



REVISTA

CITECSA

Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente

Volúmen 14 - Número 24 - ISSN 20276745



UNIPAZ®
Instituto Universitario de la Paz

20
22

REVISTA

CITECSA

Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente

| Instituto Universitario de la Paz |
Volumen 14, número 24, año 2022

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ
UNIPAZ

OSCAR ORLANDO PORRAS ATENCIA
Rector

KELLY CRISTINA TORRES ANGULO
Vicerrectora

MÓNICA MARÍA PACHECO
Directora de Investigación y Proyección Social

COMITÉ EDITORIAL INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ - UNIPAZ

Rector / PhD. Oscar Orlando Porras Atencia
Vicerrector / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo
Directora De Investigación Y Proyección Social / Ing. Esp. Mónica María Pacheco Valderrama. MSc
Coordinadora Editorial / Ing. Esp. Janice Ballesteros. MBA
Representante De Los Editores De Las Revistas Científicas Institucionales / Janice Ballesteros
Representante Escuela De Ingeniería Agroindustrial / Ing. Esp. Ana Milen Salazar
Representante Escuela Ingeniería Ambiental y de Saneamiento / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo
Representante Escuela Ingeniería de Producción / Ing. MBA. Angélica María Cervantes Ordóñez
Representante Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia / MVZ. MBA. Jorge Eliécer Franco Rodríguez
Representante Escuela Ingeniería Agronómica / Ing. Mg. Gustavo Suárez
Representante Escuela Ciencias / Lic. Kelly Johana Gómez Jiménez

Dirección web: <https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa>

REVISTA

CITECSA

Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente

Correo electrónico: citecsa@unipaz.edu.co
Dirección: Centro de Investigaciones Santa Lucía, km 14 vía Bucaramanga,
Vereda el Zarzal.
Barrancabermeja, Santander, Colombia
Teléfonos: 057 - 6032701
Portal institucional: www.unipaz.edu.co
Periodicidad: Semestral, B 2022

Ilustración: María del Pilar Giraldo

Dibujo artístico: Fernando Mejía Duarte
Representación: Jaguar

Revista CITECSA | Instituto Universitario de la Paz |
Volumen 14, número 24, año 2022

CONTENIDO

	Pág.
Estudio de la Eficiencia de la Fitorremediación empleando <i>Helianthus Annuus</i> para la Absorción de Metales Pesados en Suelos Contaminados	5 - 14
Dermatopatía por <i>Malassezia</i> sp. asociada a Erlichiosis canina.	16 - 25
Estudio de fallas en el control de velocidad en equipos de compresión a gas	26 - 35
Análisis RCA en la bomba sumergible de sumidero BU0505, en la estación Sebastopol (2022)	36 - 45



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

Estudio de la Eficiencia de la Fitorremediación empleando *Helianthus Annuus* para la Absorción de Metales Pesados en Suelos Contaminados

Study of the Efficiency of Phytoremediation using *Helianthus Annuus* for the Absorption of Heavy Metals in Polluted Soils

Orlando Andrés Amado Marín^a, Martha Isabel Rubio Salas^{†b}

Resumen: Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar la eficiencia de la fitorremediación a través de una investigación cualitativa y correlacional comparando los estudios realizados por diferentes autores que utilizaron el *Helianthus Annuus* como herramienta biotecnológica para la absorción de metales pesados en suelos contaminados. El *Helianthus Annuus* se considera una planta hiperacumuladora por su capacidad de crecer en suelos con grandes concentraciones de metales pesados y extraer estos metales del suelo a través de sus raíces y concentrarlos hasta niveles extremadamente altos en sus tejidos. Se realizó el análisis de los factores de bioconcentración (FBC) y traslocación (FT), los cuales se usan para evaluar el potencial de fitorremediación de las plantas y se espera que su valor sea mayor a uno. También se evidenció como la adición de enmiendas orgánicas y agentes quelantes potencian el desarrollo de la planta, la tolerancia del a los metales pesados y mejorar eficazmente la capacidad del *Helianthus Annuus* para absorber y transportar dichos contaminantes en diversas concentraciones.

Palabras claves: fitorremediación, *Helianthus Annuus*, metales pesados, suelos.

Abstract: This study was carried out in order to evaluate the efficiency of phytoremediation through a qualitative and correlational investigation comparing the studies carried out by different authors that used *Helianthus Annuus* as a biotechnological tool for the absorption of heavy metals in contaminated soils. *Helianthus Annuus* is considered a hyperaccumulating plant for its ability to grow in soils with high concentrations of heavy metals and extract these metals from the soil through its roots and concentrate them to extremely high levels in its tissues. Bioconcentration (BCF) and translocation (FT) factors were analyzed, which are used to evaluate the phytoremediation potential of plants and its value is expected to be greater than one. It was also evidenced how the addition of organic amendments and chelating agents enhance plant development, tolerance to heavy metals and effectively improve the ability of *Helianthus Annuus* to absorb and transport said contaminants in various concentrations.

Key words: phytoremediation, *Helianthus Annuus*, heavy metals, soils.

^a Semillero de investigación en Tecnología Limpia SITEC.

^b Grupo de investigación en ciencias e ingenierías CIPAZ

† isabel.rubio@unipaz.edu.co

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente (Reyes, *et al.*, 2016, p. 66). Reyes, *et al.*, especifica que la contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública. Además, los metales pesados guardan una relación directa con los riesgos por contaminación de los suelos, toxicidad en las plantas y los efectos negativos sobre la calidad de los recursos naturales y el ambiente, peligros dependientes de diversos aspectos como son la toxicidad específica del metal, bioacumulación, persistencia y no biodegradabilidad (Martínez, 2017, p. 20-32).

Diversos estudios han demostrado la degradación de suelos por Pb y Cd, debido al empobrecimiento de sus nutrientes lo cual dificulta la actividad microbiana, afectando negativamente a los cultivos. Aunque existen diversos métodos para el tratamiento de estos suelos, muchas veces las interacciones de estos metales con otros componentes dificultan su limpieza haciendo el tratamiento más costoso. Por el contrario, la fitorremediación es una tecnología ecológica y rentable, que ha surgido como una alternativa a los métodos convencionales para la recuperación de metales pesados del medio ambiente (Lothe, 2016, p. 63-70).

El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos, e incluso aire. Es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991. Se compone de dos palabras, fito, ta, que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales (Núñez, 2004, p. 69-83).

De manera más completa, la fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en

el uso de plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes (Núñez, 2004, p. 69-83). Existen diversos métodos fitorremediadores que se aplican para recuperar áreas acuáticas o terrestres, contaminadas. En la Tabla 1 se encuentran descritos estos métodos.

Tabla 1. Métodos de fitorremediación

Método	Descripción
Fitoextracción o fitoacumulación	En esta estrategia se explota la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas. Los contaminantes extraídos son principalmente metales pesados, aunque también puede extraerse cierto tipo de contaminantes orgánicos y elementos e isótopos radiactivos. Generalmente, los sistemas de fitoextracción se implementan para extraer metales de suelos contaminados, por medio de plantas conocidas como metalofitas, es decir acumuladoras de metales; sin embargo, también pueden implementarse para tratar aguas residuales.
Fitovolatilización	En este caso, los exudados de las raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos. Como parte de sus actividades metabólicas y fisiológicas, las plantas liberan azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno, y los transportan desde sus partes superiores hasta sus raíces, favoreciendo el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo circundante; particularmente hongos y bacterias, cuyas actividades metabólicas causan la mineralización de los contaminantes.

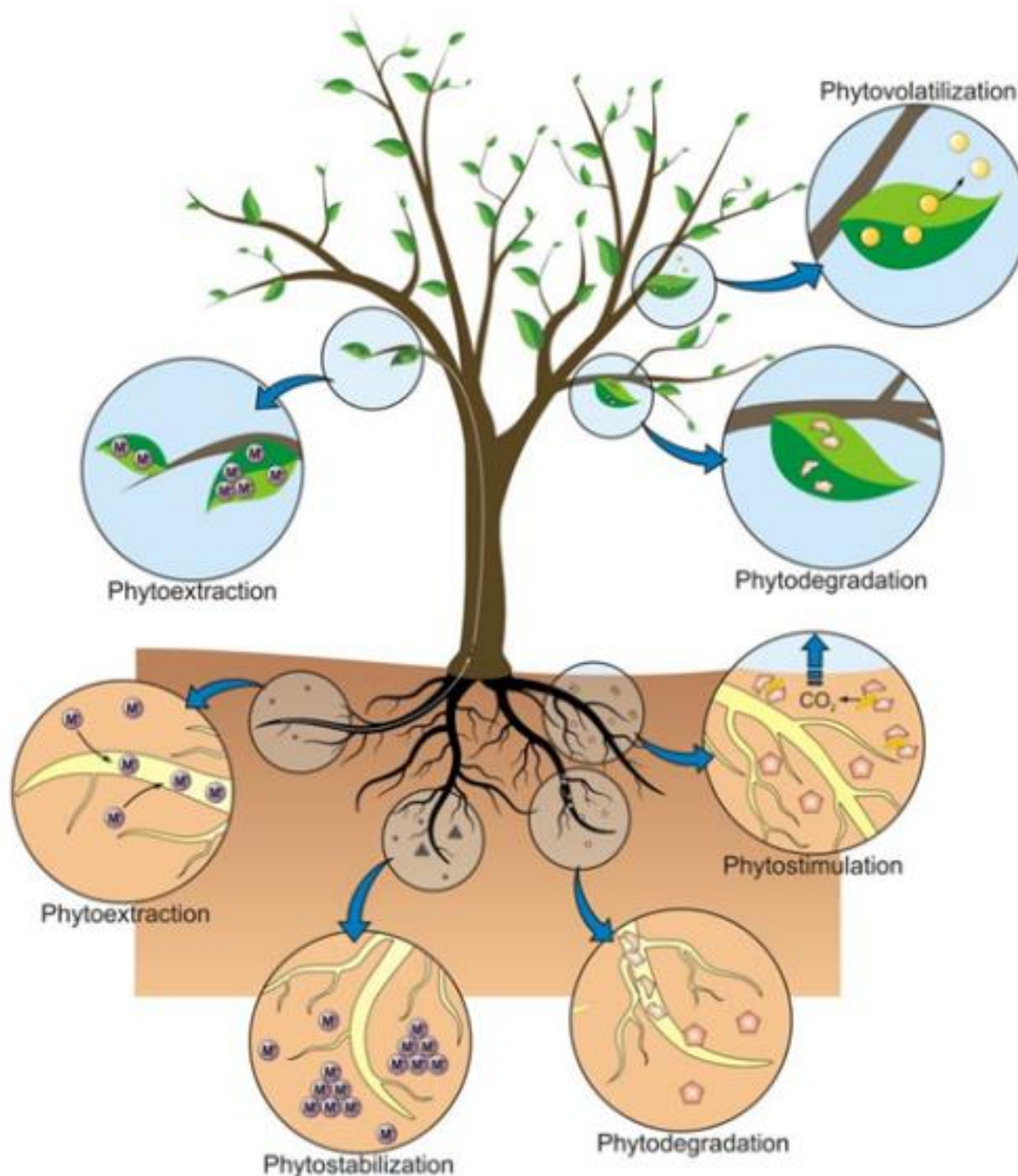
Método	Descripción
Fitodegradación	Se basa en el uso de plantas para degradar o transformar en sustancias menos tóxicas diversos tipos de contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuestos clorados, explosivos y surfactantes (detergentes). A través de reacciones enzimáticas que llevan a cabo plantas y microorganismos en la rizosfera, es decir, la zona del suelo estrechamente asociada con las raíces de las plantas, dichos contaminantes son parcial o completamente degradados o transformados. De esta manera son asimilados por las plantas y secuestrados en sus vacuolas o fijados a estructuras celulares insolubles, como la lignina.
Fitoimmobilización	Provoca la sujeción y reducción de la biodisponibilidad de contaminantes mediante la producción de compuestos químicos en la interfaz-suelo-raíz, los que inactivan las sustancias tóxicas, ya sea por procesos de adsorción o precipitación.
Fitoestabilización	Este tipo de estrategia utiliza plantas que desarrollan un denso sistema de raíz, para reducir la biodisponibilidad de metales y otros contaminantes en el ambiente por medio de mecanismos de secuestro, lignificación o humidificación. Las plantas ejercen un control hidráulico en el área contaminada, es decir, actúan como una bomba solar que succiona humedad de los suelos debido a sus altas tasas de evapotranspiración. Puesto que este proceso mantiene también una humedad constante en la zona de la rizosfera, se presentan las condiciones adecuadas para la inmovilización de los metales. Esto ocurre a través de reacciones químicas como la precipitación o formación de complejos insolubles o por mecanismos físicos, como la adsorción. En esta zona, los metales se fijan fuertemente en las raíces de las plantas o en la materia orgánica de los suelos, limitando así su biodisponibilidad y su migración vertical hacia los mantos freáticos.
Fitoestimulación	En este caso, los exudados de las raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos. Como parte de sus actividades metabólicas y fisiológicas, las plantas liberan azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno, y los transportan desde sus partes superiores hasta sus raíces, favoreciendo el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo circundante; particularmente hongos y bacterias, cuyas actividades metabólicas causan la mineralización de los contaminantes.
Rizofiltración	Se basa exclusivamente en hacer crecer, en cultivos hidropónicos, raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar metales pesados de aguas residuales contaminadas. Como puede apreciarse, las estrategias de fitorremediación hacen referencia a los mecanismos predominantes realizados por las propias plantas, pero también, en algunos casos, indican el papel que tienen las comunidades microbianas durante el proceso de remediación. Así, se hace evidente que la fitorremediación es un proceso complejo que involucra la participación de la comunidad microbiana asociada a su sistema de raíz.

