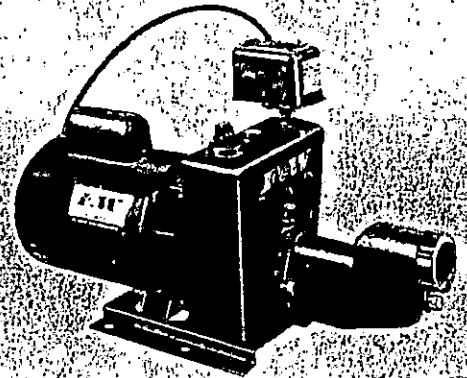
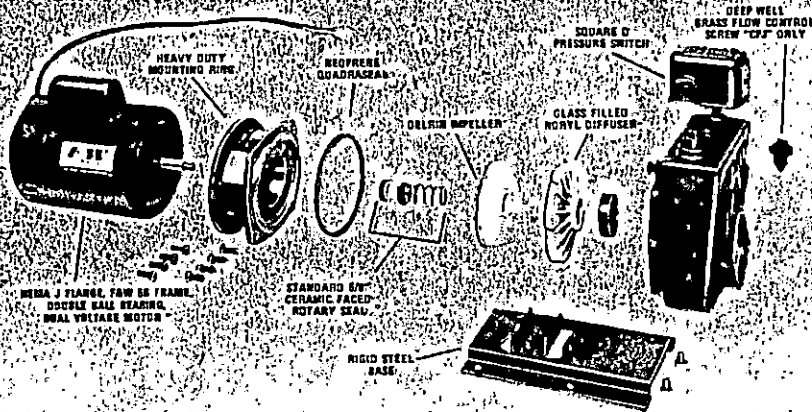
ANEXOS .

ANEXO 1

FEATURE FOR FEATURE THE FINEST

1/3 and 1/2 H.P. "CPJ" SERIES

"CPJS" SHALLOW WELL



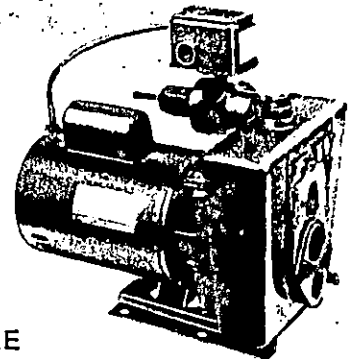
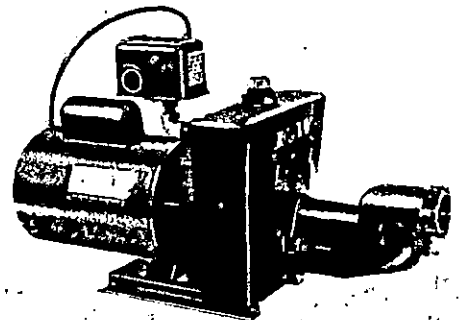
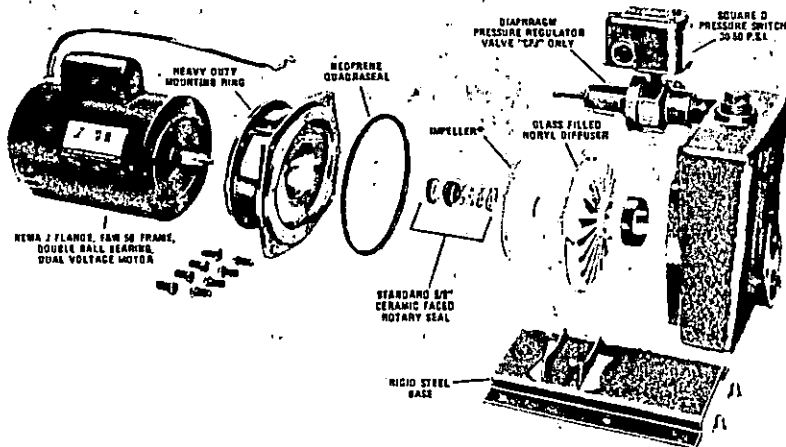
COMPANIA IMPORTADORA DE MAQUINARIA, S. A. "CPJ" CONVERTIBLE

3/4, 1 and 1 1/2 H.P. "CPJ" SERIES

CIDENSA S.A.
REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

Alameda Roosevelt y 53 Av. Iba. - Tel. 23-1144
SAN JUAN, P.R.

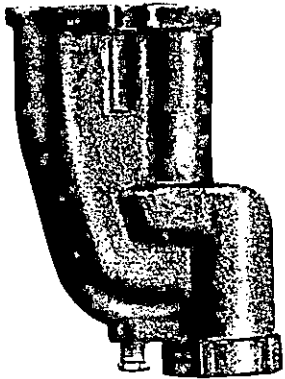
"CPJS" SHALLOW WELL



*1/2 H.P. IMPELLER-NYLON
1 1/2 H.P. IMPELLER-BRASS

"CPJ" CONVERTIBLE

Selection Charts



**CPs AND CPJS MODEL SHALLOW WELL
PERFORMANCE WITH REVISED EJECTORS**

Model Number	H.P.	Ejector Assembly	Suction Lft. Fl.	CAPACITIES—GPH AT DISCHARGE PSI						Suction & Discharge	Pressure Switch Setting	Shut Off Pressure PSI	Shipping Weight Lbs.
				20	30	40	50	60	90				
CP03S CPJ03S	1/3	SW03E-1626	5 25	680 520 320	640 510 320	570 470 310	400 320 250			30-50	74 69 65	58 51	
CP06S CPJ06S	1/2	SW06E-1630	5 15 25	1030 770 460	1010 760 450	890 730 430	600 460 320			30-50	69 64 60	60 54	
CP07S CPJ07S	3/4	SW07E-1432	5 15 25	1190 930 590	1170 910 570	1150 890 560	1080 850 530			30-50	65 60 55	63	
CP10S CPJ10S	1	SW10E-1334	5 15 25	1420 1100 700	1410 1100 700	1400 1090 690	1380 1080 680			30-50	70 65 58	68	
CP15S CPJ15S	1-1/2	SW15E-1238	5 15 25	1800 1440 900	1790 1430 900	1790 1420 900	1790 1410 890	1400 1120 480		30-50	72 67 62	74 66 63	

CPs and CPJS include Shallow Well Ejector.



**CP AND CPJ MODEL SHALLOW WELL
CAPACITIES WITH CONVERTIBLE EJECTOR**

Model Number	H.P.	Ejector Assembly	Suction Lft. Fl.	CAPACITIES—GPH AT DISCHARGE PRESSURES									Suction and Discharge	Pressure Switch Setting	Shut Off Pressure P.S.I.	Shipping Weight Lbs.
				20	30	40	50	60	70	80	90					
CP003 CPJ003	1/3	DW40E-1726	5	600	560	500	380	270					1 1/4" x 1"	20-40	79	56
			15	450	440	430	330	230						75	46	
CP005 CPJ005	1/2	DW40E-1622	5	390	370	360	320	250	180				1 1/4" x 1"	20-40	93	56
			15	340	320	310	290	220	150	120				89	46	
CP007 CPJ007	3/4	DW40E-1630	5	890	870	790	600	400					1 1/4" x 1"	30-50	76	58
			15	710	710	680	500	300						72	49	
CP010 CPJ10	1	DW40E-1834	5	440	430	420	390	200					1 1/4" x 1"	30-50	67	58
			15	440	430	390	300	200						80	49	
CP015 CPJ15	1-1/2	DW40E-1736	5	720	690	680	610	470	300				1 1/4" x 1"	30-50	90	73
			15	540	530	520	400	250	200					85	64	
CPJ05	1/2	DW40E-1828	5	320	320	310	310	300	200				1 1/4" x 1"	30-50	80	65
			15	290	280	270	260	250	200					75	58	
CPJ07	3/4	DW40E-1726	5	960	940	930	900	620					1 1/4" x 1"	30-50	72	60
			15	750	740	740	730	420						66	58	
CPJ10	1	DW40E-1828	5	500	500	490	480	250					1 1/4" x 1"	30-50	66	65
			15	480	450	440	440	430	250					110	58	
CPJ15	1-1/2	DW40E-1736	5	1250	1250	1230	1220	950					1 1/4" x 1"	30-50	80	73
			15	1000	1000	980	970	780						75	64	

Tabla No. 1 DATOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA F&H, CON EYECTOR

SUCCION cm de Hg	DESCARGA PSI	SUCCION m de H2O	DESCARGA m de H2O	ALT. UTIL m de H2O	NOZA Kg.	TIEMPO Seg.	CAUDAL m ³ /seg	VOLTAJE Volt	CORRIENT. Amp.	POT. F. EC. Watts	POT. UTIL Halls	EF. GLOBAL %
-16.000	6.000	-2.1760	4.2100	6.3940	15.000	16.500	9.09E-04	118.40	11.000	1041.920	56.901	5.461
-15.500	10.000	-2.1080	7.0300	9.1360	15.000	16.750	8.96E-04	118.20	11.100	1049.616	80.106	7.632
-15.000	15.000	-2.0400	10.5450	12.5850	15.000	17.000	8.82E-04	118.00	11.200	1057.200	109.701	10.201
-14.500	20.000	-1.9720	14.0600	16.0320	15.000	17.000	8.78E-04	117.80	11.300	1064.912	137.825	12.942
-14.500	25.000	-1.9720	17.5750	19.5470	15.000	17.100	8.77E-04	117.20	11.700	1096.992	167.847	15.301
-14.500	30.000	-1.9720	21.0900	23.0620	15.000	17.200	8.72E-04	117.00	12.000	1123.200	196.878	17.528
-14.200	35.000	-1.9312	24.6050	26.5362	15.000	17.250	8.70E-04	117.00	12.000	1123.200	225.881	20.110
-11.540	40.000	-1.8694	28.1200	29.6894	15.000	19.070	7.87E-04	116.90	11.600	1084.832	228.602	21.071
-9.000	45.000	-1.8240	31.6350	32.8590	15.000	22.010	6.82E-04	116.70	11.600	1082.976	219.212	20.241
-6.500	50.000	-0.8840	35.1500	36.0340	15.000	26.000	5.77E-04	116.60	11.400	1063.392	203.502	19.137
-4.500	55.000	-0.6120	38.6650	39.2770	15.000	32.700	4.59E-04	116.50	11.200	1043.840	176.953	16.988
-0.500	60.000	-0.0600	42.1800	42.2400	15.000	42.800	3.50E-04	116.00	11.000	1020.000	144.941	14.199
-0.100	65.000	-0.0136	45.6950	45.7086	15.000	64.400	2.33E-04	116.00	11.000	1020.000	104.218	10.201
	71.000		49.9130	49.9130	15.000			116.00	10.300	955.040		

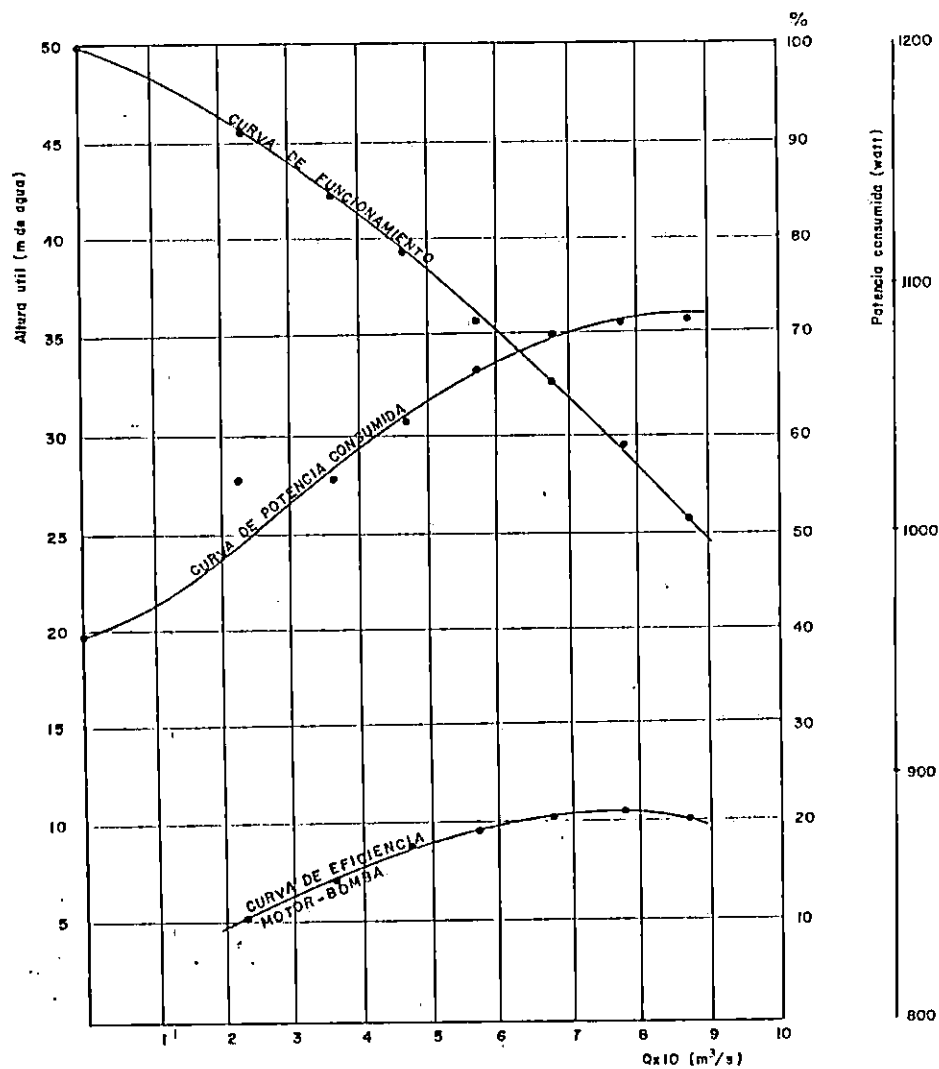


Gráfico 1 Curva de funcionamiento, potencia y eficiencia de bomba F&H con eyector

