



Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en motobombas centrífugas de agua para piscinas

JAVIER ALEJANDRO MARTINEZ CALLEJAS

Universidad Antonio Nariño

Programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico

Cartagena, Colombia

2021

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en motobombas centrífugas de agua para piscinas

JAVIER ALEJANDRO MARTINEZ CALLEJAS

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

Director (a):
Ing. Juan Vicente Cajal Barros

Línea de Investigación:
Desarrollo tecnológico

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena de Indias D.T y C, Colombia
2020

Resume

En el presente trabajo de investigación se propone la creación de un plan de mantenimiento preventivo en motobombas centrífugas de aguas para piscinas, para ello, se realiza un estudio de referencias bibliográficas para cimentar las bases del tema en cuestión y en lo sucesivo, se hace un análisis sobre la importancia del mantenimiento preventivo en este tipo de máquinas de uso doméstico. Así las cosas, se es posible afirmar que el primer eslabón para la propuesta de un plan en materia, empieza desde un diagnóstico visual, auditivo, de vibraciones, ayudando lo anterior a determinar una lista de insumos, herramientas y sus características

que ayudan a calcular un estimado del costo del mantenimiento preventivo en el equipo con periodicidad anual. Lo anterior, propende a que se cuente con una bomba centrífuga que trabaje en condiciones óptimas, se eviten cortocircuitos, avería de rodamientos, malos contactos en empalmes o en la conexión, torcedura o ruptura del eje, corrosión completa de la máquina, pérdida de presión, entre otros, que pudiesen llegar a traducirse en reemplazo de piezas del equipo que generen un incremento en costos por falta de mantenimiento preventivo a partir de un plan, daños irreparables que pudiesen llevar a un reemplazo no solo de piezas sino del equipo mismo.

Palabras claves: bomba centrífuga, mantenimiento preventivo, máquina, equipo, mantenimiento

Abstract

In the present research work, the creation of a preventive maintenance plan in centrifugal water pumps for swimming pools is proposed, for this, a study of bibliographic references was necessary to lay the foundations of the subject in question and henceforth, carry out an analysis on the importance of preventive maintenance in this type of machines for domestic use. Thus, it is possible to affirm that the first link for the proposal of a plan in this matter, starts from a visual, auditory, vibration diagnosis, helping the above to determine a list of supplies, tools and their characteristics that help to

calculate an estimate of the cost of preventive maintenance on the equipment on an annual basis. The above tends to have a centrifugal pump that works in optimal conditions, avoiding short circuits, failure of bearings, bad contacts in joints or in the connection, twisting or rupture of the shaft, complete corrosion of the machine, loss of pressure , among others, that could lead to replacement of equipment parts that generate an increase in costs due to lack of preventive maintenance based on a plan, irreparable damage that could lead to a replacement not only of parts but of the equipment itself.

Keywords: centrifugal pump, preventive maintenance, machine, equipment, maintenance

Contenido

Resume	5
Abstract	6
Contenido	7
Lista de figuras	10
Lista de tablas	11
Introducción	12
Capítulo 1	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.1. Planteamiento	15
1.1.2. Formulación del problema	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo General	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Marco teórico	18
1.3.1. Antecedentes	18
1.3.2. Características de la motobomba centrífuga	19
1.3.3. Tipos de bombas centrífugas	19
1.3.4. Aplicación y usos de la bomba centrífuga	20
Capítulo 2	23
2.1. Marco teórico	23
2.2. Marco conceptual	26
2.3. Metodología	28
2.3.1. Factibilidad	28
2.3.2. Metodología propuesta	28
Capítulo 3:	29

3.1. Realización del plan de mantenimiento preventivo a la motobomba centrífuga empleada a la piscina de uso doméstico	29
3.1.1. Diagnóstico asociado al estado general de la bomba centrífuga	29
3.1.2. Inspección visual	30
3.1.2.1. Inspección visual para detectar fugas en tuberías	30
3.1.2.2. Inspección visual para la detección de fugas en el cierre del eje	31
3.1.2.3. Inspección visual del correcto estado general de las conexiones eléctricas	31
3.1.3. Inspección de ruidos y vibraciones	31
3.1.4. Control del nivel de aceite y medición de temperatura en el cuerpo del rodamiento y el motor	31
3.1.4.1. Control del nivel de aceite en el cuerpo del rodamiento	31
3.1.4.2. Medición de la temperatura en el cuerpo del rodamiento y en el motor	31
3.1.5. Diagnóstico interviniendo la bomba.	33
3.2. Periodicidad del mantenimiento	35
3.2.1. Actividades mensuales	36
3.2.2. Actividades trimestrales	36
3.2.3. Actividades semestrales	37
3.2.4. Actividades anuales	37
3.3 Herramientas, repuestos, consumibles y costos estipulados	38
3.4 Plan de mantenimiento preventivo	40
4. Resultados y análisis	43
5. Conclusiones y recomendaciones	44
5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones	45
Referencias bibliográficas	46

Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en motobombas centrífugas de agua para piscinas

Lista de figuras

Figura 1. Bomba centrífuga horizontal.....	33
--	----

Lista de tablas

Tabla 1. Herramientas, repuestos y consumibles .	38
Tabla 2. Plan de mantenimiento preventivo propuesto para bomba centrífuga	40

Introducción

El transporte de fluidos ha sido una necesidad del hombre desde épocas inmemorables, no obstante, para responder a esa tarea surgieron las primeras bombas para el desarrollo de tal fin. Así las cosas, se llegó a conocer las **bombas centrífuga:**

Las bombas centrífugas son artefactos que funcionan con energía eléctrica, convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica mediante el eje y llevada hasta el rodete que se encuentra en la carcasa, donde al girar convierte dicha energía en energía hidráulica con el propósito de llevar el fluido a través de la tubería a la que se encuentre acoplada. (Retamal, 2018)

