

Laboratorio para el estudio de bombas centrífugas para la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta

*Autores: Yesid Gerardo Moncada Rubio
Cod: 23551821204
e-mail Ymoncada83@uan.edu.co*

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial.

*Universidad Antonio Nariño
Sede Cúcuta*

*Director
Ciro Carvajal Labastida
Ingeniero Mecánico – M. Sc. de Mantenimiento Industrial
e-mail Ciro.carvajal@uan.edu.co*

RESUMEN:

Este proyecto inicio con el propósito de implementar un laboratorio en cortes didácticos para el estudio e investigación de bombas centrífugas basado en un prototipo real, por lo que se diseñó y elaboró los cortes didácticos a la bomba con ayuda de herramientas especializadas, para la visualización interna de los componentes, identificados con colores; a esta se le realizo cortes didácticos estratégicos para mostrar componentes internos y así comprender mejor su funcionamiento interno, también se construyó con ayuda del sector metalmeccánico el soporte metálico que llevará la bomba centrífuga, por lo cual, se dotara a los laboratorios de la universidad Antonio Nariño para que los estudiantes comprendan mejor el estudio de la bomba centrífuga componente que relaciona lo visto en las aulas de clase.

PALABRAS CLAVE: *Bombas centrífugas, funcionamiento.*

ABSTRACT:

This project began with the purpose of implementing a laboratory in didactic cuts for the study and research of centrifugal pumps based on a real prototype, for which the didactic cuts to the pump were designed and

elaborated with the help of specialized tools, for internal visualization of the components, identified with colors; Strategic didactic cuts were made to this to show internal components and thus better understand its internal functioning, the metal support that will carry the centrifugal pump was also built with the help of the metalworking sector, for which, it will be provided to the laboratories of the Antonio University Nariño for students to better understand the study of the centrifugal pump component that relates what is seen in the classrooms.

KEYWORDS: *Centrifugal pumps, operation.*

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En la industria, las bombas centrífugas son el tipo de bombas más utilizadas. Estos tipos de bombas se utilizan ampliamente debido a su simplicidad en diseño, alta eficiencia, amplio rango de capacidad, carga, caudal, uso y mantenimiento.

Las bombas "modernas" de la época comenzaron a utilizarse finales del siglo XVII y principios del siglo XVIII. El ingeniero británico Thomas Savery, el físico francés Denis Papin, y el herrero e inventor

británico Thomas Newcomen contribuyeron al desarrollo de una bomba de agua que utilizaba vapor para accionar el pistón de la bomba. Las bombas accionadas por vapor de agua fue la primera utilización amplia al bombear agua en las minas

Sin embargo, hay que señalar que la popularidad de las bombas centrífugas se ha hecho posible por los principales desarrollos en los campos de motores eléctricos, turbinas de vapor y de motores de combustión interna. Antes de esto, se usaban más ampliamente las bombas de desplazamiento positivo.

De otro lado, tanto en las industrias como en los hogares, se ha implementado el uso de bombas centrífugas, para ello es de suma importancia el estudio de las mismas, conocer sus funciones y las fallas más comunes que se presentan.

En la actualidad, el programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, en la cual se dicta la asignatura, Máquinas Térmicas e Hidráulicas, no cuenta con un laboratorio para estudiar e investigar las partes y las posibles fallas de las bombas centrífugas.

Así mismo, con este proyecto se busca que la Universidad Antonio Nariño, en su Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica brinde a sus estudiantes, laboratorios en los que se combinen los conocimientos básicos teóricos con los prácticos y así obtener mejores resultados del aprendizaje.

A nivel internacional, se tiene el proyecto realizado por el Instituto Politécnico Nacional [1], titulado “Rediseño hidráulico de un laboratorio de pruebas para bombas centrífugas tipo API 610”. En este proyecto dio solución al Rediseño Hidráulico del Laboratorio actual y los Procedimientos de Prueba con el fin de cumplir con los requisitos de fabricación de bombas centrífugas para, seguir manteniendo y abrir nuevos mercados de forma leal en la fabricación y venta de equipos de bombeo a la Industria Petroquímica.

Así mismo, [2] en su proyecto denominado “Diseño y construcción de un módulo de bombas centrífugas e implementación de guías prácticas para el estudio de sus principales características” realizó el diseño y construyó un banco de pruebas; análisis de datos registrados en el funcionamiento e implementación

de guías prácticas de laboratorio para diferentes configuraciones de operación (individual, serie y/o paralelo) para el laboratorio de Termofluidos de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica- Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María. Donde para alcanzar sus objetivos, diseñó y construyó un módulo de aprendizaje teniendo en cuenta las principales características del comportamiento de las bombas centrífugas y las diferentes condiciones de funcionamiento en las que estas puedan ser operadas.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica de la Universidad Antonio Nariño Sede en Cúcuta, Norte de Santander, oferta el programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, incorpora temas como el estudio e investigación de bombas centrífugas, y en la actualidad no cuenta con un laboratorio didáctico especializado que refuerce los conocimientos teóricos de los estudiantes y que brinde la posibilidad de investigar su funcionamiento, mantenimiento y las aplicaciones industriales de las mismas bombas centrífugas.

Así mismo, este programa académico dentro de su currículo desarrolla prácticas de laboratorio que le permite al estudiante fortalecer y explorar la aplicación del conocimiento en asignaturas enfocadas al estudio de bombas centrífugas. De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el diseño e implementación de un laboratorio para el estudio e investigación de bombas centrífugas proporcionan un mejor apoyo educativo a los profesores y estudiantes en su proceso de enseñanza aprendizaje, y permite llevar a la práctica las enseñanzas teóricas de la asignatura Máquinas Térmicas e Hidráulicas, mantenimiento, dinámica. Teniendo en cuenta lo anterior, se va a ejecutar este proyecto, que facilitará la solución del problema a corto plazo, ya que, se va a dotar a la UAN sede Cúcuta, un laboratorio para el estudio e investigación de bombas centrífugas.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente no se cuenta con un elemento didáctico para el estudio e investigación de bombas centrífugas, que facilite el aprendizaje de los estudiantes en este tipo de bombas. Por lo tanto, es necesario realizar unas prácticas de laboratorio, para identificar las partes que conforman una bomba centrífuga, las fallas más comunes y sus posibles soluciones. Con el diseño e implementación de un equipo de bomba en cortes didácticos para el estudio de bombas centrífugas para la Universidad Antonio Nariño Sede Cúcuta, la formación de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño e inclusive otras universidades que cuenten con este tipo de programas académicos, garantizan al estudiante un desarrollo del conocimiento más amplio y así facilitar su aprendizaje para quienes realicen sus prácticas, ya que refuerzan los conocimientos adquiridos en las tutorías correspondientes a los temas relacionados con bombas centrífugas. Así mismo, sirve de apoyo a los docentes tutores que están a cargo de la asignatura Máquinas Térmicas e Hidráulicas, mantenimiento, dinámica, diseño I, diseño II carreras de ingeniería y tecnologías, entre otras, para un mejor proceso de enseñanza – aprendizaje.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Implementar un laboratorio en cortes didácticos para el estudio e investigación de bombas centrífugas basado en un prototipo real mediante una bomba centrífuga rea.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar y elaborar cortes didácticos a la bomba con ayuda de herramientas especializadas, para la visualización interna de los componentes, identificados con colores.
2. Construir con ayuda del sector metalmeccánico el soporte metálico que llevará la bomba centrífuga.

3. Elaborar Paquete pedagógico para el estudio de la bomba centrífuga para el aprendizaje de los estudiantes de Tecnologías e ingenierías de la Universidad Antonio Nariño.

V. ALCANCE

El proyecto se limita a conceder a la UAN una bomba centrífuga soportada en una base metálica con sus respectivos cortes didácticos e identificados con los colores y laboratorio para el estudio de la bomba centrífuga.

VI. METODOLOGIA

1. Adquisición de la bomba centrífuga, donada por la empresa TERMOTASAJERO DOS SA.
2. Transportar la bomba al taller para su respectivo desarme.
3. Plasmar los cortes que se van a realizar a la carcasa.
4. Ejecutar cortes y aplicar el proceso de sandblasting, para retirar la pintura antigua.
5. Aplicar pintura a la parte interna de la bomba para una mejor identificación visual de sus componentes. Así mismo, pintar la parte externa y sus secciones cortadas.
6. Realizar armado de la bomba e instalación de sellos.
7. Fabricar el soporte de la bomba con ruedas de PVC.
8. Elaborar la guía pedagógica.

VII. ELABORACIÓN DE CORTES DIDÁCTICOS

A. DESARME DE LA BOMBA

Para realizar los cortes se realizó desarme total de la bomba con el fin de identificar el lado en el cual se iba a realizar el corte (Ver Anexo A).

B. MARCACIÓN DE LA BOMBA

Después de realizado el desarme se procedió a armar de nuevo la bomba para su respectiva marcación (Ver Anexo B).

C. CORTES DE LA CARCASA DE LA BOMBA

Una vez realizada la marcación se realizan los cortes. Para realizar estos cortes se utilizó las siguientes herramientas y elementos de protección personal (Ver Anexo C):

- Pulidora bauker de ½ pulgada
- Disco corte de metal de ½ pulgada
- Lima plana
- Segueta 12 pulgadas
- Gafas
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla para material particulado N95
- Overol
- Botas de seguridad
- Protección auditiva

En el Anexo D, se puede visualizar el resultado final del corte.