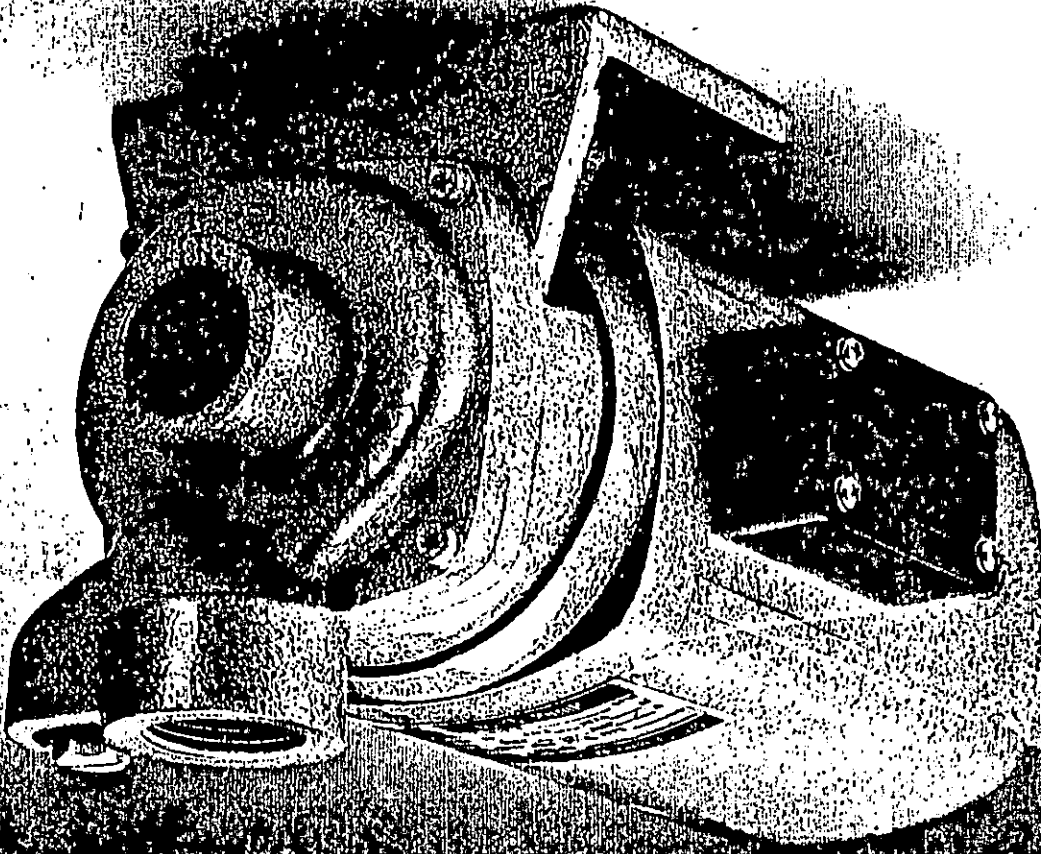
SPECIFICATION

TYPE	(HP)	(pole)	Pipe Dia (IN)	TOTAL HEAD (M) /CAPACITY (ℓ/min)						
				10 M	15 M	20M	25 M	30 M	40 M	50M
ZG-01	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{3}{4}$ "	52	41					
ZG-02	$\frac{1}{2}$	2	1"	95	70	55				
ZG-03	1	2	1 $\frac{1}{2}$ "	145	130	90				
ZG-04	2	2	1 $\frac{1}{2}$ "		225	210	150			
ZG-05	2	2	2"	265	248	225				
ZG-06	3	2	2"		270	260	240	180		
ZG-07	3	2	2 $\frac{1}{2}$ "	450	400	260				
ZG-08	5	2	2 $\frac{1}{2}$ "	580	565	548	510	474	180	
ZG-09	7 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$ "			600	585	540	400	
ZG-10	5	2	3"	730	650	580	460	250		
ZG-11	7 $\frac{1}{2}$	2	3"		900	870	780	670		
ZG-12	10	2	3"				810	750	570	
ZG-13	15	2	3"					950	800	650
ZG-14	7 $\frac{1}{2}$	2	4"	1200	950	800	650			
ZG-15	10	2	4"		1150	1000	900	600		
ZG-16	15	2	4"				1250	1080		
ZG-17	15	2	5"	2900	2300	1900	1450			
ZG-18	20	2	5"			2200	1850	1480		
ZG-19	20	4	6"	3300	3000	2500	2000	1200		
ZG-20	25	4	6"	3700	3450	3000	2500	1830		
ZG-21	30	4	6"		3700	3400	2900	2500		
ZG-22	30	4	8"	4500	4000	3200				
ZG-23	40	4	8"	5500	4800	4200				



bumb®

ZCP-1001

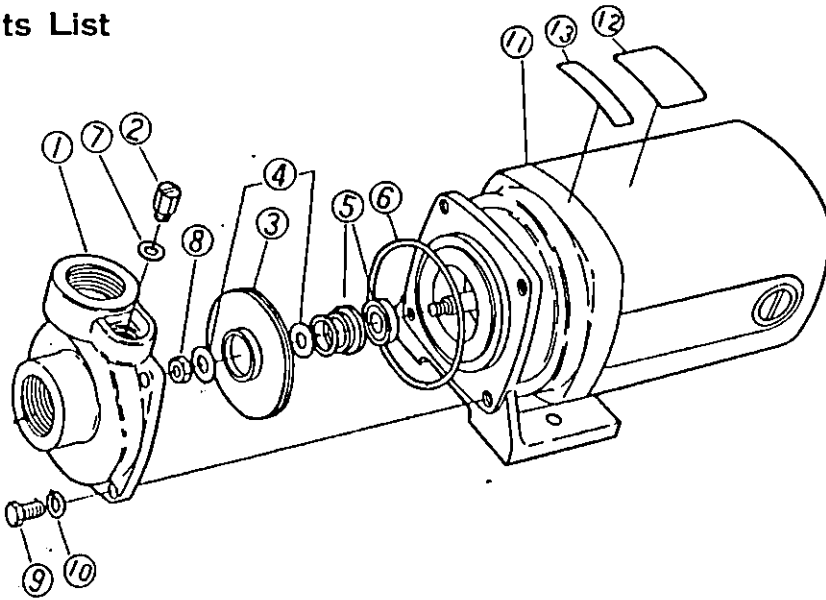


bumb[®] Pump

FEATURES:

1. Centrifugal Motor-Driven pump.
2. Economy type with low power requirement.
3. Large Delivery Volume 100L/min (26GPM).
4. High pressure to Deliver up over 30m (100ft.) Head.
5. Max. Suction Head is 8m in case foot valve equipped.
6. Mechanical seal equipped guarantees the complete shaft sealing. (Shaft is made of steel)
7. Stainless steel impeller has strong and excellent durability against wearing and corroding.

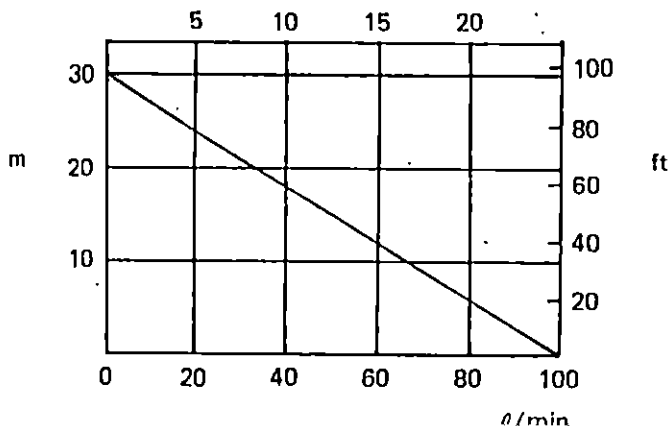
Parts List



No.	Part
1	Pump Casing
2	Plug
3	Impeller
4	Washer
5	Mechanical Seal
6	O-ring
7	Packing
8	Hexagon Nut
9	Hexagon Bolt
10	Spring Washer
11	Motor
12	Name Plate
13	Caution Level

Performance Curve

AC-220V, 50Hz
AC-110V, 50Hz
GPM



Specifications

Model	ZCP-1001	ZCP-1001A
Motor Type	Enclosed fan-cooled commutator Continuous Rating Type	
Voltage	AC 100~120V	AC 200~240V
Amps.	5.6A	2.8A
Output	250W*	
Speed	6400 rpm	
Max. lift	30m (100ft)	
Delivery Volume	100 l / min (26GPM)	
Outlet/Inlet Dia	1"x1" (25mmx25mm)	
Weight	5.7kg Net Weight	

Tabla No. 2 DATOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA ZCP-1001

SUCCION pulg Hg.	DESCARGA PSI	SUCCION m de H2O	DESCARGA m de H2O	ALT. UTIL m de H2O	MASA Kg.	TIEMPO Seg.	CAUDAL m ³ /seg	VOLTAJE Volt.	CORRIENT. Amp.	POT. ELECT Watts	POT. UTIL Watts	EF. GLOBAL %
-7.500	3.000	-2.5908	2.1090	4.6998	15.000	17.000	8.82E-04	122.30	5.320	520.509	40.594	7.799
-7.000	5.000	-2.4101	3.5150	5.9331	15.000	17.500	8.57E-04	122.30	5.320	520.509	49.702	9.564
-6.000	8.000	-2.0726	5.6240	7.6966	15.000	18.800	7.98E-04	122.30	5.340	522.466	60.114	11.506
-5.000	12.000	-1.7272	8.4360	10.1632	15.000	20.000	7.50E-04	122.30	5.420	530.293	74.616	14.071
-4.000	17.000	-1.3818	11.9510	13.3328	15.000	22.200	6.76E-04	122.30	5.440	532.250	88.105	16.568
-3.000	22.500	-1.0363	15.8175	16.8538	15.000	24.500	6.12E-04	122.30	5.470	535.165	101.009	18.874
-2.000	28.500	-0.6909	20.0355	20.7264	15.000	29.000	5.17E-04	123.10	5.400	531.792	104.943	19.734
-1.000	31.500	-0.3454	22.1445	22.4899	15.000	34.000	4.41E-04	122.80	5.470	537.373	97.127	18.074
	46.000		32.3300	32.3300	15.000			122.70	4.950	405.892		

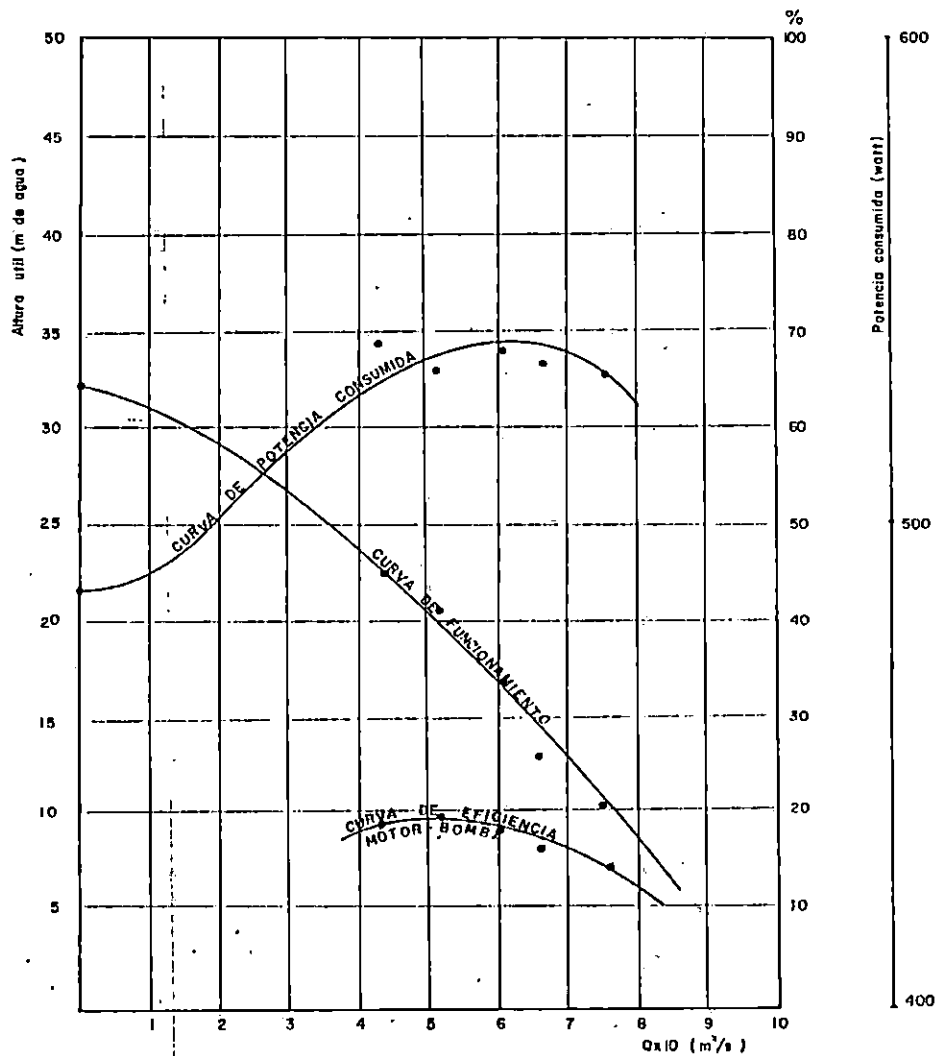


Gráfico 2 Curvas de funcionamiento, potencia y eficiencia de la bomba ZCP - 1001

ANEXO 2

Rugosidad de los tubos (Valores de ϵ , en metros)*¹

Material	Tubos nuevos	Tubos viejos**
Acero galvanizado	0,00015 a 0,00020	0,0046
Acero remachado	0,0010 a 0,0030	0,0060
Acero revestido	0,0004	0,0005 a 0,0012
Acero soldado	0,00004 a 0,00006	0,0024
Plomo	lisos	lisos
Asbesto-cemento	0,000025	
Cobre o latón	lisos	lisos
Concreto bien terminado	0,0003 a 0,0010	
Concreto ordinario	0,0010 a 0,0020	
Fierro forjado	0,00004 a 0,00006	0,0024
Fierro fundido	0,00025 a 0,00050	0,0030 a 0,0050
Fierro fundido con revestimiento asfáltico	0,00012	0,0021
Madera en duelas	0,0002 a 0,0010	
Barro vitrificado	0,0006	0,0030
Vidrio	lisos***	lisos***
Plásticos	lisos	lisos

