



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TÍTULO DEL TEMA ESCRITO

TESIS

*DISEÑO DE MATERIAL AUDIOVISUAL SOBRE BOMBAS PARA EL APOYO DE LA ENSEÑANZA DE LA
MATERIA DE INGENIERIA DE FLUIDOS*

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

OSCAR HUGO MIRANDA MÉNDEZ



MÉXICO, D.F.

AÑO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: VALIENTE BARDERAS ANTONIO

VOCAL: Profesor: ORTIZ RAMIREZ JOSE ANTONIO

SECRETARIO: Profesor: MORALES CABRERA JUAN MARIO

1er. SUPLENTE: Profesor: BARRAGAN AROCHE JOSE FERNANDO

2° SUPLENTE: Profesor: VALLE ARIZMENDI LETICIA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

ANTONIO VALIENTE BARDERAS

SUSTENTANTE :

OSCAR HUGO MIRANDA MÉNDEZ

DEDICATORIA

A DIOS:

Por permitirme terminar una etapa de mi vida ya que sin Él nada puedo hacer, si este paso es una corona, es para Él y por Él. Te doy gracias Padre porque Tú me permitiste entrar a esta prestigiosa universidad y me diste la inteligencia y el conocimiento para pasar cada una de mis materias. Aunque en un momento de esta carrera me desanimé, tú me diste las fuerzas para seguir adelante y cumpliste tu maravillosa palabra sobre mí. Gracias Dios porque aunque muchas veces me sentí sólo siempre pude sentirte a mi lado, es una enorme bendición el poder estudiar y servirte al mismo tiempo, tú eres todo para mí y todos mis logros son tuyos Señor.

A MIS PADRES Y HERMANO:

Por ser un ejemplo para mi vida pues a pesar de las dificultades que hemos pasado siempre tienen la frente en alto para salir adelante, doy gracias por sus vidas pues mejores padres no pude tener, me han brindado su apoyo, dedicación, esfuerzo, sacrificios y sobre todo su enorme amor para conmigo, ustedes son un pilar fuerte y una inspiración para que haya logrado culminar mis estudios. Deseo que vean esta carrera como un fruto de su enorme esfuerzo porque gran parte de todo esto es de ustedes. Alaan espero que siga siendo un ejemplo para ti y que esto inspire tu vida para que llegues más lejos, gracias por tu apoyo y tu compañía porque sin duda siempre me has dado ánimos para seguir adelante.

A MIS MAESTROS:

Por enseñarme no sólo un conocimiento ingenieril, sino también el ser una buena persona para desarrollarme en el mundo laboral y personal. Dr. Antonio Valiente Barderas, por apoyarme en la elaboración de esta tesis y para poder tomar cursos de especialización de esta materia, sin su apoyo hubiera sido limitado este trabajo.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	6
2.- GENERALIDADES SOBRE BOMBAS.....	7
2.1- TIPOS DE BOMBAS.....	9
2.1.1 Bombas centrífugas:.....	10
a) Flujo radial.....	13
b) Flujo axial.....	16
c) Flujo Mixto.....	18
2.1.2 Bombas de desplazamiento positivo:.....	20
a) Bombas de émbolo alternativo:.....	21
1) De Pistón.....	21
2) De diafragma.....	24
3) Semirrotativas.....	26
b) Bombas de émbolo rotatorio.....	27
1) De paletas.....	28
2) De engranajes.....	31
c) Clasificaciones generales de bombas.....	34
3.- PROPIEDADES DE LAS BOMBAS.....	37
3.1 Presión.....	37
3.2 Cabeza de la bomba.....	38
3.2 Velocidad específica.....	47
3.3 Carga Neta Positiva de Succión (NPSH).....	54
3.4 Cavitación.....	64
3.5 Leyes de afinidad de bombas centrífugas.....	66
3.6 Operaciones en serie y en Paralelo.....	73

4.- DISEÑO DE MATERIAL AUDIOVISUAL.....	76
5.-RESULTADOS.....	80
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	84
7.-APENDICE I CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS DE BOMBAS.....	87
8.-APENDICE II EJEMPLO DE HOJAS DE DATOS DE BOMBAS.....	91

INTRODUCCIÓN

Una de las maneras más prácticas y mejores de aprender es teniendo un contacto visual con el objeto de estudio, si queremos aprender el funcionamiento de algún equipo industrial es necesario comprender su funcionamiento y esto se logra teniendo un contacto visual con el mecanismo que queremos estudiar y profundizar, incluso cuando se tiene únicamente la teoría pero no se tiene la práctica es muy difícil comprender el mecanismo de las cosas y por lo mismo cuando se presenta un problema es complicado poder resolverlo si no se tiene un concepto claro de las bombas, es por eso que esta tesis tiene como objetivo el realizar material de apoyo didáctico para la enseñanza de bombas en la materia de Ingeniería de Fluidos, a fin de que los estudiantes de la carrera de ingeniería química puedan aprender de una manera visual la aplicación, mecanismo y funcionamiento de los diferentes tipos de bombas que existen en la actualidad.

En este tiempo, es necesario utilizar los avances tecnológicos en la medida de la disponibilidad de ellos, el mundo está en un constante cambio y por lo mismo tenemos que ser adaptables a ellos, en la enseñanza es importante aplicar nuevas herramientas que permitan al estudiante aprender conforme a lo que se está viviendo en el mundo industrial, y por ello es óptimo que el estudiante tenga un contacto visual con los equipos con los que trabajará, en este caso, al momento de aprender el funcionamiento de las bombas es provechoso que las vea y tenga una idea más clara de su funcionamiento.

Se determinó hacer material audiovisual sobre el tema de “Bombas” ya que este es uno de los equipos industriales con los que mayormente se encuentra en contacto el Ingeniero Químico, por lo que independientemente del área en que se esté laborando es imprescindible conocer estos equipos y tener un concepto claro de los mismos.

GENERALIDADES SOBRE BOMBAS

Los fluidos utilizados en las industrias son movidos e impulsados a través de las tuberías y equipos por bombas, ventiladores, sopladores y compresores. Estos equipos tienen como finalidad dar la energía mecánica suficiente a la sustancia, aumentando su velocidad, presión y/o altura, es decir, transformar la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido. Los fluidos en las industrias se pueden clasificar en dos áreas generales:

- 1) Líquidos
- 2) Gases y vapores

Para cada tipo de fluido se utilizan un equipo en específico para darle la energía necesaria para moverlos de un lugar a otro, de tal manera que para los líquidos en general se utilizan las bombas, mientras que los ventiladores, sopladores y compresores son utilizados para mover Gases y vapores.¹

Uno de los equipos con mayor aplicación en la industria química y que frecuentemente está en contacto el ingeniero químico son las bombas. Estos equipos son utilizados para mover líquidos de un lugar a otro y tienen tres aplicaciones fundamentales las cuales se presentan a continuación:

- 1) Elevar un líquido de un nivel a otro.
- 2) Llevar un líquido de un tanque de menor presión a otro de mayor presión.
- 3) Llevar un líquido para vencer las fuerzas o pérdidas por fricción de un lugar a otro.

Es preciso aclarar que dependiendo del proceso que se tenga diferirá el tipo de bomba a seleccionar, es por eso que se necesita tener un amplio conocimiento del sistema. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: Presión de descarga, Presión del proceso, velocidad de

¹ Problemas de flujo de fluidos, segunda edición. Antonio Valiente Barderas, p.p 417.

bombeo y tipo de fluido a bombear. La selección de la bomba adecuada para cada sistema es fundamental ya que se pueden tener diferentes sistemas por consiguiente diferentes características que necesitamos cubrir tal como se cita a continuación: *“La selección de la bomba adecuada para cualquier aplicación entre la multitud de estilos, tipos y tamaños puede ser difícil para el usuario o el contratista de construcción. El mejor método es hacer investigaciones preliminares, llegar a decisiones básicas y selecciones preliminares y analizar la aplicación con el proveedor de la bomba.”*²

² Bombas, selección, uso y mantenimiento Kenneth J. p.p 3

Es de suma importancia que se conozcan los diferentes tipos de bombas, para tener un panorama general de las máquinas existentes, se presenta a continuación una clasificación de ellas de acuerdo a su mecanismo de operación, (cabe señalar que existen otro tipo de clasificación como por ejemplo por el tipo o aplicación específica, lo que puede provocar confusión entre los estudiantes sin embargo tomaremos en consideración las características generales de movimiento de los líquidos):

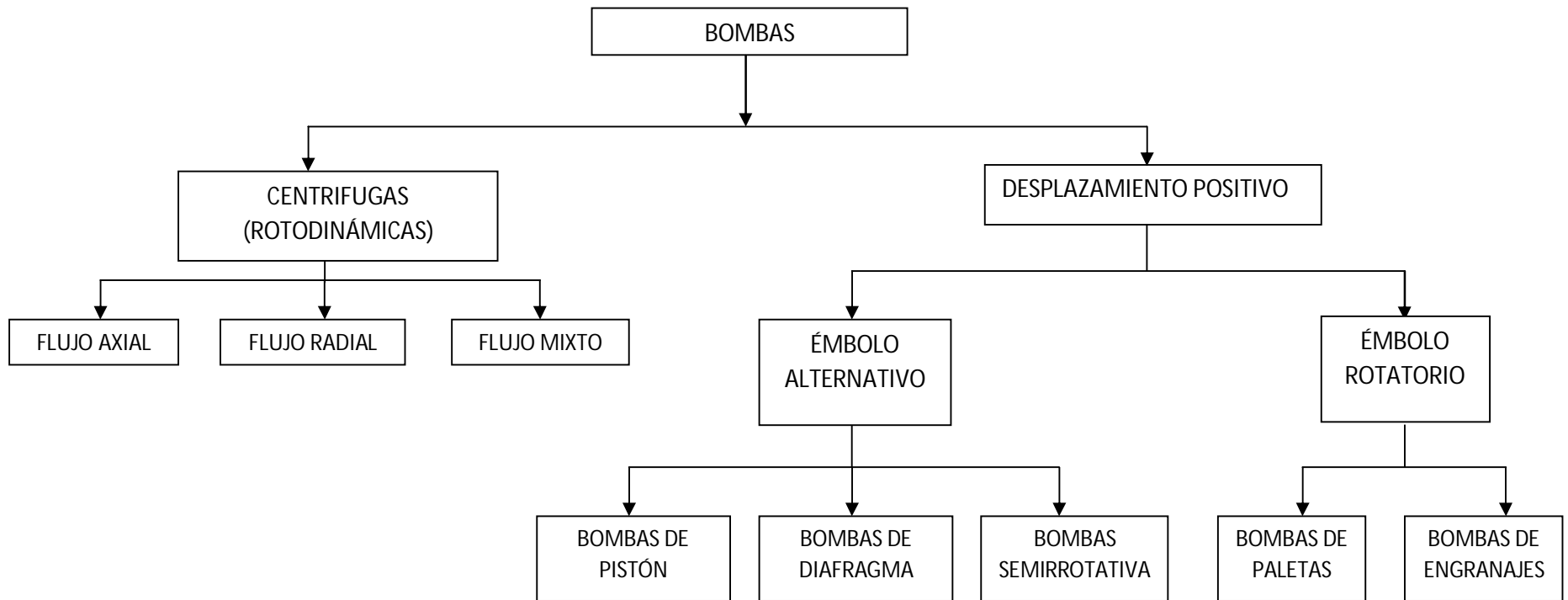


Figura 1. Clasificación general de bombas por su funcionamiento.

BOMBAS CENTRÍFUGAS (ROTODINÁMICAS)

Se denominan centrífugas debido a que la presión que generan en el fluido es atribuible a la acción centrífuga de la bomba, se denominan también rotodinámicas porque su movimiento es rotativo y la corriente es dinámica ya que esta juega un papel esencial en la transmisión de energía, constan de un elemento rotatorio el cual imparte velocidad al fluido generando presión, además de que en este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo, cabe señalar que el principio de su funcionamiento es debido al movimiento de la máquina intercambiado por el movimiento del fluido.. En las bombas centrífugas, los elementos constitutivos se suelen dividir en dos partes: el elemento rotativo y el sistema difusor, por esta razón, no se incluyen entre los elementos interiores a la bomba ni el tubo de aspiración ni el de impulsión del fluido, sino que los límites de batería los establecen las bridas de conexión con estos.

En este tipo de bombas la energía es comunicada al fluido por un elemento rotativo que imprime al líquido el mismo movimiento de rotación, transformándose parte en energía y parte en presión. El caudal a una determinada velocidad de rotación depende de la resistencia al movimiento en la línea de descarga. El elemento rotativo también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba conocida como difusor.

En bombas de alta presión puede emplearse varios rotores en serie, y los difusores posteriores a cada rotor pueden contener aletas de guía para reducir poco a poco la velocidad del líquido.

En bombas de baja presión, el difusor suele ser un canal en espiral cuya superficie transversal aumenta de forma gradual para reducir la velocidad. El elemento rotativo debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba. En general, las bombas rotodinámicas cuentan con una válvula en el conducto de salida para controlar el flujo y la presión.

En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor es en gran medida radial. En flujos más elevados y presiones de salidas menores, la dirección de flujo en el interior de la bomba es más paralela al eje del rotor (flujo axial). En ese caso, el rotor actúa como una hélice. La transición de un tipo de condiciones a otro es gradual, y cuando las condiciones son intermedias se habla de flujo mixto. Estas máquinas pueden subdividirse entonces en bombas de flujo radial, flujo axial y de flujo mixto (Figura 2.1).

Cuando se requiere una bomba para un proceso la bomba a utilizar no se diseña específicamente, sino que se elige normalmente, entre las disponibles, es decir la que mejor se ajusta a cada aplicación. Para hacer una selección preliminar de una bomba centrífuga, se pueden emplear representaciones gráficas aproximadas utilizadas en la literatura comercial, donde se encuentran curvas correspondientes a bombas de acuerdo a relaciones adimensionales. La variable que se debe conocer en todo proceso para la elección de una bomba es el caudal del fluido requerido y la altura de que la bomba debe comunicar a ese fluido.

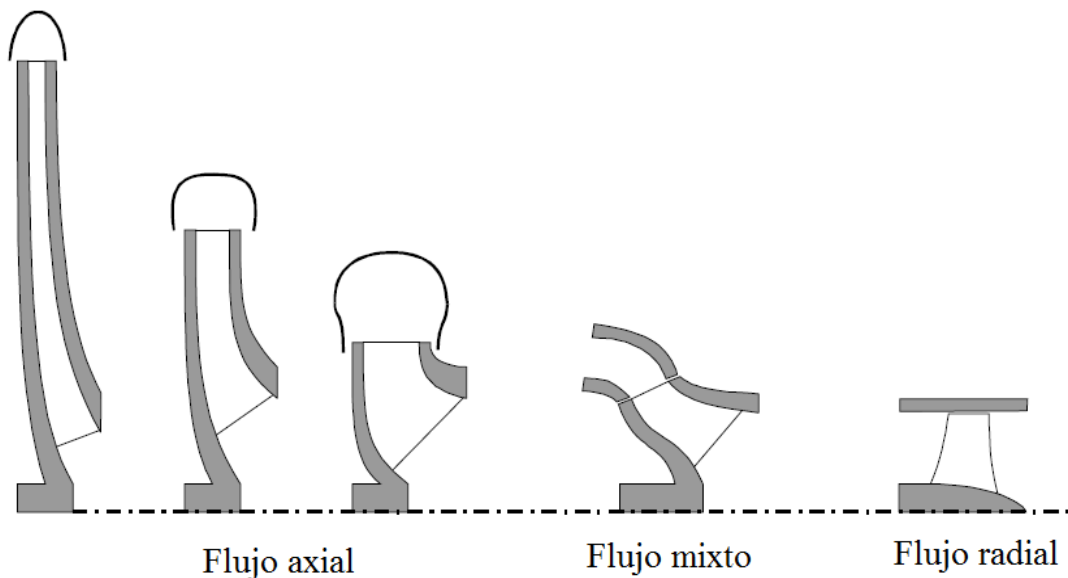


Figura 2.1 Perfiles de rodetes de bombas rotodinámicas.

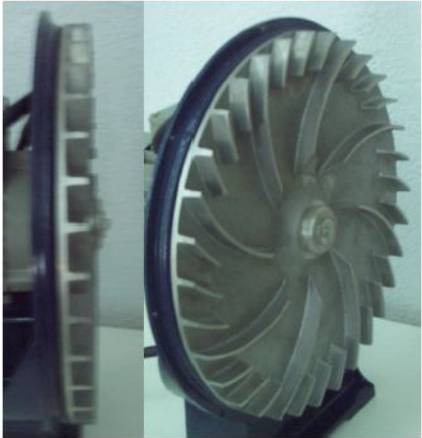


Figura 2.2. Vista lateral y de perfil de un rodete tipo hélice (flujo radial)

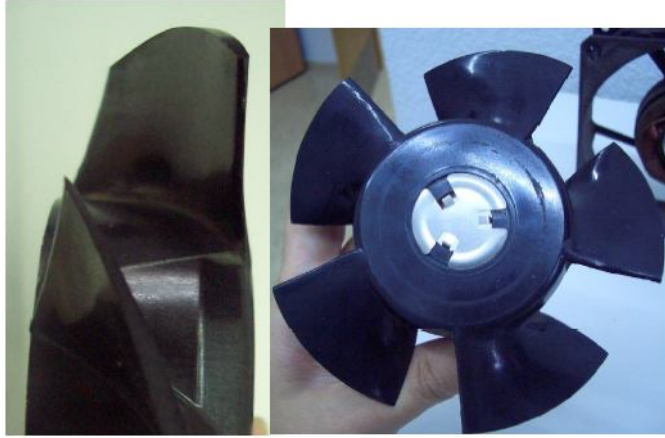


Figura 2.3. Vista de frente y de de un rodete de flujo axial.

Este tipo de bombas son los equipos más utilizados para desplazar líquidos a través de un sistema de tuberías, están accionadas principalmente por motores eléctricos así como por motores de combustión interna. Se estima que aproximadamente el 70% de la producción total de las bombas corresponde a esta división, es por ello que su importancia en su estudio.



BOMBAS RADIALES

Esta subdivisión comprende a las máquinas que están compuestas por un impulsor (rueda de paletas) perfectamente encajado dentro de una cubierta metálica, de manera que son capaces de impulsar al líquido que esté contenido dentro de la cubierta. El impulsor consiste en un cierto número de álabes curvados en dirección contraria al movimiento del fluido y colocados entre dos discos metálicos. El fluido entra por el impulsor y es arrastrada por los álabes y lanzada en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y energía cinética.

Las bombas de flujo radial se caracterizan por manejar un caudal pequeño pero una cabeza de presión alta comparada con las bombas de flujo axial, es por ello que son ampliamente utilizadas en procesos donde se requiere el transporte de flujo para poder vencer grandes alturas y distancias muy largas

Los elementos principales de una bomba centrífuga son:

- 1) Elementos fijos tales como: Cojinetes, carcasa y bases.

Cojinetes: Constituyen el soporte y la guía de la flecha, su función es soportar el peso de las partes rotatorias de la bomba.

Carcasa: Es la parte que cubre las partes internas de la bomba y sirve como contenedor del líquido que se impulsa, su función es la de formar un vacío necesario para poder impulsar el líquido.

Bases: Es la parte que está fija a una superficie, esta parte está atornillada o soldada con el propósito de montaje.

- 2) Elementos dinámicos constituidos por un impulsor y una flecha.

Impulsor: Es la parte que constituye el elemento más importante de la bomba para su funcionamiento, su función es la de recoger el líquido por la entrada de la bomba y lanzarlo con fuerza hacia la salida de la misma.

Flecha: Es una pieza de forma tubular en la que se sujetan todas las partes rotatorias de la bomba y su función es mantener alineadas las partes giratorias y transmitir el torque de giro.

Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden colocarse verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodets sucesivos en una mismo cuerpo de bomba, de esta manera se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos, a esto se le conoce como bomba multifásica o multietapa, estas bombas son capaces de alcanzar velocidades muy altas como 10000 rpm y tener la capacidad de bombear a alturas mayores de 1000 metros como por ejemplo para la alimentación de calderas.

Algunas de las ventajas de las bombas centrifugas son su fácil construcción, su precio económico y fácil manutención, pueden utilizarse con líquidos que contengan sólidos en suspensión, volátiles y fluidos hasta de 450°C, no alcanzan presiones excesivas y son adaptables a servicios comunes tales como suministro de agua, hidrocarburos, desecho de aguas residuales así como transferencia de productos en oleoductos, entre otros servicios.

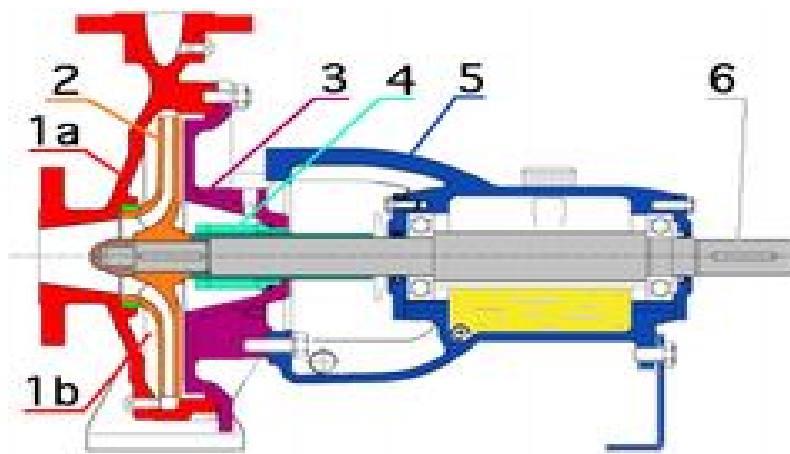


Figura 3.1 Corte esquemático de una bomba centrífuga.

1a. Carcasa, 1b Cuerpo de bomba, 2 rodete, 3 tapa de impulsión, 4 cierre del eje, 5 soporte de cojinetes, 6 eje.

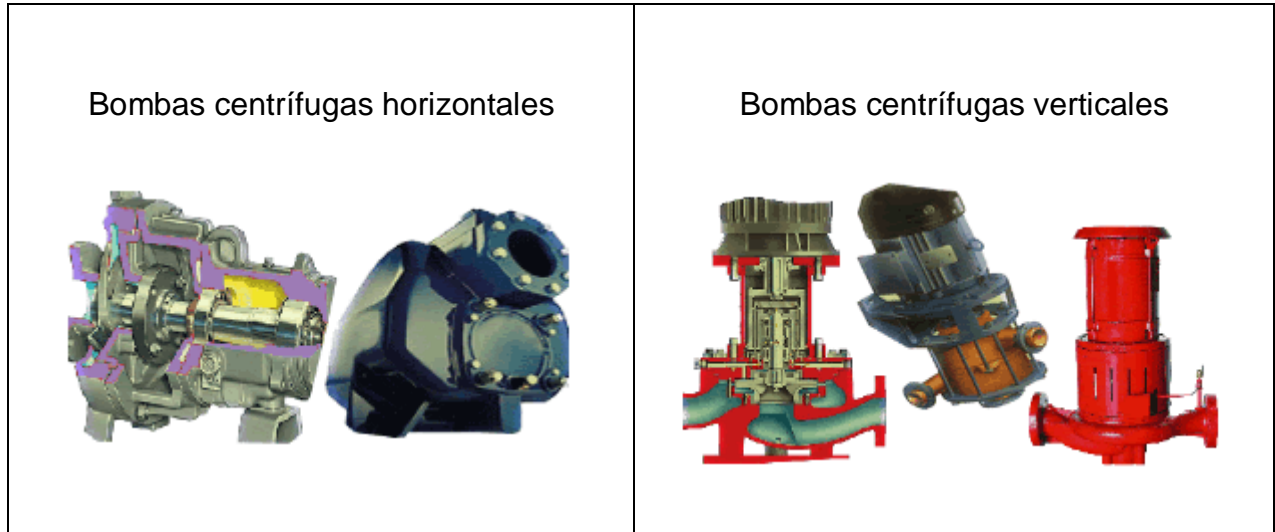


Figura 3.2 Bombas centrífugas de acuerdo a su posición.

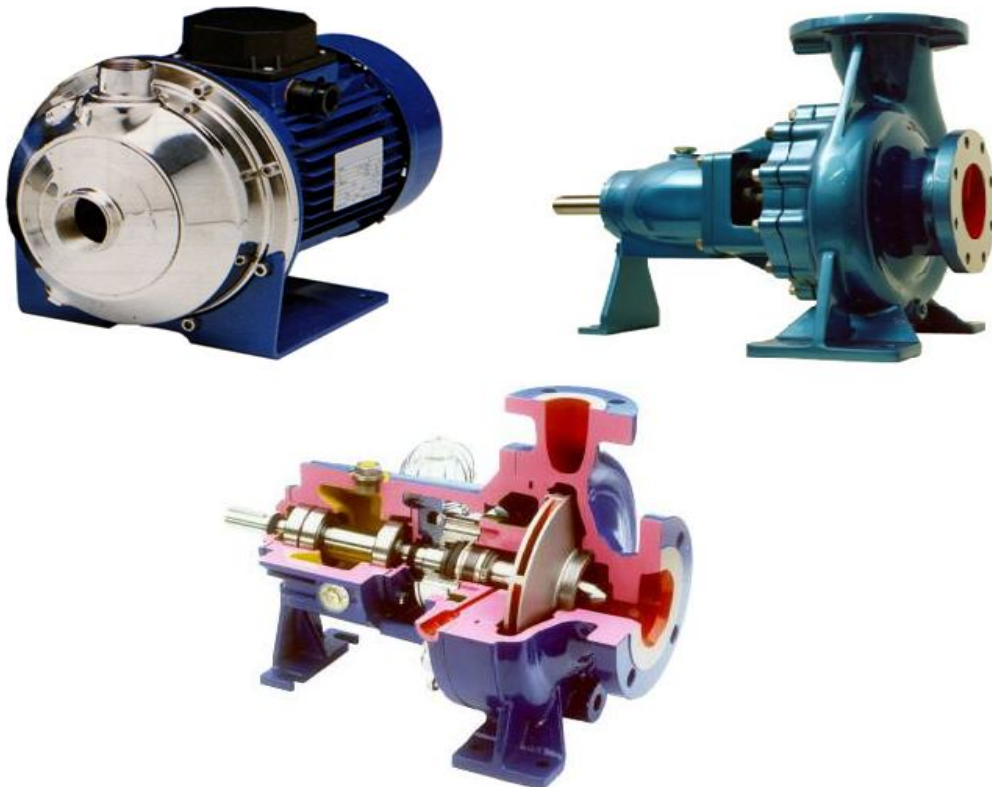


Figura 3.3 Bombas centrífugas utilizadas en la industria.

