



605618

**PRACTICAS DE LABORATORIO  
MECANICA DE FLUIDOS II**

**UNAM**

LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS

OBJETIVOS:

Al término del presente semestre dentro de este laboratorio tu habrás adquirido los fundamentos prácticos referentes a las turbomáquinas motrices o turbinas y a las turbomáquinas generatrices o bombas; así mismo serás capaz de determinar: las partes principales de las bombas, gracias a una serie de máquinas en corte con que cuenta tu laboratorio.

Conocerás un tipo de aprovechamiento hidroeléctrico en tu visita a un sistema de alta, media o baja carga en el país.

Visitarás también un sistema de bombeo, dentro de una amplia gama de industrias en el área metropolitana.

En base a la velocidad específica conocerás la forma del impulsor de la bomba o turbina que anlices.

Podrás seleccionar el equipo más adecuado, según la carga, el gasto y las características del fluido a manejar.

Las bombas que se utilizan para el manejo de fluidos viscosos y distinguir entre bombas rotoestáticas y rotodinámicas, serán parte de tu aprendizaje.

605618

En virtud de que es imposible compaginar la clase teórica con las prácticas de laboratorio, hemos llegado a considerar éstas independientes de la teoría y por ello es necesario preparar cada práctica. Para mayor facilidad se anexa una breve bibliografía de consulta al final de cada práctica.

Serán bienvenidas todas las preguntas que les surjan en relación a la materia. Nosotros no pretendemos poseer todo el conocimiento que del laboratorio se puede desprender, por eso mismo, requerimos para la solución de problemas de tu cooperación.

Cualquier sugerencia conforme a deficiencias del curso, así como posibilidades de mejorar los resultados del mismo, háganlas sin temores o prejuicios, sino con la confianza que se da entre compañeros.

"LA PRACTICA CORRIGE A LA TEORIA"

REQUISITOS PARA ACREDITAR EL LABORATORIO  
Y SISTEMA DE EVALUACION CORRESPONDIENTE.

- 1.- Las prácticas se realizarán por brigadas con cuatro personas como máximo.
- 2.- El reporte de las prácticas es OBLIGATORIO y POR BRIGADA, se entregará en la siguiente sesión.
- 3.- Con tres faltas ó seis retardos se reprueba el laboratorio.
- 4.- Es necesario realizar cuando menos dos visitas a industrias ó sistemas hidroeléctricos , ya sea en las que se realizarán por parte del laboratorio ó bien por cuenta propia.
- 5.- Alumno que no aparezca en listas no se le dará calificación.
- 6.- Se llamará a lista 15 minutos después de iniciada la practica y 10 minutos mas tarde el retardo será falta definitiva.
- 7.- Se exigirá el cuestionario correspondiente a la práctica por realizar con lo cual se pasará lista .
- 8.- Las prácticas serán calificadas y entregadas a la semana siguiente a los alumnos para observar errores ; los mismos , luego de analizarlas las devolverán al finalizar la práctica.
- 9.- Habrá un examen final con dos calendarios, A y B; el examen constará de dos problemas (70%) y seis preguntas teóricas (30%) restante. SE REQUIERE APROBAR EL EXAMEN PARA ACREDITAR EL LABORATORIO .
- 10.- El examen se resolverá en la próxima clase y se dará una semana para posibles reclamaciones.
- 11.- Los porcentajes de la evaluación final sera como sigue:

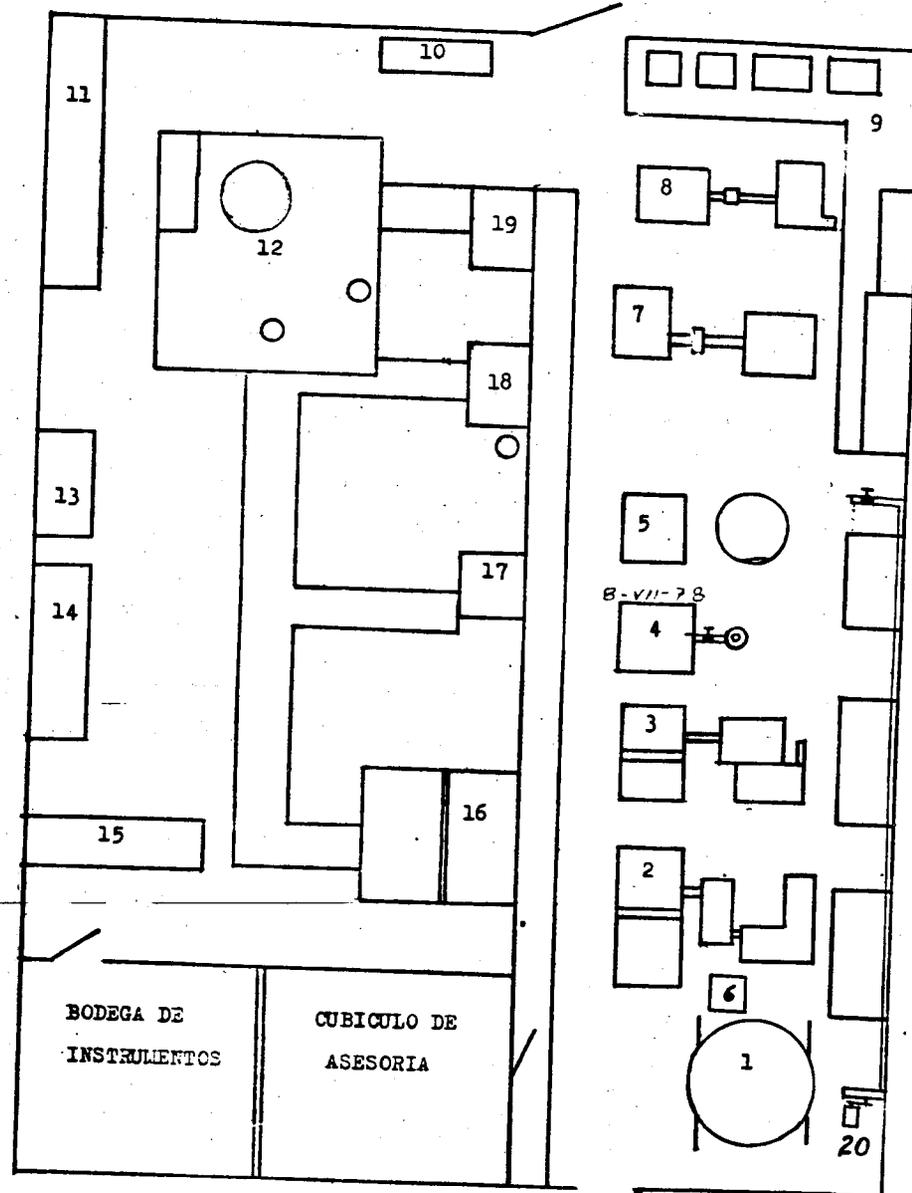
Prácticas .....	40%
Examen .....	40%
Visitas .....	20%

Las preguntas del cuestionario correspondiente a cada práctica que tengan un asterisco, deberán ser entregadas junto con los cálculos realizados.

DIAGRAMA DEL LABORATORIO

DIAGRAMA DEL LABORATORIO. SIMBOLOGIA.

1. Experimento de Reynolds.
2. Bomba centrífuga de flujo radial.
3. Bomba centrífuga de flujo mixto, con flecha horizontal.
4. Bomba centrífuga de flujo mixto para pozo profundo.
5. Bomba centrífuga de flujo axial.
6. Sistema para probar el golpe de ariete.
7. Bomba de pistones.
8. Bomba de engranes.
9. Conjunto de bombas seccionadas.
10. Prototipo de turbina Pelton.
11. Tableros de control para las bombas que alimentan el tanque de carga constante, turbina Pelton y Kaplan y flujo de aire para pérdidas por fricción.
12. Bombas para el tanque de carga constante.
13. Compresor de aire.
14. Pruebas hidrostáticas.
15. Turbosoplador.
16. Chiflón.
17. Turbina Pelton.
18. Turbina Kaplan.
19. Turbina Francis.
20. Turbosoplador para pérdidas en tuberías y accesorios.



FORMATO DE LA PORTADA DEL REPORTE

FECHA DE ENTREGA II-78 MATERIA \_\_\_\_\_

DIA Y HORARIO SABADO 10:00 - 1:00

BRIGADA NUMERO 04 PRACTICA NUMERO \_\_\_\_\_

GRUPO 25

INTEGRANTES DE LA BRIGADA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

PARA MAYOR FACILIDAD LEE CUIDADOSAMENTE TODO EL INSTRUCTIVO  
ANTES DE INICIAR EL CURSO.

LAS PREGUNTAS CON ASTERISCO DEBEN ENTREGARSE DESPUES DE  
EFECTUADA LA PRACTICA, JUNTO CON EL REPORTE DE LA MISMA.

"DICHOSOS LOS QUE TIENEN HAMBRE Y SED DE JUSTICIA"

JESUCRISTO

Instrucciones Para el uso de Instrumentos de Med

Cualquier daño causado por los alumnos será repuesto por los mismos, por lo tanto, revise al recibir los instrumentos, su buen estado, en caso contrario, reportelo de inmediato.

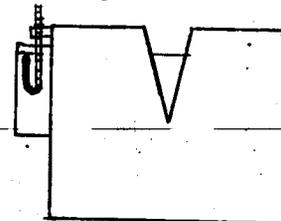
Cronómetro

Este tiene dos perillas, úsese únicamente la superior, todo el recorrido de la caratula abarca 30 seg.; la indicación de minutos está en la carátula pequeña. Manéjelo con cuidado, evite golpearlo para no dañar su mecanismo.

Limnómetro

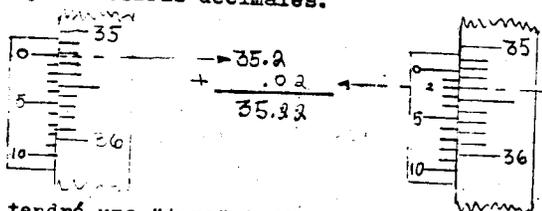
Este aparato sirve para medir profundidades y en combinación con el vertedor podemos medir ó aforar el gasto de las turbomáquinas del laboratorio.

Cada bomba Centrifuga tiene un vertedor que obedece una ley y el único dato requerido para saber el gasto es precisamente la altura del nivel. misma que mide éste aparato



Poseepués una escala en cm. con un Vernier. Una vez fija cierta abertura de válvula, se espera a que el flujo sea estable o sea que la punta del aparato "no se la coma" el nivel del agua. El gancho debe estar totalmente sumergido y solo debe salir apenas la punta.

Entonces se realiza la medición; primero se lee la escala de la barra grande hasta el cero del Vernier, dándonos dos cifras enteras y una decimal, después se busca en la escala del Vernier (del 1 al 10) cuál raya coincide con alguna del lado de la barra y así poder dar la otra fracción decimal, o sea que la lectura deberá darse con dos cifras enteras y dos cifras decimales.



El Limnómetro tendrá una "tara" indicada que deberemos descontar de la lectura obtenida; si no existe alguna indicación, ésta deberá tomarse como cero. Para fines de cálculo deberá traducirse la lectura de cm. a metros para introducirla en la fórmula correspondiente y obtener el Gasto en  $m^3/seg.$

No haga caso de una segunda escala que existe a la izquierda de la escala pequeña del Vernier.

Tubo de Pitot

Aparato de medición para determinar velocidades de fluidos. Para el caso del agua, éste se encuentra dentro de la boquilla que se coloca a la salida del Chiflón y la recomendación que hacemos es de que se purge la manguera que lleva la señal de presión, además de checar que ésta no tenga obstrucciones como pueden ser: alguna basura ó alguna dobléz de la manguera. Para el caso de medición de aire, es importante que el tubo esté paralelo a las líneas de corriente y mantenerlo firme y un poco separado de la boca de salida (fluidos II y turbo), no así para el caso de fluidos I en que es necesario tener el Pitot en contacto con la salida.

Vertedor

Mide el gasto en función de la altura alcanzada por el líquido sobre el vértice del vertedero. Existen varias fórmulas para calcular el gasto dependiendo del tipo de vertedor y el acabado del mismo.

