

Recibido 12 de octubre de 2022
Aceptado 30 de diciembre de 2022
www.unipaz.edu.co

Análisis RCA en la bomba sumergible de sumidero BU0505, en la estación Sebastopol (2022)

RCA analysis on the submersible sump pump BU0505, at the sebastopol station (2022)

Paola Niño Terraza^a, Isabel Rubio Salas^{†b}

Resumen: La estación Sebastopol de la empresa CENIT es un nodo principal para el transporte de productos refinados de hidrocarburos, la cual es crítica para el abastecimiento de combustible para la región central de Colombia. Dentro de los sistemas de bombeo de hidrocarburos se cuenta con un sumidero que tiene la función de canalizar y almacenar el hidrocarburo que queda empaquetado en la línea de transporte y requiere ser drenado para las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades principales, este sumidero cuenta con una bomba sumergible, la cual realiza la succión del producto desde el fondo del pozo, este equipo ha presentado fallas recurrentes en el mismo año y un número repetido de avisos generados para su atención, teniendo como consecuencia un alto riesgo de contaminación del medio ambiente que es perjudicial para la fauna y flora de la región por el desbordamiento del sumidero. Para el desarrollo de este trabajo, se tuvo como punto de partida la recopilación de información y revisión bibliográfica sobre bombas sumergibles y mediante la metodología de causa-efecto se determinó las causas por las cuales se presentaba esta alta tasa de falla, que se encontraba afectando la confiabilidad de la bomba sumergible.

Palabras claves: RCA, petróleo y gas, confiabilidad operacional, confiabilidad de equipos.

Abstract: CenIT's Sebastopol station is a main node for the transport of refined hydrocarbon products, which is critical for fueling the central region of Colombia. Within the hydrocarbon pumping systems there is a sump that has the function of channeling and storing the hydrocarbon that is packaged in the transport line and requires to be drained for the preventive and corrective maintenance activities of the main units, this sump has a submersible pump, which performs the suction of the product from the bottom of the well, this equipment has presented recurrent failures in the same year and a repeated number of warnings generated for its attention, resulting in a high risk of contamination of the environment that is harmful to the fauna and flora of the region by the overflow of the sink. For the development of this work, the starting point was the collection of information and bibliographic review on submersible pumps and through the cause-effect methodology the causes for which this high failure rate was presented, which was affecting the reliability of the submersible pump, was determined.

Key words: RCA, oil and gas, operational reliability, equipment reliability.

a. Escuela de Ciencias - Instituto universitario de la paz - UNIPAZ

b. Grupo de investigación en ciencias e ingenierías CIPAZ

† Isabel.rubio@unipaz.edu.co

INTRODUCCIÓN

El uso de bombas sumergibles en aguas residuales y canales han incrementado considerablemente en los últimos tiempos, debido a sus características que permiten adaptarse rápido al proceso, la bomba sumergible consta de un motor estanco, el impulsor, y las piezas de conexión necesarias, todos estos componentes necesarios para su funcionamiento y mantenimiento. De acuerdo a M. Gracia la finalidad de las bombas sumergibles es bombear en profundidad para poder drenar las aguas residuales que se encuentran canalizadas o almacenadas en recintos.

El diseño de la bomba y sus características dependen del caudal de bombeo y de las necesidades con las que requiere la planta para atender situaciones de emergencia, adicional a esto, por su diseño trabaja en conjunto con el motor sumergidos en el agua lo cual es una ventaja pues aísla el ruido durante la operación y puede trabajar por largo tiempo antes de tener una condición correctiva. Aunque también presenta desventajas por su alto costo, en la operación y mantenimiento del equipo y la necesidad de ser intervenida por mano de obra calificada (COSEDU, 2007).

Los nuevos requisitos de mantenimiento incluyen una mayor seguridad y el impacto ambiental de las fallas de los equipos, una mayor conciencia de la relación del mantenimiento y la calidad, y una mayor presión para lograr un alto rendimiento de la planta y control de costos. Dentro del modelo de gestión del mantenimiento, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) sirve como guía para identificar la actividad de mantenimiento en cada frecuencia de los activos más importantes en el contexto operativo (Y. Huanes, 2018). Su éxito se basa principalmente en un análisis funcional del sistema en un contexto operativo particular. El esfuerzo que se desarrolla por el equipo posibilita la creación de sistemas de gestión de mantenimiento flexibles que se adaptan a las

necesidades reales de mantenimiento de la organización, teniendo en cuenta la seguridad de las personas, las operaciones y la imagen corporativa del cliente. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es determinar las causas por las cuales el activo físico presenta alta tasa de falla.

Este equipo es catalogado como un equipo crítico para la operación, por tal motivo se planteó realizar un análisis de causa raíz por medio de la metodología de causa-efecto para determinar las razones por las cuales dicho equipo tiene alta tasa de falla, esto con el fin de proponer un plan de acción para mitigar la recurrencia del evento.