BOMBAS AXIALES

Las bombas de flujo axial se caracterizan porque el fluido sale en dirección axial, es decir, paralelo al eje que sostiene el impulsor que le da movimiento al fluido, este entra en dirección axial y la fuerza centrífuga no ejerce presión para impulsar el líquido, el ángulo de inclinación de las aspas ejercen influencia sobre el caudal de descarga ya que a menor ángulo, menor caudal para una velocidad dada. Estas bombas son utilizadas cuando la carga de la bomba debe ser aún menor en relación con el caudal, es decir, se usan para manejar grandes caudales de líquido contra cargas de bombeo relativamente pequeñas, además son adecuadas cuando hay que elevar un gran caudal a pequeña altura, se puede hablar de un rango de 7 y 10 metros.

Los impulsores en las bombas de flujo axial están diseñadas para que la velocidad del líquido a través de este sea la misma en todo momento es por eso que los ángulos de las aspas se incrementan gradualmente desde los extremos hasta el centro donde se conectan con el eje. Generalmente estas bombas se ubican suspendidas sobre el pozo de succión con una campana y el rodete sumergidos para evitar la succión.

Se utilizan principalmente para regadíos, drenaje de terrenos y la manipulación de aguas residuales, y su rendimiento es comparable con la bomba centrífuga ya que por su mayor velocidad relativa permite que la bomba sea pequeña y por lo tanto más barata.

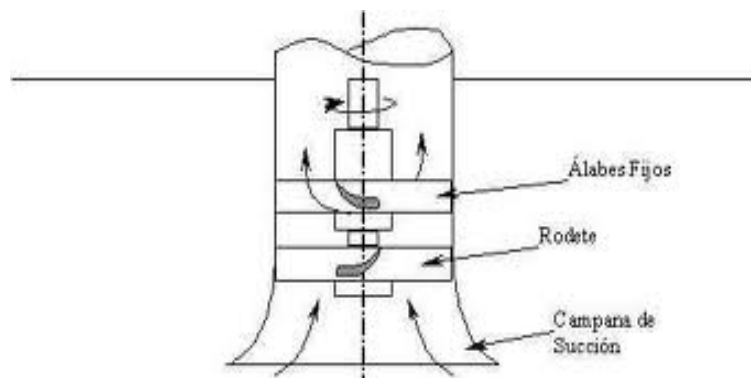
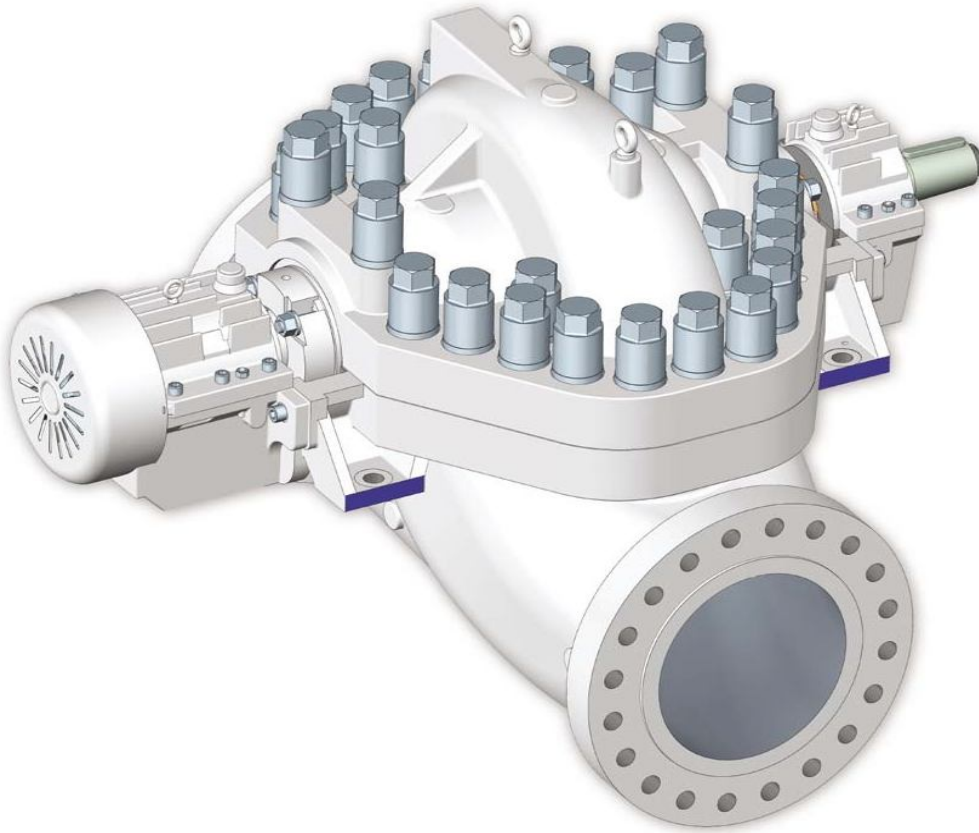


Figura 4.1 Bomba de flujo axial.



Figura 4.2 Bomba axial de 20",
Capacidad de 1000 Lts/seg, A 900 r.p.m ³



³ Fuente: <http://matamoros.olx.com.mx/bomba-axial-de-20-iid-1735043>

BOMBAS DE FLUJO MIXTO

Esta clasificación de bomba ocupa un lugar intermedio entre la bomba centrífuga y la de flujo axial debido a que su flujo es en parte radial y en parte axial, es decir, en forma de un cono coaxial con el eje del rodete y por lo tanto la trayectoria del fluido es una hélice cónica por lo que a esta bomba también se le conoce como bomba helicoidal. Estas máquinas desarrollan la presión parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. Se construyen dándole al impulsor una forma tal que las paletas ya no quedan dispuestas en forma radial, esto aplica cuando el caudal de la bomba es grande y el diámetro del tubo de aspiración también es grande, en relación con el diámetro que debe darse al impulsor para producir la carga requerida, cuando con un impulsor de flujo diagonal o mixto se requiere obtener un caudal mayor, en relación con la carga suministrada al fluido, el diseño del impulsor se modifica y se produce un rodete de tipo helicoidal.

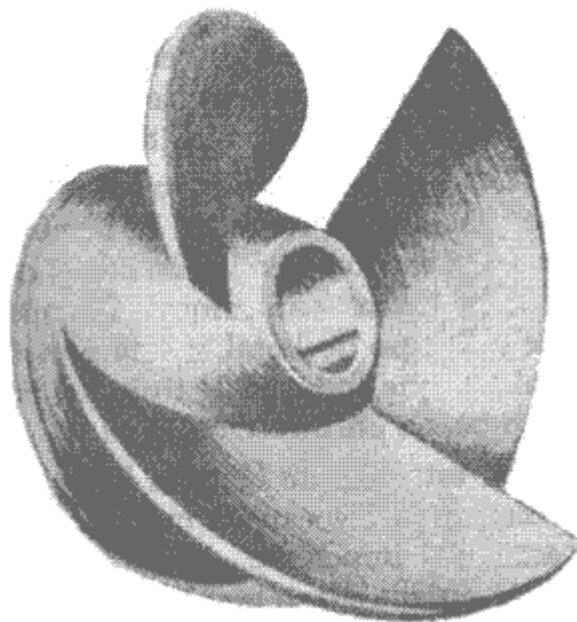


Figura 5.1 Rodete de tipo helicoidal.

Sus aplicaciones generalmente son para plantas de tratamientos de aguas, para control de inundaciones así como para el manejo de agua salada y agua de proceso para minas.



Figura 5.2 Bomba de flujo mixto⁴



Figura 5.3 Bomba de flujo mixto

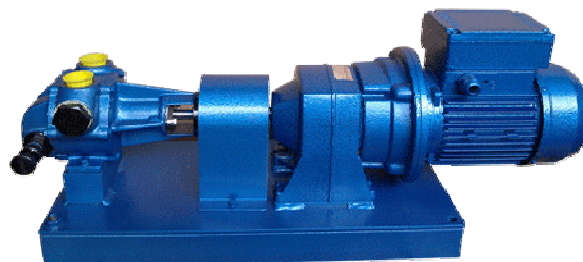
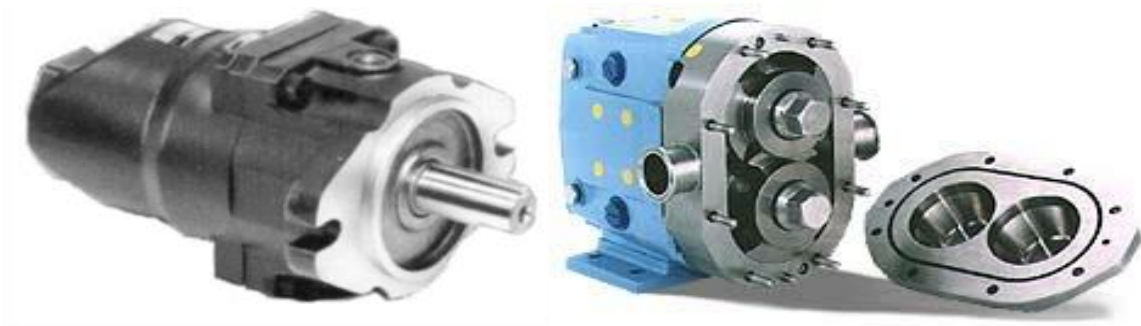
<http://www.inoxmim.com/pagina/bombas%20helicoidales%20aguas.html> febrero 2012

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Las bombas de desplazamiento positivo transportan líquidos pulsatoriamente mediante la acción de un pistón o una membrana que impulsa el líquido por presión sobre el mismo. Se denominan de desplazamiento positivo debido a que estas producen un caudal y lo sostiene contra la resistencia del circuito hidráulico, en cada ciclo, el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado de tal manera que el elemento que origina el intercambio de energía puede tener movimiento alternativo (émbolo) o movimiento rotatorio (rotor), cabe señalar que tanto en las bombas rotatorias como alternativas siempre cuentan con una cámara que aumenta de volumen y disminuye por lo que también se conocen como máquinas volumétricas.

Las bombas de desplazamiento positivo son de gran aplicación en plantas industriales, generalmente se utilizan como máquinas dosificadoras y se utilizan en muchas transmisiones y controladores.

Las bombas de desplazamiento positivo se clasifican en dos categorías: Bombas alternativas y bombas rotativas.



BOMBAS DE ÉMBOLO ALTERNATIVO

Estas bombas se les conocen también como “bombas de desplazamiento oscilante” ya que esta definición abarca mejor los diversos tipos de bombas de desplazamiento positivo, consisten en un pistón que tiene un movimiento de vaivén dentro de una cámara que mantiene un volumen variable, es decir, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente, sin embargo descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la carrera y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Las bombas alternativas no succionan el líquido como las bombas rotodinámicas, únicamente reducen la presión dentro de la cámara de succión y la presión externa, regularmente la atmosférica, empuja el líquido en la bomba.

Las bombas de émbolo alternativo están diseñadas sobre el fundamento del movimiento oscilante de un pistón que se desliza en un cilindro, en este tipo de bombas se pueden encontrar las de tipo *Pistón*, las cuales se distinguen por ser de gran tamaño con grandes diámetros interiores y capacidades, las de tipo *Ram* son aquellas de magnitudes medianas y las de tipo *Plunger* son las de pequeña capacidad y alta presión.⁵

Existen varios tipos de bombas alternativas sin embargo las principales son:

- a) Bombas de acción directa: Este tipo de bomba cuenta con una varilla común de pistón que conecta un pistón de vapor y uno de líquido, han sido utilizadas por mucho tiempo para diferentes servicios tales como la alimentación de calderas en presiones de bajas a medianas, manejo de lodos, bombeo de aceite así como de agua, se caracterizan por la facilidad de ajuste de columna, velocidad y capacidad
- b) Bombas de potencia: Estas bombas funcionan con un cigüeñal movido por una fuente externa. Regularmente se usan engranajes entre el motor y el

⁵ Manual de bombas, Luis Ma. Jiménez de Cisneros. p.p.13

cigüeñal para reducir la velocidad de salida del elemento rotor, se utilizan generalmente para servicios de alta presión y tienen algunos usos en la alimentación de calderas, bombeo en líneas de tuberías, procesos de obtención de petróleos y aplicaciones similares.

- c) Bombas de potencia de baja capacidad: Su uso principal es para controlar el flujo de pequeñas cantidades de líquido para alimentar calderas, equipos de procesos y unidades similares, la capacidad de estas bombas puede variarse cambiando la longitud de la carrera, es decir cambiando la longitud de desplazamiento del líquido.

Aunque las bombas de émbolo alternativo han sido suplantadas por las bombas roto dinámicas, aún pueden encontrarse algunas de ellas en operaciones industriales fundamentales.

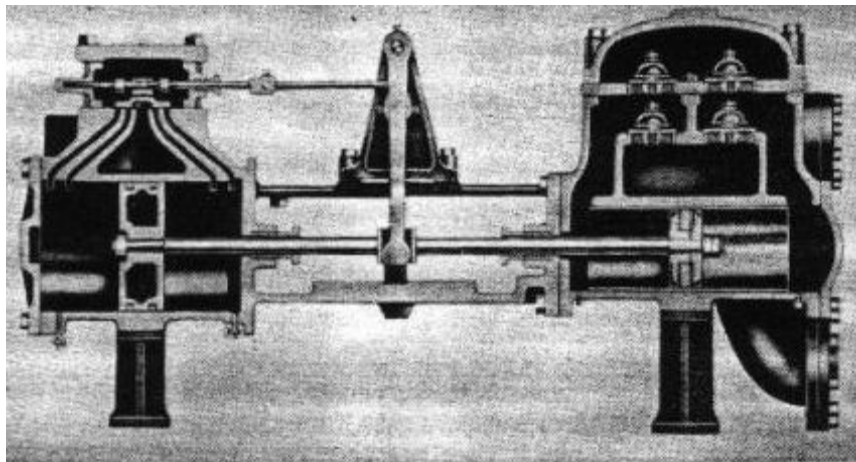


Figura 6.1 Bomba de émbolo alternativo de acción directa.

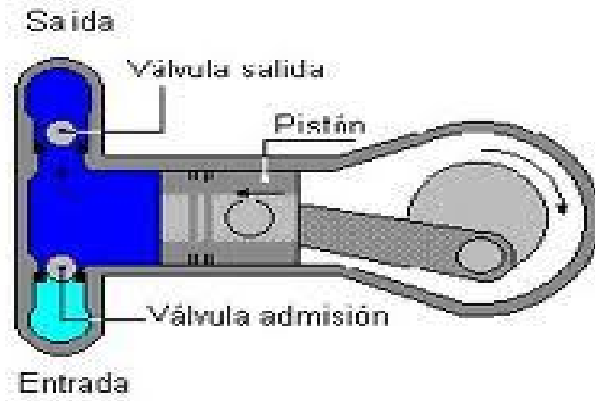


Figura 6.2 Bomba alternativa de potencia.



Figura 6.3 Bomba de pistones radiales



Figura 6.4 Bomba de pistón doble

BOMBAS DE DIAFRÁGMA

La bomba de diafragma es un tipo de bomba alternativa en la cual el aumento de presión se realiza por el empuje de unas paredes elásticas que varían el volumen de la cámara, aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente. Existen bombas neumáticas y eléctricas de doble diafragma, las cuales operan bajo el mismo fundamento, con la acepción de que cuentan con dos cámaras con un diafragma cada una, de forma que cuando una membrana disminuye el volumen de su cámara respectiva, la otra membrana aumenta el volumen de la otra y viceversa. Las ventajas de estas bombas se deben a que no contienen cierres mecánicos ni empaquetaduras causantes de muchas roturas de los equipos de bombeo, además, estas bombas no necesitan ser llenas de líquido para poder aspirar el fluido ya que aunque contenga aire la tubería de aspiración puede succionar el fluido.

Estas bombas son utilizadas para levantar combustible de los tanques posteriores de los automóviles a los carburadores de los mismos, son utilizadas para mover fluidos como ácidos, derivados de petróleo, disolventes, pinturas, en la industria alimentaria, y casi cualquier tipo de fluido, incluso son utilizados para bombeo de líquidos contaminados con sólidos tal como los lodos, aguas negras y similares.

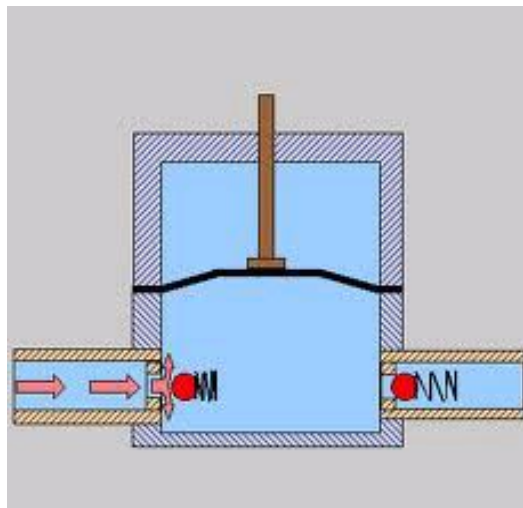


Figura 7.1 Bomba de diafragma.



Figura 7.2 Bomba de diafragma para manejo de combustibles de 1".⁶



Figura 7.3 Bomba de diafragma Murzan⁷.



Figura 7.4 Bomba de doble diafragma.

⁶ http://www.ahiton.com.ve/sp/product_info.php?cPath=116&products_id=154

⁷ <http://www.selsa.com/esp/bombas/bomdiafragma.html>

BOMBAS SEMIRROTATIVAS

Son bombas en las que las aletas montadas sobre un rotor ranurado crean una cámara fija que impulsa el líquido a bombear. Son bombas de caudal constante, robustas y de gran rendimiento, indicadas para el trasiego de líquidos no abrasivos y sin sólidos en suspensión. Pueden construirse con cámara de calefacción para el trasiego de toda clase de líquidos que necesiten ser calentados, tales como betunes, asfaltos, grasas, parafinas, etc. Las bombas semirrotativas suelen ser manuales, en las que se utilizan elementos de bomba alternativa, pero que se desplazan por accionamiento semirrotativo. Son las llamadas bombas de aletas (wing pumps).

Pueden ser de simple efecto, pero son más frecuentes las de “doble efecto” o “cuádruple efecto”.



Figura 8.1 Bomba de aletas K2⁸

⁸ <http://spanish.alibaba.com/product-free-img/k2-wing-pump-121216387.html>

BOMBAS DE ÉMBOLO ROTATORIO

Las bombas de émbolo rotatorio se caracterizan por generar presión a través de engranajes o rotores que impulsan periféricamente el fluido dentro de la carcasa cerrada. Se caracterizan por mantener un caudal uniforme y son utilizadas generalmente cuando se manejan caudales pequeños y líquidos viscosos. Se les denomina rotatoria o rotativa debido al movimiento del fluido que efectúan ya que traslada el fluido desde la aspiración hasta la salida de presión, dependiendo del elemento que transmita tal movimiento, se clasifican en bombas de engranajes o bombas de paletas

Estas bombas se construyen generalmente con dos émbolos rotativos convexos que giran sin rozamiento en los espacios cilíndricos de la carcasa de la bomba con un número determinado de revoluciones, durante el movimiento de los émbolos, aumenta el volumen de la cámara encerrado por émbolos en el lado de succión. La correspondiente presión negativa permite la alimentación de la bomba con el medio a bombear. En el interior de la carcasa los émbolos de rotación transportan el caudal bombeado a la cámara de salida por la que sale expulsado el fluido mediante desplazamiento positivo.⁹

Las ventajas de este tipo de bombas se aplican en la industria alimentaria debido a que al manejar caudales pequeños y fluidos viscosos se pueden manejar sustancias con ciertos sólidos. Además, debido a su relativa sencillez en cuanto a su construcción es más fácil su limpieza. Por último, este tipo de bombas siguen siendo auto-aspirantes incluso en seco.

⁹ <http://www.flowtech-pumpen.biz/spa/start/foerder.html>

BOMBAS DE PALETAS

Las bombas de paletas se utilizan generalmente en circuitos hidráulicos de diversas máquinas de movimiento de tierras. Son típicas en los sistemas hidráulicos de dirección de las máquinas. Estas bombas constan de un rotor ranurado que gira dentro de una cámara conformada por un anillo de forma ovalada que sirve de pista para las paletas que van dentro de las ranuras del rotor, entrando y saliendo con el movimiento, y los platos de presión, en los cuales está el orificio de entrada en uno y de salida en el opuesto.

Estas bombas tienen un conjunto de paletas con cinemática radial que se deslizan y oscilan en un cilindro hueco con ranuras en el rotor. Se coloca en forma excéntrica el rotor, que durante la rotación las paletas realizan movimientos alternantes, las paletas son la parte delicada en este tipo de bombas debido a que cuando permanecen paradas por un tiempo prolongado, las paletas pueden pegarse dentro de sus ranuras de alojamiento, esto puede deberse a las adherencias de los residuos de los productos transportados, de tal modo que para garantizar su buen funcionamiento es necesario limpiar las piezas móviles y verificar que las paletas se deslicen libremente en sus guías.

Las bombas de paletas constan de varias partes:

- 1) Abertura de entrada
- 2) Abertura de salida
- 3) Cámara de bombeo
- 4) Cámara de impulsión
- 5) Rotor.

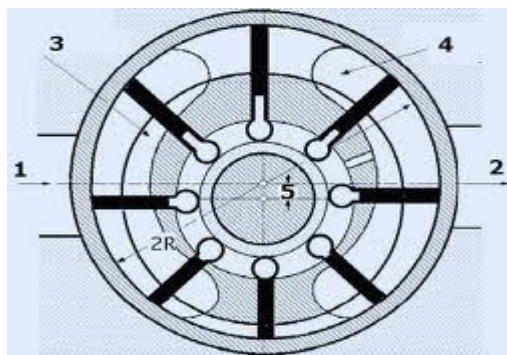


Figura 9.1 Partes de una bomba de paletas

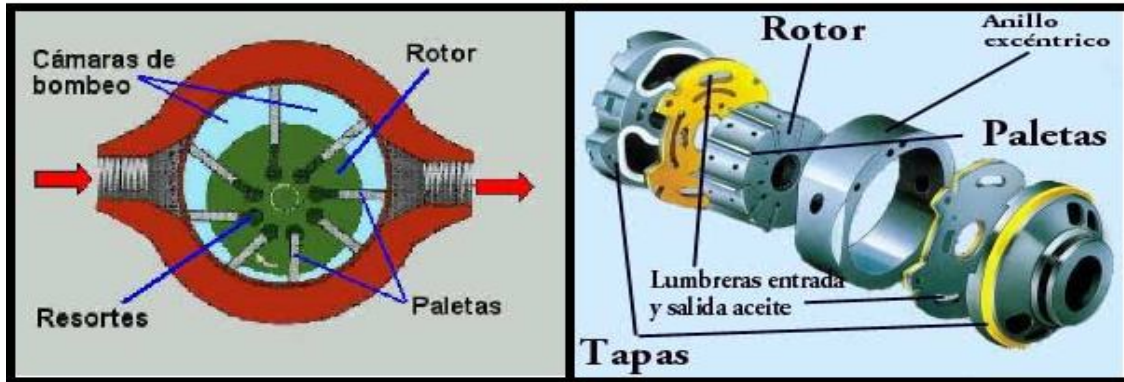


Figura 9.1 Bomba de paletas.

Dentro de esta clasificación de bombas aun se derivan otras tales como las bombas de paletas no compensadas, las bombas de paletas compensadas y las bombas de paletas fijas. Las aplicaciones de estas bombas se dan en la industria petrolera, en la industria textil, en limpieza de aceites en circuitos cerrados, en agua en instalaciones de refrigeración, en lubricación de equipo ferroviario y en lubricación de máquinas de construcción de obras.

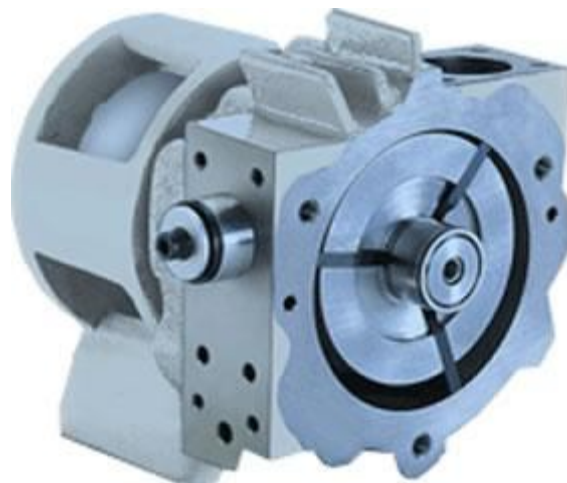


Figura 9.2 Bombas de paletas industriales

BOMBAS DE ENGRANAJES

En esta subdivisión de bombas encontramos el mismo principio de funcionamiento de bombas de desplazamiento positivo donde los engranajes forman cámaras activas de volúmenes alternativamente en expansión y contracción, el fluido es llevado de la entrada de succión a la salida en el espacio que existe entre dos dientes de cada engranaje. Uno de los engranajes es impulsado por la fuente de entrada del sistema y este a su vez mueve el otro engranaje. Los dos se hallan dentro de una cámara conformada por un anillo que forma parte de la carcasa de la bomba y dos platos laterales, llamados platos de presión. Estas bombas se subdividen en varios tipos básicos:

- a) Bombas de engranajes externos: Estas bombas tienen una construcción simple, y el caudal que desembocan es en pulsaciones. Uno de los engranajes hace de conductor y mueve al otro engranaje, el engranaje conductor es el que recibe la fuerza motriz de un eje conectado mecánicamente con un motor eléctrico, en su giro arrastra al engranaje secundario conducido, los giros de los engranajes son opuestos, las cámaras de bombeo están formadas entre los engranajes y la carcasa y el fluido circula a través de los dientes de los engranajes, existen tres tipos de engranajes usados; rectos, helicoidales y herringbone. Estas bombas son utilizadas en caudales grandes pero con presiones bajas y generalmente trabajan con un motor eléctrico.