Psicrómetro de honda. (Cuando el higrómetro no está fijo)

Satúrese la mecha, cúbrase el bulbo con agua a la temperatura ambiente; después gírese el instrumento por 15 O 20 segundos, sosteniéndolo lejos del cuerpo. Párese léase la  $t_{bh}$ ; entonces repítase la operación de girarlo hasta que dos o más lecturas del termómetro de bulbo húmedo concuerden con la más baja indicación obtenida. La mecha debe mantenerse perfectamente limpia y completamente saturada, para asegurar la indicación precisa.

Si las temperaturas son menores de  $10^{\circ}C$ , conviértase a  $^{\circ}F$  y utilice las tablas correspondientes.

A temperaturas abajo de  $0^{\circ}C$ , no hay capilaridad del agua, por lo tanto moje directamente el bulbo y ya que se haya formado una capa de hielo haga circular una corriente de aire. La exactitud no es tan buena como cuando se trabaja a temperaturas positivas.

Estroboscopio

Se utiliza para ver de manera estática un objeto en movimiento cíclico. Por ejemplo, dispositivos giratorios u oscilantes. El estroboscopio da destellos a determinada frecuencia, que se puede ajustar mediante una perilla. Así, cuando la frecuencia del destello coincide con la del aparato en movimiento, la imagen en la retina del ojo aparece como estática y entonces es posible visualizar un fenómeno que de otro modo sería imposible apreciar.

Manómetros.

Deben fijarse cuídadamente en las unidades que están indicadas en los mismos, tanto en el rango de presión positiva, como negativa.

Medidor de gasto

En las tuberías de admisión de las turbinas Kaplan y Pelton existe un venturi por medio del cual se lleva la señal a un transductor que dará el gasto directamente en una carátula graduada en litros/seg.

Es necesario purgar el venturímetro antes de tomar las lecturas.

La purga consiste en dejar salir el aire existente en la tubería, aflojando los tornillos que dicen "purga" en la parte posterior del transductor, con la palanca que hay en el costado abajo. Después de 20 segundos, apriete de nuevo los tornillos y suba la palanca lateral para empezar a tomar lecturas.

Termómetro

Existen en el Laboratorio de dos tipos: Los de mercurio, con un rango de temperaturas de -20 a 110 °C; y el de carátula, entre 0 y 100 °C. Integrado al termómetro se tiene una escala que mide la humedad relativa (aguja roja).

Higrómetro

Tipo Mason; que consta de dos termómetros de mercurio, uno de ellos tiene el bulbo enfundado en una mecha, que se introduce en un frasco para que, por capilaridad, se mantenga húmedo. Importante llenar el recipiente con agua destilada, lávese frecuentemente. Para exactitud en las lecturas, cuando el higrómetro está fijo, debe hacerse circular una corriente de aire, ya sea con un abanico o con un ventilador durante un minuto o más e inmediatamente tomar la temperatura de bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ) y luego la de bulbo seco ( $t_{bs}$ ).

Para conocer la humedad relativa del ambiente ( $\phi$ ), se entra a las tablas con la  $t_{bh}$  y la  $t_{bs}$ ; en la intersección del renglón y la columna correspondiente se localiza la humedad relativa. Por ejemplo, en la tabla de la página 8 con  $t_{bh}=25^{\circ}C$  y  $t_{bs}=39^{\circ}C$ , leemos  $\phi = 32 \%$ .

Tacómetro:

Los que poseemos en el Laboratorio son de tipo manual, con carátula y con tres rangos de velocidades: de 40 a 500 rpm; 400 a 5 000 y 4000 a 50 000 rpm. Estos rangos se fijan mediante un disco y para las mediciones que se efectúan aquí el rango indicado es de 400 a 5 000 rpm. Si desconoce por completo la velocidad a medir, ponga siempre el rango más elevado y sucesivamente vaya disminuyendo hasta lograr el adecuado.

Antes de aplicar el tacómetro a la flecha motriz, debe acoplársele a su extremo un adaptador de hule. Debe tener cuidado de no maltratarlo y al efectuar las mediciones no debe ejercer demasiada presión contra la flecha, para evitar la destrucción rápida del hule. El tacómetro indica correctamente la velocidad con tan solo hacer contacto suavemente con la flecha.

Los tacómetros así mismo, tienen una pequeña flecha con extensión y una rueda, para medir velocidades lineales en bandas; estos accesorios usualmente no se usan en las prácticas que se realizan aquí.

Piezómetros:

Estos son los dispositivos más simples para medir presiones y consisten esencialmente de un tubo o manguera en forma de "U", que se conecta por un lado a la sección en la que se quiera medir la presión. En general tienen un líquido de diferente peso específico al que se va a medir, para aumentar o disminuir la diferencia de alturas en las columnas, según se requiera. En algunos casos el piezómetro es sólo un tubo vertical en el cual el nivel a que llega el mismo líquido que se maneja nos da la presión (expresada en unidades de longitud de la columna del fluido). En todos los casos se debe tener la

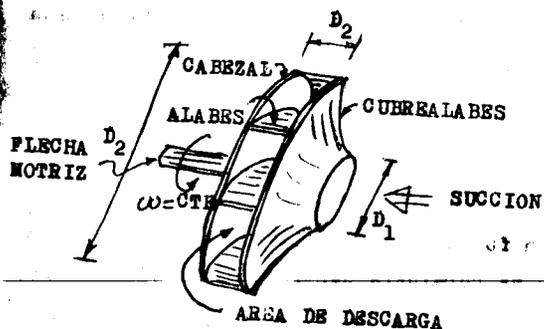
## BOMBA CENTRIFUGA DE FLUJO RADIAL

21

**OBJETIVO:** Conocimiento de las partes principales de este tipo de máquina, principio en que se apoya su funcionamiento o ecuación de Euler, de cómo el fluido sufre transformaciones energéticas a partir de energía cinética comunicada al fluido por el impulsor a energía de presión obtenida a través de la carcasa de la bomba; el concepto de cebado, presión de succión, presión de descarga, carga total desarrollada por la bomba, diferenciándola de la altura física a la que se encuentra la descarga. Comparación en cuanto a dirección de flujo a manejar con la bomba de flujo mixto. Curvas características, usos y rango de operación. Determinación de la velocidad específica tipo.

El funcionamiento de las bombas centrífugas puede conocerse a partir de la ecuación de Euler (1) que, aun cuando su origen es puramente teórico, explica el comportamiento real de las máquinas hidráulicas.

En la figura 1 se muestra un impulsor, en el que se indican sus componentes principales.



y es para las condiciones a que fue diseñada esa bomba, porque a esa  $N_s$  desarrolla su máxima eficiencia.

**NOTA:** El que usemos unidades inglesas es porque la mayoría de las bombas en México son de diseño norteamericano y las especificaciones y curvas de las bombas vienen expresadas en esas unidades.

### SECUENCIA EN EL LABORATORIO:

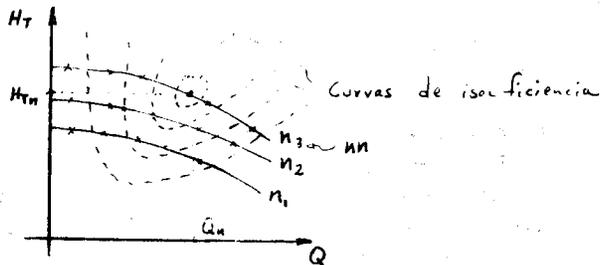
1. Se hace funcionar la bomba por medio del arrancador de consola y se ceba, si es necesario.
2. Fijar una velocidad angular con ayuda de un tacómetro, moviendo el maneral del motorvariador. **MOVEMLO SOLO CUANDO LA BOMBA ESTE FUNCIONANDO.**
3. Ya que se ha fijado una velocidad angular (ver nota al final de esta práctica), cerrar totalmente la válvula de control (NO DEBE PERMANECER ASI MAS DE UN MINUTO) y se hacen las lecturas de presión de descarga ( $p_d$ ), presión de succión ( $p_s$ ) y potencia al freno consumida por la bomba ( $P_f$ ). En este punto no es necesario leer la altura del limnómetro, puesto que si la válvula está totalmente cerrada, se entiende que el gasto  $Q$  será nulo.
4. Sin variar la velocidad angular y a partir de  $p_d$  a válvula cerrada (máxima  $p_d$ ), varíe la abertura de la válvula, viendo el manómetro de descarga, para espaciar las diversas aberturas cubriendo el rango de  $p_d$  (tome varias lecturas cercanas a  $p_d$  máx. Por ejemplo:  $p_{d\text{máx}} = 2.00 \text{ Kgf/cm}^2$  y deben ser seis lecturas; podrían ser: abertura 2, a  $p_{d_2} = 1.8$ ; y así sucesivamente,  $p_{d_3} = 1.5$ ;  $p_{d_4} = 1.0$ ;  $p_{d_5} = 0.5$  y  $p_{d_6}$ , la que resulte a válvula totalmente abierta. Lea  $p_d$ ,  $p_s$ ,  $P_f$  y  $h_{lm}$ . Si tiene duda, pregunte.

Se repite el punto 4 hasta dejar totalmente abierta la válvula, con lo cual se obtienen tantos puntos como aberturas se tengan. **DEBEN HACERSE SEIS LECTURAS COMO MINIMO.**

5. Una vez que la válvula está totalmente abierta se cambia la velocidad angular y de nuevo vuelven a hacerse los pasos tres y cuatro **PARA TRES VELOCIDADES ANGULARES.**

¿Cómo se obtienen las curvas características de una bomba?

Supóngase que se ha seleccionado una bomba y si mantenemos constante la velocidad angular ( $n$ ), entonces al variar la abertura de la válvula de control generamos la curva de gasto, dando por resultado que la bomba pueda trabajar en cualquiera de los puntos de esa curva de gasto. Ahora supóngase además que cambiamos la velocidad angular de  $n_1$  a  $n_2$  y repetimos el procedimiento, entonces generaremos otra curva de gasto; y prosiguiendo de la misma forma, generaremos tantas curvas de gasto como velocidades ensayemos, para un diámetro del impulsor constante. Vea la figura 2.



El problema ahora consiste en obtener la zona en el plano  $H_t - Q$  en que debe operar la bomba propuesta, para lo cual obtenemos la eficiencia, cuyo valor se anota en la gráfica en el punto correspondiente. Uniendo todos los puntos de igual eficiencia o interpolando entre los que no se tengan, se obtienen las curvas de isoeficiencia, con las cuales, por simple inspección, se puede determinar la zona de máxima eficiencia y por consiguiente el punto normal de operación (donde la eficiencia alcanza el máximo *maximorum*), que determina a:  $H_{tn}$ ,  $Q_n$  y  $nn$ ; carga, gasto y velocidad angular normales de operación, respectivamente. Combinando estos tres elementos en un parámetro adimensional, se obtiene la velocidad específica tipo ( $N_s$ ) de esa bomba y que se expresa: (Véase: Bombas, del *ing. Manuel Viejo L.*, págs. 61-65).

$$N_s = \frac{nn\sqrt{Q_n}}{H_{tn}^{3/4}}$$

donde:

$nn$  está en rpm

$Q_n$  en gpm

$H_{tn}$  en ft.

EL ALUMNO DEBERA CALCULAR:

- El gasto  $Q$  en  $m^3/s$ ;  $Q = 0.67 h^{2.45}$ ; donde  $h = h_{lim} - t_{ara}$  en m.
- Carga total desarrollada por la bomba en m (Ht). Y la potencia hidráulica de la bomba (Ph).
- La eficiencia en %.
- La velocidad específica tipo ( $N_s$ ), sólo para el punto de máxima eficiencia.
- La velocidad normal de operación ( $nn$ ), la carga normal de operación (Htn) y el gasto normal de operación ( $Q_n$ ).

EL REPORTE COMPLETO ABARCA LO SIGUIENTE:

- Memoria de cálculo o la secuencia de ecuaciones utilizadas, anexando algunos cálculos numéricos.
- Curvas características ( $H_t - Q$ ) y de isoeficiencia.
- Tabla de resultados.
- Dibujo de un impulsor de una bomba centrífuga radial.
- Aplicaciones de este tipo de bombas.
- Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica, que incluye la comparación con las bombas de las cuales ya haya hecho la práctica. Mínimo media cuartilla.