D. PROCESO DE SANDBLASTING

Después de efectuar los cortes se realiza proceso de sandblasting para retirar la pintura antigua y el material oxidado para la aplicación de pintura (Ver Figura 1).



Figura 1. Proceso de sandblasting, que consiste en lanzarle arena a presión para remover la corrosión.

E. PROCESO PARA ARMAR EL BANCO DIDÁCTICO

Después del secado se procede a armar el banco didáctico:

PRIMERO.

Con la ayuda de una prensa hidráulica se instalan los rodamientos (ver Figura 2).



Figura 2. Instalación de rodamientos los cuales adsorben las cargas radiales y axiales.

SEGUNDO.

Se instala la tuerca de seguridad en el lado acople del rodamiento, para evitar que se desplace la flecha (ver Figura 3).



Figura 3. Instalación de la tuerca de seguridad en el lado acople del rodamiento.

TERCERO.

Montaje de la flecha con los rodamientos en el la cámara de lubricación e instalación de retenedores con sus respectivas tapas (Ver Figura 4).



Figura 4. Montaje de la flecha con los rodamientos en el la cámara de lubricación.

CUARTO.

Se realiza montaje de la carcasa intermedia que es donde se aloja el presaestopa y se instala el manguito que es el elncafragado de proteger a la flecha del desgaste (Ver Figura 5).



Figura 5. Montaje de la carcasa y manguito.

QUINTO.

Montaje de la tapa interna de la carcasa y del impulsor (Ver Figura 6).



Figura 6. Montaje de la tapa interna de la carcasa y del impulsor KWP tipo K, que transforma la energía mecánica en energía cinética

SEXTO.

Montaje de la voluta (Ver Figura 7).



Figura 7. Montaje de la carcasa, que es la encargada de direccionar el líquido.

F. APLICACIÓN DE PINTURA E INSTALACIÓN DE SELLOS

Después de realizar el armado total se procede a aplicar la pintura verde al exterior de la bomba y rojo a la parte cortada, se procede a instalar los sellos de cordón teflonado, anillo de linterna y prensa estopa, que impiden fugas en la bomba (Ver Figura 8).

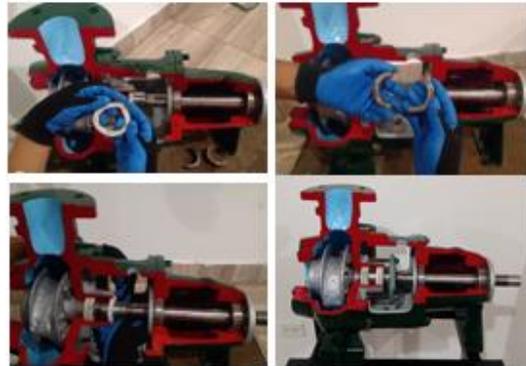


Figura 8. Aplicación de pintura e instalación de sellos.

G. ELABORACIÓN DE LA BASE



Figura 9. Base finalizada

1. PRIMER PASO. Se cortan 04 tubos $1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}''$ con un espesor de 1mm y 70 cm de longitud, quienes soportara la carga de la bomba centrífuga con un peso aproximado de 70 kg, el cual se distribuye

en los cuatro paralelos con una carga uniforme de 17,5 kg aproximados.

2. SEGUNDO PASO. Se sueldan 02 tubos de $1\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ " con 60 cm de longitud
3. TERCER PASO. Se sueldan 02 tubos de $\frac{3}{4}$ x $\frac{3}{4}$ con 60 cm de longitud, para armar los cuadros
4. CUARTO PASO. Después de armados los cuadros Se soldan 02 tubos de $1\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ " y 02 tubos de $\frac{3}{4}$ x $\frac{3}{4}$ con 21 cm de longitud
5. QUINTO PASO Seguidamente, se le sueldan las Ruedas de PVC naranja con freno TC9126 [3] y se le realizan las perforaciones a 10 cm de las esquinas con una broca 5/16 para fijar la bomba

H. BANCO DIDÁCTICO FINALIZADO

Como resultado final obtenemos nuestro banco didáctico (Ver Figura 10).



Figura 10. Banco didáctico finalizado.

La bomba implementada en el banco didáctico tiene las siguientes características [4]:

Caudal $Q = 1600 \text{ m}^3/\text{h}$

Altura manométrica $H = 100 \text{ m.c.l.}$

Temperatura de fluido admisible $T = 250^\circ\text{C}$

Presión máxima $P = 16 \text{ bar}$

Velocidad de giro $n = 1750 \text{ rpm}$

Peso 70 Kg aprox.

Posee rodetes estándar de dos canales, capas de bombear líquidos sucios y fangosos con material particulado un cuerpo en espiral anular abierto por el lado de la impulsión, con rodamiento lubricados con aceite y controlados por un nivel de aceite, lo que la hace ideal para el tratamiento de aguas residuales, procesos industriales tales como construcción, minería, azucareras, químicas, elaboración de alimento y papel.

VIII. PAQUETE PEDAGÓGICO PARA EL ESTUDIO DE LA BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

En el Anexo E, se puede apreciar el paquete pedagógico como guía de aprendizaje para el estudio de la bomba centrífuga.

IX. MARCO TEÓRICO A. BOMBAS CENTRÍFUGAS

La bomba centrífuga es un tipo de bomba llamada rotodinámica, que convierte la energía mecánica del impulsor en energía cinética o energía de presión del fluido. (Ver Figura 11).

Actualmente es muy utilizada para desplazar variedad de líquidos tanto viscosos como no viscosos.



Figura 11. Bomba centrífuga, [5].

Como se mencionó anteriormente, consta de varios elementos que permiten la conversión de energía

cinética en energía hidráulica para generar presión continua y mover el mayor volumen de líquido. Su propósito es brindar una solución práctica a la presión de suministro de agua insuficiente en lugares con pendientes bajas, ya que en este caso se utilizarán otros sistemas. También ayudan a aumentar la presión en la puesta en marcha y se utilizan en sistemas de agua domésticos y sistemas de extinción de incendios. Por lo tanto, es un sistema útil proporcionar una fuente de presión continua en esta situación particular.

B. PARTES DE LA BOMBA CENTRÍFUGA

1. IMPULSOR

Es el componente principal que está formado por un disco con alabes y es el encargado de aumentar la energía cinética del flujo, es también el corazón de la bomba ya que es el encargado de transformar la energía del líquido.



Figura 12. Impulsor

Los impulsores se pueden clasificar como se aprecia en la Figura 13.

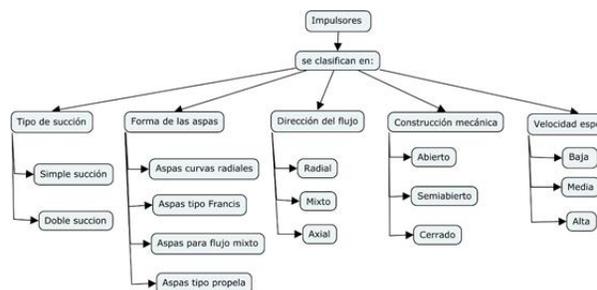


Figura 13. Clasificación de impulsores.

2. SEGÚN EL TIPO DE SUCCIÓN

1. Impulsor simple succión La entrada de líquido es solo en un extremo,

por lo que es más práctico y utilizable. Debido a razones de fabricación, la forma de la carcasa se simplifica enormemente. (Ver Figura 14).



Figura 14. Impulsor simple succión, [6].

2. Impulsor doble succión. Se puede pensar que está formado por dos simples succiones colocadas espalda con espalda, con dos entradas y una salida en total. (Ver Figura 15).



Figura 15. Impulsor doble succión, [7].

3. SEGÚN LAS FORMAS DE LAS ASPAS

- Aspas curvas radiales. Están en un plano vertical. Generalmente, son impulsores de bajo gastos y alta carga, por lo que son impulsores con baja velocidad específica. Manejan líquidos limpios sin sólidos en suspensión (Ver Figura 16).



Figura 16. Aspas curvas radiales, [6].

- Aspas tipo Francis. La hoja tiene doble curvatura. Son más anchos y el flujo ya es radial y axial. La velocidad específica aumenta y la curva de flujo se vuelve más plana con la carga. (Ver Figura 17).



Figura 17. Aspas tipo Francis, [8].

- Aspas para flujo mixto. en este tipo de aspas predomina el flujo mixto, radial – axial y trabaja en líquidos con sólidos en suspensión (Ver Figura 18).



Figura 18. Aspas para flujo mixto, [6].

- Aspas tipo propela. El flujo axial es completo puede lograr costos muy altos y cargas bajas, que es lo que se requiere para la velocidad específica máxima. Casi no tienen cuchillas y pueden manejar sólidos y líquidos en suspensión relativamente grandes. (Ver Figura 19).



Figura 19. Aspas tipo propela, [9].