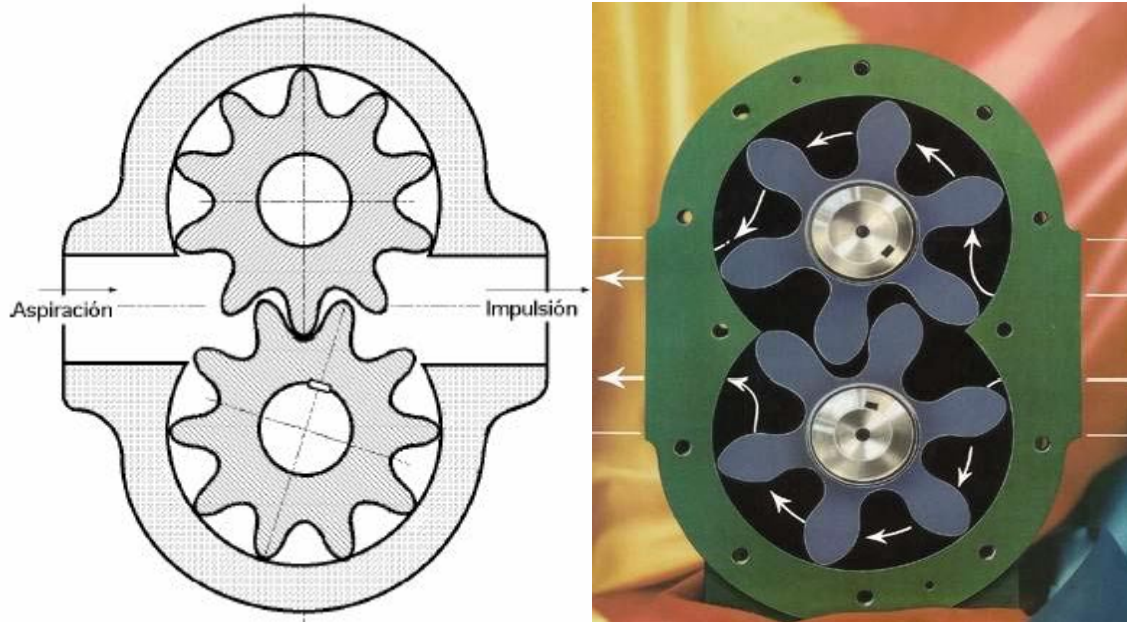


Figura 10.1 Bomba de engranajes externos.

- b) Bomba de engranajes internos: Consiste de dos engranajes, uno interno cuyos dientes miran hacia el exterior, y otro externo con los dientes hacia el centro de la bomba, el eje motriz acciona el engranaje interno. Ambos engranajes giran en la misma dirección, pero el interno cuenta con un diente más que el externo lo que lo hace girar más rápido. El fluido se introduce en la bomba en el punto en que los dientes de los engranajes empiezan a separarse, y es transportado hacia la salida por el espacio existente entre la semiluna (ubicada entre los engranajes) y los dientes de ambos engranajes.

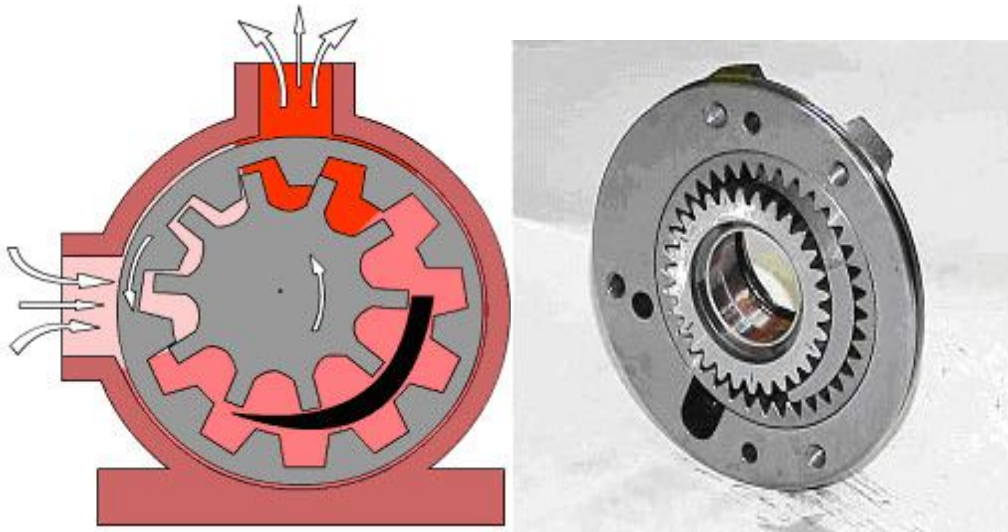


Figura 10.2 Bomba de engranajes internos.

- c) Bomba de lóbulos externos: Este tipo de engranajes funciona similar a las bombas de engranajes externos, pero difieren en la forma de accionamiento de los engranajes. Aquí ambos engranajes tienen sólo tres dientes que son mucho más anchos y más redondos que los de una bomba de engranajes externos y son accionados independientemente por medio de un sistema de engranajes externo a la cámara de bombeo. Ofrecen un mayor desplazamiento pero sus prestaciones de presión y velocidad son inferiores a las de las bombas de engranajes, tiende a dar un caudal más pulsátil.

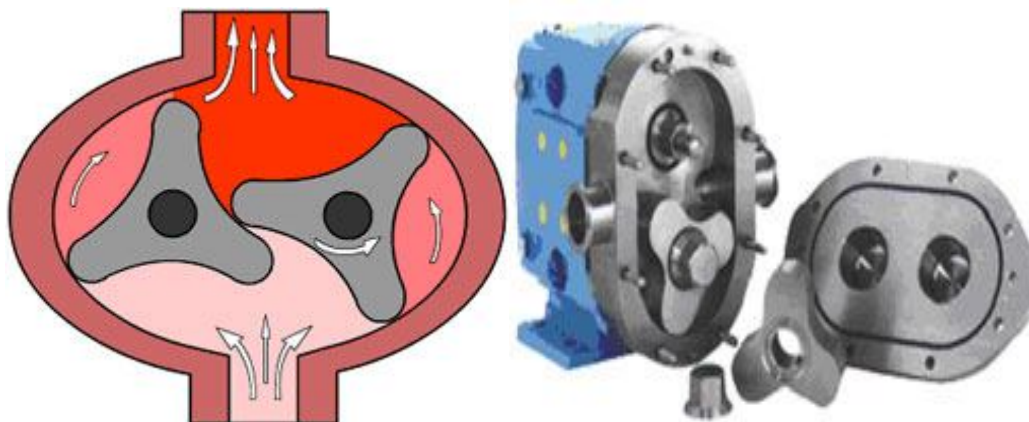


Figura 10.3 Bomba de lóbulos externos

Angular	Bomba de flujo axial con carcasa en tubo curvado	
De carcasa cilíndrica	Bomba centrífuga de etapas múltiples acopladas en una carcasa exterior cilíndrica.	
Horizontal	Bomba rotodinámica de eje horizontal	Clasificación por la configuración básica
Vertical	Bomba rotodinámica de eje vertical	
Inclinada	Bomba de flujo axial con eje inclinado	
Simple entrada	Simple entrada de aspiración a los rodets	Clasificación por la forma de admisión(aspiración)
Doble entrada	Entrada simple (aspiración simple) a un rodete de doble entrada o bien a dos rodets de simple entrada en paralelo; entrada dividida en dos ramales de aspiración (doble aspiración).	
Una etapa	La altura se desarrolla en una sola etapa	En general, sólo define las centrífugas
Dos etapas	Dos rodets en serie	
Etapas múltiples	Varios rodets en serie	
Baja presión	Bomba de una etapa con descarga a baja presión	Clasificación nominal por la presión de impulsión desarrollada
Alta presión	Bomba de alta presión de descarga	
Superpresión	Bomba de altísima presión de descarga	

Tabla 1.2 Subdivisión de las bombas de desplazamiento positivo

DENOMINACIÓN, CLASIFICACIÓN O TIPO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
<p>En línea</p> <p>De pistones axiales</p> <p>De pistones radiales</p> <p>De pistones en V</p>	<p>Pistones paralelos en un solo plano</p> <p>Pistones paralelos en un cuerpo cilíndrico</p> <p>Pistones dispuestos paralelamente en un plano</p> <p>Pistones en dos bloques en ángulo</p>	<p>Define la forma geométrica general.</p>
<p>De ariete</p> <p>De pistón</p> <p>De émbolo</p>	<p>Bomba de gran capacidad y alta presión</p> <p>Convencional</p> <p>Bomba de pequeña capacidad y alta presión</p>	<p>Define la presión nominal máxima</p>
<p>De paso directo</p> <p>Tipo torreta</p> <p>De placa de</p>	<p>Las válvulas de aspiración y de descarga van en un eje común</p> <p>Las válvulas de aspiración y de descarga se disponen una encima de otra y sobre el eje del pistón</p> <p>Válvulas en una placa aparte</p>	<p>Define la posición de las válvulas: se podría aplicar otras descripciones</p>

válvulas separadas		
De caja de válvulas	Válvulas en cámaras separadas pero integradas a la carcasa de la bomba	
De calderín lateral	Válvulas en una caja moldeada independiente	
De acción directa	Bombas de vapor de acción directa. Subtipos: 1 Simplex 2 Duplex 3 Triplex 4 Simplex compound	
Motorizadas	Accionadas por motor (eléctrico, combustión, etc.). Subtipos 1 Con cigüeñal 2 Con cigüeñal y volante	Bomba de una carrera de cigüeñal Bomba de dos carreras de cigüeñal
Semirrotativas o de vaivén	Bomba manual de vaivén	Tipo especial de bomba de desplazamiento oscilante
De diafragma	Subtipos: 1 Diafragma 2 Pistón y diafragma	Tipo especial de bomba de desplazamiento oscilante
De placa motriz	Bomba de pistones accionados por placa motriz	

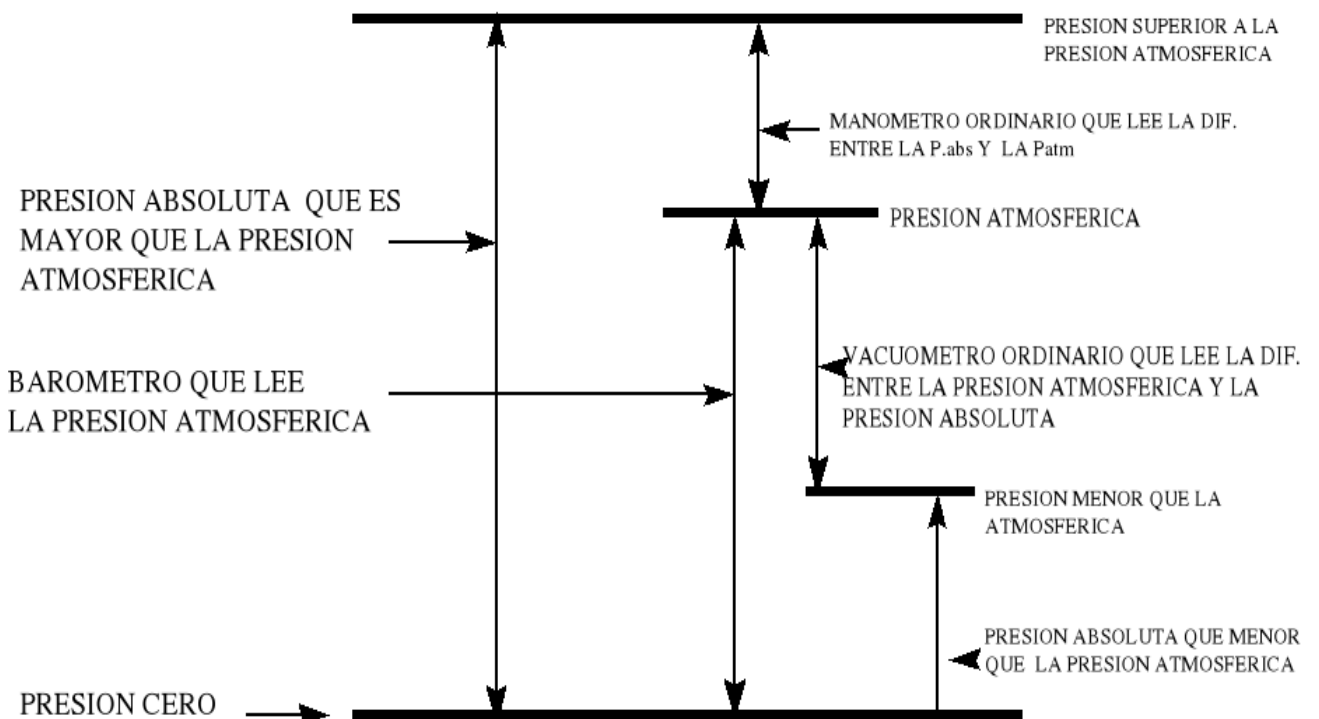
PROPIEDADES DE LAS BOMBAS

Para poder tratar el tema de bombas se necesita conocer la terminología de las mismas utilizadas dentro de la ingeniería, el tener claridad en los conceptos permitirá al estudiante comprender el cálculo y las necesidades requeridas para poder decidir que bomba ha de ser utilizada en cada caso en específico, en esta sección se encontrarán algunas de las propiedades más comunes utilizadas en la Ingeniería Química.

Dentro de un líquido en reposo, la presión absoluta que existe en cualquier punto es función del peso del líquido sobre ese punto más la presión de trabajo ejercida sobre la superficie del líquido. Las presiones suelen expresarse tomando como referencia un origen arbitrario, por ejemplo, los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, por lo tanto hay que sumar esta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Esta presión dentro de un fluido es la misma en todas las direcciones y se ejerce perpendicularmente a cualquier superficie en contacto con el líquido.

$$\textit{Presión absoluta} = \textit{Presión local atmosférica} + \textit{Presión manométrica}$$

ILUSTRACIÓN DE LAS MEDICIONES DE LA PRESIÓN



Las presiones dentro de un líquido pueden verse también como aquella causada por una columna de líquido, que debido a su peso, ejerce una presión igual a la presión que se mide en ese punto. Esta columna líquida ya sea real o imaginaria, es llamada en ingeniería como la carga, columna o cabeza estática y se expresa por lo general en metros o pies de líquido.

Las presiones, columnas, cargas o cabezas son formas diferentes de expresar los mismos conceptos. En la industria, cuando se usa el término “presión”, se refiere por lo general a unidades medidas en Pa, $\frac{\overline{Kg}}{cm^2}$, psi, etc., mientras que con el término de cabeza, columna o carga se utilizan metros o pies de líquido que se están bombeando. Estos valores son mutuamente convertibles como se muestra a continuación:

$$\frac{psi \times 2.31}{\rho_R} = \text{cabeza en pies}$$

$$\frac{\frac{\overline{Kg}}{cm^2}}{\rho_R} = \text{columna en metros}$$

$$\frac{Pa \times 1.023 \times 10^{-4}}{\rho_R} = \text{carga en metros}$$

La característica de un sistema está dada por la curva de cabeza-caudal, la cual está dada por dos componentes: la cabeza estática total (Fija e independiente del caudal manejado) y la cabeza dinámica (Variable y dependiente del caudal manejado).

Esta cabeza estática total se determina físicamente sobre el sistema, y generalmente se dan las dos configuraciones siguientes:

- 1) La bomba se ubica por encima del nivel de succión.
- 2) La bomba se encuentra por debajo del nivel de succión.

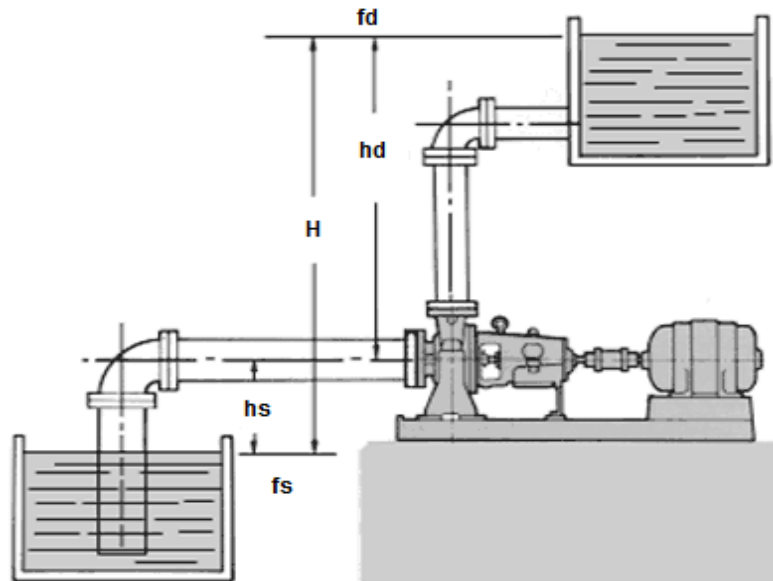


Figura 11.1 Bomba ubicada por encima de la succión.

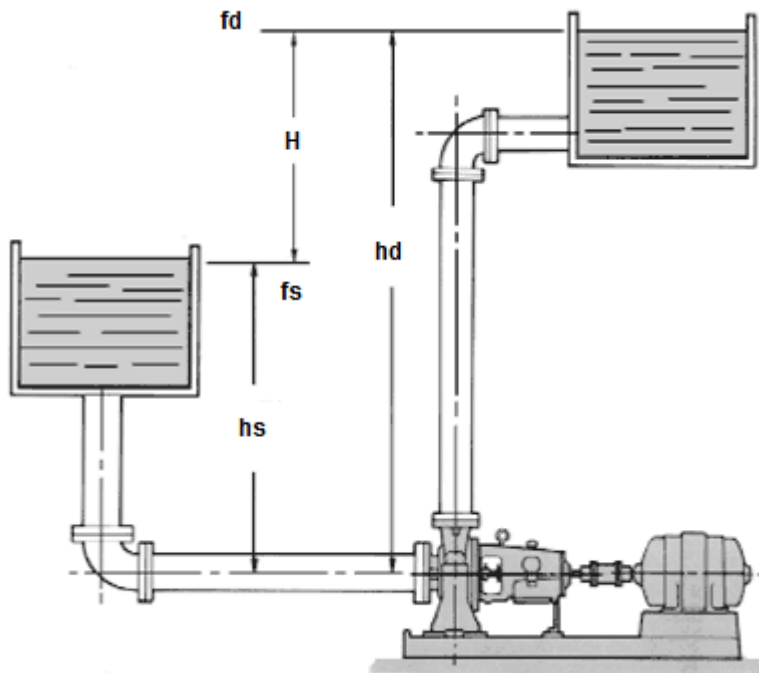


Figura 11.2 Bomba ubicada por debajo de la succión.

Para la figura 11.1 con succión por debajo de la bomba, el manómetro dará una lectura de vacío.

$$H = hd + hs + fd + fs + \frac{Vd^2}{2gc}$$

Para la figura 11.2 con succión por arriba de la bomba, el manómetro dará lecturas positivas.

$$H = hd - hs + fd + fs + \frac{Vd^2}{2gc}$$

En donde:

H = Cabeza total: Cabeza proporcionada por la bomba en metros (cabeza dinámica).

hd = Cabeza estática de descarga en metros: Distancia vertical entre el centro de la bomba y la superficie del líquido en la descarga.

hs = Cabeza estática de succión en metros: Distancia vertical entre la superficie del líquido en la succión y el centro de la bomba.

fd = Cabeza de fricción en la descarga en metros: Pérdidas por fricción en la línea de descarga causadas por tubos, válvulas, conexiones, codos, etc.

fs = Cabeza de fricción en la succión.

$\frac{Vd^2}{2gc}$ = Cabeza de velocidad en la descarga de la bomba en metros: Energía

requerida para hacer que el líquido obtenga la velocidad V . Esta cabeza puede ser relativamente pequeña.

Cabeza de velocidad o energía cinética h_v

$$h_v = \frac{V^2}{2gc} = 0.0155V^2 = \frac{0.00254 \text{ GPM}^2}{D^4} = \frac{0.00127 \left(\frac{\text{Bbl}}{h} \right)^2}{D^4}$$

$D = \text{in}$; $\text{Bbl} = \text{barriles} = 42 \text{ galones} = 159 \text{ litros}$.

$V = \text{ft /s}$;

$h_v = \text{ft}$.

$$h_v = \frac{V^2}{2gc} = 0.0509V^2 = 0.0826 \frac{Ca^2}{D^4}$$

$V = \text{m /s}$

$D = \text{m}$

$h_v = \text{m}$

$Ca = \text{m}^3/\text{s}$

Como la cabeza de velocidad en la mayoría de las instalaciones es menor a 0.5 m, en los sistemas con grandes cargas o cabezas de bombeo este término es una parte relativamente pequeña de la cabeza total. Sin embargo, en las instalaciones con pequeñas cabezas de bombeo puede ser una parte significativa de la cabeza total.

Al hacer las pruebas de bombeo, la cabeza se mide por lo general mediante manómetros. Como un manómetro sólo indica la cabeza de presión, las cabezas de velocidad se pueden calcular mediante las ecuaciones anteriores.

Los líquidos son aproximadamente incompresible, de hecho, lo suficientemente, para que no sean necesarias las correcciones a baja y mediana presión. Sin embargo, a muy altas presiones hay que tomar en cuenta el cambio en la densidad.

Cuando se considera a los líquidos como incompresibles, se tiene una relación entre la cantidad de líquido que fluye por un conducto y la velocidad de flujo, esta relación es:

$$Ca = A u \quad \text{o también} \quad u = \frac{Ca}{A}$$

en el sistema SI

$$u = \frac{m}{s} = \frac{Ca}{\frac{\pi D^2}{4}} = 1.2732 \frac{Ca}{D^2} = 2.122 \times 10^{-5} \frac{LPM}{D^2}$$

en donde: Ca = m³/s ; D = m

en el sistema inglés:

$$u = \frac{ft}{s} = \frac{0.4085 GPM}{D^2} = \frac{0.2859 \left(\frac{Bbl}{h} \right)}{D^2}$$

D= in , 42 galones = 1 barril

La cabeza desarrollada por una bomba centrífuga depende de la velocidad periférica del impulsor y se expresa como:

$$H = \frac{u^2}{2gc}$$

H= cabeza total a caudal cero desarrollada por la bomba en metros de líquido;
u= velocidad del impulsor en m/s.

La cabeza desarrollada por la bomba es independiente de la densidad del líquido bombeado.

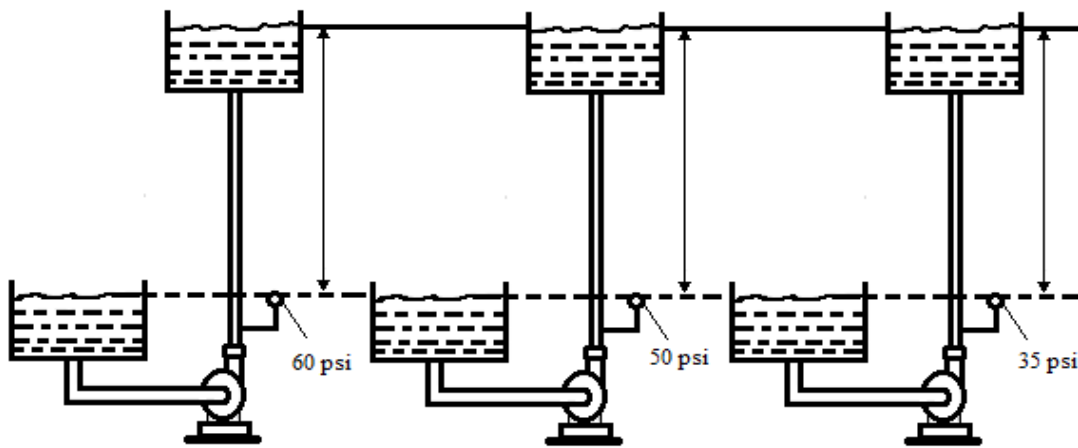


Figura 11.3 sg=1.2

Figura 11.4 sg=1.0

Figura 11.5 sg= 0.70

En la figura mostrada, la cabeza, H desarrollada por la bomba debe ser igual independientemente de si el líquido es agua con $\rho_R = 1$, gasolina con $\rho_R = 0.7$ o una salmuera con $\rho_R = 1.2$, tal como se muestra en las figuras 11.3, 11.4 y 11.5.

La presión que se leerá en el manómetro será, sin embargo, diferente aunque el diámetro del impulsor y la velocidad sean las mismas. Véase las figuras 11.3, 11.4 y 11.5.

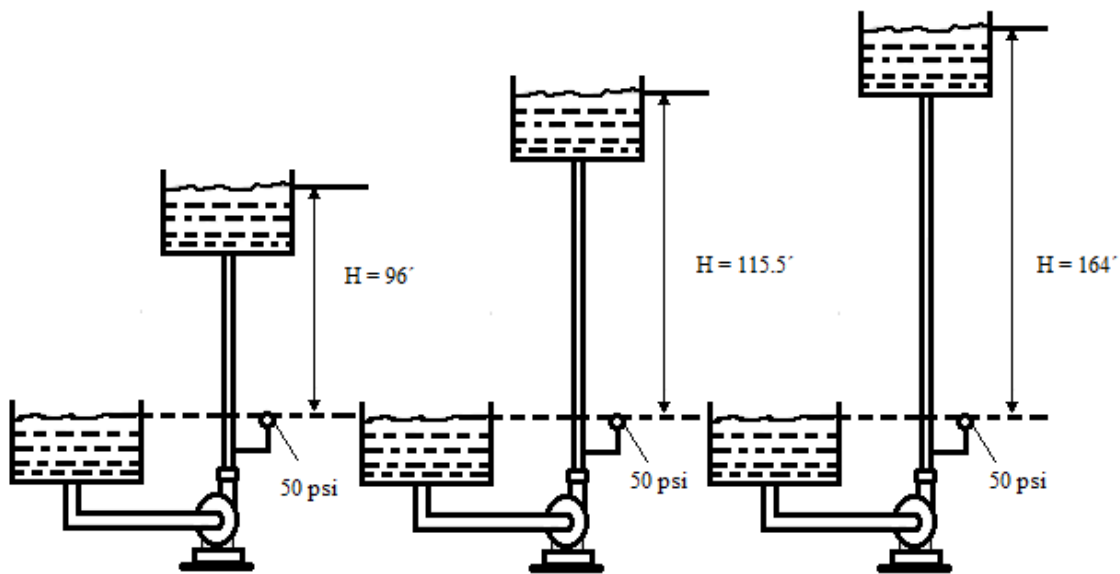


Figura 12.1 sg. = 1.2

Figura 12.2 sg. = 1.0

Figura 12.3 sg. = 0.70

En referencia con la figura 12 todas las bombas están mandando el líquido a 50 psi, pero debido a la diferencia en el peso específico de los líquidos cada bomba maneja una cabeza diferente. Por lo tanto, si la velocidad de las tres bombas es la misma, la bomba de la figura 12.3 debe tener un impulsor más grande que el de la figura 12.1, que es el menor.