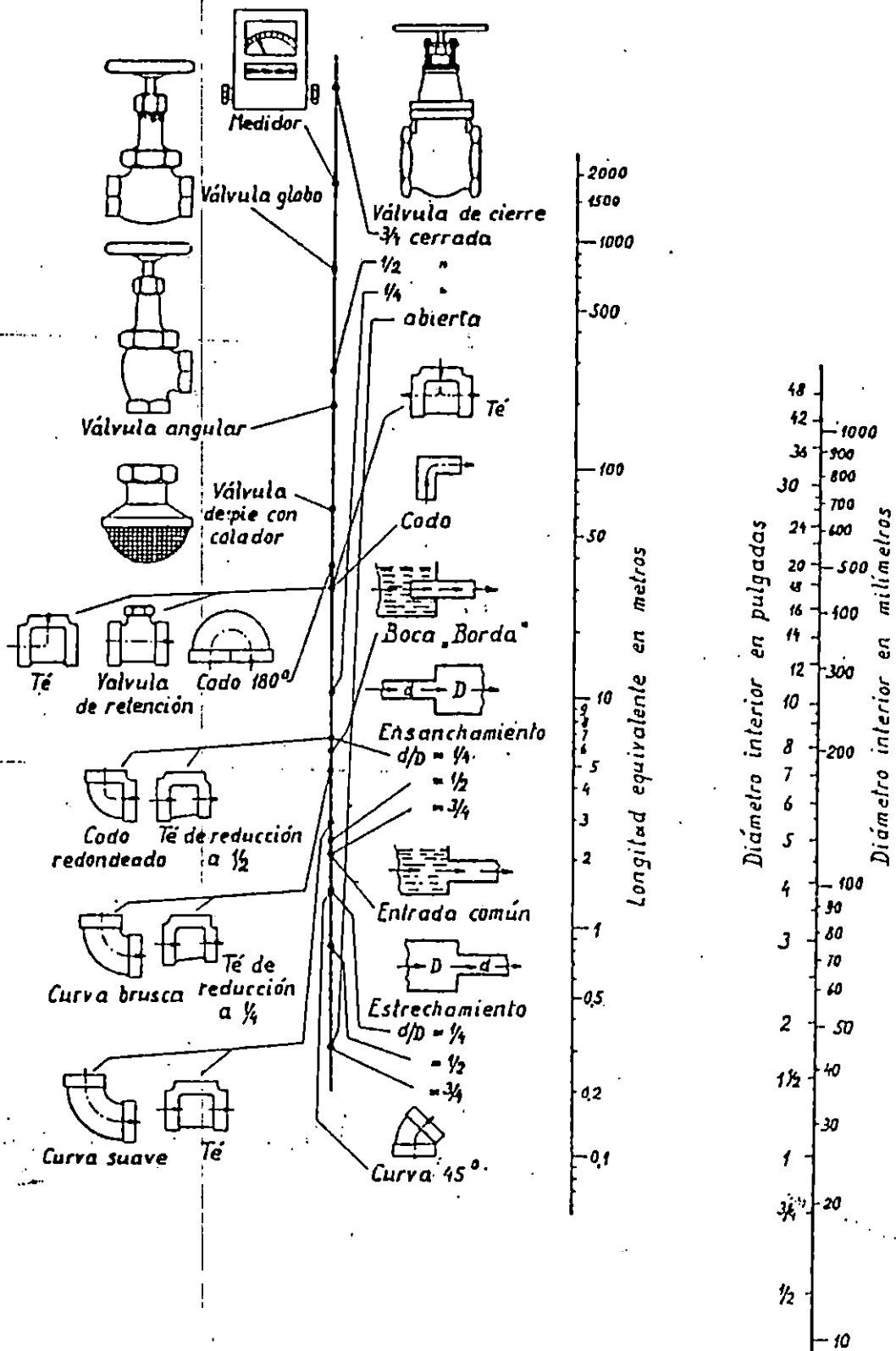
* Para los tubos lisos, el valor de ϵ es de 0,00001 o menos.

** Datos indicados por R. W. Powell.

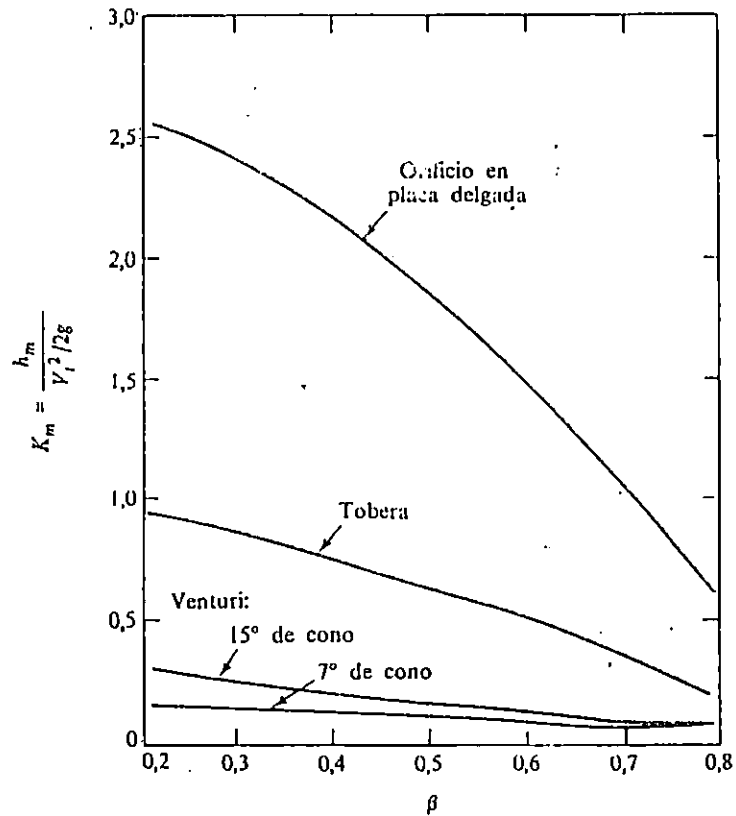
*** Corresponden a los mayores valores de D/ϵ .

PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA

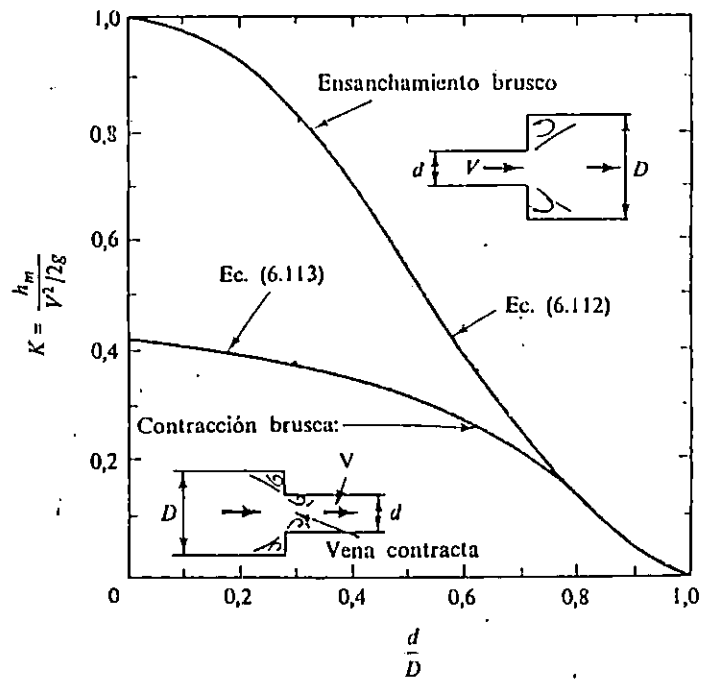
Tempe- ratura T, °C	Peso específ. γ , kN/m ³	Densidad ρ , kgm/m ³	Viscosidad dinámica $\mu \times 10^3$, Pa-s	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$, m ² /s	Tensión superf. σ , N/m	Presión de vapor P _v , kPa	Módulo de elasticid. volumétrico E/10 ⁶ , kPa
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0756	0.61	1.98
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	0.87	2.05
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	1.23	2.10
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	1.70	2.15
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.34	2.17
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	3.17	2.22
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	4.24	2.25
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	7.38	2.28
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	12.33	2.29
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	19.92	2.28
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	31.16	2.25
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	47.34	2.20
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	70.10	2.14
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	101.33	2.07



Nomograma de pérdida de carga secundaria de la firma Gould Pumps, U.S.A., en accesorios de tubería para agua.

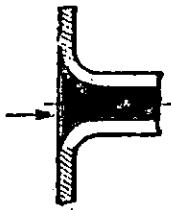


Pérdidas no recuperables en medidores de flujo por obstrucción, tipo Bernoulli. (Tomado de la Ref. 30.)

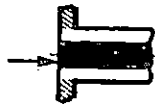


Pérdidas en ensanchamientos y contracciones bruscas. Nótese que las pérdidas están basadas en la velocidad del fluido en el tubo de menor diámetro.

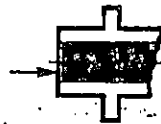
COEFICIENTES DE RESISTENCIA PARA ACCESORIOS Y VALVULAS



BELL-MOUTH INLET OR REDUCER
K = 0.05



SQUARE EDGED INLET
K = 0.5

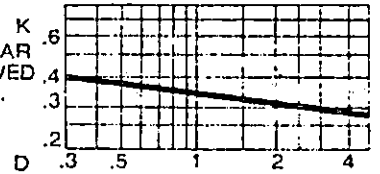


INWARD PROJECTING PIPE
K = 1.0

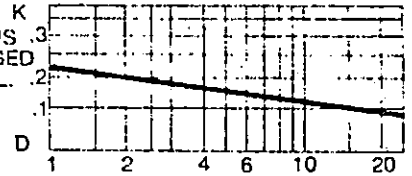
NOTE: K DECREASES WITH INCREASING WALL THICKNESS OF PIPE AND ROUNDING OF EDGES



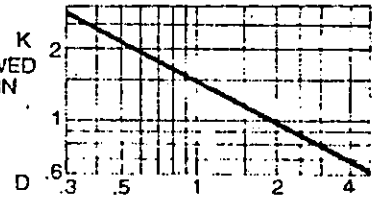
REGULAR SCREWED 45° ELL.



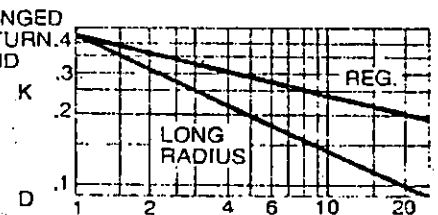
LONG RADIUS FLANGED 45° ELL.



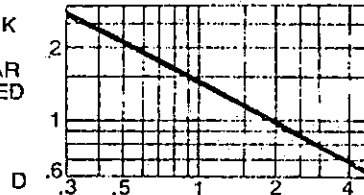
SCREWED RETURN BEND



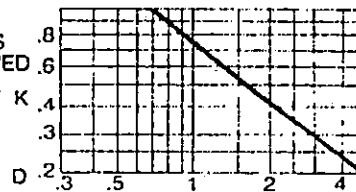
FLANGED RETURN BEND



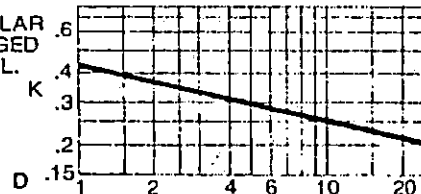
REGULAR SCREWED 90° ELL.



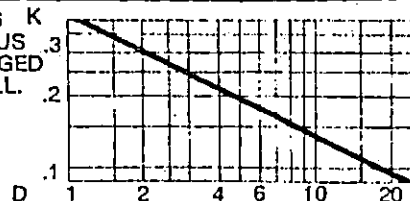
LONG RADIUS SCREWED 90° ELL.



