



# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS BASADAS EN EL TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MINERA HUÍNAC S.A.C. TICAPAMPA - HUARAZ - ANCASH 2019

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Ruben Paulino Orellana Huaman

Asesor:

Ing. Mg. Fernando Páez Espinal

Lima, Perú

2020

## **DEDICATORIA**

A mi esposa y a mis hijos, posiblemente en este momento no entiendan mis palabras, pero cuando sean capaces quiero que se den cuenta de lo mucho que significan para mí. Son la razón de que me levante cada día a esforzarme por el presente y el mañana, gracias por ser mi principal motivación.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a todo el grupo de trabajo del área de mantenimiento planta por dar lo mejor de ellos día a día y por ayudarme a desarrollar mi trabajo, a los ingenieros, a la gerencia general y a la empresa Minera Huinac S.A.C. por brindarme toda la información necesaria para hacer posible este Trabajo de Suficiencia Profesional.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>92</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Pilares del TPM</i> .....	24
Tabla 2. <i>Estrategias de desarrollo y metodologías aplicadas</i> .....	36
Tabla 3. <i>Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018</i> .....	41
Tabla 4. <i>Equipos críticos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM.</i> .....	43
Tabla 5. <i>Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2018</i> .....	48
Tabla 6. <i>Indicadores de mantenimiento de equipos en el año 2018</i> .....	51
Tabla 7. <i>Cálculo del índice de calidad – año 2018</i> .....	53
Tabla 8. <i>Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018</i> .....	54
Tabla 9. <i>Códigos de máquinas por área de trabajo.</i> .....	55
Tabla 10. <i>Tipos de falla y frecuencia de ocurrencia.</i> .....	56
Tabla 11. <i>Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) para la empresa Minera Huínac S.A.C.</i> .....	61
Tabla 12. <i>Costos de insumos básicos de la propuesta.</i> .....	64
Tabla 13. <i>Inventario de repuestos utilizados en la implementación del mantenimiento autónomo.</i> .....	65
Tabla 14. <i>Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019</i> .....	92
Tabla 15. <i>Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019</i> .....	95
Tabla 16. <i>Cálculo del índice de calidad – año 2019</i> .....	97
Tabla 17. <i>Eficiencia global de planta (OEE) posterior al período de implementación del plan de mejoras – año 2019</i> .....	98
Tabla 18. <i>Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018</i> .....	99
Tabla 19. <i>Variaciones estimadas en los ingresos por la implementación del TPM</i> .....	99

Tabla 20. <i>Estimación de los costos incurridos en la implementación del TPM</i> .....	100
Tabla 21. <i>Estimación del flujo de efectivo proyectado sin implementación</i> .....	102
Tabla 22. <i>Estimación del flujo de efectivo proyectado con implementación</i> .....	103
Tabla 23. <i>Estimación de las razones financieras para determinar el costo y beneficio</i> ...	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Organigrama de la empresa .....	13
<i>Figura 2.</i> Sistema de tratamiento de agua en minas.....	15
<i>Figura 3.</i> Diagrama analítico de procesos.....	40
<i>Figura 4.</i> Factor de utilización (%) año 2018. ....	49
<i>Figura 5.</i> Factor disponibilidad física (%) año 2018. ....	49
<i>Figura 6.</i> Factor de rendimiento (%) año 2018.....	50
<i>Figura 7.</i> Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) año 2018. ....	51
<i>Figura 8.</i> Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) año 2018.....	52
<i>Figura 9.</i> Factor de confiabilidad año 2018. ....	52
<i>Figura 10.</i> Diagrama de Pareto de las fallas de las máquinas críticas de la empresa HUINAC S.A.C .....	57
<i>Figura 11.</i> Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia de la gestión de mantenimiento de la empresa.....	58
<i>Figura 12.</i> Diagrama de Gantt para planificar las acciones de mejora. ....	59
<i>Figura 13.</i> Zaranda Vibratoria. ....	69
<i>Figura 14.</i> Mantenimiento de Chancadora.....	70
<i>Figura 15.</i> Pintura a Chancadora.....	70
<i>Figura 16.</i> Banda transportadora.....	71
<i>Figura 17.</i> Medición de desgaste de rodamientos del molino de bolas. ....	73
<i>Figura 18.</i> Molino de Bolas .....	73
<i>Figura 19.</i> Bomba Espiasa antes del mantenimiento .....	74
<i>Figura 20.</i> Soporte del eje de la bomba luego del mantenimiento.....	75
<i>Figura 21.</i> Celdas de Pb N° 01. antes del mantenimiento.....	76

<i>Figura 22.</i> Celdas de Pb N° 01. Luego del mantenimiento.....	76
<i>Figura 23.</i> Mecanismo de agitación de la celda de Zn antes del mantenimiento.....	77
<i>Figura 24.</i> Mecanismo de agitación de la celda de Zn luego del mantenimiento. ....	77
<i>Figura 25.</i> Celda de Zn antes del mantenimiento. ....	78
<i>Figura 26.</i> Celda de Zn luego del mantenimiento.....	78
<i>Figura 27.</i> Filtro de Discos 8' X 5 Discos, Marca Ral-dy.....	79
<i>Figura 28.</i> Bomba de vacío, Marca Ral-dy, luego del mantenimiento. ....	80
<i>Figura 29.</i> Tubería de succión de la bomba antes del mantenimiento. ....	81
<i>Figura 30.</i> Tubería de succión de la bomba luego del mantenimiento. ....	81
<i>Figura 31.</i> Bomba Hidrostral antes del mantenimiento. ....	82
<i>Figura 32.</i> Bomba Hidrostral antes del mantenimiento. ....	82
<i>Figura 33.</i> Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 1) .....	85
<i>Figura 34.</i> Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 2) .....	86
<i>Figura 35.</i> Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 3) .....	87
<i>Figura 36.</i> Registro de mantenimiento correctivo de la chancadora de quijadas.....	89
<i>Figura 37.</i> Capacitación del personal de la empresa HUINAC S.A.C. ....	91
<i>Figura 38.</i> Variaciones en el Factor de utilización (%) año 2018-2019. ....	93
<i>Figura 39.</i> Variaciones en el Factor disponibilidad física (%) año 2018-2019. ....	93
<i>Figura 40.</i> Variaciones en el Factor de rendimiento (%) año 2018-2019.....	94
<i>Figura 41.</i> Variaciones en la Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) año 2018-2019.....	95
<i>Figura 42.</i> Variaciones Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) año 2018-2019.....	96
<i>Figura 43.</i> Variaciones Factor de confiabilidad año 2018-2019.....	96

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Niveles de producción .....	41
-----------------------------------------	----

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El informe muestra los resultados de la experiencia profesional con el propósito de implementar un plan de mejoras basadas en el TPM en el área de producción en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019, a partir de la situación inicial detectada, en la que se observaron situaciones relacionadas con la gestión de mantenimiento que afectaban la productividad de la organización. Entre tales, se observó incumplimiento de planes preventivos programados y el desconocimiento del personal operativo de las labores de mantenimiento autónomo. La implementación se realizó durante tres meses mediante acciones para contrarrestar las debilidades detectadas, las cuales fueron agrupadas en tres pilares del TPM: mantenimiento planificado, formación y adiestramiento y mantenimiento autónomo. Durante la experiencia se puso en práctica los conocimientos, herramientas y actividades provistas por diversos enfoques de la Ingeniería Industrial y la gestión de mantenimiento para el logro de mejoras, el cual fue el principal aporte del investigador a la empresa, con lo cual se logró incrementar la eficiencia global de planta (OEE) después de la implementación de acciones basadas en TPM en 90.64%, lo que supone una mejora del 5.78%, además de un incremento en los ingresos estimados en 8,20% (403,645.23 anual).

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **Contextualización de la experiencia**

La experiencia en la empresa fue bajo el cargo de Supervisor de Mantenimiento de Planta, en el cual se realizaron actividades inherentes a la responsabilidad asumida, tales como: inspección de la infraestructura, equipos, máquinas y unidades de transporte con regularidad, para identificar problemas y el mantenimiento necesario; preparar programas de mantenimiento anuales y asignar el trabajo según las cargas de trabajo previstas; seleccionar, supervisar y capacitar trabajadores, coordinar las actividades diarias de limpieza y mantenimiento; supervisión de todas las reparaciones y aseguramiento de que el trabajo se complete a tiempo; control del inventario de maquinarias y equipos y aseguramiento de su adecuado almacenamiento, cumplimiento de las normas y prácticas de salud y seguridad laboral; realización de trabajos de mantenimiento preventivo de acuerdo a la planificación acordada y trabajos de mantenimiento y reparación no planificados.

Durante la experiencia en la organización, se tuvo la oportunidad de llevar a cabo un conjunto de mejoras e innovaciones, con la intención de aplicar las herramientas de la ingeniería industrial adquiridas a lo largo de la formación profesional universitaria y en experiencias laborales previas. Como resultado de esta actividad, se logró inicialmente realizar un diagnóstico en cuanto a la necesidad de mejorar los procesos relacionados con el mantenimiento de las máquinas y equipos de la empresa, con el objeto de contribuir a su disponibilidad de los equipos; diagnóstico que resultó en la implementación de las herramientas TPM como una solución que facilitará la integración de los operadores a los procesos de mantenimiento, el incremento de sus habilidades, control y seguimiento de las actividades e incidirá favorablemente sobre los resultados financieros de la empresa.

## **Descripción de la organización**

Minera Huínac S.A.C. es una organización empresa regional y familiar peruana con más de 60 años de presencia minera en la Región Ancash. Minera Huínac fue constituida en el año 1999 siendo sus predecesoras las concesiones y trabajos de Don Raúl Vizcarra Álvarez y Don Raúl Vizcarra Smith en el Distrito Minero de Huínac, desde el año 1957.

A nivel de su perfil estratégico, la misión de la empresa es explorar y explotar vetas polimetálicas de manera altamente productiva y rentable, cumpliendo con las normas de seguridad y salud ocupacional y con responsabilidad ambiental y social; explotar nuevas reservas de mineral que garanticen su sostenibilidad y crecimiento en el mediano y largo plazo. Como misión organizacional, Minera Huínac es la minera referente de la pequeña minería polimetálica por su desempeño en seguridad, salud, responsabilidad social y cuidado del medio ambiente.

El yacimiento que actualmente explota la Compañía Minera Huínac S.A.C. consiste en un sistema de vetas de mineralización polimetálica de origen meso-termal con algunas características epitermales. Las principales vetas que actualmente se están explotando tienen un rumbo noroeste y pertenecen a un sistema que no fue explotado por las compañías mineras precedentes en la zona.

La organización de los recursos humanos de la empresa se encuentra distribuida de manera funcional, con un jefe de operaciones que coordina las labores de 51 personas en las áreas de administración, mantenimiento, operaciones móviles y equipos pesados, tal como se puede apreciar en el organigrama presentado en la Figura 1:

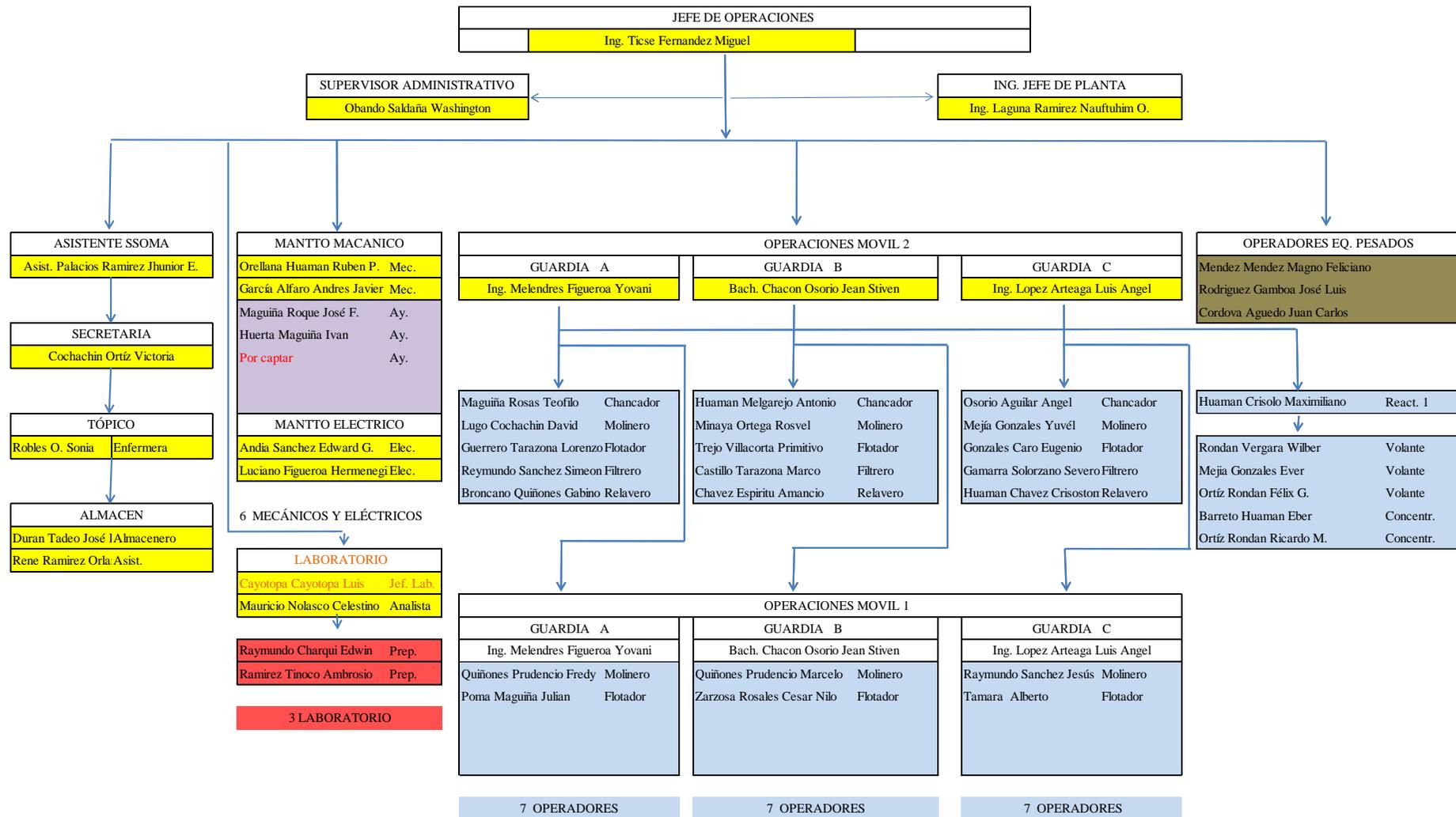


Figura 1. Organigrama de la empresa  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

## **Productos y servicios de la organización**

Las especies mineralógicas de interés económico que se extraen son sulfuros de plomo, zinc, plata y cobre. La operación minera de la compañía Minera Huínac S.A.C. se ubica en el Distrito de La Merced, Provincia de Aija, Departamento de Ancash, a unos 24 kilómetros al suroeste de la ciudad de Huaraz. Las labores de trabajo, así como los campamentos y oficinas se encuentran entre los 3,800 y 4,300 metros sobre el nivel del mar. El acceso es por la carretera asfaltada Huaraz-Casma hasta la zona denominada Punta Callán, para posteriormente tomar un camino de trocha hacia las instalaciones de la mina.

El sistema de explotación del yacimiento es con laboreo subterráneo utilizando el método de corte y relleno ascendente. Una vez que el material es arrancado de la roca intacta a través de las operaciones unitarias de perforación y voladura, este es acarreado con locomotoras eléctricas por los niveles de acceso hacia la superficie, para posteriormente ser transportado con volquetes hacia la planta de beneficio de Cochapampa, en el distrito de Ticapampa.

Una de las mayores preocupaciones de la organización es el cuidado del ambiente, por lo cual se gestionan los desechos de manera responsable siempre minimizando su impacto en el medio ambiente. En la mina se cuenta con un botadero único, el cual está contemplado en el plan de cierre y su diseño está ideado para general el menor impacto posible. En Planta los desechos son rocas y residuos provenientes del proceso productivo. Los cuales se acumulan y guardan en la Relavera, la cual está diseñada de acuerdo con estrictas regulaciones su diseño es antisísmico y anti-filtraciones y se encuentra permanentemente monitoreada con piezómetros e inspecciones. Los desechos orgánicos provenientes del campamento son procesados para la elaboración de compost o humus para fertilizar las zonas forestadas alrededor de la Planta de tratamiento de minerales.

Asimismo, a través de un contante proceso de mejora con el manejo de agua de mina, se logra minimizar el impacto sobre las fuentes de agua. Además, mediante los proyectos se busca aumentar el suministro de agua permanente para beneficio de la organización y el de los usuarios de la cuenca. De esta manera, se busca la eficiencia y la minimización del uso del agua. En la planta se cumple con la política de vertimiento cero y el 75% del agua que se utiliza se reúsa en el proceso productivo (Ver Figura 2).

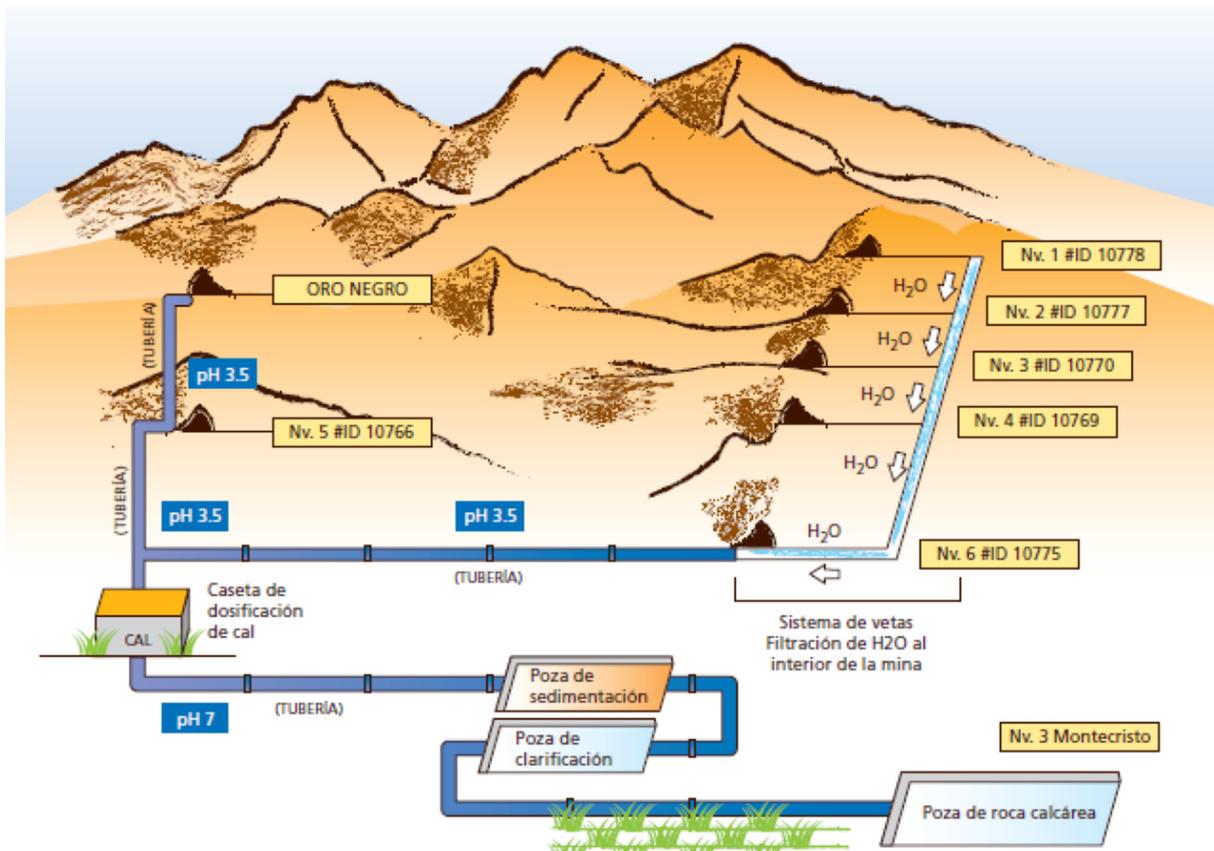


Figura 2. Sistema de tratamiento de agua en minas provenientes de los pasivos ambientales.  
 Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

Las políticas de desarrollo sostenible de la empresa han sido desarrolladas desde las siguientes perspectivas:

- a. Gestión ambiental: Las medidas de cuidado del medio ambiente tienen como objetivo que la actividad minera se desarrolle de manera que su efecto sobre la vegetación, el

- suelo, el agua y el resto de los elementos del medio sea el mínimo posible, con ahorro de recursos y de energía, reduciendo la contaminación y la generación de residuos.
- b. Gestión social: Se trabaja y se vive para el desarrollo de Áncash y sus habitantes. Se realizan esfuerzos para el progreso presente y se impulsa su desarrollo futuro. Impulsar el desarrollo está relacionado con participar de iniciativas, proyectos y obras que mejoren la calidad de vida de las comunidades en el entorno.
  - c. Salud: el compromiso es velar por la salud de los trabajadores y colaboradores desempeñando una política de prevención a largo plazo, que incluye controles periódicos de salud.
  - d. Seguridad: el compromiso permanente es mantener un espacio seguro y libre de accidentes. Buscando el buen entendimiento entre equipos de trabajo, con disciplina y cuidado mutuo.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **Antecedentes de la investigación**

Con el propósito de crear un sustento teórico que respalde la investigación que se llevó a cabo y sus resultados se procedió a la revisión de diversos estudios previos relacionados con la implementación de la herramienta de mejora continua TMP en las organizaciones y sus efectos. Como resultado de esta actividad se presentaron los siguientes antecedentes internacionales y nacionales.

#### **Antecedentes Internacionales**

Dos Reis, Godina, Pimentel, Silva y Matias (2019), elaboraron un estudio para describir la implementación de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) para la confiabilidad de una línea de producción automotriz de mecanizado y ensamblaje. Esta línea de producción se considera crítica para la unidad industrial en este caso de estudio. Con el fin de mejorar el estado actual de las máquinas que operan en la línea de producción, se realizaron varios pasos para identificar las posibles anomalías. La estrategia utilizada es la reducción de pérdidas ocasionadas por fallas en las máquinas, cuyo foco es el desarrollo de acciones de identificación de problemas como degradaciones aceleradas, degradaciones forzadas y posterior corrección de anomalías. Otro foco es el restablecimiento del estado de referencia, en caso de estar acorde con el proceso actual, y el desarrollo de acciones para evitar la ocurrencia de nuevos desperfectos y fallas. Se realizaron varias acciones de mejora después de identificar varios desafíos. En este análisis se pudo evaluar que el resultado operacional de la línea evolucionó positivamente desde el momento en que se iniciaron las acciones. Al final se obtuvo un aumento del 18% en los resultados operativos en comparación con el período inicial de análisis.

Gupta y Vardhan (2019), llevaron a cabo un estudio con el propósito de investigar cómo ha evolucionado el aumento en el volumen de ventas al mejorar la efectividad general del equipo (OEE) de las máquinas, la productividad de la planta y el costo de producción a través de iniciativas de mantenimiento productivo total (TPM) en una industria de fabricación de tractores de renombre en India. Los hallazgos empíricos del estudio revelan que el aumento de la OEE y la productividad, y la reducción de los costos de producción, duplicaron los ingresos por ventas y triplicaron las ganancias en un período de tres años. La industria también logró beneficios notablemente tangibles e intangibles con la implementación de TPM. Los autores concluyeron que a evaluación y análisis de la metodología adoptada para mejorar el volumen de ventas a través de iniciativas de TPM se llevó a cabo utilizando un enfoque de investigación interactivo. El ejemplo industrial sobre la aplicación de la herramienta OEE demuestra que tiene un potencial notable para mejorar la eficacia del equipo. Los hallazgos empíricos del estudio revelan que el aumento de la OEE y la productividad, y la reducción de los costos de producción, duplicaron los ingresos por ventas y triplicaron las ganancias en un período de tres años.