En ese sentido y sobre la bomba centrífuga, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (1995) en su guía sobre mantenimiento de bombas centrífugas de la serie

de mantenimiento mecánico de TEL-A- TRAIN deja saber que, en condiciones normales e ideales, las bombas centrífugas pueden trabajar de forma indefinidas y en entornos desfavorables pueden presentar fallas mecánicas y/o eléctricas a menudo. En ese sentido, y salvaguardando el buen funcionamiento del equipo se hace imprescindible elaborar un plan de mantenimiento preventivo que empiece desde la realización de una inspección general para poder diagnosticar el equipo hasta la creación de un modelo de gestión

donde se definan actividades y tareas necesarias, oportunas asociadas a frecuencias que permitan el trabajo de la bomba centrífuga de manera eficiente con prevenciones que ayuden a extender su ciclo de vida. Así las cosas, en este escrito se propone la creación de un plan de mantenimiento preventivo de una bomba centrífuga considerando tres procesos, a conocer: 1) La inspección inicial consiste en una verificación de manera visual y auditiva, con fines a verificar el caudal, sonidos anómalos (en caso de cavitación o avería de rodamientos generalmente), corrosión, fugas, estado de la empaquetadura; 2) Realización de un cronograma de actividades según las recomendaciones del fabricante, el cual servirá de guía para realizar el mantenimiento correctamente y en orden, evitando fallas humanas e imprevistos en el momento de interceder el equipo; 3). Listado de herramientas, consumibles y repuestos lo que permite tener a la mano, los implementos básicos, complejos y necesarios para la motobomba centrífuga que ayudan a

mejorar los tiempos de respuestas en cuanto a la realización del mantenimiento preventivo y con ello, el funcionamiento eficiente del equipo (ITT Corporation, 2018).

El plan de mantenimiento preventivo como actividad programada propende al análisis, detección y prevención de fallas, buscando que el funcionamiento del equipo se de en condiciones óptimas, mismo que debe proporcionarse según las recomendaciones del fabricante, fallas de la máquina y las condiciones de trabajo dadas, de manera tal, que se facilite mayor seguridad a la bomba centrífuga y, de manera probable, se disminuyan los paros repentinos en el equipo, las reparaciones a que haya lugar, como también se bregue por el trabajo eficiente de la máquina, disminución de costos de mantenimiento correctivo (Bolaño & Chavez, 2012). El mantenimiento preventivo es necesario para todas las bombas centrífugas, ya que se evitan posibles fallas, gastos inesperados, pérdida de tiempo, posibles daños mayores como la

contaminación completa del agua de la piscina, pues gracias a la motobomba es que se aspiran los residuos sólidos o contaminantes y se bombean los químicos diluidos como cloro, sulfatos de aluminio y sulfato de cobre los cuales son necesarios para preservar el agua de la piscina, además se garantizara una mayor vida útil al equipo y un bajo costo en los mantenimientos preventivos programados. De esta manera serán beneficiados principalmente el propietario de la piscina y sus usuarios.

Capítulo 1

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Planteamiento

El mantenimiento preventivo es una parte crítica de cualquier elemento o máquina, mismo que en esencia asegura las operaciones periódicas de los programas de producción. En ese sentido, se habla del mantenimiento preventivo como un componente crucial que le proporciona a la administración facilidades de mejora y seguridad. Así las cosas, este tipo de mantenimiento opera antes de que los elementos o componentes de una máquina fallen, lo que a su vez permite unos ciertos beneficios como, por ejemplo: ahorro de dinero, prolonga la vida del equipo, maximiza la eficiencia, mejora la seguridad y la fiabilidad y ahorro de tiempo (Plastic & Chemical Trading, 2019). Por otra parte, las motobombas centrifugas como elementos utilizados para

trasladar fluidos mediante la transformación de energía eléctrica en energía hidráulica, son máquinas que necesitan este tipo de mantenimiento preventivo para su óptimo funcionamiento (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2018).

Las bombas centrifugas como elementos transportadores de fluidos naturalmente son usadas en empresas y hogares donde se cuente con piscinas, no obstante, y a partir de la observación directa, es posible identificar que en diferentes compañías naturalmente este tipo de equipo cuentan con su respectivo plan de mantenimiento debido a que del buen funcionamiento de la misma dependerá un buen servicio como es el caso de hoteles y centros recreacionales, pero, en las bombas

centrifugas de uso doméstico no se evidencia como tal un plan de mantenimiento que en esencia bregue por la prolongación de la vida de la misma, se ahorre dinero en cuanto a los diferentes mantenimientos correctivos que se realicen y en lo sucesivo se dé una prolongación del ciclo de vida de la misma. Es por ello, que en el presente trabajo se quiere proponer un plan de mantenimiento preventivo de motobombas centrifugas de agua para piscinas de uso doméstico en donde mínimamente se logren los beneficios que reseñan Plastic & Chemical Trading (2019).

1.1.2. Formulación del problema

Teniendo en cuenta que las motobombas centrifugas de aguas para piscina de uso doméstico no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, se hace necesario formular el siguiente interrogante:

¿Cómo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de las motobombas centrifugas de aguas de uso doméstico?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Plasmar un plan de mantenimiento preventivo a la motobomba centrífuga empleada en la piscina de uso domestico

1.2.2. Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico asociado al estado general de la bomba centrífuga.
2. Establecer la periodicidad del mantenimiento a la bomba centrífuga.
3. Realizar un listado de herramientas, consumibles y repuestos con sus costos.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Antecedentes

El contenido sobre un plan de mantenimiento preventivo en motobombas centrífugas de aguas para piscinas ha sido abordado desde múltiples estudios, mismo desde el ámbito nacional como internacional. A continuación, se presentan algunas investigaciones y estudios adelantados:

Para Retamal (2018), una bomba centrífuga es:

Un artefacto que convierte la energía eléctrica procedente del motor en energía mecánica a través del eje y trasferida hacia el impulsor o rodete el que se encuentra dentro de una carcasa o voluta, donde esta última energía es convertida a su vez en energía hidráulica con el fin de incitar el desplazamiento del líquido por medio de tubos o cañerías. El caudal entra habitualmente de forma axial al eje, el que llega al núcleo o centro del impulsor, pasa por lo álabes los que le entregan energía cinética para consecutivamente proceder con la liberación de este hacia la voluta o carcasa quien direcciona el caudal a la zona de descarga del equipo de bombeo.

El mismo Retamal (2018), en su estudio o trabajo de grado para optar a título de pregrado denominado ***Propuesta de plan de mantenimiento para bomba centrífugas ubicadas en Anglo American Sur planta la Tórtolas estación de bombeo***, deja saber sobre la funcionalidad de este tipo de máquinas, usadas principalmente para proporcional caudal, no obstante, en el uso de las mismas se pudiesen presentar fallos como: “1°

Desgaste interno en bujes; 2° Desgaste entre anillos desgaste; 3° Desgaste en guías de ajuste en tazones; 4° Desgaste en alojamiento de buje en superficie de ejes; 5° Desgaste en guías de ajuste de porta sello mecánico; 6° Pérdida de linealidad en ejes; 7° Ataque químico en chavetas de impulsor; 8° Desgaste en superficie de impulsores, y 9° Desgaste en rosca de copla entre ejes” (Retamal, 2018).