Las bombas sumergibles llevan muchos años en el mercado, aunque su uso en la red original se ha visto limitado por los problemas de mantenimiento asociados a las mismas. Sin embargo, este tipo de bomba incluye un sistema de fijación que permite retirarla sin perturbar la línea de presión, gracias a las guías sobre las que se desliza la bomba.

El Sistema de completación dual es un conjunto de componentes de tuberías mecánicas e hidráulicas ensamblados para transportar hidrocarburos después de poner en marcha una bomba electro sumergibles (BES). Se utiliza en el sector petrolero debido a que ofrece grandes beneficios a los clientes, tales como: aumento de producción, uso en zonas de presión variable, eliminación de escurrimientos, cruce entre tanques, prevención de mezcla de líquidos producidos, optimización de equipos, capacidad de monitorear tanques separados. Para todas las funciones que proporciona este sistema, es necesario mejorar el plan de mantenimiento para que se adapte a la importancia que este tiene (D. Herrera, 2022).

El principal problema es optimizar el tiempo de trabajo y obtener el beneficio económico en el menor tiempo posible, debido a que existen muchos inconvenientes en todo el proceso, tales como: acciones no planificadas, es decir, acción de última hora, retraso en la toma de decisiones, mala

asignación de personal, desperdicio o uso indebido de recursos, tales como actividades realizadas por terceros, en el caso de que estos sean los contratistas que trabajen con la empresa.

Por ende, el desarrollo de un plan de mantenimiento se enfoca principalmente en definir la gestión y los procesos a seguir durante la realización del mantenimiento, analizando las herramientas utilizadas, el plan de trabajo, tamaño de la fuerza laboral y asignación de tareas de acuerdo a las habilidades de los empleados (J. Valdivieso). Los beneficios que se pueden derivar de este proceso radican principalmente en determinar el orden en que se debe realizar el trabajo según lo planeado, teniendo en cuenta la duración de cada paso, los materiales y herramientas requeridas, la disponibilidad de personal y la gestión del proceso.

Lo anterior contribuye a la correcta planificación y dirección del mantenimiento, logrando la mejora de manera continua, donde se tienen en cuenta los criterios económicos que son relevantes en la empresa. En la gestión del mantenimiento se debe contener la información de los ciclos de vida de los equipos físicos, esto debe tener coherencia con las metas, para reducir costos de operación de esta manera se garantiza que sus funciones se desarrollaron en perfecto estado.

Por esta razón, es imperativo conceptualizar y comprender las fases mínimas requeridas para implementarla gestión del mantenimiento de manera correcta dentro de la organización. Además, se proponen las metas y beneficios adicionales de cada fase, detallando el uso de herramientas de gestión para apoyar e implementar el aprendizaje conceptual y funcional en cada fase.

a. Mantenimiento Preventivo. Es el mantenimiento que se realiza para evitar averías y mantener en cierta medida los equipos, se denomina mantenimiento preventivo directo o periódico

porque su funcionamiento está controlado en el tiempo; Se basa en la fiabilidad del dispositivo. Se denominan mantenimientos preventivos a las inspecciones programadas, de procesos como de ajuste, reparación, análisis, limpieza, engrase, etc., por lo que se tienen que realizar cada cierto tiempo en base a un cronograma fijado y no de acuerdo a la solicitud del usuario. Se trata de predecir fallas mientras se mantiene el rendimiento completo de los equipos de producción y los sistemas de maquinaria en niveles óptimos y con la máxima eficiencia (R. Cruzado, 2020).

b. Estrategias de mantenimiento Preventivo. Hay diferentes formas de aplicar una perspectiva de mantenimiento a un elemento, muchas de las cuales analizan cómo prevenir fallas mediante la implementación de intervenciones de apagado que permiten un tiempo de actividad más prolongado, donde buscan monitorear las condiciones predictivas de fallas y otras formas encuentra formas de reducir el tiempo de reparación. Estas diferentes formas de reducir el impacto de las averías se conocen como estrategias de mantenimiento.

Entre las principales estrategias se encuentran:

- Mantenimiento preventivo basado en el tiempo fijo. Se diferencia por la frecuencia específica en el tiempo, para realizar las inspecciones de los equipos, esta frecuencia va de catorce días a un mes en adelante y esto dependerá de las actividades que se desarrollen, donde existe una comparación entre equipos, y las actividades comunes son calibraciones de rutina y lubricación de piezas (J. Arzuaga y L. Gutierrez, 2004).

- Mantenimiento preventivo basado en la condición. Se desarrolla durante la utilización de los equipos donde incluye distinguir puntos de medición de los equipos, tales como: Voltaje, temperatura, etc. Como resultado, las máquinas se agrupan en un programa que permite realizar las operaciones propuestas sin interrumpir el

procesamiento. Se distribuyen en semanas laborales, para no saturar las actividades por un período de tiempo determinado.