Andersson, Manfredsson, & Björn (2015), llevaron a cabo una investigación con el objetivo de evaluar la Efectividad del TPM en los procesos de soporte de una organización y convertirlo en un habilitador de la excelencia operativa. El estudio fue realizado bajo el enfoque cualitativo, con un estudio de caso y la recopilación de datos empíricos a través de entrevistas en diversos grupos de trabajo de diferentes empresas que habían aplicado TPM. En sus resultados, los autores propusieron un modelo inductivo para aplicar la estrategia como actividad de soporte, para lo cual propusieron tres estrategias básicas: definición de actividades, implementación y mantenimiento. En sus conclusiones, los autores expusieron que el TPM debe realizarse como parte de las rutinas diarias ordinarias; la planificación y

las discusiones relacionadas con esta metodología deben incluirse en actividades que involucren a todo el personal. Asimismo, se debe incorporar herramientas como 5 S y el mantenimiento tradicional para organizar un sistema y no una actividad aislada que pueda crear valor tanto desde la perspectiva empresarial como la del trabajador.

Chlebus, Helman, Olejarczyk y Rosienkiewicz (2015), realizaron un artículo con el propósito de elaborar un nuevo enfoque sobre la implementación de TPM en el sector minería a través de un estudio de caso. La investigación fue realizada bajo el enfoque holístico, para lo cual se realizaron tres tipos de actividades en paralelo: el diseño de una sala para máquinas en una zona piloto, la optimización del proceso del servicio diario mediante mantenimiento productivo total y la estandarización de las reparaciones. Los resultados de la investigación indicaron que los principales pilares del TPM que se aplicaron en la organización estudiada fueron: la mejora del entorno del trabajo, el mantenimiento autónomo y los estándares de desarrollo para el personal. En las conclusiones, los investigadores indicaron que con el fin de adaptar TPM a las condiciones de la industria de la minería, se debe cumplir con actividades como el análisis de fallas y la selección de un grupo piloto de máquinas para demostrar que la metodología TPM de manera coherente contribuye con el éxito de las empresas mineras con el fin de aumentar la rentabilidad e introducir un enfoque de mejora continua.

### **Antecedentes nacionales**

Gamarra (2018) elaboró una tesis con el objetivo de proponer una mejora en la gestión y mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prefabricado en una empresa textil a través de la herramienta TPM. El estudio fue realizado bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado y de nivel descriptivo no experimental. En sus resultados, los autores implementaron medidas para mejorar la disponibilidad de las máquinas a través de

herramienta diagnósticos y el análisis de las causas que generan generaban las paradas de equipos no programadas. En sus conclusiones, expusieron que se desarrolló una metodología de trabajo relacionada con los procesos productivos de la empresa enfocada en la mejora continua de esta manera la implementación del TPM en conjunto con actividades de producción y mantenimiento optimizaron las labores y se redujo los errores en la producción. Asimismo, se definió un estudio de factibilidad para evaluar la propuesta de solución a través de un costo beneficio.

Llontop (2018), llevó a cabo una tesis para promover la implementación de la herramienta TPM en el área de extracción de jugo trapiche con el propósito de medir los efectos sobre la productividad en una empresa del sector agroindustrial. El diagnóstico se llevó a cabo mediante un análisis de modo de fallas, lo que determinó año un proceso de pérdidas económicas y baja productividad. Para enfrentar estas debilidades, se propuso la implementación de un TPM enfocado en el mantenimiento autónomo, así como un análisis de costo beneficio para disminuir las pérdidas e incrementar la productividad. Los autores concluyeron que la implementación logró mejorar la eficiencia global de los equipos y disminuyó las paradas, por lo que se observó una mejora general en el mantenimiento, la disponibilidad y la formación del personal.

Silva (2017), realizó una tesis con el propósito de implementar TPM en una planta industrial del sector textil. El estudio fue elaborado bajo los preceptos de una investigación cuantitativa de tipo aplicada y diseño descriptivo y evaluativo. Eso en sus resultados el investigador demostró que tomando medidas basadas en TPM se logran mejoras en el mantenimiento de las máquinas de los telares, especialmente en la anticipación desperfectos, coma la reducción de las paradas no planificadas de maquinaria; así como la implementación de los pilares del TPM, aunque el tiempo de evaluación pueda ser prolongado. De la misma

forma, el autor hizo énfasis en sus conclusiones que la cooperación entre los trabajadores para gestionar el cambio de rutinas y las formas de trabajo es un elemento clave para el éxito del TPM. De igual manera, la vigilancia de los directivos y gerentes para cumplir con los programas establecidos e implementar cultura de mantenimiento.

Suárez (2016), elaboró una tesis con el propósito de implementar la metodología TPM en una empresa del sector de energía y minas, investigación realizada bajo el enfoque cuantitativo de tipo aplicado y de nivel descriptivo no experimental. En sus resultados, el autor expresó que se diseñó un programa de mantenimiento basado en TPM a través de la creación de formatos para rutinas diarias semanales mensuales, registros estadísticos para crear una base histórica, la reducción del tiempo de búsqueda de los componentes a través de una lista de control, preparación de manuales para el manejo de cada equipo y la recuperación de componentes para que puedan ser reutilizados. En sus conclusiones los autores indicaron que el plan implementado contribuyó a la reducción de los costos en los sistemas y equipos de la empresa para de esta manera aumentar el rendimiento, la disponibilidad de los equipos, la planificación de los trabajos y el mantenimiento preventivo.

## **Bases Teóricas**

### **Mantenimiento Productivo Total**

Casi todos los procesos de producción industrial se llevan a cabo con la ayuda de máquinas, por lo que cada organización orientada a la producción depende en gran medida de su maquinaria. Cuando se produce una avería o una interrupción a largo plazo de máquinas, equipos o herramientas importantes, esto automáticamente tendrá consecuencias de gran alcance para la producción total (Sutharsan & Kaple, 2018). De acuerdo con Trout (2018), El mantenimiento productivo total (TPM) es el proceso de utilizar máquinas,

equipos, empleados y procesos de apoyo para mantener y mejorar la integridad de la producción y la calidad de los sistemas

Asimismo, TPM es un método para mantener y mejorar la integridad de los sistemas de producción y calidad a través de las máquinas, los equipos, los empleados y los procesos de apoyo, desarrollado por el Instituto Japonés de Tecnología, en cuya escuela se desarrolló Tokutaro Suzuki, autor del principal texto de esta metodología, *TPM en industrias de procesos*. TPM puede ser de gran valor y su objetivo es mejorar los procesos comerciales centrales. La frase TPM fue utilizada por primera vez en 1961 por la empresa japonesa Denso. Este proveedor de la industria automotriz, realizó un proyecto de mejora con la mejora continua como punto de partida e introdujo el mantenimiento autónomo y preventivo de las máquinas. TPM está especialmente diseñado para empresas con muchas máquinas que implican altos costos de mantenimiento (Wickramasinghe, & Perera, 2016). TPM no se trata solo de mantener la productividad sino también del mantenimiento de las máquinas y la prevención de posibles averías. TPM trata sobre la mejora de la productividad y la optimización de la disponibilidad de la máquina a través de la cual las máquinas operan a su nivel óptimo (Mogdil & Sharma, 2016).

Todos dentro de la organización deben ser conscientes de las pérdidas ocultas con respecto a la falla de la máquina o el tiempo necesario para la reparación de la máquina. Además, cuando una máquina no puede funcionar a toda velocidad o produce productos inferiores, se considera una actividad que genera pérdidas para la organización. El objetivo es tener una puntuación de eficacia global del equipo (OEE) del 100% y esto representa una producción perfecta. En ese caso, las máquinas siempre funcionan a toda velocidad y entregan productos de perfecta calidad (Jain et al., 2018). De acuerdo con Hooi. & Leong (2017), El punto de partida de TPM es que todos son responsables del mantenimiento diario

de las máquinas. La participación de los empleados en las propuestas de mejora y mantenimiento son características clave dentro de TPM, para que puedan mejorar de manera conjunta la eficiencia de la máquina, paso a paso. Por tanto, el mantenimiento también significa "mejora". Las máquinas se compran solo para el propósito previsto. Después de eso, es posible exponer y eliminar defectos ocultos en las máquinas.

Asimismo, Jain et al. (2018) expresaron que todos, desde el operador hasta el ingeniero de mantenimiento, deben hacer esfuerzos conjuntos para mejorar la OEE. Esto se puede lograr formando pequeños equipos multidisciplinarios. Esto se puede lograr prestando atención al mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo, capacitación de los empleados involucrados, seguridad y estandarización de los procesos de trabajo, el objetivo es cero defectos: cero errores, cero pérdidas y cero accidentes laborales

Por ello, el TPM es un programa de mantenimiento que implica un concepto recientemente definido para el mantenimiento de plantas y equipo. Al igual que otros métodos de mejora de procesos, TPM se ha convertido en un método de gestión de procesos general, que se puede aplicar ampliamente para luchar por la perfección de la máquina. Además de la disponibilidad de la máquina, otros factores juegan un papel como los aspectos logísticos y humanos. Por lo tanto, la fuerte participación de los empleados en diferentes disciplinas forma una parte importante de TPM. Todos están involucrados de principio a fin. Esto hace que TPM sea un método útil que monitorea máquinas complejas o costosas; evita que los costos de mantenimiento sean demasiado elevados y garantiza que la producción no se estanque (Mogdil & Sharma, 2016).

### ***Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).***

Al utilizar equipos multidisciplinarios, la disponibilidad de máquinas mejorará enormemente. TPM se centra en el uso eficaz y eficiente de los medios de producción y tiene como objetivo la participación de todos los departamentos. Los pequeños equipos multidisciplinarios trabajan juntos desde siete pilares TPM diferentes para mejorar la confiabilidad del equipo y aumentar la productividad (Ver Tabla 1).

Tabla 1. *Pilares del TPM*

Pilares	Descripción
Mejoras enfocadas:	Los equipos se forman con personas de varios departamentos o funciones de la empresa. Los problemas relacionados con el equipo se identifican y los objetivos de mejora se establecen en el evento de mejora. Durante las actividades, los participantes mapean el estado actual como una medida de desempeño de referencia sobre la cual compararán cualquier desempeño futuro después de la mejora. El equipo trabaja en conjunto y realiza el análisis de la causa raíz de los problemas, implementa soluciones y se asegura de que se mantengan.
Mantenimiento autónomo:	La actividad de mantenimiento autónomo es realizada por los operadores y crea una propiedad con la máquina. El operador de la máquina es responsable de la limpieza diaria y las actividades menores de mantenimiento. Los niveles de habilidad de los trabajadores aumentan a medida que comprenden el funcionamiento general del equipo, logrando así el objetivo de habilidades múltiples de una organización ajustada. Las inversiones de capital se reducen porque la organización tiene equipo confiable. La vida útil de las

---

	máquinas aumenta a medida que se comprueba el deterioro de la máquina mediante un control y mantenimiento constantes.
Mantenimiento planificado:	El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejoramiento, prevención y predicción de fallas. De esta forma, para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento, se hace vital contar con una base de información referencial y la generación de conocimiento a partir de los datos analizados, capacidad de planificación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.
Prevención del mantenimiento:	Son aquellas acciones orientadas al mejoramiento que se llevan a cabo durante la etapa de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su uso. De esta forma, al programarse la compra de nuevos equipos, una empresa puede hacer uso de la evolución documentada respecto al comportamiento de las máquinas que posee, con el propósito de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir considerablemente las razones que originan averías desde el mismo momento en que se planifica la adquisición un nuevo equipo.
Mantenimiento de calidad	Este pilar de TPM mejora la calidad al garantizar que el equipo sea capaz de detectar y prevenir errores durante la producción. Al detectar errores durante la producción, los procesos se vuelven confiables para producir los componentes correctos a la primera y esto reduce el costo de mala calidad. Utilizando herramientas lean, las máquinas detectan y notifican cualquier condición anormal, liberando así a los operadores del monitoreo excesivo.

---

---

Actividades del departamento de administración y de apoyo	Incluye todas las funciones de apoyo para comprender y aplicar los principios de lean en sus propias operaciones. Esto les facilita brindar un servicio eficiente a los procesos de Valor Agregado. Los principios de TPM también se pueden aplicar como técnicas independientes para mejorar la eficiencia de estas funciones de apoyo. Por ejemplo, si las funciones administrativas pueden mejorar sus procedimientos de procesamiento de pedidos, entonces los materiales llegarán a la planta de manera impecable, lo que tendrá un efecto positivo en el flujo de trabajo.
Formación y adiestramiento	Este pilar tiene como objetivo incrementar las capacidades y habilidades de los empleados. Mantilla (2016), explica al respecto que las habilidades están relacionadas con la forma adecuada de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. En otras palabras, es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo.
Gestión de seguridad y entorno	El pilar relacionado con Salud, Seguridad y Medio Ambiente del Mantenimiento Productivo Total garantiza que todos los trabajadores cuenten con un entorno seguro y se eliminen las condiciones inseguras. En un entorno seguro, la actitud de los empleados hacia el trabajo cambia drásticamente, lo que se traduce en mejoras en la productividad, la calidad y el rendimiento de la entrega. Los equipos trabajarán para hacer que las máquinas sean seguras de usar para los operadores mediante la instalación de protectores de máquinas, procedimientos operativos estándar, uso de equipo de protección personal y botiquines de primeros auxilios en el área de trabajo.

---

### ***Beneficios del TPM***

TPM es una filosofía de fabricación ajustada que se centra en lograr una producción casi perfecta. Los objetivos de TPM son altos: sin averías, sin paradas pequeñas o funcionamiento lento, sin defectos y sin accidentes; enfatiza el mantenimiento proactivo y preventivo para maximizar la vida útil y la productividad de los equipos; y lo hace empoderando a todos los empleados para que asuman la responsabilidad de dicho equipo Jain et al. (2018). De acuerdo con estos autores, sus beneficios son:

- a) Menos tiempo de mantenimiento no planificado: El enfoque de TPM está fuertemente orientado al empoderamiento de los empleados y alienta a los empleados a tomar posesión de su maquinaria, lo que a su vez aumenta el tiempo de producción. TPM asigna los trabajos que tradicionalmente realiza el personal de mantenimiento a todo el personal de la planta. De esa manera, todos son responsables del mantenimiento de la maquinaria y el equipo. Un régimen de TPM normalmente hará que los operadores lleven a cabo tareas básicas de mantenimiento de fabricación y regímenes de limpieza, y fomentará una actitud proactiva para detectar problemas. Esto libera al personal de mantenimiento para realizar más tareas de valor agregado.
- b) Un entorno de trabajo más seguro: En su forma más simple, el enfoque TPM y el mantenimiento continuo de la maquinaria da como resultado máquinas limpias y saludables que tienen menos probabilidades de tener fugas de lubricante o problemas ocultos bajo capas de suciedad. Además, dado que los entornos de trabajo sucio presentan riesgo de lesiones en entornos industriales, un régimen de limpieza simple puede hacer maravillas por la seguridad. Además, se reducen los incidentes en el lugar de trabajo que ocurren debido al desorden, por ejemplo, herramientas en el lugar equivocado, configuración incorrecta de la máquina o una estación desordenada. Las

actividades de TPM también se centran en el diseño y el flujo de productos y personas.

Minimizar el movimiento y el desorden y maximizar el flujo del producto a través del diseño del piso reducirá los riesgos de seguridad.

- c) Producción de mayor calidad: Una de las actividades de apoyo o pilares de TPM es el mantenimiento de la calidad, que integra mejoras de la calidad en el proceso de producción. Se ha demostrado que este enfoque mejora drásticamente la calidad y la satisfacción del cliente.
- d) Impacto comprobado: El principal objetivo de TPM de lograr una producción perfecta se mide mediante una puntuación de eficacia general del equipo (OEE) , el estándar de oro para calificar la productividad de fabricación. Aplicable a configuraciones de producción tanto discretas como de proceso, OEE facilita la mejora porque identifica rápidamente áreas de pérdida, evalúa el progreso y mejora la productividad del equipo, todo con datos. Las métricas sólidas hablan más que las palabras: OEE le permite comparar sus instalaciones con la industria y demostrar que su programa de mejora de TPM está funcionando. La calificación OEE se calcula utilizando tres razones principales para la pérdida de productividad: disponibilidad, rendimiento y defectos. Estos están directamente relacionados con los objetivos de TPM de no averías, paradas y defectos.

## Glosario de términos

**Calidad:** Es el nivel de excelencia que la empresa ha logrado alcanzar para satisfacer a su clientela. Representa al mismo tiempo, la medida en que se logra dicha calidad.

**Capacitación y entrenamiento:** Proceso de adquisición de nuevos conocimientos y desarrollo de habilidades físicas, mentales y relacionales, para el óptimo desempeño de las actividades y procedimientos propios de un cargo.

**Causa raíz:** Causa raíz es la fuente de un modo de falla que, al removerse, el problema será reducido o removido. Es el evento primero, sin guiar, que resulta en un modo de falla.

**Ciclo de vida (“life cycle”):** Tiempo durante el que un ítem conserve, su capacidad de utilización. Ese periodo incluye desde su adquisición hasta su reemplazo o recuperación/rehabilitación.

**Desperdicio:** Todo lo que sea distinto a los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas, y mano de obra necesarios para agregar valor al producto.

**Eficiencia:** Es el nivel del logro en la realización de los objetivos por parte de una organización, con el menor costo de recursos financieros, humanos y tiempo.

**Estrategia:** Programas generales de acción que implican programación de recursos y logro de metas para orientar a organización hacia una dirección.

**Indicadores de gestión:** Son las dimensiones cuantitativas o cualitativas que a través de una unidad de medida permite medir, comparar y evaluar su comportamiento en forma estática o dinámica. Permite medir el nivel de la eficiencia, efectividad y productividad de unidad de análisis, en base a un plan operativo o estratégico.

**Lineamientos:** Se entenderá por lineamientos al conjunto de acciones específicas que determinan la forma, lugar y modo para llevar a cabo una política en materia de obra y servicios relacionados con la misma. Establecimiento de los términos, límites y características de las actividades internas de la organización.

**Manual de normas y procedimientos:** El manual de procedimientos contiene una descripción precisa de cómo deben desarrollarse las actividades de cada empresa. Ha de ser un documento interno, del que se debe registrar y controlar las copias que de los mismos se realizan.

**MTBF (mean time between failures - tiempo medio entre fallas):** Es la media aritmética del tiempo existente entre el fin de una falla y el inicio de otra falla (la próxima falla) en equipos reparables, es decir, es el lapso entre fallas. Es la división del tiempo de funcionamiento entre el número de fallas detectadas en el periodo observado.

**MTTR (mean time to repair - tiempo medio para reparación):** Es la media aritmética de los tiempos de reparación de un conjunto de ítems, es decir, la división del tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla entre el número total de fallas detectadas en el periodo observado.

**Políticas:** es el conjunto de ideas que se enmarcan para la práctica del desarrollo de la empresa, las cuales deben ser ajustadas y definidas a la caracterización de la empresa.

**Proceso:** se puede definir como una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. Un proceso es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que existen para conseguir un resultado bien definido dentro de un negocio; por lo tanto, toman una entrada y le agregan valor para producir una salida.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### Descripción del proyecto o programa laboral

En el contexto específico que originó el presente estudio, durante la experiencia profesional del investigador en la empresa Minera Huínac S.A.C. se lograron detectar un conjunto de situaciones relacionadas con la gestión de maquinarias y equipos que afectaban la productividad de la organización. Entre tales, se observaron las siguientes situaciones:

- a) En lo que respecta al mantenimiento preventivo, incumplimiento de los planes programados, lo cuales se llegaron a cumplir en un 79% en el periodo observado (entre enero y junio del año 2019).
- b) En relación con el mantenimiento autónomo, se evidenciaron retrasos por no contar en el almacén de repuestos de las piezas necesarias para hacer los mantenimientos ni se hacía una evaluación de las fallas más frecuentes de los equipos, que permitiera definir un plan de mantenimiento más eficiente.
- c) En cuanto a la formación y adiestramiento, se evidenció que el personal operativo carecía de conocimientos básicos de mecánica, por lo que no podía solucionar fallas menores en el momento que ocurrían.

Frente a la situación descrita, el investigador propuso a la organización implementar un plan de mejoras basadas en la metodología de Mantenimiento Productivo Total, para lo cual se propone un diagnóstico que permitiera determinar cuáles de las dimensiones o pilares del TPM podrían ser de ayuda a la solución (mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, prevención del mantenimiento, actividades del departamento de administración y de apoyo, formación y adiestramiento,

gestión de seguridad y entorno) para crear un marco de trabajo que contribuya a mejorar las condiciones de los equipos de la empresa y las habilidades de las personas que trabajan en el área.

Lo anteriormente descrito se propone con la intención de proveer de un marco de trabajo que motive a los trabajadores, a tomar posesión de su maquinaria, que contribuya a la reducción de los tiempos de inoperatividad, que se traduzca en aumento del tiempo de producción; creación de un ambiente de trabajo más seguro en concordancia con la visión de desarrollo sostenible de la organización; integrar de manera progresiva la filosofía de calidad en todos los aspectos relacionados con el mantenimiento, y crear los indicadores apropiados que permitan identificar rápidamente áreas de pérdida, evalúa el progreso y mejora la productividad del equipo, con el uso de tres indicadores principales para la pérdida de productividad: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Para orientar el conjunto de actividades propuestas dentro de la experiencia profesional, se formuló la siguiente interrogante: ¿De qué manera la implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM contribuiría a mejorar las actividades de producción de la empresa Minera Huínac, ubicada en el departamento de Áncash, en el año 2019? Dicha interrogante principal se apoyó en las siguientes formulaciones específicas: ¿Cuál es la situación actual de la empresa Minera Huínac en cuanto a la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos? ¿Cuáles factores inciden sobre la productividad de las maquinarias y equipos de la organización? ¿Cómo implementar un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento de la empresa? y ¿Cuáles serían los costos y beneficios de la implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento de la empresa?

Desde la perspectiva teórica, el estudio es relevante porque la aplicación de los pilares de TPM ayudarán a la organización a mejorar la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos, que es fundamental para la industria de la minería. El monitoreo continuo de las prácticas de TPM puede ayudar a las organizaciones a ejecutar las operaciones diarias y los requisitos de mantenimiento de cada máquina durante un período de tiempo específico, por lo que es necesario comparar los principios teóricos del modelo y su aplicación práctica en el contexto de la empresa Minera Huínac S.A.C.

Desde el punto de vista práctico, el estudio se justifica en virtud que las iniciativas que comprende el desarrollo e implementación de TPM permiten gradualmente el compromiso, la planificación adecuada, la ejecución correcta y la mejora continua de las organizaciones y sus trabajadores, lo que finalmente mejora significativamente los indicadores de rendimiento de producción. En lo que respecta a su justificación metodológica, este estudio proporciona una metodología de trabajo de forma práctica para que los responsables de la gestión de mantenimiento en la empresa mejoren su desempeño mediante la implementación de TPM.