Fuente: Elaboración propia, con base en Velásquez Arias y Núñez López .

Métodos de fitorremediación

Cada una de las estrategias tiene condiciones particulares, determinadas principalmente por el tipo de contaminante y el sustrato a tratar: suelos, sedimentos o agua. En forma general (Fig. 1), las medidas correctivas para contaminantes orgánicos incluyen la fitodegradación (o fitotransformación) y la fitoestimulación, mientras que, para los metales pesados, incluidos los metaloides, radionúclidos y ciertos tipos de contaminantes orgánicos, se aplican la fitovolatilización, la fitoestabilización, la fitoextracción y la rizofiltración (Nuñez, 2004, p. 69-83).

Figura 1. Representación esquemática de estrategias de fitorremediación (Favas, 2017, p. 411).



Ventajas y desventajas de la fitorremediación

El empleo de la técnica de fitorremediación para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados presenta numerosas ventajas con respecto a la utilización de las tecnologías convencionales. Sin embargo, no está exenta de las desventajas a la hora de su implementación (Vigil, 2017, p. 411). En la Tabla 2 se contemplan algunas ventajas y desventajas del uso de la técnica de fitorremediación.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la fitorremediación.

Ventajas	Desventajas
Goza de una dimensión estética y es ampliamente aceptada por el público general	Los largos plazos previstos para la descontaminación.
Sus costos de instalación y mantenimiento son muy inferiores a los de las técnicas convencionales.	La incapacidad de la mayoría de especies de plantas para la absorción de más de uno o dos metales.
Permite el uso agrícola tras la remediación.	Precisa el aporte de inputs económicos de forma periódica para las labores de plantación y cosecha.
Mediante el establecimiento de una capa vegetal, la fitorremediación permite mejorar las capas edáficas del suelo al incrementar la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana, reducir la erosión y proteger el horizonte más superficial de la luz directa.	Existencia de riesgo de que los metales se incorporen a la cadena trófica mediante el pastoreo de animales si no se evita su acceso a la parcela en remediación.
En determinadas condiciones, al tiempo que se recupera el suelo se generan retornos económicos mediante la venta de material vegetal cosechado o de los metales captados por la planta.	La incapacidad de las plantas de extraer aquellos metales alejados de la rizosfera.
La fitorremediación genera menos residuos secundarios	La gestión de la biomasa enriquecida en metales pesados después de la recolección.
La fitorremediación es método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos	No todas las plantas son resistentes a crecer en presencia de contaminantes

Fuente: Elaboración propia, con base en Vigil Berrocal y Velásquez Arias.

Uso de *Helianthus Annuus* para fitorremediación

El éxito de los tratamientos de fitorremediación depende de identificar las especies vegetales que toleren estrés, acumulen los metales pesados y produzcan cantidades grandes de biomasa. Sin embargo, existen factores fisicoquímicos que son importantes para garantizar el éxito de la fitorremediación, como: la solubilidad del metal en la solución del suelo, el tipo de suelo (textura), la humedad, el pH, el potencial redox, la capacidad de intercambio catiónico y los procesos bioquímicos (García, 2018, p. 93-111). Respecto a la especie *Helianthus annuus* (girasol) existen muchos estudios sobre la conveniencia de usarla en el proceso de fitorremediación, ya que pueden estabilizar a los metales almacenándolos en los tejidos foliares y las raíces (Munive, 2020, p. 178). Por su alta capacidad radicular puede extraer del 10 al 25 % de los metales del suelo, ya que estas plantas no son fácilmente afectadas por los contaminantes. Esta especie absorbe metales pesados en grandes cantidades, por lo que, se considera una planta hiperacumuladora para cadmio (Cd), zinc (Zn), plomo (Pb), cromo trivalente (Cr (III)) y hexavalente (Cr (VI)) (García, 2018, p. 96).

El objetivo de esta investigación de carácter cualitativo y correlacional es realizar una comparación de los estudios realizados por varios autores sobre la eficiencia de la fitorremediación empleando *Helianthus Annuus* para la absorción de metales pesados en suelos contaminados y al mismo tiempo determinar qué factores ayudan a complementar este tipo de biorremediación.

METODOLOGÍA

Factores de bioacumulación (FBC) y translocación (FT).

El factor de bioacumulación (FBC) y el factor de translocación (FT) se han utilizado ampliamente para evaluar las translocaciones de metales pesados en los tejidos de la planta en crecimiento (Alaboudi, p. 2018, p. 123-127).

El valor de FBC es la eficacia de la capacidad de las plantas para acumular metales en sus tejidos (raíces, tallos y hojas). El FBC se puede calcular mediante la siguiente ecuación (Mahardika, 2018, p. 1-6):

$$FBC = \frac{\text{Concentración del metal en la planta } \left(\frac{mg}{L}\right)}{\text{Concentración del metal en el suelo } \left(\frac{mg}{L}\right)}$$

El valor de FT es la translocación del metal presente en el suelo a una parte particular de la planta. El FT se puede calcular mediante la siguiente ecuación (Mahardika, 2018, p. 1-6):

$$FT = \frac{\text{Concentración del metal en brotes de la planta } \left(\frac{mg}{L}\right)}{\text{Concentración del metal en la raíz } \left(\frac{mg}{L}\right)}$$

Comparación estudios

En el Cuadro 1 se realiza una comparación de los resultados obtenidos por diferentes autores en el uso de la fitorremediación para la absorción de suelos contaminados con diferentes metales pesados.

Cuadro 1. Eficiencia de la técnica de fitorremediación empleando *Helianthus Annuus*.

Características	Munive Cerrón, <i>et al</i>	Alaboudi, Ahmed y Brodie	Chauhan y Mathur	Chen, Yang, y Wang
Uso del suelo	Agrícola	Jardín	Industrial	Agrícola
Metales pesados	Plomo y Cadmio	Plomo y Cadmio	Pb, Cd, Zn, Fe, Cu y As	Uranio y Cadmio
Método de fitorremediación	Fitoextracción	Fitoextracción	Fitoextracción	Fitoextracción
Tipo de enmienda	Compost de residuos agroindustriales de <i>Stevia rebaudiana</i> y vermicompost	Soluciones nutritivas de Hoagland	--	Agentes quelantes: ácido cítrico (CA), ácido oxálico (OA) y disuccinato de etilendiamina (EDDS). Fertilizante de N, P y K, usando (NH ₄) ₂ SO ₄ , KH ₂ PO ₄ and K ₂ SO ₄
Tiempo de cosecha	90 días	8 semanas	45 días	60 días
Concentración de metales pesados en los suelos estudiados	Suelo de Montaro: 208 mg/kg Pb 6.76 mg/kg Cd Suelo de Muqui: 1174 mg/kg Pb 8.26 mg/kg Cd	26.3 ± 3.8 mg/kg Pb Cadmio no detectado	42.09-185.6 mg/kg Pb 21.86-95.46 mg/kg Cd 46.21-230.93 mg/kg Zn 11.84-76.81 mg/kg Fe 18.55-197.81 mg/kg Cu 0.654-3.9 mg/kg As	3.48 mg/kg U 0.29 mg/kg Cd
Concentración de metales pesados agregados	--	0, 10, 20, 40, 80, 100 y 200 mg/kg Pb y Cd	--	15 mg/kg U 15 mg/kg Cd
Factor de Bioconcentración (FBC)	Cd (0.15 – 1.20) Pb (0.01-0.08)	Cd (0.35 – 1.20) Pb (0.003-0.70)	Pb (0.664-0.853) Cd (0.472-0.659) Zn (0.462-0.721) Fe (0.53-0.768) Cu (0.468-0.663) As (0.446-0.693)	Brotes: U (0.013-0.082) Cd (1.43-4.69) Raíces: U (1.13-2.99) Cd (4.18-7.22)
Factor de Translocación (FT)	Cd (0.32 – 2.29) Pb (0.22-1.19)	Cd (0.40 – 1.20) Pb (0.35-0.90)	--	U (0.011-0.033) Cd (0.33-0.65)

Fuente: Elaboración propia con base en los autores referenciados.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El factor de bioconcentración (FBC) y el factor de translocación (FT) se usan para evaluar el potencial de fitorremediación de las plantas. Un valor de FBC superior a uno indica que una planta es un hiperacumulador, mientras que un valor inferior a uno es indicativo de un excluidor. El valor de FT determina la eficiencia de la planta en la translocación de metales pesados de la raíz al brote. Una planta se considera eficiente en la translocación de metales de la raíz al brote cuando la FT es mayor que uno; esto se debe a un eficiente sistema de transporte de metales. Sin embargo, valores de FT inferiores a uno indican una transferencia de metal ineficaz, lo que sugiere que este tipo de plantas acumula metales en las raíces y rizomas más que en los brotes o las hojas (Usman *et al*, 2019, p – 11).

En el estudio de Munive Cerrón, *et al*, los valores de FBC se encuentra por debajo de uno, y fueron más bajos para el plomo en comparación con el cadmio. Cabe resaltar que solo un tratamiento de este estudio alcanzó un FBC superior a uno, que se explicaría con una mayor biodisponibilidad de cadmio. Respecto al FT muestra que las plantas de girasol tienen cierta habilidad de extraer concentraciones de plomo y de cadmio del suelo. De acuerdo con este estudio, el comportamiento del girasol se expresó como fitoestabilizador de metales, manteniéndose un orden potencial de acumulación decreciente $Pb > Cd$. Para ambas enmiendas aplicadas, la raíz fue el órgano que más absorbió los contaminantes, pero a diferencia del plomo, el cadmio tuvo más afinidad con los fertilizantes disueltos y en menor proporción con las enmiendas, debido a un incremento de su disponibilidad iónica en el fertilizante disuelto y a su incorporación por la planta (Munive, 2020, p. 177-186).

En el caso del estudio de Alaboudi, Ahmed y Brodie, los datos obtenidos para el FBC, el *Helianthus annuus* acumula mucha cantidad de Pb y Cd en su

raíz en comparación con los brotes. Sin embargo, *Helianthus annuus* acumula una gran cantidad de Cd en sus brotes en comparación con Pb. Por tanto, los resultados obtenidos mostraron que *Helianthus annuus* puede acumular una gran cantidad de Cd en sus tejidos en comparación con el Pb. Por este motivo, la planta estudiada puede utilizarse eficazmente para la remediación de suelos contaminados con Cd. Para el FT, el *Helianthus annuus* es más favorable para la captación de Cd en comparación con Pb; en consecuencia, la cantidad transferida de Cd a los tejidos vegetales fue mucho mayor que la de Pb (Alaboudi *et al*, 2018, p. 123-127).

El estudio de Chauhan y Mathur, se encontró que el *Helianthus annuus* tiene un gran potencial para la acumulación de metales pesados. La razón de esta alta acumulación de metales puede atribuirse parcialmente a un aumento en la tolerancia a los metales, como lo demuestra el contenido relativamente alto de clorofila y el aumento del contenido de prolina, polifenol y actividad enzimática antioxidante. También exhibe una notable capacidad para disminuir la concentración de metales pesados y otros contaminantes directamente de los efluentes industriales (Chauhan, 2020, pp. 29954-29966).

El estudio de Chen, Yang, y Wang, los agentes quelantes tienen la capacidad de aumentar la translocación y eliminar la eficiencia de los metales pesados en las plantas probadas. Todos los factores de bioconcentración de U fueron extremadamente bajos en comparación con el factor de bioconcentración de Cd, lo que sugiere que la absorción de U por los girasoles del suelo fue más difícil que la absorción de Cd. La aplicación de CA y EDDS tuvo un efecto significativamente positivo en la translocación de U y Cd del suelo a brotes/raíces. Una posible razón es que la adición de CA obstaculizó la absorción de U por las partículas del suelo, mejorando así la biodisponibilidad de U en el sistema suelo-planta y mejoró la capacidad de los girasoles para transferir U de las raíces a los brotes.