El comportamiento estándar de las bombas se dibuja graficando la cabeza total en metros o pies contra las capacidades en metros cúbicos por hora o en galones por minutos o en otra unidad. Por lo general se emplea agua para probar

las bombas. Como la cabeza en metros desarrollada por una bomba es independiente de la densidad, la cabeza puede leerse sin corrección si la viscosidad del líquido es parecida a la del agua. Los caballos de fuerza mostrados en las curvas se aplican sólo a líquidos parecidos al agua en densidad, para los otros líquidos se deben multiplicar los Hp por la densidad relativa del líquido bombeado.

Los caballos Hp requeridos para mover una bomba se pueden obtener de:

Potencia hidráulica:

$$W_{Hp} = \frac{\text{libras de líquido} / \text{min} \times H(\text{ft})}{33000} = \frac{GPM \times H \times \rho_R}{3960}$$

La potencia al freno será:

$$B_{Hp} = \frac{W_{Hp}}{\eta}$$

η = eficiencia de la bomba

$$\text{Consumo de energía por el motor eléctrico} = \frac{B_{Hp}}{\text{eficiencia del motor}}$$

$$\text{Kw consumidos por el motor} = \frac{B_{Hp} \times 0.746}{\text{eficiencia del motor}}$$

$$\text{Eficiencia total} = \eta \times \text{eficiencia del motor}$$

$$\text{Kwh por 100 galones de agua} = \frac{H \times 0.00315}{\text{eficiencia total}}$$

Ejemplo1

La bomba que se muestra en la figura 12.4 debe transferir 100 galones por minuto de un líquido de gravedad específica 1.7 cp y viscosidad igual a la del agua desde el tanque de succión al tanque de descarga. El nivel del líquido en el tanque de succión está a 5 pies por debajo de la línea central de la bomba. Las pérdidas totales por fricción en la línea de succión son iguales a 4 pies para el flujo establecido. El nivel de líquido en el tanque de descarga está a 100 pies por encima de la línea central de la boquilla de succión. Las pérdidas por fricción en la línea de descarga son iguales a 25 pies para el flujo especificado. Calcular la cabeza total del sistema.

Solución: Se divide el sistema en dos secciones utilizando la bomba como línea divisoria.

1.- Cálculo de la cabeza total de succión:

a) La cabeza estática de succión es negativa debido a que el nivel de líquido está por debajo de la línea central de la bomba, Por tanto:

$$h_{ss} = 5 \text{ pies.}$$

b) Como el tanque de succión es abierto, la presión de superficie en la succión es igual a la presión atmosférica. Esto es:

$$h_{ps} = 0 \text{ psig.}$$

c) La cabeza de fricción en la succión se dio como dato:

$$h_{fs} = 4 \text{ pies.}$$

d) La cabeza total de succión será entonces:

$$h_s = h_{ss} + h_{ps} - h_{fs}$$

$$-5 + 0 - 4 = -9 \text{ pies de líquido, manométricos.}$$

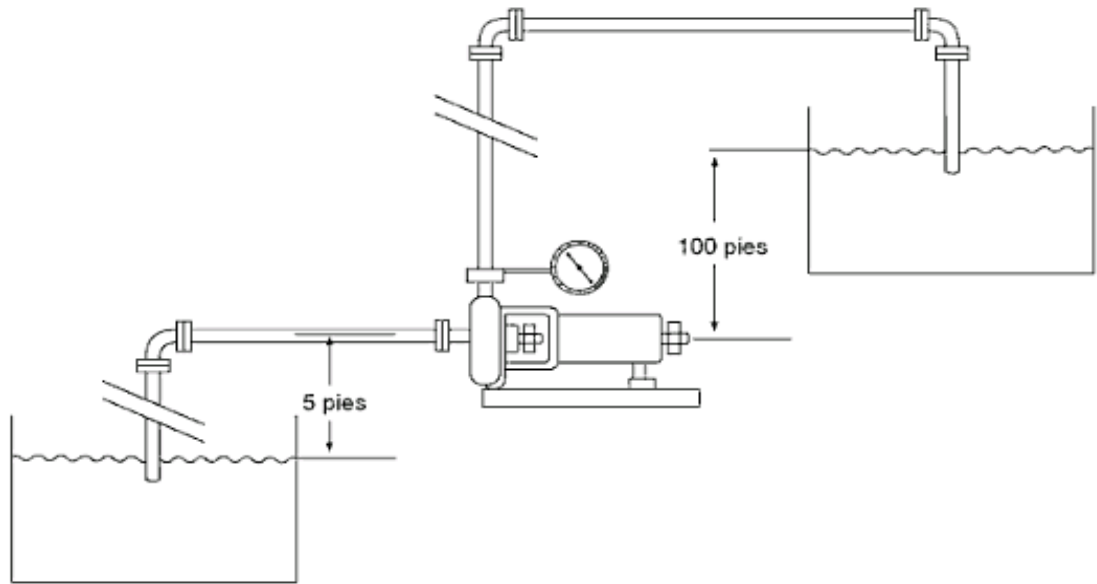


Figura 12.4 Sistema de bombeo de ejemplo 1

Nótese que la cabeza total de succión es un valor manométrico debido a que la presión de superficie en la succión es igualmente un valor manométrico.

2.- Cálculo de la cabeza total de descarga:

- a) La cabeza estática de descarga es: $h_{SD} = 100$ pies.
- b) Como el tanque de descarga también está abierto a la atmósfera $h_{PD} = 0$ psig.
- c) La cabeza de fricción a la descarga fue definida como: $h_{FD} = 25$ pies.
- d) La cabeza total a la descarga es entonces:

$$h_D = h_{SD} + h_{PD} + h_{FD}$$

$$h_D = 100 + 0 + 25 = 125 \text{ pies de líquido, manométricos.}$$

3.-Cálculo de la cabeza total del sistema:

$$H = h_D - h_S$$

$$H = 125 - (-9) = 134 \text{ pies de líquido.}$$

VELOCIDAD ESPECÍFICA

Las bombas centrífugas son producidas en un amplio rango de diseños hidráulicos. Para categorizar estos diseños se usan dos conceptos. El primero de estos es la velocidad específica, designada como N_s .

La velocidad específica es un índice del tipo de bomba, que usa la capacidad de columna que se obtiene en el punto de eficiencia máxima. Determina el perfil o forma general del impulsor. En números, la velocidad específica es la velocidad, en revoluciones por minuto a la cual un impulsor deben girar si su tamaño se reduce para dar un gastó de un litro por segundo contra una columna de un metro. Esta definición se usa para clasificar impulsores y para predecir otras características de las bombas tal como las limitaciones en la succión. La variación de la geometría del impulsor con la velocidad específica se muestra en la Fig.13.1. La geometría de un impulsor varía en el sentido de su altura y sus características de potencia, y consecuentemente en su eficiencia. La Fig. 13.2 muestra como varían las características de operación.

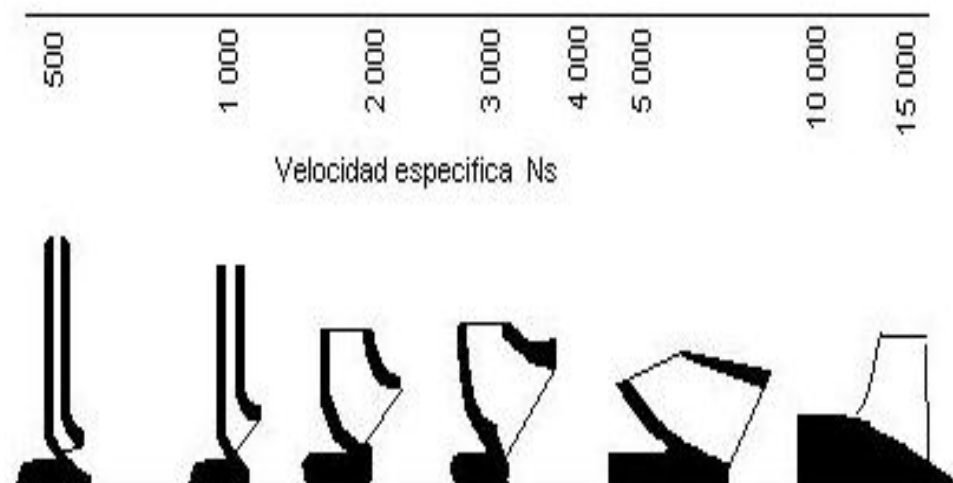


Figura 13.1. Forma del impulsor versus velocidad específica.

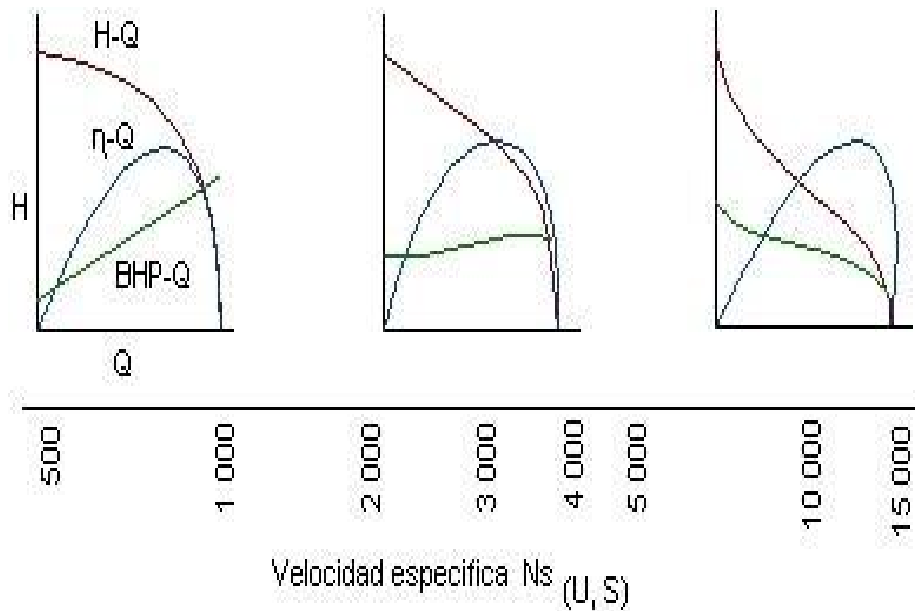


Figura 13.2 Variación de las curvas características con la velocidad específica.

Entre los aspectos más importantes que afectan la operación de una bomba centrífuga están las condiciones en la succión. Cuando hay altos requerimientos en la succión (bajos NPSH) se reduce la capacidad y la eficiencia y con frecuencia se producen vibraciones y cavitaciones. El efecto de la succión sobre la bomba centrífuga está relacionado con la cabeza, la capacidad y la velocidad. La relación entre estos factores se expresa como un número llamado la velocidad específica.

$$\text{Velocidad específica, } N_s = \frac{\text{RPM} \sqrt{\text{GPM}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

en donde:

H = cabeza por etapa en pies.

La velocidad específica de un impulsor es un índice. Se usa en el diseño de impulsores para lograr diferentes condiciones de cabeza, capacidad y velocidad. Los impulsores para dar altas cabezas tienen bajas velocidades específicas y los impulsores utilizados para bajas cabezas tienen alta velocidad específica. La velocidad específica es un criterio valioso para determinar la máxima succión permisible, o la cabeza mínima en la succión requeridas para evitar la cavitación.

Para una cabeza y capacidad dadas una bomba con baja velocidad de succión operará con seguridad con grandes requerimientos en la succión que otra con alta velocidad específica. Si la succión es alta (más de tres metros) es con frecuencia necesario usar menor velocidad y en consecuencia una bomba mayor, mientras que si la succión es baja o hay cabezas positivas en la succión, la velocidad puede aumentarse y se usarán bombas menores.

Aumentar la velocidad sin condiciones apropiadas de succión puede causar problemas de vibración y ruidos. Dos curvas de velocidades específicas (Fig. 14.1 y Fig. 14.2) representan los límites superiores de velocidades específicas contra la capacidad, velocidad, cabeza y carga en la succión. Las bombas centrífugas, de flujo mixto y flujo axial se pueden seleccionar dentro de los límites mostrados en estas gráficas con una razonable seguridad de que no cavitarán.

Las curvas muestran las velocidades específicas máximas recomendadas para las operaciones normales y están basadas en la premisa de que la bomba en las condiciones señaladas está operando cerca del punto de eficiencia óptima.

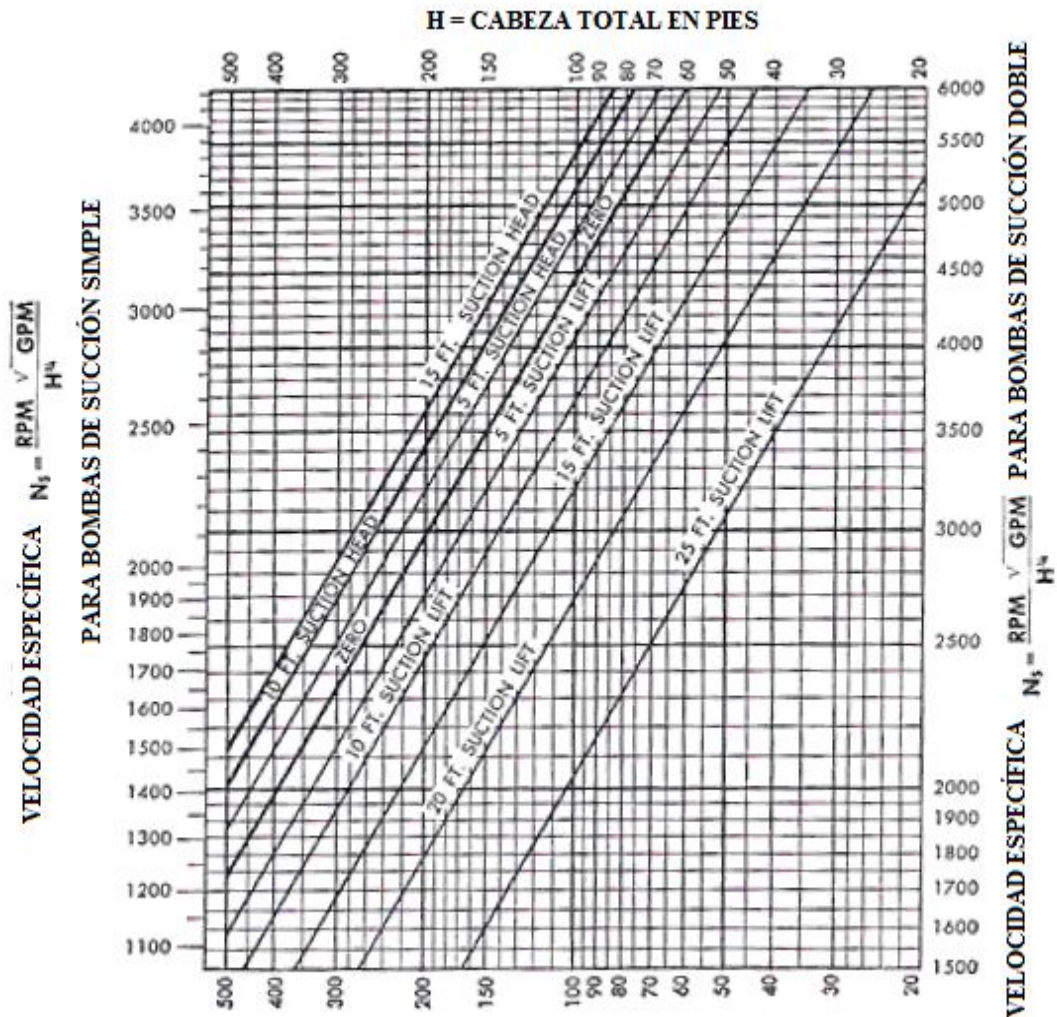


Figura 14.1. Instituto de Hidráulica, velocidad específica para límites superiores en simple paso, bombas de succión simple y doble succión con agua limpia a 85°F.

La columna en la succión o cabeza se mide desde el centro de la bomba. Las curvas se aplican a bombas con una sola etapa de doble succión y de succión simple. La primera curva (Fig. 14.1) cubre las bombas centrífugas con velocidades específicas que van de 1500 a 6000 para bombas con doble succión y de 1100 a 4000 para bombas con succión simple. Este tipo de bombas encuentra su aplicación principalmente en el rango de cabezas medias y altas. La segunda gráfica (Fig. 14.2) cubre a las bombas de succión simple, flujo mezclado y las de flujo tipo axial para velocidades específicas que van de 4000 a 20000. Estas bombas se emplean ventajosamente para bajas cabezas de bombeo.

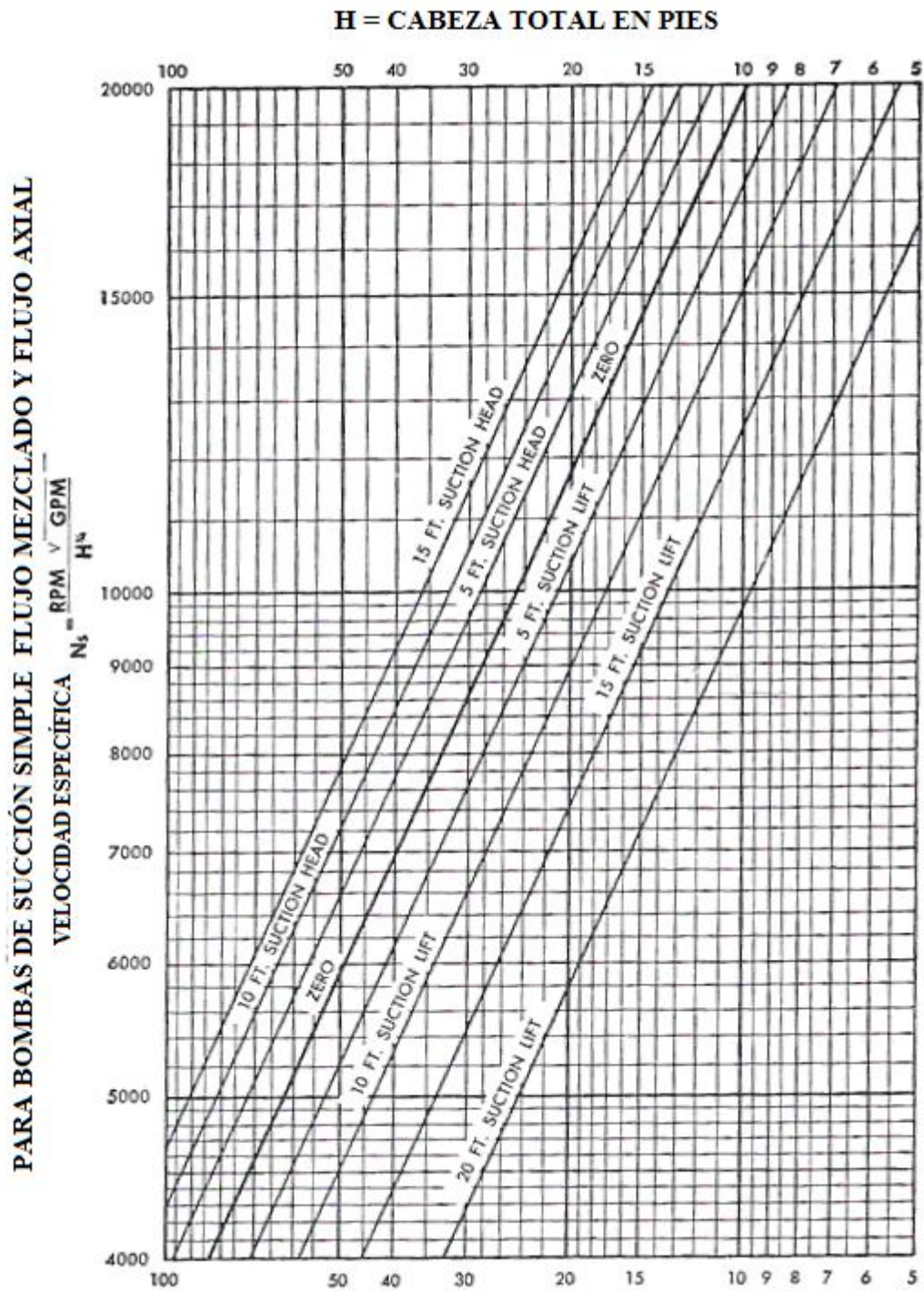


Figura 14.2. Instituto de Hidráulica, límites superiores para velocidad específica de bombas de simple paso, succión simple flujo mezclado y flujo axial con agua limpia a 85°F.

A la hora de analizar una bomba es preciso ver la posición del punto de funcionamiento respecto al punto de máximo rendimiento y qué tipo de campo de regulación de caudal se ha de exigir. *En el caso hipotético de que el caudal coincida prácticamente con el caudal óptimo y permanezca invariable, el valor de la velocidad específica de succión de esta bomba carecería de importancia, ya que en estas condiciones de funcionamiento nunca aparecerán problemas de cavitación siempre que se mantenga que $NPSH_d > NPSH_r$.*

Ejemplo 2.

Una bomba con succión simple y con la flecha a través del ojo del impulsor. Si se tiene una cabeza de 100 pies y una columna de succión negativa de 15 pies ¿Cuál es el límite superior de velocidad específica requerido para evitar el peligro de cavitación?

Si se utiliza la Fig.14.1 se encontrará que la velocidad específica límite es de 2250.

Ejemplo 3.

Bomba con doble succión. Si se tiene una cabeza total de 100 pies y una succión de 15 pies, ¿Cuál es el límite seguro de la velocidad específica?

Si se usa la curva de la figura 14.1 se encuentra que este límite es de 3200 este es el valor de

$$\text{Velocidad específica, } N_s = \frac{RPM \sqrt{GPM}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

en la cual el volumen manejado o GPM, es la capacidad en galones por minuto de la bomba incluyen ambas succiones; y es el valor máximo que debe usarse para esta cabeza y carga en la succión.

Ejemplo 4.

Una bomba con succión simple flujo mezclado o una bomba con flujo axial.

Dado una cabeza de 35 pies y una succión de 10 pies, correspondiente a un impulsor sumergido, ¿Cuál es el límite seguro de la velocidad específica?

En referencia a la curva de la figura 14.2 se encuentra que este límite es de 9400 sobre la escala en el lado izquierdo de la gráfica.

CARGA POSITIVA NETA DE SUCCIÓN (NET POSITIVE SUCTION HEAD)

NPSH

Habitualmente se llama NPSH (Carga neta positiva de succión) a la diferencia entre la presión del líquido a bombear referida al eje del impulsor y la tensión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, por lo tanto es necesario conocer en cada caso el NPSH disponible en la instalación y el NPSH requerido por la bomba.

Esta cabeza que causa el flujo se obtiene de la presión atmosférica o de la cabeza estática más la presión atmosférica. Una bomba que opera bajo una columna de succión negativa tiene sólo la presión atmosférica. Por ello el trabajo que puede hacerse es limitado, así que el NPSH se hace importante para que opere la bomba satisfactoriamente. Hay dos valores de NPSH que deben considerarse.

NPSH requerida de la bomba se refiere a una característica propia de la bomba, se define como la energía necesaria para llenar la parte de aspiración y vencer las pérdidas por rozamiento y aumentar la velocidad. Es la energía del líquido que una bomba necesita para funcionar satisfactoriamente. Su valor puede determinarse tanto por prueba como por cálculo. Para una bomba centrífuga el NPSH requerido es la cantidad de energía necesaria, expresada en metros columna de líquido para:

- a) Vencer las pérdidas de carga desde la abertura de admisión (entrada) a los álabes del impulsor
- b) Crear la velocidad deseada de corriente a los álabes, ya que es necesaria una velocidad mínima.

Para una bomba rotativa el NPSH requerido es la energía expresada en Kg/cm^2 necesaria para:

- a) Vencer las pérdidas desde la abertura de admisión a los engranajes o paletas.
- b) Crear la velocidad deseada de entrada a los engranajes o paletas.

El NPSH requerido es una función del diseño de la bomba. Es diferente para cada fabricante de bombas y también varía con la velocidad y capacidad de una bomba dada. Este valor debe ser suministrado por el vendedor de la bomba.

$$NPSH_{requerido} = H_z + \frac{V_a^2}{2g}$$

H_z = Presión absoluta mínima necesaria en la zona inmediatamente anterior a los álabes del impulsor.

$\frac{V_a^2}{2g}$ = Carga cinética correspondiente a la velocidad de entrada del líquido en la boca del impulsor, en m, para V_a en m/s.

CPNS o NPSH disponible es una característica del sistema y se define como la energía que tiene un líquido en la toma de aspiración de la bomba por encima de la energía del líquido debida a su presión de vapor. La NPSH disponible puede ser calculada u obtenida tomando lecturas de prueba en el lado de aspiración de la bomba. Para su cálculo es necesario considerar tanto la energía potencial como la cinética y la de presión.