### **Descripción de la experiencia profesional en la empresa**

En relación con la experiencia, se alcanzaron los siguientes logros durante el período trabajado en la organización en relación con el cargo de supervisor de mantenimiento de planta:

- Crear lineamientos para el proceso de contratación e inducción del personal responsable de las labores de mantenimiento así como las actividades formativas que incrementen su adherencia al proceso de la organización.
- Seguimiento y control al presupuesto asignado al área de mantenimiento para contribuir con los resultados financieros de la empresa.

- Proveer al equipo de trabajo de los recursos de conocimiento y materiales que necesitan para asegurar el éxito en su trabajo, eliminar trabas para los logros y crear un ambiente de trabajo adecuado y agradable
- Monitorear el inventario de maquinarias y equipos y reportar anomalías para la detección temprana de desviaciones que pudiesen impactar sobre la seguridad de la empresa o el cumplimiento de las metas de producción.
- Colaboración en la determinación de los costos de mantenimiento de los activos por departamento o área funcional de la empresa, con el propósito de contribuir con las estrategias de clasificación financieras y contables definidas en las políticas de la empresa.
- Determinación de los tiempos de actividad o inactividad de equipos críticos y medición del costo para la organización de los aspectos antes mencionados.
- Evaluación del lucro cesante por los costos de fallas y mantenimientos correctivos.
- Creación de formatos y procedimientos de trabajo que faciliten los procesos de inspección de la infraestructura, mobiliarios, equipos, maquinarias y unidades de transporte, que aseguren la detección temprana de fallas y la reacción oportuna de la gestión de mantenimiento.
- Análisis, diseño y creación de los indicadores de mantenimiento más apropiados para presentar resultados estadísticos respecto a las labores de mantenimiento y contribuir a la toma de decisiones gerenciales basadas en hechos y datos.
- Igualmente, se implementó dentro de la experiencia profesional una metodología detallada para identificar los pilares para aplicar el TPM en la empresa mediante formación de acciones de mejora e indicadores de desempeño.

## **Objetivos de la experiencia profesional**

### **Objetivo general**

Implementar un plan de mejoras basadas en el TPM (Mantenimiento Productivo Total) en el área de producción en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la empresa Minera Huínac en cuanto a la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.
- Identificar los factores que inciden sobre la productividad de las maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.
- Desarrollar un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.
- Determinar los costos y beneficios de la implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento de la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.

## **Estrategias de desarrollo**

Para definir las estrategias de desarrollo que permitieron el logro de las metas durante la experiencia profesional y los resultados de la investigación se hizo una descripción detallada de las actividades llevadas a cabo para el cumplimiento de cada uno de los objetivos definidos en la etapa anterior para implementar un plan de mejoras basado en el TPM en la empresa (Ver Tabla 2):

Tabla 2. *Estrategias de desarrollo y metodologías aplicadas*

Objetivo	Estrategias desarrolladas y metodologías aplicadas
<p>Diagnosticar la situación actual en cuanto a la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identificación de los equipos críticos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM; mediante la técnica de observación directa y consulta a los operadores de planta respecto a las fallas más frecuentes.</li> <li>● Cálculo de los indicadores de base del estudio: recolección de información documental para conformar una base de datos que permitió el cálculo de los indicadores de disponibilidad operativa (factor de utilización, factor de disponibilidad física y factor de rendimiento) y los factores de mantenimiento (tiempo medio entre fallas, tiempo medio entre reparaciones y factor de confiabilidad o disponibilidad mecánica).</li> <li>● Cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) previo al período de implementación del plan de mejoras.</li> </ul>
<p>Identificación de los factores que inciden sobre la productividad de las maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar la evaluación del registro de las fallas más comunes que se presenta en los equipos. Codificación y medición de las fallas más frecuentes con la revisión de los informes de inspección y fallas.</li> <li>● Elaboración un diagrama de Pareto para representar visualmente las frecuencias de fallas de los equipos.</li> <li>● Elaboración de un diagrama de causa y efecto para representar visualmente los factores identificados en la actividad previa.</li> </ul>

Objetivo	Estrategias desarrolladas y metodologías aplicadas
<p>Desarrollar un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación de las actividades, recursos, responsabilidades, y plazos de entrega de las mejoras basadas en el TPM en relación con:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento planificado, mediante la elaboración de los instructivos de planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) para la empresa Minera Huínac S.A.C.</li> <li>- Mantenimiento autónomo, a través de un plan de limpieza inicial, reemplazo de piezas y correcciones de fallas, así como los formatos de estándares para mantenimiento de las máquinas (lubricación e inspección).</li> <li>- Formación y adiestramiento en las siguientes áreas: fundamentos de mecánica, sistemas mecánicos, instalación de aparejos y equipos, aplicaciones de mantenimiento mecánico.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Determinar los costos y beneficios de la implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento de la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de los indicadores de mantenimiento posteriores a la implementación de las mejoras: indicadores de disponibilidad operativa (factor de utilización, factor de disponibilidad física y factor de rendimiento) y los factores de mantenimiento (tiempo medio entre fallas, tiempo medio entre reparaciones y factor de confiabilidad o disponibilidad mecánica).</li> <li>• Cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) posterior al período de implementación del plan de mejoras.</li> <li>• Aplicación de los indicadores financieros apropiados para la evaluación del costo y beneficio de la implementación: flujo de efectivo proyectado, TIR, VAN, costo/beneficio y tiempo de recuperación.</li> </ul>

**Diagnóstico de la situación actual de la empresa Minera Huínac en cuanto a la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.**

**Descripción de los procesos de la empresa**

Una de las debilidades detectadas en la organización Minera Huínac S.A.C. durante el proceso de experiencia profesional del investigador, fue el hecho de que no se contaban con herramientas de gerencia visual para evaluar los procesos productivos, lo que podía incidir directamente en la eficiencia de la gestión de mantenimiento. Con este propósito, el investigador llevó a cabo un proceso de observación y tomas de tiempos y distancias para llevar a cabo un diagrama analítico de procesos mediante el cual se describieron las actividades y se especificaron según su tipo de acuerdo con la metodología propuesta por el DAP (operación, inspección, transporte, almacenamiento y demora). En la Figura 4 se puede apreciar el diagrama analítico de procesos en el cual se detallan las actividades relacionadas con la producción de mineral concentrado (zinc y plomo).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO									
Diagrama No. 1 Hoja No. 1		OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>		EQUIPO <input checked="" type="checkbox"/>			
Objetivo: Revisión del proceso productivo de la empresa Minera Huinac S.A.C.									
<b>RESUMEN</b>									
Proceso analizado: producción de mineral concentrado (zinc y plomo)		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA				
Método: Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Operación	14						
Localización:		Transporte	8						
Operario: Trabajador		Espera	0						
Elaborado por: Ruben P. Orellana H. Fecha: 4/06/2017		Inspección	9						
Aprobado por: Fecha:		Almacenamiento	3						
		Distancia (m)	241.00						
		Tiempo (hr/hombre)	24.00						
		Cantidad (Operarios)	19.00						
		Total	0.00						
		Comentarios							
Descripción	Cantidad (Operarios)	Distancia (Metros)	Tiempo (H/h)	Símbolo					Observaciones
				○	➔	D	□	▽	
Almacenamiento de mineral en bruto en la cancha de transferencia de la planta concentradora.	1		0.5						
Estracion de muestras de mineral del lote.	1		0.5	●					
Inspeccion de muestras extraidas del lote.			0.5						Se inspecciona el peso de muestras con ayuda de balanza electronica.
Se realiza pruebas metalurgica a las muestras extraidas ( analisis por absorcion atomica).	1		3	●					
Inspeccion de muestras extraidas del lote.									Se inspecciona ley de cabeza del mineral % de Zn, Pb. Y Ag.
Se transporta el mineral hacia la tolva de gruesos del área de chancado.	1	200.00	0.5	●					
El mineral es triturado mediante chancadoras de mandíbulas a 1/2" (pulgada) de tamaño.	1		6	●					
Inspeccion del mineral triturado a 1/2" (pulgada) de tamaño.	1		0.5						Se inspecciona la granulometría.
El mineral transportado mediante fajas transportadoras hacia el área de molienda.		20.00	2						
El mineral es reducido a -0.50 milímetros de tamaño mediante molinos de bolas.	1			●					
Inspeccion de molienda a -0.50 milímetros de tamaño.	1		0.5						Se inspecciona la granulometría.
El mineral se transforma en pulpa de mineral con densidad entre 1500 a 1700 kg/m3 reducido a -0.50 milímetros de tamaño mediante molinos de bolas.	1			●					
Inspeccion de pulpa de mineral con densidad entre 1500 a 1700 kg/m3 reducido a -0.50 milímetros de tamaño mediante molinos de bolas.	1		0.5						Se inspecciona densidad de +-1500 a 1700 kg/m3.
La pulpa es enviada mediante tuberías de HDP de 4" hacia un hidrociclón mediante una bomba de pulpa (clasificación de finos).		5.00							
Clasificacion de pulpa de mineral con densidad entre 1500 a 1700 kg/m3 reducido a -0.50 milímetros de tamaño mediante molinos de bolas.				●					

Descripción	Cantidad (Operarios)	Distancia (Metros)	Tiempo (H/h)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
La pulpa de finos con plomo y zinc es transportada mediante tuberías de HDP 4" al área de flotación.		4.00							
La pulpa de finos con plomo y zinc es sometida a flotación en las celdas de Pb. para separación del concentrado de plomo y zinc con valor comercial.	1								
Proceso de flotación, se obtienen concentrados de plomo y zinc.	1								
Análisis de calidad concentrados de plomo y zinc.	1		1						Se inspecciona el % de calidad de los concentrados por absorción atómica
Los concentrados de plomo y zinc son transportados mediante tuberías de HDP de 2" hacia los conos sedimentadores.		10.00							
Los concentrados de plomo y zinc son descargados hacia el filtro de discos para reducir las humedades de cada concentrado de 12 a 10 PH.	1	2.00							
Proceso de filtrado de pulpa de los concentrados de plomo y zinc en el filtro de discos para reducir las humedades de cada concentrado de 12 a 10 PH.	1		4						
Inspección de los concentrados sometidos al proceso de filtrado de plomo y zinc.	1		0.5						Se inspecciona la humedad de los concentrados, con medidor de humedad.
Los concentrados de plomo y zinc son tendidos en el patio de concentrado para reducir las humedades de cada concentrado de 9 a 7 PH.	1		0.5						
Inspección de los concentrados de plomo y zinc tendidos en el patio de concentrado para almacenar en el patio de concentrados secados con humedades obtenidos de 9 a 7 PH.	1		0.5						Se inspecciona la humedad de los concentrados, con medidor de humedad.
Almacenamiento de los concentrados en el patio de Plomo y Zinc, respectivamente.	1		3						
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>241.00</b>	<b>24.00</b>						

Figura 3. Diagrama analítico de procesos.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

### **Determinación de los niveles de producción de la organización e incidencia de la gestión de mantenimiento sobre los resultados alcanzados.**

La primera actividad de esta fase fue la determinación de los niveles de producción de la empresa, con la intención de verificar una vez implementado el TPM el impacto de su aplicación sobre los niveles de productividad de la organización. Con tan propósito, se elaboró una base de datos con los niveles de producción en comparación con las metas de la organización, en la generación de los concentrados de minerales (zinc, cobre y plomo), en el año 2018, el cual se considerará como indicador base (Ver Tabla 3):

Tabla 3. *Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018*

<b>Mes</b>	<b>Meta de producción</b>	<b>Producción material en bruto</b>	<b>Índice de producción</b>
Enero	500.00	461.50	0.9230
Febrero	500.00	451.00	0.9020
Marzo	500.00	421.50	0.8430
Abril	500.00	395.50	0.7910
Mayo	500.00	411.00	0.8220
Junio	500.00	387.50	0.7750
Julio	500.00	442.70	0.8854
Agosto	500.00	471.00	0.9420
Setiembre	500.00	463.50	0.9270
Octubre	500.00	444.50	0.8890
Noviembre	500.00	490.00	0.9800
Diciembre	500.00	472.00	0.9440
<b>Total</b>	<b>6,000.00</b>	<b>5,311.70</b>	<b>0.8853</b>

De esta manera, se obtiene los niveles de producción a partir de la siguiente fórmula, entendida como la capacidad del área de procesamiento de la empresa de cumplir con las metas del presupuesto de producción en forma anual:

$$\text{Niveles de producción} = \frac{\text{Producción material en bruto}}{\text{presupuesto de producción}} \times 100$$

*Ecuación 1. Niveles de producción*

$$\text{Niveles de producción} = \frac{5,311.7}{6,000} \times 100$$

$$\text{Niveles de producción} = 88.53\%$$

De esta forma, se detectó que la capacidad de procesamiento de mineral demostrada alcanzó el 88.53% de las metas de producción, lo que supuso una brecha del 11.47% en el logro de las metas estimadas. Hay que hacer notar, que de la producción en bruto, la empresa estima un 35% de procesamiento de concentrado de mineral (25% de zinc y 10% de plomo) y 65% de relave o residuo minero.

### **Identificación de los equipos críticos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM.**

Dentro de la planeación de las actividades para implementar TPM se llevó a cabo con la gerencia de producción de la empresa para identificar los equipos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM, basados en su criticidad, la importancia para el proceso productivo y la incidencia de fallas. De esta manera, se determinó que los equipos incluidos en el análisis de TPM fueron los siguientes (Ver Tabla 4):

Tabla 4. Equipos críticos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM.

ÁREA DE CHANCADO		
Nombre del equipo	Referencia visual	Fallas más frecuentes
Zaranda Vibratorio 3'X6'		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste prematuro de rodamientos.</li> <li>- Rótura de resortes.</li> <li>- Desgaste prematuro de resortes.</li> <li>- Desgaste prematuro de correas de transmisión.</li> </ul>
Chancadora Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rótura de Pitman</li> <li>- Desgaste prematuro rodamientos</li> <li>- Desgaste anormal de asientos de block toggle</li> <li>- Rótura de perno tensor de toggle</li> <li>- Rótura de resorte tensor</li> </ul>
Banda Transportadora EP 800/4 de 13.5 mm. X 20		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste prematuro de banda</li> <li>- Desgaste prematuro de sistema de transmisión (piñón motriz y conducido).</li> <li>- Rótura de ejes de poleas de cola y de mando.</li> <li>- Desgaste prematuro de rodamientos de poleas de cola y de mando.</li> </ul>

ÁREA DE MOLIENDA

Nombre del equipo	Referencia visual	Fallas más frecuentes
Molino de Bolas 5'X8' (Marca No Especifica).		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desalineación de sistema de transmisión</li> <li>- Desgaste prematuro de spout feeder</li> <li>- Desgaste prematuro forros de tapa de entrada</li> <li>- Desgaste forros de tapa de descarga</li> <li>- Desgaste forros del cilindro</li> </ul>
Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste de prematuro de rodamientos</li> <li>- Corrosión de manga (bocinas)</li> <li>- Desgaste prematuro de empaquetadura 1/2" (grafitada)</li> <li>- Desgaste prematuro de forros (lado succión y lado gland)</li> <li>- Recalentamiento de correas transmisión</li> <li>- Desgaste prematuro polea conducida</li> <li>- Desgaste prematuro impulsor abierto</li> </ul>

---

## ÁREA FLOTACIÓN

---

Nombre del equipo

Referencia visual

- Fallas más frecuentes

Banco de Celdas de Pb N°  
01. (Sub A - # 18)



- Desgaste prematuro de impulsor
- Desgaste prematuro de disco difusor
- Desgaste prematuro de anillo estabilizador
- Desgaste prematuro de tuberías de conexión
- Recalentamiento de correas transmisión

Celda WS-180 (Celda  
Serrana) de Zn.



- Desgaste prematuro de impulsor
- Desgaste prematuro de disco difusor
- Desgaste prematuro de anillo estabilizador
- Desgaste prematuro de tuberías de conexión
- Recalentamiento de correas transmisión

**ÁREA DE FILTRADO**

Nombre del equipo

Referencia visual

- Fallas más frecuentes

Filtro de Discos 8' X 5  
Discos, Marca Ral-dy



- Saturación de lonas
- Desgaste de Eje del Agitador Zn y Pb

Bomba de Vacío CFM -  
700, Marca Ral-dy



- Encalichamiento de rotor
- Encalichamiento de estator
- Encalichamiento de conos

Nombre del equipo	Referencia visual	Fallas más frecuentes
<p>Bomba Hidrostral 50-160 de estación de bombeo N° 02.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste de anillo stefa laberinto delantero y posterior.</li> <li>- Encalichamiento (saturación de sarro de cal) de tubería de succión</li> <li>- Encalichamiento (saturación de sarro de cal) válvula check vertical</li> <li>- Perdida de presión de flujo.</li> </ul>

### Cálculo de los indicadores de base del estudio

Con la información suministrada por las áreas de producción y mantenimiento, se tabuló la información para obtener los indicadores requeridos por la empresa, relacionados con la disponibilidad operativa (factor de utilización, factor de disponibilidad física y factor de rendimiento) y factores de mantenimiento (tiempo medio entre fallas, tiempo medio entre reparaciones y factor de confiabilidad o disponibilidad mecánica). En relación con la disponibilidad operativa, se muestra en la Tabla 5 y en las Figuras del 4 al 6 los indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2018 (factor de utilización, factor de disponibilidad física y factor de rendimiento):

Tabla 5. *Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2018*

MES	Factor de utilización (%)	Factor disponibilidad física (%)	Factor de rendimiento (%)
Enero	81.800%	90.024%	76.561%
Febrero	84.853%	93.695%	58.918%
Marzo	76.642%	92.664%	91.472%
Abril	79.196%	93.068%	93.515%
Mayo	79.707%	93.476%	86.234%
Junio	79.196%	93.453%	86.234%
Julio	76.642%	93.640%	91.599%
Agosto	79.196%	93.872%	93.688%
Septiembre	79.196%	93.926%	88.019%
Octubre	79.398%	93.970%	93.688%
Noviembre	78.889%	93.969%	86.587%
Diciembre	73.290%	89.601%	98.457%
PROMEDIO	79.000%	92.946%	87.081%

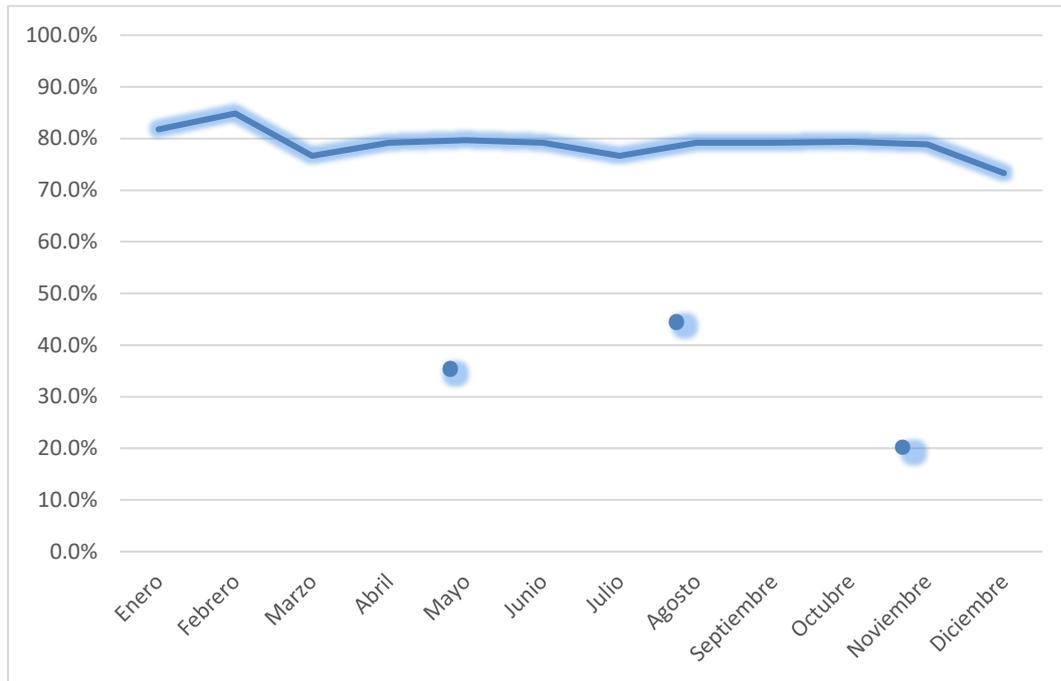


Figura 4. Factor de utilización (%) año 2018.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

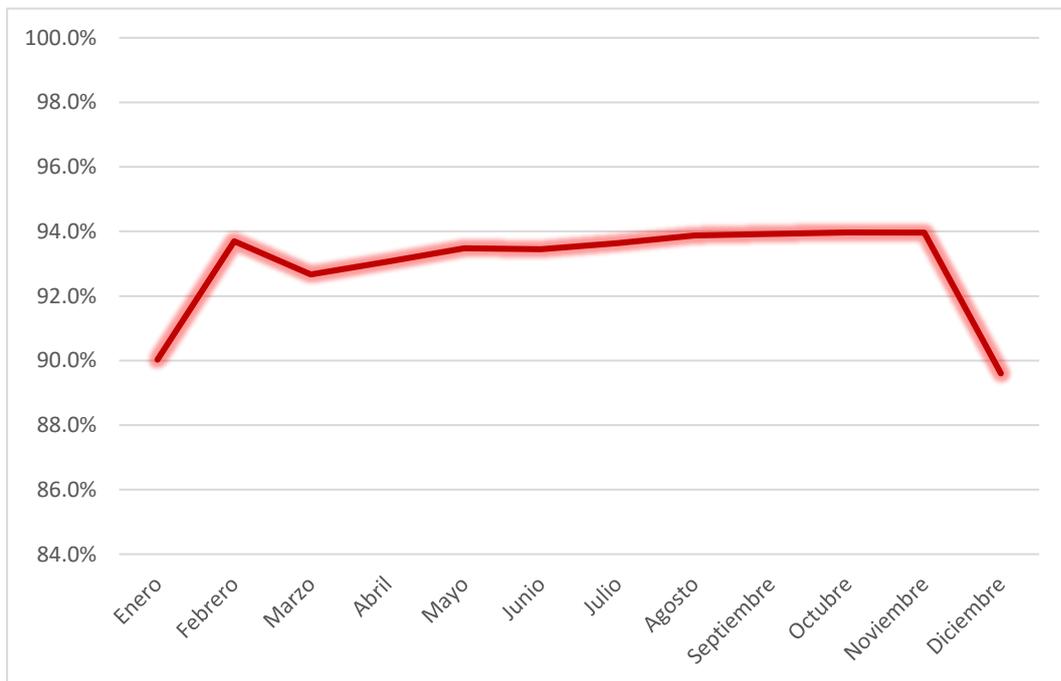
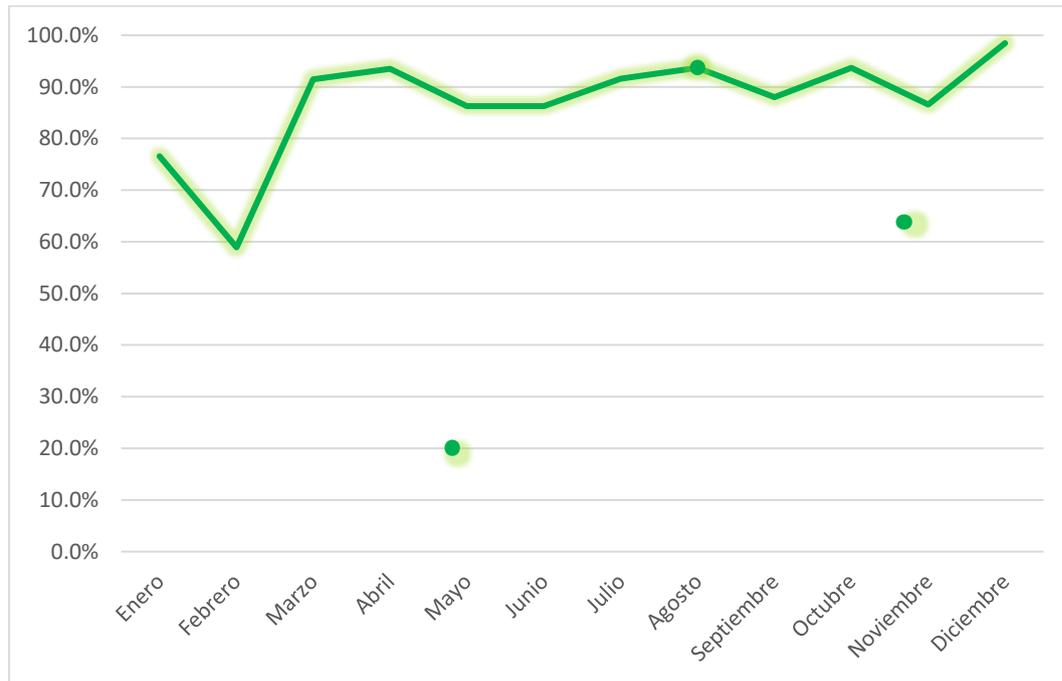


Figura 5. Factor disponibilidad física (%) año 2018.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



*Figura 6.* Factor de rendimiento (%) año 2018.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

En relación con el mantenimiento, se muestra en la Tabla 6 y en las Figuras del 7 al 9 los indicadores de mantenimiento de equipos en el año 2018, es decir, Confiabilidad mediante el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), mantenibilidad con el Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) y confiabilidad.