1.3.2. Características de la motobomba centrífuga

En contraposición a las bombas de desplazamiento positivo, el caudal que abastece una bomba centrífuga a velocidad constante aumenta cuando reduce la altura de impulsión. Es decir, tiene capacidad de autorregulación. Así mismo, del caudal dependerá la potencia absorbida y el rendimiento requerido de la máquina. El sistema de difusión de una bomba es constituido por elementos como la corona directriz, la caja espiral y el cono difusor, los cuales sirven para transformar la energía dinámica que da al rodete en energía de presión con el mínimo posible de pérdidas. El nombre de caja espiral se deriva de una construcción especial de la misma que consiste en una caja formada por dos planos paralelos y cerrada por una superficie cilíndrica cuya directriz es una espiral logarítmica. En este caso las secciones por planos axiales serían rectángulos de área creciente como corresponde a la difusión que se pretende. (Avendaño, 2009).

1.3.3. Tipos de bombas centrífugas

Las bombas se clasifican en:

1. Bomba Roto dinámica. Siendo siempre rotativas. Su tarea se basa en la ecuación de Euler; y su órgano transmisor de energía se llama rodete.

Se llaman fotodinámicas porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de energía.

2. Bombas de desplazamiento positivo. A este grupo corresponden no solo las bombas alternativas, sino las rotativas llamadas roto estáticas porque son rotativas, pero a en ella la dinámica de la corriente no juega un papel esencial en la transferencia de la energía. Su funcionamiento se basa en principio de desplazamiento positivo.

Por otra parte, Anónimo (s.f.), establece la siguiente clasificación de bombas centrífugas:

1. Bombas Centrífugas de Turbina Helicoidal: se utilizan para transportar fluidos con partes sólidas, son mayormente encontradas en la industria de alimentos.
2. Bombas de anillo líquido: son diseñadas para fluidos limpios.
3. Bombas de Rodete Flexible: estas son utilizadas para fluidos viscosos y con altas presiones.

4. especialmente pensadas para el tratamiento de productos viscosos. Una de las bombas de más calidad.
5. Bombas de Cavidad Progresiva: por lo general son muy potentes, pues logran altas presiones.
6. Bombas Peristálticas: tienen la particularidad de no maltratar los fluidos que trabaja, ya que no hay partes mecánicas que entren en contacto con los líquidos en ningún momento. Se utiliza en la industria alimentaria para el tratamiento de jugos, salsas, pulpas o vinos.

1.3.4. Aplicación y usos de la bomba centrífuga

1. Dependiendo el fluido:
bomba de fluido radial, de fluido y de fluido radio axial
2. Según la posición del eje:
bombas de eje horizontal, de eje vertical e inclinado
3. Según la presión entregada:
media, alta y baja presión
4. Según el número de flujos en la bomba: de simple aspiración o de flujo y de doble aspiración o de dos flujos
5. Según el número de rodets: de un escalonamiento o de varios escalonamientos.

Así las cosas y considerando los diferentes estudios, se hace posible afirmar que las bombas centrífugas si a bien son máquinas, el uso natural y desgastes de las mismas propenden a un desgaste y con ello se pudiese llegar a hablar sobre inversiones sobre la misma en sentido de corrección o correcciones, no obstante, para evitar esos desgaste e inversiones se hace posible considerar la realización de mantenimientos preventivos que proporcionen entre otras: mayor ciclo de vida a la máquina, disminución de inversiones en mantenimientos correctivos, mayor tiempo de uso y disposición del equipo, eficiencia en cuanto al uso del equipo, disminución de tiempos y

rendimiento de la bomba en cuanto al traslado de agua de un lugar a otro.

Capítulo 2

2.1. Marco teórico

Las bombas de agua han estado desde el año 3000 A.C. Las primeras bombas se hicieron con ruedas de agua y rampas y usaban animales para dar la energía necesaria para mover las ruedas. Los mesopotámicos fueron los responsables de crear la primera bomba, alrededor del año 3000 A.C. Usaron una palanca de madera al lado del banco de agua, con un contrapeso en un extremo y un balde en el otro. Cuando la palanca se empujaba hacia abajo, el contrapeso subía el balde y se evacuaba en una batea.

Se inventaron tres bombas cerca del año 500 A.C. Entre ellas una noria con ollas atadas, un artefacto con compartimentos para el agua, y una cadena de baldes, que era una línea que pasaba por arriba de una polea con baldes unidos a ella.

Desde hace milenios el hombre aprendió a abastecerse de agua mediante

mecanismos para trasladar de un lugar a otro. Ejemplos de estas ruinas primitivas son la noria movida por accionamiento humano, tracción animal y el molinete empleados por las antiguas culturas egipcias babilónicas. Arquímedes relató en el siglo antes de nuestra era lo que hoy se conoce como tornillo de Arquímedes, aunque este sistema había sido utilizado anteriormente por una tribu del rey de Asiria en el siglo A.C. en el siglo 500 A.C describió e ilustró diferentes tipos de bombas incluyendo bombas reversibles, bombas de doble acción, bombas de vacío, bombas de agua y bombas de desplazamiento positivo. (Iagua, 2017)

Por otro lado, es de anotar que las bombas centrífugas para su buen desempeño y aumento en cuanto al

ciclo de vida, requieren de la figura del mantenimiento preventivo, sobre el cual Garcia (2006) deja saber:

Tiene que haber un Mantenimiento Preventivo proyectado en este tipo de equipos. Esto es lo que llamamos itinerarios de inspección en nuestra fábrica. El objetivo principal es la localización de fallos en el periodo inicial para solucionarlos de forma inmediata, si es posible, o en el momento oportuno si no lo es. Estas inspecciones cobijan las siguientes tareas en la bomba:

1. Inspección visual para descubrir fugas en tuberías.
2. Inspección visual para la localización de fugas en el cierre del eje (reajuste de la empaquetadura si es posible).
3. Control del estado del aceite en el cuerpo del rodamiento.
4. Medición de la temperatura en el cuerpo del rodamiento y en el motor.
5. Inspección de sonido y vibración excesivos en el cuerpo del cojinete, el acoplamiento de la bomba y el motor de accionamiento.
6. Compruebe el flujo correcto de agua de refrigeración hacia el cierre del eje, si lo hubiera.
7. Inspección visual del correcto estado general de las conexiones eléctricas.