3. SEGÚN DIRECCIÓN DE FLUJO

- Axial. Se utilizan para bombear grandes caudales con baja altura. Son más económicas que las bombas radiales o de flujo mixto.
- Radial. Se utilizan para bombear grandes volúmenes de líquidos en zonas de baja altitud.
- Mixto. En este tipo de bombas, el líquido al impulsor en la forma axial y se descarga en la dirección entre la dirección radial y la dirección axial.

4. SEGÚN CONSTRUCCIÓN MECÁNICA

- Impulsor abierto. Esta clase de impulsores están conectados directamente al dado central al eje sin ninguna forma, pared lateral o cubierta. Se usan en bombas de bajo costo y diámetro pequeño para manipular sólidos en suspensión y son más sensibles al desgaste. (Ver Figura 20).



Figura 20. Impulsor abierto, [10].

- Impulsor semicerrado. La pared trasera de este tipo de impulsor aumenta la resistencia mecánica y también proporciona una mayor eficiencia en comparación con los impulsores abiertos. Se pueden utilizar para bombas de diámetro medio y líquidos que contengan una pequeña cantidad de sólidos en suspensión. Dado que la recirculación y otras pérdidas se minimizan, es muy importante dejar un pequeño espacio entre las paletas del impulsor y la carcasa. (Ver Figura 21).



Figura 21. Impulsor semicerrado, [10].

- Impulsor cerrado. Son los que tienen los alabes en medio de dos paredes posterior y frontal. El margen de tolerancia estrecho que existe para evitar la fuga de retorno entre el rodete y la succión es generalmente axial (Ver Figura 22).



Figura 22. Impulsor cerrado, [11].

- Carcasa. convierte la energía de velocidad del impulsor en el líquido en energía de presión, lo que se logra aumentando gradualmente el área para reducir la velocidad. En la Figura 23 se nombran los tipos de carcasas.

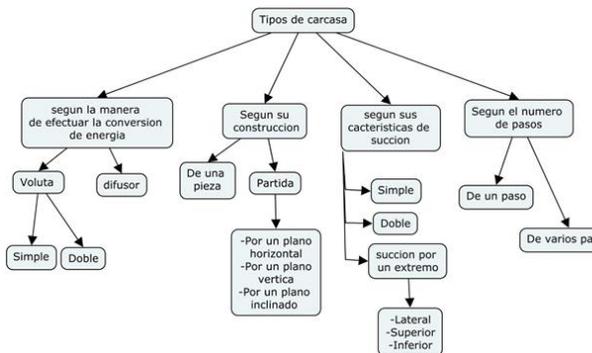


Figura 23. Tipos de carcasa.

5. SEGÚN LA MANERA DE EFECTUAR LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA

- Carcasa tipo voluta. Tiene forma de espiral y su área aumenta alrededor del impulsor en todo el rango de 360 ° hasta llegar a la garganta conectada al puerto de descarga. (Ver Figura 24).

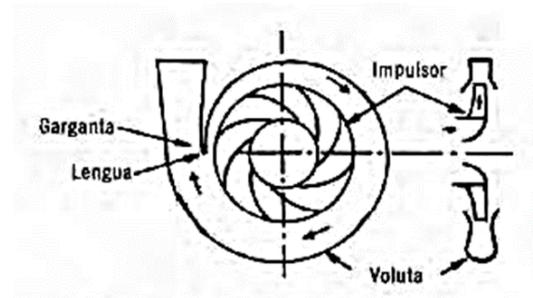


Figura 24. Carcasa tipo voluta, [12].

Debido a que la voluta es asimétrica, la presión no está equilibrada, lo que puede causar fuerzas radiales muy grandes, especialmente si el gasto operativo de la bomba está muy por debajo del punto de eficiencia máxima.

- Carcasa tipo difusor. Consta en una serie de álabes fijos, que además de convertir la energía de velocidad en presión, estas también pueden guiar el líquido de un impulsor a otro impulsor. Su aplicación más importante es en bombas de pozo profundo, que son bombas multietapa con impulsores en serie., tal como se muestra en la Figura 25.

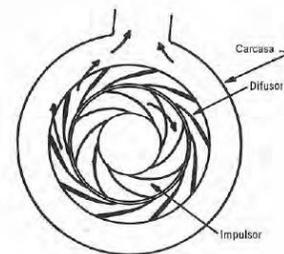


Figura 25. Carcasa tipo difusor, [12].

Dependiendo de su estructura, la carcasa puede ser de una pieza o separada. La carcasa de una pieza, por supuesto, debe tener una abertura en una posición adecuada que será la entrada del líquido.

Sin embargo, para poder insertar el impulsor, la carcasa debe estar desmontada y puede pasar por un plano vertical, horizontal o inclinado. La carcasa dividida a lo largo del plano horizontal tiene una gran ventaja, es decir, las partes internas se pueden inspeccionar sin desmontar la tubería, por lo que se llama bomba dividida. Se utilizan para grandes cantidades de suministro de agua.

Las bombas de carcasa inclinada se utilizan ampliamente para hacer frente a la pulpa o la pulpa que obstruyen continuamente el impulsor y giran continuamente, pero se utilizarán en fábricas de papel o fábricas de papel, que se introducirán en otro capítulo. Según su succión, la carcasa puede ser simple succión o doble succión, dependiendo a las características del impulsor que succionará el agua de uno o ambos extremos.

Pero en lo que respecta al caparazón en sí, puede tener succión superior e inferior. Las ventajas de las diferentes disposiciones dependen del propósito específico para el que se utilizará la bomba centrífuga y dependen principalmente de la demanda y la ubicación de las tuberías de succión y descarga. Finalmente, dependiendo de si la carcasa contiene uno o más impulsores, la carcasa puede ser de uno o más canales.

6. SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN

La estructura de los distintos tipos de carcasa mencionados anteriormente incluyen las etapas siguientes:

- Diseño con la elaboración de los planos.
- Elaboración de modelos.
- Selección de materiales
- Fundición.
- Maquinado.

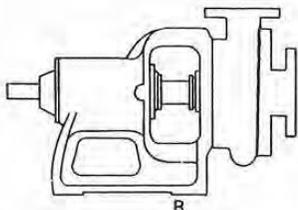


Figura 26. Carcasa partida por un plano vertical, [6].

El diseño parte de los requisitos hidráulicos a cubrir, y se lleva a cabo a través del conocimiento y la experiencia adquirida en el diseño de dinámica de fluidos. En el diseño anterior, las constantes de diseño se establecen a través de estos ajustes para facilitar los trabajos del diseñador. Como todos sabemos, la complejidad del flujo en la prensa hidráulica todavía obliga a realizar experimentos en muchas situaciones en el modelo real o en el modelo a escala para transformar los resultados a través de la relación de homología. Una vez obtenida la mejor forma mediante la experimentación, se determinará el plan. Todas las piezas y desarrollos necesarios para la descripción detallada del modelo utilizado para la fundición. Los modelos suelen estar hechos de madera o aluminio.

Otro material que se utiliza en la carcasa de una bomba centrífuga es el bronce. No conviene contaminar o contener sustancias ligeramente ácidas en el agua. Si el líquido es muy corrosivo o corrosivo, también se pueden utilizar diferentes tipos de acero inoxidable. Para el agua potable, el material de carcasa más común es el hierro, a veces incluido el bronce. La fundición de hierro es más fácil que la fundición de bronce y mucho más fácil que la fundición de acero y acero inoxidable. El procesamiento de la carcasa requiere un taller equipado con tornos, mandrinadoras, taladros, etc., y debe someterse a estrictas inspecciones para asegurar un buen ensamblaje con otros componentes de la bomba, como se muestra a continuación.

- Estoperos, empaques y sellos. evita que el flujo interno salga de la carcasa a través del eje y evita que inhale aire por esta parte. El estopero es una caja cilíndrica que permite ingresar los empaques junto con el anillo linterna. Se debe aplicar una cierta cantidad de presión a todas las posiciones de la empaquetadura para compensar o equilibrar la presión que ya existe en la bomba. Por tanto, la junta debe ser maleable para que encaje correctamente y tenga la resistencia suficiente para soportar la presión que soportará la bomba durante su funcionamiento. Debido a la misma presión, el rozamiento del eje se producirá con el aumento habitual de temperatura,

por lo que se deben prever métodos de lubricación y enfriamiento. (Ver Figura 27 y Figura 28).

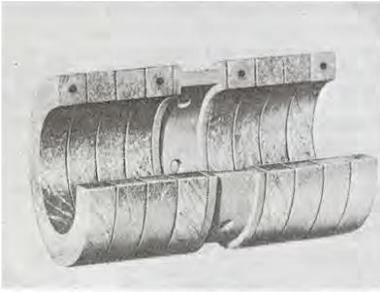


Figura 27. Empaque de fibra sintética con jaula, [6].



Figura 28. Empaque de cordón teflonado.

La presión de la junta se logra mediante el prensaestopas (una parte metálica movida por tornillos). El material utilizado como junta en las bomba centrífuga pueden variar, pero los más utilizados son:

- Empaque de asbesto. Se usa más comúnmente en forma cuadrada de amianto que cumple con los requisitos. Para mayor presión y temperatura, se pueden usar juntas hechas de una mezcla de amianto y fibra de plomo o plástico, y el mismo plomo, cobre y aluminio; para mayor presión y temperatura, se puede usar una mezcla y fibra de plomo o plástico La junta hecha utiliza plomo, cobre o aluminio. .

no obstante, estas empaquetaduras se utilizan para líquidos distintos del agua. En el caso de sustancias químicas, los empaques de fibra sintética, como el teflón, pueden proporcionar excelentes resultados.