Tabla 6. *Indicadores de mantenimiento de equipos en el año 2018*

MES	Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)	Disponibilidad Factor de disponibilidad (%)
Enero	3944.05	71.27	98.225%
Febrero	5684.79	83.57	98.551%
Marzo	5533.33	169.50	97.028%
Abril	5664.17	151.80	97.390%
Mayo	5835.82	45.39	99.228%
Junio	5679.68	89.43	98.450%
Julio	5560.71	138.29	97.573%
Agosto	5679.01	27.91	99.511%
Septiembre	5629.15	14.15	99.749%
Octubre	5905.42	44.96	99.244%
Noviembre	5624.84	118.47	97.937%
Diciembre	5050.14	198.96	96.210%
PROMEDIO	65791.10	1153.70	98.277%

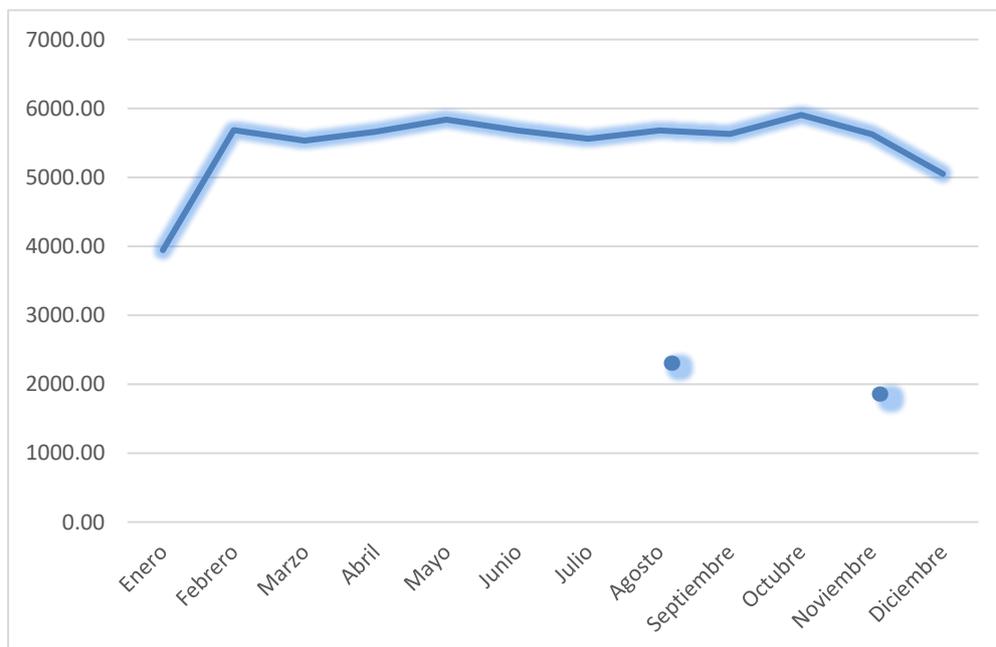


Figura 7. Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) año 2018.

Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

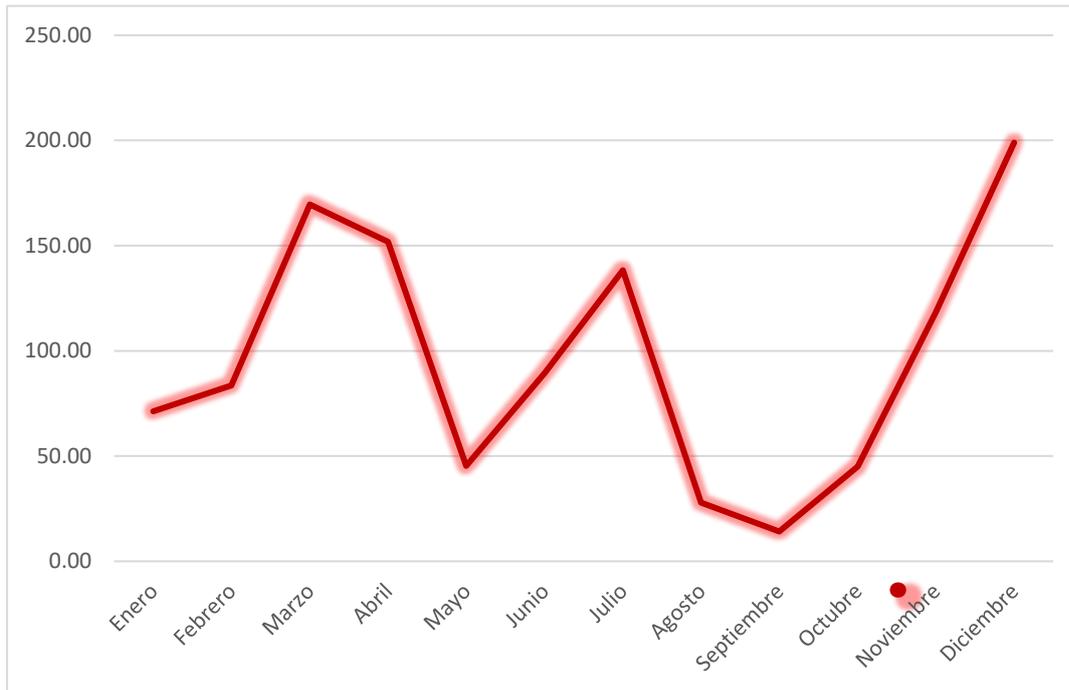


Figura 8. Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) año 2018.  
 Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

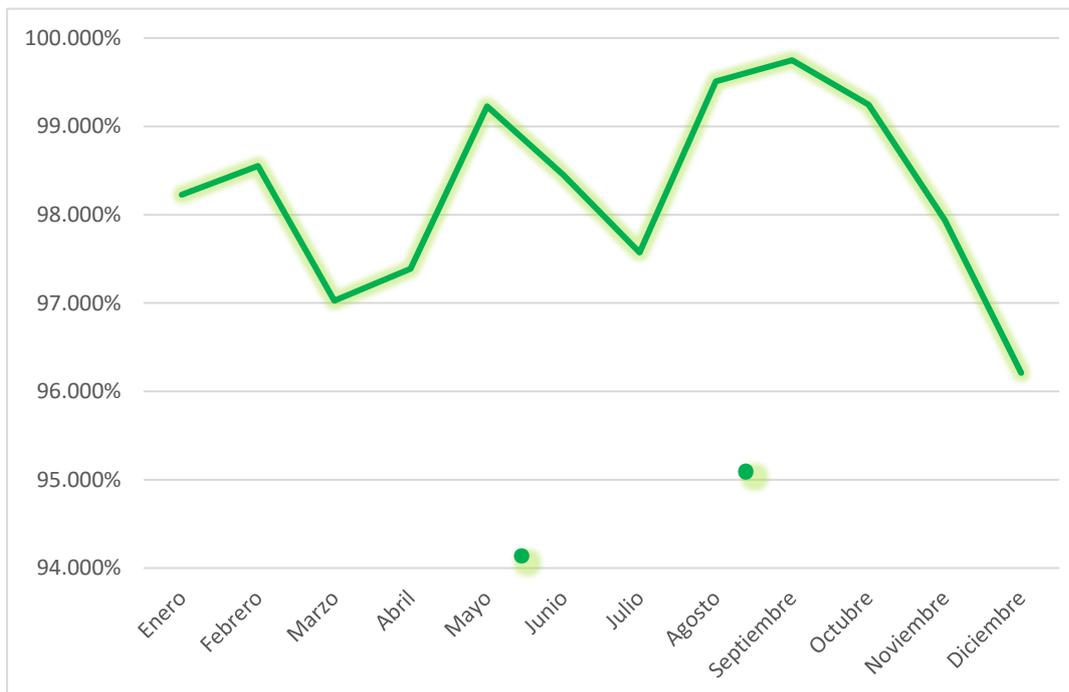


Figura 9. Factor de confiabilidad año 2018.  
 Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

En la Tabla 7 se muestran los datos para la obtención del índice de calidad de la mina, a partir de la producción de mineral concentrado y los niveles de aceptación del cliente:

Tabla 7. *Cálculo del índice de calidad – año 2018*

Mes	Producción de concentrado de mineral neto	Producción aceptada por el cliente	Índice de calidad
Enero	161.53	160.75	0.9952
Febrero	157.85	156.60	0.9921
Marzo	147.53	147.36	0.9989
Abril	138.43	136.87	0.9888
Mayo	143.85	143.32	0.9963
Junio	135.63	134.55	0.9921
Julio	154.95	153.40	0.9900
Agosto	164.85	162.77	0.9874
Setiembre	162.23	159.94	0.9859
Octubre	155.58	154.13	0.9907
Noviembre	171.50	169.96	0.9910
Diciembre	165.20	164.27	0.9944
Total	1,859.10	1,843.93	0.9918

De la información obtenida en la tabla, se obtiene que los niveles de calidad de la mina (Producción de concentrado de mineral de zinc y plomo), se ubican en 99.18%.

### **Cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) previo al período de implementación del plan de mejoras.**

Con la información recopilada de los indicadores disponibilidad, mantenimiento y calidad se pudieron determinar los indicadores de rendimiento, disponibilidad y calidad para el cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) antes de la implementación del TPM (Ver Tabla 8):

Tabla 8. *Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018*

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia global de planta (OEE)
Enero	0.9823	0.7656	0.9952	0.7484113
Febrero	0.9855	0.5892	0.9921	0.5760571
Marzo	0.9703	0.9147	0.9989	0.8865516
Abril	0.9739	0.9351	0.9888	0.9005416
Mayo	0.9923	0.8623	0.9963	0.8525226
Junio	0.9845	0.8623	0.9921	0.8422701
Julio	0.9757	0.9160	0.9900	0.8848243
Agosto	0.9951	0.9369	0.9874	0.9205544
Setiembre	0.9975	0.8802	0.9859	0.8656078
Octubre	0.9924	0.9369	0.9907	0.9211571
Noviembre	0.9794	0.8659	0.9910	0.8403798
Diciembre	0.9621	0.9846	0.9944	0.9419497
Promedios	0.9826	0.8708	0.9919	0.8487122

De esta forma, se determinó la OEE previa a la implementación de acciones basadas en TPM en 84.87%.

## Identificar los factores que inciden sobre la productividad de las maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019

El primer paso para la implementación de un programa de TPM consistió en la identificación de los equipos. Para tal fin se codificaron los equipos con siete dígitos: los primeros corresponden al área de trabajo, los dos siguientes al equipo en sí y los últimos dos dígitos al número asignado al equipo.

Tabla 9. Códigos de máquinas por área de trabajo.

Área de planta	Maquina	Código	Código reducido
Área de chancado	Zaranda vibratorio 3'x6'.	ACH-ZV-01	ZV
	Chancadora de quijada	ACH-CQ-01	CQ
	Fajas transportadoras.	ACH-FT-01	FT
Área molienda	Molino de bolas 5'x8' (marca no específica).	AM0-MB-01	MB
	Bomba horizontal srl 3" x 3", marca espíasa.	AM0-BE-01	BE
Área flotación	Banco de celdas de pb n° 01. (sub a - # 18).	AFL-BC-01	BC
	Celda ws-180 (celda serrana) de zn.	AFL-CS-01	CS
Área filtrado	Filtro de discos 8' x 5 discos, marca ral-dy.	AFI-FD-01	FD
	Bomba de vacío cfm - 700, marca ral-dy.	AFI-BV-01	BV
Área de bombeo	Bomba hidrostal 50-160 de estación de bombeo n° 02.	ABO-BH-01	BH

El código reducido fue utilizado para identificar al equipo o máquina en los reportes de inspección y fallas.

## Diagrama de Pareto

Se realizó un proceso de observación de las fallas en los equipos. A partir de lo mostrado en la Tabla 10, se determinaron los tipos de fallas comunes y su frecuencia en las máquinas de la empresa HUINAC SAC.

Tabla 10. *Tipos de falla y frecuencia de ocurrencia.*

Tipo de falla	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
Desgaste prematuro	27	61.36 %	61.36 %
Falta de limpieza	6	13.63 %	74.99 %
Rotura componentes	5	11.36 %	86.35 %
Recalentamiento de correas	3	6.81 %	93.16 %
Corrosión	1	2.27 %	95.43 %
Perdida de presión	1	2.27 %	97.7 %
Desalineación	1	2.27 %	100 %
Total	44	100 %	

De la tabla anterior se pudo determinar que aproximadamente el 84% de las fallas son de tipo mecánico y el restante 16% se corresponde a falta de limpieza y corrosión; por lo tanto se puede inferir que el 100% de las fallas de las máquinas críticas de la empresa son producto de un deficiente plan de mantenimiento, lo cual ocasiona las paradas de los equipos y pérdidas económicas para la empresa Minera Huínac S.A.C.

Una vez establecida la tabla de frecuencia, se procedió a la elaborar el diagrama de Pareto, el cual representa gráficamente la frecuencia de cada uno de los tipos de fallas que presentan las máquinas críticas seleccionadas para el plan piloto de TPM. Las barras de color azul representan la frecuencia de cada tipo de falla y la gráfica naranja representa el acumulado de la frecuencia.

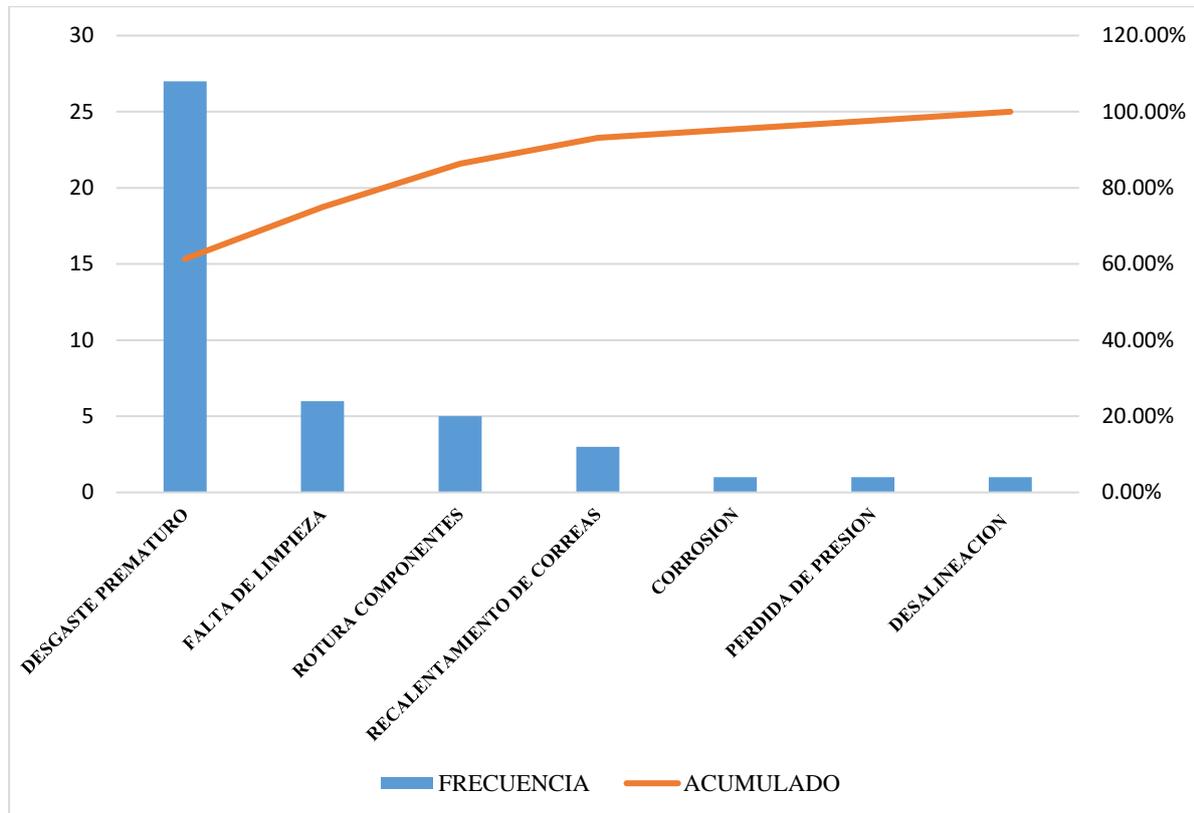


Figura 10. Diagrama de Pareto de las fallas de las máquinas críticas de la empresa HUINAC S.A.C  
Fuente: Base de datos de la investigación (2020).

De la gráfica anterior se verifica que más del 93% de las fallas provienen básicamente de desgaste prematuro de componentes de las máquinas, falta de limpieza, rotura por sobre carga y recalentamiento, fallas que pueden ser reducidas mediante la aplicación de un plan de mantenimiento basado en TPM y la implicación de todas las personas que trabajan en el proceso de producción.

Todo lo anterior conduce a la necesidad de un programa de mantenimiento basado en TPM el cual garantice la normalización de los procedimientos, responsabilidades y registros del proceso de mantenimiento de la empresa Minera Huínac S.A.C. como se presenta en la siguiente figura:

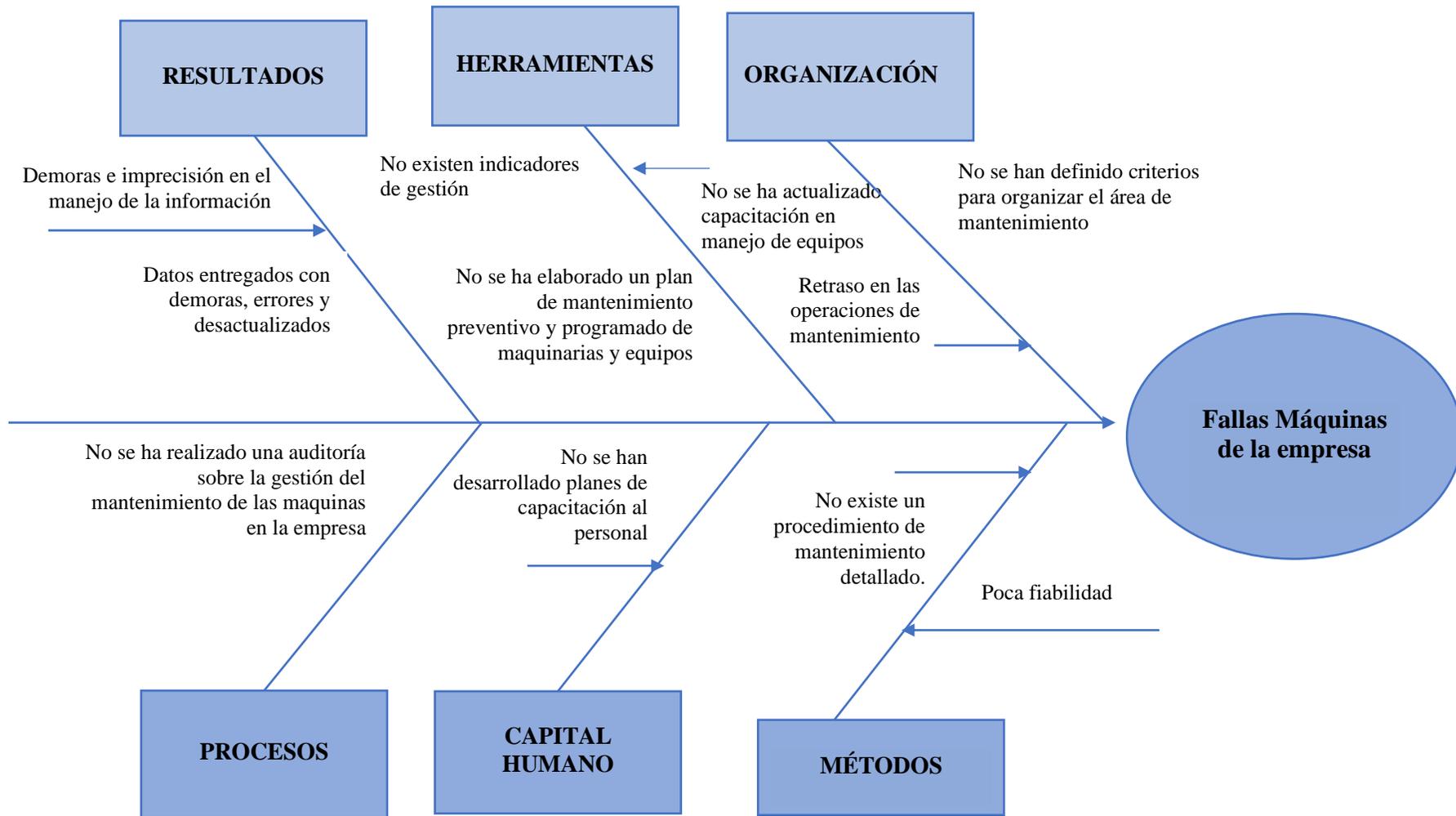


Figura 11. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la eficiencia de la gestión de mantenimiento de la empresa. Fuente: Elaboración propia (2020).