Estas inspecciones habituales generan una serie de Órdenes de Trabajo a ejecutar en el equipo, que llegarán al departamento correspondiente a través del software de GMAO y que se convertirán en el historial de intervención de la bomba específica. Se puede generar trabajo mientras la instalación está en marcha, en el caso de que el equipo pueda ser detenido (llenado de

bañeras, realización de un bypass, etc.) o trabajo que se dispondrá durante la próxima parada de la instalación.

Mantenimiento a bombas centrífugas ventajas

Las ventajas de efectuar estos recorridos de inspección en las bombas centrífugas en fábrica son las mismas que las creadas por el mantenimiento preventivo en otros tipos de equipos, es decir:

1. Se conoce la confianza, el estado y el funcionamiento de las bombas.
2. Reducción del tiempo de inactividad debido a fallas mecánicas de la bomba.
3. Mayor vida útil de los equipos e instalaciones.
4. Ajuste de stock de repuestos en almacén (sólo críticos y de mayor consumo).
5. Programación de los trabajos a realizar durante el arranque y la parada, uniformidad de la carga de trabajo.
6. Bajo costo de reparación de bombas.

Los trabajos correctivos más frecuentes que realiza el departamento de mantenimiento mecánico en una bomba centrífuga son la reparación de fugas tanto en las bridas como en las tuberías de aspiración e impulsión, las aberturas de las bombas para la extracción de elementos que provocan taponamientos, la sustitución de los impulsores por desgaste, la sustitución del cuerpo del cojinete, la sustitución del cierre mecánico y dinámico, el empaquetado del eje y la sustitución de la articulación por deterioro.

Teniendo en cuenta los repuestos y consumibles se puede señalar que son críticas y de existencia obligatoria:

1. Rodamientos
2. acoples
3. retenedores (mecánico)
4. silicona
5. empaquetadura.
6. Estuche recomendado por el fabricante.
7. Los impulsores se utilizan sin girar, es decir, con su diámetro máximo y su elemento de fijación.
8. Placas de desgaste.
9. Bombas completas para aquellas posiciones críticas y esenciales para la producción.
10. Se puede incluir opcionalmente, las siguientes piezas de repuesto:

1. Eje
2. Balineras
3. Acoples
4. Guarda polvos

Así las cosas, y considerando a García (2006), se hace posible establecer el presente trabajo de mantenimiento preventivo de bombas centrífugas en tres ejes fundamentales a saber:

1. Realizar un diagnóstico asociado al estado general de la bomba centrífuga.
2. Establecer la periodicidad del mantenimiento a la bomba centrífuga
3. Realizar un listado de herramientas y consumibles que estimen una cantidad probable a usar en el mismo.

2.2. Marco conceptual

Bomba centrífuga: “aquella máquina, también denominada bomba rotodinámica, cuyo objetivo es convertir la energía en velocidad y posteriormente en energía a presión. Es decir, transforman la energía mecánica en energía hidráulica. De esta manera, puede mover el mayor volumen de líquido posible” (Fluideco, 2021)

Cavitación: “desgaste de una superficie de metal como resultado de un vacío parcial en el líquido, destruirá el impulsor y el armazón de una bomba” (Avendaño, 2009)

Cebado: acontecimiento que ocurre cuando los conductos de la bomba se llenan con líquido que se va a bombear (Avendaño, 2009)

Desbalance: causa común que produce vibraciones

Distorsión: generación de desalineamiento o descompensación de carga en los cojinetes. (García, 2006)

Piscina: estanque o alberca fabricada ya sea en cemento o plástico en donde se pueden practicar deportes como la natación, es más habitual encontrarlas en climas tropicales, pues la utilizan también para refrescarse en épocas calurosas y en donde se puede practicar la natación y otros deportes acuáticos.

Presión: “fuerza ejercida por un fluido en la unidad de superficie de la pared del recipiente que lo contiene” (Avendaño, 2009)

Presión absoluta: presión que resulta de la edición de la presión manométrica y la presión atmosférica (Avendaño, 2009).

Presión de vacío: si la presión absoluta es menor que la atmosfera, a la lectura manométrica, se le llama presión del vacío (Avendaño, 2009)

2.3. Metodología

2.3.1. Factibilidad

Se hace posible la realización del presente trabajo “Efectuar un plan de mantenimiento preventivo a la motobomba centrífuga empleada en la piscina de uso doméstico” ya que generalmente las características de las máquinas empleadas para tal fin son las mismas, asimismo, se dispone de tiempo prudente para presentar un plan que en esencia proporcione disminución en costos de mantenimiento correctivos a los hogares, se tenga un equipo que trabaje en condiciones óptimas, se extienda el ciclo de vida, entre otras características que se traducen en

beneficios de contar con un plan de mantenimiento preventivo.

2.3.2. Metodología propuesta

La metodología propuesta para el desarrollo del presente trabajo es analítica-descriptiva en el sentido que se obtiene información sobre aspectos generales de la máquina a partir de la realización de un diagnóstico, a partir de la cual se comprende el estado actual y pasado de la bomba centrífuga, permitiendo esto de manera sucesiva, establecer una periodicidad de mantenimientos, como también las herramientas, consumibles y repuestos con sus respectivos costos.

Capítulo 3:

3.1. Realización del plan de mantenimiento preventivo a la motobomba centrífuga empleada a la piscina de uso doméstico

Es de anotar que, para la realización del presente documento, se consideró de manera general las características propias de las bombas centrífugas usadas para tal fin. Por otro lado, y considerando los antecedentes plasmados en el presente escrito, se desarrollan los objetivos específicos de la siguiente forma:

3.1.1. Diagnóstico asociado al estado general de la bomba centrífuga

Antes de iniciar y/o entrar en materia, se hace imprescindible considerar aspectos generales sobre el diagnóstico técnico desde donde se inicial un plan de mantenimiento de cualquier tipo, no obstante, para el caso en cuestión se hace sobre el mantenimiento preventivo. Para Botero & Castañeda (2006), el diagnóstico técnico se encarga de estudiar el estado actual, causa

(génesis) y el cambio posible en el horizonte futuro (prognosis) de los sistemas técnicos propios de la bomba centrífuga. En esencia, el estado técnico de un sistema de bombeo naturalmente depende de sus condiciones asociadas a los parámetros del fabricante. Es por ello, que el monitoreo a los mismos implica detener y desmontar el sistema, lo que incrementa los costos

de mantenimiento y producción. Así las cosas, al momento de realizar un diagnóstico es de vital importancia considerar las recomendaciones de los parámetros establecidos por el fabricante, medidas de estado y cuantificaciones propios del funcionamiento del sistema, siendo estos últimos lineamientos de operación asociados a la bomba y el caudal, y residuales, como las vibraciones, mecánicas.