NOTA: El rango de velocidades (tacómetro) para esta bomba es de 800 a 1 400 rpm. Vea la relación de engranes para determinar la velocidad real en la bomba.

RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO:

- ¿Cuál es la ecuación fundamental de las turbomáquinas?
- ¿Por qué esta bomba se considera dentro de las rotodinámicas?
- ¿Según qué parámetros se hace la clasificación de las bombas rotodinámicas?
- Explique detalladamente y con sus propias palabras por qué sube el agua del nivel inferior del tanque, al ojo del impulsor.

$$h = 1.9$$

$$Q = 3.23$$

$$\phi = 3.75$$

Viejo Zubicaray, Manuel, Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones, México, ed. limusa-wiley, 1972. 269 págs. véase págs. 201-207.

TABLA DE DATOS (No se entrega).

LECTURA	n	pd	ps	hlim	Pf
	rpm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm Hg	m	KW

- Para el análisis de la bomba es necesario saber en donde se considera la entrada y en donde la salida de la misma. Analice la instalación y deduzca estos puntos (1) y (2).
- Dibuje tres secciones de volutas de uso común.
- De la expresión de altura manométrica ó carga total (Ht)
 
$$H_m = H_t = \frac{p_d - p_s}{\rho} + Z_d - Z_s + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g}$$
 Cuales son las consideraciones más comunes para poder eliminar varios términos y quedar  $H_m = \frac{p_d - p_s}{\rho}$ . ¿Qué precauciones se deben tener al descartar esos términos.
- Describe los tipos de pérdidas volumétricas que existen y diga qué dispositivos se usan para reducir o eliminar las pérdidas volumétricas exteriores.
- ¿Qué es el cárcomo en un sistema de bombeo y cuál es su función?
- Exponga las aplicaciones de un impulsor abierto y otro cerrado.
- ¿Qué es la CNSP (NSPH)?. Ayúdese de un diagrama para explicarla.
- ¿Cómo afecta la ASNM en la instalación de un sistema de bombeo?
- ¿Qué es cebar una bomba y qué equipo hace que a una bomba se le denomine autocebante?

**BIBLIOGRAFIA SELECTA**

Karassik, Igor J. y Roy Carter, Bombas centrífugas. Selección, operación y mantenimiento, México, ed. cecsa, 1974. 560 págs.

Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Madrid, ed. harper-row, 1970. 582 págs. véase págs. 343-381 y 489-495.

Russell, George E., Hidráulica, México, ed. continental, 1974. 554 págs. Véase págs. 495-525.

TABLA DE RESULTADOS

LECTURA	n	pd	ps	Ht	Q	Ph	Pf	
	rpm	bares	bares	m	m <sup>3</sup> /s	KW	KW	%

"DE TODAS MANERAS  
ES MEJOR SER VIOLENTO  
QUE COBARDE"

GANDHI

$$76 \text{ cm de Hg} = 1.03323 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{atm} = 1.03323 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 10330 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$1.36 \frac{\text{CV}}{\text{KW}}$$

$$0.9863 \frac{\text{HP}}{\text{CV}}$$

$$\rho_{H_2O} \left\{ \begin{array}{l} P_{atm} \\ T=40c \end{array} \right\} = 102 \frac{\text{Kg} \cdot \text{seg}^2}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{H_2O} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{Hg} = 13600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{aire} = 1.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$P = h \gamma$$

$$\gamma = \rho g$$

$$Q = A V$$

V = velocidad

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

FORMULA DE DARCY

$$\Delta H = f \frac{L V^2}{2g d}$$

BOMBA VERTICAL DE FLUJO AXIAL

22

OBJETIVO: Responder a las cuestiones: ¿cómo funciona?; ¿qué partes la componen?; ¿dónde se usa? y determinar su comportamiento a diferentes velocidades de trabajo, variando además el gasto y carga del sistema.

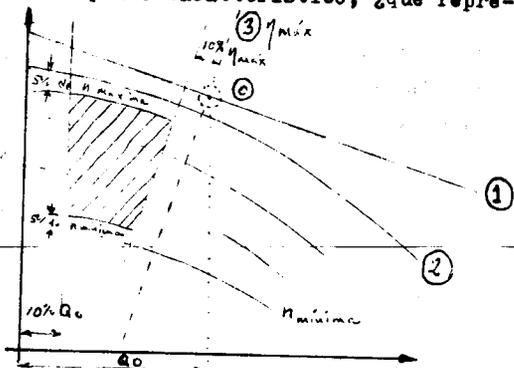
Para la realización de esta práctica en el laboratorio vea el instructivo de la BOMBA DE FLUJO MIXTO PARA POZO PROFUNDO.

NOTA: El rango de operación es de 800 a 1 400 rpm.

RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO:

1. Según la literatura actual hasta cuantos  $m^3/h$  y hasta qué presiones (atm) puede manejar este tipo de bomba?
2. ¿Mediante qué dispositivo se realiza el intercambio de energía cinética a energía de presión y de qué tipo es en este caso?
3. Considerando el gasto en gpm, la velocidad de rotación en rpm y la carga en pies, ¿cuál es el campo aproximado de velocidad específica en este tipo de bombas?
4. Si observamos el siguiente plano característico, ¿qué representan? :

- a) la línea (1)
- b) la línea (2)
- c) el punto (0)



Por práctica se ha encontrado que es conveniente trabajar el equipo a un gasto no menor del 10% de  $Q_0$ , en una región 10% menor de eficiencia, de la línea (3), que representa la máxima

eficiencia a diferentes velocidades angulares; 5% abajo de la velocidad angular máxima y 5% arriba de la velocidad angular mínima.

El triángulo (aprox) rayado representa la zona factible de operación y las curvas punteadas los comportamientos a diferentes velocidades angulares. En estas condiciones, ¿cuál sería el punto en donde se encontraría el gasto y la carga normales de operación?. Piense detenidamente su respuesta y justifique su decisión.

5. Se dice que si las condiciones de operación exceden la capacidad de una bomba axial de un paso (centrífuga), se puede sustituir por una bomba de dos o más pasos ó una bomba de un sólo paso con velocidad específica más baja y un impulsor de flujo mixto, ¿es o no factible tal afirmación?. En cualquier caso justifique su respuesta.
6. Mencione cuando menos tres aplicaciones específicas de este tipo de bombas.
7. Describa el sistema de lubricación de una bomba vertical de flujo axial y el sistema de soporte de la misma.
- \*8. Si la bomba se hiciera trabajar a 2000 rpm, ¿Qué gasto, carga y potencia daría? Use las ecuaciones de similitud, aplícadolas al punto de máxima eficiencia.
- \*9. Al determinar  $N_s$  tipo, busque en la sección de problemas del libro de bombas del Ing. Viejo Z., a qué tipo de impulsor corresponde y haga un esquema de él. Esta bomba tiene un impulsor de hélice, si sus resultados no corresponden a éstos, explique cuál es la razón.
10. De las ventajas y desventajas de una bomba vertical de foso lleno.
11. ¿Cuáles son los factores que determinan las dimensiones y la disposición entre bomba y bomba, cuando se tiene una estación

de varias unidades con abastecimiento de succión desde un extremo del pozo.

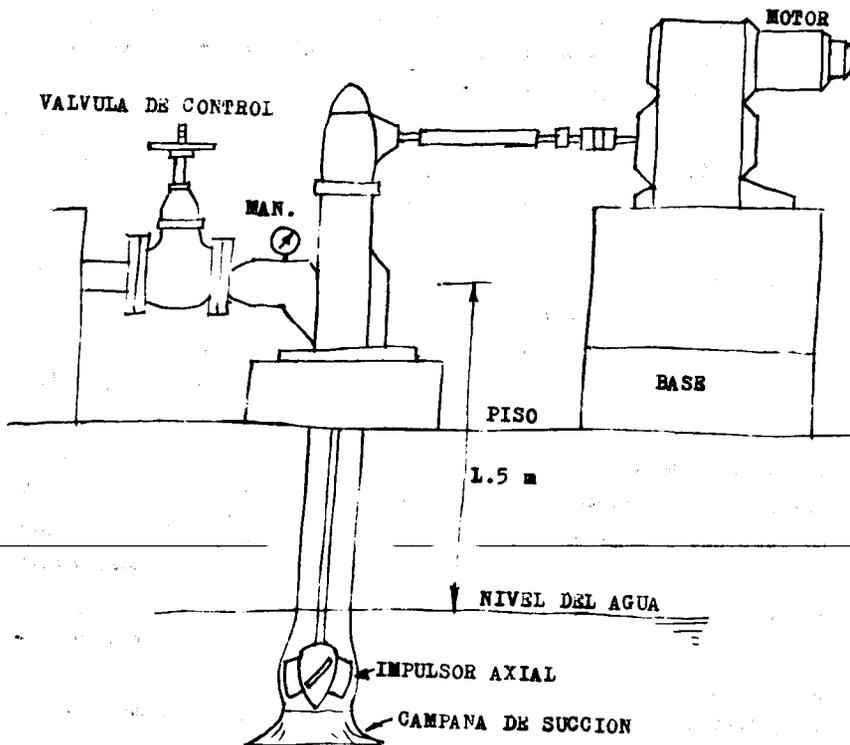
EL REPORTE COMPRENDE LOS MISMOS PUNTOS QUE LA PRACTICA 21.

Para el cálculo del gasto en esta bomba, puesto que el vertedor es trapecial, usamos la fórmula:  $Q = 0.558 h^{1.5}$   
 $h = h_{lim} - tara.$

#### BIBLIOGRAFIA SELECTA

- Karassik, Igor, Bombas centrifugas, págs. 177-186.  
Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y ..., págs. 343-386.  
Russell, George, Hidráulica, págs. 495-525.

#### DIAGRAMA DE LA INSTALACION EN EL LABORATORIO



#### BOMBA HORIZONTAL DE FLUJO MIXTO

23

OBJETIVO: Responder a las cuestiones: ¿Cómo funciona?; ¿qué partes la componen?; ¿dónde se usa? y determinar su comportamiento a diferentes velocidades de trabajo, variando, además, el gasto y carga del sistema.

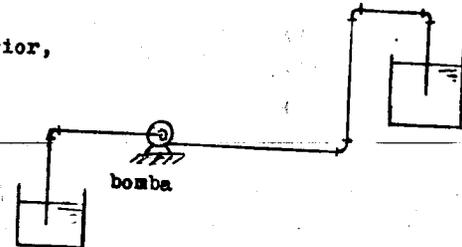
Para la realización de esta práctica, vea el instructivo de la BOMBA CENTRIFUGA RADIAL.

Al fondo del Laboratorio está el corte de esta bomba, vea e identifique todas sus partes.

NOTA: El rango de velocidades en esta bomba es de 1 000 a 1 500 rpm.

#### RESUEIVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO:

1. Expresé, con sus propias palabras, el significado de altura manométrica.
2. Energéticamente, ¿qué significa bombear?
3. Describa el equipo mínimo que debe tener una instalación de una bomba centrífuga (como la ilustrada), para su correcto funcionamiento.
4. De la pregunta anterior, ¿cuál sería el equipo adicional?
5. ¿Cuál es el campo aproximado de velocidad específica (rpm, gpm y pies), para impulsores de flujo mixto?
6. ¿Para qué rangos de carga y gasto se usan estas bombas?



7. Indique los sólidos en suspensión que es capaz de manejar este tipo de impulsor y lo que significa "diámetro de esfera".
- \* 8. En la bomba seccionada, al fondo del Laboratorio, indique:
- si tiene estopero o sello mecánico.
  - ¿el impulsor es abierto o cerrado?
  - ¿cuántos anillos de desgaste tiene y de qué material?
  - ¿los rodamientos o baletos de qué tipo y material son?
  - ¿cuál es la función de la aleta colocada en la succión?
  - ¿qué sistema de lubricación utiliza?
9. Defina la carga de succión y la elevación de succión.

EL REPORTE COMPRENDE : (Vea la práctica 21).

BIBLIOGRAFIA SELECTA

Karassik, Igor, Bombas centrifugas, ..., págs. 11-210

Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y ..., págs. 343-356.