ACTIVIDADES	MESES/SEMANAS											
	ENERO 2019				FEBRERO 2019				MARZO 2019			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Fase I. Acciones de Mantenimiento planificado</b>												
Presentación de la propuesta de implementación a la dirección	■											
Elaboración de los instructivos de planes de mantenimiento preventivo.		■	■									
Reporte de fallas (PMRF).				■								
<b>Fase II. Acciones de Mantenimiento autónomo</b>												
Plan de limpieza inicial.				■	■							
Reemplazo de piezas y correcciones de fallas.						■						
Formatos de estándares para mantenimiento de las máquinas.						■						
Formatos de lubricación e inspección.						■						
<b>Fase III. Acciones de Formación y adiestramiento (F.A.)</b>												
Levantamiento de requerimientos.						■	■					
F.A. en Fundamentos de mecánica.						■	■					
F.A. en Sistemas mecánicos.								■	■			
F.A. en Instalación de aparejos y equipos.									■	■		
F.A. en Aplicaciones de mantenimiento mecánico.									■	■		
<b>Fase IV. Determinación de los costos y beneficios de la implementación de un plan de mejoras</b>												
Cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) posterior.											■	
Elaboración de los indicadores de mantenimiento posteriores.											■	
Aplicación de los indicadores financieros.												■

Figura 12. Diagrama de Gannt para planificar las acciones de mejora.

## **Desarrollo un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019.**

### **Mantenimiento planificado.**

Un programa de mantenimiento preventivo programado y regular es una inversión inteligente que paga grandes dividendos al reducir los costos generales de mantenimiento, aumentar el tiempo de actividad del sistema y mejorar la productividad de la empresa.

El objetivo del mantenimiento planificado para la empresa Minera Huínac S.A.C. es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejoramiento, prevención y predicción de fallas. De esta forma, para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento, se hace vital contar con una base de información referencial y la generación de conocimiento a partir de los datos analizados, capacidad de planificación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

Con el fin de cumplir las premisas anteriores se diseñan los planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF), donde se exponen las inspecciones específicas que se deben realizar a las máquinas de acuerdo con los parámetros del fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento y la información que se ira generando mediante la recopilación y documentación de los datos de las fallas y las soluciones que se les dé a dichas fallas.

El Plan de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) contiene los procedimientos generales a realizar de acuerdo con el tipo de inspección (diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual, según aplique de acuerdo con la máquina) y un

registro de fallas y posibles soluciones que sirven como guía de resolución de problemas y aprendizaje para los involucrados en su uso.

Cabe destacar que como el sistema se ira complementado con el aprendizaje y los aporte que surjan a futuro, dicho PMRF estará sujeto a modificaciones y mejoras continuas, lo que se traducirá en mejoras en la productividad de la empresa ya que serán menores las paradas de máquinas y más eficiente y eficaz el trabajo de los involucrados en el mantenimiento.

En la Tabla 11 se hace una relación de los PMRF elaborados para las máquinas de mayor criticidad incluida en el estudio, los cuales se muestran en los anexos referenciados:

Tabla 11. *Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) para la empresa Minera Huínac S.A.C.*

Nombre del equipo	Referencia
Chancadora de quijada 10" x 16" Marca Funcal	Anexo 1
Zaranda vibratoria 3' x 6'.	Anexo 2
Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.	Anexo 3
Bomba horizontal 3" x 3" marca Espiasa	Anexo 4
Molino de Bolas 5' x 8'	Anexo 5
Banco de Celdas de PB 01	Anexo 6

## **Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo se define como una estrategia de mantenimiento en la que los operadores de máquinas supervisan continuamente sus equipos, realizan ajustes y realizan tareas de mantenimiento menores en sus máquinas. Esto se hace en lugar de asignar un técnico de mantenimiento dedicado para realizar el mantenimiento y el mantenimiento programado regularmente.

El mantenimiento autónomo es el primer pilar de la estrategia de mantenimiento productivo total. Un operador capacitado en mantenimiento autónomo significa que tiene un conocimiento completo de las tareas rutinarias como limpiar, lubricar e inspeccionar. Requiere que los operadores se apropien de sus equipos y su área circundante. Esto comienza llevando la máquina a un estándar de limpieza ideal y manteniéndola allí, asegurando que los operadores estén capacitados en las habilidades técnicas adecuadas para realizar inspecciones de rutina y estandarizando un programa de inspección autónomo.

Gran parte de esto depende de que los operadores sepan cuándo es necesaria una actualización de la máquina o cuándo una simple solución puede hacer que la máquina vuelva a funcionar rápidamente. El mantenimiento autónomo requiere que los operadores dominen habilidades como la detección de anomalías al comprender los componentes de la máquina, realizar mejoras, identificar posibles problemas de calidad y determinar sus causas.

Dado que el objetivo final del mantenimiento productivo total propuesto para la empresa Minera Huínac S.A.C. es mejorar la eficacia general del equipo de su organización, hay una razón por la que esto comienza con el mantenimiento autónomo. Alivia al personal de mantenimiento calificado de tener que preocuparse por las tareas de mantenimiento

simples y mundanas, para que puedan concentrarse en proyectos de mantenimiento especializados.

### **Limpieza e inspección inicial de la máquina.**

Este paso es donde el equipo se devuelve a un estado básico con el objetivo de que vuelva a sus condiciones originales. Para realizar dicha tarea, se incluyen los miembros de producción, mantenimiento, ingeniería y operadores. No solo se revisa y limpia a fondo el equipo, sino que también se limpia el área circundante. El objetivo es restaurar completamente cada pieza de equipo a su máximo rendimiento mediante la identificación y eliminación de signos de deterioro. Los equipos deben buscar y corregir aspectos como:

- Fugas.
- Tornillos sueltos.
- Lubricación adecuada.
- Grietas, aparentes y no aparentes.
- Tasas de contaminación de fluidos.
- Eliminación de material de agua y aceite.
- Eliminación de polvo y suciedad.

Para esto se requieren los siguientes insumos básicos los cuales se presentan con sus respectivos costos:

Tabla 12. *Costos de insumos básicos de la propuesta.*

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario USD</b>	<b>Costo Total USD</b>
Escobas	12	3.50	42.00
Brochas	12	2.50	30.00
Mascarillas de seguridad	20	7.00	140.00
Palas metálicas	6	2.80	16.80
Paños multiuso	20	0.33	6.60
Aspiradora industrial	1	140.00	140.00
Guantes	12	3.25	39.00
Mandiles	12	2.60	31.20
Pintura de colores spray	8	5.50	44.00
Bolsas de basura	300	0.03	9.00
Contenedor plástico	4	70.00	280.00
<b>Total</b>			<b>778.60</b>

Cabe destacar que los repuestos tales como correas, rodamientos, pintura y demás insumos requeridos para repotenciar las máquinas críticas usadas para este estudio, ya estaban en el almacén de la empresa, ya que se habían propuesto con anterioridad estas mejoras debido al deterioro evidente de las unidades, labor que no había realizado hasta la fecha. En las siguientes tablas se presentan los repuestos utilizados en cada máquina.

Tabla 13. *Inventario de repuestos utilizados en la implementación del mantenimiento autónomo.*

<b>Máquina</b>	<b>Repuesto</b>
Zaranda Vibratorio 3'X6'.	Rodamientos Resortes Eje recto con chumaceras de pared Poleas y fajas del sistema de transmisión Correas de Transmisión Base Basculante y Resortes
Chancadora Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria.	Muela fija Soporte de Muela Móvil Rodajes de pitman Rodajes de Chumaceras Cuña de Sujeción de Muela Móvil y Pernos Asientos de Pitman Asientos de Block Toggle Perno Tensor de Toggle Resorte de Toggle Fajas del sistema de transmisión Polea Motriz y Conducida del Sistema de transmisión
Fajas Transportadoras	Banda Transportadora EP 800/4 de 13.5 mm. X 20". Sproket Conducido del sistema de transmisión Piñón Motriz del sistema de transmisión. Cadena del Sistema de transmisión Aceite Reductor Eurodrive Polea Motriz Polea Reductor Correas de Transmisión Poleas de cabeza Poleas de Cola Chumaceras De polea de mando Rodaje Polea de Cabeza Chumaceras De polea de Cola Rodaje Polea de Cola Raspadores Tinas de Recepción de Carga Chute de descarga Faja transportadora - Empalmes

<b>Máquina</b>	<b>Repuesto</b>
<b>Fajas Transportadoras</b>	Polines de carga Polines de impacto Polines de Retorno
<b>Molino de Bolas 5'X8' (Marca No Especifica).</b>	Rodamiento Lado Alimentación Rodamiento Lado Descarga Catalina Piñón Contra eje Contra eje del molino Rodamientos del contra eje Chumaceras de Contra Eje Spout Feeder Pasadores Acoplamiento Motor y Acoplamiento Hidrodinámico Acoplamiento Motor y Acoplamiento Hidrodinámico Pasadores Reductor contra eje Acoplamiento Hidrodinámico Acoplamiento Hidrodinámico (Lubricación) Reductor (Lubricación) Tromel (malla) Forros de Tapa de Entrada Forros de Tapa de Descarga Forros del Cilindro pernos de las tapas
<b>Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa.</b>	Rodamientos Oring y Retenes Manga (bocinas) Laberintos (lado polea y impulsor) Water sealing (distribuidor de agua) Speller (expulsor de agua) Placa de obturación Empaquetadura 1/2" (grafitada) Forros (Lado succión y lado gland) Impulsor abierto (03 alavés ) Correas Transmisión Polea Motriz

<b>Máquina</b>	<b>Repuesto</b>
<b>Banco de Celdas de Pb N° 01. (Sub A - # 18).</b>	Mecanismo de Agitación Caja rodamientos de transmisión (rodamientos y Retenes) Impulsor Disco Difusor Anillo estabilizador Forros Laterales Polea Motriz Polea Conducida Fajas de Transmisión
<b>Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.</b>	Mecanismo de Agitación Caja de rodamientos de transmisión (rodamientos y Retenes) Impulsor (03 alavés poliuretano) Disco Difusor Anillo Estabilizador Fajas de transmisión
<b>Filtro de Discos 8' X 5 Discos, Marca Ral-dy.</b>	Chumacera de babbit lado transmisión Chumacera de babbit lado Succión Cabezal fijo y móvil Lonas Sectores Espárragos de Sujeción de Sectores Abrazaderas Eje del Agitador Zn y Pb. Chumaceras Eje Zn Sproket Eje Lado Zn Piñón Motorreductor lado Zn Sistema de transmisión (Rodamientos, retenes, eje, tornillo sinfín y corona) Toberas del cabezal (tuberías) Válvula de descarga (válvula Pinch).
<b>Bomba de Vacío CFM - 700, Marca Ral-dy.</b>	Rotor Estator Conos Rodamientos

<b>Máquina</b>	<b>Repuesto</b>
<b>Bomba de Vacío CFM - 700, Marca Ral-dy.</b>	Tuberías Empaquetadura Polea de transmisión Correas de transmisión
<b>Bomba Hidrostral 50-160 de estación de bombeo N° 02</b>	Caja de impulsor tipo 50-160 Impulsor Eje Bocinas Cupling Empaquetadura (soga grafitada) Rodamientos lado Impulsor Rodamientos lado Acoplamiento Retenes Acoplamientos Anillo Stefa laberinto Delantero y Posterior. Tubería de succión Válvula Check Vertical

A continuación se describen todas las mejoras realizadas a las máquinas críticas por área de trabajo de la empresa dentro del plan de mantenimiento autónomo:

### **Área de chancado**

1. Zaranda Vibratoria 3'X6'.
  - Cambio de Rodamientos
  - Cambio de Resortes
  - Reparación de Conjunto de la excéntrica (Eje recto con chumaceras)
  - Cambio del Sistema de transmisión
  - poleas y fajas)
  - Cambio de Correas de Transmisión
  - Cambio de Base Basculante y Resortes
  - Cambio de Mallas 1er Deck
  - Cambio de Mallas 2do Deck
  - Reparación del Chute de descarga
  - Limpieza y Pintura General.



Figura 13. Zaranda Vibratoria.

Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

## 2. Chancadora Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria

- Reparación Muela fija
- Reparación Muela móvil
- Reparación de Placas Laterales
- Reparación de Toggle Seat
- Reparación de Soporte de Muela Móvil
- Cambio de rodajes de Pitman
- Cambio de rodajes de Chumaceras
- Cambio de Cuña de Sujeción de Muela Móvil y Pernos
- Reparación de Asientos de Pitman
- Reparación de Asientos de Block Toggle
- Cambio de Perno Tensor de Toggle
- Cambio de Resorte de Toggle
- Cambio del Sistema de transmisión (fajas)
- Cambio del Sistema de transmisión (polea Motriz y Conducida)
- Limpieza y Pintura General.



*Figura 14.* Mantenimiento de Chancadora  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



*Figura 15.* Pintura a Chancadora  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

3. Banda Transportadora EP 800/4 de 13.5 mm. X 20".

- Mantenimiento al Sistema de transmisión (Sproket Conducido).
- Mantenimiento al Sistema de transmisión (Piñón Motriz).
- Mantenimiento al Sistema de transmisión (cadena).
- Cambio de aceite del Reductor SEW EURODRIVE (cambio de aceite)
- Cambio de Polea Motriz
- Cambio de Polea Reductor
- Cambio de Correas de Transmisión
- Mantenimiento a las Poleas de cabeza
- Mantenimiento a las Poleas de Cola
- Cambio de Chumaceras De polea de mando
- Cambio de Rodaje Polea de Cabeza
- Chumaceras De polea de Cola
- Cambio de Rodaje Polea de Cola
- Mantenimiento de Raspadores
- Mantenimiento a las Tinajas de Recepción de Carga
- Reparación de Chute de descarga
- Faja transportadora - Empalmes
- Reparación y mantenimiento de Polines de carga
- Reparación y mantenimiento de Polines de impacto
- Reparación y mantenimiento de Polines de Retorno
- Limpieza y Pintura General.



*Figura 16.* Banda transportadora  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

## Área molienda

### 1. Molino de Bolas 5'X8'

- Cambio de Rodamiento Lado Alimentación
- Cambio de Rodamiento Lado Descarga
- Cambio Catalina
- Cambio Piñón Contra eje
- Reparación de Contra eje del molino
- Cambio de Rodamientos del contra eje
- Cambio de Chumaceras de Contra Eje
- Mantenimiento del Spout Feeder
- Cambio de Pasadores Acoplamiento Motor y Acoplamiento Hidrodinámico
- Mantenimiento del Acoplamiento Motor y Acoplamiento Hidrodinámico
- Cambio de Pasadores Reductor contra eje
- Revisión y mantenimiento del Acoplamiento Hidrodinámico
- Lubricación del Acoplamiento Hidrodinámico
- Lubricación del Reductor
- Sustitución del Tromel (malla)
- Cambio de Forros de Tapa de Entrada
- Cambio de Forros de Tapa de Descarga
- Cambio de Forros del Cilindro
- Cambio de pernos de las tapas
- Limpieza y Pintura General.



*Figura 17.* Medición de desgaste de rodamientos del molino de bolas.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



*Figura 18.* Molino de Bolas  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

## 2. Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa.

- Cambio de Rodamientos
- Cambio de Oring y Retenes
- Cambio de bocinas de Manga
- Reparación de Laberintos (lado polea y impulsor)
- Water sealing (distribuidor de agua)
- Cambio del Speller (expulsor de agua)
- Cambio de Placa de obturación
- Cambio de Empaquetadura 1/2" (grafitada)
- Forros (Lado succión y lado gland)
- Impulsor abierto (03 alavés)
- Cambio de Correas Transmisión
- Cambio de Polea Motriz
- Cambio de Polea Conducida
- Limpieza y Pintura General.



*Figura 19.* Bomba Espiasa antes del mantenimiento  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



Figura 20. Soporte del eje de la bomba luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

## Área flotación

### 1. Banco de Celdas de Pb N° 01. (Sub A - # 18).

- Reparación del Mecanismo de Agitación
- Reparación de la Caja rodamientos de transmisión (rodamientos y Retenes)
- Cambio del Impulsor
- Cambio de Disco Difusor
- Cambio de Anillo estabilizador
- Reparación de Forros Laterales
- Cambio de Plancha base protectora (fondo de la celda)
- Cambio de Pernos de Sujeción de estabilizador
- Cambio de Polea Motriz
- Cambio de Polea Conducida
- Cambio de Fajas de Transmisión
- Cambio de Planchas de base del cajón compuertas y tuberías de conexión
- Limpieza y Pintura General.



*Figura 21.* Celdas de Pb N° 01. antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



*Figura 22.* Celdas de Pb N° 01. Luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

2. Celda WS-180 (Celda Serrana) de Zn.
  - Reparación de Mecanismo de Agitación
  - Cambio de rodamientos y Retenes Caja de rodamientos de transmisión
  - Reparación de Impulsor (03 alavés poliuretano)
  - Cambio de Disco Difusor
  - Cambio de Anillo Estabilizador
  - Cambio de Fajas de transmisión
  - Reparación de Planchas de base del cajón compuertas y tuberías de conexión
  - Reparación de Tanque 6'X6' de plancha espesor 1/4"
  - Limpieza y Pintura General.



*Figura 23.* Mecanismo de agitación de la celda de Zn antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).



*Figura 24.* Mecanismo de agitación de la celda de Zn luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)



*Figura 25.* Celda de Zn antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)



*Figura 26.* Celda de Zn luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

## Área filtrado

1. Filtro de Discos 8' X 5 Discos, Marca Ral-dy.
  - Cambio de Chumacera de babit lado transmisión
  - Cambio de Chumacera de babit lado Succión
  - Reparación de Cabezal fijo y móvil
  - Cambio de Lonas
  - Cambio de Sectores
  - Cambio de Espárragos de Sujeción de Sectores
  - Ajuste de Abrazaderas
  - Reparación de Eje del Agitador Zn y Pb.
  - Lubricación de Motorreductor Agitador de taza Zn
  - Cambio de Chumaceras Eje Zn
  - Cambio de Sproket Eje Lado Zn
  - Cambio Piñón Motorreductor lado Zn
  - Reparación del Sistema de transmisión (Rodamientos, retenes, eje, tornillo sinfín y corona)
  - Reparación de Toberas del cabezal (tuberías)
  - Reparación de Válvula de descarga (válvula Pinch).



*Figura 27.* Filtro de Discos 8' X 5 Discos, Marca Ral-dy.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

2. Bomba de Vacío CFM - 700, Marca Ral-dy.

- Cambio de Rotor
- Cambio de Estator
- Cambio de Conos
- Cambio de Rodamientos
- Cambio de Tuberías
- Cambio de Empaquetadura
- Cambio de Polea de transmisión
- Cambio de Correas de transmisión



Figura 28. Bomba de vacío, Marca Ral-dy, luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

### Área de bombeo

1. Bomba Hidrostral 50-160 de estación de bombeo N° 02.
  - Reparación de Caja de impulsor tipo 50-160
  - Cambio de Impulsor
  - Cambio de Eje
  - Cambio de Bocinas
  - Cambio de Cupling
  - Cambio de Empaquetadura (soga grafitada)
  - Cambio de Rodamientos lado Impulsor
  - Cambio de Rodamientos lado Acoplamiento
  - Cambio de Retenes
  - Cambio de Acoplamientos
  - Cambio de Anillo Stefa laberinto Delantero y Posterior.
  - Cambio de Tubería de succión
  - Cambio de Válvula Check Vertical



*Figura 29.* Tubería de succión de la bomba antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)



*Figura 30.* Tubería de succión de la bomba luego del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)



*Figura 31.* Bomba Hidrostral antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)



*Figura 32.* Bomba Hidrostral antes del mantenimiento.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

## **Eliminación de fuentes de contaminación**

Una vez que se realizó el mantenimiento inicial y se restauraron todas las máquinas críticas, hay que asegurarse de que no vuelva a estar en mal estado. Esto se puede lograr eliminando todas las posibles fuentes de contaminación y mejorando la accesibilidad para la limpieza y el mantenimiento.

Aprovechando que cada máquina se sacó al patio de la empresa para el respectivo mantenimiento, se procedió a limpiar el área donde estaban ubicadas, ya que mejorar la seguridad y la visibilidad mediante mejores puntos de acceso es primordial. Mantener el área de trabajo limpia contribuye proactivamente en la limpieza de la máquina, mejor acceso para inspecciones de mantenimiento y un entorno de trabajo más agradable para el operador.

Lo anterior viene acompañado de una política de orden y limpieza en la cual cada operador debe ordenar y limpiar su sitio de trabajo antes de finalizar su turno de trabajo.

## **Desarrollo de estándares para mantenimiento de las máquinas (lubricación e inspección).**

Este paso se debe ajustar según sea necesario en función de cada equipo y su operador. El establecimiento de estándares para los operadores sobre limpieza, inspección y lubricación debe comenzar con la documentación actual en archivo y terminar con formas mejoradas de lograr estos procedimientos. Los procedimientos finales o manuales de mantenimiento de las máquinas deben indicar qué componentes deben limpiarse y lubricarse, cómo deben limpiarse y lubricarse, y todas las demás responsabilidades de mantenimiento que deben asignarse. Los estándares variarán en función de si la máquina se considera no crítica o crítica.

Para tal fin se crean los check list o registros de inspección diaria de máquinas de la empresa Minera Huínac S.A.C, los cuales contienen las inspecciones diarias a realizar por el operador antes de comenzar la rutina de trabajo. Estas inspecciones diarias están basadas en las recomendaciones de los fabricantes de las máquinas y la experiencia propia del departamento de mantenimiento de la empresa.

Estos procedimientos diarios de inspección son específicos para cada máquina y deben ser llenados a bolígrafo por el operador responsable de la máquina y en él se indica el estado operacional de la misma, cuando se comienzan las tareas de producción de su turno de trabajo. Estos procedimientos son complementarios al plan de mantenimiento general de las máquinas, el cual se realiza en un espacio de tiempo más prolongado, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada máquina.