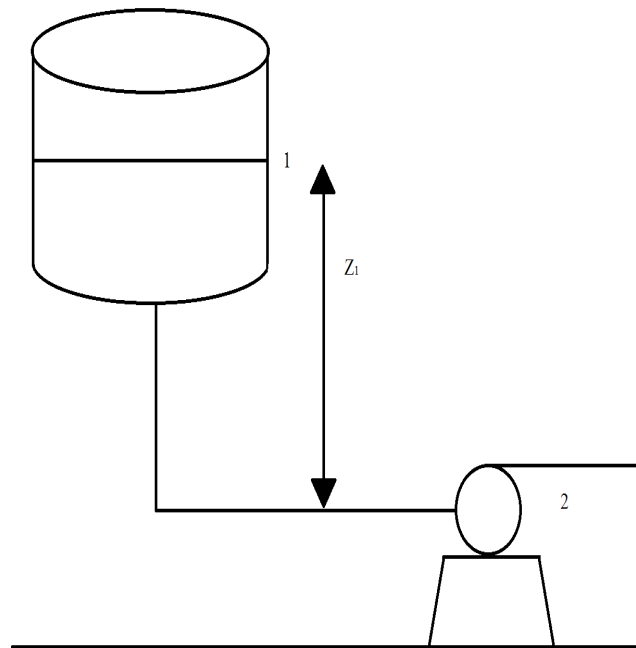


Figura 15.

$$(CPNS)disponible = \left(\frac{P_1}{\rho} + z_1 \frac{g}{gc} - \frac{\Sigma F}{M} - \frac{u_2^2}{2gc} \right) - \frac{P^o}{\rho}$$

En donde P^o es la presión de vapor del líquido a la temperatura de succión.

Cada bomba en un sistema para que opere satisfactoriamente debe tener un NPSH disponible igual o mayor que NPSH requerido:

NPSH disponible \geq NPSH requerido

ALTURA DE PRESIÓN O CARGA DESARROLLADA POR UNA BOMBA

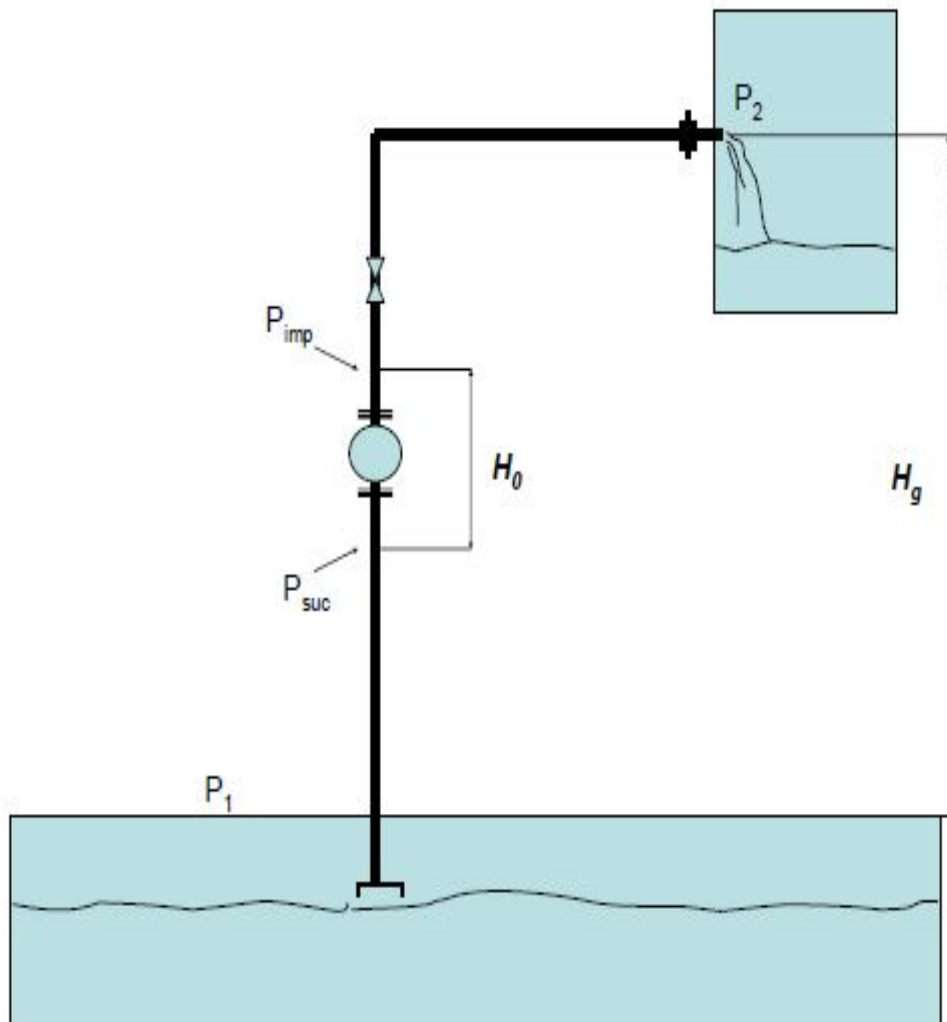


Figura 16

La altura de presión o carga total desarrollada por una bomba se define mediante la siguiente ecuación:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho * g} + H_g + h_s$$

Donde:

H es la altura de presión total desarrollada por la bomba, expresada en metros de columna del líquido que impulsa.

P₁: presión en el espacio de aspiración, expresada en Nw/m² o Pa

P₂: es la presión en el espacio de impulsión, expresada en Nw/m² o Pa

ρ: es la densidad del líquido que se bombea expresada en Kg/m³

H_g: es la altura geométrica de elevación del líquido, en m

H_s: es la altura de presión necesaria para crear la velocidad y superar el rozamiento y todas las resistencias locales en las horas de succión y de impulsión, expresadas en m

g: es la aceleración de la caída libre, su valor g =9,81 m/sg²

NPSH disponible es función del sistema en el cual opera la bomba y se puede calcular para cada instalación. Cada bomba en un sistema para que opere satisfactoriamente debe tener un NPSH disponible igual o mayor que NPSH requerido.

Cuando la fuente de líquido está sobre la bomba:

NPSH = Presión barométrica (m ó ft) + Cabeza estática en la succión (m ó ft) – Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m ó ft) – Presión de vapor del líquido (m ó ft).

$$(NPSH)disponible = \left(\frac{P_1}{\rho} + z_1 \frac{g}{gc} - \frac{\Sigma F}{M} - \frac{P^o}{\rho} \right)$$

Cuando la fuente del líquido está bajo la bomba:

NPSH = Presión barométrica (m ó ft) - La cabeza estática de succión (m ó ft) - Pérdida por fricción en la tubería de succión (m ó ft) – Presión de vapor del líquido (m o ft).

$$(NPSH)_{disponible} = \left(\frac{P_1}{\rho} - z_1 \frac{g}{gc} - \frac{\Sigma F}{M} - \frac{P^v}{\rho} \right)$$

Para ilustrar el uso de esas ecuaciones veremos los siguientes ejemplos:

Los NPSH requeridos en una bomba de agua son de 17 ft. La temperatura del agua es de 85 ° F. la altura es de 1000 ft sobre el nivel del mar. Las pérdidas calculadas por fricción a la entrada y en la succión son de 2 ft- ¿cuál puede ser la máxima altura en la succión permisible?

Para visualizar mejor la solución del problema observe la figura 16. Las dos líneas horizontales están espaciadas a una distancia igual a la altura barométrica en pies.

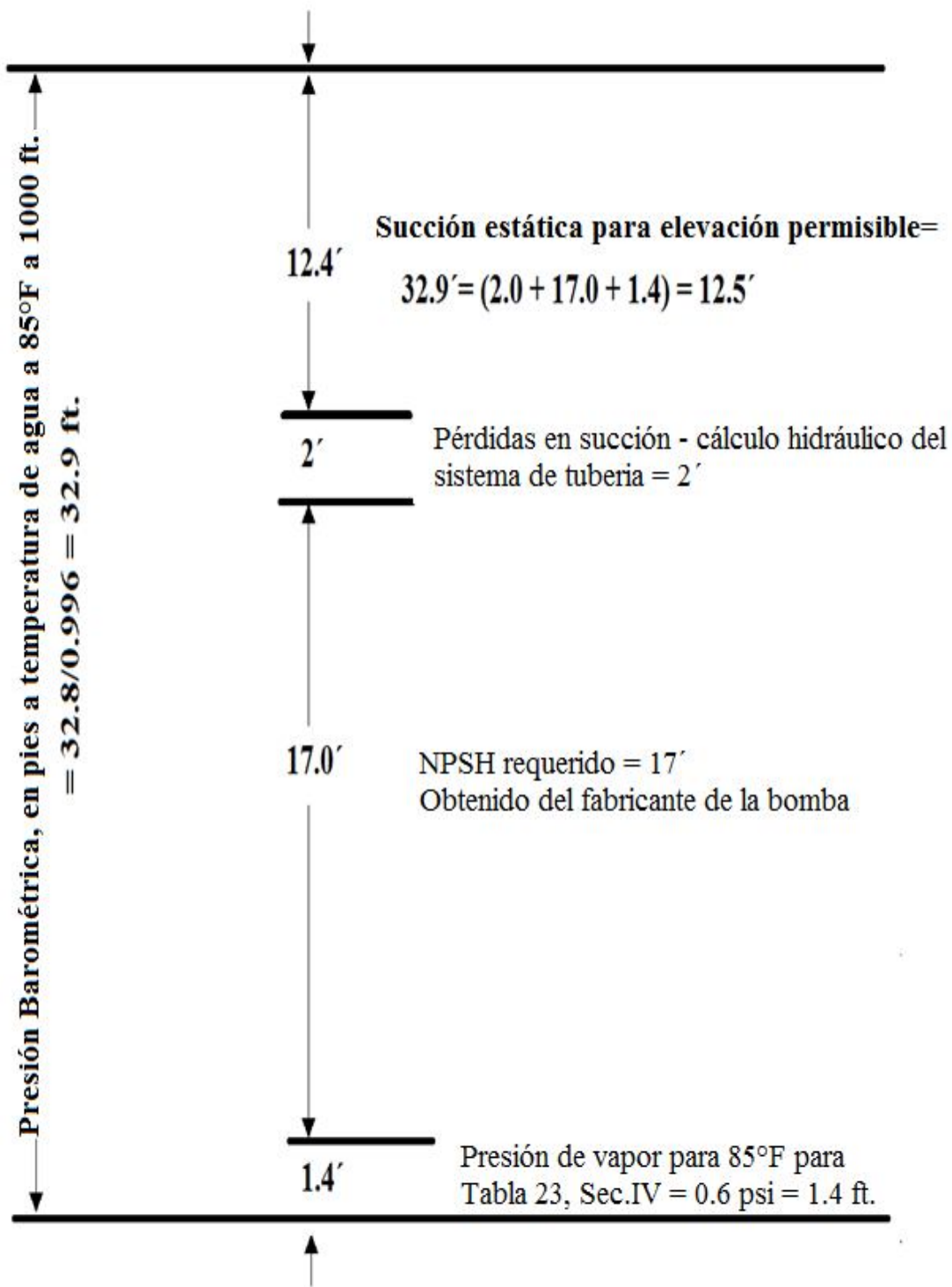


Figura 16.

Tabla 1 PROP. DEL AGUA A VARIAS TEMPERATURAS DE 40 A 540 °F

Temperatura °F	Temperatur a °C	Volumen específico Cu. Ft. /Lb.	Gravedad específica	Wt. In Lb./Cu. Ft.	Presión de vapor Psi Abs.
40	4.4	0.16020	1.0013	62.42	0.1217
50	10.0	0.01603	1.0006	62.38	0.1781
60	15.6	0.01604	1.0000	62.34	0.2563
70	21.1	0.01606	0.9987	62.27	0.3631
80	26.7	0.01608	0.9975	62.19	0.5069
90	32.2	0.01610	0.9963	62.11	0.6982
100	37.8	0.01613	0.9944	62.00	0.9492
120	48.9	0.01620	0.9901	61.73	1.692
140	60.0	0.01629	0.9846	61.39	2.889
160	71.1	0.01639	0.9786	61.01	4.741
180	82.2	0.01651	0.9715	60.57	7.510
200	93.3	0.01663	0.9645	60.13	11.526
212	100.0	0.01672	0.9593	59.81	14.696
220	104.4	0.01677	0.9565	59.63	17.186
240	115.6	0.01692	0.9480	59.10	24.97
260	126.7	0.01709	0.9386	58.51	35.43
280	137.8	0.01726	0.9293	58.00	49.20
300	148.9	0.01745	0.9192	57.31	67.01
320	160.0	0.01765	0.9088	56.66	89.66
340	171.1	0.01787	0.8976	55.96	118.01
360	182.2	0.01811	0.8857	55.22	153.04
380	193.3	0.01836	0.8736	54.47	195.77

400	204.4	0.01864	0.8605	53.65	247.31
420	215.6	0.01894	0.8469	52.80	308.83
440	226.7	0.01926	0.8328	51.92	381.59
460	237.8	0.0196	0.8183	51.02	466.9
480	248.9	0.0200	0.8020	50.00	566.1
500	260.0	0.0204	0.7863	49.02	680.8
520	271.1	0.0209	0.7674	47.85	812.4
540	282.2	0.0215	0.7460	46.51	962.5

Cortesía del instituto de Hidráulica.

Página 6.

TABLA 2. PRESIÓN ATMOSFÉRICA, LECTURA BAROMÉTRICA Y PUNTO DE EBULLCIÓN DEL AGUA A VARIAS ALTITUDES

Altitud		Lectura Barométrica		Presión Atmosférica		Punto de Ebullición del agua
Pies	Metros	En. Hg.	Mm. Hg	Psia	Ft. Agua	°F
-1000	-304.8	31.0	788	15.2	35.2	213.8
-500	-152.4	30.5	775	15.0	34.6	212.9
0	0.0	29.9	760	14.7	33.9	212.0
500	152.4	29.4	747	14.4	33.3	211.1
1000	304.8	28.9	734	14.2	32.8	210.2
1500	457.2	28.3	719	13.9	32.1	209.3
2000	609.6	27.8	706	13.7	31.5	208.4
2500	762.0	27.3	694	13.4	31.0	207.4
3000	914.4	26.8	681	13.2	30.4	206.5
3500	1066.8	26.3	668	12.9	29.8	205.6
4000	1219.2	25.8	655	12.7	29.2	204.7
4500	1371.6	25.4	645	12.4	28.8	203.8
5000	1524.0	24.9	633	12.2	28.2	202.9
5500	1676.4	24.4	620	12.0	27.6	201.9
6000	1828.8	24.0	610	11.8	27.2	201.0
6500	1981.2	23.5	597	11.5	26.7	200.1
7000	2133.6	23.1	587	11.3	26.2	199.2
7500	2286.0	22.7	577	11.1	25.7	198.3
8000	2438.4	22.2	564	10.9	25.2	197.4
8500	2590.8	21.8	554	10.7	24.7	196.5
9000	2743.2	21.4	544	10.5	24.3	195.5
9500	2895.6	21.0	533	10.3	23.8	194.6
10000	3048.0	20.6	523	10.1	23.4	193.7
15000	4572.0	16.9	429	8.3	19.2	184.0

Para otro ejemplo consideremos que tenemos los mismos datos excepto que la temperatura del agua es ahora de 190 ° F. ¿Cuál sería ahora la altura en la succión permitida?

El agua a 190°C tiene una densidad relativa de 0.97. La presión de vapor es de 9.3 psi= 22.3 pies.

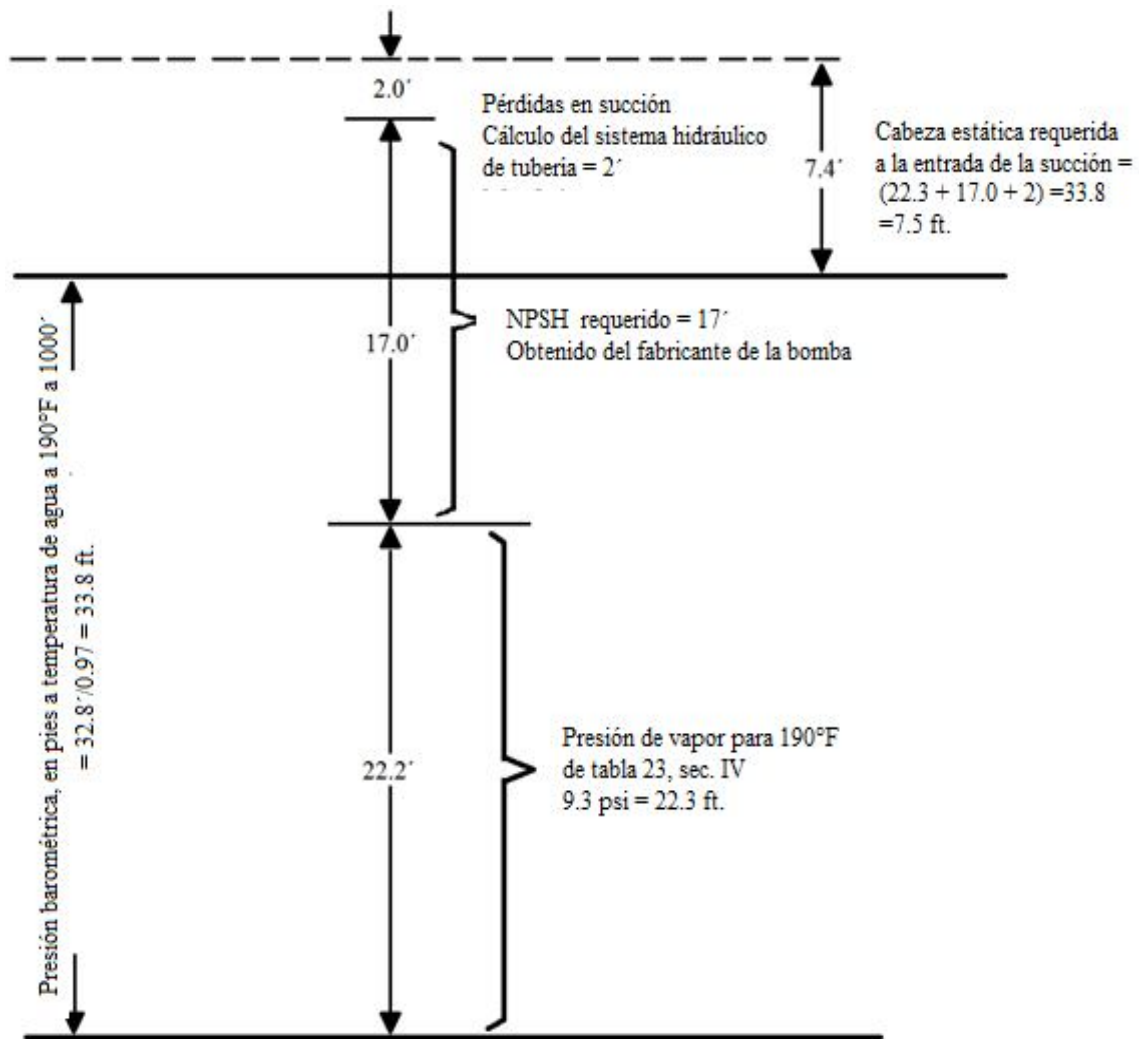


Figura 17

En este caso debido a que la suma de la presión de vapor + NPSH requerido + las pérdidas en la succión sobrepasan a la presión barométrica del lugar, se debe suministrar una cabeza positiva o una sumergencia para asegurar el flujo ininterrumpido de agua. EL NPSH se aplica a toda clase de bombas, ya sean centrífugas o de desplazamiento positivo.

CAVITACIÓN

Para un correcto funcionamiento de la bomba, es necesario disponer de una presión mínima en la entrada del impulsor, por tanto el NPSH disponible siempre tiene que ser mayor que el NPSH requerido, de lo contrario se produce el fenómeno de cavitación, este fenómeno sucede cuando un líquido se mueve por una región (tubería) donde la presión del líquido es menor que la tensión de vapor, lo que hace que el líquido hierva y se formen burbujas de vapor en su seno. Estas burbujas de vapor son arrastradas con el líquido hasta una región donde se alcanza una presión más elevada y allí desaparecen violentamente, provocando que el líquido se introduzca a alta intensidad en áreas reducidas.

Estas sobrepresiones que se producen pueden sobrepasar la resistencia a la tracción del material y arrancar partículas del metal dándole una apariencia esponjosa (picado de los álabes del impulsor).

Cuando estas burbujas de vapor llegan a la zona de alta presión desaparecen, ocasionando ruido y vibración, pudiendo llegar a producir averías en rodamientos, rotura del eje y otros fallos, ya que el material está desgastado.

En resumen la cavitación es la formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión, y cuyas consecuencias son:

- Disminución de la capacidad de bombeo.
- Disminución del rendimiento de la bomba.

La cavitación no se presenta si la instalación está bien diseñada. La cavitación causa ruidos y bajas en la eficiencia y una cavitación severa además de ruidos puede destruir el impulsor de la bomba u otras partes de la misma.

Todas las bombas pueden cavitarse, así que se debe seleccionar con cuidado la bomba y las instalaciones. Para el caso de las bombas centrífugas se deben evitar tanto como sea posible las condiciones siguientes:

1.- Cabezas menores que las cabezas en la mayor eficiencia de la bomba.

- 2.- Capacidades mayores que las capacidades que se tienen a la mayor eficiencia de la bomba.
- 3.- Cargas negativas grandes en la succión o cargas positivas en la succión menores que las recomendadas por el fabricante.
- 4.- Temperaturas de los líquidos mayores que aquellas para las que fue diseñado el sistema.
- 5.- Velocidades mayores que las recomendadas por el fabricante.

LEYES DE AFINIDAD DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS.

Una curva característica de las bombas puede verse en la figura 18.1 y 18.2. Se observa en ellas que se han graficado varias curvas de cabeza contra capacidad, así como varias curvas de eficiencia y Hp consumidos. En la Figura 18.1 el diámetro del impulsor se mantiene constante y la velocidad varía, mientras que en la figura 18.2, la velocidad se mantiene constante y el diámetro del impulsor varía.

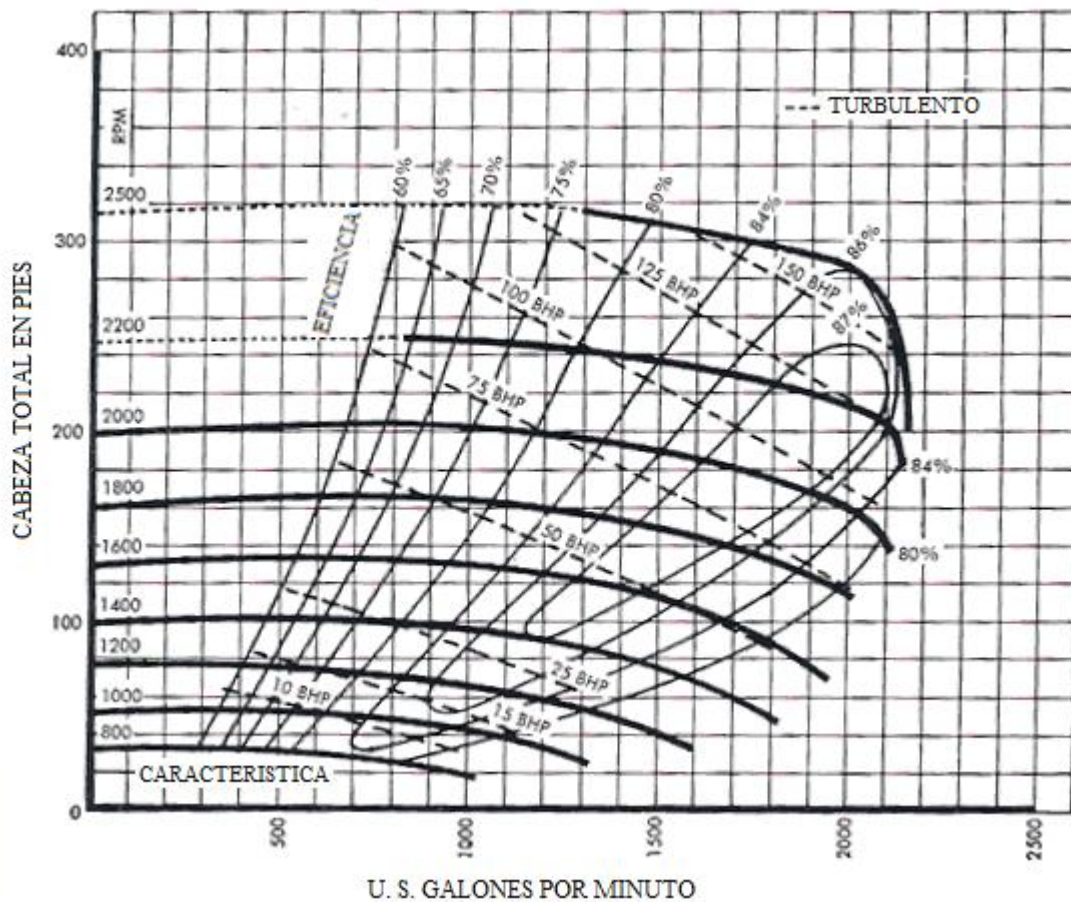


Figura 18.1. Curvas de rendimiento típico de bombas centrífugas con diámetro de impulsor constante pero variando velocidades.