El tratamiento con EDDS aumentó significativamente el factor de translocación de Cd en las plantas probadas en comparación con CA y tratamientos de OA. Una posible razón de esto es la selectividad mutua de las plantas, tipo de agentes quelantes y tipo de metal pesado, iones involucrados; como tal, varios agente quelantes pueden tener diferentes efectos sobre la translocación de metales pesados de los brotes a las raíces (Chen, 2020, p. 1-9).

CONCLUSIONES

La fitorremediación es una técnica biotecnológica que se ofrece como una alternativa adecuada ante los métodos tradicionales para la remediación de suelos contaminados con metales pesados, metaloides, elementos químicos radiactivos, compuestos orgánicos e inorgánicos. Dichos métodos tienen la desventaja de ser muy costosos y en algunos casos, implican el movimiento de materiales contaminados a los sitios de tratamiento, lo que agrega riesgos de contaminación secundaria. La fitorremediación es un método que se puede aplicar in situ y esto lleva a que es menos perjudicial para el medio ambiente y más económica.

El *Helianthus annuus* es una planta reconocida como fitorremediadora, porque absorbe metales pesados en grandes cantidades, por lo que se le considera como planta hiperacumuladora de Cd, Pb y elementos radiactivos. Tiene la habilidad de fitoextraer y acumular metales pesados en sus tejidos, además de su comportamiento estabilizador o exclusor de dichos metales en suelo.

Las enmiendas orgánicas potencian el desarrollo y la tolerancia de los girasoles a los metales pesados. La adición de agentes quelantes puede mejorar eficazmente la capacidad de los girasoles para absorber y transportar metales pesados en diversas concentraciones.

REFERENCIAS

ALABOUDI, Khalid A.; AHMED, Berhan y BRODIE, Graham. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. En: *Annals of agricultural sciences*. 2018, vol. 63, nro. 1, pp. 123-127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.05.007>

CHAUHAN, Priti y MATHUR, Jyoti. Phytoremediation efficiency of *Helianthus annuus* L. for reclamation of heavy metals-contaminated industrial soil. En: *Environmental Science and Pollution Research*. 2020, vol. 27, pp. 29954-29966. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09233-x>

CHEN, Li; YANG, Jin-yan y WANG, Dan. Phytoremediation of uranium and cadmium contaminated soils by sunflower (*Helianthus annuus* L.) enhanced with biodegradable chelating agents. En: *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 263, pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121491>

FAVAS, Paulo J.C., et al. Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Áreas: Potential of Native Flora. En: *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*. 2014, vol. 3, pp. 485-516. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/57469>

GARCÍA ÁVILA, Carolina; VILLADA SIERRA, Laura Andrea y ROBAYO GÓMEZ, Julian. Evaluación de la adaptación de *Helianthus annuus* en asocio con hongos micorrízicos en suelos contaminados con plomo. En: *Cuaderno Activa*. 2018, vol. 10, pp. 93-111. ISSN: 2027-8101

LOTHE, Anjali G.; HANSDA, Arti y KUMAR, Vipin. Phytoremediation of Copper-Contaminated Soil Using *Helianthus annuus*, *Brassica nigra*, and *Lycopersicon esculentum* Mill.: A Pot Scale Study. En: *Environmental Quality Management*. 2016, vol. 25, nro. 4, pp. 63-70. DOI: 10.1002/tqem.21463

MAHARDIKA, G.; RINANTI, A. y FACHRUL, M. F. Phytoremediation of heavy metal copper (Cu²⁺) by sunflower (*Helianthus annuus* L.). En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. pp. 1-6. DOI: 10.1088/1755-1315/106/1/012120

MARTÍNEZ, Zoraya, et al. Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia. En: Temas agrarios. 2017, vol. 22, nro. 2, pp. 20-32.

MUNIVE CERRÓN, Rubén, et al. Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. En: Scientia Agropecuaria. 2020, vol. 11, nro. 2, pp. 177-186. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.02.04

NÚÑEZ LÓPEZ, Roberto Aurelio, et al. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. En: Revista Ciencia. 2004. pp. 69-83.

REYES, Yulieth, et al. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. En: Ingeniería, Investigación y Desarrollo: I2+ D. 2016, vol. 16, nro. 2, pp. 66-77. ISSN Online 2422-4324

Recibido 31 de mayo de 2022
Aceptado 30 de diciembre de 2022
www.unipaz.edu.co

Dermatopatía por *Malassezia* sp. asociada a Erlichiosis canina

Malassezia sp dermatopathy associated with canine Ehrlichiosis

Ariel Rosas Martínez^{†a}, Brayan de Jesus Muñoz Mendoza^b, Danny Gisela Archila Menco^b, Erlin David Contreras Beltrán^b, Gissel Fernanda Rodelo Pacheco^b, Javier Dario Cardenas Range^{lb}, Karen Juliana Collantes Sanchez^b, Vladimir Velandia Tirado^b.

Resumen: La dermatitis por *Malassezia* es una afección inflamatoria asociada con un mayor número de levaduras *Malassezia* en la piel que provocan dermatitis y prurito. El reporte del caso es un paciente canino de nombre Lázaro de raza criolla de aproximadamente 5 años de edad con un peso de 15 kg, tratado en la clínica veterinaria Unipaz, cuyo estado dermatológico llamo la atención, por la evidente presencia de un cuadro crónico de dermatitis con signos como prurito, olor a grasa rancia, eritemas, pápulas, maculas, desorden queratoseborreico, entre otras. Las áreas de afección más comunes son en la parte ventral del cuerpo, cara, área perianal, y miembros. Para su diagnóstico se basa en signos, lesiones, historia clínica y es importante el diagnóstico de laboratorio y se recomienda la citología ya que, es más práctica y su resultado es inmediato. Para el tratamiento se recomienda el uso de terapia sistémica y tópica. Sumado a ello, el hemograma en particular mostro la presencia de anemia junto con trombocitopenia, indicando que el animal cursaba por una infección de tipo hemoparasitario, por lo cual se realiza el test rápido de Elisa para su diagnóstico, arrojando un resultado positivo de Erlichiosis canina. Patología asociada a las garrapatas presentes en el medio del hábitad del animal. El tratamiento consistió en antibioterapia y medicamentos homeopáticos.

Palabras claves: Dermatitis, *Malassezia* sp, Erlichiosis, Levadura, piel

Abstract: Malassezia dermatitis is an inflammatory condition associated with increased numbers of Malassezia yeasts on the skin causing dermatitis and itching. The case report is a canine patient named Lázaro of the Creole breed of approximately 5 years of age weighing 15 kg, treated at the Unipaz veterinary clinic, whose dermatological condition attracted attention, due to the evident presence of a chronic picture of dermatitis with signs such as itching, odor of rancid fat, erythema, papules, macules, keratoseborrheic disorder, among others. The most common areas of involvement are on the ventral part of the body, face, perianal area, and limbs. For its diagnosis it is based on signs, lesions, medical history and laboratory diagnosis is important and cytology is recommended since it is more practical and its result is immediate. For treatment, the use of systemic and topical therapy is recommended. In addition, the blood count in particular showed the presence of anemia together with thrombocytopenia, indicating that the animal was suffering from a hemoparasitic infection, for which the rapid Elisa test was performed for its diagnosis, yielding a positive result for canine Ehrlichiosis. Pathology associated with ticks present in the animal's habitat. Treatment consisted of antibiotic therapy and homeopathic medicines.

Key words: Dermatitis, *Malassezia* sp, Ehrlichiosis, Yeast, skin

a. Médico Veterinario Zootecnista, caninos y felinos, Director Clínica Veterinaria UNIPAZ.

b. Estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNIPAZ

† ariel.rosas@unipaz.edu.co

INTRODUCCIÓN

La piel es el órgano más extenso del cuerpo, siendo la barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el ambiente. Aporta protección contra el daño físico, químico y microbiológico y sus componentes sensoriales perciben calor, frío, prurito, tacto y presión. Es sinérgica con los sistemas orgánicos internos, reflejando así los procesos patológicos que son primarios en otras regiones o compartidos en otros tejidos. Además, la piel no solo es un órgano con sus propios patrones de reacción, sino un espejo que pone de manifiesto el medio ambiente interior y, al mismo tiempo, al mundo al que está expuesto el animal (Camacho, 2021).

Los problemas de piel en perros son más comunes de lo que se puede imaginar, y es que hoy en día se ha vuelto normal la visita al centro veterinario por esta causa, cerca del 40% de casos atendidos son a raíz de afecciones cutáneas (Acevedo, 2021).

A lo largo de la vida de un perro, este está expuesto a muchos tipos diferentes de alérgenos potenciales que se encuentran en el entorno o que se liberan en el aire. Cuando un perro alérgico se expone a un alérgeno al que es sensible, el alérgeno hará que el sistema inmunológico del perro reaccione de forma exagerada y produzca una respuesta inmunológica inadecuada o hiperactiva. Los perros con la estructura genética para desarrollar alergias ambientales tienen un sistema inmunológico que reacciona de forma exagerada a los alérgenos (Cloud, 2021).

Ahora bien, cada perro que sufre de alergias ambientales tiene una respuesta individual del sistema inmunológico; esta variabilidad entre individuos conduce a una variedad de síntomas clínicos y complicaciones secundarias de esta enfermedad. La mayoría de los perros con alergias ambientales no solo tienen un sistema inmunológico hiperactivo, sino también una barrera cutánea deficiente, con agujeros que permiten una mayor penetración de alérgenos y un mayor riesgo de infecciones secundarias, siendo el

caso de las dermatopatías por levaduras (Hunter, 2021).

La dermatitis por la levadura *Malassezia* suele ser un problema secundario debido a una enfermedad cutánea subyacente, como una enfermedad alérgica (que incluye dermatitis atópica canina y dermatitis alérgica por pulgas), pioderma bacteriano recurrente y enfermedades endocrinas (especialmente hipotiroidismo). Muchos factores predisponentes pueden hacer que el comensal se convierta en patógeno. Estos factores incluyen aumento de la humedad, presencia de pliegues cutáneos, niveles de pH cutáneo alterado, terapia previa con antibióticos y terapia prolongada con corticosteroides (Bajwa, 2021).

Los sitios afectados incluyen márgenes labiales, conductos auditivos, axilas, ingle, cuello ventral, piel interdigital, pliegues faciales o cola, piel perivulvar y piel perianal. Las lesiones pueden ser localizadas o generalizadas. El prurito, un signo importante, suele ser intenso y se acompaña de un olor desagradable. Las lesiones cutáneas pueden presentarse en diversas formas, que pueden verse afectadas por la cronicidad de la enfermedad, la enfermedad primaria subyacente, la terapia previa y la infección bacteriana concurrente. Algunas presentaciones comunes de la dermatitis por *Malassezia sp.* incluyen:

- a. Alopecia regional o generalizada con eritema (eritrodermia exfoliativa).
- b. Seborrea escamosa, cerosa o grasosa (amarilla o gris pizarra).
- c. Costras o lesiones papulo crustosas que se asemejan a una infección estafilocócica superficial.
- d. Liquenificación y / o hiperpigmentación (piel coriácea o parecida a la de un elefante).
- e. Paroniquia con decoloración del lecho ungueal marrón oscuro, con o sin masticación obsesiva de la pata.
- f. Hipotricosis del margen del labio y / o formación de costras
- g. Intertrigo (inflamación de pliegues de la piel) (Grant, 2021).

Este tipo de dermatitis ocurre mayoritariamente en meses cálidos y afecta primordialmente a perros adultos. No existe una predilección sexual, ni de edad; así mismo varias razas están predispuestas, como el west highland white terrier, el basset hound, el cocker spaniel americano, el shih tzu, el caniche, el boxer, el cavalier king charles spaniel, el perro pastor alemán y el dachshund que muestran un mayor riesgo de dermatitis por *Malassezia sp.* (Marín, 2021).

El diagnóstico de la dermatitis por *Malassezia* se basa en la historia, el examen físico, métodos complementarios de diagnóstico apropiado para demostrar la presencia en la piel, la respuesta a la terapia específica y por descarte de otras dermatitis. El examen directo se realiza con colorante azul de lactofenol para ser observado microscopio óptico. También se puede emplear la técnica de blanco de calco flúor para la observación por fluorescencia directa. Se observará levaduras unicelulares o brotantes y / los filamentos anchos, cortos como letras chinas. El examen citológico puede mostrar las levaduras y permitir su semi-cuantificación, su resultado es inmediato usando un objetivo de inmersión después de teñir con azul láctico o, preferentemente, un método de tinción rápido, como lo es el Dif Quick. Se pueden utilizar varias técnicas para la toma de muestra: 1) improntas; 2) prueba de la cinta de acetato; 3) raspados; y 4) hisopados (González, 2021).