REGULAR FLANGED 90° ELL.

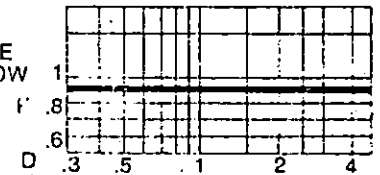


LONG RADIUS FLANGED 90° ELL.

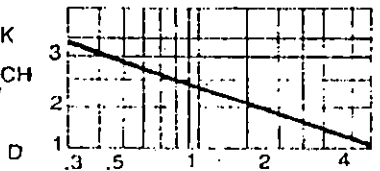


SCREWED TEE

LINE FLOW

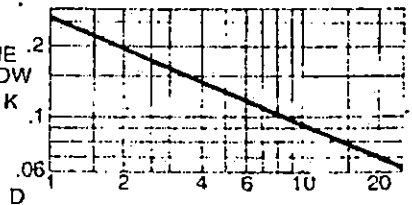


BRANCH FLOW

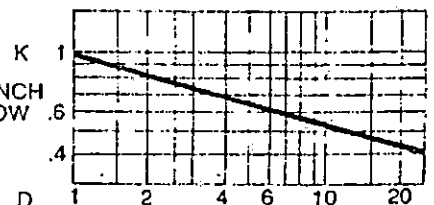


FLANGED TEE

LINE FLOW



BRANCH FLOW



Where:

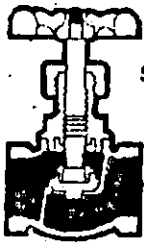
h = Frictional Resistance in Feet of Liquid

V = Average Velocity in Feet/Second in a Pipe of Corresponding Diameter

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

g = 32.17 Feet/Second/Second

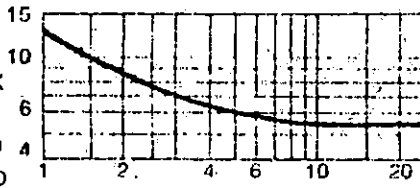
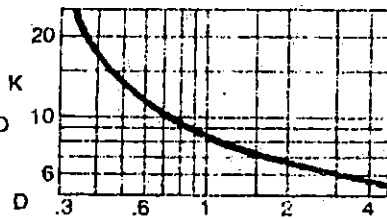
K = Resistance Coefficient For Valve or Fitting.



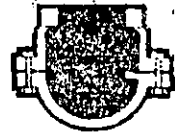
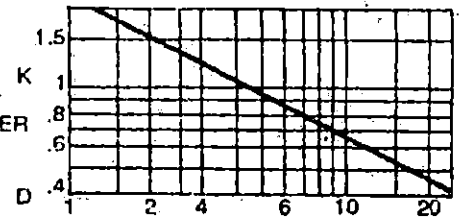
SCREWED

GLOBE VALVE

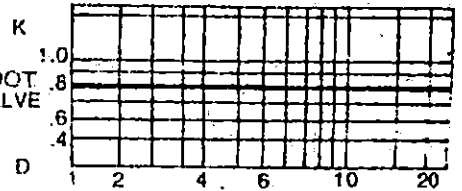
FLANGED



BASKET STRAINER



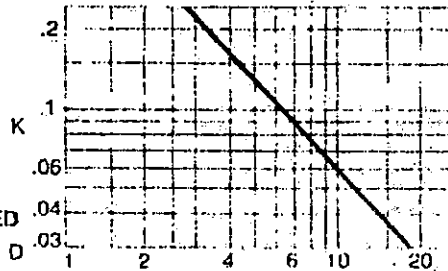
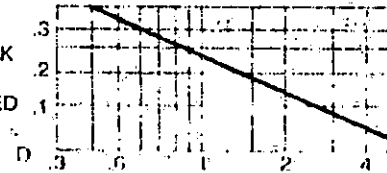
FOOT VALVE



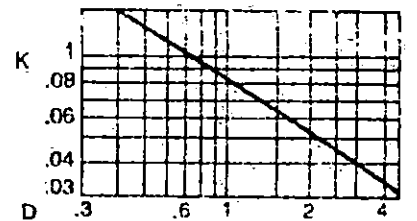
SCREWED

GATE VALVE

FLANGED



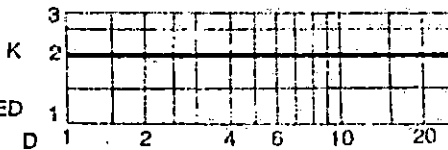
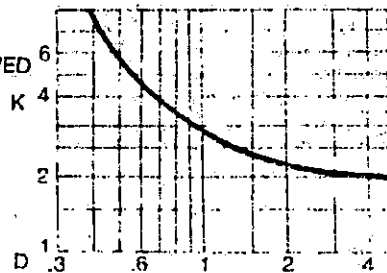
COUPLINGS AND UNIONS



SWING CHECK VALVE

SCREWED

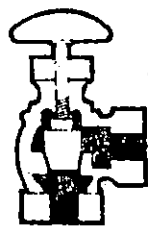
FLANGED



REDUCING BUSHING AND COUPLING

$$h = K \frac{V_2^2}{2g}$$

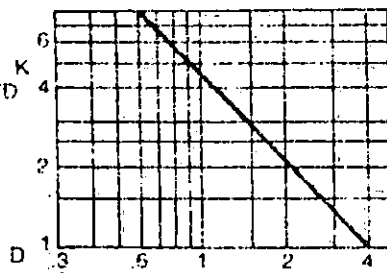
USED AS REDUCER $K = 0.05 - 2.0$
 SEE ALSO FIG. 3
 USED AS INCREASER LOSS IS UP TO 40% MORE THAN THAT CAUSED BY A SUDDEN ENLARGEMENT



ANGLE VALVE

SCREWED

FLANGED



SUDDEN ENLARGEMENT

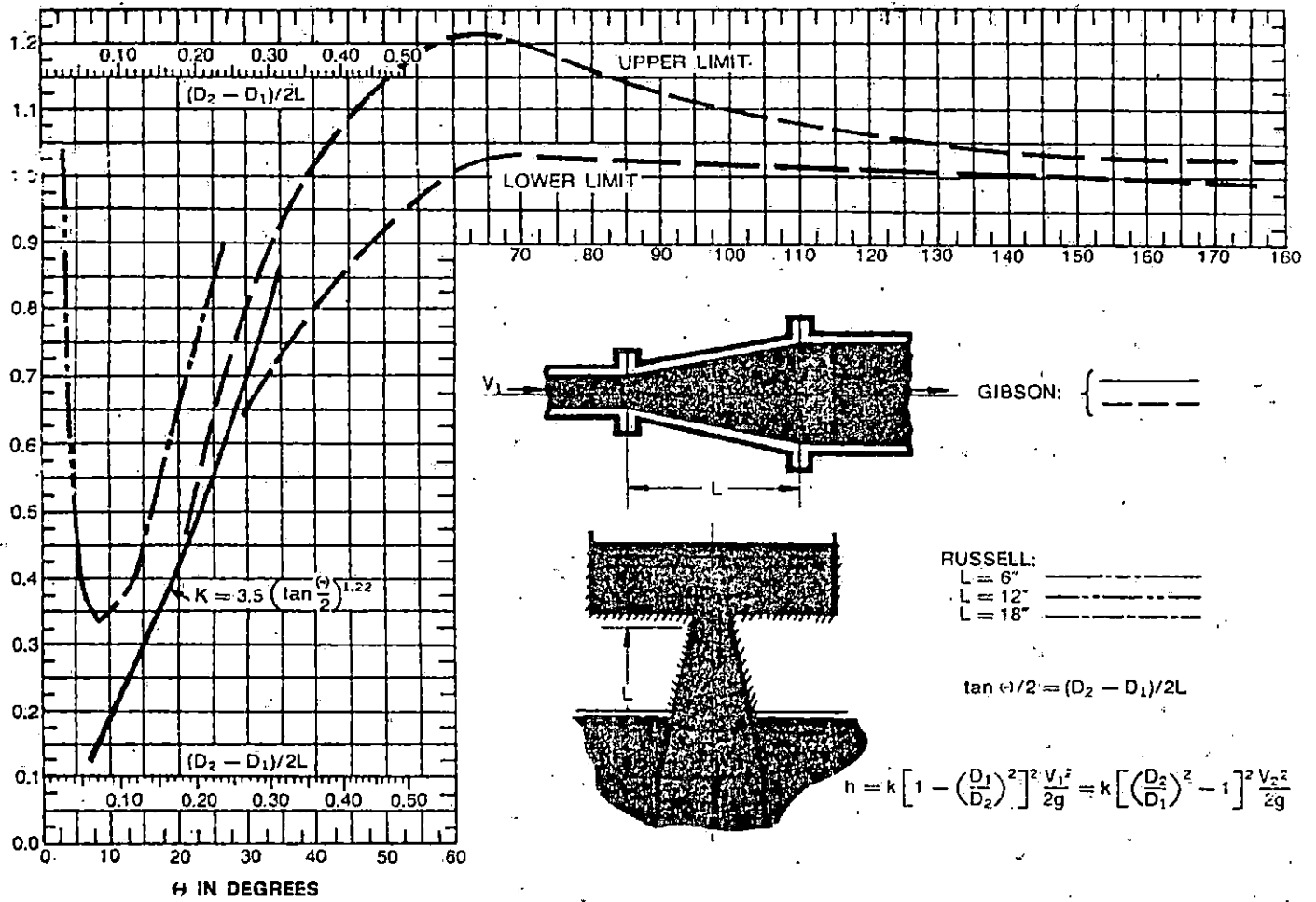
$$h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \text{ FEET OF FLUID}$$

SEE ALSO EQUATION(5)
 IF $A_2 \rightarrow \infty$ SO THAT $V_2 = 0$

$$h = \frac{V_1^2}{2g} \text{ FEET OF FLUID}$$

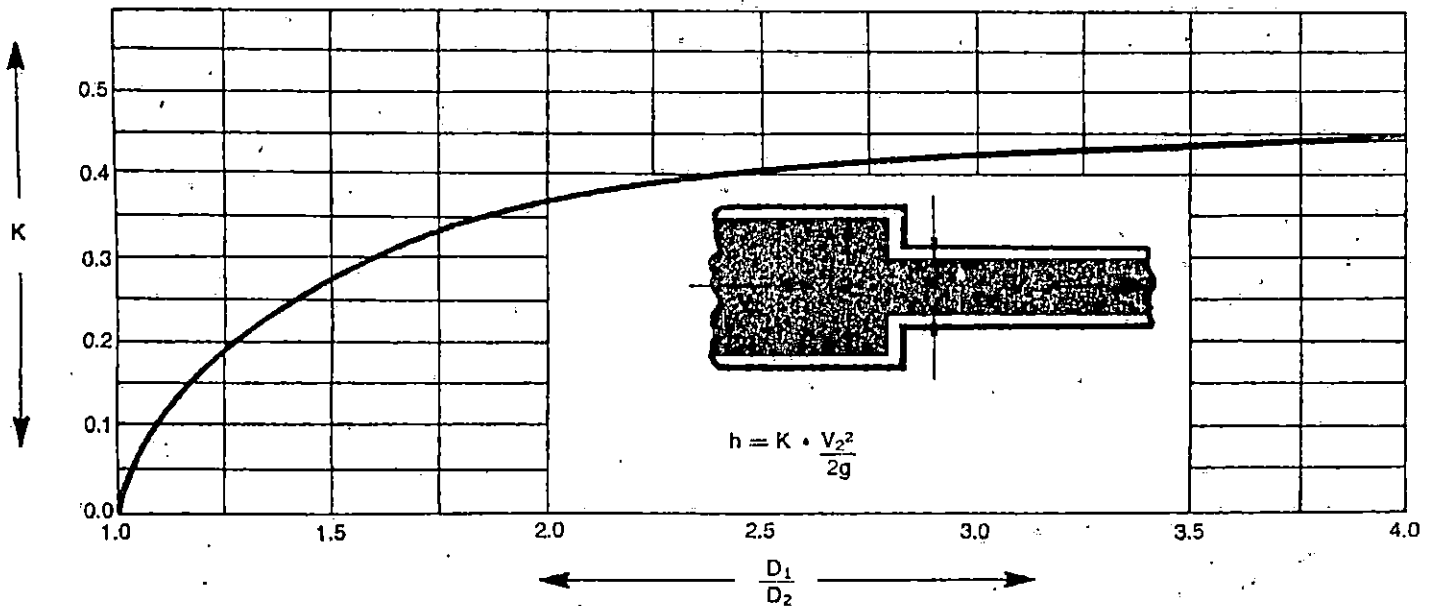
$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

COEFICIENTES DE RESISTENCIA PARA DIFUSORES E INCREMENTADORES



15c-4

COEFICIENTES DE RESISTENCIA PARA REDUCTORES



Tabla

COEFICIENTES DE PERDIDA $K = \frac{h_w}{V^2/2g}$ PARA VALVULAS ABIERTAS, CODOS Y TES

Diámetro nominal, in	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (abiertas):									
Esfera	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
Antirretorno	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
De ángulo	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0
Codos:									
45° normal	0.39	0.32	0.30	0.29	—	—	—	—	—
45° suave	—	—	—	—	0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° suave	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° suave	—	—	—	—	0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
Tes:									
Flujo directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Flujo lateral	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41