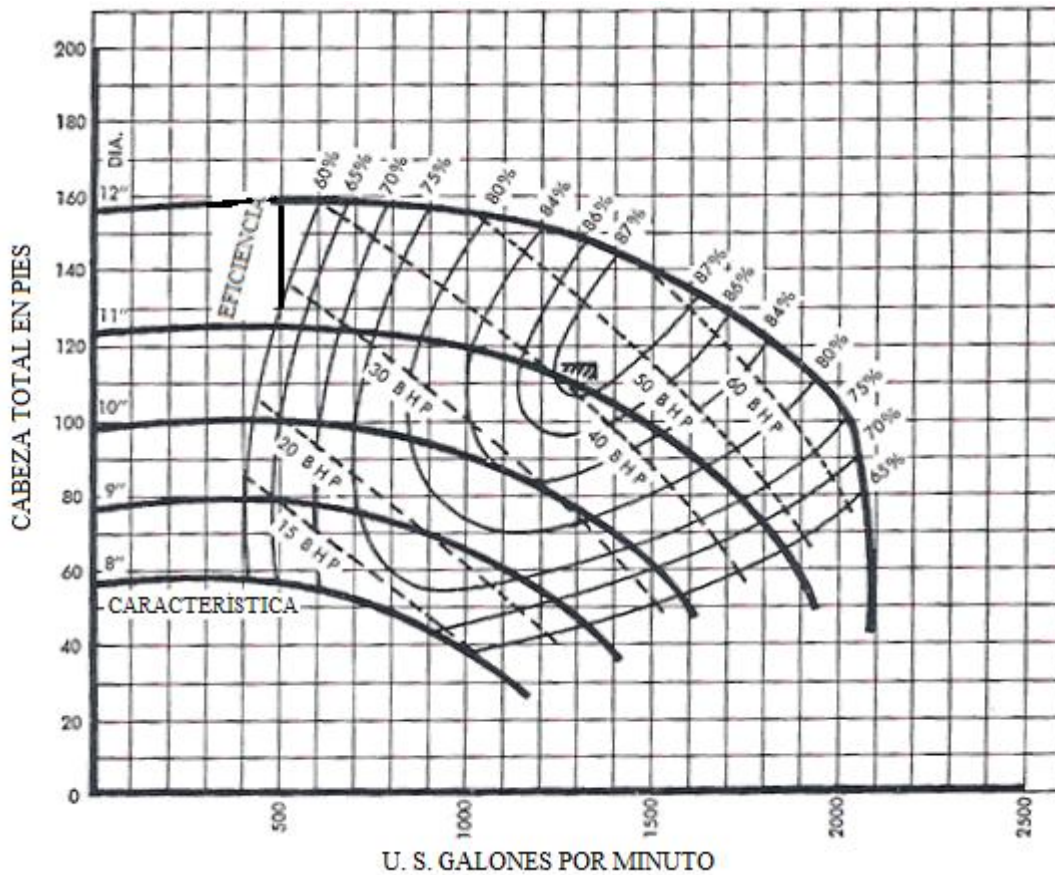


Figura 18.2. Curvas de rendimiento típico de bombas centrífugas a 1750 rpm pero con variaciones en el diámetro del impulsor.

Las relaciones matemáticas entre las variables se conocen como leyes de afinidad de las bombas y se expresan de la siguiente manera:

Con diámetro de impulsores constantes

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{Ley 1a}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \text{Ley 1b}$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad \text{Ley 1c}$$

Con velocidades constantes

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \text{Ley 2a}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad \text{Ley 2b}$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad \text{Ley 2c}$$

En donde:

Q_1 = capacidad inicial, H_1 = cabeza inicial, N_1 = revoluciones por minuto iniciales;
 D_1 = diámetro inicial.

Estas relaciones se muestran gráficamente en la figura 18.3.

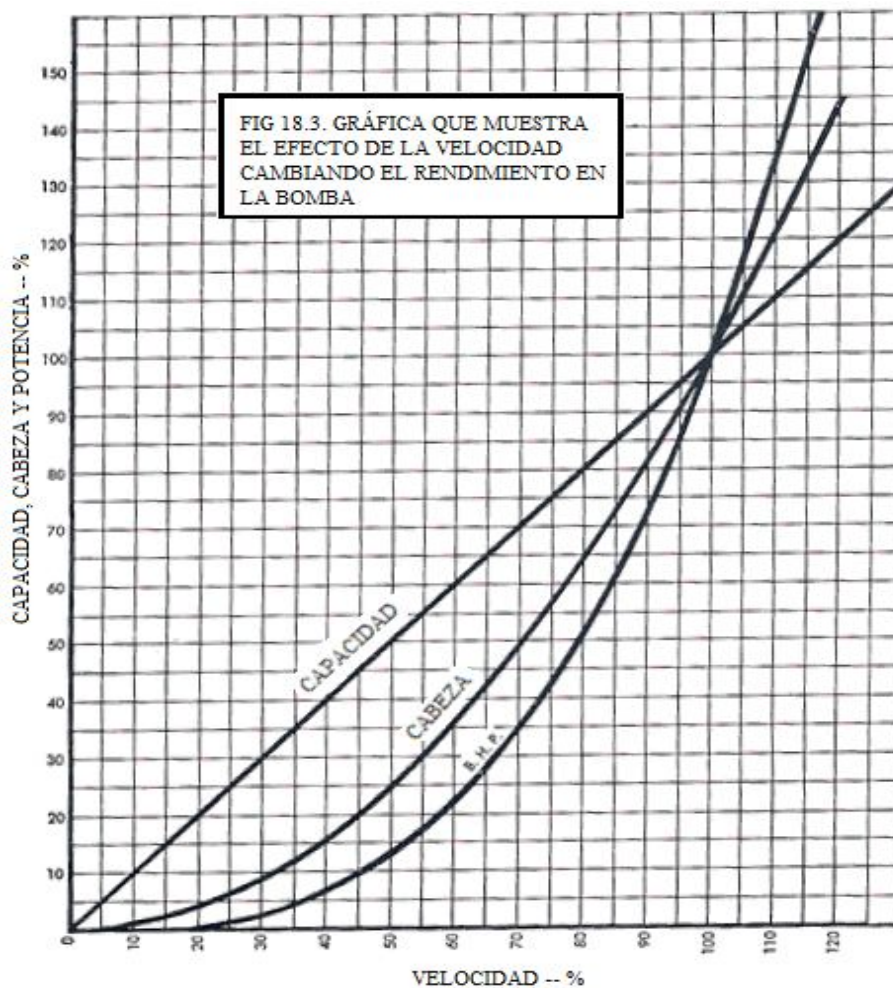


Figura 18.3. Gráfica que muestra el efecto del cambio de la velocidad contra el rendimiento de una bomba centrífuga.

Cuando las gráficas tales como la de las figuras 18.1 y 18.2 están disponibles, es posible usarlas para determinar los puntos intermedios por interpolación, sin embargo, hay muchos problemas reales en los cuales no se tienen estos datos a la mano y entonces se pueden usar las leyes de afinidad.

Ejemplo de uso de la Ley 1

La figura 18.4 es una parte de la figura 18.1, muestra la curva de comportamiento a 2000 RPM. Si queremos encontrar por cálculo el comportamiento a 1600 RPM aplicando la primera ley tendremos:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ por lo tanto } Q_1 = \frac{1600}{2000} \times 1700 = 1360 \text{ GPM}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2, \text{ por lo tanto: } H_1 = \left(\frac{1600}{2000} \right)^2 \times 180 = 115.2$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3, \text{ por lo tanto: } BHP_1 = \left(\frac{1600}{200} \right)^3 \times 84 = 43BHP$$

Note la semejanza entre los datos calculados y los reportados. La semejanza es buena si la eficiencia de la bomba no cambia mucho. Si se grafican 1700 RPM a 180 ft, y la capacidad original y la cabeza a 200 rpm; y la capacidad final y cabeza, 1360 GPM a 115 ft a 1600 RPM en la grafica de comportamiento dada en la figura 18.1 se notará que no hay cambio apreciable en la eficiencia. Este suele ser el caso general cuando se cambia el comportamiento cambiando la velocidad para las bombas que no han sido físicamente alteradas. Note que la forma general de las líneas de iso-eficiencia en la figura 18.1 es parabólica.

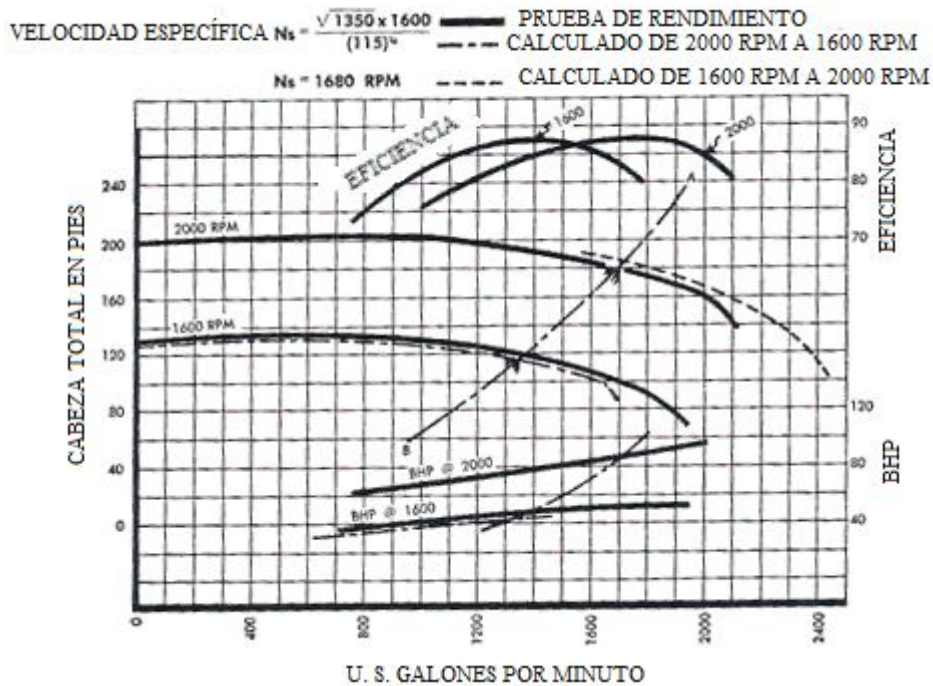


Figura 18.4 Comparación de pruebas de rendimiento con rendimiento calculado usando leyes de afinidad con cambio de velocidades.

Por lo tanto, la curva A-B de la figura 18.4 pasa a través de los dos puntos, uno a 2000 RPM y otro situado en la curva de las 1600RPM. La curva A-B es también parabólica y es aproximadamente paralela a las curvas de iso-eficiencias. El uso de las leyes de afinidad es para calcular el comportamiento de las bombas cuando se cambia la velocidad, pero sin cambiar el diámetro del impulsor es una buena aproximación. Si se calculan varios puntos a lo largo de la curva conocida de comportamiento, una nueva curva de comportamiento puede generarse la cual muestra el comportamiento aproximado a la nueva velocidad.

Si tenemos una bomba a 1600 RPM y calculamos su comportamiento a 2000 RPM utilizando las leyes de la afinidad, el comportamiento calculado excede al comportamiento real tal y como se muestra en la figura 18.4 mediante una curva segmentada. La discrepancia es pequeña pero enfatiza el hecho de que el método es sólo una buena aproximación.

Ejemplo 2

La figura 18.5 ilustra el comportamiento real y el calculado de una bomba con baja velocidad específica. La figura 18.6, sin embargo muestra una mayor discrepancia entre las pruebas reales y los cálculos resultantes con una bomba a alta velocidad específica cuando se cambia el impulsor de una bomba. Cuando se cambia el diámetro de una bomba, las relaciones se cambian y en realidad resulta un nuevo diseño por lo que las leyes de la afinidad 2, no dan tan buen resultado como las leyes de la afinidad 1.

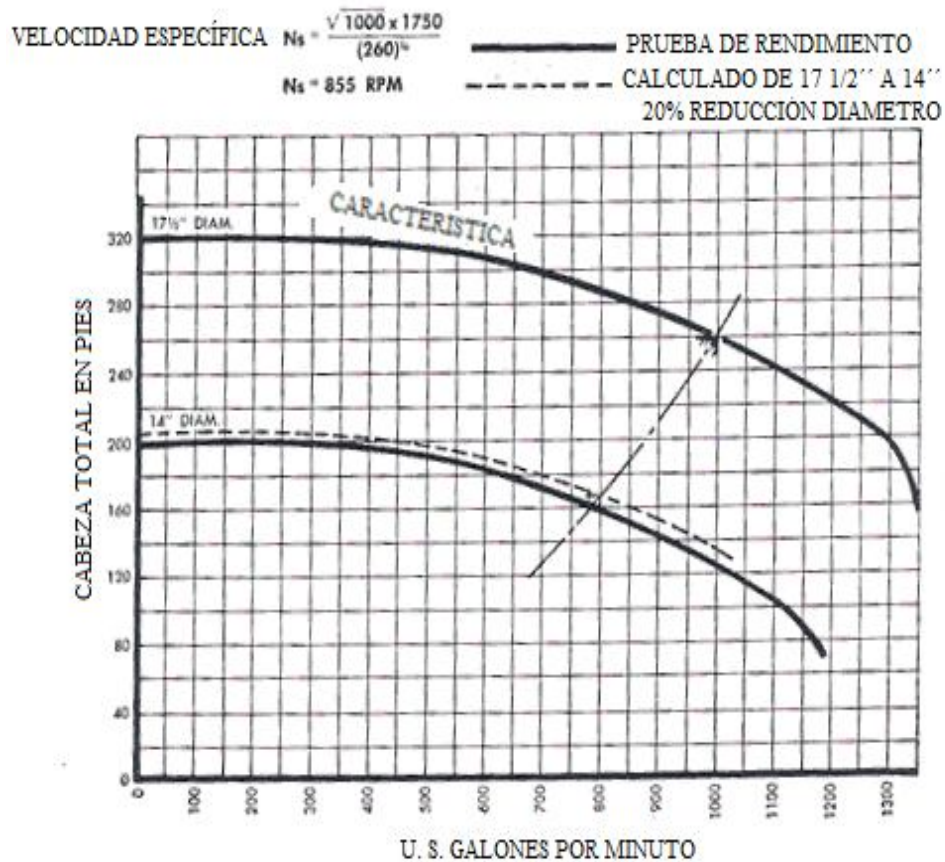


Figura 18.5. Muestra de curvas en el acomodo relativo entre la prueba y el cálculo de rendimiento cuando se aplican las leyes de afinidad cambiando el diámetro de la bomba con una velocidad específica $N_s = 855$.

Cuando las leyes de la afinidad se usan para calcular aumentos en las velocidades o en los diámetros, es importante considerar el efecto en la succión para evitar la cavitación.

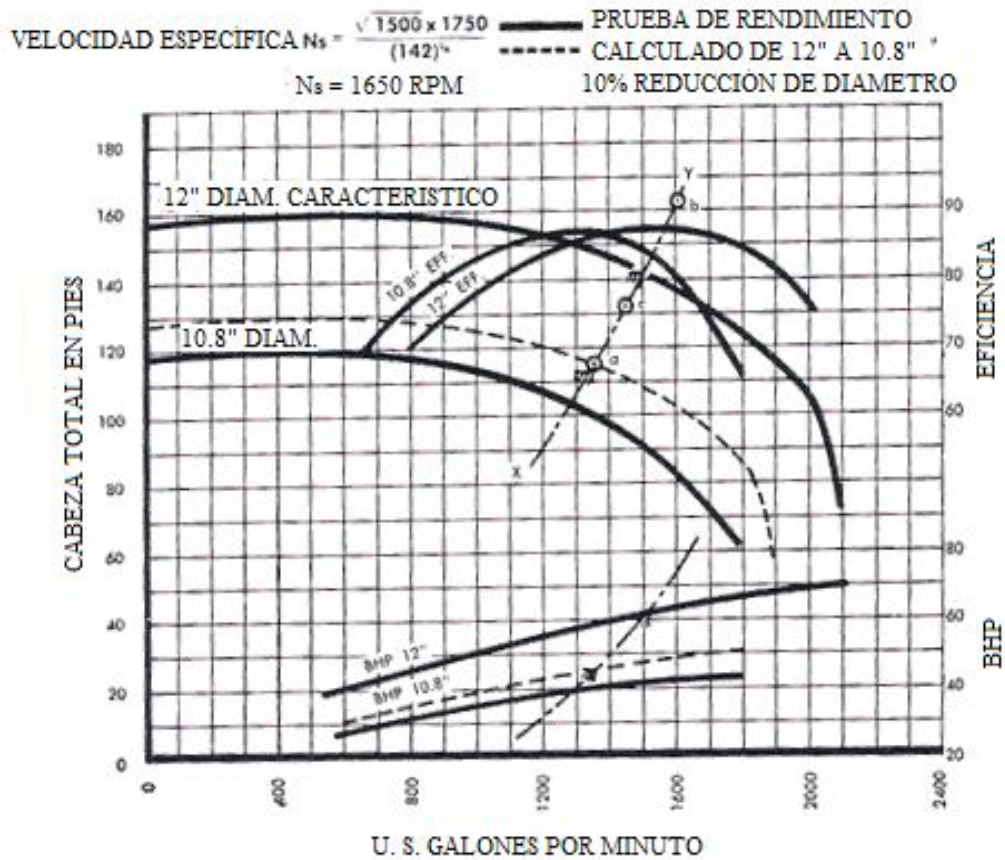


Figura 18.6 Muestra de curvas en el acomodo entre la prueba y el cálculo de rendimiento cuando se aplican las leyes de afinidad cambiando diámetros para bombas con velocidad específica $N_s = 1650$.

OPERACIONES EN SERIE Y EN PARALELO

Cuando se tienen a mano varias bombas puede ser más deseable instalar varias bombas pequeñas en paralelo en vez de usar una sola más grande. Cuando baja la demanda se pueden parar alguna de las bombas, haciendo que las demás operan cerca de la eficiencia pico. Cuando se tiene una sola bomba, al bajar la demanda la salida debe cerrarse y operará a una eficiencia menor. Además, cuando se usan varias bombas, se puede dar mantenimiento a alguna de ellas sin cerrar la producción, lo cual sería indispensable si se tuviera una sola. De manera similar se pueden usar varias bombas pequeñas en serie cuando se desea aumentar la cabeza.

Al planear esas instalaciones se debe antes que nada dibujar la curva de cabeza contra capacidad. La cabeza requerida por el sistema es la suma de las cabezas estáticas (diferencia en alturas o su equivalente en presiones) más la cabeza variable (pérdidas de fricción). La primera es generalmente constante para un sistema dado, mientras que la última aumenta aproximadamente con el cuadrado de la velocidad, Las curvas resultantes se representan como la línea AB en las figuras 19.1 y 19.2.

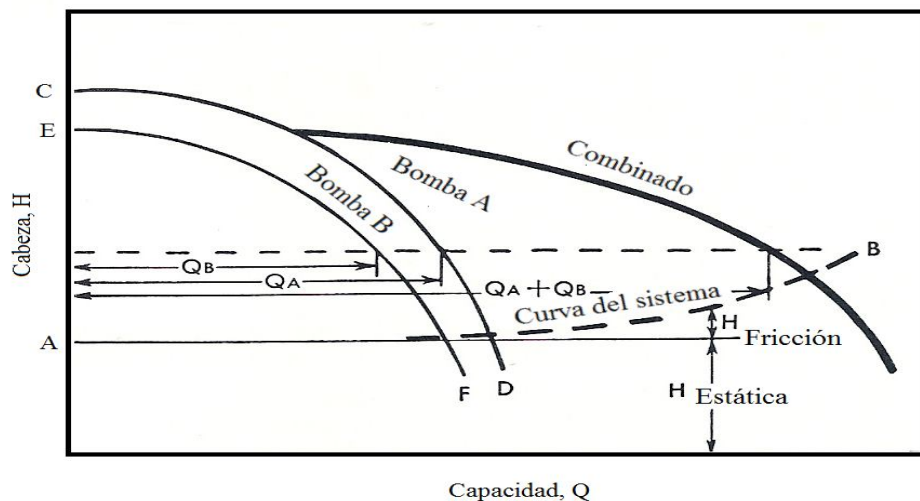


Figura 19.1. Curvas de capacidad vs cabeza de bombas operando en paralelo.¹⁰

¹⁰ Hydraulic Handbook, p.p 34

Veamos a dos bombas operando en paralelo. La curva del sistema es la línea AB mostrada en la figura 19.1 la que comienza con una cabeza H cuando el flujo es cero y aumenta parabólicamente con el flujo. La curva CD representa la curva característica de la bomba A operando sola., una curva similar es la EF de la bomba B. La bomba B no comenzará a mandar flujo hasta que la descarga de la bomba A llegue hasta el punto E. El flujo combinado es igual a la suma de las capacidades individuales de la dos bombas a la cabeza indicada. Para una cabeza la capacidad es dividida entre las bombas como se indica con Q_A y Q_B . La curva característica de la combinación es el resultado de esos datos. La potencia combinada puede obtenerse añadiendo los caballos al freno de la bomba A correspondientes al flujo Q_a más el correspondiente al flujo Q_B y graficando este caballaje contra el flujo combinado. La eficiencia del sistema puede determinarse mediante la ecuación siguiente:

$$Eff = \frac{(Q_B + Q_A)H}{3960(BHP \text{ a } Q_A + BHP \text{ a } Q_B)}$$

Si dos bombas operan en serie, la cabeza combinada para cualquier flujo es igual a la suma de las cabezas individuales tal como se muestra en la figura 19.2. La curva del caballaje combinado puede obtenerse adicionando los HP dados por las curvas para las bombas individuales. La eficiencia combinada puede hallarse por medio de la siguiente ecuación:

$$Eff = \frac{Q(H_A + H_B)}{3960(BHP \text{ a } H_A + BHP \text{ a } H_B)}$$

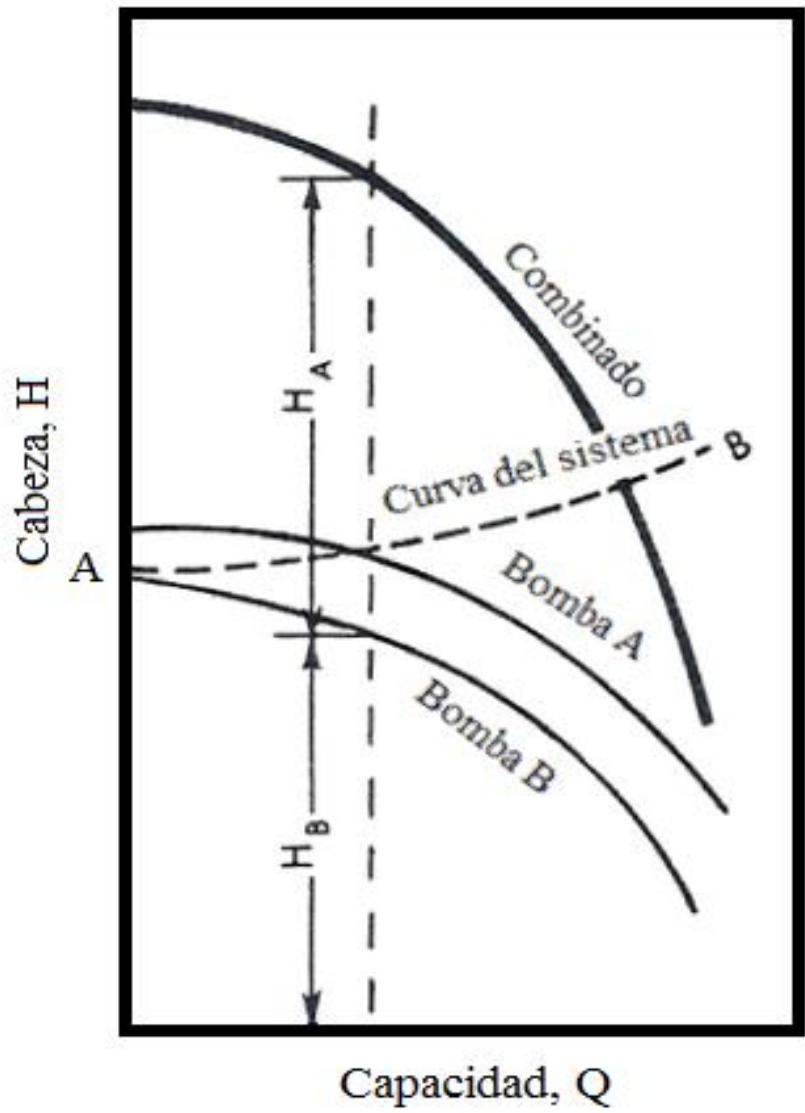


Figura 19.2. Curvas de Cabeza vs Capacidad de bombas operando en serie.

DISEÑO DE MATERIAL AUDIOVISUAL

El material audiovisual sobre bombas para el apoyo de la enseñanza de la materia de ingeniería de fluidos está incluido en un CD reproducible en cualquier computadora, siempre y cuando esta tenga un reproductor de CD y pueda leer un archivo en formato power point. Este material contiene diapositivas de power point, música y videos con audio, por lo que es recomendable tener bocinas al momento de estudiar el material. Estas presentaciones pueden ser vistas en reproducción automática o si se prefiere viendo cada una de las diapositivas de manera separada.

El material está dividido en cuatro presentaciones:

- 1) Video 1: Clasificaciones de bombas y bombas centrífugas
- 2) Video 2: Bombas de desplazamiento positivo
- 3) Video 3: Conceptos generales de las bombas (Presión y Cabeza-Caudal)
- 4) Video 4: Conceptos generales de las bombas (Cavitación, NPSH, Leyes de afinidad, operación en serie y paralelo).

El video 1 contiene 16 diapositivas con una duración aproximada de 8 minutos, contiene información sobre la clasificación general de las bombas de acuerdo a su funcionamiento y contiene mapas conceptuales, información y videos que muestran el mecanismo de operación de las bombas centrífugas.