Por su parte el portal de Tecnologías para la Industria (2018), deja saber que la mayoría de las actividades de mantenimiento de la bomba se concentran en la comprobación de empaques y sellos mecánicos para escapes, así como la ratificación y trabajo correcto del motor, sin embargo, es preciso considerar el rendimiento, la fiabilidad y la eficiencia durante el tiempo de vida útil, el cual se ve afectado por el entorno ambiental al que es expuesta. Pues, en el presente escrito, es considerado que el diagnóstico inicial se da bajo condiciones de: 1. Observación directa y/o inspección visual; 2.

Inspección de ruidos y vibraciones; 3. Observación del lubricante en la caja de rodamientos y medir la temperatura en la caja de rodamientos y la maquina. Luego de realizadas las inspecciones anteriores, se hace posible identificar las probables intervenciones o medidas que derivan en actividades para salvaguardar el uso eficiente de la bomba centrífuga para su uso no solo en piscina sino de manera general. En ese sentido Renovetec (s.f.) propone en materia lo siguiente:

3.1.2. Inspección visual

3.1.2.1. Inspección visual para detectar fugas en tuberías

Se observará la tubería detalladamente con buena luminosidad, ya que la motobomba se encuentra en un cuarto de máquinas subterráneo. La tubería que se encuentra a la intemperie será verificada en las juntas o acoples como codos, uniones, bujes determinando así posibles goteras, humedad o torceduras recordando que dicha tubería es de material PVC.

3.1.2.2. Inspección visual para la detección de fugas en el cierre del eje

Se observará la de manera general el estado del sello mecánico y empaquetadura, como también, se pudiese corroborar el estado de alineación y corrosión del eje.

2.1.2.3. Inspección visual del correcto estado general de las conexiones eléctricas

Identificamos de esta manera el estado del cableado y de sus conexiones y empalmes, también se tendrá en cuenta el diámetro del cableado según la distancia hacia los breakers. En este caso es muy probable encontrar sulfataciones en los empalmes ya que el equipo no cuenta con mantenimientos preventivos y se encuentra en una zona muy húmeda.

3.1.3. Inspección de ruidos y vibraciones

Se busca inicialmente, realizar inspección de ruido y vibración excesivos en el cuerpo del cojinete, el acoplamiento de la bomba y el motor de accionamiento: este método se

llevará a cabo con un vibrómetro, este arroja datos que sirven para saber el estado principalmente de sus rodamientos teniendo en cuenta los parámetros del fabricante.

3.1.4. Control del nivel de aceite y medición de temperatura en el cuerpo del rodamiento y el motor

3.1.4.1. Control del nivel de aceite en el cuerpo del rodamiento

Los rodamientos son parte fundamental de los equipos rotativos y estos deben mantenerse lubricados correctamente con el nivel y el tipo de lubricante recomendado por el fabricante (Pedrollo), en este paso rectificaremos el estado del lubricante y la cantidad si es o no la adecuada.

3.1.4.2. Medición de la temperatura en el cuerpo del rodamiento y en el motor

La temperatura es medida con un termómetro guiado de los parámetros de temperatura dados por el fabricante. Con este lineamiento se puede diagnosticar cavitación, avería en rodamientos, eje y estado de la conexión

Con base en los parámetros dados por Renovetec, sobre la inspección visual a manera de síntesis puede ser válido que a partir de la inspección visual se puedan determinar fugas de agua como consecuencia de pérdida de presión que afecta el funcionamiento y la efectividad del equipo, traduciéndose esto posible cavitación, recalentamiento, desgaste prematuro en sus partes internas, pérdida de agua la cual provoca humedad en el cuarto de máquinas y derivada de esto aumento de corrosión, aumento en el tiempo de bombeo, entre otros. Cabe anotar, por ejemplo, que a partir del recalentamiento del equipo pudiese presentarse desgaste de sus piezas internas como el sello mecánico, empaquetadura, desgaste o torcedura del eje, solo por mencionar algunos posibles eventos que no permitan el funcionamiento adecuado de la bomba centrífuga, dando espacio al mantenimiento correctivo incurriendo ello en mayores costos. Por otra parte, en lo relacionado con la inspección visual para detectar posibles fallas eléctricas se hace necesario

inspeccionar los empalmes y la conexión eléctrica para determinar posible corrosión en el cableado, contacto con el agua, tubería eléctrica, puntos críticos. Este diagnóstico visual a la parte eléctrica pudiese evitar cortocircuitos, ya sea teniendo contacto el cableado con agua o con otro agente externo, provocando así daños al motor de la bomba (bobina) y a sus componentes eléctricos.

En la inspección de ruidos y vibraciones se puede deducir el estado de sus partes rotativas, ya sean rodamientos, caja de rodamientos, eje o incluso desajuste de la bomba en general, determinando posibles daños los cuales afectarían al funcionamiento del equipo también ocasionando pérdidas de presión en el fluido, sobreesfuerzo de la máquina, recalentamiento (entre otros).

El nivel de aceite del equipo es fundamental, ya que la lubricación es la vida de las máquinas, rectificando el nivel se identifica cuanto aceite tiene el equipo, en el caso de que este

bajo de aceite inmediatamente se debe reconocer que hubo desgaste en el mismo, también en la inspección visual que se hizo con anterioridad se vio el estado de la empaquetadura y se determina si hubieron fugas de aceite. Si en la inspección del nivel de aceite se determina que este se encuentra en su nivel adecuado lo correcto sería optar por cambiarlo, de lo contrario si se identifica bajo nivel de aceite o que no hay se pudiese llegar a pensar en un alto grado de probabilidad que la maquina tubo desgaste.