En cuanto al tratamiento, la terapia sistémica es necesaria en muchos casos, particularmente cuando los signos clínicos son severos y cuando las lesiones son extensas. Se recomienda usar una terapia tópica y sistémica combinada en un periodo de uno a dos meses. Debido a que esta levadura es un microorganismo comensal bien adaptado al cuerpo, probablemente no se logre eliminarla jamás, Por lo tanto, el objetivo de la terapia es confirmar el significado clínico de la levadura en la enfermedad observada, reducir de población a lo normal o por debajo de este nivel para eliminar los signos clínicos y mantener la población en un número que no pueda producirlos (González, 2021).

Es de suma importancia tener en cuenta el hábitat en donde vive el perro, puesto que de ello depende el control de los alérgenos y agentes causantes de molestias y patologías en estos animales. Todos los casos de atención veterinaria requieren un minucioso detalle analítico. Muchas veces el animal puede cursar por dos diferentes procesos infecciosos que no tiene que ver el uno con el otro. La presencia de garrapatas es un factor importante en la casuística y muchas veces transmiten hemoparásitos que infectan de por vida y que acompañan otras enfermedades (Gutierrez, 2016).

La Ehrlichiosis canina es una enfermedad infecciosa emergente transmitida por garrapatas, producida por *Ehrlichia sp.* Afecta a miembros de la familia *Canidae*. Los agentes etiológicos son bacterias Gram negativas, intracelulares obligatorias, redondeadas y pleomórficas, esto último especialmente en cultivos celulares. Estas bacterias se localizan en vacuolas rodeadas de membranas (mórulas) en el citoplasma de células sanguíneas, teniendo tropismo por linfocitos, monocitos y granulocitos (Valencia, 2016).

La patogénesis involucra efectos directos del patógeno y mecanismos secundarios indirectos de la respuesta inmune. La infección del perro ocurre cuando las garrapatas infectadas ingieren sangre y sus secreciones salivales contaminan el sitio donde se alimenta. La saliva de la garrapata contiene una variedad de moléculas anticoagulantes, antiinflamatorias e inmunoregulatoras que facilitan la adquisición y transmisión del patógeno. Al ser una bacteria intracelular obligatoria ha desarrollado varios mecanismos que aseguran la evasión de la respuesta inmune del huésped. Estos mecanismos abarcan adaptaciones para la supervivencia en diferentes compartimientos celulares (Martínez, 2019).

Las manifestaciones clínicas de la infección en perros incluyen fiebre, trombocitopenia, manifestaciones nerviosas (inclinación de la cabeza, temblores y anisocoria), laxitud, debilidad, síntomas músculo esqueléticos (cojera, dificultad

para estar de pie o caminar) y poliartritis neutrofílica, este último signo aparece en perros infectados de forma crónica (Gutierrez, 2021).

Como método de diagnóstico, el frotis de sangre es la forma típica de detección del microorganismo *E. canis*; es altamente específico para la bacteria. La prueba Elisa de Inmunocromatografía indirecta se recomienda para confirmar un diagnóstico de ehrlichiosis canina; la detección de anticuerpos igG específicos indican exposición al patógeno de *Ehrlichia sp.* Las técnicas de PCR se consideran las más confiables para el diagnóstico de ehrlichiosis canina. Los métodos de PCR son altamente sensibles y permiten la detección de ADN *E. canis* tan pronto como 4-10 días después de la infección antes de la seroconversión (Chávez, 2021).

El tratamiento de la ehrlichiosis canina incluye medicamentos antirickettsiales y cuidado de apoyo. Los fármacos que han tenido éxito son tetraciclina y cloranfenicol, dipropionato de imidocarb y amicarbalida (Benavide, 2021).

CASO CLÍNICO

Anamnesis. En el marco de la semana universitaria, los estudiantes del octavo semestre de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la clínica veterinaria de UNIPAZ, bajo la dirección del docente y médico Ariel Rosas, se dirigieron a la institución para llevar a cabo una jornada de salud para mascotas. Durante esta jornada, se encontró un caso particular que llamó la atención. Se trata de un perro llamado Lázaro, de raza criolla, con aproximadamente 5 años de edad y un peso de 15 kg. Lázaro reside en las instalaciones del campus universitario en la finca Santa Lucía y se alimenta de concentrado, además de consumir restos de comida que contienen sal provenientes de las cafeterías. Se registra que Lázaro ha sido vacunado contra la rabia y recibió su última desparasitación el día 19 de noviembre de 2021. La presencia evidente de un problema crónico en la piel, con lesiones y

pérdida localizada de pelo, resalta la importancia de una consulta, diagnóstico y tratamiento adecuados.

Examen físico y diagnóstico.

Durante la evaluación del paciente, se pudo observar que se encontraba en estado alerta. Además, presentaba prurito y un olor desagradable. Se evidenciaron lesiones en la piel, tanto primarias como secundarias. Se observaron pápulas, eritemas que evolucionaron hacia una hiperpigmentación, liquenificación e hiperqueratosis debido a la cronicidad. También se apreciaba una alopecia localizada en áreas como las orejas, alrededor de la conjuntiva, el hocico y principalmente en el área corporal ventral del animal, afectando las axilas, ingles, miembros posteriores, anteriores y la zona ventral del cuello. Cabe destacar que el área dorsal no presentaba lesiones. (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Dermograma.



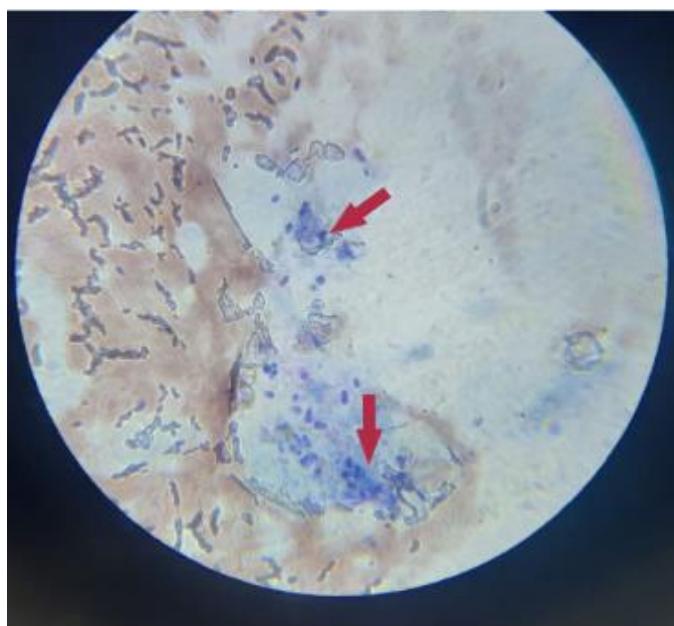
Figura 2: Distribución de lesiones cutáneas.



Además, se observaron algunas alteraciones en las constantes fisiológicas del paciente. La temperatura registrada fue de 39,3 °C, lo cual indica que se encuentra por encima del rango normal. La frecuencia respiratoria fue de 32 respiraciones por minuto (rpm), mientras que la frecuencia cardíaca fue de 140 latidos por minuto (lpm). El tiempo de llenado capilar fue menor a 2 segundos y las mucosas orales y conjuntivas presentaron una coloración rosada. No se detectaron reactividad en los ganglios y su condición corporal se encontraba en el rango 2.

Después de completar el examen físico, se realizaron varios exámenes complementarios. Estos incluyeron una citología mediante la técnica de impronta en la base de las orejas (Figura 3), un raspado cutáneo en el cuello y los miembros posteriores (Figura 4), una tricografía, un hemograma (Tabla 1) y un test rápido Elisa de Inmunocromatografía para *Ehrlichia canis* (Figura 5).

Figura 3. Citología por impronta.



Fuente: Clínica Veterinaria Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

Figura 4. Raspado cutáneo



Figura 5. Test rápido Elisa de inmunocromatografía para *Ehrlichia canis* (+).

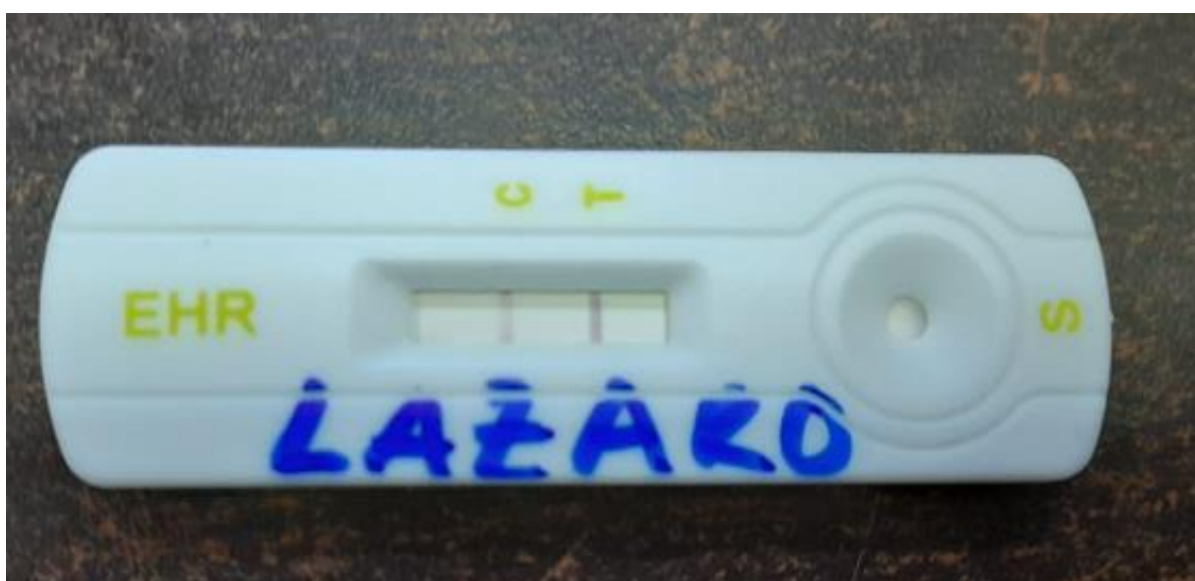


Tabla 1. Hemograma.

EXAMEN		RESULTADO	VALOR NORMAL <i>Caninos</i>
WBC		15.8	6.0 - 17 x10 ⁹ /L
LYM#		1.6	0.8 -5.1 x10 ⁹ /L
MON#		0.5	0.0 - 1.8 x10 ⁹ /L
GRAN#	(H)	13.7	4.0 - 12.6 x10 ⁹ /L
LYM%	(L)	10.4	12.0 - 30.0 x10 ⁹ /L
MON%		2.9	2.0 - 9.0 %
GRAN%	(H)	86.7	60 - 80 %
RBC		5.53	5.50 - 8.50 x10 ⁹ /L
HGB		114	110 - 190 g/L
HCT	(L)	33.3	35.0 - 47.0 %
MCV	(L)	60.2	62.0 - 72.0 g/L
MCH		20.6	20.0 - 25.0 pg
MCHC		343	300 - 380 g/L
RDW		11.2	11.0 - 15.5 %
PLT	(L)	55	130 - 460 x10 ⁹ /L
MPV	(L)	6.7	7.0 - 12.9 FL
PDW	(L)	8.5	10 - 18 %
PCT	(L)	0.037	0.1 - 0.5 %
EOS	(H)	7.2	1 - 4 %

Según los resultados emitidos por el Laboratorio Clínico de UNIPAZ, el raspado cutáneo fue negativo para la presencia de ácaros y la tricografía fue negativa para dermatofitos. Sin embargo, la citología por impronta reveló un diagnóstico de dermatitis micótica asociada a la presencia de *Malassezia* sp.

En cuanto al hemograma, se observó que el hematocrito (HCT), el volumen corpuscular medio (VCM), las plaquetas (PLT), el volumen medio plaquetario (VPM) y el ancho de distribución plaquetaria (PDW) estaban disminuidos, lo que indica una anemia microcítica normocrómica. Además, se encontró eosinofilia, lo cual puede estar presente en procesos de hipersensibilidad y/o parasitosis. Dado el hábitat del paciente y la presencia de garrapatas, se decidió realizar un test rápido Elisa de inmunocromatografía para *Ehrlichia canis*, el cual arrojó un resultado positivo.

Por otro lado, se observó una granulocitosis absoluta y relativa, acompañada de una linfopenia relativa. Esto podría estar relacionado con un proceso inflamatorio derivado de la infección micótica y la presencia de *Ehrlichia canis* en el paciente.

Tratamiento

El tratamiento para estas afecciones se basa en el uso de tópicos antifúngicos o antisépticos. La clorhexidina a concentraciones superiores al 2-3% ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de la dermatitis por *Malassezia* sp. en perros. En este caso, se aplicó Miclor Pro Shampoo 250 cc, realizando tres baños durante la semana y dejando actuar el producto durante 30 minutos cada vez.

Además, se emplea la doxiciclina, una tetraciclina sintética liposoluble que se absorbe más fácilmente que la oxitetraciclina. La doxiciclina actúa favoreciendo la fusión entre los fagosomas y los lisosomas, y también tiene actividad bacteriostática. Se recomienda administrar la doxiciclina en dosis diaria de 10mg/kg cada 24h durante 10 días.