Vieje Zubizaray, Manuel, Bombas..., págs. 11-53.

Haga las tablas de datos y de resultados similares a las mostradas en la práctica 21.

" SI LE DAS UN PESCADO A UN HOMBRE,  
SE ALIMENTA UNA VEZ.  
SI LE ENSENAS A PESCAR,  
SE ALIMENTARA TODA LA VIDA."

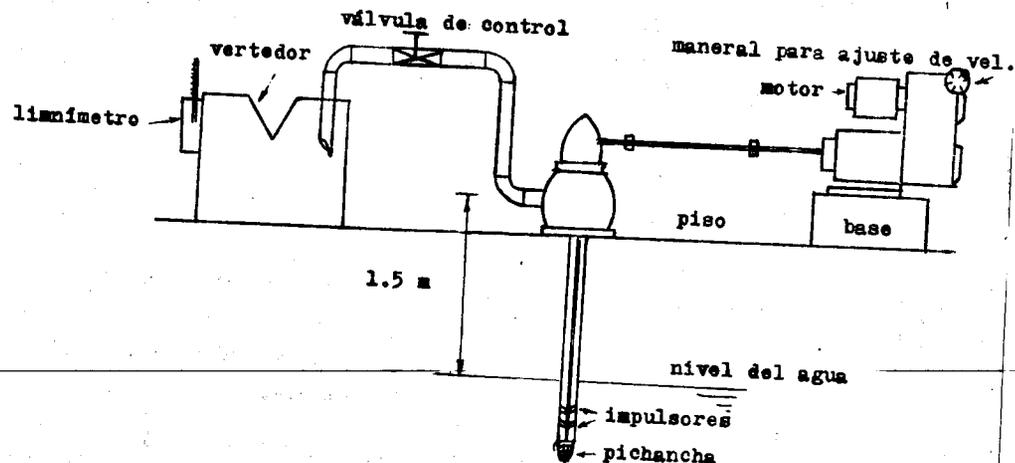
KUNN-TSU

BOMBA DE FLUJO MIXTO PARA POZO PROFUNDO 24

OBJETIVO: Conocer la operación de este tipo de bombas, así como sus partes principales (obsérvese el corte de esta bomba, al fondo del Laboratorio); Características debidas a su diseño de impulsores sumergidos; localizar su rango normal de operación y su velocidad específica tipo; Encontrar sus curvas características y cómo se usan y ; comparación con la bomba centrífuga de flujo radial.

Instrumentos complementarios de medición: un tacómetro.

DIAGRAMA DE LA INSTALACION EN EL LABORATORIO



" LA ACTIVIDAD ES EL UNICO CAMINO QUE LLEVA AL CONOCIMIENTO "

Bernard Shaw

- 3.- Ya que se ha fijado una velocidad (rango de 1000 a 1600 - RPM), Cerrar totalmente la válvula de control para obtener la presión máxima de descarga a esa velocidad, NO DEBE PERMANECER ASI MAS DE UN MINUTO; haciendo las lecturas de Presión de Descarga (Pd) y Potencia al Freno (Pf).
- 4.- Sin variar la velocidad angular, se da una abertura a la válvula de control (regúlese mediante la Presión de Descarga, y al principio tome varias lecturas cercanas a Pd - máxima) y leer los parámetros: Pd, Pf y  $h_{lim}$ ; éste último con el limnómetro colocado a un lado del tanque de Aforo, esperando un poco a que el flujo se estabilice.
- 5.- Se repite el punto 4 hasta dejar totalmente abierta la válvula, con lo cual se obtienen tantos puntos como aberturas se hagan.
- 6.- Una vez que la válvula está totalmente abierta se cambia la velocidad angular y se vuelven a hacer los pasos tres, cuatro, y cinco. Tres diferentes velocidades y para cada una de ellas seis lecturas.

\*7.- EL ALUMNO DEBERA CALCULAR LO SIGUIENTE:

- a) El gasto Q en  $m^3/s$ ; (gasto  $Q = 0.67 h^{2.45}$ ; donde h es igual a  $h_{lim}$  - tara y debe expresarse en metros.
- b) Carga Total desarrollada por la Bomba Ht. en metros, y con Ht y Q, la Potencia Hidráulica de la Bomba Ph.
- c) La Eficiencia  $\eta$  en %
- d) La velocidad específica tipo Ns. Puesto que la bomba es de dos pasos, entonces debe considerarse el mismo gasto pero la mitad de la carga total al calcular Ns y obtener las curvas características.

EL REPORTE COMPLETO COMPRENDE:

- a.- Memoria de Cálculo, que consiste de todas las formulas ó ecuaciones utilizadas en la práctica anexando algunas operaciones, pues el total se resume en tabla de resultados.
- b.- Curvas características en papel milimétrico (Ht contra Q)
- c.- Tabla de resultados.
- d.- Determinación de velocidad normal de operación, gasto normal

- de operación y Carga normal de operación.
- e.- Conclusiones obtenidas a partir de la propia práctica, que incluye la comparación con otras bombas, si ya realizó esas prácticas, MINIMO 1/2 HOJA DE CONCLUSIONES).
  - f.- Aplicación de éste tipo de Bombas y sus Curvas Características.
  - g.- Respuesta al siguiente formulario de procedimiento:

"UN HOMBRE NO ES MAS QUE EL  
PRODUCTO DE SUS PENSAMIENTOS;  
LO QUE PIENSA ES LO QUE  
LLEGA A SER."

M. GANDHI

TABLA DE RESULTADOS

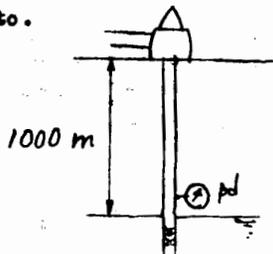
Lectura	n	Pd	Q	Ht	Ph	Pf	
	RPM	bares	$m^3/s$	m.	Kw.	Kw.	%

BIBLIOGRAFIA SELECTA

- Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Madrid, ed. harper-row, 1970. 582 págs. ver págs. 343-381 y 489-495.
- Streeter, Victor, L. Fluid mechanics véase págs. 506-527, 534-35.

**RESUELVA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO:**

1. ¿Qué diferencias existen entre una bomba vertical de foso lleno y una vertical de foso seco, en cuanto a construcción y aplicaciones?
2. Indique la característica fundamental y la aplicación típica de una bomba tipo "lata".
3. Haga un corte seccional de una bomba de pozo profundo, indicando sus partes constitutivas.
4. Si se tiene una bomba como se muestra en el siguiente diagrama, con los impulsos sumergidos, ¿la carga total sería  $\frac{Pd}{\gamma}$  solamente? Explique su razonamiento.



5. En las págs. 49 y 50 del libro de bombas del Ing. Viejo E. existen los cortes seccionales de dos bombas de pozo profundo, se diferencian en el sistema de lubricación; describa brevemente uno y otro y en donde se aplica cada uno.
6. Esta bomba necesita cebarse, ¿a qué se debe?
7. A la bomba le llega una potencia; ¿es la que lee en el wattmetro? Justifique su respuesta.
8. ¿Qué es una bomba de varios pasos y para qué se utiliza?
9. ¿Qué le hace falta a una licuadora para ser una bomba?
- \* 10. ¿Por qué a veces se utiliza un acoplamiento a 90° y una flecha cardán y en ocasiones el motor es celineal con la flecha? ¿de qué factores depende?

**TABLA DE DATOS (LLENASE DURANTE LA PRACTICA**

**Y NO SE ENTREGUE)**

Lectura	n	pd	hlim	Pf
	rpm	Kg/cm <sup>2</sup>	m	KW

"SI NO PUEDES VOLAR COMO LAS AGUILAS?  
sigue tu camino paso a paso,  
que el que así la cumbre alcanza,  
también ve el mundo a sus pies"

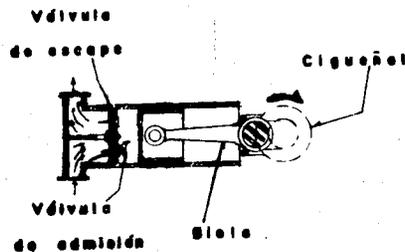
## BOMBA DE PISTONES

25

OBJETIVO: Observación práctica de la forma de intercambio de Energía por medio de variaciones de presión, Conocimiento del principio de Desplazamiento Positivo en Bombas Recíprocas, de sus Curvas Características, rango de velocidades, así como sus usos para las diferentes necesidades y tipos de fluidos, finalmente, conocimiento de las diferencias con respecto a las Turbomáquinas en cuanto a Capacidades y aplicaciones.

Para el desarrollo de esta práctica nos auxiliaremos de un tacómetro y un cronómetro.

¿Qué es una bomba de pistones? : En esencia es un convertidor de energía mecánica a hidráulica; funciona bajo el principio de desplazamiento positivo, que consiste en que el movimiento del fluido es causado por la disminución del volumen de una cámara. El esquema siguiente ilustra esta bomba:



Al girar el cigüeñal, el pistón sigue un movimiento alternativo. Al desplazarse hacia la derecha se abre la válvula de admisión y se produce una baja de presión en la cámara; entonces la presión atmosférica es mayor que la de la cámara y el fluido penetra a ésta. Cuando se termina la carrera de admisión, se cierra la válvula de admisión y se abre la de descarga. A continuación el pistón se desplaza hacia la izquierda y el fluido es expulsado de la cámara a cierta velocidad y presión que dependen de las características de la propia bomba y de las condiciones de la instalación.

El funcionamiento de la bomba se describe a través de su eficiencia total  $\eta_t$  y volumétrica  $\eta_v$ , definidas en función de:

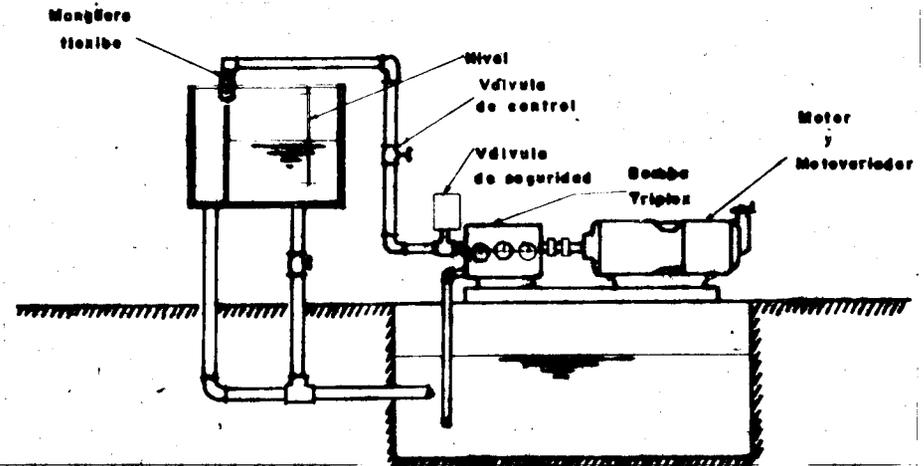
$\gamma$  peso específico del fluido con que se está trabajando. (En este caso diesel) en  $N/m^3$   
 $Q_r$  gasto real en  $m^3/s$   
 $Q_t$  gasto teórico en  $m^3/s$   
 $H_t$  carga total en metros del fluido manejado.  
 $P_f$  potencia al freno en  $Nm/s$ .

$$\eta_t = \frac{\gamma Q_r H_t}{P_f}$$

$$\eta_v = \frac{Q_r}{Q_t}$$

La descarga de una bomba de desplazamiento positivo difiere de la ideal.