En el caso de utilizar un empaque convencional y prensaestopas, es necesario dejar un leve goteo, porque de lo contrario el calor y la fricción que se genera en el eje son muy grande, dañándolo y provocando que el motor consuma más energía.

Pese a que a veces, es deseable que no haya fugas o que el líquido no corra la junta, de modo que la junta se sustituya con frecuencia. En estos casos, el cierre mecánico utilizado consta de dos superficies completamente pulidas en contacto entre sí. El cual Uno fila a la carcasa, y a su vez el otro gira con el eje.

- Anillos de desgaste o linterna. El trabajo del anillo de desgaste es tener elementos simples. Además, debido al estrecho espacio entre el impulsor giratorio y la carcasa fija, es casi seguro que se produzca desgaste y el coste de desmontaje de estas piezas es bajo. De esta manera, no es necesario reemplazar todo el impulsor o la carcasa completa, sino que solo se retiren los anillos, que se pueden encajar a presión en la carcasa o el impulsor o ambos. (Ver Figura 29).



Figura 29. Anillos de desgaste o linterna, [6].

El tipo de anillo es diferente y se debe seleccionar el anillo apropiado para cada condición de trabajo y el líquido que se procesa. Estos incluyen: a) anillo plano; b) anillo en forma de L, y c) anillo de laberinto. Preste atención al espacio entre los anillos, porque si el espacio es demasiado grande, causará mucha recirculación, si se reduce el espacio. , se pegarán, especialmente. Pero al igual

que el acero inoxidable, los materiales son fáciles de unir entre sí. El bronce se usa generalmente en bombas centrífugas estándar, para el acero inoxidable, su diferencia de dureza debe ser de al menos 50 Brinell.

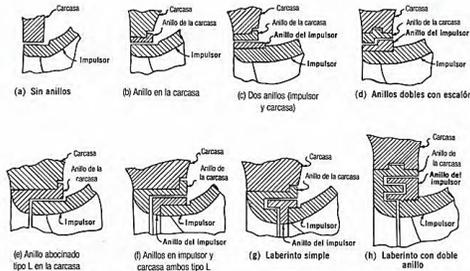


Figura 30. Diferente tipos de anillos de desgaste, [6].

- Flecha. Es la encargada de transmitir el giro del motor hacia el impulsor, también sostiene al impulsor y a todas sus partes giratorias de la misma. En su funcionamiento se somete a fuerzas como la torsión debido a la máquina motriz, fuerzas hidráulicas como axiales y radiales y el peso de las partes unidas a la misma. Por lo general, están hechos de acero y solo cambian el contenido de carbono según la resistencia requerida (ver Figura 31).



Figura 31. Flecha.

- Camisa de flecha o manguito, como el eje de las bombas es muy costoso y hay desgaste en el tramo del empaque, es necesario colocar una camisa de flecha para proteger el eje y como pieza de repuesto, sobre la cual trabajan los empaques. La camisa exterior suele estar hecha de acero inoxidable o latón y su construcción es diferente, según el tamaño de la flecha y la naturaleza del líquido que se procesa.
- Cojinetes. El propósito del rodamiento es alinear correctamente el eje de todo el rotor con respecto a la parte fija. Con el

diseño correcto, pueden soportar las cargas radiales y axiales presentes en la bomba.

El soporte puede ser en forma de casquillo de material blando, en el que el aceite a presión puede centrar la flecha, o puede ser un rodamiento ordinario y un rodamiento de corriente. Pueden ser esféricos en forma de una fila, dos filas, autoalineables, etc. O pueden ser de tipo rodillo. (ver Figura 32 y Figura 33).

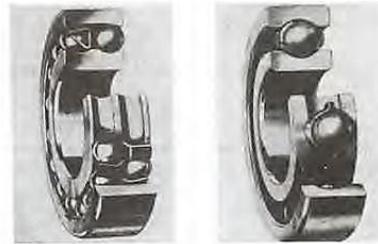


Figura 32. Diversos tipos de baleros, [6].



Figura 33. Cojinete.

Cuando existan cargas axiales, el rodamiento debe tener un hombro en el que se cargarán las bolas. La carga axial de una bomba de pozo es mayor que la de una centrífuga horizontal, en este caso la carga axial de una bomba de aspiración simple es mayor que la de una bomba de aspiración doble.

- Lubricación de los cojinetes. El uso de aceites o grasas varía dependiendo de las condiciones operativas específicas. Cuando se usa a temperatura ambiente, se lubrica con grasa. Use aceite solo cuando la bomba funcione con líquidos muy calientes que puedan licuar la grasa al transferir su calor al eje. Al usar grasa, se debe tener la precaución de no dejar el rodamiento sin grasa o sobre lubricado, ya que una grasa excesiva evitará que la bola gire y siempre presentará el conocido aumento de carga con la misma superficie

de carga. No favorece la temperatura del rodamiento.

Cuando el rodamiento se lubrica con aceite, es necesario proporcionar un método adecuado para mantener la altura adecuada en la carcasa del rodamiento.

C. CLASIFICACIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

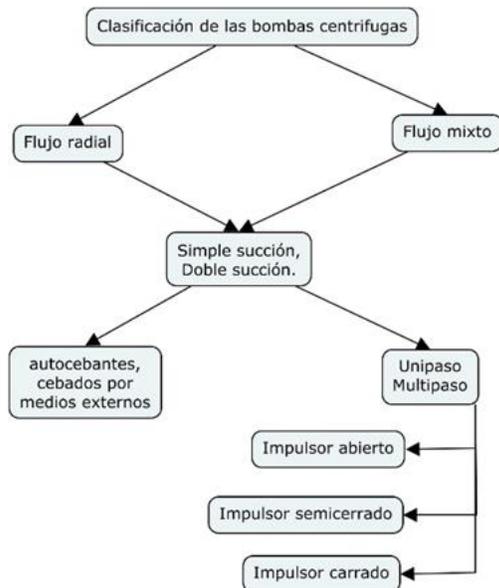


Figura 34. Clasificación de las bombas centrífugas.

Según la dirección del flujo, la bomba se divide en:

- Bombas de flujo radial. Suelen tener impulsores estrechos, de baja velocidad específica, que generan cargas elevadas. El flujo es casi completamente radial y la presión generada se debe principalmente a la fuerza centrífuga. (Ver Figura 35).

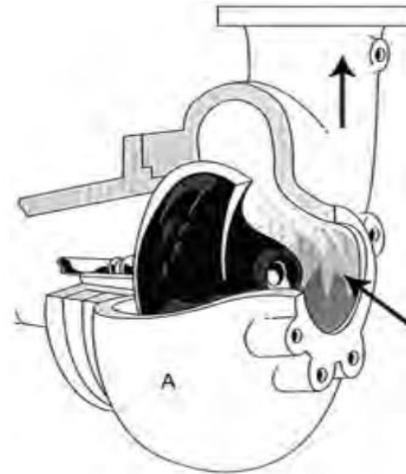


Figura 35. Bombas de flujo radial, [13].

- Bombas de flujo mixto. su flujo cambia de ser axial a radial. Se utilizan para bombas de carga intermedia, la velocidad específica del impulsor es mayor que la velocidad del flujo radial (Ver Figura 36).

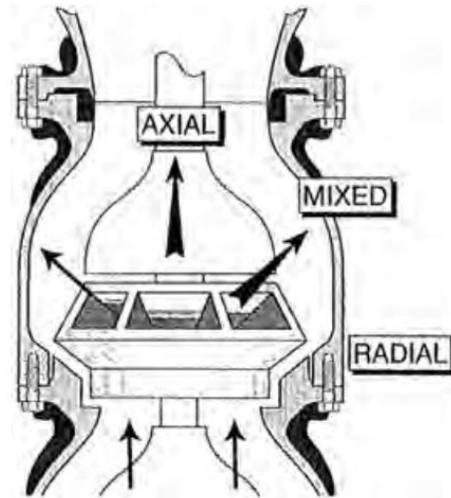


Figura 36. Direcciones del flujo de las bombas centrífugas (radial, mixto y axial), [13].

- Bombas de fluo axial. En una bomba con flujo axial llamada hélice, el flujo es completamente axial y su impulsor tiene una velocidad específica alta (Ver Figura 37).

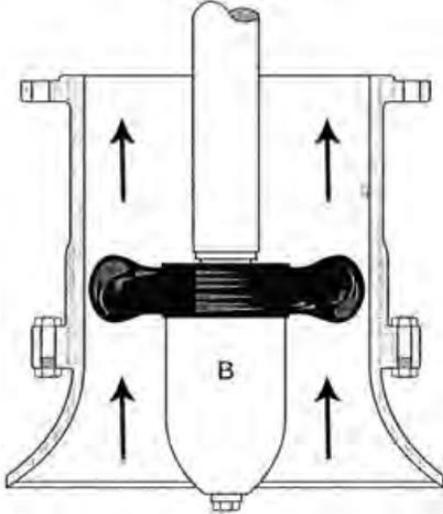


Figura 37. Bombas de flujo axial, [13].