Cualquier anomalía que se presente en el chequeo debe ser escrita en las observaciones y el supervisor de mantenimiento determinara si se debe realizar una parada de este para verificar con mayor detalle la situación expuesta por el operador. Este procedimiento es una continua retroalimentación al sistema de mantenimiento y contribuye a que el operador vaya ganando experiencia en la resolución de fallas del equipo. Las siguientes figuras muestran el registro de inspección diaria de la celda de Pb marca Serrano del Área de Flotación:

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO		HP-RID-CS-2019-01
	REGISTRO DE INSPECCIÓN DIARIA DE LA CELDA MARCA SERRANO.		
	GERENCIA DE OPERACIONES		ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019		VERSIÓN: 01
Nombre Operador: _____			
Fecha: _____			
Hora de inicio: _____			
<b>ESTADO OPERACIONAL</b>			
<b>Tarea</b>			<b>Observación</b>
Verificar ruidos en la caja de rodamiento			
Verificar ruidos en la transmisión de fajas en “ V”			
Verificar vibraciones inusuales en la máquina.			
Verificar lubricación y apriete de tornillos.			
Inspección visual general			
<b>OBSERVACIONES:</b> _____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			

Figura 33. Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 1)  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

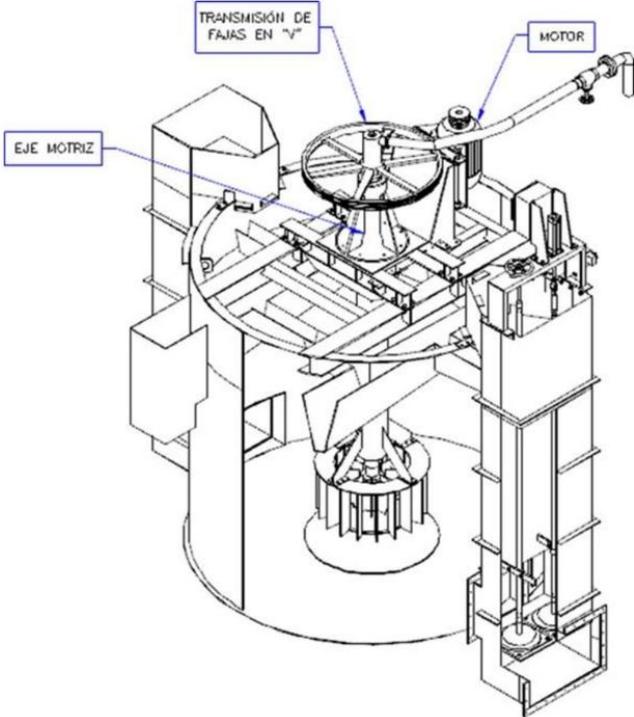
	INSTRUCTIVO DE TRABAJO		HP-RID-CS-2019-01		
	REGISTRO DE INSPECCIÓN DIARIA DE LA CELDA MARCA SERRANO.				
	GERENCIA DE OPERACIONES		ÁREA: PLANTA		
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019			VERSIÓN: 01	
					
Nombre de sub-sistema	Partes lubricadas	Método aplicado	Lubricantes recomendados	Nº de puntos de lub.	Carga inicial
Mecanismo de Flotación	Caja de rodamientos	Pistola	Shell Alvania EP Grasa 2 (Esso Beacon EP2)	2	60 g
Mecanismo de Flotación	Unión rotativa	Pistola		1	10 g
Transmisión por fajas en "V"	Motor Eléctrico	Pistola	Shell Alvania EP Grasa G2oG3 (Esso Beacon EP2)	2	

Figura 34. Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 2)  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO		HP-RID-CS-2019-01																												
	REGISTRO DE INSPECCIÓN DIARIA DE LA CELDA MARCA SERRANO.																														
	GERENCIA DE OPERACIONES		ÁREA: PLANTA																												
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019		VERSIÓN: 01																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>Causa</th> <th>Solución</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Motor se apaga</td> <td style="text-align: center;">Eléctrica</td> <td style="text-align: center;">Llamar al electricista</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sobrecarga</td> <td style="text-align: center;">Revisar alimentación, ponerse en contacto con el responsable de proceso</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Impulsor no está rotando</td> <td style="text-align: center;">Revisar la caja de rodajes Buscar objeto extraño entre el impulsor y el difusor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ruido de motor inusual</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Reemplazar el motor Ponerse en contacto con el proveedor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ruido inusual en la transmisión de fajas en "V"</td> <td style="text-align: center;">Tensión débil de la correa</td> <td style="text-align: center;">Tensionar fajas</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ruido inusual en el eje motriz</td> <td style="text-align: center;">Falla de rodamientos</td> <td style="text-align: center;">Inspeccionar y/o reparar en taller</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Derrames de pulpa hacia adentro de las canaletas o bajo nivel</td> <td style="text-align: center;">Actuadores de válvula de dardo no están funcionando</td> <td style="text-align: center;">Revisar función o reparar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Control de nivel no está funcionando</td> <td style="text-align: center;">Revisar función o reparar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pérdida de aire del instrumento</td> <td style="text-align: center;">Revisar aire del instrumento</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tablero de control fuera de servicio</td> <td style="text-align: center;">Llamar al electricista</td> </tr> </tbody> </table>				Falla	Causa	Solución	Motor se apaga	Eléctrica	Llamar al electricista	Sobrecarga	Revisar alimentación, ponerse en contacto con el responsable de proceso	Impulsor no está rotando	Revisar la caja de rodajes Buscar objeto extraño entre el impulsor y el difusor	Ruido de motor inusual		Reemplazar el motor Ponerse en contacto con el proveedor	Ruido inusual en la transmisión de fajas en "V"	Tensión débil de la correa	Tensionar fajas	Ruido inusual en el eje motriz	Falla de rodamientos	Inspeccionar y/o reparar en taller	Derrames de pulpa hacia adentro de las canaletas o bajo nivel	Actuadores de válvula de dardo no están funcionando	Revisar función o reparar	Control de nivel no está funcionando	Revisar función o reparar	Pérdida de aire del instrumento	Revisar aire del instrumento	Tablero de control fuera de servicio	Llamar al electricista
Falla	Causa	Solución																													
Motor se apaga	Eléctrica	Llamar al electricista																													
	Sobrecarga	Revisar alimentación, ponerse en contacto con el responsable de proceso																													
	Impulsor no está rotando	Revisar la caja de rodajes Buscar objeto extraño entre el impulsor y el difusor																													
Ruido de motor inusual		Reemplazar el motor Ponerse en contacto con el proveedor																													
Ruido inusual en la transmisión de fajas en "V"	Tensión débil de la correa	Tensionar fajas																													
Ruido inusual en el eje motriz	Falla de rodamientos	Inspeccionar y/o reparar en taller																													
Derrames de pulpa hacia adentro de las canaletas o bajo nivel	Actuadores de válvula de dardo no están funcionando	Revisar función o reparar																													
	Control de nivel no está funcionando	Revisar función o reparar																													
	Pérdida de aire del instrumento	Revisar aire del instrumento																													
	Tablero de control fuera de servicio	Llamar al electricista																													

Figura 35. Registro de inspección diaria celda marca Serrano (Página 3)  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020)

### **Inspección y seguimiento.**

Ahora que ya se tiene un conjunto de estándares a seguir, los operadores pueden modificar su rutina básica de mantenimiento para optimizar y mejorar las tareas. Se realiza un seguimiento de las tareas de mantenimiento del operador y se comparan con los propios programas del departamento de mantenimiento para garantizar que la duplicación de tareas no sea un problema. Los operadores realizan las tareas de mantenimiento básicas, que a menudo se pasan por alto, como verificar los niveles de lubricación, localizar fugas, apretar pernos, buscar problemas mecánicos inminentes como grietas y desgaste, y realizar ajustes mecánicos como mediciones de tensión, regulación de sensores, etc.

### **Mejora continua.**

Es importante tomarse periódicamente el tiempo para retroceder y analizar los procesos estandarizados para ver dónde hay margen de mejora para asegurarse de que está operando de manera eficiente. Mantener buenos registros de fallas es vital para proporcionar datos que los ingenieros de mantenimiento puedan usar al diseñar futuras máquinas, lo que facilita aún más su acceso y mantenimiento.

Para tal fin se crean los registros de fallas para cada máquina, lo cual permite documentar que tipo de falla ocurrió, determinar sus causas y sus soluciones, tiempo y recursos utilizados lo cual se convierte en la base documental del TPM.

A continuación se presenta el Formato de registro de mantenimiento correctivo que se utiliza en la empresa Minera Huínac S.A.C:



de la máquina y su finalidad, así como la formación en habilidades para la resolución de problemas. En resumen, los operadores deben tener cuatro habilidades relacionadas con el equipo:

- Detectar anomalías
- Corregir y restaurar anomalías
- Establecer las condiciones óptimas del equipo
- Mantener estas condiciones óptimas.

Para lograr el objetivo anterior se realizó un curso de mecánica básica, ya que como se explicó anteriormente, la gran mayoría de las fallas presentes en las maquinarias críticas de la empresa están asociadas a fallas de tipo mecánico. En este curso de capacitación de mecánica básica se explicaron los elementos básicos de las máquinas críticas de la empresa HUINAC S.A.C por áreas de trabajo, así como las herramientas de medición comunes que se utilizan para monitorear y ajustar los equipos. Este curso fue dictado por Ingenieros de la empresa, altamente capacitados en el tema y tuvo una duración total de 5 días. El contenido del curso fue el siguiente:

#### **Fundamentos de mecánica:**

- Descripción de las máquinas críticas de la empresa. Elementos y fallas comunes.
- Lectura de planos
- Lectura de esquemas y símbolos
- Realización de mediciones
- Herramientas manuales
- Herramientas eléctricas portátiles
- Solución de problemas comunes en la industria de explotación de minerales.

#### **Sistemas mecánicos**

- Mecánica básica
- Lubricantes y lubricación
- Equipo de transmisión de potencia

- Cojinetes
- Bombas
- Sistemas de tuberías
- Hidráulica básica
- Neumática básica

**Aplicaciones de mantenimiento mecánico:**

- Mantenimiento de transmisión mecánica
- Sistemas de transmisión mecánica y de fluidos
- Mantenimiento de sellos de cojinetes y ejes
- Instalación y mantenimiento de bombas
- - Mantenimiento de accesorios de Tuberías

**Instalación de aparejos y equipos:**

- - Aparejos industriales
- - Instalación de equipos



*Figura 37.* Capacitación del personal de la empresa HUINAC S.A.C.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

Una vez que estas habilidades se revisaron en el salón de clases, los operadores estuvieron capacitados para realizar tareas básicas de mantenimiento en sus máquinas, mientras los técnicos de mantenimiento observan para asegurarse de que todo esté cubierto.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### Cálculo de los indicadores posteriores del estudio

Con la información suministrada por las áreas de producción y mantenimiento, se tabuló la información para obtener los indicadores requeridos por la empresa, relacionados con la disponibilidad operativa y factores de mantenimiento, una vez realizada la implementación del TPM. En relación con la disponibilidad operativa, se muestra en la Tabla 14 los indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019 y en las Figuras del 37 al 39 las variaciones en los indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019 (factor de utilización, factor de disponibilidad física y factor de rendimiento) antes y después de la implementación:

Tabla 14. *Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019*

MES	Factor de utilización (%)	Factor disponibilidad física (%)	Factor de rendimiento (%)
Enero	80.98%	90.92%	78.09%
Febrero	83.58%	96.51%	79.01%
Marzo	77.41%	98.22%	92.29%
Abril	81.18%	96.79%	96.69%
Mayo	84.49%	100.02%	91.70%
Junio	82.36%	97.19%	87.70%
Julio	84.31%	96.45%	94.70%
Agosto	85.53%	97.63%	98.75%
Septiembre	84.74%	99.09%	93.98%
Octubre	84.16%	99.70%	99.40%
Noviembre	82.83%	99.89%	94.30%
Diciembre	81.35%	92.74%	98.99%
PROMEDIO	82.74%	97.10%	92.13%

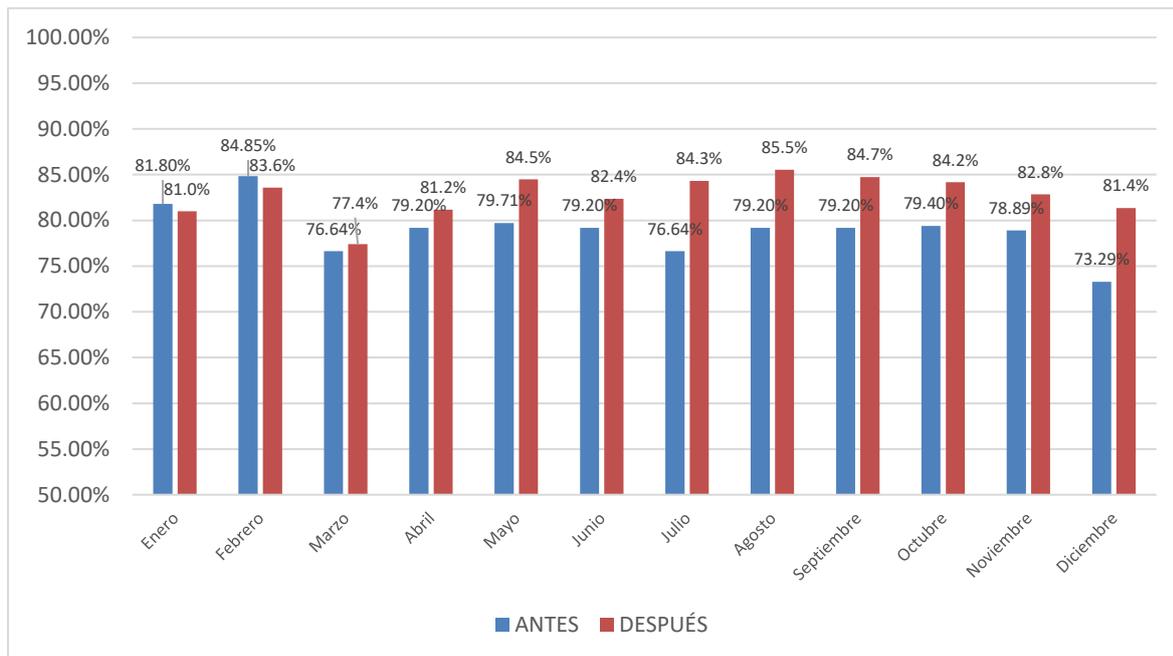


Figura 38. Variaciones en el Factor de utilización (%) año 2018-2019.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

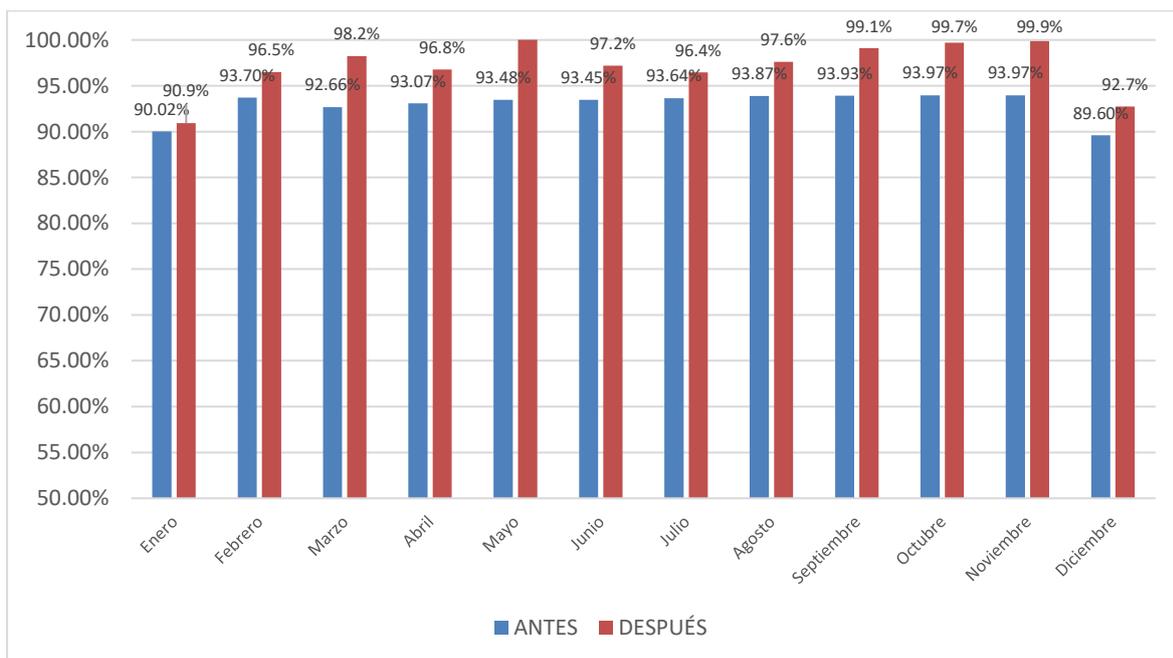


Figura 39. Variaciones en el Factor disponibilidad física (%) año 2018-2019.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

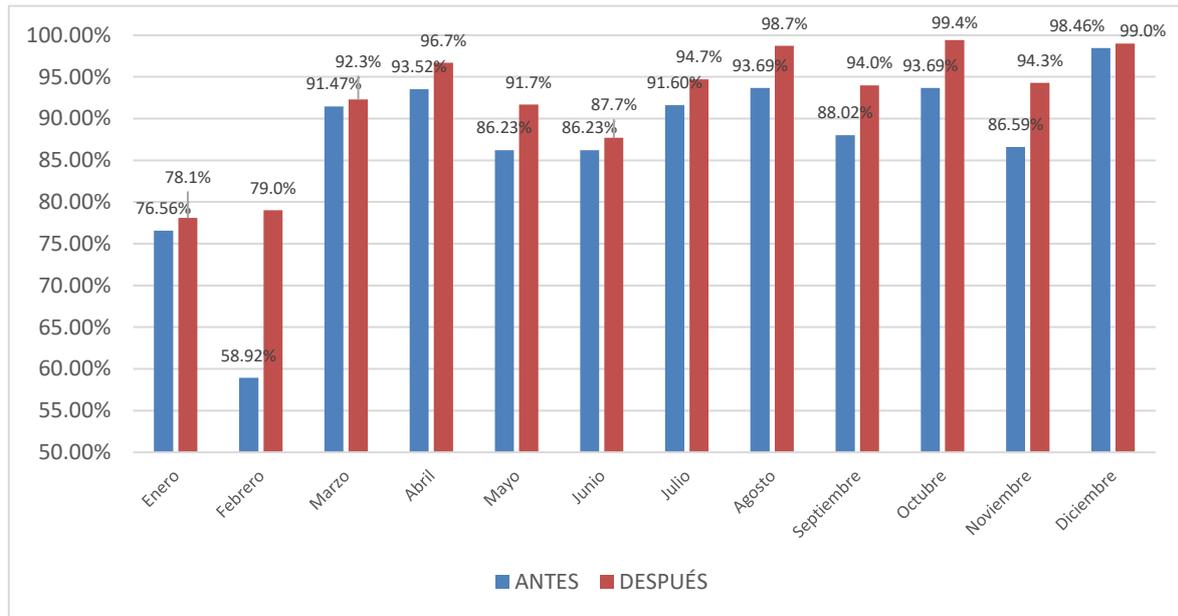


Figura 40. Variaciones en el Factor de rendimiento (%) año 2018-2019.

Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

En relación con el mantenimiento, se muestra en la Tabla 15 los indicadores de mantenimiento de equipos en el año 2019, es decir, Confiabilidad mediante el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), mantenibilidad con el Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) y confiabilidad y en las Figuras del 40 al 42 las variaciones de antes y después de la implementación.

Tabla 15. Indicadores de disponibilidad operativa de planta en el año 2019

MES	Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)	Disponibilidad Factor de disponibilidad (%)
Enero	4021.32	72.70	98.224%
Febrero	6248.17	89.42	98.589%
Marzo	6025.79	86.45	98.586%
Abril	6252.52	70.02	98.893%
Mayo	5812.84	48.57	99.171%
Junio	6005.75	97.48	98.403%
Julio	6470.25	61.80	99.054%
Agosto	6834.54	32.10	99.533%
Septiembre	6355.09	15.85	99.751%
Octubre	6288.09	49.46	99.220%
Noviembre	6029.42	81.45	98.667%
Diciembre	5410.00	72.49	98.678%
PROMEDIO	71753.78	777.77	98.928%

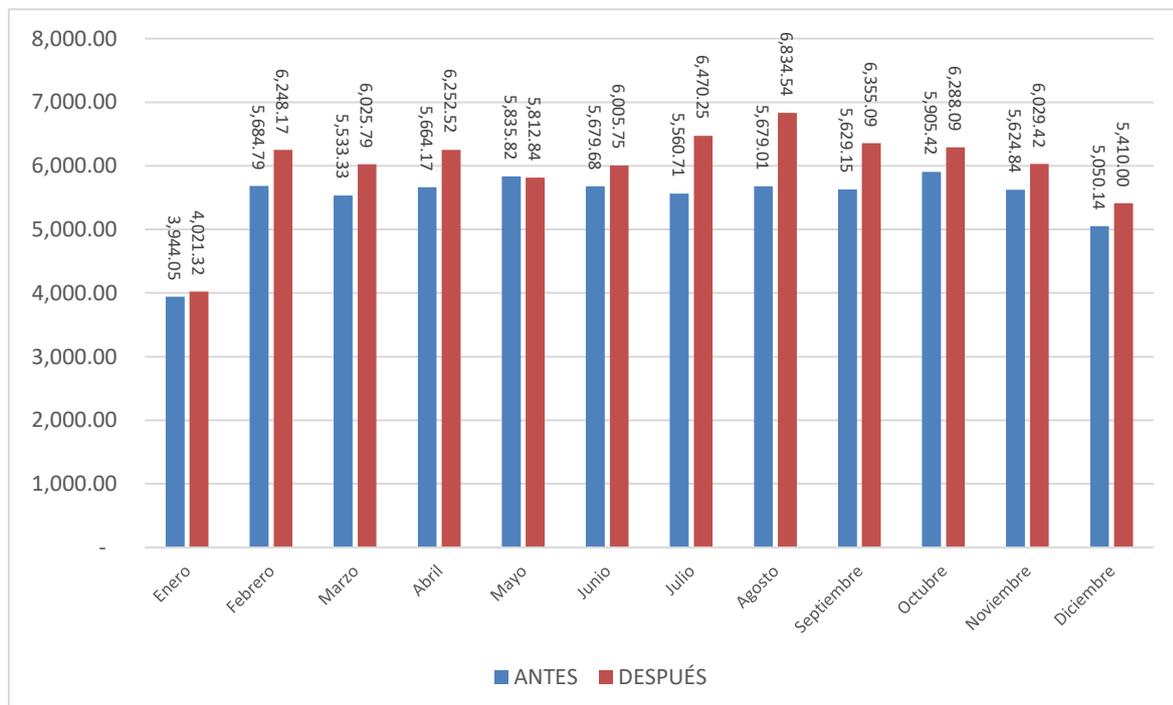


Figura 41. Variaciones en la Confiabilidad Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) año 2018-2019.

Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

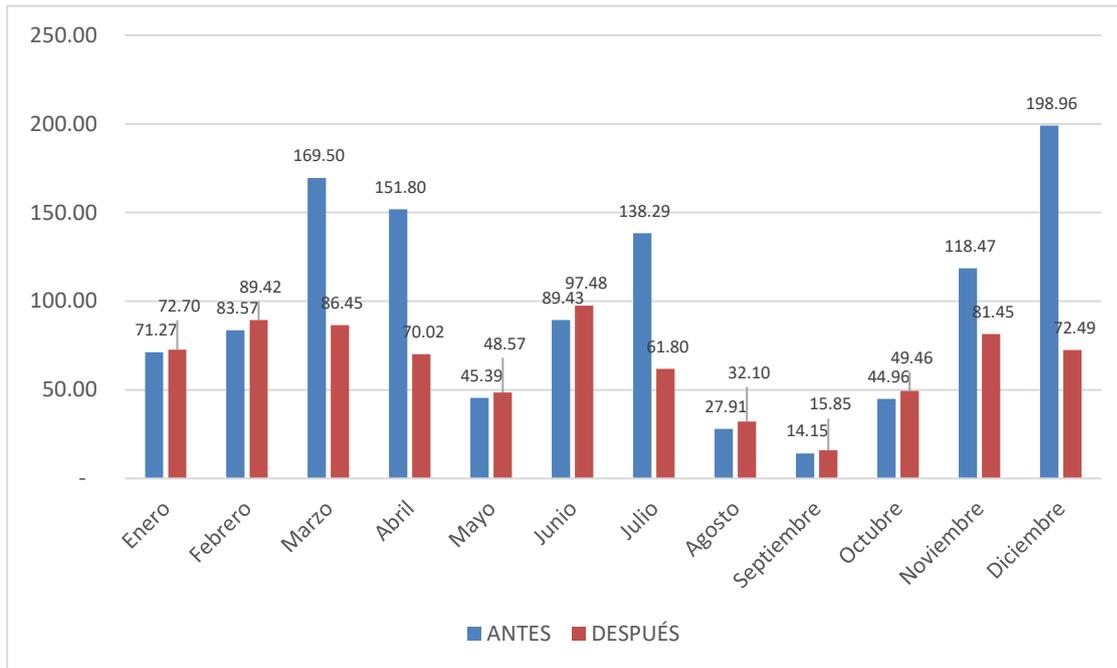


Figura 42. Variaciones Mantenibilidad Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) año 2018-2019.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

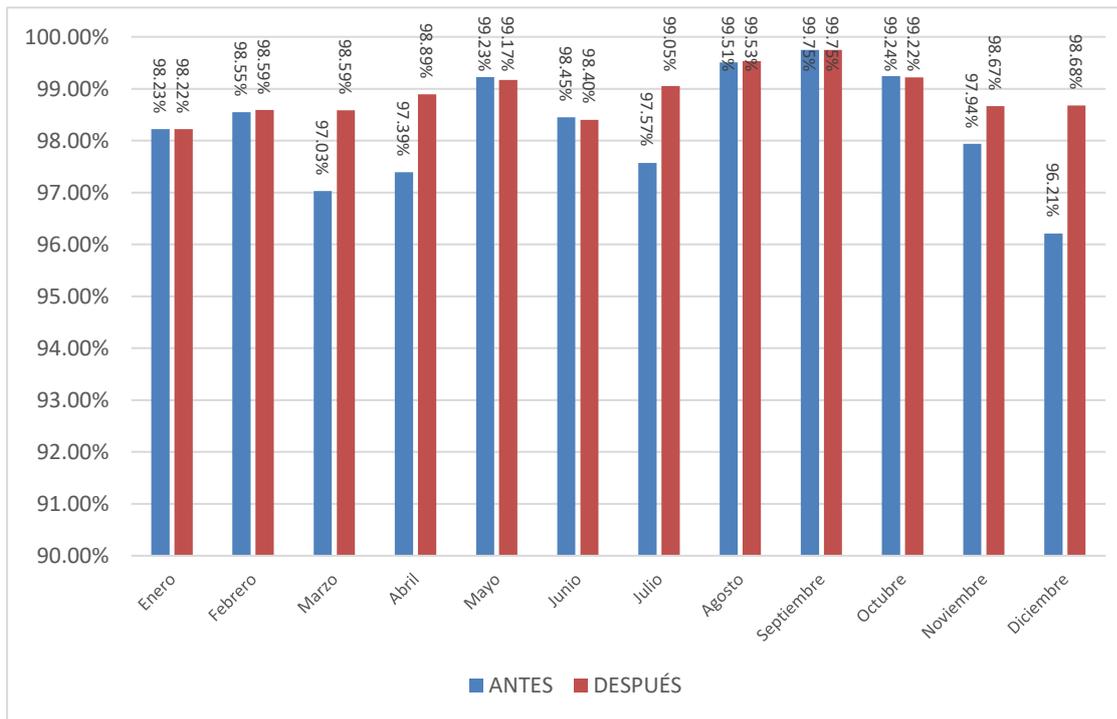


Figura 43. Variaciones Factor de confiabilidad año 2018-2019.  
Fuente: Minera Huínac S.A.C. (2020).

En la Tabla 16 se muestran los datos para la obtención del índice de calidad de la mina, a partir de la producción de mineral concentrado y los niveles de aceptación del cliente:

Tabla 16. *Cálculo del índice de calidad – año 2019*

Mes	Producción de concentrado de mineral neto	Producción aceptada por el cliente	Índice de calidad
Enero	168.47	167.93	0.9968
Febrero	164.81	164.05	0.9954
Marzo	157.40	156.70	0.9955
Abril	151.22	150.34	0.9942
Mayo	153.47	152.47	0.9935
Junio	150.55	149.75	0.9947
Julio	164.70	163.69	0.9939
Agosto	181.85	180.88	0.9947
Setiembre	180.11	178.88	0.9932
Octubre	172.92	171.81	0.9936
Noviembre	183.82	183.59	0.9988
Diciembre	175.97	174.77	0.9932
Total	2,005.27	1,994.87	0.9948

De la información obtenida en la tabla, se obtiene que los niveles de calidad de la mina (Producción de concentrado de mineral de zinc y plomo), para el año 2019, se ubican en 99.48%.

### **Cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) posterior al período de implementación del plan de mejoras.**

Con la información recopilada de los indicadores disponibilidad, mantenimiento y calidad se pudieron determinar los indicadores de rendimiento, disponibilidad y calidad para el cálculo de la eficiencia global de planta (OEE) después de la implementación del TPM (Ver Tabla 17):

Tabla 17. *Eficiencia global de planta (OEE) posterior al período de implementación del plan de mejoras – año 2019*

Mes	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Eficiencia global de planta (OEE)
Enero	0.9822	0.7809	0.9968	0.7645456
Febrero	0.9859	0.7901	0.9954	0.7753764
Marzo	0.9859	0.9229	0.9955	0.9057926
Abril	0.9889	0.9669	0.9942	0.9506216
Mayo	0.9917	0.9170	0.9935	0.9034779
Junio	0.9840	0.8770	0.9947	0.8583943
Julio	0.9905	0.9470	0.9939	0.9322817
Agosto	0.9953	0.9875	0.9947	0.9776496
Setiembre	0.9975	0.9398	0.9932	0.9310758
Octubre	0.9922	0.9940	0.9936	0.9799348
Noviembre	0.9867	0.9430	0.9988	0.9293416
Diciembre	0.9868	0.9899	0.9932	0.9701909
Promedios	0.9890	0.9213	0.9948	0.9064276

De esta forma, se determinó la OEE después de la implementación de acciones basadas en TPM en 90.64%, lo que supone un incremento en 5.78% en la eficiencia global de planta.

**Determinación de los niveles de producción de la organización posterior a la implementación e incidencia de la gestión de mantenimiento sobre los resultados alcanzados.**

Se procedió a la determinación de los niveles de producción de la empresa, con la intención de verificar una vez implementado el TPM la incidencia de su aplicación sobre los niveles de productividad de la organización. Con tan propósito, se elaboró una base de datos con los niveles de producción en comparación con las metas de la organización, en la generación de los concentrados de minerales (zinc, cobre y plomo), en el año 2019 (Ver Tabla 18):

Tabla 18. *Base de datos de producción bruta de concentrados minerales – año 2018*

<b>Mes</b>	<b>Metas de producción</b>	<b>Producción material en bruto</b>	<b>Índice de producción</b>
Enero	500.00	466.67	0.9333
Febrero	500.00	461.64	0.9233
Marzo	500.00	434.82	0.8696
Abril	500.00	406.49	0.8130
Mayo	500.00	427.48	0.8550
Junio	500.00	402.54	0.8051
Julio	500.00	460.05	0.9201
Agosto	500.00	495.49	0.9910
Setiembre	500.00	490.75	0.9815
Octubre	500.00	467.35	0.9347
Noviembre	500.00	519.25	1.0385
Diciembre	500.00	491.54	0.9831
<b>Total</b>	<b>6,000.00</b>	<b>5,524.08</b>	<b>0.9207</b>

De esta manera, se detectó que la capacidad de procesamiento de mineral demostrada alcanzó el 92.07% del presupuesto de ventas, lo que supuso un incremento del 3,54% de la producción a lo largo del año 2019, con lo que se redujo la brecha del 11.47% al 7.93% en el logro de las metas estimadas en el presupuesto de producción. Para las estimaciones económicas, se hace una en la Tabla 19 una relación de los ingresos obtenidos por producción de mineral neto antes y después de la implementación:

 Tabla 19. *Variaciones estimadas en los ingresos por la implementación del TPM*

	<b>Zinc</b>	<b>Plomo</b>
Precio Unitario	2,959.00	1,950.00
Producción 2018	1,316.93	526.81
Producción 2019	1,424.90	569.97
Ingresos 2018	3,896,795.87	1,027,279.50
Ingresos 2019	4,216,279.10	1,111,441.50

Los resultados mostrados en la tabla 19 permite mostrar un incremento del 8,20% por ciento en los ingresos estimados una vez realizadas las mejoras basadas en el TPM en la empresa Minera Huínac S.A.C. en términos económicos representa un incremento de USD 403,645.23 anual.

### **Evaluación financiera de los costos y beneficios del plan de mejoras basadas en el TPM.**

En esta parte del estudio se presentan de los resultados del análisis financiero realizado para calcular los costos y beneficios obtenidos con la implementación del modelo TPM en la gestión de mantenimiento de la empresa y los respectivos indicadores financieros.

Para comenzar se refleja en la tabla 20 los costos de implementación incurridos a lo largo de la experiencia profesional en la empresa Minera Huínac S.A.C.

Tabla 20. *Estimación de los costos incurridos en la implementación del TPM*

<b>Descripción</b>	<b>Costo total en USD</b>
Participación del investigador	18,300.00
Participación de los colaboradores del área de mantenimiento	12,500.00
Participación de los operadores de minas	15,950.00
Inventario de repuestos utilizados en el mantenimiento autónomo	38.450,00
Material de oficina para presentación de la propuesta	190.00
Alquiler de proyector para presentación de resultados	80.00
<b>Total</b>	<b>51,563.37</b>

Una vez mostrados los costos de implementación, se elaboró una proyección de los flujos de efectivo desde dos puntos de vista: una en la cual se hacen los cálculos de

pronóstico del flujo de efectivo sin la implementación elaborada (Tabla 21) y en un segundo escenario, el flujo de efectivo proyectado con la implementación (Tabla 22). Para la elaboración de ambos pronósticos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones a partir de la información suministrada por el área financiera de la empresa:

- Se estima una inflación anual del 2%
- los costos de mantenimiento equivalen al 3% de los ingresos estimados.
- los gastos de administración y ventas equivalen al 2,5% de las ventas.
- Los gastos generales equivalen al 0.5% de las ventas
- La inversión se estima realizar la íntegramente en el año cero es decir al inicio del flujo de efectivo proyectado.
- El WACC (Siglas en inglés de costo promedio ponderado de capital) es una cifra que se estima entre 10% y 20%. Para el estudio de utilizó la media de 15%. Es la tasa de descuento que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión.

Finalmente, en la Tabla 23 se muestra el cálculo del flujo de caja incremental a partir de la determinación de los ingresos adicionales y los egresos operacionales (con o sin implementación), el flujo de caja incremental, el valor actual neto (estimado en USD 285,031.82), la tasa interna de retorno (estimada en 153%), la relación costo beneficio (USD 7.00 por cada dólar invertido) y el tiempo de recuperación de la inversión (10.7 meses), con lo que se demuestra la factibilidad económica de la implementación realizada, de lo cual se espera obtener un beneficio adicional de USD 59,669.29 a partir del segundo año.

Tabla 21. *Estimación del flujo de efectivo proyectado sin implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO SIN IMPLEMENTACIÓN						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Ingresos por ventas zinc		3,896,795.87	3,896,795.87	3,896,795.87	3,896,795.87	3,896,795.87
Ingresos por ventas plomo		1,027,279.50	1,027,279.50	1,027,279.50	1,027,279.50	1,027,279.50
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>4,924,075.37</b>	<b>4,924,075.37</b>	<b>4,924,075.37</b>	<b>4,924,075.37</b>	<b>4,924,075.37</b>
<b>EGRESOS</b>						
Costo de operación		3,791,538.03	3,791,538.03	3,791,538.03	3,791,538.03	3,791,538.03
Costos de mantenimiento		147,722.26	147,722.26	147,722.26	147,722.26	147,722.26
Gastos de administración y ventas		123,101.88	123,101.88	123,101.88	123,101.88	123,101.88
Gastos generales		24,620.38	24,620.38	24,620.38	24,620.38	24,620.38
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>4,086,982.56</b>	<b>4,086,982.56</b>	<b>4,086,982.56</b>	<b>4,086,982.56</b>	<b>4,086,982.56</b>
Utilidad bruta		837,092.81	837,092.81	837,092.81	837,092.81	837,092.81
Impuesto a la Renta (29.5%)		246,942.38	246,942.38	246,942.38	246,942.38	246,942.38
Utilidad neta		590,150.43	590,150.43	590,150.43	590,150.43	590,150.43
Flujos de inversión		-	-	-	-	-
Flujo neto económico	-	590,150.43	590,150.43	590,150.43	590,150.43	590,150.43

Tabla 22. *Estimación del flujo de efectivo proyectado con implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO CON IMPLEMENTACIÓN						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Ingresos por ventas zinc		4,216,279.10	4,300,604.68	4,386,616.78	4,474,349.11	4,563,836.09
Ingresos por ventas plomo		1,111,441.50	1,133,670.33	1,156,343.74	1,179,470.61	1,203,060.02
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>5,327,720.60</b>	<b>5,434,275.01</b>	<b>5,542,960.51</b>	<b>5,653,819.72</b>	<b>5,766,896.12</b>
<b>EGRESOS</b>						
Costo de operación		4,102,344.86	4,184,391.76	4,268,079.59	4,353,441.19	4,440,510.01
Costos de mantenimiento		159,831.62	163,028.25	166,288.82	169,614.59	173,006.88
Gastos de administración y ventas		133,193.02	135,856.88	138,574.01	141,345.49	144,172.40
Gastos generales		26,638.60	27,171.38	27,714.80	28,269.10	28,834.48
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>4,422,008.10</b>	<b>4,510,448.26</b>	<b>4,600,657.23</b>	<b>4,692,670.37</b>	<b>4,786,523.78</b>
Utilidad bruta		905,712.50	923,826.75	942,303.29	961,149.35	980,372.34
Impuesto a la Renta (29.5%)		267,185.19	272,528.89	277,979.47	283,539.06	289,209.84
Utilidad neta		638,527.31	651,297.86	664,323.82	677,610.29	691,162.50
Flujos de inversión	51,563.37	-	-	-	-	-
<b>Flujo neto económico</b>	<b>-51,563.37</b>	<b>638,527.31</b>	<b>651,297.86</b>	<b>664,323.82</b>	<b>677,610.29</b>	<b>691,162.50</b>

Tabla 23. *Estimación de las razones financieras para determinar el costo y beneficio*

**FLUJO DE CAJA INCREMENTAL**

	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>INGRESOS ADICIONALES</b>		403,645.23	510,199.64	618,885.14	729,744.35	842,820.75
<b>EGRESOS OPERACIONALES (INCREMENTAL) (CON PY-SIN PROY)</b>		335,025.54	423,465.70	513,674.67	605,687.81	699,541.22
<b>INVERSIÓN</b>	51,563.37					
<b>FLUJO DE CAJA INCREMENTAL</b>	-51,563.37	68,619.69	86,733.94	105,210.47	124,056.54	143,279.53
<b>TASA DE DESCUENTO (WAAC)</b>	<b>15%</b>					
<b>VAN</b>	285,031.82					
<b>TIR</b>	153%					
<b>B/C</b>	<b>BENEFICIOS</b>	336,595.19				
	<b>COSTOS</b>	51,563				
<b>B/C</b>	USD 7					
<b>PB</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO</b>	<b>-51,563.37</b>	59,669.29	65,583.32	69,177.59	70,929.73	71,235.25

FLUJO ACUMULADO 8,105.92

EN 12 MESES S/59,669

EN X MESES S/51,563

X 10.370

PB

**TIEMPO DE RECUPERO DE LA INVERSIÓN = 10.7  
MESES**

Conclusión en referencia al retorno de la inversión, este se tendrá en un tiempo menor a 11 meses.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

El estudio realizado como producto de la experiencia profesional del autor en la empresa Minera Huínac, tuvo como objetivo general implementar un plan de mejoras basadas en el TPM en el área de producción en la empresa. de manera general, se concluye que la aplicación de un conjunto de acciones basadas en el mantenimiento planificado, el mantenimiento autónomo y la formación y adiestramiento, llevadas a cabo en la empresa durante el primer trimestre de 2019, permitió un incremento de la eficiencia global del planta (OEE) de 84.87% para el cierre de 2018, hasta llegar a 90,64% a finales de 2019, lo que a su vez permitió el incremento de la producción de los concentrados minerales de la organización. Asimismo, en relación con los objetivos específicos, se emiten las siguientes conclusiones:

En relación con el primer objetivo específico, diagnosticar la situación actual de la empresa Minera Huínac en cuanto a la gestión de mantenimiento de maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C., es un diagrama analítico de procesos mediante el cual se describieron las actividades y se especificaron según su tipo de acuerdo con la metodología propuesta por el DAP; se calcularon los indicadores de base que arrojaron un índice de producción de 88.53%, así como los indicadores de disponibilidad operativa de planta: a) utilización de 79.00%, b) disponibilidad física de 92.94% y c) rendimiento de 87.01%, además de los indicadores de mantenimiento que arrojó una disponibilidad de 98.27% y se identificaron los equipos críticos que formaron parte de la planeación de la estrategia TPM

En cuanto al segundo objetivo específico, identificar los factores inciden sobre la productividad de las maquinarias y equipos en la empresa Minera Huínac S.A.C. Ticapampa - Huaraz - Ancash 2019, se concluyó que las fallas más comunes en los equipos eran desgaste

prematureo, falta de limpieza, rotura de componentes, recalentamiento de correas, corrosión, pérdida de presión y desalineación. En cuanto al desempeño operacional, se detectó mediante un diagrama de causa y efecto que no se habían definido criterios para organizar el área de mantenimiento, no se había actualizado capacitación en manejo de equipos y no existía un procedimiento de mantenimiento detallado.

Con base en las fallas detectadas se procedió con el tercer objetivo específico, desarrollar un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento en la empresa. Este plan estuvo basado en tres pilares del TPM: a) mantenimiento planificado, a través la elaboración de los instructivos de planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) para la empresa Minera Huínac S.A.C; b) mantenimiento autónomo, a través de un plan de limpieza inicial, reemplazo de piezas y correcciones de fallas, así como los formatos de estándares para mantenimiento de las máquinas (lubricación e inspección) y c) formación y adiestramiento en las siguientes áreas: fundamentos de mecánica, sistemas mecánicos, instalación de aparejos y equipos, aplicaciones de mantenimiento mecánico,.

En el cuarto objetivo específico, determinar los costos y beneficios de la implementación de un plan de mejoras basadas en el TPM para la gestión de mantenimiento de la empresa, se aplicaron los indicadores respectivos que permitieron calcular el flujo de caja incremental a partir de la determinación de los ingresos adicionales y los egresos operacionales (con o sin implementación), el flujo de caja incremental, el valor actual neto (estimado en USD 285,031.82), la tasa interna de retorno (estimada en 153%), la relación costo beneficio (USD 7.00 por cada dólar invertido) y el tiempo de recuperación de la inversión (10.7 meses), con lo que se demuestra la factibilidad económica de la implementación realizada, de lo cual se espera obtener un beneficio adicional de USD 59,669.29 a partir del segundo año.

## RECOMENDACIONES

Se le recomienda a la organización la formación de pequeños equipos multidisciplinarios para abordar áreas centrales como el mantenimiento preventivo y autónomo, la capacitación de los empleados que operan maquinaria y la seguridad y estandarización de los procesos de trabajo. El mantenimiento productivo total se centra en el uso eficiente y eficaz de los medios de producción, por lo que todos los departamentos deben participar. Estos pequeños equipos trabajan juntos para aumentar la productividad y reducir el tiempo de inactividad mediante la confiabilidad del equipo.

Promover la participación continua de los trabajadores en los programas de mejora. A medida que los empleados se unen a los equipos de TPM, los operadores están capacitados para realizar los elementos de mantenimiento de rutina y asumir un rol de propiedad. Los empleados facultados para afectar el proceso normalmente estarán en condiciones de identificar y crear mejoras en el proceso que normalmente la dirección habría pasado por alto. Una refactorización continua del proceso proporciona un método para implementar mejoras.

Desarrollar otras investigaciones a partir de las herramientas de la Ingeniería Industrial que puedan incidir sobre la mejora continua y la productividad de la organización, que implique el desarrollo de las habilidades y conocimientos del personal y el uso más eficiente de los recursos, para la satisfacción de clientes, socios, trabajadores y la comunidad en la cual desarrolla sus actividades la empresa.

## REFERENCIAS

- Andersson, R., Manfredsson, P. & Björn, B. (2015). Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence. *Total Quality Management & Business Excellence*. 26 (9-10) <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1068598>
- Chlebus, E., Helman, J., Olejarczyk, M. & Rosienkiewicz, M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine – A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 15 (4). 873-884.  
<https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.07.002>
- Dos Reis, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. & Matias, J. (2019). A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. *Procedia Manufacturing*. 38 (1). 908-915. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.173>
- Gamarra A. (2018). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM*. (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. doi: <https://doi.org/10.19083/tesis/625101>
- Gupta, P. & Vardhan, S. (2019). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. *International Journal of Production Research*. 54 (10), 2976-2988  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- Hooi, L. & Leong, T. (2017). Total productive maintenance and manufacturing performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23 (1), 2-21.  
<https://doi.org/10.1108/JQME-07-2015-0033>

Jain, A., Singh, H. and Bhatti, R.S. (2018), Identification of key enablers for total productive maintenance (TPM) implementation in Indian SMEs: A graph theoretic approach, *Benchmarking: An International Journal*. 25 (8), 2611-2634.

<https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2016-0019>

Llontop, L. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA* (Tesis de maestría). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1426>

Modgil, S. and Sharma, S. (2016), Total productive maintenance, total quality management and operational performance: An empirical study of Indian pharmaceutical industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22 (4), 353-377.

<https://doi.org/10.1108/JQME-10-2015-0048>

Silva, D. (2017). *Implementación de TPM (mantenimiento productivo total) para una planta industrial de telares*. (Tesis de Grado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

<http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1331/TRABAJO%20DE%20SUFICIENCIA%20PROF.%20David%20Antonio%20Silva%20Yactayo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Suárez, M. (2016). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento según el enfoque de mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos de la empresa Serfriman EIRL*. (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10131/Su%C3%A1rez%20Escalante%20Mois%C3%A9s.pdf?sequence=1>

Sutharsan, S. & Kaple, G. (2018). Benefits of Implementing the 8-Pillars of Total Productive

Maintenance - A Case. *Supply Chain Pulse*, 10 (2), 32-40.

<https://search.proquest.com/openview/b6d5b20b9c6d223e5465e12119491ee8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2068963>

Trout, J. (2018). Total Productive Maintenance: An Overview. *Reliable Plant*, 26 (1), 1-12.

Recuperado de: <https://www.reliableplant.com/Read/26210/tpm-lean-implement>

Wickramasinghe, G. & Perera, A. (2016). Effect of total productive maintenance practices

on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing

firms, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27 (5), 713-729.

<https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2015-0074>

## ANEXOS

### Anexo 1. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) de la Chancadora de quijada 10" x 16" Marca Funcal secundaria.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

#### 1. OBJETIVO

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo de la **Chancadora de Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria**

#### 2. ALCANCE

Aplica al proceso de mantenimiento de la **Chancadora Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria**

#### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.
- 3.5 HP-MMCH-2018 Manual de mantenimiento de la **Chancadora Quijada 10" X 16" marca FUNCAL Secundaria**

#### 4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Operador de mantenimiento mecánico, eléctrico, ayudantes de mantenimiento y operador de chancadora:** Realizar las instrucciones indicadas en el siguiente instructivo.

Elaborado por: Ruben Orellana	Fecha: 01/08/2019	Revisado por: Gerencia de Mantenimiento	Fecha: 05/08/2019	Aprobado por: Gerencia de Operaciones	Fecha: 06/08/2019

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ❖ Tapones auditivos
- ❖ Zapatos de seguridad
- ❖ Guantes
- ❖ Gafas de seguridad
- ❖ Careta de Soldadura con vidrio # 4

## 6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Comba de 4 lb
- ❖ Galgas de medición ( Medir juego de rodamientos)
- ❖ Termómetro infrarrojo
- ❖ Destornillador de golpe
- ❖ Soga ½ " x 20 mts
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 2 tn
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 1tn
- ❖ Grillete de ¾
- ❖ Grúa Puente
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas chancadora.
- ❖ Escalera 2m
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Llave mixta 15/16", 17 mm, 1 1/8"
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½"
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Máquina de soldar
- ❖ Electrodo
- ❖ Pistola HUCK –con unidad hidráulica".
- ❖ Llave Allen
- ❖ Desarmadores
- ❖ Cutter (Cuchilla retráctil)

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento de la Chancadora de Quijada 10" X 16" marca FUNCAL de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC.