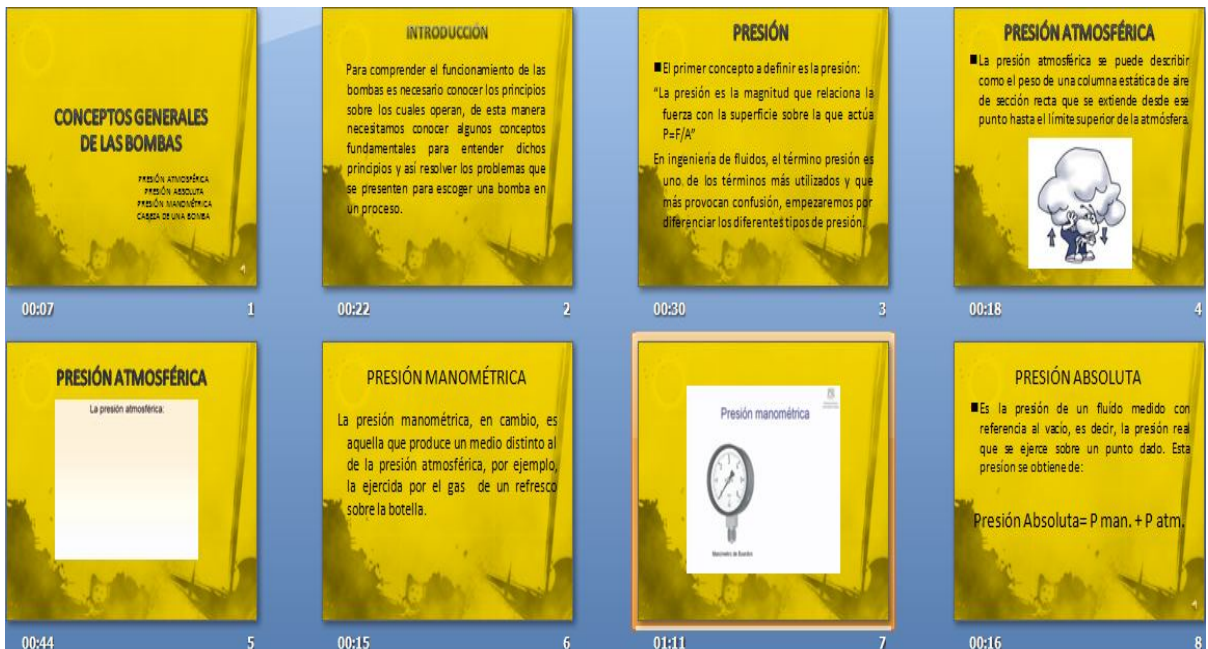
The thumbnails represent the following slides:

- Slide 1:** Title: BOMBAS. Subtitle: CLASIFICACIÓN DE BOMBAS BOMBAS CENTRÍFUGAS. Timestamp: 00:07.
- Slide 2:** Title: FLUIDOS EN LAS INDUSTRIAS. Content: Los fluidos utilizados en las industrias son movidos e impulsados a través de las tuberías y equipos por bombas, ventiladores, sopladores y compresores. Estos equipos transforman la energía mecánica en energía cinética generando presión y velocidad en los fluidos (líquidos o gases). Timestamp: 00:22.
- Slide 3:** Title: ¿QUÉ SON LAS BOMBAS?. Content: Son equipos utilizados para mover líquidos de un lugar a otro con tres aplicaciones fundamentales: 1) Elevar un líquido de un nivel a otro. 2) Llevar un líquido de un tanque de menor presión a otro de mayor presión. 3) Llevar un líquido para vencer las fuerzas o pérdidas por fricción de un lugar a otro. Timestamp: 00:22.
- Slide 4:** Image of a blue centrifugal pump. Timestamp: 00:11.
- Slide 5:** Title: SELECCIÓN DE BOMBAS. Content: Dependiendo del proceso que se tenga diferirá el tipo de bomba a seleccionar, es necesario conocer el sistema de bombeo y se requiere la siguiente información básica para concluir el tipo de bomba a utilizar: Presión de descarga, Presión del proceso, Caudal deseado, Tipo de fluido a bombear. Timestamp: 00:26.
- Slide 6:** Title: CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS. Content: Así como se necesita conocer el sistema de bombeo, es necesario conocer los tipos de bombas existentes y sus aplicaciones, a continuación se presenta una clasificación de ellas de acuerdo a su mecanismo de operación, no obstante existen otras clasificaciones de las mismas. Timestamp: 00:17.
- Slide 7:** Diagram titled BOMBAS. It branches into Centrifuga o rotodinámica and Desplazamiento positivo. Centrifuga o rotodinámica includes Flujo Axial, Flujo Radial, and Flujo Mixto. Desplazamiento positivo includes Émbolo Alternativo and Émbolo Rotatorio. Émbolo Alternativo includes Bomba de paletón, Bomba de diafragma, and Bomba rotativa. Émbolo Rotatorio includes Bomba de paleta and Bomba de engranes. Timestamp: 00:35.
- Slide 8:** Title: CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS. Content: Generalmente, las bombas centrífugas se utilizan cuando existe una alimentación continua en un proceso o bien se utilizan para gastos grandes o fluidos con una viscosidad menor a 1.3 cp. Las bombas de desplazamiento positivo se utilizan para dosificar flujos o bien cuando la viscosidad del fluido es superior a 1.3 cp. Timestamp: 00:25.

El video 2 contiene 19 diapositivas con una duración aproximada de 6.5 minutos y contiene información y videos que muestran el funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo y muestran su clasificación de acuerdo a su funcionamiento.



El video 3 contiene 16 diapositivas con una duración aproximada de 6.6 minutos, en esta presentación se muestra información y videos que describen la presión atmosférica, presión manométrica, presión absoluta y cabeza o carga de una bomba.



El video 4 consta de 20 diapositivas con una duración aproximada de 12 minutos, estas diapositivas abarcan los temas de Cavitación, NPSH, Leyes de afinidad y operaciones en serie y paralelo de bombas.



Estos videos fueron expuestos en el grupo 103 de Ingeniería de Fluidos del Dr. Antonio Valiente Barderas el lunes 10 de septiembre del 2012 en la Facultad de Química obteniendo resultados positivos entre los estudiantes.

Al final de la presentación y luego de realizar una sesión de preguntas se aplico un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas en forma escrita a los estudiantes para medir su nivel de retención sobre el tema de bombas y para conocer su opinión sobre la calidad del material.

Las preguntas realizadas son las siguientes:

A) PREGUNTAS PARA MEDIR EL NIVEL DE RETENCIÓN:

¿Para qué sirve una bomba?

¿Cuáles son las dos clasificaciones generales de las bombas según su mecanismo de operación?

Menciona 2 tipos de bombas de desplazamiento positivo.

¿Qué es la presión absoluta?

¿A que nos referimos con cabeza o carga?

¿Qué es el NPSH?

¿Cómo debe ser el NPSH disponible con referencia al NPSH requerido?

¿Qué es la cavitación?

¿Cuáles son las 4 curvas características de una bomba?

¿Para qué sirven las leyes de afinidad?

B) PREGUNTAS DE SUGERENCIAS DEL MATERIAL

¿Qué sugerencias harías para las presentaciones?

¿Consideras que te ayudo a comprender más el tema de bombas estas presentaciones?

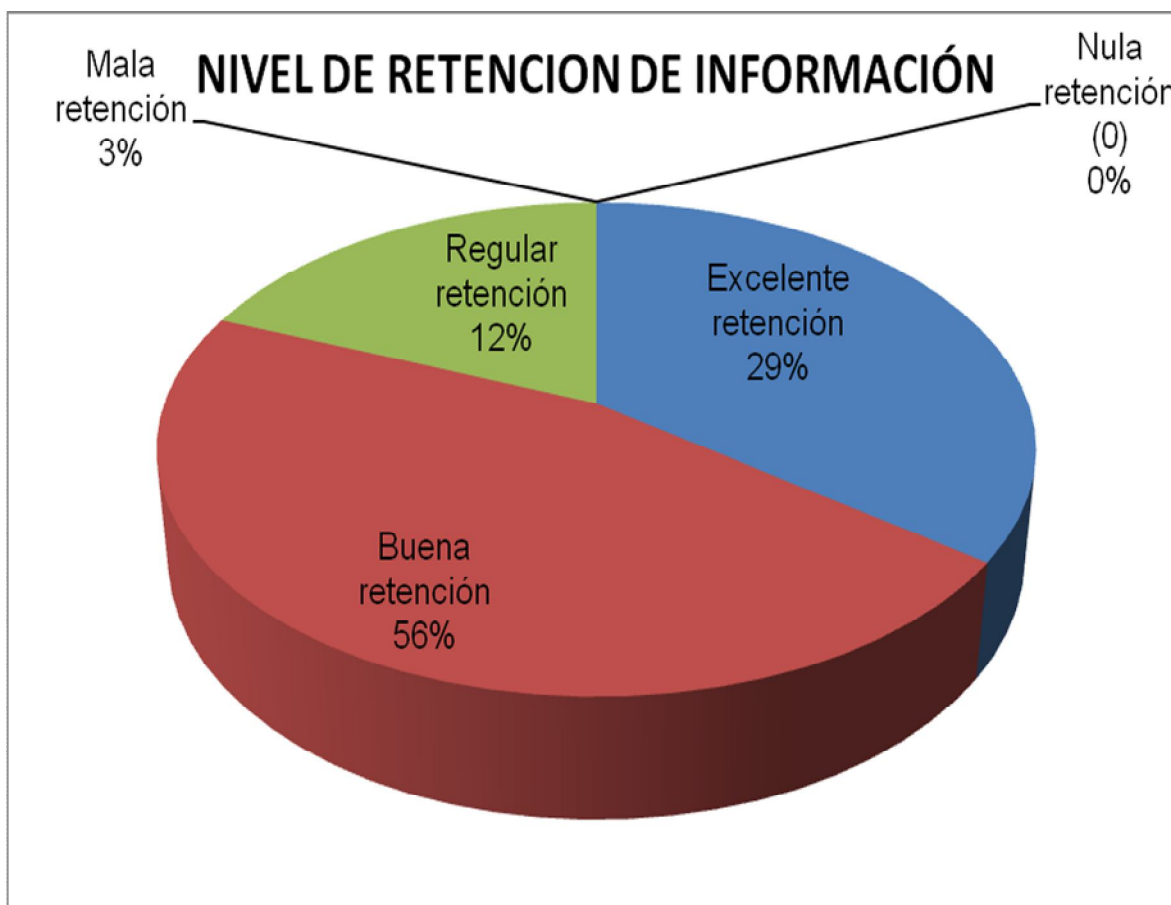
¿Crees pertinente que los profesores utilicen material como este para dar sus clases?

El CD con las presentaciones se encuentra anexo a este documento.

RESULTADOS

Clasificación	Cantidad de respuestas correctas:
Excelente retención (10 a 9)	13
Buena retención (8 a 7)	17
Regular retención (6 a 4)	7
Mala retención (3 a 2)	0
Nula retención (0)	0

Total de alumnos	37
------------------	----

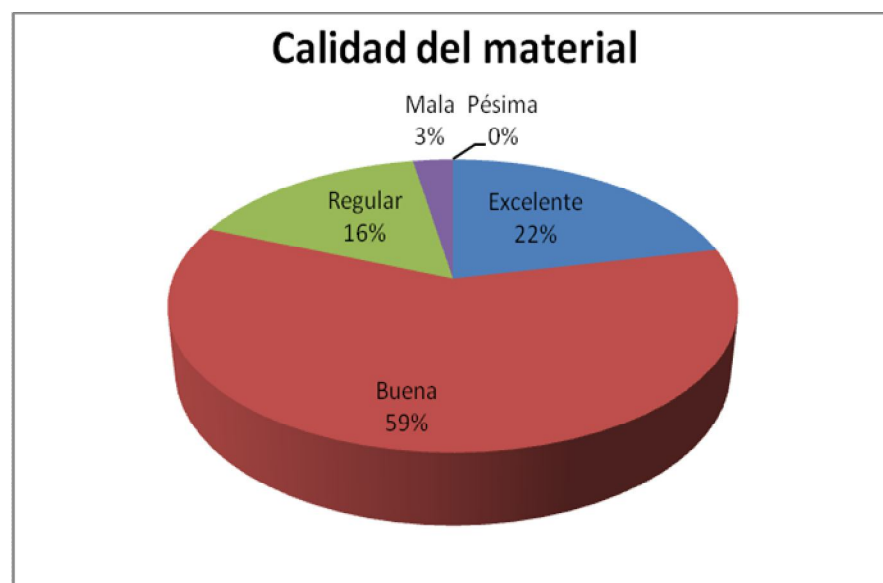
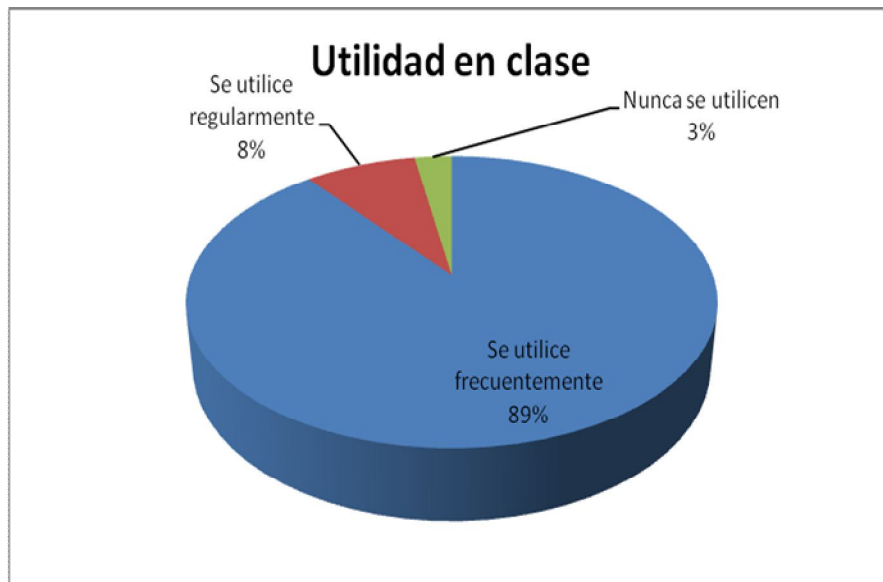


Opinion sobre la calidad del material	
Excelente	8
Buena	22
Regular	6
Mala	1
Pésima	0

Opinión para que se sigan haciendo materiales como este para la enseñanza	
Se utilice frecuentemente	33
Se utilice regularmente	3
Nunca se utilicen	1

Total alumnos	37
---------------	----

Total alumnos	37
---------------	----



CONCLUSIONES

- Las bombas son uno de los equipos más utilizados en las industrias químicas, por lo que es necesario que el estudiante tenga un conocimiento claro de las mismas, conociendo como son físicamente, la manera de operar, y conceptos fundamentales para la selección y uso de las bombas.

- Este material fue diseñado como apoyo y no pretende sustituir al profesor de la materia, por lo que se recomienda utilizar este material una vez expuesta la parte teórica en clase, una vez que se tienen los conceptos teóricos se recomienda reforzar los conocimientos pertinentes con las diapositivas que se consideren necesarias, esto permitirá reforzar los conocimientos sobre las bombas y los conceptos relacionados a estas.

-Para realizar este material tomé información de varios libros sobre bombas, pero también tome un curso llamado "Bombas centrífugas", impartido por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), impartido por el Ing. Tomas Medina Moreno, este curso se impartió el 1,2 y 3 de agosto del 2012 con una duración de 24 horas totales. En dicho curso se compartieron experiencias con otros especialistas en el tema, lo que permitió que la información recabada fuera más nutrida y con actualizaciones sobre el tema. Cabe señalar que las presentaciones realizadas en esta tesis fueron presentadas en el curso obteniendo comentarios de los participantes así como del expositor, lo que permitió mejorar el trabajo de esta tesis.

-Se presentaron estas diapositivas en la clase de ingeniería de fluidos y se realizaron dos tipos de cuestionarios a los estudiantes, el primero en referencia a los conceptos teóricos con el objetivo de medir el nivel de retención y comprensión de los temas, el segundo relacionado con sugerencias para las presentaciones y se recabó información sobre la calidad del tema y los resultados obtenidos se consideran satisfactorios ya que el 85% de los estudiantes tuvieron excelente y buena retención sobre el tema, y el 97% considera que es pertinente que se utilice material audiovisual para la enseñanza de la Ingeniería Química, por lo que se

puede concluir que este tipo de material pueden utilizarse de apoyo para la enseñanza de diversos temas con el fin de que el estudiante refuerce sus conocimientos.

RECOMENDACIONES

-Al tener muchas fuentes de información sean libros de ingeniería de fluidos, libros sobre bombas, páginas web e incluso paginas de fabricantes de bombas la nomenclatura puede variar un poco así como el sistema de unidades.

-Se recomienda continuar con trabajos similares a este ya que permitirán a los estudiantes tener más herramientas para el estudio de otros temas en diversas asignaturas.

BIBLIOGRAFÍA

Problemas de flujo de fluidos, segunda edición. Editorial Limusa, Noriega Editores 2002 Antonio Valiente Barderas.

Manual de bombas, Luis Ma Jimenes de Cisneros.

Bombas Teoría, diseño y aplicaciones, Ing. Manuel Viejo Zubicaray, Editorial Limusa, México 1977.

TYLER G. HICKS, Bombas, Ed. CECOSA

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. "Airframe and powerplant mechanics, Airframe handbook". FAA, Oklahoma 1979.

OKISHI. "Mecánica de Fluidos". Ed Mc Graw Hill. Barcelona 1999.

ROCA, Felip, "Oleohidráulica Básica". Ed. Alfaomega. Barcelona 1999.

KENNETH J. Mc NAUGHTON, Bombas Selección, Uso Y Mantenimiento, Ed. Mc.GRAW HILL.-MEXICO, 1988, 373 P.

Pump Handbook, Igor J. Karassik, William C. Kritzsch, Mc Graw-Hill Book Company. 1986 segunda edición.

POTTER, Merle. "Mecánica de Fluidos". Ed. Prentice Hall. México 1998

"Bombas, su selección y aplicación", Compañía editorial continental, S.A, México Decimatercera impresión 1978. Tyler G. Hicks, BME

Pumps, Macmillan Publishing Company, 1986, segunda edición, Harry L. Stewart.

Centrifugal and other rotodynamic pumps, Addison Herbert, Cgapan & Hall, 1966

Centrifugal and axial flow pumps, Stepanoff, Alexey Joakim, Wiley, 1957

Curso de Bombas Centrifugas, Tomás Alfredo Medina Moreno, IMIQ, 1,2 y 3 de Agosoto de 2012.

<http://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas.shtml>, Félix Mendoza González (Abril 2012)

<http://www.pemex.com/files/standards/definitivas/nrf-050-pemex-2001.pdf> (Abril 2002)

<http://www.quiminet.com/articulos/las-bombas-centrifugas-26776.htm> (Abril 2012)

<http://bombascentrifugas.info-tecnica.org/introduccion-a-las-partes-de-una-bomba-centrifuga/> (Junio 2009)

<http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml> (Junio 2008)

http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica (23-Nov-2011)

avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/tipos-de-bombas.pdf (Octubre 2010)

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/seleccionbomba-scentrifugas/seleccionbombascentrifugas.html>, Pablo Saldarriaga V (Junio 2012).

Bibliografía videos:

Presentación 1

Video 1: <http://www.youtube.com/watch?v=8lh6LEkXIs&feature=fvsr> (20-Nov-2011)

Video 2: <http://www.youtube.com/watch?v=pYMOQVRyJGw> (01-Feb-2010)

Video 3: <http://www.youtube.com/watch?v=V3aPHmZ97yM> (09-Nov-2011)

Video 4: <http://www.youtube.com/watch?v=foHY0QbvYCw> (25-Ago-2011)

Video 5: <http://www.youtube.com/watch?v=K0VTP3YBifM> (03-Marzo-2011)

Presentación 2:

Video 1 http://www.youtube.com/watch?v=rj_Lh6J469g (26-Ago-2011)

Video 2: <http://www.youtube.com/watch?v=fEO8LEGfdgc> (20-May-2011)

Video 3: <http://www.youtube.com/watch?v=7jmXBIWDuAM> (26-Nov 2011)

Video 4: <http://www.youtube.com/watch?v=rRPbL-4Yqgs> (25- Ago-2011)

Video 5: <http://www.youtube.com/watch?v=NSp-klqdf20> (19-Jul-2011)

Video 6: <http://www.youtube.com/watch?v=TFYQ6csTQPg> (14-May-2011)

Video 7: http://www.youtube.com/watch?v=dtNK-_Kqdmk (26-May-2010)

Presentación 3:

Video 1: <http://www.youtube.com/watch?v=k5BzowAjBXQ> (14-Abril-2011)

Video 2: http://www.youtube.com/watch?v=R-eTwnNv_AY (23-Feb-2012)

Presentación 4:

Video 1: <http://www.youtube.com/watch?v=zowQiteQL2I> (09-May-2009)

Video 2: <http://www.youtube.com/watch?v=jGN4I6f6xc8&feature=relmfu> (10-May-2009)

Video 3: <http://www.youtube.com/watch?v=bPYs8J5KpYg> (22-Abril-2012)

Video 4: <http://www.youtube.com/watch?v=fdg9zc8uFDw> (22-Abril-2012)

APENDICE I

A continuación se presentan cuadros comparativos de listas de precios aproximados de algunos tipos de bombas, los precios fueron obtenidos de páginas de internet de empresas que se dedican a la venta de equipos de bombeo para diferentes usos:



LISTA DE PRECIOS | ENERO 2012

MOTOBOMBAS DOMESTICAS CON IMPULSOR DE BRONCE

MOTOR		BOMBA		CARGA DINAMICA TOTAL (Mts)										ALTURA MAXIMA	WEG		SIEMENS	
H.P.	VOLTS	SUCC	DESC	3	6	8	11	12	15	18	22	24	27	MTS	CODIGO	PRECIO	CODIGO	PRECIO
1/4	127V	1"	3/4"	60	50	47	45	40	30					16	W025	1,446.00	AA025	1,635.00
1/2	127V	1.1/4"	1"		180	170	155	140	95	80	45			22	W050	1,716.00	AA050	2,048.00
3/4	127V	1.1/4"	1"		190	185	180	160	120	100	90	45		24	W075	2,122.00	AA075	2,479.00
1	127/220V	1.1/4"	1"			200	185	170	140	120	100	80	40	26	W100	2,204.00	AA100	2,639.00
1 1/2	127/220V	1.1/4"	1"					200	180	160	120	##	60	30	W150	2,677.00	AA150	2,880.00

⁰ ESTAS MOTOBOMBAS SE PUEDEN SURTIR CON SUCCION DE 1 1/2" Y DESCARGA DE 1 1/4"

MOTOBOMBAS AUTOCEBANTES PARA ALBERCAS

CODIGO	HP	MOTOR		PARA ALBERCA	HIERRO	
		VOLTAJE	TIPO		Ideal Ayala	
					DESC	\$ M.N.
D033	1/3	127V	ABIERTO	30,000 Lts	1 1/2"	4,473.00
D050	1/2	127V		50,000 Lts		4,630.00
D075	3/4	127V		75,000 Lts		4,853.00
D100	1	127/220	ABIERTO	100,000 Lts	1 1/2"	5,006.00
DT100A	1	220/440				5,550.00
DT100C	1	220/440				CERRADO
D150	1 1/2	127/220	ABIERTO	150,000 Lts	2"	6,554.00
DT150A	1 1/2	220/440				7,199.00
DT150C	1 1/2	220/440				CERRADO
D200A	2	127/220	ABIERTO	200,000 Lts	2"	7,342.00
DT200A	2	220/440				7,467.00
DT200C	2	220/440				CERRADO
DT300C	3	220/440	CERRADO	300,000 Lts	2"	12,121.00
DT500C	5	220/440		400,000 Lts		15,375.00

PLASTICO		
HAYWARD		
CODIGO	DESC	\$ M.N.
111140	1 1/2"	5,716.00
111141		5,973.00
111142		6,135.00
111142-3		6,711.00
111143		6,434.00
111143-3	7,011.00	
111144	2"	7,163.00
111144-3		7,141.00

MOTOBOMBAS INDUSTRIALES

MONOFASICAS

CODIGO	MOTOR				BOMBA		CARGA MTS	PRECIO M.N.
	HP	TIPO	RPM	VOLTS	SUCC	DESC		
1C150	1 1/2	ABIERTO	3500	127/220	1 1/2"	1"	38	3,972.00
1C200A	2			127/220			40	4,874.00
1C300A	3			127/220			42	6,407.00
1C300C	3			127/220			45	11,118.00
1C500C	5			220			52	13,164.00
C050	1/2	ABIERTO	3500	127/220	2"	2"	10	4,086.00
C075	3/4			127/220			12	4,341.00
C100	1			127/220			15	4,515.00
C150	1 1/2			127/220			22	4,725.00
C200A	2			127/220			28	5,627.00
2P300C	3	CERRADO	3500	127/220	2"	2"	38	12,726.00
2P500C	5			220			43	14,773.00
32C300C	3	CERRADO	3500	127/220	3"	2"	23	12,599.00
32C500C	5			220			33	14,646.00
3G300C4	3	CERRADO	1750	127/220	3"	3"	12	13,610.00
3G500C4	5			220			14	14,900.00
4C300C4	3	CERRADO	1750	127/220	4"	4"	12	13,448.00
4C500C4	5			220			14	14,738.00

*Precios en moneda nacional, sujetos a cambios sin previo aviso.