Las bombas se pueden dividir según su tipo de succión:

- Simple succión.
- Doble succión (ambos lados del impulsor).
- Succión negativa (nivel del líquido inferior al de la bomba).
- Succión positiva (nivel del líquido superior al de la bomba).
- Succión a presión (la bomba succiona el líquido de una cámara hermética donde se encuentra ahogada y a donde llega el líquido a presión).

D. PRESIÓN.

Es la fuerza que actúa en el líquido sobre una unidad de superficie, que es el cociente de la fuerza dividida por la superficie que recibe la fuerza.

$$P=F/S \quad (1)$$

Según el principio de Pascal, cuando se le aplica presión a la superficie de un fluido, la presión se transmitirá completamente en todas las direcciones.

Hay tres clases diferentes de presión que veremos en la siguiente figura 38:

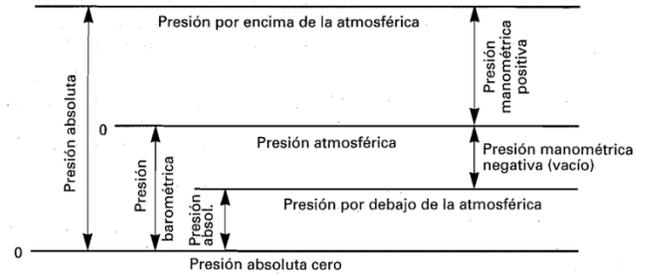


Figura 38. Interpretación de las diferentes presiones, [14].

- Presión atmosférica (barométrica). se representada como P_{atm} , y es la presión dada en toda la superficie de la tierra como consecuencia del peso Por unidad de superficie aplicada por la atmósfera. Su valor sobre el nivel del mar es $1,033\text{Kg/cm}^2$ o 10,33 metros columna de agua.

Altitud sobre el nivel del mar	Presión atmosférica en metros
0	10,330
200	10,080
400	9,830
600	9,580
800	9,340
1.000	9,110
1.200	8,890
1.400	8,670
1.600	8,450
1.800	8,240
2.000	8,040
2.500	7,560
3.000	7,100
3.500	6,680
4.000	6,270

Tabla 1. Presión atmosférica en función de la altitud sobre el nivel del mar, [14].

- Presión efectiva o relativa P_{rel} . Es la diferencia entre una presión determinada y P_{atm} . Cuando es mayor pueden tener un

valores positivos; si es opuesto, se denomina vacío o caída de presión. Estos valores se pueden medir con un manómetro o vacuómetro, si se trata de vacíos o presiones por debajo de la atmosfera.

- Presión absoluta P_{abs} . Es la presión por encima del "0" absoluto "vacío perfecto" es la suma de P_{atm} más P_{rel} .

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}. \quad (2)$$

Fórmula simplificada:

$$P_{abs} = 1 + P_{rel}. \quad (3)$$

- Presión o (tensión) de vapor. En un recipiente cerrado, la presión a la que un líquido y su vapor alcanzan el equilibrio. A una presión menor que la presión de vapor, a una temperatura dada, el líquido comenzará a evaporarse debido a la disminución de la presión superficial.

En el Anexo F, se puede apreciar los valores correspondientes a la tensión de vapor (T_v) y el peso específico del agua (γ).

E. CAUDAL (Q)

Es la cantidad de líquido que sale por unidad de tiempo por la boca de descarga de la bomba, Las unidades de medida más utilizadas son m^3/s , m^3/h y l/s . Al determinar el caudal de la bomba, se debe considerar el caudal extraído para otros fines (recirculación, lavado, etc.) antes de la salida de la bomba (Ver Anexo G).

F. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA VELOCIDAD ESPECÍFICA

Según la dirección de flujo del impulsor, esta clasificación se puede realizar según un parámetro muy importante, que viene determinado por la velocidad específica de la bomba en condiciones de trabajo (ver Figura 39).

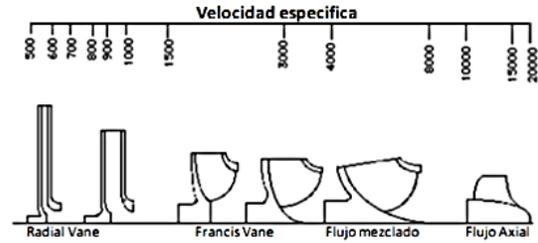


Figura 39. Clasificación de acuerdo con la velocidad específica, [14].

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{h^{3/4}} \quad (4)$$

Donde:

Q (GPM) = caudal manejado por la bomba

N (RPM) = velocidad de giro del impulsor

H (pies) = cabezal desarrollado por la bomba

500-5000 RPM Flujo Radial

5000-10000 RPM Flujo mixto

10000-15000 RPM Flujo Axial

X. RESULTADOS ESPERADOS

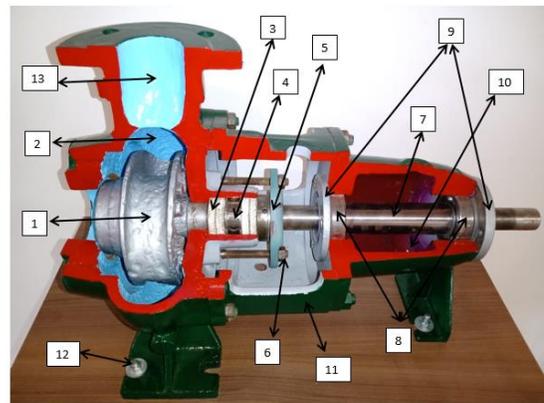


Figura 40. Bomba centrífuga con cortes didácticos

1. Impulsor o rodete
2. Voluta
3. Empaque de cordón teflonado (sello)
4. Anillo linterna

5. Prensaestopa
6. Tornillos de ajustar prensen
7. Flecha o eje
8. Rodamientos
9. Retenedores
10. Compartimiento lubricación
11. Carcasa intermedia
12. Tornillo de anclaje
13. Salida de descarga

Como resultado final es implementar un laboratorio para el estudio e investigación de bombas centrífugas con cortes didácticos con su respectiva base.

IX. CONCLUSIONES

Se diseñaron y elaboraron cortes didácticos a la bomba centrífuga con ayuda de herramientas especializadas, donde primeramente se procedió a realizar el desarme, marcación y cortes de la carcasa. Seguidamente se realizó el proceso de sandblasting para retirar la pintura antigua y material oxidado, una vez después del secado se armó el banco didáctico y finalmente se realizó la aplicación de la pintura e instalación de los sellos, mostrando una visualización interna de sus componentes, identificados con colores.

Se construyó con la ayuda del sector metalmeccánico el soporte metálico que lleva la bomba centrífuga, seleccionando primeramente los materiales utilizados para su elaboración, posteriormente se diseñó el plano deseado de la base el cual soporta la carga de aproximadamente de 70kg peso neto de la bomba centrífuga.

Se elaboró el Paquete Pedagógico como guía de aprendizaje para el estudio de la bomba centrífuga para fortalecer los procesos de enseñanza de los estudiantes, afianzando conocimientos adquiridos durante el desarrollo de asignaturas como: Máquinas Térmicas e Hidráulicas y así facilitar las prácticas de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industria de la Universidad Antonio Nariño.

X. RECOMENDACIONES

El laboratorio para el estudio de bombas centrífugas para un adecuado uso por parte de los

estudiantes debe estar en el laboratorio con las condiciones climáticas adecuadas (ventilación e iluminación adecuada, libre de humedad y temperatura ambiente), lo que permitirá una protección de los equipos y el perfecto funcionamiento de estos.

En caso de que haya alguna duda o inquietud por parte de los estudiantes, se debe consultar al docente por lo que se hace necesario leer las instrucciones de prácticas detenidamente antes de utilizar el banco de didáctico.

Toda práctica debe realizarse utilizando las protecciones adecuadas para los equipos con los que se trabajará. En caso de que los estudiantes observen algún equipo está operando incorrectamente se debe comunicar al docente.

XI. DEDICATORIA

Este trabajo se lo quiero dedicar con todo mi corazón a la memoria de madre María Elena, mujer guerrera y valiente todo un ejemplo a seguir, que siempre me esperabas con una sonrisa al llegar a casa y gracias a ti nunca me faltó nada, me apoyaste en todo y me guiaste por el camino correcto, siempre orgullosa de sus hijos, gracias por todas tus hermosas bendiciones TE AMO Y TE EXTRAÑO MUCHO, me cuesta mucho decirlo pero con mucho orgullo lo digo “lo logramos MADRE”.

XII. AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le doy gracias a Dios por permitirme lograr alcanzar un peldaño más en la vida, a mi padre José, a mis hermanos Juan Carlos, Sandra, Freddy, Gerson, a mi compañera de vida Johana, quienes a diario me motivaron para terminar la carrera, a los ingenieros Ciro Labastida y Antonio Gan quienes me guiaron e instruyeron para que este proyecto fuera realidad, y a todas esas personas que depositaron un granito de arena en esta carrera a todos ustedes.