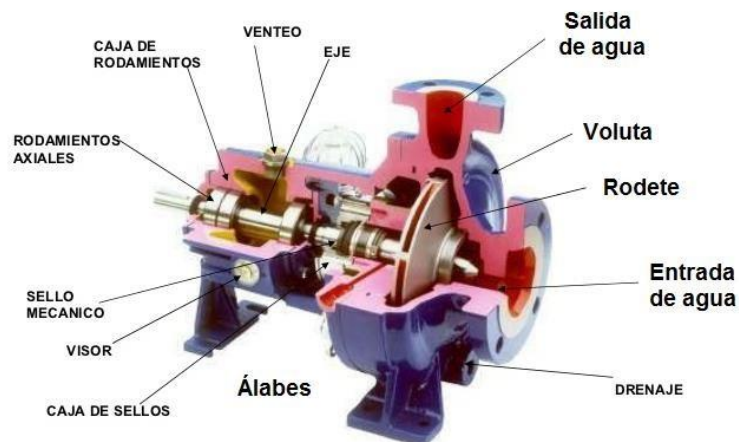
3.1.5. Diagnóstico interviniendo la bomba.

En el presente aparte, más que una intervención es realizar una

Finalmente, la inspección de la temperatura juega un papel fundamental, con ella se puede dar a conocer si el equipo tiene un correcto funcionamiento o por el contrario se pueda constatar cavitación o desgaste en algunos de sus componentes lo cual se pudiese saber mediante una revisión general. Mediante las inspecciones previas, es posible identificar potenciales fallas en el funcionamiento del equipo que ayuden a establecer un plan de mantenimiento preventivo. Y en lo sucesivo, se determine la periodicidad del mismo, las herramientas e insumos necesarios.

inspección interna al equipo y cada una de sus partes.

Figura 1. Bomba centrífuga horizontal



Fuente: Portal E

Considerando la figura 1; si bien las inspecciones visuales y auditivas dan una idea de las posibles fallas que tenga la bomba cuando se realiza una inspección física se hace posible más específico identificar la necesidad del equipo, es decir, a través de una intervención es más precisa al momento de realizar un diagnóstico ya sea correctivo o preventivo. Por ejemplo: en una inspección de vibraciones se pueden entender que las altas vibraciones normalmente se deben a averías en los rodamientos puede que la falla no sea específicamente en los rodamientos

sino en la caja de rodamientos o en alguna ruptura interna de la carcasa. Es posible que en una revisión de temperatura encontrando temperaturas altas en el equipo se puede deducir que la falla es debido a cavitación, pero también la alta temperatura puede ser producida por bajo nivel de aceite o el no contenido del mismo. Así las cosas, un diagnóstico interviniendo la máquina genera más precisión al momento de realizar la lista de insumos y de herramientas con que deben contarse para la realización del mantenimiento preventivo.

Por otra parte, Garcia (s.f.) en una aclaración sobre la frecuencia con la que debe hacerse el mantenimiento preventivo especifica:

- Estableciendo

periodos fijos: diarias, semanales, mensuales, anuales, etc.

- Según horas de funcionamiento.

3.2. Periodicidad del mantenimiento

Es de anotar, que el mantenimiento se constituye a partir de una serie de actividades a realizar de manera lógica, que buscan conservar el funcionamiento de la bomba centrífuga de manera segura, eficiente y económica, herramientas y demás elementos que se requieran para la realización del mismo. En términos generales el mantenimiento significa la protección y conservación la máquina, la garantía de su funcionamiento y la seguridad de contar un óptimo funcionamiento (Garcia, 2006).

Así las cosas y acorde a lo anterior, surge el siguiente interrogante:

¿Con que periodicidad debe realizarse mantenimiento preventivo de los sistemas de bombas centrífugas?

Para dar respuesta al mismo, se considerará lo previsto por el Grupo de Geosintéticos y Construcción (2019) que afirma:

La eficacia hidráulica es el componente que tiene más impacto en la eficacia de la maquinaria. Esa área está relacionada con el impulsor y su relación con la fricción líquida. Sin embargo, el mal funcionamiento mecánico y las pérdidas volumétricas de líquido también tienen un papel en el funcionamiento de los sistemas de bombas centrífugas, enlistando tareas que deben hacerse como parte de un programa de mantenimiento según su periodicidad:

3.2.1. Actividades mensuales

Los cojinetes son algunas de las piezas de las bombas que sufren mayor desgaste. Cada mes debe verificarse el estado de los soportes de los cojinetes. Asimismo, tiene que hacerse la limpieza del mismo de

encontrarse suciedad para despejar el orificio del drenaje.

Debe revisarse el nivel del lubricante de las máquinas. En caso que los niveles de lubricante sean muy bajos, debe agregarse más. Otro aspecto que se debe evaluar acerca de este punto es que el aceite se vea transparente y sin signo de espuma. (Grupo de Geosintéticos y Construcción, 2019)

3.2.2. Actividades trimestrales

Cada tres meses debe hacerse la verificación de la base de la bomba. Además de eso, se tienen que evaluar los pernos de sujeción no se hayan apretado. Parte del mantenimiento trimestral de los sistemas de bombas centrífugas es el reemplazo de aceite. En el caso de los equipos nuevos, se pueden dejar funcionar durante 200 horas con el primer aceite. Luego de la primera renovación del aceite, las bombas pueden funcionar hasta 2 mil horas sin problemas.

Otra tarea de lubricación que se realiza en este lapso de tiempo, es el engrase de los cojinetes del motor. Para ejecutar esta tarea, se deben seguir las instrucciones del fabricante contenidas en el manual. (Grupo de Geosintéticos y Construcción, 2019)

siempre es necesario buscar soluciones de compromiso.

3.2.3. Actividades semestrales

“Cada seis meses se deben aplicar líquidos antioxidantes sobre las superficies de la máquina. Así, se evita la corrosión y la oxidación del equipo, especialmente si se encuentra ubicado en un lugar húmedo” (Grupo de Geosintéticos y Construcción, 2019).