Lista de Precios

Sistemas de Bombeo



Febrero 10, 2012

BOMBAS CENTRÍFUGAS AQUOR®		Desc.	E
 	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
	AQM50	Bomba Centrífuga Aquor 0.5 HP 1/60/115V	\$126.00
	AQM100	Bomba Centrífuga Aquor 1 HP 1/60/115V	\$153.00
	AQM150	Bomba Centrífuga Aquor 1.5 HP 1/60/115V	\$216.00
	AQM200	Bomba Centrífuga Aquor 2 HP 1/60/115V	\$240.00
BOMBAS CENTRÍFUGAS SIXTEAM		Desc.	E
 	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
	STM200	Bomba Centrífuga Sixteam 2 HP 1/60/220V	\$650.00
	STM200T	Bomba Centrífuga Sixteam 2 HP 3/60/220V	\$621.00
	STM300	Bomba Centrífuga Sixteam 3 HP 1/60/220V	\$814.00
	STM300T	Bomba Centrífuga Sixteam 3 HP 3/60/220V	\$655.00
STM550T	Bomba Centrífuga Sixteam 5 HP 3/60/220V	\$1,169.00	

BOMBAS CENTRÍFUGAS STA-RITE

Desc. E



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
JHC	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 0.5 HP 1/60/115-230V	\$513.00
JHD	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 0.75 HP 1/60/115-230V	\$558.00
JHE	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1 HP 1/60/115-230V	\$610.00
JHF	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1.5 HP 1/60/115-230V	\$672.00
JHG	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2 HP 1/60/115-230V	\$836.00
JHG3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2 HP 3/60/230-460V	\$918.00
JHHG	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2.5 HP 1/60/115-230V	\$970.00
JHHG3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2.5 HP 3/60/230-460V	\$1,053.00

BOMBAS CENTRÍFUGAS AUTOCEBANTES STA-RITE TERMOPLÁSTICO

Desc. E



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
PD2HE	Bomba Centrífuga Sta-Rite Termoplástico 1 HP 1/60/115-230V	\$700.00
PD2HF	Bomba Centrífuga Sta-Rite Termoplástico 1.5 HP 1/60/115-230V	\$731.00
PDHG	Bomba Centrífuga Sta-Rite Termoplástico 2 HP 1/60/115-230V	\$943.00
PDHGG	Bomba Centrífuga Sta-Rite Termoplástico 2.5 HP 1/60/115-230V	\$1,053.00

BOMBAS MULTIETAPAS HORIZONTALES AQUOR®

Desc. E



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
AQHM80	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 0.8 HP 1/60/115V	\$300.00
AQHM100	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 1 HP 1/60/115V	\$326.00
AQHM150	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 1.5 HP 1/60/230V	\$358.00
AQHM200	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 2 HP 1/60/230V	\$426.00
AQHM200T	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 2 HP 3/60/230-460V	\$426.00
AQHM300	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 3 HP 1/60/230V	\$527.00
AQHM300T	Bomba Multietapas Horizontal Aquor 3 HP 3/60/230-460V	\$527.00

BOMBAS MULTIETAPAS HORIZONTALES SIXTEAM


Desc. E



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
STO80	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 0.8 HP 1/60/115-220V	\$404.00
STO100	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 1 HP 1/60/115-220V	\$455.00
STO120	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 1.2 HP 1/60/115-220V	\$497.00
STO200	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 2 HP 1/60/220V	\$651.00
STO200T	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 2 HP 3/60/220V	\$619.00
STO300	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 3 HP 1/60/220V	\$836.00
STO300T	Bomba Multietapas Horizontal Sixteam 3 HP 3/60/220V	\$692.00

***Todos los precios están en dólares más IVA, sujetos a cambios sin previo aviso.**

APENDICE II. EJEMPLO DE HOJAS DE DATOS

	HOJA DE DATOS			
	BOMBAS CENTRIFUGAS			
	PROYECTO No. _____	PARTIDA No. _____	REQ. / ESPEC. No. _____	ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____
REQUISICION No. _____ POR _____		REVISION _____ FECHA _____ HOJA 1 DE 5		

APLICABLE A: <input type="radio"/> PROPUESTA <input type="radio"/> COMPRA <input type="checkbox"/> COMO SE CONSTRUYO			
PLANTA _____	CLAVE DE UNIDAD _____		
LOCALIZACION _____	SERVICIO _____		
No. REQ. _____	TAMAÑO _____	TIPO _____	No. ETAPAS _____
PROVEEDOR _____	MODELO _____	No. DE SERIE _____	
NOTA: <input type="radio"/> INDICA INFORMACION POR PEMEX <input type="checkbox"/> POR PROVEEDOR <input type="checkbox"/> POR PROVEEDOR O PEMEX			
<input type="radio"/> GENERAL			
OP. DE BOMBAS EN (PARALELO) _____	NO. DE MOTORES _____	NO. DE TURBINAS _____	
(SERIE) CON _____	PARA BOMBAS No. _____	PARA BOMBAS No. _____	
No. DE ENGRANES _____	No. PARTIDA MOTOR _____	No. PARTIDA TURBINA _____	
ENGRANES SUM. POR _____	MOTOR SUM. POR _____	TURBINA SUM. POR _____	
ENGRANES MONTADOS POR _____	MOTOR MONTADO POR _____	TURBINA MONTADA POR _____	
H. D. ENGRANES No. _____	H. D. MOTOR No. _____	H. D. TURBINA No. _____	

CONDICIONES DE OPERACIÓN	DATOS DE UBICACIÓN Y SERVICIOS (CONT.)
<input type="radio"/> FLUJO NORMAL _____ (m ³ /h) NOMINAL _____ (m ³ /h) OTRA _____ <input type="radio"/> PRESION SUCCION MAX./NOM. _____ (kPa) <input type="radio"/> PRESION DESCARGA _____ (kPa) <input type="radio"/> PRESION DIFERENCIAL _____ (kPa) <input type="radio"/> CARGA DIF. _____ (m) NPSHA _____ (m) <input type="radio"/> VARIACIONES DE PROC. _____ <input type="radio"/> COND. DE ARRANQUE _____ SERVICIO <input type="radio"/> CONTINUO <input type="radio"/> INTERMITENTE (ARRANQUE/DIA) _____ <input type="radio"/> REQ. OPERACION EN PARALELO _____	FUENTE AGUA _____ CONC. CLORUROS (PPM) _____ AIRE INSTR. PRESION MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)
	LIQUIDO
	<input type="radio"/> TIPO/NOMBRE _____ <input type="radio"/> TEMP. DE BOMBEO: NORMAL _____ (°C) MAX. _____ (°C) MIN. _____ (°C) <input type="radio"/> PRESION DE VAPOR _____ (kPa abs.) @ _____ (°C) <input type="radio"/> DENSIDAD REL. (GRAV. ESPECIF.): NORMAL _____ MAX. _____ MIN. _____ <input type="radio"/> CALOR ESPEC. Co _____ (KJ/kg °C) <input type="radio"/> VISCOSIDAD _____ (Cp) @ _____ (°C) <input type="radio"/> VISCOSIDAD MAX. _____ (Cp) <input type="radio"/> AGENTE CORROSIVO/EROSIVO _____ <input type="radio"/> CONC. CLORUROS (ppm) _____ <input type="radio"/> CONC. H ₂ S (ppm) _____ TIPO DE LIQUIDO <input type="radio"/> PELIGROSO <input type="radio"/> INFLAMABLE <input type="radio"/> OTRO _____
DATOS DE UBIC. Y SERVICIOS	COMPORTAMIENTO
LOCALIZACION: <input type="radio"/> INTERIOR <input type="radio"/> TROPICAL <input type="radio"/> BAJO TECHO <input type="radio"/> INTEMPERIE <input type="radio"/> AMBIENTE MARINO <input type="radio"/> SECO <input type="radio"/> MEZZANINE <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> CLASIF. AREA ELEC. _____ <input type="checkbox"/> CLASE _____ GRUPO _____ DIVISION _____ <input type="radio"/> REQ. PROT. AMB. <input type="radio"/> REQ. TROPICALIZACION	No. CURVA PROPUESTA _____ RPM _____ <input type="checkbox"/> DIAM. NOM. IMPULSOR _____ MAX. _____ MIN. _____ (mm) <input type="checkbox"/> POTENCIA NOM. _____ (BHP) EFICIENCIA(%) FLUJO MIN. _____ <input type="checkbox"/> CONTINUO: TERMICO _____ (m ³ /h) ESTABLE _____ (m ³ /h) <input type="checkbox"/> REGION DE OP. PREFERENTE _____ A _____ (m ³ /h) <input type="checkbox"/> REGION DE OP. PERMISIBLE _____ A _____ (m ³ /h) <input type="checkbox"/> CARGA MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (m) <input type="checkbox"/> POT. MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (Kw) <input type="checkbox"/> NPSH REQ. A CAP. NOMINAL (m) <input type="checkbox"/> VEL. ESPECIFICA SUCCION _____ <input type="radio"/> NIVEL RUIDO MAX. REQUERIDO(dBA) NIVEL RUIDO MAX. _____ <input type="checkbox"/> ESTABLE _____ (dBA)
DATOS DEL SITIO <input type="radio"/> ALTITUD _____ (m) BAROMETRICA _____ (kPa abs.) <input type="radio"/> RANGO TEMP. AMB. MIN./MAX. _____ / _____ (°C) <input type="radio"/> HUMEDAD REL.: MIN./MAX. _____ / _____ (%) COND. INUSUALES <input type="radio"/> POLVO <input type="radio"/> VAPORES <input type="radio"/> OTRO _____ <input type="radio"/> CONDICIONES DE LOS SERVICIOS: VAPOR: ACCIONADORES CALENTADORES MIN. _____ (kPa) _____ (°C) _____ (kPa) _____ (°C) MAX. _____ (kPa) _____ (°C) _____ (kPa) _____ (°C) ELECTRICIDAD: ACCIONADOR CALENTADOR CONTROL PARO VOLTAJE _____ HERTZ _____ FASE _____ AGUA ENFRIAMIENTO: TEMP. ENTRADA _____ (°C) MAX. RETORNO _____ (°C) PRESION NORMAL _____ (kPa) DISEÑO _____ (kPa) MIN. RETORNO _____ (kPa) P MAX. PERM. _____ (kPa)	OBSERVACIONES: _____ _____ _____



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA No. _____ FECHA _____
REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 3 DE 5

COJINETES Y LUBRICACION (CONT.)

- REQ. CALENT. ACEITE ELECTRICO VAPOR
 PRESION ACEITE MAYOR A LA PRESION DEL REFRIGERANTE
OBSERVACIONES: _____

SELLO MECANICO O EMPAQUE

DATOS DEL SELLO:

- VER HOJA DE DATOS API-682 (ANEXA)
 SELLO DIFERENTE A API-682
 CODIGO DE SELLO (VER APENDICE C) _____
 FABRICANTE DEL SELLO _____
 TAMAÑO Y TIPO _____ / _____
 CODIGO DEL FABRICANTE _____

DATOS CAMARA DE SELLO:

- TEMPERATURA _____ (°C)
 PRESION _____ (kPa)
 FLUJO _____ (m³/h)
 TAMANO CAMARA DE SELLO _____
 LONG. TOTAL _____ (mm) LONG. CLARO _____ (mm)

CONSTRUCCION DEL SELLO:

- MATERIAL CAMISA _____
 MATERIAL PRENSAESTOPAS _____
 DISPOSITIVO AUXILIAR DE SELLADO _____
 REQ. CHAQUETAS DE ENFRIAMIENTO

CONEXION DE LA BRIDA (SEGUN TABLA NO. 6)

- INY. FLUIDO (F) DRENADO (D) INY. FLU. BARRERA (B)
 LAVADO (Q) ENFRIAMIENTO (Q) LUBRICACION (G)
 CALENT. (H) FUGA (L) FLUIDO BOMBEADO (P)
 BALANCE (E) INY. FLUIDO EXT. (X)

REQ. FLUIDO DE SELLADO Y DISPONIBILIDAD DE LIQ.:

NOTA:

NO UTILIZAR SI EL LIQ. BOMBEADO SE USA PARA EL SELLO

- TEMP. SUMINISTRO MAX./MIN. _____ / _____ (°C)
 DENSIDAD REL. (GRAV. ESP.) _____ @ _____ (°C)
 FLUIDO _____
 CALOR ESPEC. (Cp) _____ (kJ/kg °C)
 PRESION DE VAPOR _____ (kPa abs.) @ _____ (°C)
 PELIGROSO INFLAMABLE OTRO _____
 FLUJO NOM./MAX./MIN. _____ / _____ / _____ (m³/h)
 PRESION REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)
 TEMP. REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (°C)

FLUIDO DE BARRERA/BUFER:

- TEMP. SUMINISTRO MAX./MIN. _____ / _____ (°C)
 DENSIDAD REL. (GRAV. ESP.) _____ @ _____ (°C)
 FLUIDO _____

SELLO MECANICO O EMPAQUE (CONT.)

- PRESION DE VAPOR _____ (kPa abs.) @ _____ (°C)
 PELIGROSO INFLAMABLE OTRO _____
 FLUJO NOM./MAX./MIN. _____ / _____ / _____ (m³/h)
 PRESION REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)
 TEMP. REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (°C)

FLUIDO DE LAVADO:

- FLUIDO _____
 FLUJO NOMINAL _____ (m³/h)

TUBERIA DE LOS SELLOS:

- PLAN DE LAVADO AL SELLO _____
 TUBING ACERO AL CARBONO
 TUBO ACERO INOX.
 PLAN DE LAVADO AUX. _____

- TUBING ACERO AL CARBONO
 TUBO ACERO INOX.

ENSAMBLE DE TUBERIA:

- ROSCADA UNIDA SOLDADA
 BRIDADA ACCESORIOS
 INTERRUPTOR DE PRESION (PLAN 52/53) TIPO _____
 MANOMETRO (PLAN 52/53)
 INTERRUPTOR NIVEL (PLAN 52/53) TIPO _____
 IND. DE NIVEL (PLAN 52/53)
 TERMOMETRO (PLAN 21, 22, 23, 32, 41)
 INTERCAMBIADOR DE CALOR (PLAN 52/53)
OBSERVACIONES: _____

DATOS DE LA EMPAQUETADURA:

- PROVEEDOR (MARCA) _____
TIPO _____
TAMAÑO _____ No. DE ANILLOS _____
 REQ. INY. EN LA EMPAQUETADURA
 FLUJO _____ (m³/h) @ _____ (°C)
 ANILLO LINTERNA _____

TUBERIA DE VAPOR Y AGUA DE ENFRIAMIENTO

- PLAN TUB. AGUA ENF. _____
 REQ. AGUA ENFRIAMIENTO _____
CHAQUETAS SELLO A COJINETE _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
ENFRIADOR DEL SELLO _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
LAVADO _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
AGUA ENF. TOTAL _____ (m³/h)
 TUB. VAPOR TUBING. TUBO
OBSERVACIONES _____

**BOMBAS ROTATORIAS
HOJA DE DATOS
SISTEMA INTERNACIONAL**

PÁGINA: 1 DE 2
 PROYECTO No.: _____ PARTIDA No.: _____
 ORD. DE COMPRA: _____ FECHA: _____
 REQUISICIÓN No. _____ POR: _____
 REVISION: _____ FECHA: _____

APLICABLE A: <input type="checkbox"/> PROPUESTA <input type="checkbox"/> COMPRA <input type="checkbox"/> COMO SE CONSTRUYÓ																																							
PARA: _____		CLAVE DE UNIDAD: _____																																					
SITIO: _____		No. DE BOMBAS REQUERIDAS: _____																																					
SERVICIO: _____		TAMANO Y TIPO: _____																																					
FABRICANTE: _____		No. SERIE: _____																																					
NOTA: <input type="checkbox"/> INDICA INFORMACION POR PEMEX <input type="checkbox"/> POR EL PROVEEDOR																																							
GENERAL																																							
No. DE MOTORES: _____		OTRO TIPO DE ACCIONADOR: _____																																					
No. PARTIDA DE LA BOMBA: _____		No. PARTIDA DE LA BOMBA: _____																																					
No. PARTIDA DEL MOTOR: _____		No. PARTIDA DEL ACCIONADOR: _____		No. DE ENGRANES: _____																																			
MOTOR SUM. POR: _____		ACCIONADOR SUM. POR: _____		ENGRANES SUM. POR: _____																																			
MOTOR MONTADO POR: _____		ACCIONADOR MONTADO POR: _____		ENGRANES MONT. POR: _____																																			
H. D. DEL MOTOR No: _____		H. D. DEL ACCIONADOR No: _____		H. D. ENGRANES No. _____																																			
<input type="checkbox"/> CONDICIONES DE OPERACIÓN			<input type="checkbox"/> LIQUIDO																																				
O FLUJO @ P1 m ³ /h: _____ @ VISCOSIDAD MÁXIMA _____ @ VISCOSIDAD MÍNIMA _____ O PRESION DE DESCARGA kPa: _____ MÁXIMO _____ MÍNIMO _____ O PRESION DE SUCCION kPa: _____ MÁXIMO _____ MÍNIMO _____ O MAX PRESION DIFERENCIAL kPa: _____ MÁXIMO _____ MÍNIMO _____ O NPSH DISPONIBLE m: _____ O POTENCIA HIDRÁULICA kW: _____			O TIPO DE LIQUIDO: _____ O TEMPERATURA DE BOMBEO °C: _____ NORMAL _____ MÁX _____ MÍN _____ O GRAV. ESPECIF. _____ MÁX _____ MÍN _____ O CALOR ESPEC. Cp: _____ kJ/kg°C O VISCOSIDAD Pa·s: _____ O AGENTE CORROSIVO / EROSIVO: _____ O CONC. DE CLORURO ppm: _____ O CONC. DE H ₂ S ppm: _____ LIQUIDO: O TÓXICO O INFLAMABLE O OTRO: _____																																				
<input type="checkbox"/> COMPORTAMIENTO			<input type="checkbox"/> DATOS DE UBICACIÓN Y SERVICIOS																																				
<input type="checkbox"/> CAPACIDAD NORMAL m ³ /h: <input type="checkbox"/> NPSH REQUERIDO m: <input type="checkbox"/> VELOCIDAD NOMINAL r/min: <input type="checkbox"/> DESPLAZAMIENTO m ³ /h: <input type="checkbox"/> EFICIENCIA VOLUMÉTRICA %: <input type="checkbox"/> EFICIENCIA MECÁNICA %: <input type="checkbox"/> kW @ VISCOSIDAD MÁXIMA: <input type="checkbox"/> kW @ AJUSTE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO: <input type="checkbox"/> MÁXIMA VELOCIDAD PERMISIBLE: r/min <input type="checkbox"/> MÍNIMA VELOCIDAD PERMISIBLE: r/min			LOCALIZACION: <input type="checkbox"/> INTERIOR <input type="checkbox"/> INTEMPERIE <input type="checkbox"/> TROPICAL <input type="checkbox"/> AMB. MARINO <input type="checkbox"/> BAJO TECHO O CLASF. ÁREA ELEC. CLASE _____ GRUPO _____ DIV. _____ O REQ. PROTECCION AMB. <input type="checkbox"/> REQ. TROPICALIZACIÓN DATOS DEL SITIO: O RANGO TEMP. AMB. MÍN/MÁX _____ / _____ °C CONDICIONES INUSUALES: O POLVO O VAPORES O ATM. MARINA O OTROS _____ O CONDICIONES DE LOS SERVICIOS: <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ELEC.</td> <td>ACCIONADOR</td> <td>CALENTADOR</td> <td>CONTROL</td> <td>PARO</td> </tr> <tr> <td>VOLTAJE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HERTZ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FASE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> O AGUA DE ENFRIAMIENTO: <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td>ENTRADA</td> <td>RETORNO</td> <td>DISEÑO</td> <td>*MÁX</td> </tr> <tr> <td>TEMP. °C</td> <td>MAX</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRES. kPa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> O AIRE DE INSTRUMENTOS: PRESIÓN kPa : MAX MIN		ELEC.	ACCIONADOR	CALENTADOR	CONTROL	PARO	VOLTAJE					HERTZ					FASE						ENTRADA	RETORNO	DISEÑO	*MÁX	TEMP. °C	MAX				PRES. kPa				
ELEC.	ACCIONADOR	CALENTADOR	CONTROL	PARO																																			
VOLTAJE																																							
HERTZ																																							
FASE																																							
	ENTRADA	RETORNO	DISEÑO	*MÁX																																			
TEMP. °C	MAX																																						
PRES. kPa																																							
<input type="checkbox"/> CONSTRUCCION																																							
CONEXIONES	DIAMETRO	PN (CLASE)	CARA	POSICION																																			
SUCCION																																							
DESCARGA																																							
LAVADO																																							
DREN																																							
MIN VENTEO																																							
CAMISA																																							
TIPO <input type="checkbox"/> ENGRANAJE INTERNO <input type="checkbox"/> DOBLE TORNILLO <input type="checkbox"/> ROTOR DE PALETAS <input type="checkbox"/> ENGRANAJE EXTERNO <input type="checkbox"/> TRIPLE TORNILLO <input type="checkbox"/> CAVIDAD PROGRESIVA TIPO DE ENGRANES <input type="checkbox"/> RECTO <input type="checkbox"/> HELICOIDAL <input type="checkbox"/> OTRO																																							

**BOMBAS ROTATORIAS
HOJA DE DATOS
SISTEMA INTERNACIONAL**

PÁGINA: 2 DE 2
 PROYECTO No.: _____ PARTIDA No.: _____
 ORD. DE COMPRA: _____ FECHA: _____
 REQUISICION No. _____ POR: _____
 REVISION: _____ FECHA: _____

CONSTRUCCION (CONTINUACIÓN)	MATERIALES								
<p>CARCASA</p> <input type="checkbox"/> PRESION MAX. PERMISIBLE _____ kPa @ _____ °C <input type="checkbox"/> PRES. PRUEBA HIDROSTÁTICA _____ kKPa @ _____ °C <input type="checkbox"/> MONTAJE DEL ROTOR <input type="checkbox"/> ENTRE COJINETES <input type="checkbox"/> CANTILIVER ENGRANES DE SINCRONIZACION <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO TIPO DE RODAMIENTO <input type="checkbox"/> RADIAL <input type="checkbox"/> EMPUJE TIPO DE LUBRICACIÓN: <input type="checkbox"/> DE NIVEL CONSTANTE <input type="checkbox"/> FLUIDO BOMBEADO <input type="checkbox"/> POR ANILLO <input type="checkbox"/> NEBLINA DE ACEITE <input type="checkbox"/> EXTERNO <input type="checkbox"/> POR INUNDACION <input type="checkbox"/> GRASA <input type="checkbox"/> TIPO DE LUBRICANTE: _____ OSELLOS MECANICOS: _____ <input type="checkbox"/> FABRICANTE Y MODELO: _____ <input type="checkbox"/> CÓDIGO DE FABRICANTE: _____ <input type="checkbox"/> ISO 21049 PLAN DE LAVADO DE SELLOS: _____ <input type="checkbox"/> ISO 21049 CÓDIGO DE SELLOS: _____ <input type="checkbox"/> EMPAQUE <input type="checkbox"/> ANILLO LINTERNA <input type="checkbox"/> FABRICANTE Y TIPO _____ <input type="checkbox"/> No. DE ANILLOS _____	<input type="checkbox"/> CARCASA: _____ <input type="checkbox"/> ESTATOR: _____ <input type="checkbox"/> PLACA EXTERNA: _____ <input type="checkbox"/> ROTOR(ES): _____ <input type="checkbox"/> PALETA: _____ <input type="checkbox"/> FLECHA: _____ <input type="checkbox"/> CAMISA(S): _____ <input type="checkbox"/> PRENSAESTOPAS: _____ <input type="checkbox"/> ALQAMIENTO DEL RODAMIENTO: _____ <input type="checkbox"/> ENGRANES DE SINCRONIZACION: _____ <input type="checkbox"/> PRUEBAS ESPECIALES PARA MATERIAL (8.2.1.3): _____ <input type="checkbox"/> PRUEBAS DE MATERIALES PARA AMBIENTES DE BAJA TEMPERATURA (8.2.5): _____								
MECANISMO DEL ACCIONADOR	INSPECCION Y PRUEBAS								
<input type="checkbox"/> ACOPLAMIENTO DIRECTO <input type="checkbox"/> BANDA EN V <input type="checkbox"/> TREN DE ENGRANES <input type="checkbox"/> FABRICANTE DEL ACOPLAMIENTO: _____	<input type="checkbox"/> CONFORMIDAD CON LA LISTA DE INSPECCION <input type="checkbox"/> CERTIFICACION DE MATERIALES <input type="checkbox"/> CLAROS DEL ENSAMBLE FINAL <input type="checkbox"/> INSPECCION SUPERFICIAL E INTERNA <input type="checkbox"/> RADIOGRAFIA: _____ <input type="checkbox"/> ULTRASONIDO: _____ <input type="checkbox"/> PART. MAGNÉTICAS: _____ <input type="checkbox"/> LIQUIDOS PENETRANTES: _____ <input type="checkbox"/> PRE LIMPIEZA PARA EL ENSAMBLE FINAL: <input type="checkbox"/> DUREZA DE PARTES, SOLDADAS Y ZONAS AFECTADAS POR EL CALOR <input type="checkbox"/> PROCEDIMIENTOS PARA PRUEBAS OPCIONALES: PRUEBAS: REQ. ATESTIGUADA HIDROSTÁTICA ● ○ ○ GIRO MECANICO ● ○ ○ COMPORTAMIENTO ○ ○ ○ NPSH ○ ○ ○								
ACCIONADOR	PREPARACION PARA EMBARQUE								
<input type="checkbox"/> MOTOR: _____ <input type="checkbox"/> FABRICANTE: _____ <input type="checkbox"/> TIPO: _____ <input type="checkbox"/> ARMAZON No.: _____ <input type="checkbox"/> OBS. VELOCIDAD CONSTANTE: _____ <input type="checkbox"/> VELOCIDAD VARIABLE: _____ <input type="checkbox"/> Potencia kW _____ r/min: _____ <input type="checkbox"/> VOLTS: _____ OFASE: _____ <input type="checkbox"/> HERTZ: _____ FACTOR DE SERVICIO: _____ OCLASIFICACION DE AREA: _____	<input type="checkbox"/> DOMESTICO <input type="checkbox"/> EXPORTACION <input type="checkbox"/> CAJA DE EXPORTACION <input type="checkbox"/> ALMACENAMIENTO A LA TEMPERIE PARA MAS DE 6 MESES <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none;"><input type="checkbox"/> BOMBA: _____</td> <td style="width:50%; border:none; text-align:right;">PESO Kg _____</td> </tr> <tr> <td style="border:none;"><input type="checkbox"/> REDUCTOR: _____</td> <td style="border:none; text-align:right;"><input type="checkbox"/> BASE: _____</td> </tr> <tr> <td style="border:none;"></td> <td style="border:none; text-align:right;"><input type="checkbox"/> ACCIONADOR: _____</td> </tr> <tr> <td style="border:none;"></td> <td style="border:none; text-align:right;">OTRO ACCIONADOR _____</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> BOMBA: _____	PESO Kg _____	<input type="checkbox"/> REDUCTOR: _____	<input type="checkbox"/> BASE: _____		<input type="checkbox"/> ACCIONADOR: _____		OTRO ACCIONADOR _____
<input type="checkbox"/> BOMBA: _____	PESO Kg _____								
<input type="checkbox"/> REDUCTOR: _____	<input type="checkbox"/> BASE: _____								
	<input type="checkbox"/> ACCIONADOR: _____								
	OTRO ACCIONADOR _____								
OTROS REQUERIMIENTOS DE PEP									
UNDADES DE LA PLACA DE IDENTIFICACION: <input type="checkbox"/> SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES <input type="checkbox"/> SUMINISTRO DE VÁLVULAS DE ALIVIO: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO TUBERIA PARA LA JUNTA DE DESCARGA SUMINISTRADA POR: <input type="checkbox"/> PROVEEDOR DE LA BOMBA <input type="checkbox"/> OTROS TUBERIA PARA LA REFRIGERACION/CALEFACCION SUM. POR: <input type="checkbox"/> PROVEEDOR DE LA BOMBA <input type="checkbox"/> OTROS									
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>									