XIII. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Y. Nieto, «Rediseño hidráulico de un laboratorio de pruebas para bombas centrífugas tipo API 610 (Tesis de pregrado),» Instituto Politécnico Nacional, México, 2015.
- [2] A. Paredes, «Diseño y construcción de un módulo de bombas centrífugas e implementación de guías prácticas para el estudio de sus principales características (Tesis de pregrado),» Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2019.
- [3] Toolcraft , «Catálogo 2021,» 2021. [En línea]. Available: <http://toolcraft.com.co/>. [Último acceso: 16 marzo 2021].
- [4] Emica, «Bomba centrífuga horizontal, Impulsor de canal o abierto EBWP,» [En línea]. Available: <https://www.emicabombas.com/es/productos/ebwp#formulario-producto>.
- [5] Fluideco, «¿Qué es una bomba centrífuga?,» 20 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/>.
- [6] M. Viejo y J. Álvarez, Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones, México: Limusa, 2003.
- [7] Bornquist, Inc, «Conceptos básicos de la bomba: Impulsores y volutas,» 22 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.bornquist.com/pump-basics-impellers-and-volutes/>.
- [8] Enel Green Power S.A, «Turbina hidroeléctrica,» [En línea]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/turbina-hidroelectrica>.
- [9] G. E. Barnes, Bombas para agua potable, Washington, D.C.: Organización Panamericana de la salud., 1933.
- [10] J. Pérez, «Curso de máquinas mecánicas: Tema 1 Bombas hidráulicas,» 19 enero 2019. [En línea]. Available: <http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/index.html>.
- [11] FESMEX, «Tipos de impulsores,» 23 junio 2020. [En línea]. Available: fesmex.com.mx/articulo/tipos-de-impulsores.
- [12] I. Martín, R. Salcedo y R. Font, Mecánica de fluidos. Tema 2. Impulsión de fluidos, California: Universidad de Alicante.
- [13] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, « Manual de optimización de sistemas de bombeo,» 2018. [En línea]. Available: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_bombeo.pdf.
- [14] . E. Carnicer y C. Mainar, Bombas centrífugas, España: Thomson-Paraninfo, 1996.

XIV. TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de sandblasting, que consiste en lanzarle arena a presión para remover la corrosión.	4
Figura 2. Instalación de rodamientos los cuales adsorben las cargas radiales y axiales.	4
Figura 3. Instalación de la tuerca de seguridad en el lado acople del rodamiento.	4
Figura 4. Montaje de la flecha con los rodamientos en el la cámara de lubricación.	4
Figura 5. Montaje de la carcasa y manguito.	5
Figura 6. Montaje de la tapa interna de la carcasa y del impulsor KWP tipo K, que transforma la energía mecánica en energía cinética	5
Figura 7. Montaje de la carcasa, que es la encargada de direccionar el líquido.	5
Figura 8. Aplicación de pintura e instalación de sellos.	5
Figura 9. Base finalizada	5
Figura 10. Banco didáctico finalizado.	6
Figura 11. Bomba centrífuga, [5].	6
Figura 12. Impulsor.	7
Figura 13. Clasificación de impulsores.	7
Figura 14. Impulsor simple succión, [6].	7
Figura 15. Impulsor doble succión, [7].	7
Figura 16. Aspas curvas radiales, [6].	7
Figura 17. Aspas tipo Francis, [8].	8
Figura 18. Aspas para flujo mixto, [6].	8
Figura 19. Aspas tipo propela, [9].	8
Figura 20. Impulsor abierto, [10].	8
Figura 21. Impulsor semicerrado, [10].	9
Figura 22. Impulsor cerrado, [11].	9
Figura 23. Tipos de carcasa.	9
Figura 24. Carcasa tipo voluta, [12].	9
Figura 25. Carcasa tipo difusor, [12].	9
Figura 26. Carcasa partida por un plano vertical, [6].	10
Figura 27. Empaque de fibra sintética con jaula, [6].	11
Figura 28. Empaque de cordón teflonado.	11
Figura 29. Anillos de desgaste o linterna, [6].	11
Figura 30. Diferente tipos de anillos de desgaste, [6].	12
Figura 31. Flecha.	12
Figura 32. Diversos tipos de baleros, [6].	12
Figura 33. Cojinete.	12
Figura 34. Clasificación de las bombas centrífugas.	13
Figura 35. Bombas de flujo radial, [13].	13
Figura 36. Direcciones del flujo de las bombas centrífugas (radial, mixto y axial), [13].	13
Figura 37. Bombas de flujo axial, [13].	14
Figura 38. Interpretación de las diferentes presiones, [14].	14
Figura 39. Clasificación de acuerdo con la velocidad específica, [14].	15
Figura 40. Bomba centrífuga con cortes didácticos	15

XV. TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Presión atmosférica en función de la altitud sobre el nivel del mar, [13]. 14

XVI. ANEXOS.

A. ANEXO A. DESARME DE LA BOMBA



ANEXO B. MARCACIÓN DE LA BOMBA.



ANEXO C. CORTES DE LA CARCASA.



ANEXO D. RESULTADO FINAL DEL CORTE.



ANEXO E. PAQUETE PEDAGÓGICO PARA EL ESTUDIO DE LA BOMBA CENTRIFUGA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO.



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO

ELECTROMECAÁNICO INDUSTRIAL

GUÍA DE APRENDIZAJE PARA EL ESTUDIO DE LA BOMBA CENTRIFUGA

Datos de identificación	
Curso: Máquinas Térmicas e Hidráulicas V Semestre	Número de la guía/Número total de guías de la asignatura: 1 de 1
Unidad temática: Bombas Centrífugas	Periodo académico: 2021-1 (se asigna de acuerdo al semestre lectivo)

Presentación de la Guía de Aprendizaje

La Bomba Centrífuga es una máquina que emplea la fuerza centrífuga para desarrollar un aumento de presión en el movimiento de líquidos a una altura y tiempo determinados.

En la industria, son el tipo de bombas más utilizadas. Estos tipos de bombas se utilizan ampliamente debido a su simplicidad en diseño, alta eficiencia, amplio rango de capacidad, carga, caudal, uso y mantenimiento.

La importancia de dichas bombas se debe a los principales desarrollos en los campos de motores eléctricos, turbinas de vapor y de motores de combustión interna, además tanto en las industrias como en los hogares, se ha implementado el uso de estas máquinas, para ello es de suma importancia el estudio de las mismas, conocer sus funciones y las fallas más comunes que se presentan.

Haciendo uso de cortes didácticos estratégicos que se muestran en las aulas de laboratorio se pretende mostrar los componentes internos de una bomba centrífuga, la cual se puede girar manualmente para identificar sentido de giro y la forma de actuar de los componentes y así comprender mejor su funcionamiento intrínseco.

Con la información presentada a continuación los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño, de diferentes carreras, puedan estudiar e investigar el funcionamiento, las partes

componentes, el mantenimiento y las posibles fallas de las bombas centrífugas, de esta manera afianzar los conocimientos básicos teóricos con los prácticos y así obtener mejores resultados del aprendizaje.

Objetivos de la Guía

Conceptual (plano cognitivo)	Procedimental (plano psicomotor)	Actitudinal (plano subjetivo)
Identificar los elementos que conforman la parte interna de la bomba centrífuga y sus funciones.	Proporcionar la solución adecuada a las posibles fallas de las bombas centrífugas, las cuales se pueden presentar con el transcurrir del tiempo de uso.	Reconocer la importancia de estas máquinas en las industrias y su gran importancia.

Contenidos

MÓDULO 1. Introducción a las Bombas Centrífugas.

Unidad 1. Bases Conceptuales.

Bombas Centrífugas
Partes de la bomba centrífuga
Proceso de arme y desarme de bombas centrífugas

Unidad 2. Fallas Comunes de las Bombas Centrífugas.

Tipos de fallas
Detección de Fallas y averías en Bombas Centrífugas
Solución de Fallas y averías en Bombas Centrífugas

Actividades Extra-tutoriales (Trabajo independiente)

Unidad 1. Bases Conceptuales.

Partes de la bomba centrífuga

1. Impulsor. Es el componente principal que está formado por un disco con alabes y es el encargado de aumentar la energía cinética del flujo, es también el corazón de la bomba ya que es el encargado de transformar la energía del líquido.



2. Según el tipo de succión.

2.1. Impulsor simple succión. La entrada de líquido está en un solo extremo, es más práctica y usada, por razones de fabricación simplifica enormemente la forma de la carcasa [6].



2.2. Impulsor doble succión. Se puede pensar que está formado por dos simples succiones colocadas espalda con espalda, con dos entradas y una salida en total [7].



3. Según las formas de las aspas.

3.1. Aspas curvas radiales. Están en un plano vertical. Generalmente, son impulsores para pequeños gastos y altas cargas, por lo que son impulsores con baja velocidad específica. Manejan líquidos limpios sin sólidos en suspensión [6].



3.2. Aspas tipo Francis. La hoja tiene una doble curvatura. Son más anchos y el flujo ya es radial y axial. La velocidad específica aumenta y la curva de flujo se vuelve más plana con la carga [8].



3.3. Aspas para flujo mixto. Es decir, radial-axial, en el que el flujo mixto comienza a predominar, puede manejar líquidos con sólidos en suspensión [6].