- Mantenimiento de actualización. Se enfoca en dejar atrás la obsolescencia tecnológica, la cual no estaba disponible al momento de la construcción, pero ahora se debe actualizar la maquinaria ya que esta actividad reducirá el deterioro de la maquinaria y equipo con el tiempo.

c. Bomba sumergible. Esta bomba permite extraer líquidos de pozos a una gran profundidad, por lo que la unidad se basa en varias etapas, ofrece una amplia selección de bombas, en el cual se puede graduar la capacidad en base a las necesidades (H. Vera, 2011). No es necesario llenar esta bomba con líquido antes de arrancar, porque cuando se inunda, los impulsores se llenarán.

d. Confiabilidad. La confianza consiste en la percepción positiva que tienen los trabajadores en los equipos que operan para llevar a cabo las metas de producción. En los equipos se refiere al cumplimiento de las tareas planificadas por la gerencia, sin tener percances en el transcurso de las actividades, de manera contraria resulta una pérdida de tiempo productivo en la planta, de ahí nace la importancia de la medición de confiabilidad en los equipos, de esta manera este indicador de tiene en cuenta para diseñar los planes de mantenimientos.

e. Análisis de Causa Raíz. Es una técnica cualitativa para el análisis de ocurrencias o fallas por medio de la lógica sistemática con el fin de determinar las causas y las posibles soluciones, de esta manera se puede contrarrestar las causas, basándose en un árbol de problemas para verificar los hechos, y al encontrar la causa del error, eliminarla por medio de un plan de acción, estratégico que permitirá la resolución de problema.

f. Niveles del Análisis de Causa Raíz. Para resolver completamente el problema, es necesario averiguar

la causa real del mismo; por lo tanto, el análisis causal tiene tres posibles niveles de causalidad.

- Raíz Física: Incluye las actividades de origen físico que pueden afectar al funcionamiento normal del equipo. Este nivel no sirve para encontrar la causa principal si no para encontrar un punto de referencia.

- Raíz Humana: Hace referencia a todos los errores de carácter humano cometidos de manera directa o indirecta, donde se puede encontrar la causa principal.

- Raíz Potencial: se relacionan los posibles problemas que nunca han ocurrido, incluyendo: falta de procedimientos de arranque o apagado, personal de mantenimiento no capacitado, procedimientos de explotación inadecuados, entre otros problemas.

METODOLOGÍA

Se determinó que el tipo de investigación más adecuado es el descriptivo ya que permite la visualización literal de información tomada de sus antecesores tal como se comunica de manera perceptual. Según R. Cruzado esta investigación permite el registro, el análisis y la explicación de la real naturaleza en los fenómenos de estudio centrarse en los descubrimientos sobre cómo funcionan las personas, los grupos o las cosas en el momento presente; La investigación descriptiva se basa en hechos reales, cuya característica principal es la interpretación precisa.

Esta investigación sigue un enfoque cualitativo, el objetivo es describir las propiedades del fenómeno que se estudia para comprender su naturaleza. Al mismo tiempo, realiza investigación cuantitativa al utilizar el análisis de datos. Las fuentes de información utilizadas incluyen todos los documentos bibliográficos físicos y digitales que identifican el objeto principal de la investigación y describen conocimientos, conceptos, métodos y estrategias existentes aportados por uno o más autores.

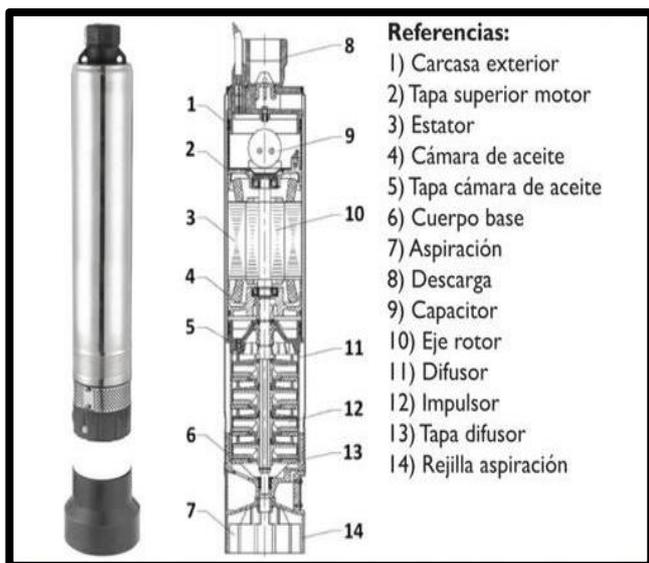
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Recopilación de información y revisión bibliográfica sobre las bombas sumergibles

· Partes para el funcionamiento de la bomba sumergible

1. Bomba sumergible. Una bomba sumergible, tiene un impulsor con su carcasa para bombear el líquido. La bomba se puede conectar a una tubería, manguera, riel guía o cable de modo que la bomba descansa sobre un acoplamiento de "pie plano", de tal forma conectándose con la tubería de salida. La estructura de una bomba es el conjunto de tazones y el impulsor. Tiene una canasta para evitar la entrada de objetos extraños y una válvula de retención integrada que no permite el retorno del líquido bombeado.