3.2.4. Actividades anuales

Por último, una vez al año se debe valorar la bomba en profundidad. Para llevar a cabo esta actividad se deben implantar niveles referenciales en cuanto al rendimiento de una bomba nueva. Este paso del mantenimiento de los sistemas de bombas centrífugas se realiza durante las primeras etapas de su funcionamiento. El mantenimiento preventivo será acordado anual calculando un promedio de 500 horas de utilidad de una bomba centrífuga utilizada residencialmente y usado pocas horas al día. Se llevará a cabo la primera semana del primer mes de cada año. (Grupo de Geosintéticos y Construcción, 2019)

3.3 Herramientas, repuestos, consumibles y costos estipulados

Tabla 1. Herramientas, repuestos y consumibles

HERRAMIENTAS, REPUESTOS Y CONSUMIBLES			
HERRAMIENTAS	ESPECIFICACIONES	REPUESTOS Y CONSUMIBLES	PRECIOS DE REPUESTOS Y CONSUMIBLES
Llaves Allen	de 2 a 8 mm	Grasa	\$ 10.000
Prensa	Convencional	Cinta Aislante	\$ 8.182
Multimetro	Industrial	Silicona	\$ 20.900
Juego de dados	Medidas en mm y "	Aceite	\$ 37.200
Pinzas	Eléctricas	Empaquetadura	\$ 79.000
Alicate	Eléctrico	Rodamientos Especificos	\$ 20.000
Destornilladores	Estrella y pala	Wd-40	\$ 22.000
Guantes	Dieléctricos	Lijas	\$ 5.990
Martillo suave	Caucho	Trapos	\$ 6.800
Calibrador	"Pie de Rey"	Detergente	\$ 25.900
Llaves fijas	De 6 a 17mm	Pintura Anticorrosiva	\$ 9.543
Vibrometro	Industrial	Limpiador electronic	\$ 17.500
Termómetro	Industrial	Goma PVC	\$ 8.400
Estipulado en precio y/o costos para realización de mantenimiento			\$ 271.415

Fuente: Elaboración propia, considerando los precios en la página web de Mercadolibre.com para ilustrar los precios de mercados a la fecha.

Las herramientas y consumibles mencionadas en la lista son las adecuadas para tener en cuenta en el plan de mantenimiento preventivo ya que son las necesarias para realizar el mantenimiento a la motobomba

3.4 Plan de mantenimiento preventivo

Tabla 2. Plan de mantenimiento preventivo propuesto para bomba centrífuga

ACTIVIDADES	SEMANA							DESCRIPCIÓN	RESULTADOS	PERIODICIDAD
	DÍAS									
	1	2	3	4	5	6	7			
1. Inspección del equipo y tuberías.								Realización de inspección visual, auditiva, vibraciones y temperatura	Diagnóstico	Anual
2. Desconexión hidráulica								Cierre de válvula de agua, desenrosque del acople	Extinción de agua para prevenir accidentes	Anual
3. Desconexión eléctrica								Bajar las cuñas, desempalmar el cableado	Equipo libre de energía eléctrica	Anual
4. Limpieza para desarmado								Limpieza el equipo exteriormente	Equipo limpio para el desmonte	Anual
5. Desarmado en banco								Desarme del equipo en banco	Desarticulación del equipo en banco	Anual

6. Limpieza de sus componentes interiores							Limpieza general del equipo en el interior	Interior de la bomba limpio	Anual
7. Engrase y cambio de repuestos							Lubricar y en caso de avería reemplazar el componente de la bomba	Lubricación y buen funcionamiento de las partes mecánicas de la bomba	anual
8. Armado del equipo y cambio de aceite							Armar y cambiar el aceite de la maquina	Equipo armado y lubricado	Anual
9. Lijado y pintura anticorrosiva							Lijar la carcasa de la bomba y aplicación de pintura anticorrosiva	Equipo protegido contra la corrosión	Anual
10. Montaje y puesta en marcha							Posicionar la bomba en el cuarto de maquina, conectar y encender	Bomba lista para trabajar	Anual

Fuente: Elaboración propia, considerando uso doméstico de una bomba centrífuga.

A partir del diagnóstico visual se puede pensar en el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo a una semana o siete (7) días, en la inspección del equipo y las tuberías se identificara el estado de los mismos, posibles fugas o defectos en el funcionamiento, se desarmara el equipo para corroborar un diagnostico puntual, seguido a ello se limpiara la bomba internamente y todos sus componentes, después se lubricara o engrasara sus partes móviles, cambiando previamente las partes averiadas, ya

sean rodamientos, empaques etc. , seguidamente se armara el equipo, se lijara y se aplicara pintura anticorrosiva para proteger la carcasa de la bomba. luego a ello se montará y se pondrá en marcha, se espera que a partir de la aplicación del plan de mantenimiento obtener un equipo exento de patologías y listo para trabajar durante el año.

Es de anotar, que, en la presente propuesta, se cuenta con una

periodicidad anual para la realización del mantenimiento preventivo, no obstante, se propone la realización de inspecciones periódicas en lo posible cada quince o treinta días en procura de contar con un equipo que trabaje en condiciones óptimas. El mantenimiento será desarrollado por un tecnólogo electromecánico la primera semana de

cada año y también le realizara el seguimiento recomendado durante el año como se ha recomendado, el lapso de tiempo entre mantenimientos es debido a que el equipo es de uso residencial y opera pocas horas al año (300 hrs).

Ficha técnica de motobomba pedrollo de 3hp.

Corriente: trifásica 220v – 440v

Tipo: superficie

Dimensiones: 24x40x29 cms

Características: motobomba hecha en hierro, bobina de cobre, impulsor y eje en acero inoxidable.

Utilidad continua: 24 horas

Material de fabricación: hierro

Voltaje: 220 y 440 V

Usos: residencial, industrial

Diámetro de succión: 1 ¼”

Diámetro de descarga: 1”

Altura máx. de elevación: 57mts

Potencia en HP: 3HP

País de fabricación: Italia

Caudal máximo: 140 lts x segundo

Tipo de bomba:

Presión máxima: 81 psi

Centrifuga

4. Resultados y análisis

Como consecuencia de lo expuesto, el mantenimiento preventivo en bombas centrífugas ayuda a mitigar las potenciales fallas que se presenten en el buen funcionamiento de la maquina; es la realización periódica de mantenimientos preventivos una herramienta fundamental que proporciona cimientos para la creación de un plan que prevengan futuras fallas de la bomba, siendo este, aquel que se propone a partir de la realización de un diagnóstico mediante inspecciones visual, auditivo, de vibraciones, temperatura y de intervención del equipo que brindan pautas sobre posible necesidad de actividades preventivas.