Tabla

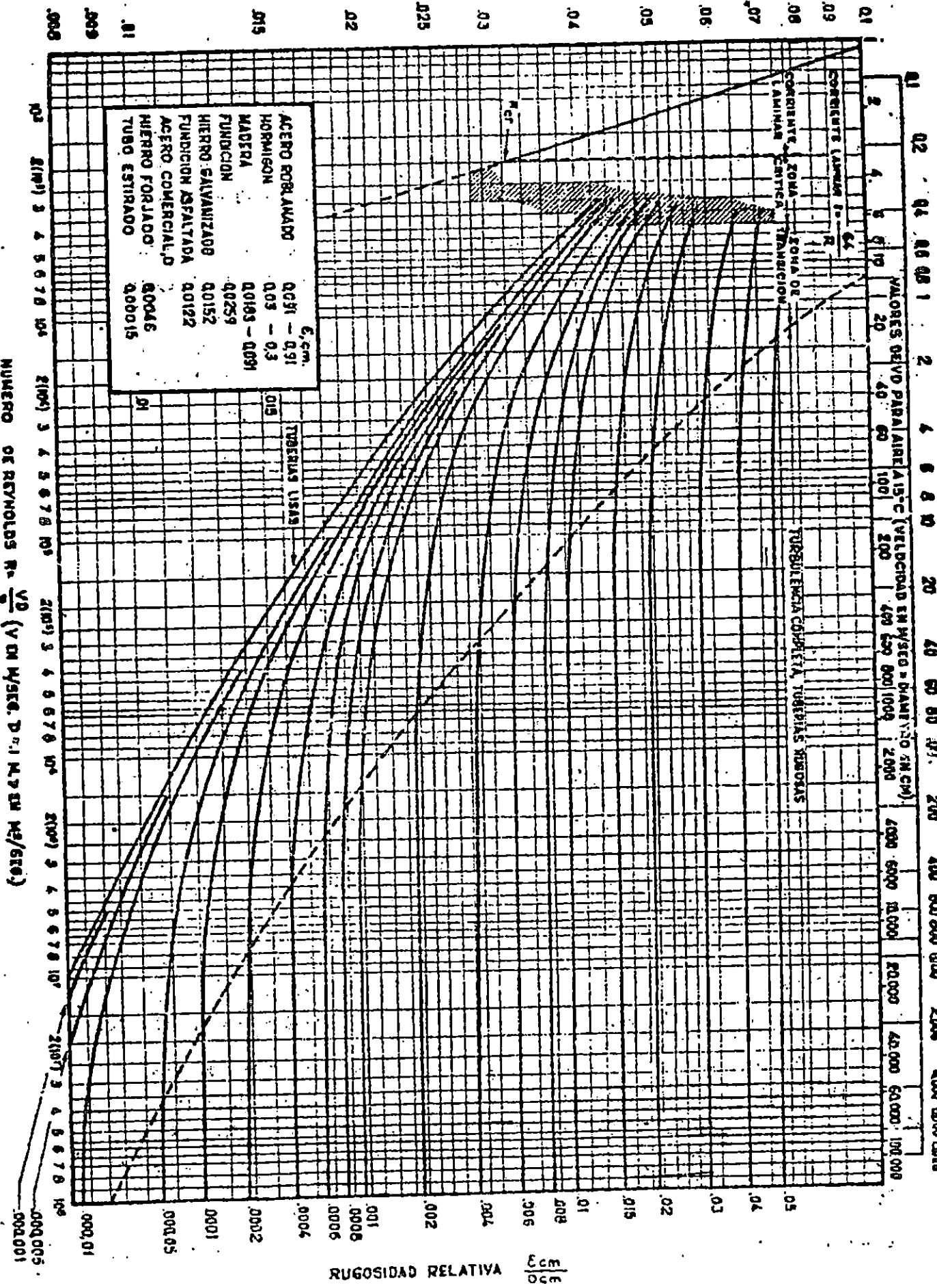
AUMENTO DE PERDIDAS EN VALVULAS PARCIALMENTE ABIERTAS

Condición	Cociente K/K (abierta)	
	Compuerta	Esfera
Abierta	1.0	1.0
Cerrada, 25%	3.0-5.0	1.5-2.0
50%	12-22	2.0-3.0
75%	70-120	6.0-8.0

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO $f = \frac{h_f}{L} \frac{D}{V^2}$

VALORES DE VD PARA AGUA A 15°C: (VELOCIDADES EN M/SEG = DIAMETRO EN CM)

VALORES DE VD PARA AIRE A 15°C (VELOCIDAD EN M/SEG = DIAMETRO EN CM)

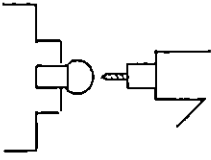
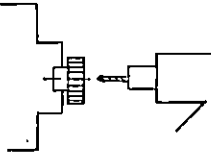
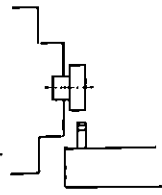
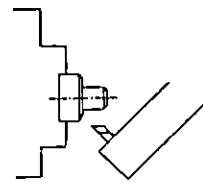
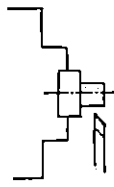
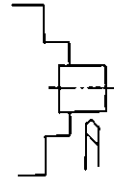
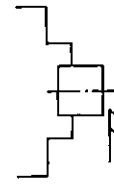


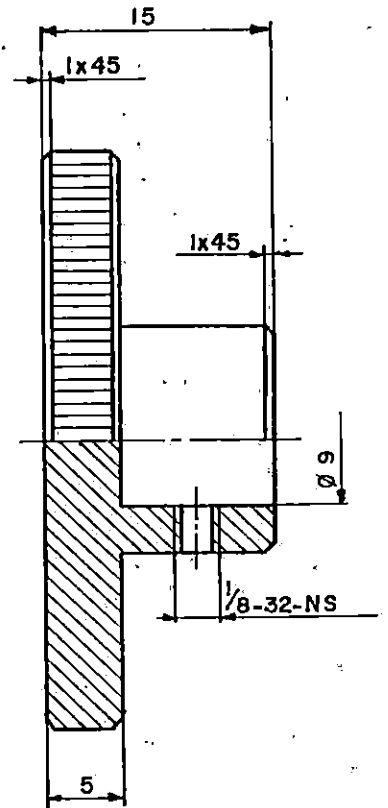
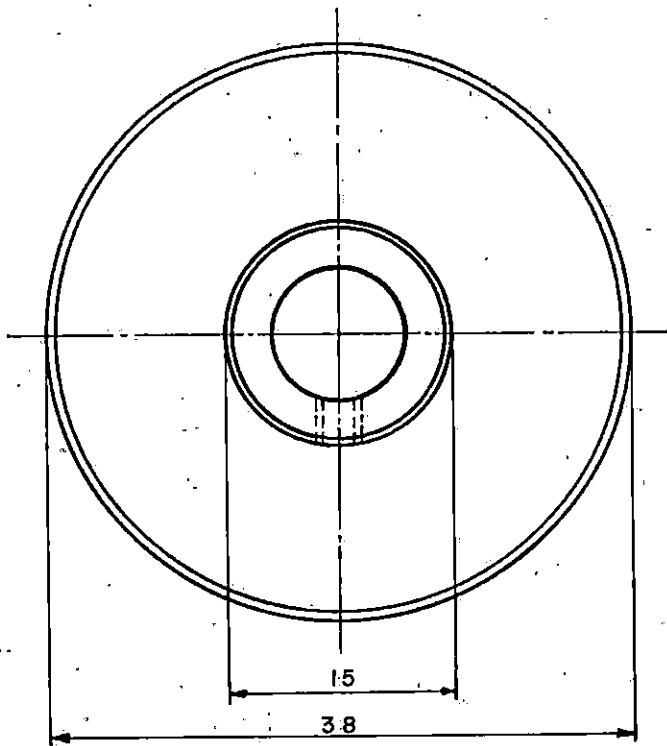
ACERO FORJADO	0.031 - 0.03	6, cm.
HORMIGÓN	0.03 - 0.3	
MADERA	0.0185 - 0.031	
FUNDICIÓN	0.0259	
HIERRO SALVANIZADO	0.0152	
FUNDICIÓN ASFALTADA	0.0122	
ACERO COMERCIAL D	0.0046	
HIERRO FORJADO	0.0015	
TUBO ESTIRADO	0.00015	

Fig. 5.32 Diagrama de Moody.

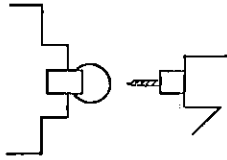
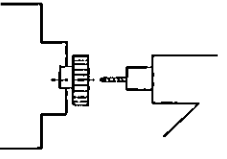
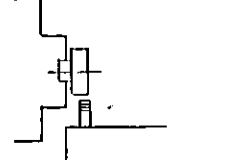
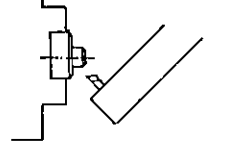
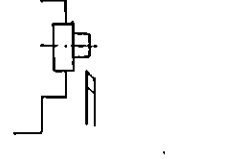
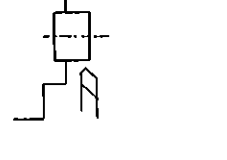
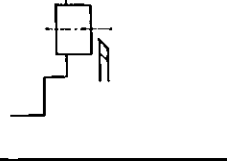
NÚMERO DE REYNOLDS $Re = \frac{VD}{\nu}$ (V EN M/SEG, D EN M, ν EN M²/SEG)

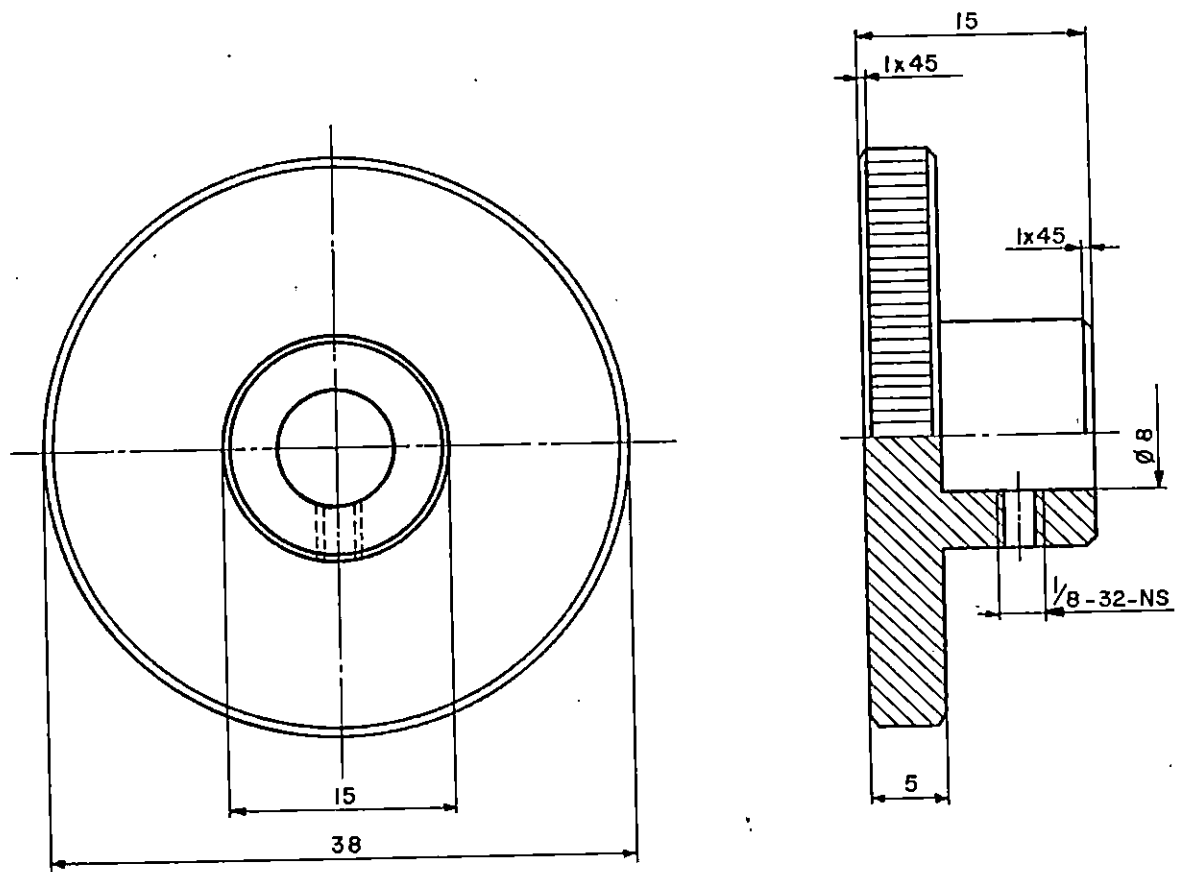
ANEXO M

7	TALADRADO										
	-Hacer agujero en plato de 4 garras de \varnothing para rosca 1/8-32-NS -Hacer rosca de 1/8-32-NS		Calibrador	Broca \varnothing Machuelos 1/8-32-NS	365						
6	TALADRADO										
	-Hacer agujero de $\varnothing 9$		Calibrador	Broca $\varnothing 8$	365						
5	MOLETEADO										
	-Hacer un moleteado recto Din 0.8		Calibrador	Herra. para Moletear							
4	BISELADO										
	-Hacer 3 biseles de $1 \times 45^\circ$		Calibrador	Herra. Universal	2 8	318.8	1			2	
3	CILINDRADO										
	-Hacer un cilindro escalonado de $\varnothing 15 \times 10$ -Acabado		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8	234.5	2			11	
					4 0	707.3	0.5			1	
2	CILINDRADO										
	-Cilindrar a un \varnothing de 38		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8	222.8	1			1	
1	REFRENTAR										
	-Refrentar caras A y B -Acabado		Calibrador	Herra. Universal	2 8	222.8	1			1	
					4 0	318.3	0.5			2	
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE						
HOJA DE PROCESO: PERILLA PARA VALVULA DE 1"			AREA: TORNO		NOMBRE:						
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA						