Figura 1. Partes de una bomba sumergible (J. Arzuaga y I. Gutierrez, 2004).

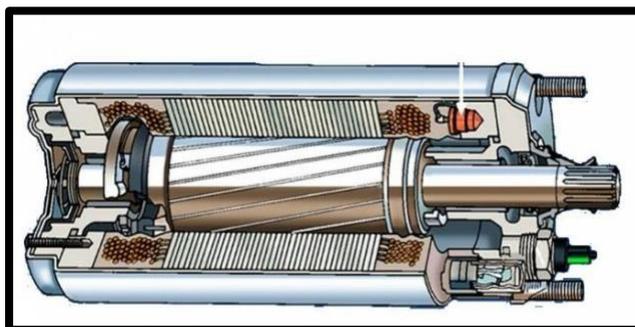


El número de etapas de bombeo (multi-etapas) estará determinado por la presión requerida en la cabeza del pozo, la profundidad de la cabeza de la bomba y el volumen de líquido producido.

2. Motor sumergible. El diseño del motor permite colocarlo en la parte inferior, lo que reduce el espacio requerido para la instalación y elimina la necesidad de un eje de transmisión. El motor está construido con un tipo de bobina húmeda que está en contacto con el agua que llena el motor, y está compuesta por una membrana en

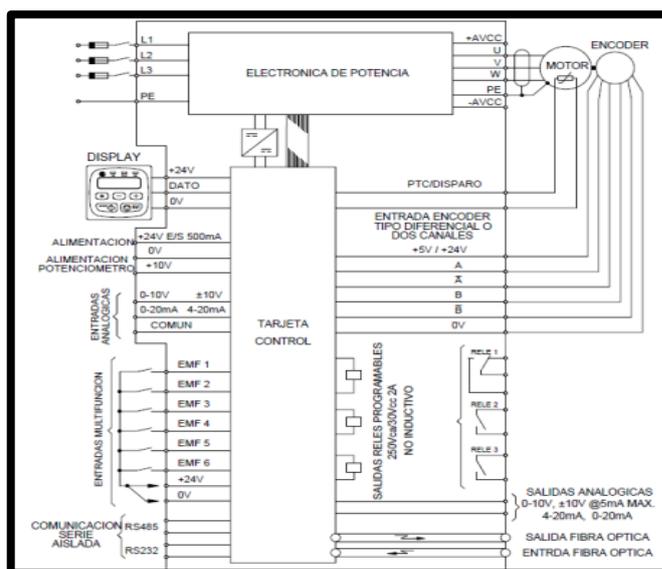
goma para el equilibrio de la diferencia de presión. En caso de que el cabezal de la bomba permanezca por debajo del rango de funcionamiento normal durante el arranque y en condiciones de velocidad máxima, la bomba puede aumentar la presión.

Figura 2. Motor sumergible (J. Arzuaga y I. Gutierrez, 2004).



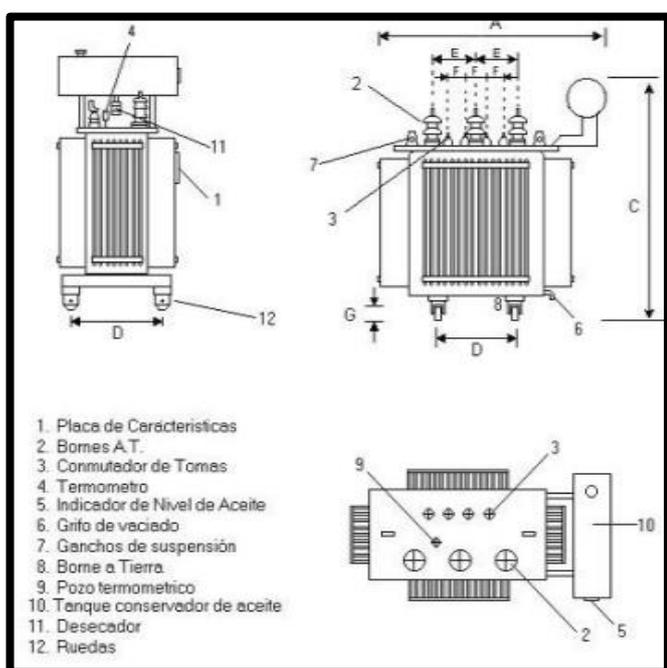
3. Variador de frecuencia. Un variador modifica la velocidad de un motor tipo eléctrico para que su corriente sea coincidente con las necesidades de su aplicación, de esta manera se reduce el consumo eléctrico entre un 30 y 60%. Un variador es un regulador utilizado en las industrias que se sitúa en medio de una fuente de alimentación y un motor, en el cual la energía pasa por un inversor para ajustar la potencia, este proceso ocurre antes de llegar al motor, se ajusta la frecuencia y el voltaje al mismo tiempo para los requisitos necesarios de proceso a desarrollar.