## DIAGRAMA DE LA INSTALACION EN EL LABORATORIO



El volumen teórico desplazado por revolución es  $V = 2ez$  ( $m^3/rev$ ), donde:  $e$  = espacio comprendido entre dientes =  $5.4 \text{ cm}^3$

$z$  = número de dientes

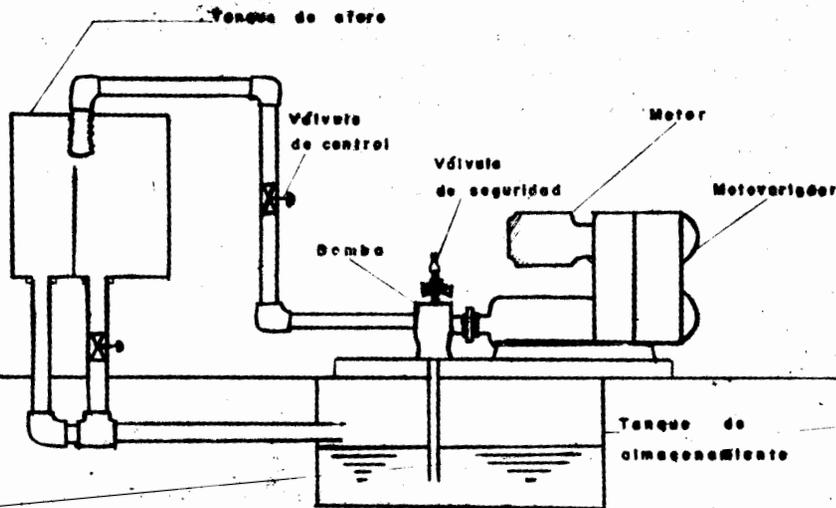
$2$  = número de engranes.

Luego, el gasto teórico =  $Q_t = \frac{Vn}{60}$  ( $m^3/s$ )

$n$  = velocidad angular rpm

La descarga de una bomba de desplazamiento positivo es diferente de la ideal por el deslizamiento; este es, el flujo que retorna a través del claro entre los dientes de los engranes y la carcasa.

#### DIAGRAMA DE LA INSTALACION EN EL LABORATORIO



Instrumentos de medición complementarios: cronómetro y tacómetro.

Rango de velocidades en el motor variador 1 800 a 3 000 rpm (tacómetro). Ver la relación de engranes para encontrar la

velocidad real de la flecha de la bomba.

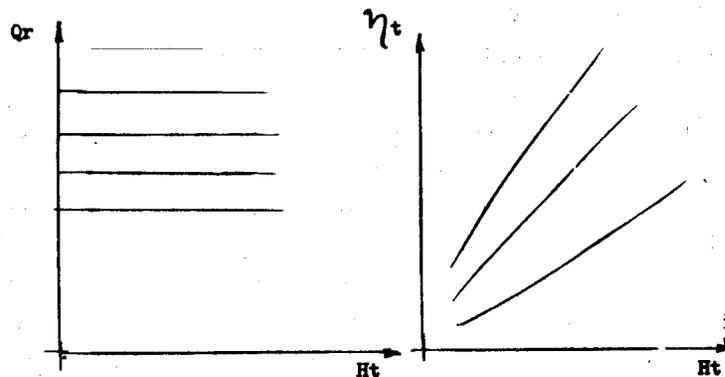
SECUENCIA:

1. ABRIR TOTALMENTE LA VALVULA DE CONTROL ANTES DE ARRANCAR LA BOMBA.
  2. Una vez funcionando la bomba se regula y se fija una velocidad por medio del motor variador y el tacómetro. La velocidad leída en el tacómetro es mayor que la del cigüeñal por un factor especificado en el motor variador.
  3. Con la válvula totalmente abierta tomar la lectura de presión de succión ( $p_s$ ), presión de descarga ( $p_d$ ), potencia al freno ( $P_f$ ),  $h_i$ ,  $h_f$  y el tiempo. El gasto se calcula a partir del incremento de nivel en el tanque ( $\Delta h$ ), desviando la palanca que está en el mismo tanque, sabiendo que el área del mismo es de  $0.64 \text{ m}^2$ .
  4. Regular la válvula de descarga a valores de  $p_d = 1, 2, 3$  y  $4 \text{ Kg/cm}^2$  y en cada una medir  $p_s$ ,  $P_f$ ,  $\Delta h$  y  $t$ .  
NUNCA CIERRE LA VALVULA TOTALMENTE.
  5. ABRA TOTALMENTE LA VALVULA DE CONTROL ANTES DE REGULAR Y FIJAR OTRA VELOCIDAD y repetir los pasos cuatro y cinco. Tres diferentes velocidades.
  6. Puesto que el espacio entre dientes es de  $5.4 \text{ cm}^3$ , cada engrane tiene 11 dientes y son dos engranes, determinar el volumen teórico desplazado por revolución.
  7. Determinar la eficiencia volumétrica ( $\eta_v$ ) en función del gasto real ( $Q_r$ ) y el gasto teórico ( $Q_t$ ).
  8. Calcular la carga total ( $H_t$ ) y la potencia desarrollada por la bomba ( $P_b$ ).
  9. Encuentre la eficiencia total ( $\eta_t$ ).
- $\omega$  diesel =  $8.44 \times 10^3 \text{ N/m}^3$

Sugerimos anotar sus datos durante la práctica, en el siguiente cuadro.

Lectura	pd	ps	Pf	hf-hi	t
	kg/cm <sup>2</sup>	cm. Hg	KW	m	seg

4. Respuesta <sup>a</sup> todas las preguntas formuladas.
5. Gráficas como las mostradas.



6. Conclusiones en base a los resultados obtenidos en el Laboratorio, comparando sus resultados con otras bombas (si ya las hizo). Trate siempre de ver más allá de lo superficial, el por qué funcionan las bombas, qué sucede en cada parte del proceso, analice parte por parte y en conjunto y ¡PREGUNTE!

CUADRO DE RESULTADOS

Lect.	n	pd	ps	Pf	Qr	Qt	$\eta_v$	Ht	Pb	$\eta_t$
	RPM	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	KW	m <sup>3</sup> /seg	m <sup>3</sup> /s	%	m	KW	%

**EL REPORTE COMPRENDE:**

1. Usos de la bomba de engranes y utilidad de las curvas características.
2. Memoria de cálculo. Sólo secuencia de fórmulas utilizadas, mas algunos cálculos.
3. Resumen de resultados como se indica.

**BIBLIOGRAFIA SELECTA:**

Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y ..., págs. 500-520 y 564  
 Viejo Zubicaray, Manuel, Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones, págs. 124-138 y 161-168.



- d. Respuesta a las preguntas del cuestionario  
e. Conclusiones en base a los resultados obtenidos, incluyendo comparación de funcionamiento con otros tipos de bombas.

#### BIBLIOGRAFIA

Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, págs. 500-518.

Viejo Z. , Manuel, Bombas, ... , págs. 129-160.

#### CUESTIONARIO (25):

1. Esta bomba no se apoya en la ecuación de Euler para su funcionamiento; Indique en que principio se apoya describiéndolo claramente.
2. En comparación con las turbomáquinas, ¿cuál es la diferencia en el intercambio de energía en el fluido?
3. ¿Cuál es el campo casi exclusivo en que estas bombas son utilizadas; de algunas razones?
4. ¿Según el tipo de movimiento del desplazador, como se clasifican las bombas de desplazamiento positivo?
5. ¿Existe algún límite en cuanto a presiones a manejar por estas bombas? De fundamentos .
6. ¿Existe algún límite en cuanto al caudal a manejar por estas bombas? Exponga sus razones.
7. ¿Qué desventajas presentan estas bombas en comparación con las rotodinámicas?
8. ¿A qué debe su nombre una bomba de símbolo de doble o simple efecto?
9. ¿A qué se debe el uso de una bomba triplex o cuádruplex en lugar de una simplex de dimensiones equivalentes?
10. ¿Podría trabajar una bomba de pistones como un motor hidráulico? , si es así, justifique su respuesta.
11. ¿Qué es una válvula de seguridad ó alivio y cómo funciona? ( consulte a los fabricantes o distribuidores de válvulas).

25-5

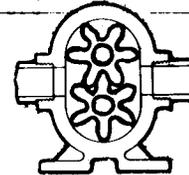
26-1

#### BOMBA DE ENGRANES

26

**OBJETIVO:** Conocimiento práctico de este tipo de bombas y por qué no se basa en la ecuación de Euler sino en el principio de desplazamiento positivo, significado de eficiencia volumétrica, obtención de sus curvas características, rango normal de operación y finalmente algunas de sus aplicaciones y selección.

**GENERALIDADES:** ¿Qué es una bomba de engranes? es un tipo de bomba de desplazamiento positivo; este es, el movimiento del fluido es causado por la disminución del volumen de una cámara. El intercambio de energía se hace siempre en forma de presión; mientras que en las bombas centrifugas, éste se hace con variación de la energía cinética. La bomba de engranes es rotoestática e de desplazamiento positivo con movimiento rotativo. Estas bombas se emplean generalmente en transmisiones, controles y para manejar líquidos de alta viscosidad.



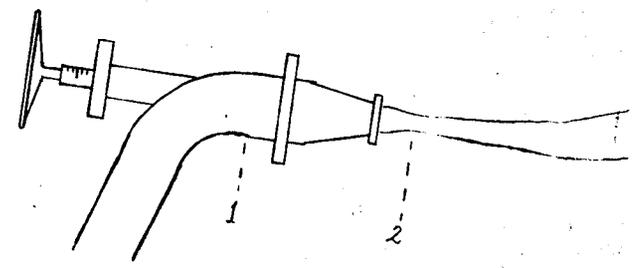
**CUESTIONARIO: (26)**

1. ¿Cuales son las partes principales de una bomba rotoestática?
2. ¿Qué clasificación se hace según su órgano desplazador?
3. Indique si este tipo de bombas son reversibles.
4. ¿Cómo funciona una bomba de tubo flexible y dónde se usa?
5. ¿De qué tipos pueden ser las bombas de engranes? ( en cuanto a la forma de los engranes y su disposición).
- \* 6. Si observas, al fondo del Laboratorio, la bomba de engranes en corte, verás que los engranes no son rectos, sino helicoidales formando cierto ángulo, ¿a qué crees que se deba esto, siendo más difícil maquinar engranes helicoidales que rectos?
7. Dibuja un corte de una bomba de tres lóbulos; indicando succión, descarga y sentido de giro de los lóbulos.
8. ¿Por qué difieren  $Q_t$  y  $Q_r$ ?
- \* 9. ¿Qué sucede con la  $\eta_t$  al trabajar la bomba a bajas revoluciones?
10. ¿La eficiencia total corresponde a la bomba únicamente o a toda la instalación?

**ESTUDIO DE UN CHIFLÓN**

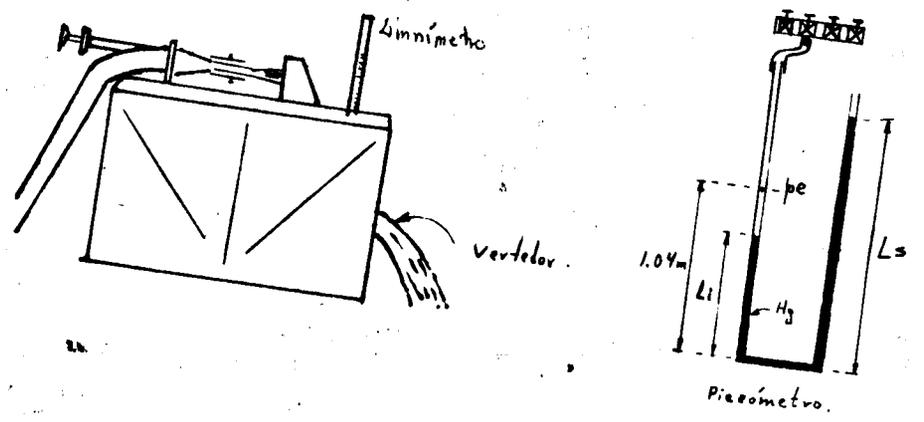
27

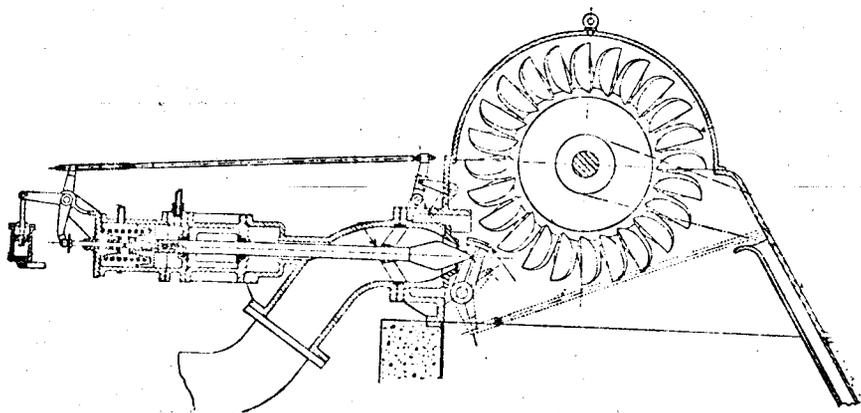
¿Qué es un chiflón? : es una especie de tobera; esto es, su función consiste en convertir energía de presión en energía cinética, reduciendo gradualmente la sección de un conducto. En algunos casos en instalaciones de turbinas Pelton, el chiflón mismo es a la vez una válvula de aguja que sirve para controlar el gasto.