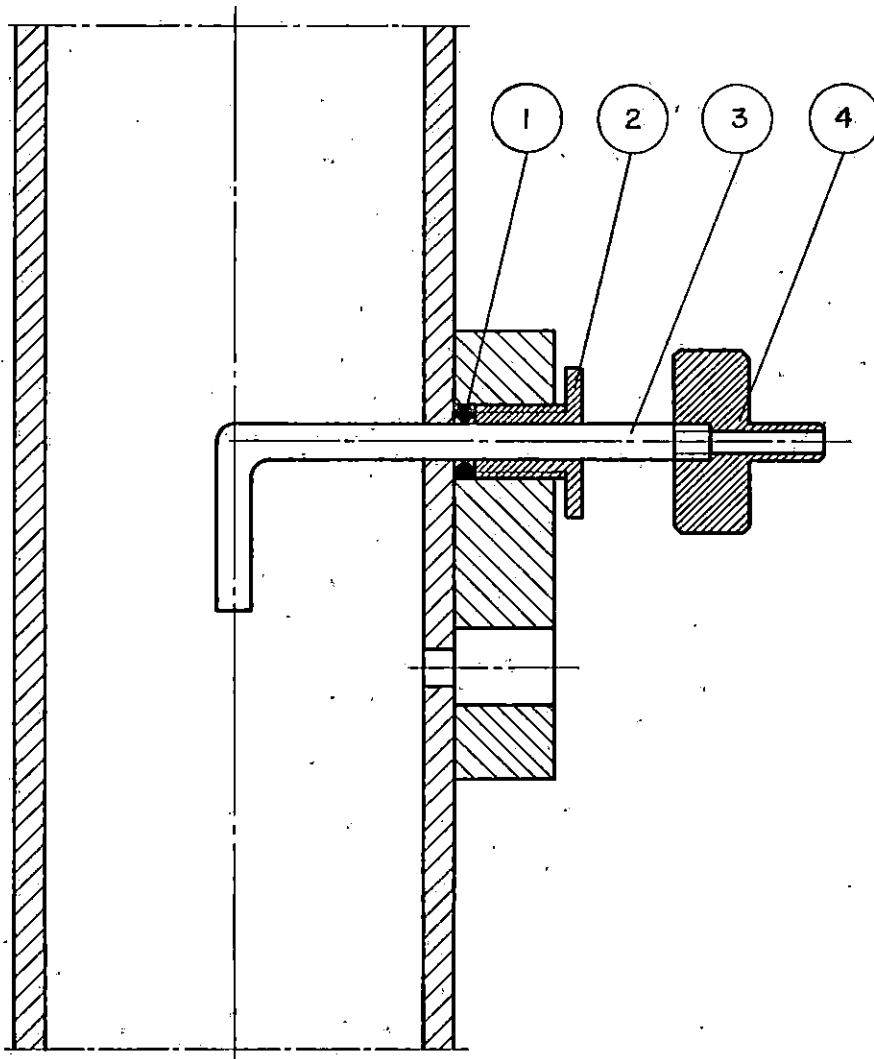


	1	Perilla	Bronce		
Pos	Cant.	Denominacion.	Material	Medidas	Tr.f.
Tiempo		Escala 2:1	Fecha	Nombre	
PERILLA PARA VALVULA DE 1"				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

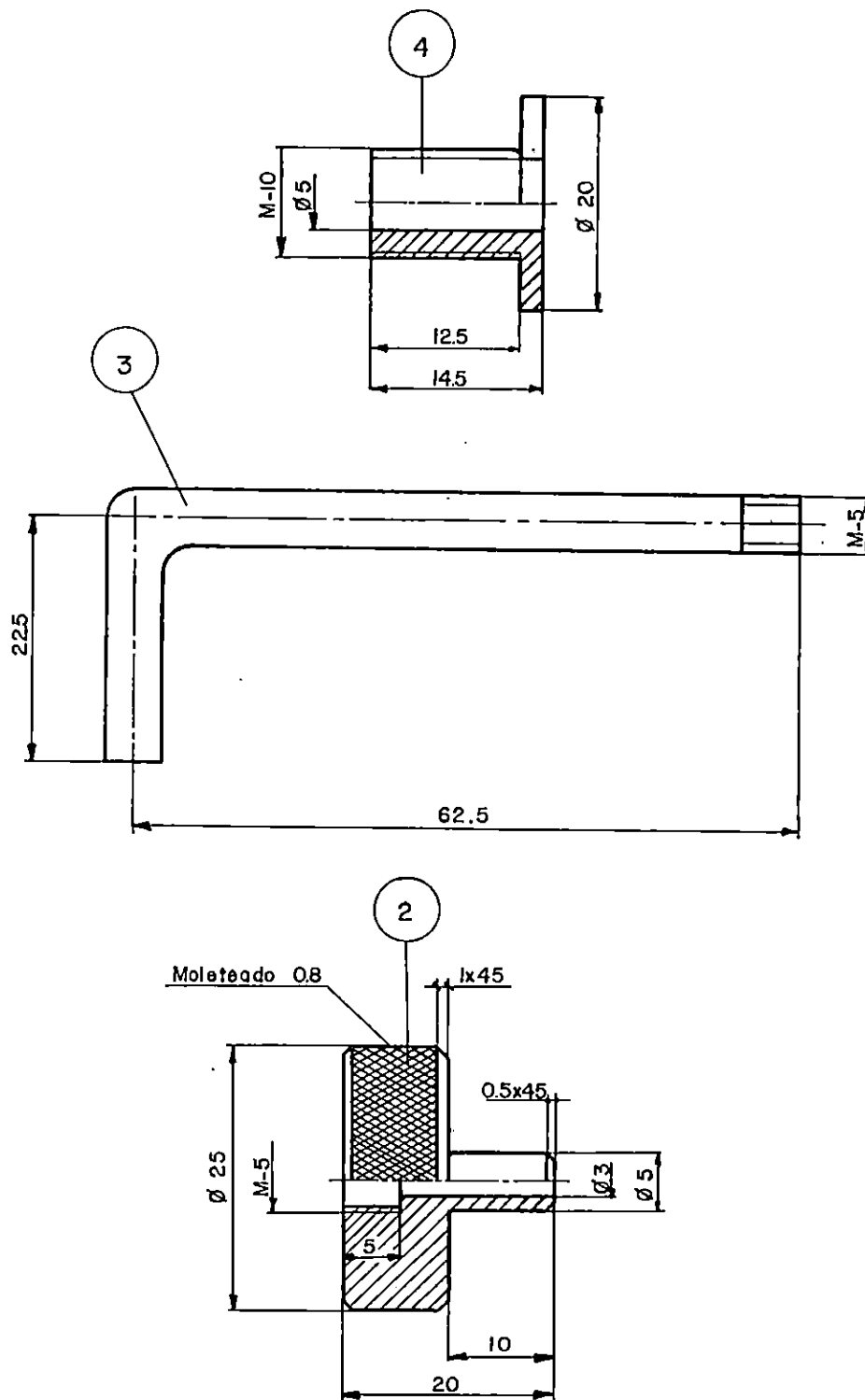
7	TALADRADO		Calibrador	Broca \varnothing Machuelos 1/8-32-NS	365 26				
6	TALADRADO		Calibrador	Broca \varnothing 8	365				
5	MOLETEADO		Calibrador	Herra. para Moletear					
4	BISELADO		Calibrador	Herra. Universal	2 8	318.8	1	2	
3	CILINDRADO		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8 4 0	234.5 707.3	2 0.5	11 1	
2	CILINDRADO		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8	222.8	1	1	
1	REFRENTAR		Calibrador	Herra. Universal	2 8 4 0	222.8 318.3	1 0.5	1 2	
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE				
HOJA DE PROCESO: PERILLA PARA VALVULA DE 1/2"			AREA: TORNO		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA				





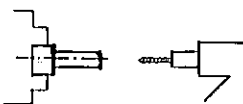
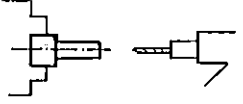
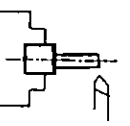
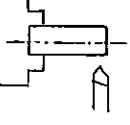
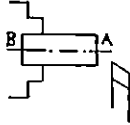
	I	Perilla	Bronce		
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr. f.
Tiempo		Escala 2 : 1	Fecha	Nombre	
PERILLA PARA VALVULA DE 1/2"				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

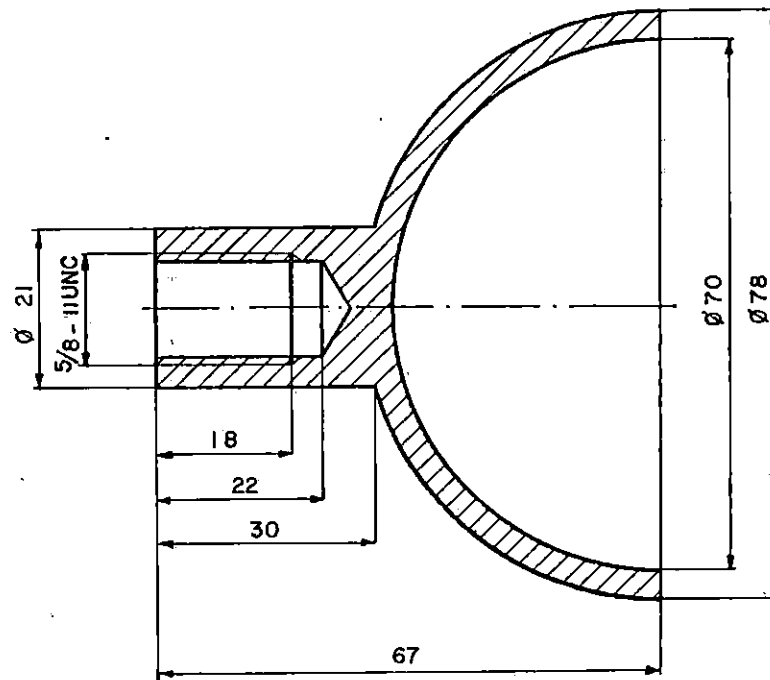


4	1	Posicionador	Bronce		
3	1	Tubo	Bronce		
2	1	Coneccion de Tubo	Bronce		
1	1	Anillo O No. 228	Hule		
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr.t.
Tiempo		Escala 1:1	Fecha	Nombre	
TUBO DE PITOT				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

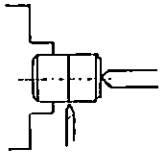
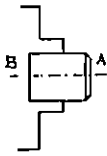
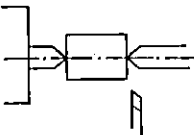
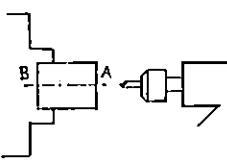
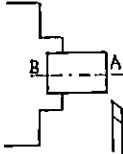


4	1	Posicionador	Bronce		
3	1	Tubo	Bronce		
2	1	Conexion de Tubo	Bronce		
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr.t.
Tiempo		Escala 1.5:1	Fecha	Nombre	
DESPIECE				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

7	COPIAR										
	-Hacer una semi esfera ∅ interior concentrica con coplador hidraulico ∅ 70		Calibrador								
6	COPIAR										
	-Hacer una semi esfera con el coplador hidraulico ∅ exterior		Calibrador								
5	ROSCADO										
	-Hacer una rosca de 5/8 II UNC		Calibrador	Machuelo 5/8 - II UNC			26				
4	TALADRADO										
	-Hacer un agujero de ∅ para rosca 5/8 UNC		Calibrador	Broca de ∅ 13			365				
3	CILINDRADO										
	-Hacer cilindro de 30x∅21 - Acabado		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8	114.2	3	18			
2	CILINDRADO										
	-Hacer un cilindro de ∅ 78 x 63		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2 8	114.2	1	1			
1	REFRENTAR										
	-Refrentar caras A y B -Acabado		Calibrador	Herra. Universal	2 8	127.32	1	2			
					4 0	187.2	0.5	2			
					V.m/	r pm	P/mm	No. pas.			
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE						
HOJA DE PROCESO; ALABE HEMIESFERICO			AREA: TORNO		NOMBRE:						
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR								OFICINA TECNICA			



	I	Alabe Hemiesferico	Aluminio		
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr. t.
Tiempo		Escala 1 : 1	Fecha	Nombre	
ALABE HEMIESFERICO.				Número	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