Junto con la antibioterapia, se administraron suplementos nutricionales a base de vitaminas del complejo B (vitamina B12 y ácido fólico) con Mirrapel Solución 180 mg vía oral cada 24 horas, Traumeel tabletas 1 tableta cada 12 horas para aliviar dolor e inflamación, Engystol como

potenciador del sistema inmunitario a razón de 1 tableta cada 12 horas por 2 meses y Silimarina en cápsula 150 mg vía oral cada 24 horas como protector hepático.

El paciente presentó una evolución satisfactoria un mes después del inicio del tratamiento. Aunque aún continúa en tratamiento y está en un nuevo hogar.

Figura 6. Evolución 2 meses pos tratamiento.



CONCLUSIONES

Como se ha descrito, la presencia de un alto número de levaduras en la citología y los signos clínicos compatibles con un excesivo crecimiento de *Malassezia* sp. son indicativos de procesos dermatológicos causados por este hongo. Aunque todavía no existen pruebas completamente confiables para el diagnóstico definitivo de la hipersensibilidad a *Malassezia*, en este caso se basó en el cuadro clínico y la respuesta al tratamiento con antifúngicos adecuados.

Es importante tener en cuenta que la dermatitis por *Malassezia* sp. suele ser secundaria a otra enfermedad subyacente y que los signos clínicos pueden ser similares a otras afecciones cutáneas. No hay una predisposición basada en el género, pero sí puede haber diferencias entre razas.

El diagnóstico de la dermatitis por *Malassezia* sp. se basa principalmente en la respuesta del paciente al

tratamiento, ya que esta levadura es parte de la flora normal de la piel. El tratamiento puede requerir períodos prolongados, dependiendo de la gravedad del caso y la respuesta individual. Existen diferentes posologías con antifúngicos para su tratamiento.

La prueba de inmunocromatografía es capaz de detectar los anticuerpos generados por el paciente en respuesta a la Ehrlichiosis. Sin embargo, su importancia diagnóstica radica en los títulos de anticuerpos reportados, los cuales pueden confirmar un resultado positivo para esta enfermedad.

El tratamiento de la Ehrlichiosis canina debe incluir el control de las garrapatas tanto en el entorno como en la mascota. Además, es fundamental el uso del tratamiento farmacológico de elección junto con el tratamiento sintomático según la fase en la que se encuentre el animal.

La doxiciclina es el fármaco de elección para el tratamiento de la Ehrlichiosis canina. Actúa favoreciendo la fusión entre los fagosomas (donde se encuentra la Ehrlichia) y los lisosomas, y también tiene actividad bacteriostática. Además, al ser liposoluble, se absorbe fácilmente y es menos nefrotóxica.

REFERENCIAS

ACEVEDO, Juan. Problemas de piel en perros. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://www.ciudademascotas.com/blog/problemas-de-piel-en-perros/>

BAJWA, Jangi. Canine Malassezia dermatitis. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5603939/>

BENAVIDE, Javier. Ehrlichiosis canina. 2003. Consultado el 18 de diciembre de 2021. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/45117761_Ehrlichiosis_canina

CAMACHO ROBERTS, Santiago; y RODRIGUEZ CAPULLÁ, Tamara. Grados de afección cutánea asociados a la presencia de *Malassezia pachydermatis* en caninos. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19298/1/FV-26483.pdf>

CHÁVEZ CALDERÓN, César Daniel. Ehrlichia canis en caninos y el tratamiento con doxiciclina. 2014. Consultado el 18 de diciembre de 2021. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/13672/Chavez_Calderon_Cesar_Daniel_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CLOUD, Whisker. Environmental Allergies in Dogs. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://veterinaryskinandear.com/environmental-allergies-in-dogs/>

GRANT, David. Canine Malassezia dermatitis, How to identify the infection and tackle it with systemic and topical therapy. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://www.veterinary-practice.com/article/canine-malassezia-dermatitis>

GONZALES, Irene. Dermatitis por Malassezia. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmloi/bitstream/handle/123456789/3164/IRENE%20GONZALEZ%20SANCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUTIERREZ, Clara; YABARRA, Luis; AGRELA, Fátima. (2016). EHRlichiosis CANINA. Consultado el 18 de diciembre de 2016. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000400002

HUNTER, Tammy. Problemas cutáneos de tipo infeccioso en caninos. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://vcahospitals.com/know-your-pet/yeast-dermatitis-in-dogs>

MARÍN, José. Las razas de perro más proclives a sufrir dermatitis por Malassezia. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <https://www.animalshealth.es/mascotas/razas-deperroproclives-sufrir-dermatitis-malassezia>

MARTÍNEZ, IRENE (2019). Breed-predispositions to cancer in pedigree dogs. Ehrlichia Canis: síntomas y tratamientos. Consultado el 19 de diciembre del 2021. Disponible en: <https://www.barkyn.es/blog/salud/ehrlichia-canis>

VALENCIA OSPINA, Laura. (2016). Revisión de tema en ehrlichiosis y hepatozoonosis canina; y comparación con un posible caso de co-infección en un paciente canino atendido en la Clínica Veterinaria, Lasallista hermano Octavio Martínez López. Consultado el 15 de diciembre del 2021. Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1824/1/Revision_ehrlichiosis_hepatozoonosis_canina.pdf

Recibido 1 de septiembre de 2022
Aceptado 30 de diciembre de 2022
www.unipaz.edu.co

Estudio de fallas en el control de velocidad en equipos de compresión a gas

Study of speed control failures in gas compression equipment

Paola Niño Terraza^{†a}

Resumen: El regulador es un mecanismo capaz de regular automáticamente la velocidad o potencia de un motor y que realiza esta función mucho mejor que un mando manual. Los reguladores de velocidad de regulación constante se utilizan en aquellos motores que deben mantener una velocidad constante a la vez que debe mantener una carga variable. El control de velocidad integrado en motores a combustión interna a gas natural, el Actu-COM R8 está diseñado para brindar un servicio confiable a largo plazo en entornos exigentes ambientes físicos, sin representar riesgo ambiental y humano. Está diseñado como mejor opción de cambio para una serie de motores de gas competitivos e integrados donde se busca un nivel reducido de mantenimiento y / o control mejorado. La implementación de un control de velocidad nuevo para los motores a combustión interna, como actualización del gobernador PG-PL de Woodward tipo mecánico a un gobernador electrónico, marca la diferencia en su operación fácil y segura. La actividad de lubricación y ajuste de velocidad al gobernador por parte del operador se puede resaltar que los riesgos ergonómicos y físicos que son (exposición a temperatura, atrapamiento, trabajo a desnivel) bajan en 100% en el riesgo presentado en el área por la actividad con la implementación del nuevo gobernador. El objetivo de este documento es realizar análisis de fallas más frecuentes en el control de velocidad, teniendo en cuenta, costos, consumo, eficacia y resultados. Para recolección de datos se tuvo presente el grupo de mantenimiento, personal de operaciones, supervisores, el representante legal del equipo, base de datos y libros. El resultado final del artículo es la identificación de todas las fallas posibles, buscando estrategias que permitan eliminar los efectos de la falla.

Palabras claves: Control de velocidad, motor, compresión a gas, mantenimiento, fallas.

Abstract: The regulator is a mechanism capable of automatically regulating the speed or power of an engine and that performs this function much better than a manual control. Constant regulation speed governors are used on those motors that must maintain a constant speed while maintaining a variable load. The integrated speed control in natural gas internal combustion engines, the Actu-COM R8 is designed to provide long-term reliable service in demanding physical environments, without representing environmental and human risk. It is designed as the best exchange option for a number of competitive and integrated gas engines where a reduced level of maintenance and/or improved control is sought. Implementing a new speed control for internal combustion engines, such as upgrading from the Woodward PG-PL mechanical governor to an electronic governor, makes all the difference in safe and easy operation. The activity of lubrication and speed adjustment to the governor by the operator can be highlighted that the ergonomic and physical risks that are (exposure to temperature, entrapment, uneven work) decrease by 100% in the risk presented in the area by the activity with the implementation of the new governor. The objective of this document is to analyze the most frequent failures in speed control, taking into account costs, consumption, efficiency and results. For data collection, the maintenance group, operations personnel, supervisors, the legal representative of the team, database and books were taken into account. The final result of the article is the identification of all possible faults, looking for strategies to eliminate the effects of the fault.

Key words: Speed control, engine, gas compression, maintenance, faults.

a. Escuela de Ciencias – Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

† Paola.terrazza@unipaz.edu.co

INTRODUCCIÓN

El rápido aumento en el uso de nuevas tecnologías y la automatización en la industria ha provocado impactos en las líneas de producción y fabricación, así como cambios en la red eléctrica, uno de los pasos más transformadores del mundo. La migración de la tecnología industrial se basa en los últimos años al utilizar controladores de velocidad para controlar motores eléctricos, sus aplicaciones incluyen bombas, ventiladores, compresores, transportadores, motores, etc., convirtiéndose en el equipo esencial para asegurar el proceso de producción continuo (Velez, 2016).

Por lo tanto, con el desarrollo del tiempo, el uso reguladores de velocidad en compresores a gas se ha convertido en una herramienta fundamental en la industria, por lo que su uso claramente tiene implicaciones en la gestión de operación y mantenimiento. (prevención, y tratamiento) que en la mayoría de los casos son realizados por los fabricantes y distribuidores de equipos, y esto es una gran desventaja para las empresas que se ocupan de este tema económico porque el costo de cuidado y mantenimiento de los equipos de aire comprimido realizado por los fabricantes es muy elevado y por tanto aumentan los costes de producción industrial.

Desde la perspectiva del análisis ambiental, el riesgo es la posibilidad de daño o pérdida, y esta posibilidad se presenta en la mayoría de las actividades humanas. El daño o pérdida es una posible consecuencia negativa de un evento peligroso. El riesgo de eventos determina la probabilidad general de un evento y la gravedad de sus posibles consecuencias. Los riesgos no siempre se pueden evitar, pero se pueden minimizar.

El mantenimiento se ha convertido en un elemento básico en las organizaciones de hoy, porque los modelos de producción modernos requieren un alto nivel de confiabilidad de sus activos, particularmente de sus máquinas. Gracias a esta fiabilidad de las máquinas, las empresas pueden

proporcionar a los clientes productos de alta calidad en el plazo acordado, satisfaciendo así con éxito las necesidades demandadas por los clientes (García, 2015). Debido a la confiabilidad de los activos, el establecimiento de un buen sistema o plan de mantenimiento es de mayor importancia en las empresas, teniendo en cuenta las características y desempeño de los activos en la organización.

Actualmente, las empresas presentan algunas falencias a la hora de realizar mantenimientos de diversa índole (preventivo, correctivo y predictivo), debido a la falta de un adecuado monitoreo de los equipos, por ello, el objetivo de este artículo es realizar análisis de fallas con mayor frecuencia, buscando estrategias. eliminar los efectos de la falla, porque no todas las empresas utilizan adecuadamente la gestión del mantenimiento, o mejor dicho, no cuentan con el conocimiento suficiente de los equipos, en este caso el gobernador en el compresor de aire, que les permita a los conductores buscar soluciones a los problemas que se presentan cada día. Este tipo de equipo representa a la industria.

El mantenimiento ha dejado de ser un factor importante en las organizaciones, pero se ha convertido en un factor importante para el desarrollo de las operaciones diarias y el óptimo desempeño de la empresa. La importancia de contar con un buen sistema de mantenimiento en la organización se basa no solo en su implementación, sino en la presencia del personal adecuado que sea capaz de realizar esta importante función para mantener los equipos en buenas condiciones (Montalvo, 2017). En la medida de lo posible, con un alto grado de confianza, de manera que brinde apoyo a toda la organización para lograr sus objetivos y permitir que la organización crezca aún más.

Debido al valor que recibe este equipo durante la fabricación o el servicio, es esencial utilizar un enfoque de mantenimiento para garantizar un funcionamiento óptimo del equipo y mantener altos niveles de producción. Además, los costes de

mantenimiento son un grave problema en las empresas, según las grandes empresas: “El mantenimiento es el coste controlable más importante de una planta, y en muchas empresas suele ser superior al beneficio neto anual” (Recinos, 2008). Mientras que el mantenimiento preventivo, cuando se hace bien, ahorra un 25 % después de esta característica, su ROI se reducirá. Estas deficiencias son el resultado de un mantenimiento programado basado en tiempo y supuestos.

El mantenimiento preventivo ha recibido atención como la forma más fácil de lograr ahorros que no se logran con las técnicas tradicionales, y este se enfoca en enfocar el trabajo en las causas de la falla, el dispositivo, no sus síntomas o efectos, el objetivo es extender la vida útil del dispositivo Predictivo el mantenimiento depende de pruebas y análisis no destructivos o invasivos, tales como: vibración, medición de temperatura, prueba de penetración, tinta fluorescente, partículas magnéticas, ultrasonido, etc. (Morales, 2019). Estas pruebas permiten conocer el estado o condición de la máquina para predecir cómo se comportará. La ejecución de bucles se basa principalmente en la inspección del operador, utilizando sus sentidos y experiencia para buscar posibles fallas.