Figura 3. Esquema del variador de frecuencia.



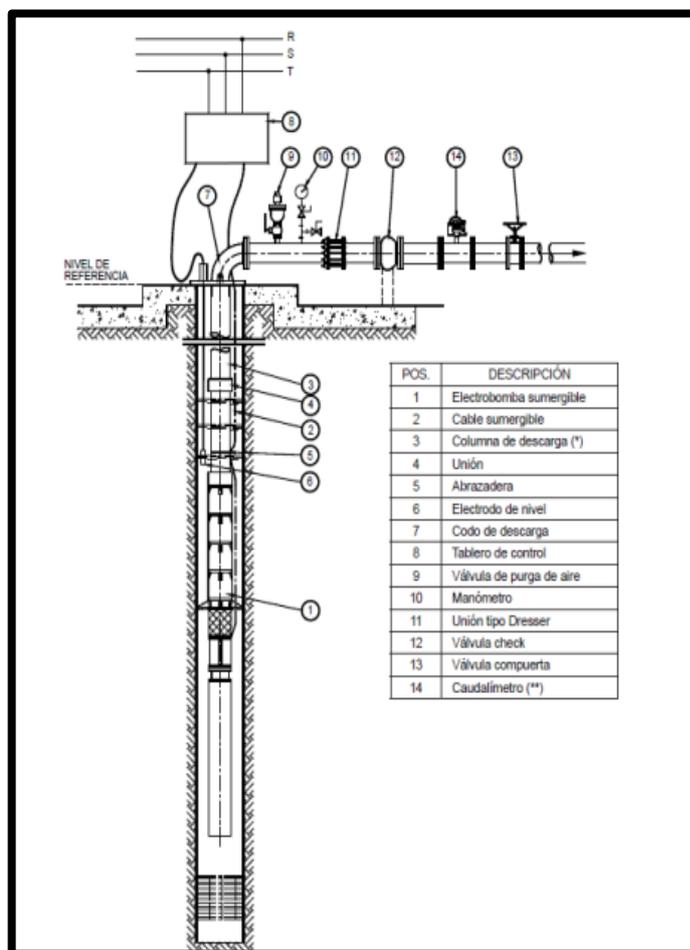
4. Transformador. Un transformador es un dispositivo que se basa en la inducción electromagnética para convertir la corriente alterna de un cierto voltaje en corriente alterna de un voltaje diferente. Este equipo consiste en el uso de dos bobinas conductoras que están enrolladas en un núcleo ferromagnético, pero aisladas entre sí, donde la única conexión entre estas bobinas es el flujo común establecido.

Figura 4. Esquema del transformador.



La bomba sumergible de sumidero BU0505 es un dispositivo de bombeo diseñado para operar en pozos profundos, tanques o encapsulado en un tambor como impulsor. Puede soportar grandes fuerzas axiales (alto empuje). La construcción vertical reduce el espacio de instalación requerido y permite el uso de una base simple. El diagrama esquemático es una representación gráfica de los elementos que componen el sistema de bomba sumergible, el cual nos dará una idea de cómo y en qué orden se disponen los elementos en el pozo.

Figura 5. Esquema de instalación de la bomba sumergible



b. Análisis de causa raíz por medio de la metodología de causa-efecto para determinar las razones por las cuales dicho equipo tiene alta tasa de falla

El análisis de causa raíz es un enfoque sistemático y científico para identificar la causa raíz de un problema. Una vez que se conoce la causa, es posible encontrar una solución verdaderamente efectiva, que evite que el problema se repita, en lugar de solo abordar sus efectos actuales, la técnica más útil para el análisis de causa raíz es la de los 5 Por Qué, la cual es utilizada para encontrar la fuente de un problema, el método pide a un equipo que exponga el problema y luego pregúntese “¿por qué?” hasta llegar a la causa principal.

A continuación, se desarrolla el análisis de causa raíz por medio de una problemática presentada en la estación Sebastopol, vista por el autor y se desarrolla el análisis de causa raíz por medio de los 5 Por Qué.

Descripción de la problemática: La bomba del sumidero tiene como función evacuar el producto drenado a los mismos, pero se presentó obstrucción en la succión por exceso de contaminantes, lo cual tiene como consecuencia que el sumidero comience a llenarse hasta un posible desbordamiento.

Impacto: El sumidero puede iniciar a llenarse hasta un posible desbordamiento.