El mantenimiento preventivo en la bomba centrífuga puede ser visto como aquel medio que proporciona un funcionamiento óptimo y efectivo en condiciones normales y adversas, evita paradas de la maquina por causas tales como cortocircuitos, avería de rodamientos, malos contactos en empalmes o en la conexión, torcedura o ruptura del eje, corrosión completa de la máquina, perdida de presión, entre otros, que pudiesen llegar a traducirse en reemplazo de piezas, del equipo, lo que posiblemente estaría generando un incremento en costos por falta de mantenimiento preventivo a partir de un plan, daños irreparables que pudiesen llevar a un reemplazo no solo de piezas sino del equipomismo.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

En esencia el mantenimiento preventivo es de característica esencial, no obstante, el deterioro de la máquina no se detiene, sino que se dilata según la calidad o efectividad del mismo. La necesidad de la prevención radica en las causas de deterioro que posiblemente se den en el equipo como, por ejemplo: causas de presión, sobre carga eléctrica, sobre carga de funcionamiento, corrosión, movimiento, entre otros.

La realización de un mantenimiento preventivo de manera esporádica no se considera relevante en cuanto a los diferentes beneficios que se puedan obtener con la práctica del mismo, sino que va más allá. Es decir, a partir del desarrollo de un plan donde mínimamente:

1. Se realice un diagnóstico asociado al estado general de la bomba centrífuga.

2. Se establezca la periodicidad del mantenimiento a la bomba centrífuga

3. Se Realice un listado de herramientas, consumibles y repuestos identificando sus costos.

Es así como en la bomba centrífuga de aguas para piscinas de uso doméstico se pueda conservar en condiciones óptimas, se eviten cortocircuitos, avería de rodamientos, malos contactos en empalmes o en la conexión, torcedura o ruptura del eje, corrosión completa de la máquina, pérdida de presión, e inclusive se evite remplazo total de la misma, entre otros.

5.2. Recomendaciones

- Aplicación del mantenimiento preventivo según periodicidad según el plan creado
- Realizar inspecciones dentro del rango de tiempo entre mantenimiento realizado y mantenimiento a realizar con miras a detectar posibles fallas
- Mantener el cuarto de máquinas limpio y seco de tal manera evitando corrosión
- Se recomienda que el personal indicado para intervenir el equipo posea conocimientos técnicos y a fines
- Con miras a prevenir fallas eléctricas se recomienda usar cuñas o cañuelas de alta calidad y así evitamos cortos y o recalentamientos en el cableado
- En condiciones ambientales adversas se recomienda que el mantenimiento sea realizado con una menor periodicidad

Referencias bibliográficas

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (2018). **Training Material O & M of Mechanical Equipment in Spring 2018** (Modulo 1). Consultado en: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12308334_25.pdf
- Anónimo. (s.f.). **Clasificación y tipo de bombas**. Consultado en: <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Clasificaci%C3%B3n+y+tipos+de+bombas.pdf/9eb9b616-ea47-0841-566b-3b49a93e83bf>
- Avendaño, A. (2009). **Implementación de mantenimiento, predictivo, preventivo y correctivo de acuerdo a la metodología RCM II en bombas centrífugas grado alimenticio** (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Consultado en: <file:///C:/Users/PC/Documents/1.%20Oswaldo/PROYECTO%20JAVIER%20ALEJANDRO/IMPLEMENTACIONMANTEN.pdf>
- Bolaños, A., & Chavez, J. (2012). **Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las bombas hidráulicas que trasiegan combustible diésel marino del bote Uraba de la empresa Petrocomercial S.A.** (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla. Consultado en: <http://repositorio.uac.edu.co/jspui/bitstream/1/777/5/Trabajo%20de%20grado%20TMEC%201092.pdf>
- Botero, F., & Castañeda, R. (2006). **Estado futuro de bombas centrífugas. Metodología de diagnóstico**. Revista Universidad EAFIT. Vol (42) No. 143. 2006. PP 89-102. Consultado en: <file:///C:/Users/PC/Downloads/796-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2327-1-10-20120604.pdf>
- Fluideco. (2021). **¿Qué es una bomba centrífuga?**. Consultado en: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/>

- García, S. (s.f.). **Formas de establecer la frecuencia de las tareas de mantenimiento.** Consultado en: <http://santiagogarciagarrido.com/index.php/mantenimiento-industrial/49-determinacion-de-la-frecuencia-de-las-tareas-de-mantenimiento-preventivo>
- García, O. (2006). **El mantenimiento general administración de empresas.** Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, Tunja. Consultado en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf>
- Iagua. (2017). **Los pioneros del agua en la historia.** Consultado en: <https://www.iagua.es/noticias/locken/17/02/08/pioneros-agua-historia>
- Innovación en Geosintéticos y Construcción. (s.f). **Periodicidad del mantenimiento en bombas centrífugas.** Consultado en: <https://igc.com.pe/mantenimiento-sistemas-de-bombas-centrifugas/>
- ITT Corporation. (2018). **Manual de instalación, funcionamiento y mantenimiento. Model 3700, API Type OH2 / ISO 13709 1stand 2nd Ed. / API 610 8/9/10/11th Ed.** Consultado en: https://www.gouldspumps.com/itg/medialibrary/goulds/website/Literature/Instruction%20and%20Operation%20Manuals/Numerical/3700_IOM_Spanish.pdf?ext=.pdf
- Plastic & Chemical Trading. (2019). **The importance of preventative maintenance.** Consultado en: <https://plastrading.com/2019/09/28/the-importance-of-preventative-maintenance/>
- Portal Electromecánico. (s.f.). **Partes de una bomba centrífuga.** Consultado en: http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/partes_de_una_bomba_centrifuga.html
- Real Academia de la Lengua. (2021). **Piscina.** Consultado en: <https://dle.rae.es/piscina>
- Retamal, S. (2018). **Propuesta de plan de mantenimiento para bombas centrífugas ubicadas en Anglo American sur planta las tórtolas estación de rebombeo** (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar - José Miguel Carrera, Viña del Mar. Consultado en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43824/3560901064031UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Renovetec. (s.f.). **Mantenimiento a bombas centrífugas.** Consultado en: <https://mantenimiento.win/mantenimiento-a-bombas-centrifugas/>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (1995). **Guía de referencia: mantenimiento de bombas centrífugas**. Consultado en:
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/762/mantenimiento_bombas_centrifugas.pdf;jsessionid=55113265F7D087CFD5804F7E88292376?sequence=1

Tecnologías para la Industria. (2018). **Check list para el mantenimiento preventivo de bombas centrífugas**. Consultado en:
<https://tecnologiaparalaindustria.com/check-list-para-el-mantenimiento-preventivo-de-bombas-centrifugas-2/>