El análisis teórico de funcionamiento puede hacerse aplicando la ecuación de Bernoulli en las secciones 1 y 2, suponiendo que la presión en el punto 2 es la atmosférica.

**DIAGRAMA DE INSTALACION EN EL LABORATORIO.**





Análisis práctico (Léase íntegramente antes de práctica)

- 1.- Asegúrese de que la Válvula de suministro de agua a la turbina esté totalmente abierta (válvula de color verde claro y la válvula de suministro de agua al Chiflón de color rojo - esté totalmente cerrada), así como que la presión en el tanque de presión constante tenga  $50 \text{ lb/pulg}^2$ , de lo contrario que el encargado o el instructor realicen ésta operación
- 2.-Arranque la Bomba de Pozo Profundo marcada como "chiflón - Turbina Pelton" en el arrancador de Bomba al fondo del laboratorio, DE  
BE SUBIRSE PRIMERO LA PALANCA Y LUEGO OPRIMIR EL BOTON DE -  
ARRANQUE.
- 3.-Con la llave de consola PREVIAMENTE GIRADA, oprimir el boton de MARCHE.
- 4.-Con la Válvula de control (válvula de aguja a la entrada de la rueda)PREVIAMENTE COLOCADA EN CUALQUIER POSICION MENOS EN LA DE CIERRE TOTAL ,purgar el medidor de gasto y el piezómetro de Mercurio colocado en la columna situada entre el chiflón y la turbina Pelton.

- 5.-Se fija una abertura en la válvula de aguja(se recomiendan aberturas en 5,10,15 y 20 divisiones).
  - 6.-Ajustando el reóstato se fija una velocidad angular(rango de velocidades de 400 a 950 RPM).
  - 7.-Una vez fija la velocidad angular(n) se toman las lecturas de la fuerza (F) ,el gasto (Q) y las lecturas superior(Ls), (Li) del piezómetro ( las lecturas de Q,Ls,yLi, se recomiendan hacerlas cuando la velocidad es la de Desboque, o sea a mínima carga;en otras palabras,la velocidad máxima a ésa abertura(mínima resistencia).
  - 8.-Se modifica la velocidad angular por medio del reóstato(recomendamos variaciones de 100 RPM) y se toman nuevamente las lecturas de (n) y (F). La longitud del brazo de palanca es de 0.70 m.
  - 9.-Una vez hechas las lecturas para diferentes velocidades - hasta llegar a la de desboque (carga mínima),se cambia la abertura de la válvula de aguja y se repiten los pasos 6,7 y 8 hacer ésto tantas veces como curvas se requieran(mínimo 4). - Para cada abertura tomar datos a 6 velocidades angulares diferentes.
- EL ALUMNO DEBERA CALCULAR:
- a) La presión de entrada (Pe) en bares
  - b) La velocidad (v) en la tubería(diametro 0.10 m.) en m/s.
  - c) La Carga neta (Hn). en m.
  - d) La Potencia hidráulica (Ph) en Kw.
  - e) La Potencia al freno (Pf) en Kw.
  - f) La eficiencia ( $\eta$ ) %.
  - g) Graficar en papel milimétrico las curvas características (Pf contra n),trazando también las curvas de ISOEFICIENCIA - para lo cual se les pide anotar la eficiencia elegida en cada punto , así como anotar en la memoria de cálculo,la forma en que se obtuvo.
  - h) La velocidad específica tipo (Ns).

## CUESTIONARIO : ( 27)

1. ¿Por qué se dispersa el chorro?
- \* 2. ¿Cuánto va disminuyendo la energía disponible conforme nos alejamos de la boquilla? Haga una gráfica de  $v^2$  contra la distancia a la boquilla y establezca la ecuación  $2g$  correspondiente.
3. ¿Es una máquina el chiflón? Si es así, ¿qué tipo de energía transforma?
- \* 4. ¿Cómo son las eficiencias del chiflón comparadas con las de otras máquinas?

TURBINA PELTON

28

OBJETIVO: Conocimiento práctico de una Turbina de Impulso, y el porqué de éste nombre, del cómo es aprovechada la Energía Potencial ó "de presión" del agua en ésta máquina y de las transformaciones energéticas que tienen lugar en la instalación, hasta su conversión en Energía eléctrica; de sus componentes principales, condiciones de instalación, curvas características, rango normal de operación y de su utilidad; así como de sus aplicaciones en determinados aprovechamientos hidro-eléctricos, del porqué del perfil de sus canchilones o cazoletas y del porqué ocurre la llamada velocidad de Destoque y lo que ocurre al llegar a élla, finalmente de la aplicación práctica del momento de la cantidad de movimiento en el sistema.

GENERALIDADES: Una turbina es una máquina hidráulica que transforma la Energía Potencial del agua en Energía mecánica, la que se utiliza para mover un generador y así convertir la Energía Mecánica en Eléctrica.

Existen dos clases de turbinas: De Impulso y de Reacción, la Turbina Pelton es de las denominadas de Impulso; ésta se encuentra alimentada por unos dispositivos llamados chiflones y el número de éstos puede ser de uno hasta seis, según el caso, los chiflones dirigen el agua hacia los canchilones, éstos son tangenciales a la rueda. El agua después que sale del chiflón se encuentra a la presión atmosférica. La Turbina Pelton a diferencia de las turbinas de Reacción no cuenta con tubo de Succión

A continuación se muestra un esquema de una Turbina Pelton.



- i) La velocidad normal de operación (Nn) y la potencia normal de operación (Fn).
- j) Una tabla de RESULTADOS como la que se indica al final.

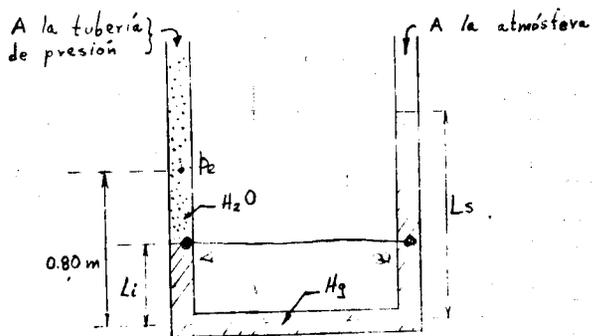


TABLA DE RESULTADOS

Abertura Lectu	n	Q	pe	v	H <sub>in</sub>	Ph	Pf	$\eta$
	rpm	m <sup>3</sup> /s	bares	m/s	m	KW	KW	%

k) Conclusiones, incluyendo la comparación de las curvas características obtenidas en la otra turbina (si ya la hizo)

- l) La aplicación de las curvas obtenidas.
- m) Memoria de cálculo, que comprende todas las fórmulas utilizadas y unos cuantos cálculos numéricos, no todos.
- n) Respuesta a las preguntas formuladas a continuación de la tabla de resultados.

## BIBLIOGRAFIA SELECTA

- Mataix, Claudio, - Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, véase págs. 408-428, 444-454.
- Russell, George E, - Hidráulica véase págs. 399-436.
- Streeter, V. L., - Mecánica de los fluidos, págs. 506-516.
- Webber, N. B., - Mecánica de fluidos para ingenieros, págs. 287-291 y 297-315.

## CUESTIONARIO: (28)

- ¿Una turbina qué tipo de energía absorbe y qué tipo de energía entrega al sistema?
- ¿Cuales son los elementos principales de esta turbina?
- ¿Expresa matemáticamente el grado de reacción de una turbina.
- Según su grado de reacción se clasifican en dos grupos. ¿Cuales son éstos y a qué grupo pertenece la Rueda Pelton?
- ¿La denominación de turbina de impulso (o acción) obedece a que sólo ocurre impulso o es una mera convergencia, cumpliéndose también en esta máquina la tercera ley de Newton: Impulso-Reacción?
- ¿Cuales son las características significativas para poder distinguir esta turbina de impulso ó acción de las de reacción, en cuanto : a) la forma de la admisión del agua?  
b) presiones a la entrada, en el redete y a la salida de la turbina?
- Sin embargo, la clasificación más precisa de las turbinas hidráulicas se hace numéricamente, ¿cuál es ese parámetro y que variables controla?
- Un redete Pelton rápido ( $N_s = 48$ ) a ¿ qué tipo de caudales y alturas se adapta?

PARA SER LLENADA DURANTE LA PRACTICA, NO SE ENTREGUE.

TABLA DE DATOS

Lectura	n	F	Q	Ls	Li
	rpm	Kg	l/s	m	m

- 9.- Un rodete Pelton lento ( $Ns = 15$ ) ¿ a qué tipo de gastos y cargas se adapta?. ¿el decir lento ó rápido se refiere a las RPM de la máquina?
- 10.- ¿Cuál es el número máximo de Chiflones que puede llevar una Rueda Pelton y por qué?
- 11.- ¿Por qué es necesario un sistema de regulación de velocidad en las turbinas de las centrales Hidroeléctricas?
- 12.- ¿Para que rangos de Carga y Gasto se diseñan las ruedas - Pelton?
- 13.- ¿Cuál es la función del deflector en la Turbina Pelton?
- \*14.- Se tiene una carga neta de 440 m. y un gasto de 21  $m^3/s$ . El sistema tiene tres unidades (turbinas) en la casa de máquinas, que trabajan con una eficiencia de 86%. si  $n = 300$  rpm, determine el tipo de turbinas a usar en el sistema justificando su respuesta.
- Los rangos para clasificar las turbinas según su velocidad específica son:

$$10 < Ns < 50 \text{ Pelton}$$

$$50 < Ns < 400 \text{ Francis}$$

$$Ns > 400 \text{ Kaplan}$$

donde para el cálculo de  $Ns$ ,  $n$  está en rpm;  $P_f$  en CV y  $H_n$  en m.

"LA FELICIDAD NO DEPENDE DE LO EXTERNO  
SINO DE TI MISMO"

(Confucio)

$$F_{neta} = F - \text{tara}$$

## TURBINA KAPLAN

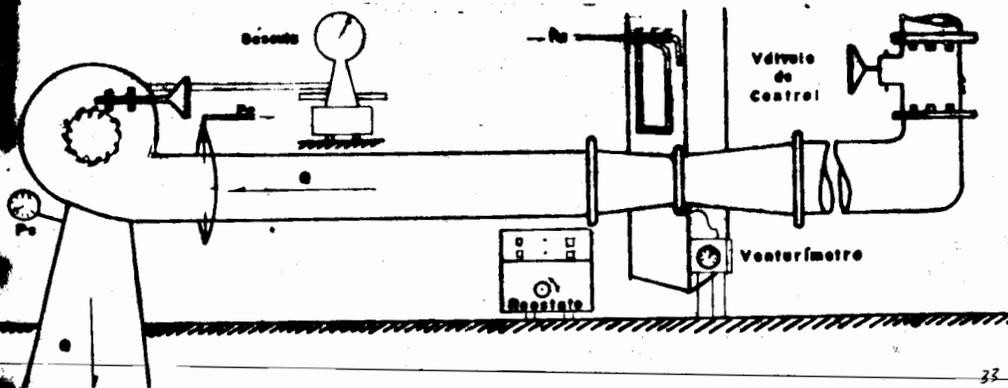
29

**OBJETIVO:** Conocimiento práctico de una Turbina de Reacción y del porqué de tal nombre, de su instalación para el aprovechamiento de la Energía Potencial del fluido, así como la secuencia de transformaciones de Energía hasta su final aprovechamiento como energía eléctrica; conocer las partes principales que la componen y de cómo el fluido al pasar por los álabes efectúa el cambio del momento de la Cantidad de movimiento, teoría en que se apoya dicha turbina.