Descripción: En la estación Sebastopol, se requería evacuar el producto almacenado en el sumidero, no obstante, la bomba no realizaba desplazamiento producto, dejando indisponibilidad del activo y con un posible desbordamiento del sumidero de no ser intervenido a tiempo el activo.

Serial: 427B099-1
 Modelo: 817111 4x6-13
 Caudal: 740 GPM
 Cabeza: 147 Ft
 S.G.: 80

Figura 7. Esquema de la Bomba sumergible.

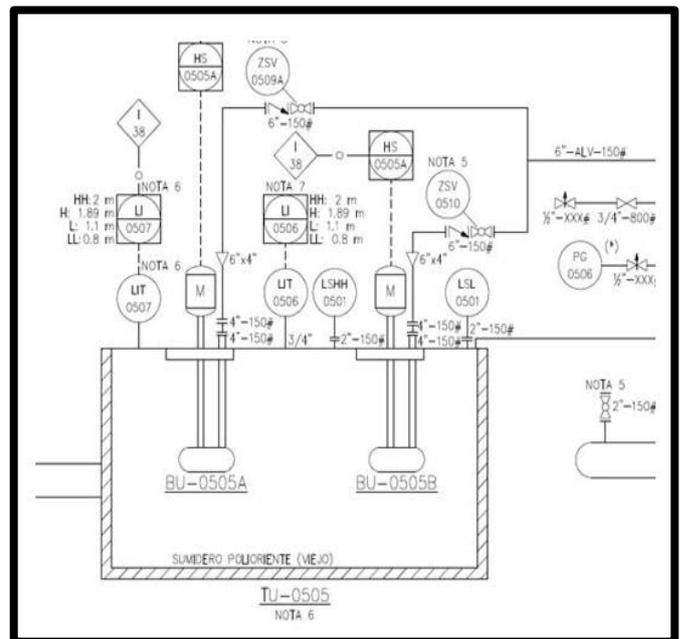


Figura 6. Bomba sumergible del sumidero BU0505.



Equipo: Bomba centrífuga
Parte: Rotor
Especificaciones del equipo:
 Bomba Centrífuga vertical
 Marca: GOULDS PUMPS
 Velocidad: 1750 RPM

· **Valoración del riesgo**

Esta valoración analiza los riesgos que puede enfrentar una empresa para cumplir su objetivo. En la figura 8 se observa la matriz implementada para medir el riesgo de la bomba sumergible titulado “Falla en BU-0505B, no desplaza producto”.

Figura 8. Matriz para evaluación del riesgo (H. Vera, 2011).

		Frecuencia				
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
		A	B	C	D	E
Severidad	Catastrófico	1	2	4	7	11
	Mortalidad	3	5	8	12	16
	Permanente	6	9	13	17	20
	Temporal	10	14	18	21	23
	Menor	15	19	22	24	25

Figura 9. Valoración del riesgo real.

VALORACIÓN DE RIESGO REAL				
Categoría	Severidad	Probabilidad	Nº	Riesgo
Personas	1 Leve	A: Improbable	36	Bajo
Económico	1 Leve	F: Con Certeza	27	Medio
Medio Ambiente	1 Leve	C: Posible	33	Bajo
Reputación	1 Leve	C: Posible	33	Bajo
RESULTADO VALORACIÓN DE RIESGO REAL DEL EVENTO:				Medio

Consecuencias del escenario real: Se presenta indisponibilidad constante en el activo debido a la obstrucción de la bomba del sumidero.

Figura 10. Valoración del riesgo potencial.

VALORACIÓN DE RIESGO POTENCIAL				
Categoría	Severidad	Probabilidad	Nº	Riesgo
Personas	1 Leve	A: Improbable	36	Bajo
Económico	2 Menor	F: Con Certeza	18	Intermedio
Medio Ambiente	2 Menor	F: Con Certeza	18	Intermedio
Reputación	2 Menor	F: Con Certeza	18	Intermedio
RESULTADO VALORACIÓN DE RIESGO POTENCIAL DEL EVENTO:				Intermedio

Consecuencias del escenario potencial: Se puede presentar desbordamiento del sumidero, teniendo como consecuencia contaminación del entorno y pérdida de producto.

Figura 11. Desarrollo de los 5 por qué.