Lo anterior contribuye a una adecuada planificación y dirección del mantenimiento, logrando la mejora continua, ya que se toman en consideración los criterios económicos relevantes para la empresa (EDUCAREX, 2019). En la gestión de mantenimiento se debe contener información sobre la vida útil de los equipos físicos, y esta debe ser consistente con el objetivo, que es reducir los costos de operación, y de esta manera se asegura que se mantenga la funcionalidad de los equipos. Ha sido desarrollado en perfecto estado.

Por esta razón, es necesario visualizar y comprender las etapas mínimas requeridas para implementar adecuadamente la gestión del mantenimiento en la empresa. Además, se proponen objetivos y beneficios adicionales para cada etapa, con el uso de herramientas de gestión para apoyar e implementar el aprendizaje conceptual y funcional en cada etapa ilustrada.

Tipos de Mantenimiento

• Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es el modelo más popular entre las PYMES, y aunque es el modelo tradicional utilizado, la adopción de programas de mantenimiento preventivo ha estado en proceso desde hace algún tiempo, los resultados son que sus efectos a largo plazo son más efectivos (Torra, 2017). El mantenimiento correctivo se basa en la intervención en caso de problema, que se manifiesta en la avería de un equipo o instalación, es decir, una parada brusca de la producción.

• Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento nació de la necesidad de superar las limitaciones del mantenimiento correctivo. A diferencia del pasado, las partes o componentes del sistema que pueden causar problemas se reemplazan por un ciclo determinado, que está determinado por indicadores estadísticos. Así, un ítem puede ser reemplazado después de cierto tiempo preprogramado, o cuando ocurre un error, si ocurre antes. El mantenimiento preventivo generalmente incluye una serie típica de actividades: limpieza y reparaciones periódicas, mantenimiento y protección de equipos de factores ambientales, control de lubricación y reparación y reemplazo de puntos.

• Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es una serie de pruebas no destructivas que monitorean el rendimiento del equipo para detectar señales de advertencia de que ciertas partes del equipo no funcionan correctamente (Roldan, Ríos, & Isaza, 2014). Gracias a este tipo de mantenimiento, en cuanto se detecta la avería, se puede planificar inmediatamente la reparación correspondiente sin afectar al proceso productivo y alargando la vida útil de la máquina.

Compresores de velocidad variable

El compresor está equipado con un actuador de velocidad variable (también conocido como actuador de velocidad variable o actuador de velocidad ajustable) que utiliza un sistema inteligente que puede cambiar la velocidad del motor según las necesidades del usuario (Guataneme, 2015). Controla la velocidad (RPM) del motor para adaptarse a la demanda, cambiando así el consumo de energía. Cuando cae la demanda, el sistema de aire comprimido reduce la velocidad del motor y también reduce el consumo de energía.

Estudios de fallas en maquinaria

El análisis de fallas de máquinas es fundamental para el desarrollo de operaciones de mantenimiento industrial. Este tipo de investigación nos permite asegurar la más alta calidad de materiales y equipos, aumentando así la productividad empresarial, evitando futuros problemas por desgaste. El análisis de fallas es el estudio de las fallas que ocurren en las máquinas, para determinar sus causas y las medidas que se pueden tomar para mejorar las operaciones y prevenir accidentes a la propiedad y las personas. Esta forma de trabajar supone un importante ahorro de costes en sectores como la construcción o la industria.

Determinación de frecuencias de mantenimiento

La limpieza periódica y general de edificios, instalaciones y equipos debe estar claramente definida y establecida de acuerdo con las necesidades, estándares y condiciones ambientales. El período de lubricación para varios dispositivos debe establecerse de acuerdo con los parámetros de control (Torra, 2017): horas de trabajo (horas), kilómetros recorridos, desgaste de los componentes de control, nivel de alarma de vibración. Las condiciones de reemplazo y/o adaptación también deben considerarse en el plan anual de mantenimiento preventivo. Otros factores que influyen en la determinación de la frecuencia de mantenimiento son:

- Edad (tiempo de uso), estado general, valor del equipo, costo de repuestos y piezas mayores.
- Equipo débil durante el ajuste general y balanceo.

- Propenso a daños (vibración, sobretensión, uso anormal).
- La severidad del servicio al que fue sometido.
- Condiciones de fricción y desgaste.

Equipos Críticos

Fallas que provoquen paradas generales, interferencias, cuellos de botella, daños a equipos u otras instalaciones, y retrasos o interrupciones en las operaciones de una empresa o de la organización de los centros operativos de otra empresa. Aquellos que dejan de brindar servicio a los clientes afectan directamente el proceso de producción y, por lo tanto, crean problemas de cumplimiento del cliente.

Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se refieren a los costos incurridos como resultado de la reparación de ese defecto específico, momento en el cual el grupo de trabajo, naturalmente, debe tener en cuenta el personal necesario y las piezas de repuesto.

Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana

La seguridad ambiental y humana se refiere a si este incidente específico resultará en una inseguridad tanto para el medio ambiente como para el operador (EDUCAREX, 2019). Ejemplos: fugas de petróleo crudo, fugas de gotas de aceite lubricante del equipo del proceso de producción, fugas de gas contaminado, etc.

MÉTODOS

Se ha determinado que el tipo de investigación más adecuado es la investigación descriptiva, ya que permite la visualización literal de la información aprendida de los ancestros antes de que sea comunicada perceptivamente. Según (Tamayo & Tamayo, 2006) esta investigación permite registrar, analizar e interpretar la naturaleza real de los fenómenos de investigación para centrarse en los descubrimientos sobre cómo funcionan las personas, los grupos o las cosas en el mundo.

La investigación descriptiva se basa en hechos reales, cuya característica principal es la interpretación precisa.

Esta investigación sigue un enfoque cualitativo, cuyo objetivo es describir las características del fenómeno que se estudia para comprender su naturaleza. Al mismo tiempo, realiza investigaciones cuantitativas mediante el análisis de datos. Las fuentes de información utilizadas incluyeron todos los documentos bibliográficos físicos y digitales que identificaron el objetivo principal del estudio y describieron los conocimientos, conceptos, métodos y estrategias existentes producidos por uno o más autores.

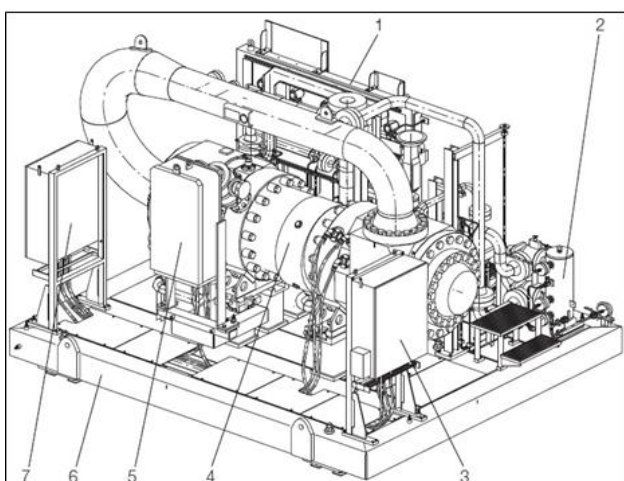
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recopilación de información y revisión bibliográfica sobre los equipos de compresión a gas y los controles de velocidad

• Compresores

Los compresores, comprimen el gas de proceso de acuerdo con las leyes de la mecánica de fluidos. La energía mecánica transmitida por el motor durante las etapas del compresor fluye al gas de proceso a través de la brida de succión. Después de que la presión aumenta gradualmente en las diferentes etapas del compresor, el gas de proceso ingresa al proceso aguas abajo a través de la brida de descarga.

Figura 1. Componentes unidad de compresión (Morales, 2019)



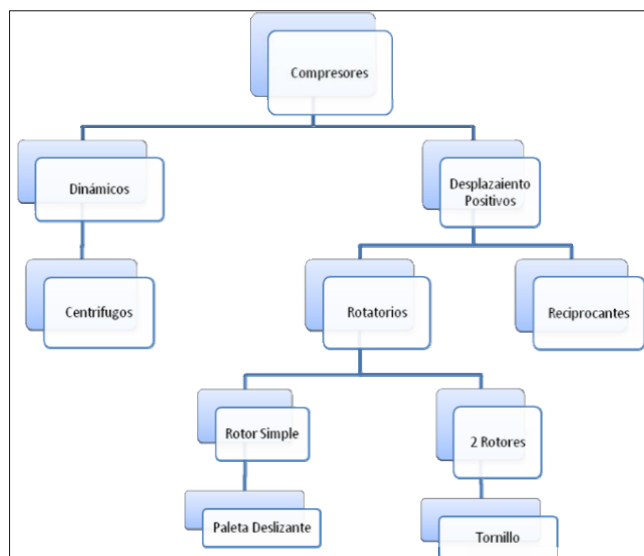
1. Rack de tubería gas refrigerante
2. Filtro de gas refrigerante
3. Caja de conexiones (corriente) cojinetes magnéticos
4. Motor-compresor
5. Caja de conexiones motor
6. Frame principal
7. Caja de conexiones (señales) cojinetes magnéticos

Tipos de Compresores

En la industria existen muchos tipos de compresores, divididos según el principio de funcionamiento en dos grandes grupos:

- a. Compresor de flujo continuo o dinámico.
- b. Compresores de flujo activo o intermitente.

Figura 2. Tipos de compresores (Recinos, 2008) .



- Compresores centrífugos. En los compresores centrífugos, la presión se crea aumentando la velocidad del gas que pasa a través del impulsor y luego recuperándolo de manera controlada para producir el caudal y la presión requeridos. Estos compresores son generalmente homogéneos, a menos que los caudales sean muy elevados o las necesidades del proceso requieran algo más.

- Compresores de desplazamiento positivo. Tienen una capacidad constante y tienen una distribución de presión variable. La capacidad varía según la velocidad o la succión de la válvula de vacío. Además, solo hay un ligero cambio en el flujo en una amplia gama de presiones.

- Compresores reciprocantes. Los compresores Reciprocantes funcionan según el principio adiabático, en el que el gas se introduce en el cilindro a través de las válvulas de admisión, se mantiene y comprime dentro del cilindro y sale por

las válvulas de escape, en contra de la presión de descarga. Estos compresores rara vez se utilizan como una sola unidad a menos que el proceso requiera un funcionamiento intermitente.

- Compresores de tornillo. Lo principal de lo que consta un compresor de tornillo es un par de rotores de lóbulos helicoidales con una rejilla fija. Los rotores están instalados en una carcasa de hierro fundido con una entrada de gas en un extremo y una salida en el otro. Durante la rotación de los rotores, se suministran vacíos entre las cavidades del colector de admisión y un aumento de volumen provoca una disminución de la presión, llenando estos espacios con gas. Al mismo tiempo, el aceite comprimido se inyecta mediante aire comprimido en el aire de admisión; No hay bomba de aceite.

· Descripción del proceso

a. El gas de la línea principal del sistema de recuperación ingresa al separador de entrada con un rango de presión de 12.7 a 14.7 psi y su función específica es retener partículas de agua en estado líquido, residuos de aceite e impurezas que pueden llevar con el líquido.

b. Después de pasar por el separador de entrada, el gas ingresa al sistema de fábrica del compresor, comenzando por el filtro de succión donde se separarán las gotas de líquido, luego el gas pasa por el filtro de succión para atrapar las impurezas antes de ingresar al compresor.

c. El gas y el aceite salen por la salida del compresor y van al separador de aire-aceite donde se separan estos fluidos. El aceite y el gas van por separado al enfriador de aire para bajar su temperatura y continuar el proceso. El aceite debe enfriarse para que no pierda el lubricante y el sello en el compresor, mientras que el gas debe ingresar al sistema de drenaje a temperaturas inferiores a 140 grados Fahrenheit.

d. Cada etapa, aceite y gas, se enfría por separado en un enfriador de aire, donde se puede restaurar la viscosidad del aceite para una mayor lubricación del compresor, enfriando así la corriente de aire, parte del agua en la gasolina y una pequeña parte de la gasolina separada.

e. La eliminación parcial de la humedad del condensado se realiza mediante un scrubber, lo que nos permite reducir la carga de los tamices moleculares, ya que, como veremos más adelante, el gas que se utiliza para regenerar los tamices se recicla y se incorpora a el tubo de succión. caudal, para no desperdiciar gas. Sin embargo, debido al alto contenido de agua, este gas renovable puede provocar la transferencia de humedad en el proceso.

f. El aire comprimido se filtra a través de filtros instalados para eliminar todas las partículas líquidas, ya sea aceite del compresor o condensado, de la corriente de aire. Después de pasar por los filtros, el aire comprimido ingresa al secador de tamiz molecular, donde se seca para ser transportado a la planta de gasolina a una presión de 150 psi y un punto de rocío de -40°C.