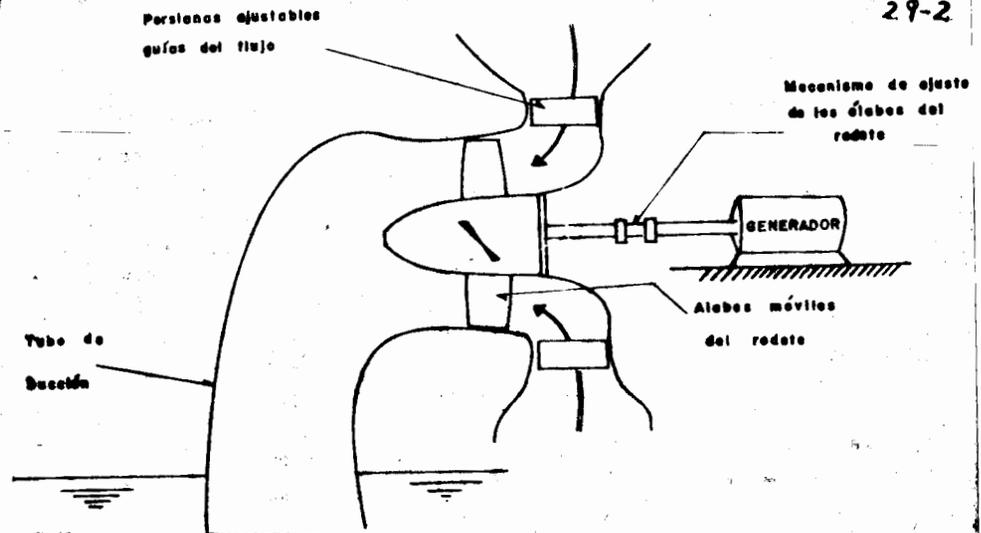
La utilidad de sus curvas características, los rangos de operación en cuanto a Gasto y carga y sus aplicaciones en aprovechamientos Hidro-Eléctricos. De la observación física de el fenómeno de Cavitación y del porqué de su ocurrencia, de las condiciones de instalación en el laboratorio, finalmente de cómo es posible aumentar la eficiencia de la máquina en base al mecanismo de variación de la orientación de sus álabes, y su comparación con la Turbina de Impulso, sus ventajas y desventajas.

Una Turbina Kaplan, es del tipo de Reacción, trabaja con grandes gastos y poca carga; El principio de funcionamiento es similar al de las Bombas Centrífugas. El rodete es análogo a la propela que utilizan los barcos, pero con la cualidad de poder variar el ángulo de sus aspas o álabes, esto aunado al distribuidor de flujo a la entrada del rodete, denominado periciana FINK, también móviles, permite obtener grandes eficiencias, aún cuando las condiciones de gasto o demanda energética varían.

DIAGRAMA DE INSTALACION EN EL LABORATORIO



29-1



29-2

### Análisis práctico:

#### a) Funcionamiento de la turbina.-

- 1.- Se arrancan las dos Bombas de Pozo Profundo marcadas "TURBINA KAPLAN" en los arrancadores de bombas al fondo de el laboratorio, SUBIR PRIMERO LAS PALANCAS Y LUEGO OPRIMIR EL BOTON DE ARRANQUE.
- 2.- Habiendo girado PREVIAMENTE la llave de consola, oprimir el boton de MARCHE.
- 3.- Se quitan los seguros de la báscula y se mide la tara.
- 4.- Se abre la válvula de control (10 vueltas).
- 5.- Se fija un ángulo de los álabes directores por medio de un volante situado a un lado de la voluta (se recomiendan aberturas en 4, 8 y 12 divisiones).
- 6.- Ajustando el reóstato se fija una velocidad angular. (rango de velocidades de trabajo 500-1900 R.P.M).
- 7.- Una vez establecido el flujo y la velocidad angular (n), se toman las lecturas del gasto (Q), la presión de succión (ps), la presión de entrada (pe) y la fuerza (F) ejercida por la palanca, cuya longitud es de 0.70 m. sobre báscula.

- 8.- Se modifica la velocidad angular y se toman nuevamente todas las lecturas correspondientes  $n$  (en RPM),  $Q$  (lt/seg),  $p_s$  (en cm. de Hg),  $p_e$  (en m. de  $H_2O$ ) y  $F$  (en kg). (Mínimo 6 diferentes velocidades).
- 9.- Una vez hechas las lecturas para diferentes velocidades hasta llegar a la de desboque (carga mínima), se cambia el ángulo de los álabes directores (abertura) y se repiten los pasos 6 y 7; hacer ésto tantas veces como curvas se requieran (mínimo 3). Y para cada curva tomar lecturas a seis velocidades diferentes.

Para facilitar la anotación de lecturas se recomienda usar la tabla siguiente: **LLENARSE DURANTE LA PRACTICA**

Abertura	Lectura	$p_s$ (cm Hg)	$p_e$ (cm Hg)	$Q$ (Lt/seg)	$F$ (kg)	$n$ (RPM)

- b) Visualización de cavitación: (Nota, no se efectuará, sólo responde las preguntas)
- ¿Qué es la cavitación? ( $R_1$ )
- ¿Cómo se produce? ( $R_2$ )
- ¿Qué efectos ocasiona? ( $R_3$ )

La cavitación se logra cuando la dirección de las líneas del flujo no son paralelas al perfil de los álabes, ocasionando en algunas secciones, incrementos de velocidad que hacen bajar la presión en algunos casos a un valor menor al de vaporización del agua, resultando formación de burbujas y zonas de presión fluctuante, sometiendo a grandes esfuerzos a la máquina y produciendo daños a la misma.

PRECAUCION: DADO QUE LA CAVITACION ES NOCIVA, EFECTUESE POR BREVE TIEMPO

Para visualizar la cavitación utilizamos un estroboscopio, en el que se hace coincidir la frecuencia de destellos con la velocidad del rodete, el fenómeno se puede captar entonces como estático, aunque permanezca en movimiento.

COMO PARAR LA TURBINA: Cierre totalmente la válvula de control, oprimir el botón rojo de la consola (arret) y gire la llave en sentido opuesto al de las manecillas del reloj. PARE las dos bombas de pozo profundo oprimiendo los botones de "parar" y bajando las palancas de los interruptores.

El alumno deberá calcular:

- 1.- La velocidad  $V$  (m/seg). (Diámetro interior de la turbina = 24.5 cm).
- 2.- La carga neta  $H_n$  (m).

- 3.- La Potencia hidráulica ( $P_h$ ) en Kw.
- 4.- La Potencia al freno ( $P_f$ ) en Kw.
- 5.- La eficiencia  $\eta$  en %.
- 6.- Graficar en papel milimétrico las curvas características de  $P_f$  contra ( $n$ ), trazando también las curvas de ISOEFICIENCIA, anotando la eficiencia calculada en cada punto e indique COMO ES QUE LAS OBTUVO.
- 7.- La velocidad específica tipo ( $N_s$ ).
- 8.- Determinar la velocidad normal de operación ( $n_n$ ) y la potencia normal de operación ( $P_n$ ).
- 9.- Llenar una tabla como la siguiente:  
Nota:  $F_{neta} = F$  (leída) - Tara (peso del brazo de palanca, - cuando la turbina está parada.

Abert.	Lect.	Q	$p_s$	$p_e$	$H_m$	$F_{neta}$	V	$P_f$	$P_h$	$\eta$
		$m^3/seg$	$m H_2O$	$m H_2O$	$m H_2O$	N	$m/seg$	KW	KW	%

- 10.- Conclusiones ,incluyendo la comparación de las curvas características obtenidas en la otra turbina (si ya la hizo).
- 11.- Teoría sobre el funcionamiento y aplicación de éste tipo de turbina y su descripción, así como la aplicación de las curvas obtenidas.
- 12.- Respuestas al siguiente cuestionario.

## CUESTIONARIO : (29)

1. ¿Qué valor tiene el grado de reacción para la turbina Kaplan y en conclusión de qué tipo es?
2. ¿Qué características significativas distinguen a las turbinas de reacción en cuanto a: a) admisión del caudal  
b) presiones a la entrada, en el rodete y a la salida. Haga un diagrama de presiones en los puntos.
3. ¿Qué función desempeña el tubo de succión en esta turbina y qué beneficios energéticos proporciona?
4. ¿Cuál es la utilidad de la orientabilidad de los álabes del rodete en función del diagrama  $\eta$ -Q?
5. ¿Es reversible esta turbina? ¿Si es así, cuál es su aplicación industrial?
6. Describa generalidades de una turbina Déries.
7. Describa esquemáticamente el mecanismo de orientación de los álabes de un rodete Kaplan.
8. ¿Cuál es el récord actual en cuanto a carga ( $m$ ) y gasto ( $Q$ ) en  $m^3/s$ , que se ha logrado con esta turbina?
9. ¿Cuáles son las tendencias actuales en la construcción de turbinas cada vez más económicas?
10. ¿Si comparamos una turbina Francis y una Kaplan, en qué difieren?
11. ¿Qué energía aprovecha una turbina Bulbo?
12. ¿Hablando de mareas, qué entiende por: a) oscilación mensual, altura unitaria y amplitud de las mareas?
13. De las características de la central de La Rance, Francia. (No. de unidades, capacidad instalada, carga neta, gasto, diámetro de los rodetes, etc.).

BIBLIOGRAFIA SELECTA

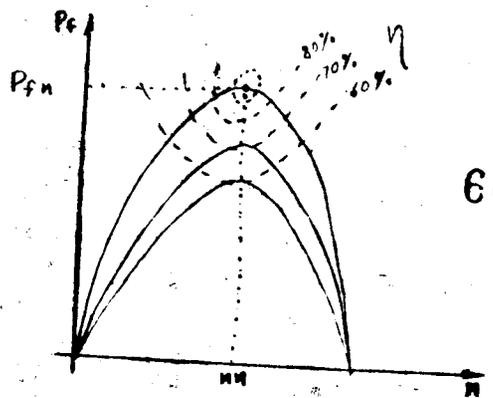
- Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos ..., págs. 294-300 y 381-385.
- Streeter, V. L., Mecánica de los fluidos, págs. 506-511, 516-523 y 537-541.
- Russell, George, Hidráulica, págs. 437-488.

\*14. Si se tiene una carga neta de 50 m, un gasto total de 1 800 m<sup>3</sup>/s y se instalan dos unidades (turbinas) con una eficiencia del 92% y giran a 300 rpm. ¿De qué tipo serían las turbinas? Recuerde que el parámetro que define el tipo de máquina a usar es la velocidad específica.

$$N_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

- Pelton  $N_s < 50$
- Francis  $50 < N_s < 400$
- Kaplan  $N_s > 400$

donde: n en rpm  
P en CV  
H en m



605618



FACULTAD DE INGENIERIA

TURBOSOPLADOR 210

OBJETIVO: Conocimiento práctico del funcionamiento de las turbomáquinas; obtención de sus curvas características, así como su utilidad.

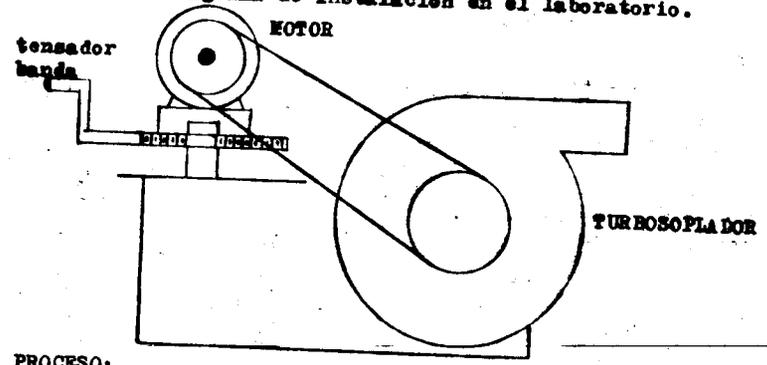
Determinación del punto de máxima eficiencia así como su velocidad específica tipo y rango normal de operación.

Conocer físicamente los conceptos de carga estática y carga dinámica.