¿Por qué?	Acción de verificación
Obstrucción en el rotor de la bomba	Revisión de bomba de sumidero
Alto nivel de sedimentos	Revisión de bomba de sumidero
No se está filtrando elementos contaminantes	Revisión historial de obstrucciones
No se cuenta con filtro en la succión de la bomba	Revisión de bomba de sumidero
No se ha instalado el filtro correspondiente para retención de contaminantes	Revisión de bomba de sumidero

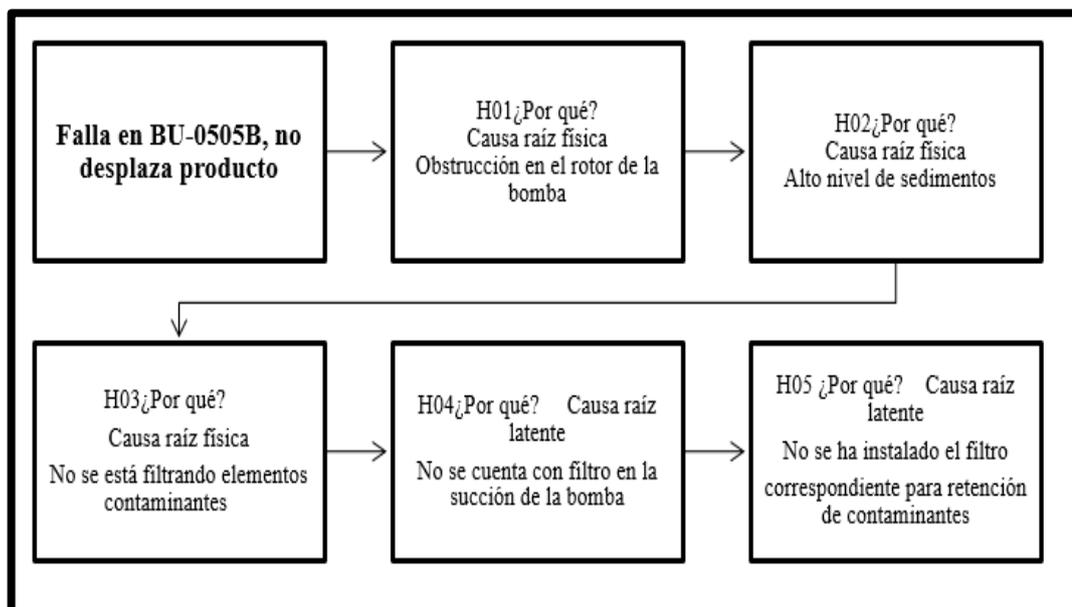
Figura 12. Análisis de los 5 por que.

	¿Por qué?	Resultado del análisis	Causa raíz
Falla en BU-0505B, no desplaza producto	Obstrucción en el rotor de la bomba	Se evidenció obstrucción en la succión de la bomba por exceso de contaminantes	Causa raíz física
	Alto nivel de sedimentos	Se evidenció obstrucción en la succión de la bomba por exceso de contaminantes	Causa raíz física
	No se está filtrando elementos contaminantes	Se evidenció obstrucción en la succión de la bomba por exceso de contaminantes	Causa raíz física
	No se cuenta con filtro en la succión de la bomba	Se revisó y no se cuenta con filtro en la succión, por tal motivo se genera indisponibilidades constantes en la bomba	Causa raíz latente
	No se ha instalado el filtro correspondiente para retención de contaminantes	Se revisó y no se cuenta con filtro en la succión, por tal motivo se genera indisponibilidades constantes en la bomba	Causa raíz latente

Causas raíces:

- Causa raíz física: Obstrucción en la succión de la bomba
- Causa raíz organizacional: falta de filtros en la succión de las bombas, lo cual tiene como consecuencia que las bombas presenten indisponibilidad constantemente, dicho taponamiento no permite el desplazamiento de producto y genera un riesgo potencial por desbordamiento del sumidero.

Figura 13. Diagrama 5 por qué.



c. Plan de acción para mitigar la recurrencia de las fallas encontradas en la bomba sumergible del sumidero BU0505

En este capítulo se desarrolló el plan de acción para la bomba sumergible del sumidero BU0505 donde se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

Objetivo: Asegurar la confiabilidad de las operaciones en los equipos de producción para la planta, de manera óptima y eficiente, con el propósito de contribuir a la seguridad de los trabajadores, cumpliendo con las metas corporativas e incrementando la vida útil de los equipos.

· **Acciones correctivas.** El mantenimiento correctivo es un mantenimiento de tipo reactivo, este se aplica cuando las máquinas dejan de funcionar, debido a que se presentan averías y su finalidad es que comiencen a trabajar, ya que afecta la productividad, lleva a cabo la reparación de las máquinas, realizada en el menor tiempo posible. A continuación, se describen las acciones correctivas implementadas en el plan de acción:

1. Apertura permiso.
2. Alistamiento herramientas.
3. Traslado a sitio bombas sumidero.
4. Se recibe el apoyo del área eléctrica para la aplicación del SAES y desconexión del motor.
5. Se retira espárragos de válvula descarga de la bomba retiro empaque flexi-metálicos.
6. Se procede al retiro de pernos de anclaje de la bomba.
7. Se recibe el apoyo de ayuda mecánica camión grúa para el izaje del equipo y así poder su respectiva verificación de la bomba.
8. Se observa obstrucción de elementos sólidos en la succión de la bomba.
9. Se retira basura y elementos sólidos de la bomba
10. Se realiza limpieza de la misma.
11. Se realiza montaje y su respectivo anclaje de la bomba BU 0505 B.
12. Ajuste y torque de pernos BRIDAS y anclaje.