· Controles de velocidad. Una forma de controlar estos motores es utilizar un convertidor de frecuencia, también conocido como inversor. Este sistema permite cambiar la frecuencia de funcionamiento del motor y, en consecuencia, su velocidad. Este método consiste en rectificar la señal de CA a una frecuencia fija, luego filtrarla y convertirla en una señal de CC. Mediante el uso del método PWM (*modulación de ancho de pulso) y la aplicación de electrónica de potencia, se genera un voltaje de corriente alterna con una frecuencia controlada menor o mayor que la red eléctrica. El gobernador es un dispositivo capaz de ajustar automáticamente la velocidad o potencia del motor y realiza esta función mucho mejor que el control manual. Los reguladores de velocidad de regulación continua se utilizan en motores que deben mantener una velocidad constante mientras mantienen una carga variable.

Identificación de posibles fallas en el control de velocidad en equipos de compresión a gas

En el caso de la Estación de Regulación y Medición de Compresión a gas, los riesgos son diversos, y se pueden dividir en varios niveles:

- Fugas.
- Incendio o conato de incendio.
- Explosión.
- Daños al equipo.
- Daños humanos.

Estos son los principales peligros potenciales que pueden afectar directa o indirectamente los factores ambientales y residenciales, por otro lado, cuando el compresor falla, es importante determinar la razón para evitar que este problema vuelva a ocurrir. Es muy importante. Por ello, enumera los principales errores que pueden cometer los compresores, cómo identificarlos y posibles soluciones. A continuación se relacionan las posibles fallas que involucran el control de velocidad en equipos de compresión a gas:

a. Retorno de Líquido. Este problema es uno de los más comunes y ocurre durante el ciclo de vida de un dispositivo. Esto sucede cuando hay un sobrecalentamiento del aire absorbente del compresor que tiende a cero. Esta succión "húmeda" puede quitar la película lubricante de las partes móviles del compresor y provocar su falla mecánica gracias a la acción de limpieza del refrigerante.

Si el líquido pasa a través de los canales de aceite internos del cilindro, puede eliminar tanto el aceite lubricante como el del pistón, lo que provoca rayaduras y sobrecalentamiento. Esta condición puede causar contaminación dentro del dispositivo.

b. Golpe de líquido. Este problema es uno de los más comunes y ocurre durante el ciclo de vida de un dispositivo. Esto sucede cuando hay un sobrecalentamiento del aire absorbente del compresor que tiende a cero. Esta succión

"húmeda" puede quitar la película lubricante de las partes móviles del compresor y provocar su falla mecánica gracias a la acción de limpieza del refrigerante.

Si el líquido pasa a través de los canales de aceite internos del cilindro, puede eliminar tanto el aceite lubricante como el del pistón, lo que provoca rayaduras y sobrecalentamiento. Esta condición puede causar contaminación dentro del dispositivo.

c. Problemas con la lubricación. La falta de lubricantes en áreas críticas está asociada con el desgaste excesivo de las piezas. Los problemas que comúnmente afectan la lubricación son:

- Dilución del aceite. Quizás el problema de lubricación más común es la dilución del aceite. Dado que el aceite tiene una alta susceptibilidad al refrigerante, durante un tiempo de inactividad prolongado, el aceite puede diluirse con el refrigerante, lo que hace que pierda muchas de sus propiedades lubricantes.

- Pérdida de aceite. Hay muchas razones para la pérdida de aceite del compresor, que incluyen: ciclo corto, alta espuma de aceite, tiempo de funcionamiento prolongado con poca carga. La pérdida de aceite impide que el cigüeñal reciba la lubricación o refrigeración necesaria, lo que provoca mucho calor y desgaste en los orificios de biela.

- Viscosidad del aceite. El compresor se sobrecalienta y el aceite resultante aumenta haciendo que el aceite pierda su viscosidad, lo que dificulta la correcta lubricación de las partes móviles.

- Contaminación del sistema. Estos son daños relacionados con el desgaste excesivo debido a daños mecánicos o sobrecalentamiento del motor. Algunos de los contaminantes más comunes que se encuentran en los sistemas de enfriamiento son: humedad, óxido, suciedad y otros.

- Humedad. La humedad es causada por el aire que ingresa al sistema cuando se conectan las líneas de

refrigerante. Otra forma en que ocurre esta condición es mediante el uso de aceite refrigerante procesado incorrectamente que se usa en lugar del aceite del compresor.

- Suciedad. Materias extrañas como suciedad, soldadura o productos químicos se combinan con el aire para crear un desequilibrio que descompone las partículas de aceite. Estos factores, junto con el calor de las altas temperaturas de descarga y las temperaturas de fricción del sistema, pueden conducir a la formación de ácidos, lodos o una combinación de ambos.
- Un punto de caliente o quemado. Esta falla se encuentra entre las bobinas o entre la bobina y tierra. Para solucionarlo, el manual recomienda verificar si el voltaje parpadea, se abulta o se cae.
- Terminales en corto circuito. Esto ocurre cuando hay una ruptura o pérdida de aislamiento entre las terminales y el cuerpo del compresor. Generalmente son causados por un apriete excesivo de las tuercas terminales.

Figura 3. Causas comunes de las fallas en equipos de compresión a gas (Torra, 2017).

CAUSA	NO. DE ACCIDENTES	% DEL TOTAL	DAÑOS A LA PROPIEDAD \$USD	% DEL TOTAL	MUERTES	ACCIDENTES
Corrosión interna	0	0,00	\$ 0	0,00	0	0
Corrosión externa	3	3,09	\$31 000	0,28	1	2
Daños por fuerzas externas	66	68,04	\$8 957 046	81,79	6	24
Construcción/errores de operación	5	5,15	\$1 027 127	9,38	0	4
Accidentes causados por operación	6	6,19	\$90 000	0,82	1	8
Otros	17	17,53	\$845 500	7,72	8	5
Total	97		\$10 950 673		16	43

Desarrollo de estrategias para la eliminación de las fallas encontradas en el control de velocidad en equipos de compresión a gas

Una vez que el compresor está en funcionamiento, se debe desarrollar un estricto plan de mantenimiento preventivo para extender su vida útil y reducir los tiempos de inactividad innecesarios, es importante crear una hoja de

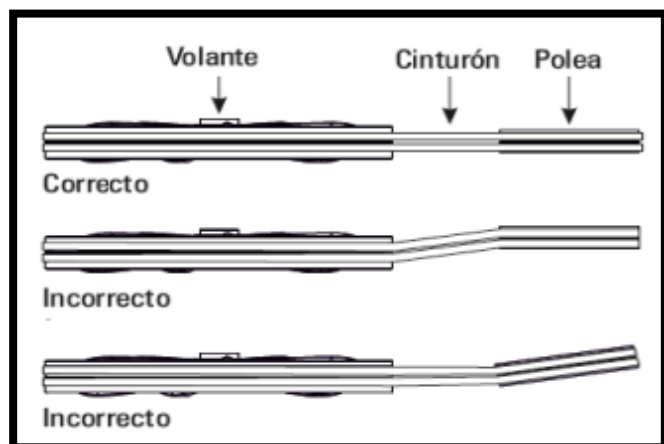
seguimiento que incluya un registro periódico de la operación del sistema. El requisito de monitorear el desempeño del equipo durante todo el año con el fin de detectar mal funcionamiento inminente, así como en caso de mal funcionamiento, esta información puede usarse para reconstruir la secuencia de eventos que pueden causar problemas.

En base a las fallas identificadas se desarrolla las siguientes estrategias para eliminación de estas:

- Cambio del aceite. Cada fabricante recomienda un lubricante específico, por lo que se recomienda usar el aceite mencionado anteriormente u otro aceite con propiedades similares, ya que después de investigar mucho, aseguran que con este lubricante, la vida útil de las piezas de configuración del compresor será mejor. El aceite debe cambiarse cada 3 meses o cada 500 horas de trabajo.
- Condensado en unidad. La condensación no suele estar presente en el funcionamiento del compresor, cuando se produce debido a la alta humedad relativa del aire y cuando la temperatura en el cilindro durante la aspiración es inferior a la temperatura del aire en el aire, entonces se produce la condensación. Si se produce condensación en el aceite de la máquina, debe instalar un filtro adicional.
- Cambio del filtro de admisión. El filtro de entrada debe limpiarse una vez a la semana, y esto se hace soplando el filtro con aire comprimido desde el interior del filtro hacia el exterior, no usando una presión superior a 40 psi. Para reemplazar el filtro de entrada, abra las abrazaderas, retire el filtro de entrada de saturación y reemplácelo por uno nuevo, luego abra las abrazaderas. Reemplace el elemento del filtro cada tres meses o cada 600 horas
- Ajuste de banda: El ajuste en la banda se realiza para evitar desgaste prematuro o desliz en la banda. La tensión de la correa debe verificarse semanalmente, lo que se puede hacer rápidamente

observando un ligero arco en el lado flojo de la correa mientras la unidad está funcionando, si la correa está correctamente ajustada. Exactamente o hay una diferencia en la tensión de la correa entre 1 cm y un máximo de 2 cm o 3/8 a 1/2.

Figura 4. Ajuste Correcto de la Banda (Guataneme, 2015).



- Cambio de rodamiento. El motor eléctrico y el cigüeñal (montado en fábrica) poseen rodamientos auto lubricado. La duración o vida útil de un rodamiento está definido por el número de horas de giro a una velocidad constante, por esto su frecuencia de cambio será establecida por el fabricante del rodamiento empleado. El motor eléctrico y el cigüeñal (instalado de fábrica) contienen cojinetes auto lubricantes. El tiempo o vida útil del rodamiento está determinado por el número de horas de giro a velocidad constante, por lo que la frecuencia de cambio de rodamientos la establecerá el fabricante del rodamiento utilizado.

- Detección de fugas. Se deben revisar todas las señales de escape del sistema para detectar fugas de aire alrededor de las conexiones, válvulas, accesorios, mangueras y accesorios, utilizando una solución jabonosa cada tres meses o cada 500 horas.

- Análisis de vibraciones. Mediante el análisis de vibraciones, es posible predecir fallas en los cojinetes causadas por el desgaste de componentes como las ranuras y los elementos rodantes de los compresores alternativos; Sin embargo, no se puede esperar que la jaula del rodamiento se

quiebre o agriete cuando se utiliza esta técnica, lo que provocaría daños repentinos e inminentes en la máquina.

CONCLUSIONES

El compresor es el corazón del sistema y el que más energía eléctrica consume en el dispositivo. Es muy importante hacer el dimensionamiento correctamente y una vez que el sistema esté funcionando, mantenerlo nivelado, para evitar problemas por exceso de presión, sobrecalentamiento, fuga de refrigerante u operar el compresor con una alta relación de compresión. Lo anterior, combinado o individualmente, conduce a una pérdida de eficiencia del sistema y la consiguiente falla del compresor.

El regulador es un mecanismo capaz de regular automáticamente la velocidad o potencia de un motor y que realiza esta función mucho mejor que un mando manual. Los reguladores de velocidad de regulación constante se utilizan en aquellos motores que deben mantener una velocidad constante a la vez que debe mantener una carga variable.

Se recomienda que, luego de determinar el daño grave, la dirección de logística proceda a la reparación del daño mencionado, ya que a pesar de que la aplicación del mantenimiento orientado a grados es en aras de la confiabilidad, la posibilidad de falla permanece oculta. por lo que tener repuestos en stock reduce el tiempo de mantenimiento en caso de mal funcionamiento.

El personal involucrado en el proceso debe recibir capacitación en mantenimiento centrada en la confiabilidad por parte de trabajadores, supervisores, gerentes y gerentes; Desde la documentación de errores del operador hasta la gestión de recursos y la corrección de fallas críticas en cuestiones de gestión y liderazgo.

Los compresores con fuentes de alimentación de velocidad controlada electrónicamente brindan una excelente oportunidad para mantener constante el aire comprimido en un rango de

presión extremadamente estrecho. Un inversor, que regula la velocidad de un motor de inducción convencional, es un ejemplo de tal solución. La capacidad del compresor se puede personalizar de acuerdo con los requisitos de aire específicos.

REFERENCIAS

CESSGAS. (2021). Análisis y evaluación de riesgos.

EDUCAREX. (2019). Guía de prevención de riesgos por el uso del aire comprimido y máquinas portátiles neumáticas.

Guataneme, A. (2015). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo al compresor de aire doble tornillo humedecido de la empresa Los Coches Megacentro, Bogotá.

García, M. (2015). Propuesta para la creación de un plan de mantenimiento basado en el análisis modal de falla y efecto (AMEF- AMFE), aplicable a empresas de impresión y artes gráficas, Bogotá.