3.4. Aspas tipo propela. El flujo axial es completo puede lograr costos muy altos y cargas bajas, que es lo que se requiere para la velocidad específica máxima. Casi no tienen cuchillas y pueden manejar sólidos y líquidos en suspensión relativamente grandes [9].



4. Según dirección de flujo.

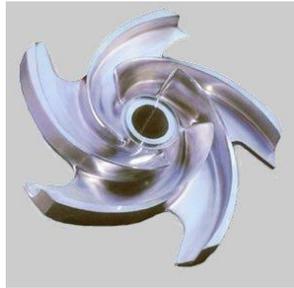
4.1. Axial. Se utilizan para bombeo de grandes caudales con baja altura. Son menos costosas que las bombas de flujo radial o mixto.

4.2. Radial. Se utilizan para bombear grandes caudales en zonas de baja altitud. Son más económicas que las bombas radiales o de flujo mixto.

4.3. Mixto. En una bomba de flujo mixto, el líquido entra en el impulsor axialmente y se descarga en la dirección entre la dirección radial y la dirección axial.

5. Según construcción mecánica.

5.1. Impulsor abierto. Esta clase de impulsores están conectados directamente al dado central al eje sin ninguna forma, pared lateral o cubierta. Se usan en bombas de bajo costo y diámetro pequeño para manipular sólidos en suspensión y son más sensibles al desgaste [10].



5.2. Impulsor semicerrado. Este tipo de impulsor tiene una pared posterior el cual le suma Mayor resistencia mecánica, también proporcionan una mayor eficiencia que los impulsores abiertos. Se pueden utilizar para bombas de diámetro medio y líquidos que contienen pequeñas cantidades de sólidos en suspensión. Dado que la recirculación y otras pérdidas se minimizan, es muy importante dejar un pequeño espacio entre las paletas del impulsor y la carcasa [10].

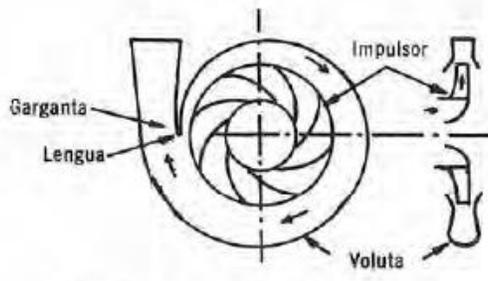


5.3. Impulsor cerrado. Son los que tienen los alabes en medio de dos paredes posterior y frontal, El margen de tolerancia estrecho que existe para evitar la fuga de retorno entre el rodete y la succión es generalmente axial y consta de Superficies anulares muy cercanas, ubicadas desde el puerto de succión y formadas por los anillos de cierre, uno montado en el cuerpo y el otro que se monta en el impulsor [11].

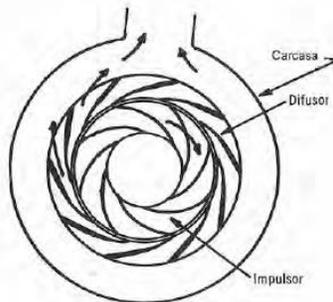


6. Según la manera de efectuar la conversión de energía.

6.1. Carcasa tipo voluta. Tiene forma de espiral y su área aumenta alrededor del impulsor en todo el rango de 360° hasta llegar a la garganta conectada al puerto de descarga [12].



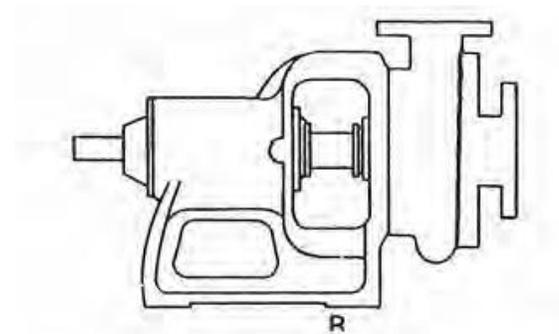
6.2. Carcasa tipo difusor. Consiste en una serie de álabes fijos que, además de convertir energía de velocidad a presión, también dirigen líquido de un impulsor a otro. Su aplicación más importante es en bombas de pozo profundo, que son bombas multietapa con impulsores en serie, tal como se muestra en la siguiente Figura [12].



7. Según su construcción.

La estructura de los distintos tipos de carcasa mencionados anteriormente incluye las siguientes etapas [6]:

1. Diseño con la elaboración de los planos
2. Elaboración de modelos.
3. Selección de materiales
4. Fundición.
- 5, Maquinado.



Unidad 2. Fallas Comunes de las Bombas Centrífugas.

Factores más comunes en las fallas de las bombas centrífugas.

1. Falta de lubricación. Teniendo en cuenta que se requiere de aceite o grasa para lubricar los cojinetes, también se requiere que los sellos y empaques sean lubricados por el mismo líquido a bombear, con el fin de prolongar al máximo su tiempo de vida útil.
2. Desalineación. Es de suma importancia ya que si se encuentra desalineada produce vibraciones y fatiga en los rodamientos, perdiendo así sus holguras y ocasionando daños severos en la bomba.
3. Cavitación. Para solucionar el problema de cavitación, debemos realizar un nuevo cebado de la bomba si persiste el ruido debemos verificar la tubería de succión con el fin de encontrar algún ingreso de aire
4. Presión del fluido insuficiente

Factores	solución
Aire en el sistema	*cebar la bomba *revisar las uniones de succión y verificar su ajuste *verifique el nivel o caudal de succión
Succión obstruida	*revisar si la tubería no se encuentra bloqueada
Rotación incorrecta	*verificar el elemento accionador que gire en la flecha indicada
Impulsor desgastado	* verificar los anillos de desgaste y las holguras correspondientes *revisar impulsor con el fin de encontrar algún deterioro que afecte su funcionamiento
Diseño de la bomba	*no es compatible con el líquido a bombear *excesiva elevación del líquido a bombear

5. Consumo excesivo de energía.

Factores	solución
Desalineación	*Revisar alineación
Daños o desgaste en lo elementos internos	*verificar desgaste de eje y/o anillos de desgaste
Daño en cojinetes	*verificar cojinetes para identificar una posible lubricación inadecuada

6. Daño prematuro en los sellos

Factores	solución
Prensaestopa demasiado apretado	*ajustar el preñse con el fin de que se mantenga la fuga en los límites permitidos por el fabricante
Partes desgastadas o dañadas	*verificar cojinetes, manguito y eje si presenta desgaste o rayados realice cambio
Rotor desbalanceado	*verificar vibraciones provenientes de impulsor

7. Daño en los cojinetes

Factores	solución
sobrecalentamiento	*cojinetes dañados, desgastados o lubricación insuficiente
cojinete frio	*es producido por la condensación de oxidante en los cojinetes
Ruidos anormales en cojinete	*cojinetes dañados o desgastados realizar cambio

Asesoría

Se entiende la asesoría como el encuentro de los estudiantes con el tutor, siendo esta el elemento clave en el proceso de acompañamiento académico durante la formación de los mismos, de acuerdo a las demandas educativas a fin de facilitar los procesos de aprendizaje. Este acto educativo se llevará a cabo a través de las mediaciones tecno-pedagógicas con herramientas de interacción entre los actores del aprendizaje.

Para la asesoría personalizada, se debe comunicar con el docente a cargo de la asignatura, Máquinas Térmicas e Hidráulicas, a través de correo electrónico que el mismo le proporcionará o plantear entre ambas partes un medio de comunicación distinto al mencionado anteriormente, también en el horario de asesorías correspondiente a la materia, el cual lo pacta la universidad una vez se da comenzado el semestre universitario.

Actividades Tutoriales o Encuentros de Clase

El laboratorio de la asignatura Máquinas Térmicas e Hidráulicas tendrá actividades sincrónicas, en la que se trabajarán la estructura interna de las bombas centrífugas, los alumnos tendrán la oportunidad de aprender e interactuar en el momento con prototipos reales de dichas máquinas, lo que permitirá obtener mejores resultados del aprendizaje

Actividades Extracurriculares (trabajo individual)

Primera- Teoría, lectura del texto guía a los contenidos propuestos. Lectura comprensiva de los repasos del capítulo. Revisar ejercicios resueltos en el libro, validarlos. Desarrollar el trabajo individual y en grupo. Revisar los ejercicios planteados en la tutoría.

Segunda: Desarrollo de la Guía: Para cada ítem de la guía planteada se debe realizar una investigación propia e individual (usando las 7 horas semanales de trabajo individual y en equipo) que amplíe y complemente el conocimiento teórico y la destreza en la práctica de los ejercicios con otros autores y repositorios sobre los temas propuestos, registrando con precisión los textos, su bibliografía y/o cibergrafía consultada.

Esta investigación se debe presentar, ante su tutor como informe de laboratorio. En formato IEEE con registro de las conclusiones y la Bibliografía en normas APA, entregada en fecha prevista y/o depositada en el buzón de la plataforma correspondiente.