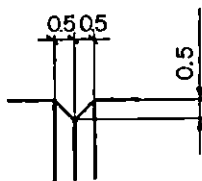
7									
6									
5	RANURADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar herramienta -Dar profundidad con el carro transversal 		Calibrador	Herra. de Forma	30	217	0.5	1	
4	BICELADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar carro superior a 45° -Dar profundidad -Biselar lados A y B 		Calibrador	Herra. para Cilindrar	40	289.4	1	1	
3	CILINDRADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Centrar la pieza y colocar entre puntos para cilindrar -Acabado 		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28	202.6	1	2	
					40	289.4	0.5	2	
2	EJE DE PUNTO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Acercar cabezal movil con broca de centrar -Fijar cabezal movil -Penetrar broca -Repetir operacion en cara B 		Calibrador	Broca para Centros	30	389	5.5	1	
1	REFRENTADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Refrentar lados A y B -Acabado lados A y B 		Calibrador	Herra. para Refrentar	28	202.6	0.5	3	
					40	289.4	0.5	2	

V. m/s r p m P/mm (o. pos.)

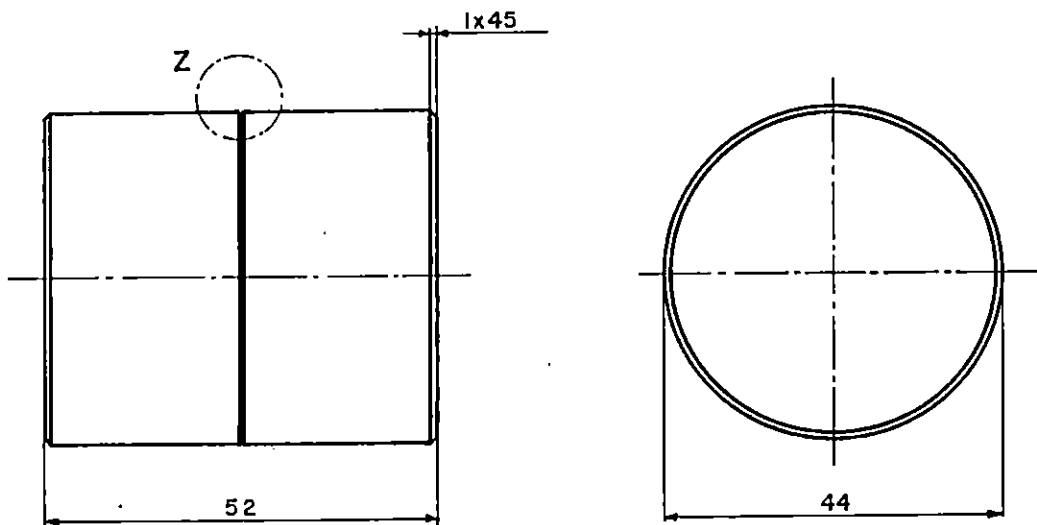
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE
-----	-------------	---------	--------------	--------------	-------------------

HOJA DE PROCESO: PESO DESPLAZABLE AREA: TORNO NOMBRE:

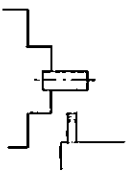
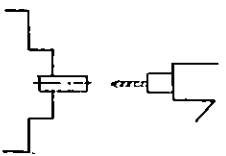
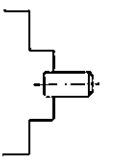
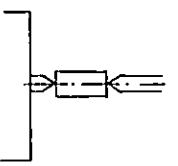
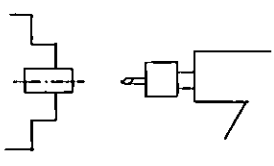
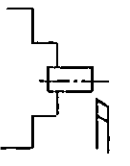
Detalle Z

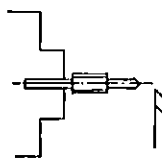
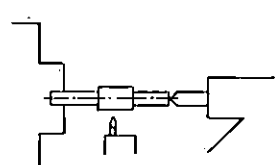
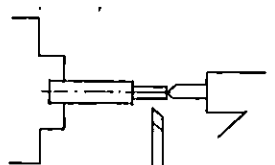
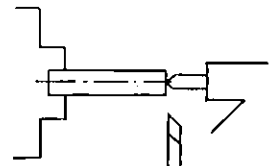
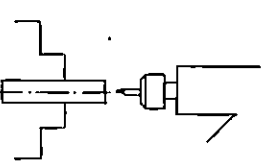
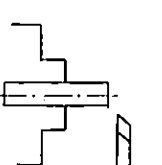


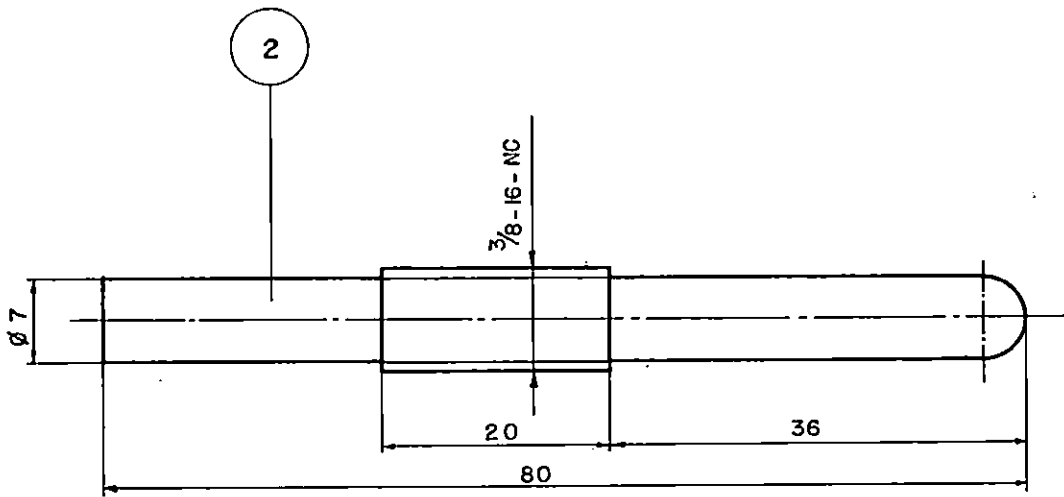
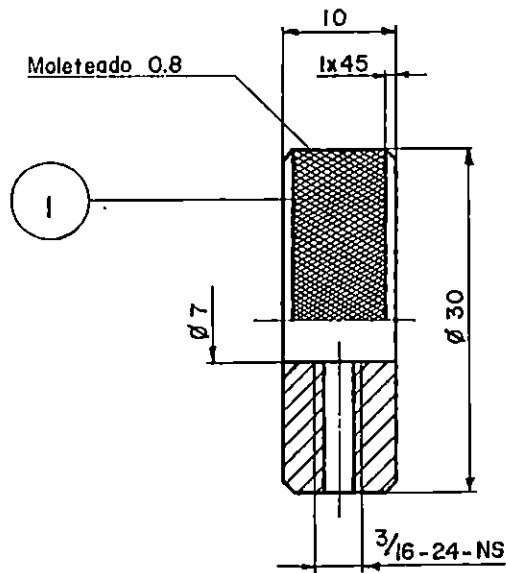
Escala 4:1



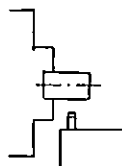
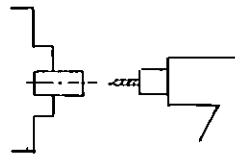
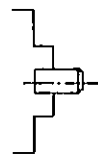
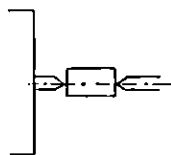
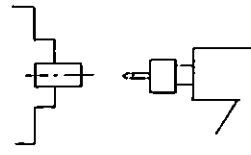
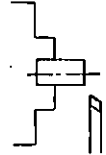
	I	Peso Desplazable	AISI 1020		Temple
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr.t.
Tiempo		Escala 1:1	Fecha	Nombre	
PESO DESPLAZABLE.				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

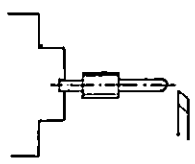
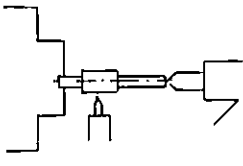
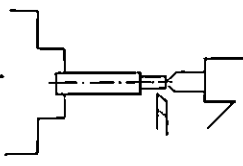
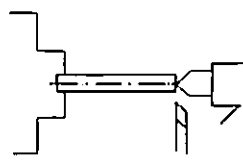
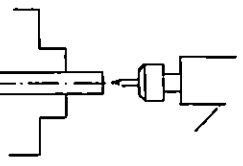
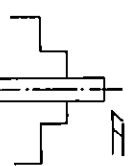
7									
6	MOLETEADO								
	-Hacer un moleteado en cruz Din. 0.8		Calibrador	Herra. para Moletear	2.8		0.2	1	
5	ROSCADO								
	-Hacer una rosca de 3/16-24-NS		Calibrador	Machuelo	2.6				
4	BISELADO								
	-Colocar carro superior a 45° -Dar profundidad -Biselar lados A y B		Calibrador	Herra. para Cilindrar	4.0	500	1	1	
3	CILINDRADO								
	-Centrar la pieza y colocar entre puntos para cilindrar -Acabado		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2.8 4.0	375 0.5	0.8 0.5	3	
2	EJE DE PUNTO								
	-Acercar cabezal móvil con broca de centrar -Fijar cabezal móvil -Penetrar broca -Repetir operación en cara B		Calibrador	Broca para Centros	3.0	389	5.5	1	
1	REFRENTADO								
	-Refrentar lados A y B -Acabado lados A y B		Calibrador	Herra. para Refrentar	2.8 4.0	202.6 289.4	0.5 0.5	3 2	
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE				
HOJA DE PROCESO: VALVULA DE DESAIRE			AREA: TORNO		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA				

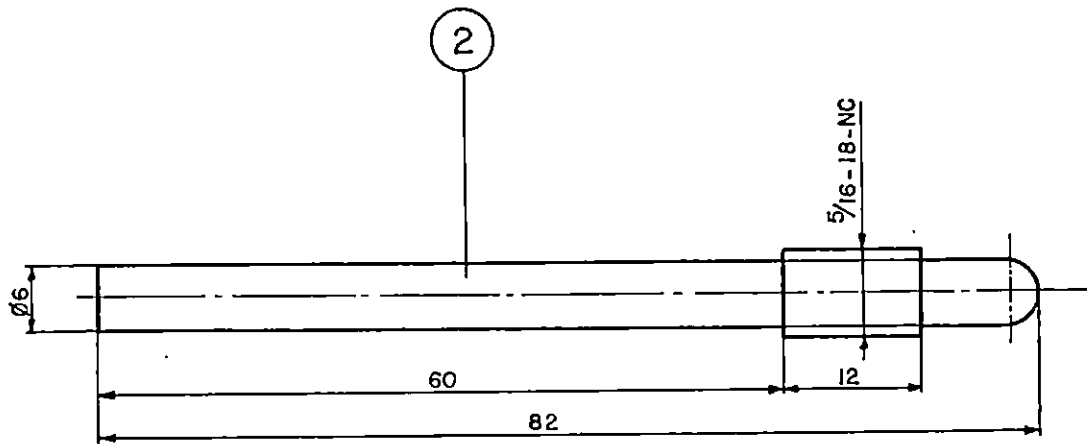
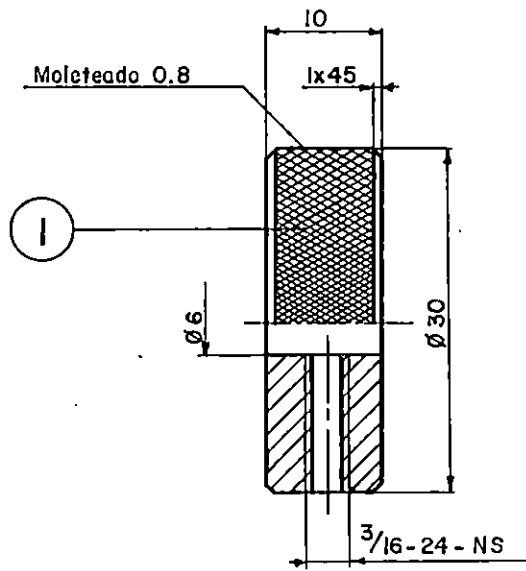
7									
6	ESFERA								
	-Colocar pieza al aire -Dar profundidad y avance iguales con los carros		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375			
5	ROSCADO								
	-Hacer una rosca de 3/8 - 16 NC		Calibrador	Herra. para Roscar	26				
4	ESCALONADO								
	-Cilindrar lado "A" a un $\varnothing 7$ -Dar vuelta a la pieza -Cilindrar lado "B" a un $\varnothing 7$		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375	0.8 0.5		3
3	CILINDRADO								
	-Cilindrar la pieza a un $\varnothing 10$ -Acabado		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375	0.8 0.5		3
2	EJE DE PUNTO								
	-Acercar cabezal movil con broca de centrar -Fijar cabezal movil -Penetrar broca -Repetir operacion en cara B		Calibrador	Broca para Centros	30	389	5.5		1
1	REFRENTADO								
	-Refrentar lados A y B -Acabado lados A y B		Calibrador	Herra. para Refrentar	28 40	2026 2894	0.5 0.5		3 2
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	V.m/	r p m	P/mm	No. pas.	
HOJA DE PROCESO: VALVULA DE DESAIRE			AREA: TORNO		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR							OFICINA TECNICA		