Gasca, C., & Veloza, C. (2016). Optimización al mantenimiento de las estaciones de servicio de la empresa surpetroil s.a.s, Bogotá.

J. Sanz y C. Valdés. (2018). Determinación de modos de fallo y sus efectos en máquinas de la industria petroquímica.

Montalvo, A. (2017). Mantenimiento centrado en confiabilidad para el control de fallas en motocompresores reciprocantes, México.

Morales, C. (2019). Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa imprenta "Morales" de la ciudad de Ambato, Ecuador.

Recinos, E. (2008). Procedimientos de diagnóstico y corrección de averías en sistemas electrónicos de inyección automotriz

computarizados (gasolina), sin equipo costoso de diagnóstico., España.

Roldan, J., Ríos, I., & Isaza, M. (2014). Diseño de gestión de mantenimiento para sistemas de compresión y vacío para empresas en Colombia.

Suárez, A. (2019). Resolución de Fallas Recurrentes de Alto Impacto en Componentes de Compresores Reciprocantes Complejos.

Tamayo y Tamayo, M. (2006). El Proceso de La Investigación Científica.

Torra, D. (2017). Manual de operación de la estación de compresión de gas de la Sabana, Bucaramanga.

Valdivieso, J. (s.f.). Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales, Cuenca.

Velez, H. (2016). Estudio de causas de falla en variadores de frecuencia bajo ambientes industriales, Bogotá.

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.

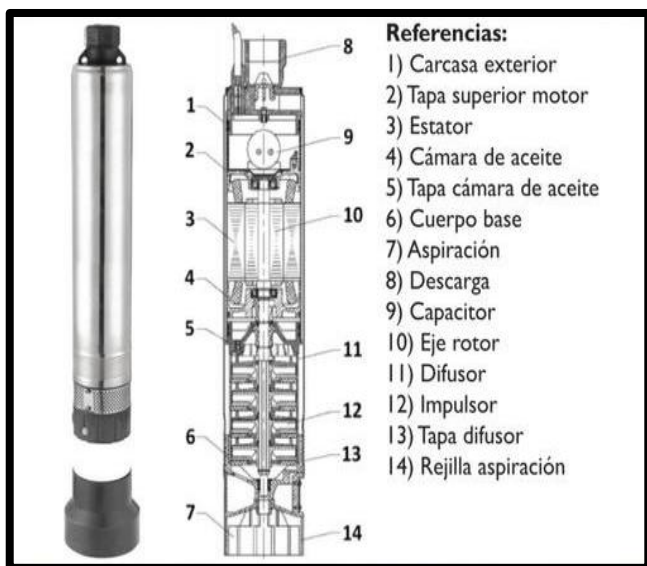
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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).

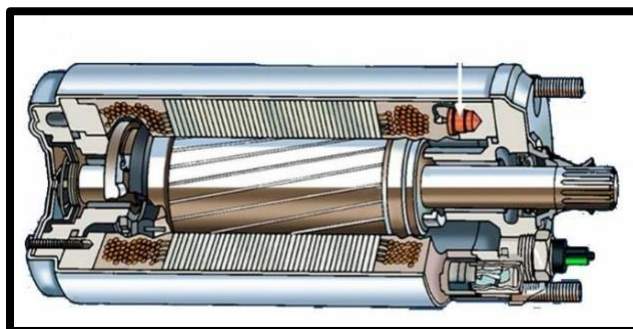


El número de etapas de bombeo (multi-etapas) estará determinado por la presión requerida en la cabeza del pozo, la profundidad de la cabeza de la bomba y el volumen de líquido producido.

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

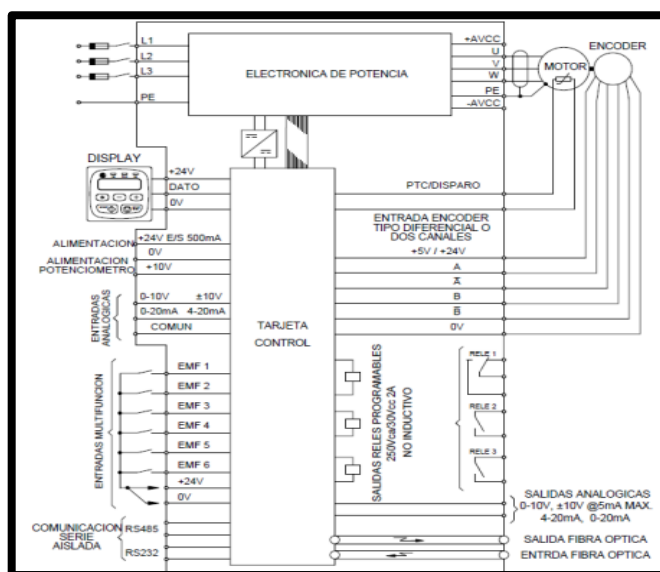
goma para el equilibrio de la diferencia de presión. En caso de que el cabezal de la bomba permanezca por debajo del rango de funcionamiento normal durante el arranque y en condiciones de velocidad máxima, la bomba puede aumentar la presión.

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



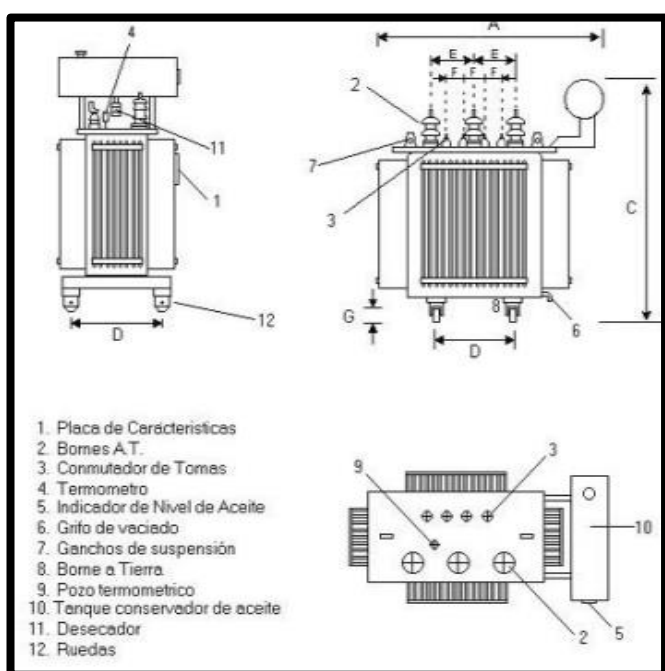
3. Variador de frecuencia. Un variador modifica la velocidad de un motor tipo eléctrico para que su corriente sea coincidente con las necesidades de su aplicación, de esta manera se reduce el consumo eléctrico entre un 30 y 60%. Un variador es un regulador utilizado en las industrias que se sitúa en 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.



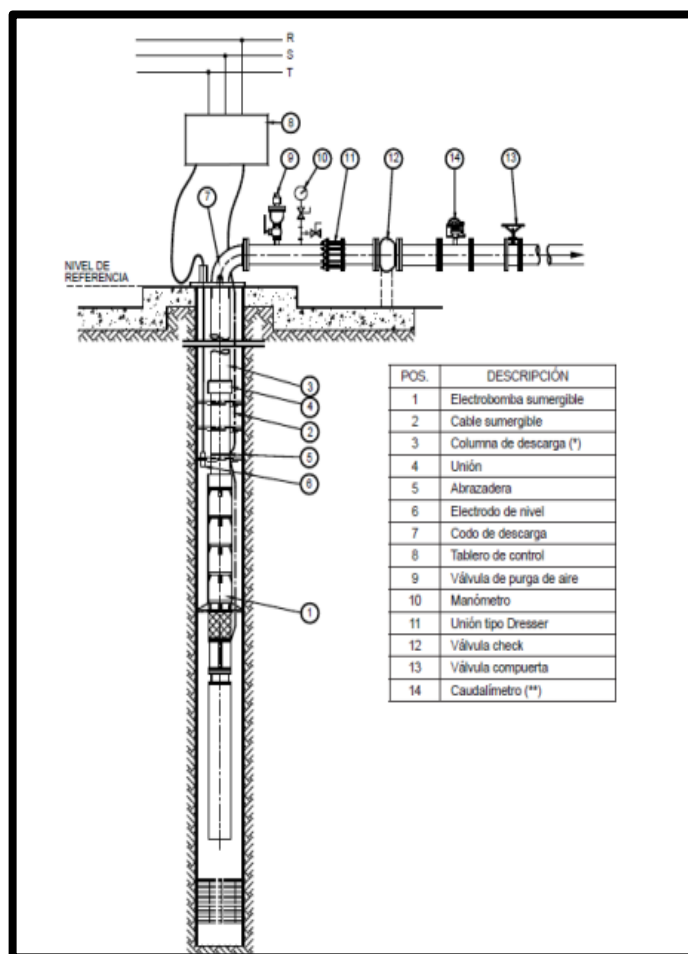
4. Transformador. Un transformador es un dispositivo que se basa en la inducción electromagnética para convertir la corriente alterna de un cierto voltaje en corriente alterna de un voltaje diferente. Este equipo consiste en el uso de dos bobinas conductoras que están enrolladas en un núcleo ferromagnético, 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.

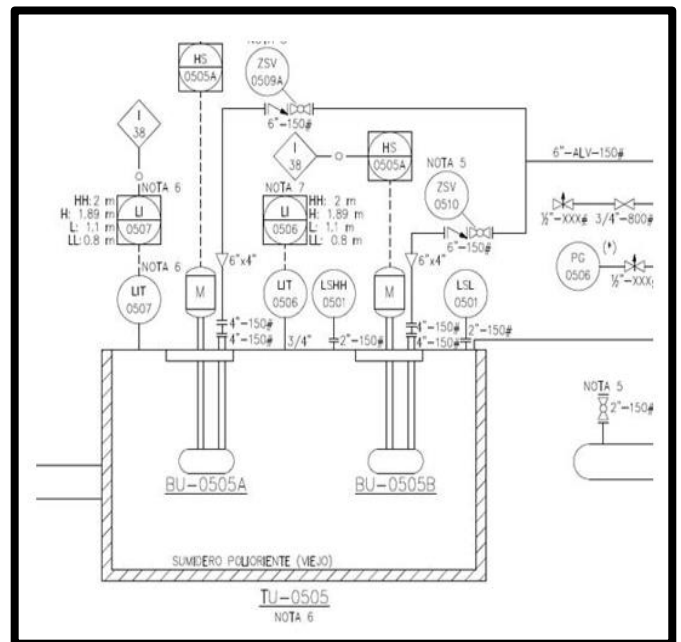


Figura 6. Bomba sumergible del sumidero BU0505.



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.

VALORACION 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

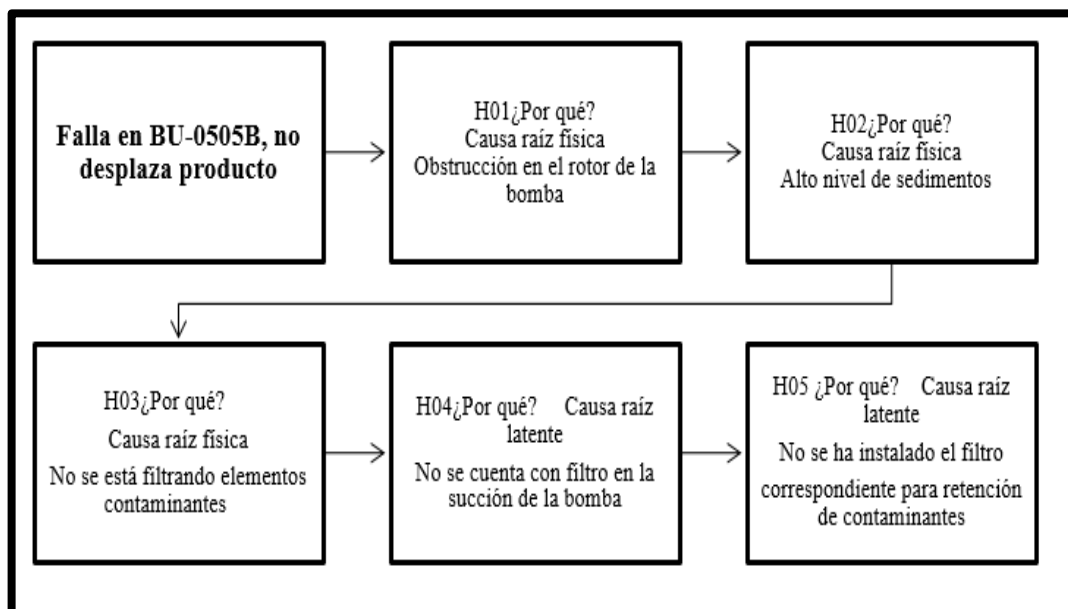
Figura 12. Análisis de los 5 por que.

	¿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.