Bibliografía

- Barnes, G. E. (1933). Bombas para agua potable. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la salud. Recuperado de <file:///C:/Users/camilo%2026/Downloads/SP145.pdf>
- Bornquist, Inc. (22 de octubre de 2018). Conceptos básicos de la bomba: Impulsores y volutas. Recuperado de <https://www.bornquist.com/pump-basics-impellers-and-volutes/>
- Enel Green Power S.A, (s.f.). *Turbina hidroeléctrica*. Recuperado de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/turbina-hidroelectrica>
- Fluideco (20 de agosto de 2019). ¿Qué es una bomba centrífuga? Recuperado de <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/>
- Martín, I., Salcedo, R., & Font, R. (s.f.) Mecánica de fluidos. Tema 2. Impulsión de fluidos. California: Universidad de Alicante Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/4/tema2_impulsion.pdf
- Nieto, Y. (2015). *Rediseño hidráulico de un laboratorio de pruebas para bombas centrífugas tipo API 610* (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México..
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2018). *Manual de optimización de sistemas de bombeo*. Recuperado de

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_bo mbeo.pdf

Paredes (2019). *Diseño y construcción de un módulo de bombas centrífugas e implementación de guías prácticas para el estudio de sus principales características* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

Pérez, J. (19 de enero de 2019). *Curso de máquinas mecánicas: Tema 1 Bombas hidráulicas*. Recuperado de <http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/index.html>

Viejo, M., y Álvarez, J. (2003). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. México: Limusa. <http://docshare04.docshare.tips/files/3031/30310121.pdf>

ESTUDIANTE (ELABORÓ)

Firma:

Nombre: Yesid Gerardo Mocada Rubio

Fecha: mayo 28 de 2021

ANEXO F. TENSION DEL VAPOR Y EL PESO ESPECIFICO DEL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

T °C	Tv Kg/cm ²	γ Kg/dm ³									
0	0,0062	0,9998	41	0,0793	0,9917	82	0,5234	0,9705	170	8,076	0,8973
1	0,006	0,9999	42	0,0836	0,9913	83	0,5447	0,9698	175	9,101	0,892
2	0,0072	0,9999	43	0,0881	0,9909	84	0,5667	0,9693	180	10,225	0,8869
3	0,0077	1	44	0,0928	0,9905	85	0,5894	0,9687	185	11,456	0,8814
4	0,0083	1	45	0,0977	0,99	86	0,6129	0,968	190	12,800	0,876
5	0,0089	1	46	0,1028	0,9898	87	0,6372	0,9667	195	14,265	0,8703
6	0,0095	0,9999	47	0,1082	0,9893	88	0,6623	0,9667	200	15,857	0,8646
7	0,0102	0,9999	48	0,1138	0,9889	89	0,6882	0,9659	205	17,585	0,8587
8	0,0109	0,9998	49	0,1197	0,9885	90	0,7149	0,9653	210	19,456	0,8528
9	0,0117	0,9997	50	0,1258	0,988	91	0,7425	0,9646	215	21,477	0,8465
10	0,0125	0,9996	51	0,1322	0,9876	92	0,771	0,964	220	23,659	0,8403
11	0,0134	0,9995	52	0,1388	0,9871	93	0,8004	0,9632	225	26,007	0,8339
12	0,0143	0,9994	53	0,1457	0,9866	94	0,8307	0,9625	230	28,531	0,8272
13	0,0153	0,9993	54	0,153	0,9861	95	0,8619	0,9619	235	31,239	0,8206
14	0,0163	0,9992	55	0,1605	0,9857	96	0,8942	0,9611	240	34,14	0,8136
15	0,0174	0,999	56	0,1683	0,9852	97	0,9274	0,9604	245	37,244	0,8064
16	0,0185	0,9989	57	0,1765	0,9847	98	0,9616	0,9696	250	40,56	0,7992
17	0,0297	0,9987	58	0,185	0,9842	99	0,9969	0,959	255	44,1	0,7918
18	0,021	0,9985	59	0,1939	0,9836	100	1,0332	0,9583	260	47,87	0,784
19	0,0224	0,9984	60	0,203	0,9831	102	1,1092	0,9568	265	51,88	0,7759
20	0,0238	0,9982	61	0,2127	0,9826	104	1,1898	0,9554	270	56,14	0,7678
21	0,0253	0,9979	62	0,2227	0,9821	106	1,2751	0,954	275	60,66	0,7593
22	0,0269	0,9977	63	0,233	0,9816	108	1,3654	0,9525	280	65,46	0,7506
23	0,0286	0,9974	64	0,2438	0,981	110	1,4609	0,9510	285	70,54	0,7416
24	0,0304	0,9972	65	0,255	0,9804	112	1,5618	0,9496	290	75,92	0,7323
25	0,0323	0,997	66	0,2666	0,98	114	0,6684	0,9479	295	81,6	0,7227
26	0,0343	0,9966	67	0,2787	0,9794	116	1,7809	0,9464	300	87,61	0,7124
27	0,0363	0,9964	68	0,2912	0,9788	118	1,8995	0,9448	305	93,95	0,7017
28	0,0385	0,9961	69	0,3042	0,9782	120	2,0245	0,9431	310	100,64	0,6906
29	0,0408	0,9957	70	0,3177	0,9777	122	2,1561	0,9414	315	107,69	0,6793
30	0,0432	0,9955	71	0,3317	0,9771	124	2,2947	0,9398	320	115,13	0,6671
31	0,0458	0,9952	72	0,3463	0,9765	126	2,4404	0,9381	325	122,95	0,654
32	0,0485	0,9949	73	0,3613	0,9759	128	2,5935	0,9365	330	131,18	0,6402
33	0,0513	0,9946	74	0,3769	0,9754	130	2,7544	0,9348	335	139,85	0,6257
34	0,0542	0,9942	75	0,3931	0,9748	135	3,192	0,9305	340	148,96	0,6093

T °C	Tv Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	T °C	Tv Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	I °C	Tv Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	t °C	Tv Kg/cm ²	γ Kg/dm ³
35	0,0573	0,9939	7f	0,4098	0,9742	140	3,685	0,926	345	158,54	0,591
36	0,0606	0,9934	77	0,4272	0,9737	145	4,237	0,9216	350	168,63	0,5724
37	0,064	0,9932	78	0,4451	0,973	150	4,854	0,9169	355	179,24	0,5512
38	0,0675	0,9928	79	0,4637	0,9724	155	5,54	0,9121	360	190,42	0,5243
39	0,0713	0,9925	80	0,4829	0,9718	160	6,302	0,9073	365	202,21	0,4926
40	0,0752	0,9921	81	0,5028	0,9711	165	7,146	0,9023	370	214,68	0,4484

ANEXO G. TENSIÓN DEL VAPOR Y EL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A DIFERENTES

1/s	l/min	m ³ /h	m ³ /h	l/s	l/min
1	60	3,6	1	0,277	16,66
2	120	7,2	2	0,555	33,33
3	180	10,8	3	0,833	50
4	240	14,4	4	1,111	66,66
5	300	18	5	1,388	83,33
6	360	21,6	6	1,666	100
7	420	25,2	7	1,944	116,66
8	480	28,8	8	2,222	133,33
9	540	32,4	9	2,5	150
10	600	36	10	2,777	166,66
12	720	43,2	12	3,333	200
14	840	50,4	14	3,888	233,33
16	960	57,6	16	4,444	266,66
18	1.080	64,8	18	5	300
20	1.200	72	20	5,555	333,33
25	1.500	90	25	6,944	416,66
30	1.800	108	30	8,333	500
1/s	l/min	m ³ /h	m ³ /h	l/s	l/min
35	2.100	126	35	9,722	583,33
40	2.400	144	40	11,111	666,66
45	2.700	162	45	12,5	750
50	3.000	180	50	13,888	833,33
55	3.300	198	55	15,277	916,66
60	3.600	216	60	16,666	1.000
65	3.900	234	65	18,055	1.083,33
70	4.200	252	70	19,444	1.166,66
75	4,5	270	75	20,833	1.250
80	4.800	288	80	22,222	1.333,33
85	5.100	306	85	23,611	1.416,66
90	5.400	324	90	25	1.500
95	5.700	342	95	26,388	1.583,33
100	6.000	360	100	27,777	1.666,66
110	6.600	396	110	30,555	1.833,33
120	7.200	432	120	33,333	2.000
130	7.800	468	130	36,111	2.166,66
140	8.400	504	140	38,888	2.333,33
150	9.000	540	150	41,666	2.500
160	9.600	576	160	44,444	2.666,66

l/s	l/min	m ³ /h	m ³ /h	l/s	l/min
170	10.200	612	170	47,222	2.833,33
180	10.800	648	180	50	3.000
190	11.400	684	190	52,777	3.166,66
200	12.000	720	200	55,555	3.333,33
250	15.000	900	250	69,444	4.166,66
300	18.000	1.080	300	83,333	5.000
350	21.000	1.260	350	97,222	5.833,33
400	24.000	1.440	400	111,111	6.666,66
450	27.000	1.620	450	125	7.500
500	30.000	1.800	500	138,888	8.333,33
600	36.000	2.160	600	166,666	10.000
700	42.000	2.520	700	194,444	11.666,66
800	48.000	2.880	800	222,222	13.333,33
900	54.000	3.240	900	250	15.000
1.000	60.000	3.600	1.000	277,777	16.666,66