Manejo de un fluido compresible y empleo de la ecuación de estado. Uso del barómetro de Fortin.

GENERALIDADES: El turbosoplador es una máquina empleada para bombear gases usando el mismo principio que las bombas centrífugas. Vea la práctica Bomba centrífuga de flujo radial.

Diagrama de instalación en el laboratorio.



PROCESO:

1. Colocar y tensar (no demasiado) la banda, de tal modo que el impulsor trabaje a la velocidad mínima.  
NOTA: Medir la velocidad angular para cada cambio, sea de tapas o de poleas, pues varía en cada caso.
2. Tomar la temperatura ambiente y la presión barométrica en el cubículo del laboratorio.
3. Arrancar el turbosoplador.

4. Medir la presión de descarga con el piezómetro; la carga total (dinámica mas estática) con el tubo de Pitot (IMPORTANTE: la punta del tubo de Pitot debe estar al mismo nivel de la placa de salida); la velocidad angular del impulsor por medio de un tacómetro y la potencia al freno Pf con el wattmetro. La abertura de salida (sin placa) es de 8 x 12 cm.
5. Obstruir con la placa 1 la salida del turbosoplador y medir la presión de descarga, carga total y potencia al freno. Hacer lo mismo para las diversas placas que se tengan.
6. Parar el turbosoplador, cambiar a la siguiente posición la banda y tensarla.
7. Seguir la secuencia de los puntos cuatro, cinco y seis, hasta abarcar el rango de velocidades que se pueden obtener con el juego de poleas.

Para determinar la densidad del aire usamos la ecuación de estado  $\frac{p}{\rho} = rT$ ; donde p es la presión de descarga absoluta ( $p_d + p_{atm}$ ) en  $N/m^2$ ;  $\rho$  la densidad del aire; r constante del aire =  $287.5 \text{ Nm/Kg}^\circ\text{K}$  y; T la temperatura absoluta ( $^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273$ ). Conocida la densidad obtenemos  $\omega = \rho g$ .

Sugerimos anotar sus datos en una tabla como la siguiente:

Temperatura:  $^\circ\text{C}$ .

n	Abert.	pd		carga total		Pf		
		rpm	$m^2$	Ls(m)	Li(m)		Ls(m)	Li(m)

Puesto que la carga total es igual a la carga estática mas la carga dinámica ( $H_t = H_{est} + H_{din}$ ) podemos conocer la carga dinámica y de ahí obtener la velocidad mediante la expresión

$$v = \sqrt{\frac{2g\omega_{\text{agua}}}{\omega_{\text{aire}}}(H_{din})}$$

#### QUESTIONARIO : (210)

1. ¿Qué tipo de energía absorbe y qué tipo de energía devuelve un turbosoplador?
2. ¿Qué consideración se hace para poder aplicar la teoría de la bomba centrífuga que maneja fluidos incompresibles, al turbosoplador que maneja un fluido compresible?
3. De las aplicaciones principales de un turbosoplador.
4. Según la presión a desarrollar, ¿qué clasificación general se hace de los ventiladores?
5. En cuanto a la dirección del flujo, ¿cuantos tipos de ventiladores existen y qué características generales presentan?
6. Los impulsores de un turbosoplador pueden tener ángulos
  - 2  $90^\circ$ , cosa que no es posible en una bomba centrífuga; ¿explique por qué razón?
- \* 7. Explique (usando diagramas) la diferencia esencial entre la curva característica de un turbosoplador y la de una bomba centrífuga.
- \* 8. Describa brevemente las partes principales de esta máquina y la función que desempeña cada una de ellas.
- \* 9. ¿Qué es carga estática, carga dinámica y carga total?
10. Un ventilador aspira aire a una temperatura de  $23^\circ\text{C}$  a una presión de 725 mm Hg; lo envía por un conducto de  $A=1/4 \text{ m}^2$ , se tiene un tubo piezométrico a la salida marcando 75 mm de agua y un tubo Prandal marcando 88 mm de agua.
 

Calcule:

  - a) La presión estática, dinámica y total en m de aire.
  - b) El gasto de aire que proporciona el ventilador.
  - c) La potencia suministrada por el ventilador.

Calcular ahora la carga total  $H_t$  en m de aire.

"CADA INDIVIDUO OCUPA UN LUGAR  
DETERMINADO EN EL MUNDO  
Y ES IMPORTANTE EN ALGUNA  
FORMA U OTRA,  
LO DESEE O NO."

HANTHORNE

TABLA DE RESULTADOS

n	Abert.	Pf	$\omega$	v	Q	Ph	$\eta$
rpm	m <sup>2</sup>	KW	N/m <sup>3</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	KW	%

EL REPORTE COMPRENDE:

- Memoria de cálculo.
- Curvas características y de isoeficiencia ( $H_t-Q$ )
- Velocidad específica tipo  $N_s$ .
- Velocidad normal de operación  $N_n$ , carga normal de operación  $H_n$  y gasto normal de operación  $Q_n$ .
- Resumen de resultados en una tabla, como se indica arriba.
- Respuesta a las preguntas del cuestionario.
- Aplicaciones.
- Conclusiones y observaciones.

BIBLIOGRAFIA SELECTA

Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y ..., págs. 392-407.  
Streeter, V. L., Mecánica de los fluidos, págs. 523-533.

GOLPE DE ARIETE.

211

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio que ocurre al producirse un cambio brusco en la velocidad de un fluido, generalmente provocado por el cierre rápido de una válvula. Esto ocasiona un aumento de presión que, si no se toman las medidas precautorias necesarias, puede producir daños al sistema hidráulico de que se trate.

En el laboratorio tenemos un sistema con las características siguientes:

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

NOTACION:

- L Longitud de la tubería. = 63.48 m.
- D Diámetro de la tubería. = 0.0127 m.
- d Espesor de la tubería. = 0.00119 m.
- $\rho$  Densidad del agua = 1000 Kg/m<sup>3</sup>.
- v Velocidad del agua.
- k Módulo volumétrico del agua =  $21.6 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>.
- E Módulo elástico de la tubería. =  $11.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>.
- p Presión.
- c Celeridad de la onda.

g Aceleración de la gravedad.

$\Delta v$  Variación de velocidad.

FORMULAS:

$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho \left(1 + \frac{D}{E} \frac{k}{E}\right)}}$$

$$\Delta p = v \sqrt{\frac{k\rho}{1 + \frac{Dk}{E}}} = \frac{c}{g} \Delta v$$

OPERACION:

- Se conectan los cables en los enchufes marcados Input en el osciloscopio al marcado Oscilloscope transducer en la caja de control y el cable marcado external trigger del osciloscopio al marcado oscilloscope transducer en la caja de control.
- Prenda la batería del transductor en la caja de control.
- Coloque el control volts/cm en 20 mv. y el control

time/cm en 50 ms del osciloscopio.

4. Prenda la pantalla con el botón BRILLIANCE FOCUS y regule la brillantez, que no debe ser excesiva. El botón STABILITY sirve para regular la señal del osciloscopio.
- Nota: el botón inferior izquierdo debe estar siempre en DC.
5. Abra la válvula bypass y la válvula de alimentación del aparato. Abra la válvula outlet y cierre la válvula bypass; deje correr el agua unos minutos para eliminar el aire del sistema. Cierre la válvula outlet.
  6. Se procede a la calibración del transductor, variando la presión en el manómetro por medio de la válvula outlet y haciendo ajustes con la parte roja del botón variable (volts/cm) del osciloscopio, de manera que en la escala "Y" un centímetro equivalga a dos o tres bares.

IMPORTANTE: NO EXCEDER EL GASTO DE 0.1 litros/s.

7. Una vez calibrado el transductor se procede a cerrar la válvula del solenoide y observar el fenómeno en el osciloscopio. Para examinar las ondas de presión con más detalle se puede incrementar la escala de time/cm a veinte.
8. El gasto se obtiene mediante una probeta graduada y un cronómetro.

#### USO DE LA CAMARA:

Una vez conectado al osciloscopio el aditamento respectivo para fotografiar la gráfica, debe hacerse en el siguiente orden:

1. Presione el botón rojo de la cámara, manteniéndolo en esa posición.
2. Tan rápido como sea posible cierre la válvula del solenoide (al tiempo calculado para que pase la señal).
3. Después de un segundo suelte el botón rojo de la cámara.
4. Suelte la válvula de solenoide.

#### CUESTIONARIO: (211)

1. ¿Qué entiende por golpe de ariete?
2. ¿Cuándo se produce un golpe de ariete negativo?
- \*3. Teóricamente éste sería un movimiento oscilatorio permanente, sin embargo, en la práctica éste no lo es. ¿A qué factores se debe? ¿en qué otra forma de energía se transforma la energía de presión?
4. Si L es la longitud de la tubería y C la celeridad de la onda y se sabe que el periodo del fenómeno es  $T = \frac{4L}{C}$ .  
Explique con un diagrama los pasos para llegar a esta fórmula.
5. ¿Cómo puede ser el cierre de una válvula según los estudios de Joukowski y Allievi, exponga sus fundamentos.
6. ¿Cuál es la ecuación de sobrepresión en cierre lento de una válvula y qué conclusiones importantes se sacan de tal ecuación?
7. ¿Cuáles son las medidas precautorias para evitar los efectos nocivos del golpe de ariete?
8. ¿Qué tipo de válvulas se utilizan para regular el gasto cuando la presión es elevada y por qué?
9. ¿Qué es un pozo de oscilación y cuántos tipos hay?
- \*10. ¿Puede producirse el golpe de ariete en un cierre gradual de una válvula y en una apertura?
- \*11. Indique el perfil aproximado de sobrepresión obtenido del osciloscopio y el de la apertura instantánea de la válvula solenoide, en un plano presión - tiempo y compárelas.

## EL REPORTE COMPRENDE:

- Cálculo analítico del incremento de presión al producirse el golpe de ariete y comparación con los resultados prácticos.
- Aplicaciones del conocimiento de este fenómeno.
- Respuesta a las preguntas del cuestionario.

## BIBLIOGRAFIA SELECTA

- Giles, Ronald V. , Mecánica de los fluidos e hidráulica, págs. 217-220.
- Mataix, Claudio, Mecánica de fluidos y ... , págs. 287-294 y 385-386.
- Russell, George E. , Hidráulica, págs. 304-311.
- Streeter, V. L. , Mecánica de los fluidos, págs. 634-664.
- Webber, N. B. , Mecánica de fluidos para ingenieros, págs. 147-159 y 290.

2 . 12

RESULTADOS

212

Una vez realizadas las prácticas correspondientes a Bomba Centrífuga Radial, Axial vertical, y Flujo mixto, se realizaron en ésta práctica algunas comparaciones útiles entre ellas, así como la mejor solución al problema planteado posteriormente.

Con el criterio para determinación de Velocidad Específica de Gasto en G.P.M. , Carga en pies y rev. en R.P.M., Traza de éstas prácticas la curva característica que resultó con máxima eficiencia, así como el punto de mayor eficiencia (de las curvas de iso-eficiencia) ; Confirme a la vel. específica que se obtuvo para tal punto traza aprox. el perfil del impulsor a que corresponde.

Si variamos en + y - el gasto en un 20% (el normal de operación) determina la carga total  $H_t$  correspondiente así como la  $\eta_t$

Del analisis anterior deduce cuál trabajaría mejor con tal variación de gasto. así como la potencia necesaria del motor de bomba

Problema. Se requiere una carga total de 58 m. , y cuentas con éstas tres bombas. ¿Sería correcto instalarlas en serie?, ó en su defecto ¿funcionarían en paralelo?

¿Cuál es el requisito indispensable para poder acoplar Bombas en serie y/o en paralelo?

Problema. Se requiere una carga de 60 m. y en el almacén cuentas con 6 Bombas de cada uno de los tipos que existen en el laboratorio, (Axial vertical, radial y Flujo mixto) . En estas condiciones encuentra la solución más económica consultando tus diferentes soluciones a los fabricantes de bombas para comparar cotizaciones.

Bibliografía M. Viejo Zubicaray Bombas  
R. Rincón Gutierrez Apuntes de Mec. Fluidos II  
Igor Karassik Bombas Centrífugas