13. Conexionado eléctrico y retiro del SAES por el área eléctrica.

14. Se realiza pruebas funcionales y se observa su desplazamiento normal de producto.

Figura 14. Plan de acción.

#	Causa	Acción correctiva	Responsable
1	FALTA DE FILTROS EN LA SUCCIÓN DE LAS BOMBAS	Limpieza de succión de las bombas BU-0505A	Supervisor de mantenimiento/Stork
		Limpieza de succión de las bombas BU-0505B	Supervisor de mantenimiento/Stork
		Realizar soporte técnico para mirar viabilidad de instalar sistema de filtrado a la succión de las bombas del sumidero	Líder de mantenimiento y confiabilidad/CENIT
		Realizar informe de soporte técnico y recomendación para la instalación del sistema de filtración a las succión de las bombas del sumidero	Ingeniería/CENIT
		Instalación de sistema de filtración a la succión de las bombas del sumidero según especificaciones e ingeniería CENIT	Coordinador de mantenimiento/Stork

· **Inspecciones de rutina.** Se ha desarrollado un plan de inspección de rutina, que es un conjunto de actividades de mantenimiento en etapas tempranas realizadas por el operador al inicio y durante la operación del equipo. La inspección periódica incluye la solución de problemas, la lubricación, el ajuste y la limpieza del equipo. Este tipo de autenticación se denomina soporte fuera de línea.

1. Alistamiento de trabajo
2. Utilización de elementos de protección personal
3. Verificar longitud operacional
4. Verificar prisioneros del collar
5. Verificar brida
6. Realizar limpieza externa
7. Verificar monedas y sello
8. Revisar estado y ajuste de anclajes
9. Verificar alineación inicial.
10. Verificar RUN OUT eje bomba
11. Lubricar rodamientos
12. Verificar juego axial bomba
13. Verificar alineación final
14. Cambio de sellos mecánicos
15. Cambio de rodamientos o bujes
16. Verificar ajuste prisioneros
17. Inspeccionar acople

CONCLUSIONES

Es muy importante realizar procedimientos de capacitación continua para el personal que opera y mantiene los equipos, ya que de esta forma se aumenta significativamente la confiabilidad operativa. Esto permite la participación, el empoderamiento de los empleados que trabajan con los grupos antes mencionados y, por lo tanto, reduce el error humano.

La identificación de errores humanos o fallas repetitivas en las máquinas permiten al área de mantenimiento designar un plan de acuerdo con los recursos disponibles en la empresa, con el propósito de resolver los problemas, evitando una inversión más costosa a futuro por problemas que en la actualidad pueden ser consideradas como errores de bajo impacto.

Los análisis de causa raíz pueden ser considerados como una herramienta técnica de ajuste, puesto que actúan sobre los errores producidos por efectos potenciales a futuro o reales en la actualidad y son identificados por medio de su implementación.

El adecuado desarrollo del análisis RCA permite una integración de información teoría-práctica que sirve de base para planificar estrategias óptimas que permiten eliminar los desencadenantes de errores dañinos o repetidos.

Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos con acciones de mejora que eliminen los malos actores presentados en los activos, para ello se planteó una acción de mejora de instalación de un sistema de filtración con el fin de mitigar la recurrencia de obstrucción presentada en el activo.

REFERENCIAS

- Arzuaga, J., & Gutierrez, L. (2004). Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales. Bucaramanga.
- COSUDE. (2007). Guía para la selección de equipos de bombeo para sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para el medio rural. Lima.
- Cruzado, R. (2020). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Piura.
- García, M. (2008). Manual de bombeo en aguas residuales. Madrid, España: Bombas GRUNDFOS España, S.A.
- Gurudatt, C. L. (2013). The Basic Anaesthesia Machine. *Indian journal of anaesthesia*, 57(5), 438-445.
- Herrera, D. (2022). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la industria química alimenticia en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil.
- Huanes, Y. (2018). Metodología para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en sistemas de bombeo de aguas subterráneas de agroindustrial DANPER S.A.C. Trujillo-Peru.
- SENA. (2019). Operación y mantenimiento de pozos profundos.
- Seguridad Minera. (2020). Debilidades de la matriz básica de evaluación de riesgos.
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). El Proceso de La Investigación Científica.
- Valdivieso, J. (n.d.). Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales. Cuenca.
- Vera, H. (2011). Aplicación de la metodología análisis causa raíz (RCA), para la eliminación de un mal actor en equipos críticos de la SOM – ECOPEPETROL S.A. Bucaramanga.
- Primero, D. F. (n.d.). [Title of article or chapter]. In A. Editor & B. Editor (Eds.), Title of book Publisher.