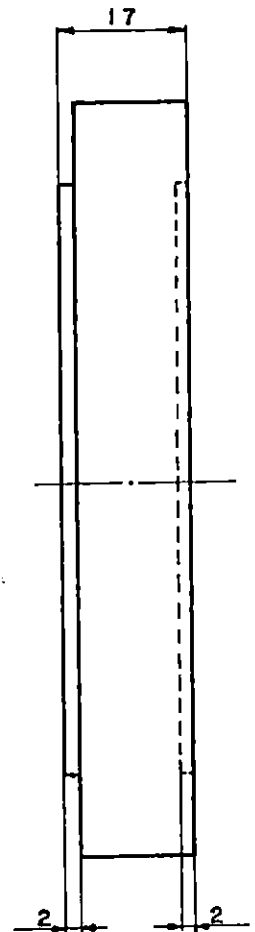
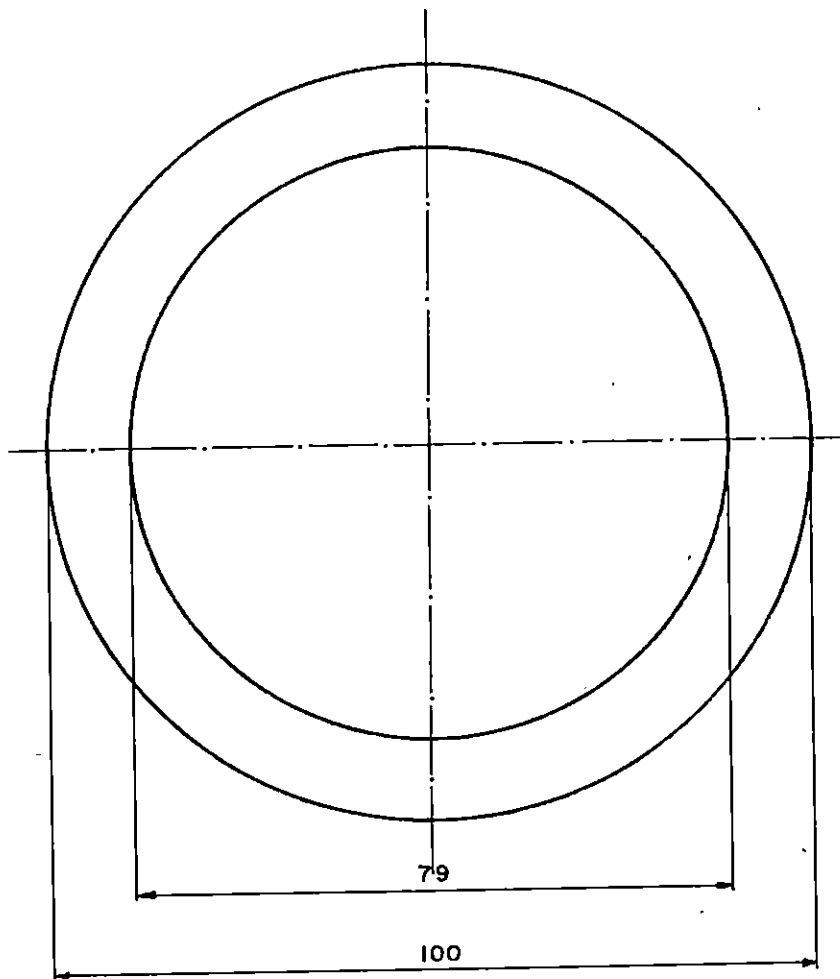
2	1	Vástago	Bronce		
1	1	Perilla	Bronce		
Pos	Cant.	Denominación	Material	Medidas	Tr.t.
Tiempo		Escala 1.5 : 1	Fecha	Nombre	
VALVULA DE DESAIRE				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

7									
6	MOLETEADO								
	-Hacer un moleteado en cruz Din. 0.8		Calibrador	Herra. para Moletear	2.8		0.2	1	
5	ROSCADO								
	-Hacer una rosca de 3/16-24-NS		Calibrador	Machuelo	2.6				
4	BISELADO								
	-Colocar carro superior a 45° -Dar profundidad -Biselar lados A y B		Calibrador	Herra. para Cilindrar	4.0	500	1	1	
3	CILINDRADO								
	-Centrar la pieza y colocar entre puntos para cilindrar -Acabado		Calibrador	Herra. para Cilindrar	2.8 4.0	375 0.5	0.8 0.5	3	
2	EJE DE PUNTO								
	-Acercar cabezal movil con broca de centrar -Fijar cabezal movil -Penetrar broca -Repetir operacion en cara B		Calibrador	Broca para Centros	3.0	389	5.5	1	
1	REFRENTADO								
	-Refrentar lados A y B -Acabado lados A y B		Calibrador	Herra. para Refrentar	2.8 4.0	202.6 289.4	0.5 0.5	3 2	
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	V. m/s	r p m	P/mm	No. pas.	
HOJA DE PROCESO: VALVULA DE ALIMENTACION			AREA: TORNO		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA				

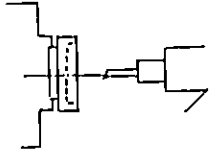
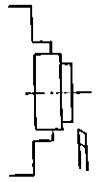
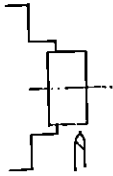
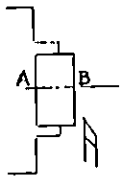
7									
6	ESFERA								
	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar pieza al aire -Dar profundidad y avance iguales con los carras 		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375			
5	ROSCADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Hacer una rosca de 5/16-18 NC 		Calibrador	Herra. para Roscar	26				
4	ESCALONADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Cilindrar lado "A" a un $\varnothing 6$ -Dar vuelta a la pieza -Cilindrar lado "B" a un $\varnothing 8$ 		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375	0.8 0.5	3	
3	CILINDRADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Cilindrar la pieza a un $\varnothing 10$ -Acabado 		Calibrador	Herra. para Cilindrar	28 40	375	0.8 0.5	3	
2	EJE DE PUNTO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Acercar cabezal movil con broca de centrar -Fijar cabezal movil -Penetrar broca -Repetir operacion en cara B 		Calibrador	Broca para Centros	30	389	5.5	1	
1	REFRENTADO								
	<ul style="list-style-type: none"> -Refrentar lados A y B -Acabado lados A y B 		Calibrador	Herra. para Refrentar	28 40	2026 289.4	0.5 0.5	3 2	
					V. m/s	r p m	P/mm	No. pos.	
Nb.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE				
HOJA DE PROCESO: VALVULA DE ALIMENTACION			AREA: TORNO		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA				

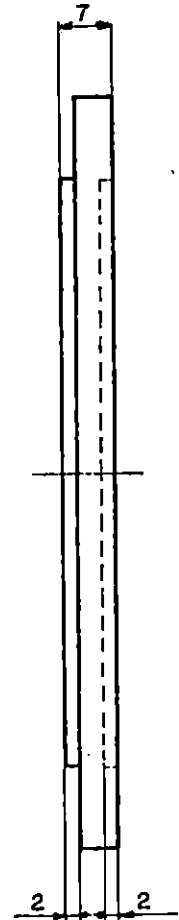
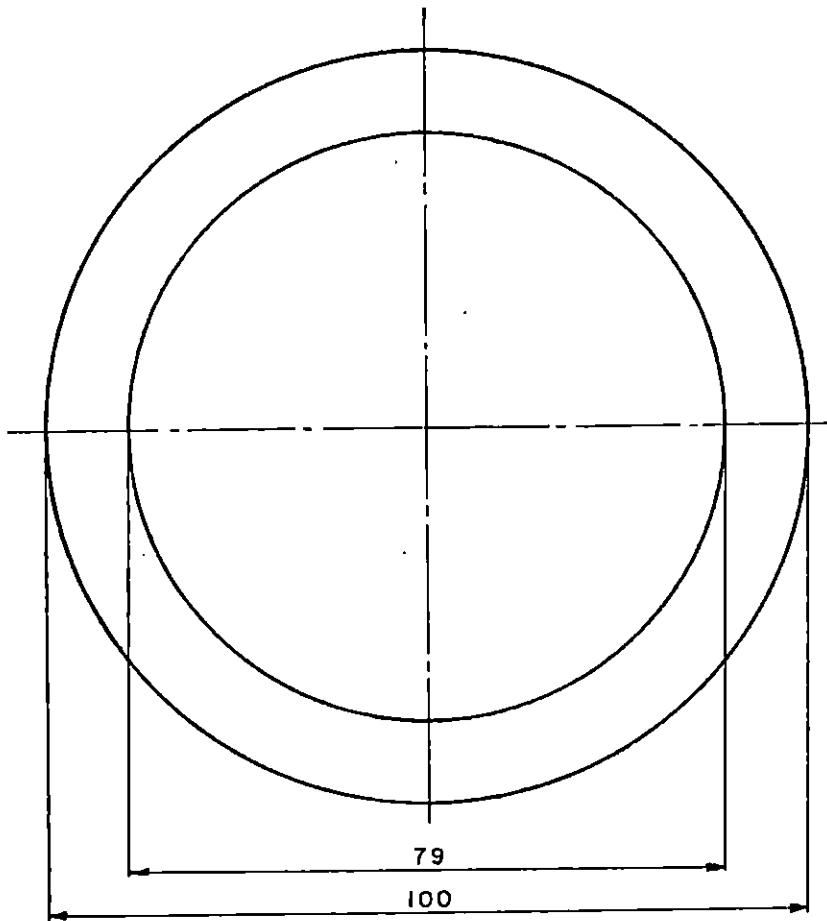


2	1	Vástago	Bronce		
1	1	Perilla	Bronce		
Pos	Cant.	Denominación	Material	Medidas	Tr.f.
Tiempo		Escala 1.5 : 1	Fecha	Nombre	
VALVULA DE ALIMENTACION				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

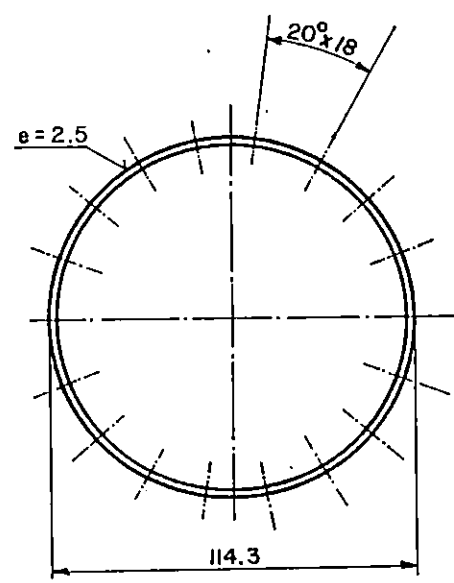
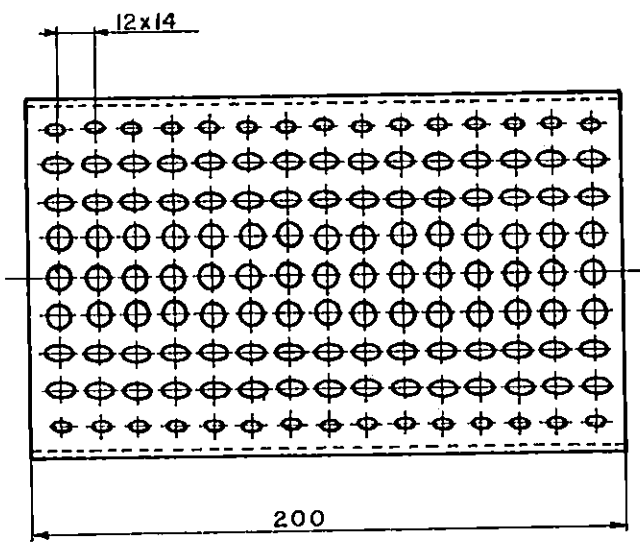


	4	Pesa	AISI 1020		Temple
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr. t.
Tiempo		Escala 1:1	Fecha	Nombre	
PESA DE 925 GR				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					

7									
6									
5	ALEZAR								
	-Hacer cilindro escalonado interior de \varnothing 79		CALIBRADOR	Herr. para Alezar	28	112.8	0.5	4	
4	CILINDRADO								
	-Hacer cilindro escalonado de \varnothing 79 -Acabado		CALIBRADOR	Herr. para Cilindrar	28 40	89.1 127.32	2 0.5	10 2	
3	CILINDRADO								
	-Cilindrar \varnothing ext. hasta 100 mm -Acabado		CALIBRADOR	Herr. para Cilindrar	28 40	74.2 106.1	2 0.5	9 4	
2	REFRENTAR								
	-Refrentar lados A y B dejandolo a 7 -Acabado lados A y B		CALIBRADOR	Herr. para Refrentar	28 40	74.2 106.1	1 0.5	4 2	
1	CORTAR								
	-Hacer corte de un cilindro de 12 x \varnothing 120		CALIBRADOR	Arco de Sierra					
					V.m/	r pm	P/mm	No. pas.	
No.	OPERACIONES	CROQUIS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS	FACTORES DE CORTE				
HOJA DE PROCESO: P E S A DE 341 GR			AREA:		NOMBRE:				
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					OFICINA TECNICA				



	3	Pesa	AISI 1020		Temple
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr. t.
Tiempo		Escala 1:1	Fecha	Nombre	
PESA DE 341 GR				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					



	I	Estabilizador de Flujo	PVC		
Pos	Cant.	Denominacion	Material	Medidas	Tr.t.
Tiempo		Escala 1 : 2.5	Fecha	Nombre	
ESTABILIZADOR DE FLUJO				Numero	
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					