### 7.1 Chequeo Diario

- ✓ Comprobar la tensión de las correas trapezoidales.
- ✓ Comprobar el apriete de los tornillos de las mandíbulas.
- ✓ Comprobar el apriete de los tornillos del cachete.
- ✓ Comprobar si hay desgaste en las mandíbulas.
- ✓ Comprobar el ruido, la temperatura (máx. 75°C/167°F) y el flujo de grasa en los cojinetes excéntricos.
- ✓ Limpieza de las señales de seguridad
- ✓ Compruebe la goma de protección de la placa basculante.
- ✓ Compruebe la tensión y el funcionamiento de la varilla de retorno
- ✓ Comprobar la tensión y el funcionamiento del muelle de la varilla tensora.

### 7.2 Chequeo Semanal

- ✓ Compruebe la temperatura de los cojinetes
- ✓ Comprobar la salida de la grasa
- ✓ Engrasar los cojinetes del eje excéntrico.
- ✓ Comprobar el desgaste de los cachetes.
- ✓ Comprobar la alineación, la posición rectilínea y si hay grietas en la placa basculante.
- ✓ Inspeccionar los asientos de basculación y sus placas de retención. Limpiar o sustituir según sea necesario.
- ✓ Comprobar el apriete de los pernos de las tapas de laberinto.
- ✓ Comprobar el apriete de las varillas de unión del bastidor.
- ✓ Comprobar el montaje y el estado del volante y el apriete de las chavetas con cabeza.
- ✓ Compruebe la temperatura de los cojinetes de la contramarcha
- ✓ Lubricar el árbol de contramarcha de la transmisión de la trituradora
- ✓ Compruebe el apriete de los pernos del bastidor en las placas laterales.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Compruebe el estado de los cojinetes del cilindro de tensión y lubríquelos.
- ✓ Lubrique el dispositivo de ajuste del reglaje
- ✓ Compruebe los fuelles de goma.
- ✓ Lubricar el cojinete de empuje de la varilla tensora.
- ✓ Comprobar el funcionamiento y la cantidad de aceite (añadir si es necesario).
- ✓ Comprobar el funcionamiento y la cantidad de grasa del depósito (añadir si es necesario).

### 7.3 Chequeo mensual

- ✓ Compruebe la temperatura de los cojinetes
- ✓ Compruebe el estado de la ménsula de apoyo de la trituradora, los topes de goma y los amortiguadores de goma.
- ✓ Compruebe el montaje de la tolva de alimentación
- ✓ Compruebe el espacio entre las cuñas de ajuste del reglaje y las barras de guía.
- ✓ Compruebe el estado general de la Chancadora.
- ✓ Compruebe la cantidad de grasa de los cojinetes de la biela y el bastidor

### 7.4 Chequeo semestral

- ✓ Inspeccionar los cojinetes de los ejes excéntricos.
- ✓ Comprobar si hay desgaste en las superficies de contacto de la biela y el bastidor frontal.
- ✓ Comprobar si hay desgaste en las superficies de contacto entre las placas laterales y los cachetes.
- ✓ Cambiar el aceite y el filtro.
- ✓ Compruebe la presión del acumulador de presión (solo personal autorizado).
- ✓ Comprobar las posibles fugas en las juntas. Sustituir las juntas si es necesario.
- ✓ Compruebe la presión del acumulador de presión (solo personal autorizado).

### 7.5 Chequeo Anual

- ✓ Limpieza y Pintura General.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 8. REGISTROS DE PROBLEMAS ( CAUSA Y SOLUCION)

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La placa basculante cae fuera de su asiento.	Material de alimentación excesivamente grande.	Alimente la chancadora con material del tamaño correcto. Asegúrese de que la pared trasera de la tolva de alimentación sea del tipo correcto.
	Muelle tensor demasiado suelto.	Apriete el muelle tensor.
	Material alimentado directamente sobre la tapa superior de biela.	El material debe introducirse en la cavidad de chancado sin golpear esta tapa de la biela. Asegúrese de que la pared trasera de la tolva de alimentación sea del tipo correcto.
	Presión demasiado baja en el cilindro tensor.	Compruebe la presión.
Las superficies de soporte de la placa basculante se han desgastado prematuramente.	Muelle tensor demasiado suelto.	Apriete el muelle tensor.
La placa basculante se rompe (se curva).	Material de alimentación excesivamente pequeño.	Alimente la chancadora con material del tamaño correcto.
	Fragmentos de hierro u otro material no triturable atrapados en el fondo de la cavidad de chancado.	Vacíe la cavidad de chancado para eliminar los fragmentos de hierro y de material no triturable.
	Placa basculante instalada incorrectamente.	Cuando coloque la placa basculante, compruebe que los asientos estén en buen estado y que sus superficies sean suaves y regulares.
Tolva de alimentación con tornillos sueltos o rotos.	Material de alimentación chancado a demasiada altura dentro de la cavidad.	¡LIMITE LA ALIMENTACIÓN! Mantenga la cavidad llena a 2/3 de su capacidad con material del tamaño correcto para obtener el máximo rendimiento.
	El remache de tornillo no se aplica a los tornillos de la tolva de alimentación.	Utilice el remache de tornillos.
Tornillos de placa de mordaza sueltos o rotos.	Placas de mordaza incorrectas instaladas.	Reinstalar las placas de mordaza
	Placas de mordaza instaladas incorrectamente.	Vuelva a instalar las placas de mordaza.
Capacidad	Alimentación de tamaño excesivo.	Compruebe si el tamaño de alimentación es correcto.
	Dirección de rotación del volante errónea.	Asegúrese de que los volantes giren en la dirección correcta.
	Velocidad inadecuada.	Compruebe si la velocidad es correcta.

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 5 de 7

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Capacidad	Reglaje de la chancadora excesivamente pequeño.	Aumente el ajuste de la descarga
	Placas de mordaza demasiado desgastadas.	Sustituya las placas de mordaza.
	Placas de mordaza sueltas.	Apriete los tornillos de las placas de mordaza.
Trituradora bloqueada.	Rocas grandes o fragmentos de hierro atrapados en la cavidad de trituración.	Retire el material atascado. ¡NO UTILICE EXPLOSIVOS PARA DESATASCAR LA CHANCADORA BLOQUEADA!
	El ajuste de la chancadora es insuficiente.	Cada modelo de chancadora tiene un reglaje mínimo recomendado. NO utilice un reglaje menor al recomendado
	Fallo de suministro eléctrico.	Inspeccione todos los fusibles en el cuadro eléctrico de control del motor.
Vibración excesiva	Correas trapezoidales dañadas y / o sueltas.	Compruebe el estado de las correas trapezoidales.
	Velocidad incorrecta.	Haga funcionar la chancadora a la velocidad recomendada.
	Volantes sueltos.	Apriete los volantes correctamente. Suelde los tornillos juntos con placas para impedir que se suelten.
	Volante alineado con el chavetero incorrecto durante el montaje.	Vuelva a montar el volante y alinéelo con el chavetero correcto.
Cojinetes demasiado calientes	Grasa excesiva o insuficiente.	Utilice la cantidad de grasa correcta para cada cojinete. Establezca un calendario de engrase de los cojinetes.
	Funcionamiento excesivamente rápido.	Compruebe la velocidad de la chancadora
	La trituradora está funcionando con un reglaje inferior al recomendado.	Cada modelo de chancadora tiene un reglaje mínimo recomendado. NO utilice un reglaje menor al recomendado
	Chancadora no nivelada.	Inspeccione o vuelva a nivelar la chancadora
Chancadora con variaciones de la velocidad.	Chancadora alimentada con material muy fino.	Alimente la chancadora con material del tamaño correcto.
	Correas trapezoidales dañadas y / o sueltas.	Compruebe el estado de las correas trapezoidales.
Ruido de "golpes" en el funcionamiento	Nivel de suministro eléctrico incorrecto en la planta.	Compruebe el suministro eléctrico de la planta.
	Muelle tensor demasiado suelto.	Apriete el muelle tensor.
	Placa basculante incorrectamente asentada.	Inspeccione si la placa y los asientos basculantes están desgastados.
	Placas de mordaza sueltas.	Apriete los tornillos de las placas de mordaza.
	Placas de mordaza que se golpean entre sí.	Comprobar el ajuste de la trituradora.

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 6 de 7

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CQ-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE CHANCADORA DE QUIJADA 10" X 16" MARCA FUNCAL	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Movimiento de las placas de mordaza	Presión demasiado baja en el cilindro tensor.	Compruebe la presión.
	Placas de mordaza sueltas.	Apriete los tornillos de las placas de mordaza.
	Separación incorrecta.	Compruebe que la separación entre la mandíbula superior e inferior sea de 5 a 8 mm (3/16 a 5/16 pulg).
Cuñas de ajuste inmóviles	Orejeta de centrado desgastada.	Repare la orejeta.
	Superficies desgastadas de las cuñas.	Arroje varias rocas pequeñas dentro de la cavidad para reducir la fricción entre las cuñas.
Control de ajuste activo: El reglaje se abre solo. No hay material no triturable en la cavidad.	Hay fugas en las juntas.	Compruebe si existen fugas de aceite.
	Material de alimentación excesivamente pequeño.	Alimente la trituradora con material del tamaño correcto.

## 9. REGISTROS

HP-RID-CQ-2019-01	Registro de inspección diaria de la chancadora de quijada
HP-RIS-CQ-2019-01	Registro de inspección semanal de la chancadora de quijada
HP-RIM-CQ-2019-01	Registro de inspección mensual de la chancadora de quijada
HP-RISE-CQ-2019-01	Registro de inspección semestral de la chancadora de quijada
HP-RIA-CQ-2019-01	Registro de inspección anual de la chancadora de quijada
HP-RMC-CQ-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo de la chancadora de quijada

## Anexo 2. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) de la zaranda vibratoria 3' x 6'.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-ZV-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA ZARANDA VIBRATORIA 3' x 6'.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

### 1. OBJETIVO

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo de la zaranda vibratoria 3' x 6' para su óptimo funcionamiento

### 2. ALCANCE

Aplica al proceso de mantenimiento de la zaranda vibratoria 3' x 6' de la empresa HUINAC S.A.C.

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.
- 3.5 HP-MMCH-2018 Manual de mantenimiento general de la zaranda vibratoria 3' x 6'.

### 4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Operador de mantenimiento, operador de la zaranda vibratoria 3' x 6':** Realizar las instrucciones indicadas en el siguiente instructivo.

<b>Elaborado por:</b> Ruben Orellana	<b>Fecha:</b> 01/08/2019	<b>Revisado por:</b> Gerencia de Mantenimiento	<b>Fecha:</b> 05/08/2019	<b>Aprobado por:</b> Gerencia de Operaciones	<b>Fecha:</b> 06/08/2019

### 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ❖ Kit de cuero p/soldador (casaca, pantalón, escarpines y guantes de cuero).
- ❖ Careta p/soldador c/vidrio inactinico (#12 ó 14).
- ❖ Careta facial (oscura y transparente).

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 1 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-ZV-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA ZARANDA VIBRATORIA 3' x 6'.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ❖ Casco de protección.
- ❖ Barbiquejo.
- ❖ Lentes de seguridad.
- ❖ Zapatos de seguridad.
- ❖ Guantes de badana.

## 6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Comba de 4 lb
- ❖ Destornillador de golpe
- ❖ Barretilla 1 mts
- ❖ Soga ½ " x 20 mts
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 2 tn
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 1tn
- ❖ Grillete de ¼
- ❖ Grúa Puente
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas zaranda vibratoria 3' x 6'.
- ❖ Escalera 2m
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Llave mixta 15/16", 17 mm, 1 1/8"
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½"
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Máquina de soldar
- ❖ Electrodo
- ❖ Pistola HUCK –con unidad hidráulica".
- ❖ Llave Allen
- ❖ Desarmadores
- ❖ Cutter (Cuchilla retráctil)
- ❖ Cincho ajustable (Para montar filtro)

## 7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento de la zaranda vibratoria 3' x 6'. de acuerdo a los procedimientos establecidos

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 2 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-ZV-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA ZARANDA VIBRATORIA 3' x 6'.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC. Estas actividades son de tipo general; los procedimientos específicos se encuentran detallados en el manual de mantenimiento general de la zaranda vibratoria 3' x 6'.

#### 7.1 Chequeo Diario

- ✓ Verificar ruidos en la caja de rodamiento
- ✓ Inspección de las correas de transmisión.
- ✓ Verificar vibraciones inusuales en la máquina.
- ✓ Inspección visual general

#### 7.2 Chequeo Semanal

- ✓ Inspeccionar Temperatura del Motor y Rodamientos
- ✓ Verificar vibración en la Transmisión de correas
- ✓ Verificar vibración en los resortes
- ✓ Inspección y ajuste de tornillos

#### 7.3 Chequeo mensual

- ✓ Inspección de Rodamientos (medir desgaste)
- ✓ Verificar sistema de transmisión (alineación de poleas y fajas)
- ✓ Inspección de resorte (medir altura)
- ✓ Inspección Motor

#### 7.4 Chequeo semestral

- ✓ Inspeccionar desgaste de la faja en V
- ✓ Inspeccionar mallas de 1er y 2do Deck
- ✓ Inspeccionar base basculante
- ✓ Inspeccionar Chute de Descarga
- ✓ Inspeccionar Conjunto de la excéntrica
- ✓ Apriete de Tornillos

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-ZV-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA ZARANDA VIBRATORIA 3' x 6'.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

#### 7.5 Chequeo anual

- ✓ Inspeccionar Resortes y Rodamientos
- ✓ Inspeccionar mallas de 1er y 2do Deck
- ✓ Inspeccionar base basculante
- ✓ Apriete de tornillos
- ✓ Inspeccionar Chute de Descarga
- ✓ Inspeccionar Conjunto de la excéntrica
- ✓ Limpieza y Pintura General

#### 8. REGISTROS DE PROBLEMAS ( CAUSA Y SOLUCION)

Falla	Causa	Solución
Desgarre o rajadura de la malla	Tensión insuficiente	Reemplace la malla y tensiónela apropiadamente
	Caucho en mal estado	Reemplace caucho
	Tornillos tensores en mal estado	Reemplace tornillos malos
Malla suelta, no ajusta	Malla en mal estado	Reemplace malla
	Falta caucho en la bandeja o está en mal estado	Reemplace caucho
	Arandelas o tornillos sueltos	Chequee y Ajústelos
Zaranda produce alto inusual ruido al operar	Tornillos tensores sueltos	Chequee y Ajústelos
	Rodamientos de vibradores malos	Reemplace rodamientos
Válvula o manija By-pass atascada	Válvula o manija con sólidos y lodo	Limpia válvula con agua o diésel
Vibradores demasiado calientes	Rodamiento sin grasa	Agregue grasa al rodamiento
	Rodamiento en mal estado	Reemplace rodamientos
Lodo acumulado sobre la malla o derrame de mucho lodo en la descarga solida	Malla con tamizado muy pequeño	Cambie una malla de tamizado más grande o ajuste el ángulo de la bandeja de la zaranda
	Malla suelta	Ajuste malla con el tope
Acumulación de lodo en los bordes traseros de las mallas	Los vibradores no están rotando en direcciones opuestas	Cambie la posición de un cable de alimentación eléctrica
	Malla mal tensionada	Ajuste de tensión de las mallas
Rotura o falla prematura de Resorte	Sobrecarga	Calibre el alimentador

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 4 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-ZV-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA ZARANDA VIBRATORIA 3' x 6'.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 9. REGISTROS

HP-RID-ZV-2019-01	Registro de inspección diaria zaranda vibratoria 3' x 6'.
HP-RIS-ZV-2019-01	Registro de inspección semanal zaranda vibratoria 3' x 6'.
HP-RIM-ZV-2019-01	Registro de inspección mensual zaranda vibratoria 3' x 6'.
HP-RISE-ZV-2019-01	Registro de inspección semestral zaranda vibratoria 3' x 6'.
HP-RIA-ZV-2019-01	Registro de inspección anual zaranda vibratoria 3' x 6'.
HP-RMC-ZV-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo de la zaranda vibratoria

**Anexo 3. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) de la celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.**

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CS-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y RESOLUCION DE FALLAS DE LA CELDA WS-180 (CELDA SERRANO) DE ZN.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

**1. OBJETIVO**

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo de la Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn para su óptimo funcionamiento

**2. ALCANCE**

Aplica al proceso de mantenimiento de la Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.

**3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.
- 3.5 HP-MMCS-2018 Manual de mantenimiento general de la Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.

**4. RESPONSABILIDADES**

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Operador de mantenimiento, operador de Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn:** Realizar las operaciones asignadas indicadas en el siguiente instructivo.

**5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

- ❖ Tapones auditivos
- ❖ Zapatos de seguridad
- ❖ Guantes
- ❖ Gafas de seguridad

<b>Elaborado por:</b> Ruben Orellana	<b>Fecha:</b> 01/08/2019	<b>Revisado por:</b> Gerencia de Mantenimiento	<b>Fecha:</b> 05/08/2019	<b>Aprobado por:</b> Gerencia de Operaciones	<b>Fecha:</b> 06/08/2019

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CS-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y RESOLUCION DE FALLAS DE LA CELDA WS-180 (CELDA SERRANO) DE ZN.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Destornillador de golpe
- ❖ Soga ½ “ x 20 mts
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 2 tn
- ❖ Grillete de ¾
- ❖ Grúa Puente
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.
- ❖ molino de bolas
- ❖ Escalera 2m
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Llave mixta 15/16”, 17 mm, 1 1/8”
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½”
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Máquina de soldar
- ❖ Electrodo
- ❖ Pistola HUCK –con unidad hidráulica”.
- ❖ Llave Allen
- ❖ Desarmadores
- ❖ Cutter (Cuchilla retráctil)
- ❖ Cincho ajustable (Para montar filtro)

## 7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento de la Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn. de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC. Estas actividades son de tipo general; los procedimientos específicos se encuentran detallados en el manual de mantenimiento general de la Celda WS-180 (Celda Serrano) de Zn.

### 7.1 Chequeo Diario (Operador de Celda Serrano)

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CS-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y RESOLUCION DE FALLAS DE LA CELDA WS-180 (CELDA SERRANO) DE ZN.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Verificar ruidos en la caja de rodamiento
- ✓ Verificar ruidos en la transmisión de fajas en " V"
- ✓ Verificar vibraciones inusuales en la máquina.
- ✓ Inspección visual general
- ✓ Verificar lubricación y apriete de tornillos.

#### 7.2 Chequeo Semanal (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar Temperatura del Motor y Rodamientos
- ✓ Verificar vibración en la Transmisión de fajas en "V"
- ✓ Verificar vibración en el Stand Pipe

#### 7.3 Chequeo trimestral (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar caja de alimentación , intermedia y descarga (Partes de desgaste)
- ✓ Inspeccionar vástago de válvula
- ✓ Inspeccionar Goma
- ✓ Inspeccionar Válvula/asiento de Válvula
- ✓ Inspeccionar Actuadores
- ✓ Inspeccionar Impulsor/Difusor

#### 7.4 Chequeo semestral (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar desgaste de la faja en V
- ✓ Inspeccionar Goma de Stand Pipe
- ✓ Inspeccionar Eje y protector
- ✓ Inspeccionar Goma del Impulsor/ Difusor
- ✓ Limpieza del eje y del Impulsor /difusor

#### 7.5 Chequeo anual (Operador de mantenimiento)

- ✓ Verificar espesor placa del tanque
- ✓ Pintura

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CS-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y RESOLUCION DE FALLAS DE LA CELDA WS-180 (CELDA SERRANO) DE ZN.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 8. REGISTROS DE PROBLEMAS ( CAUSA Y SOLUCION)

Fal la	Posible Causa	Acción recomendada
Motor se apaga	Eléctrica	Llamar al electricista
	Sobrecarga	Revisar alimentación, ponerse en contacto con el responsable de proceso
	Impulsor no está rotando	Revisar la caja de rodajes Buscar objeto extraño entre el impulsor y el difusor
Ruido de motor inusual		Reemplazar el motor Ponerse en contacto con el proveedor
Ruido inusual en la transmisión de fajas en "V"	Tensión débil de la correa	Tensionar fajas
Ruido inusual en el eje motriz	Falla de rodamientos	Inspeccionar y/o reparar en taller
Derrames de pulpa hacia adentro de las canaletas o bajo nivel	Actuadores de válvula de dardo no están funcionando	Revisar función o reparar
	Control de nivel no está funcionando	Revisar función o reparar
	Perdida de aire del instrumento	Revisar aire del instrumento
	Tablero de control fuera de servicio	Llamar al electricista
Espuma turbulenta	Impulsor no está rotando	Revisar la transmisión
	Aumento de la velocidad de aireación	Revisar función del sistema de control de aire
Poco espuma o la espuma se diluye	Falta de reactivo	Revisar el sistema de reactivos
	Falta de aire	Revisar válvula principal Revisar la función del sistema de control de aire

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VALIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 4 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-CS-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y RESOLUCION DE FALLAS DE LA CELDA WS-180 (CELDA SERRANO) DE ZN.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

		Revisar la función del soplador de aire
--	--	-----------------------------------------

## 9. REGISTROS

HP-RID-CS-2019-01	Registro de inspección diaria de la celda marca Serrano.
HP-RIS-CS-2019-01	Registro de inspección semanal de la celda marca Serrano.
HP-RIT-CS-2019-01	Registro de inspección trimestral de la celda marca Serrano.
HP-RISE-CS-2019-01	Registro de inspección semestral de la celda marca Serrano.
HP-RIA-CS-2019-01	Registro de inspección anual de la celda marca Serrano.
HP-RMC-ZV-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo de la celda marca Serrano.

#### Anexo 4. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) de la Bomba horizontal 3" x 3" marca Espiasa.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

#### 1. OBJETIVO

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo de la Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa.

#### 2. ALCANCE

Aplica al proceso de mantenimiento de la Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa

#### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.
- 3.5 HP-MMCH-2018 Manual de mantenimiento general de la Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa
- 3.6 HP-RMC-BH-2019-01 Registro de mantenimiento correctivo de la bomba horizontal espiasa

#### 4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Operador de mantenimiento, operador de Área de Molienda:** Realizar las instrucciones indicadas en el siguiente instructivo.

#### 5 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Tapones auditivos
- Zapatos de seguridad
- Guantes
- Gafas de seguridad

Elaborado por:	Fecha: 01/08/2019	Revisado por:	Fecha: 05/08/2019	Aprobado por:	Fecha: 06/08/2019

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 1 de 10

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 6 EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Medidor de juego de rodamientos para bombas
- ❖ Medidor de temperatura infrarrojo
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas para la Bomba Horizontal SRL 3" X 3", Marca Espiasa
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½"
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Desarmadores

## 7 DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento de la bomba horizontal srl 3" x 3", marca espiasa acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC. Estas actividades son de tipo general; los procedimientos específicos se encuentran detallados en el manual de mantenimiento general de la bomba horizontal srl 3" x 3".

### 7.1 Chequeo Diario

- ✓ Verificar ruidos en el motor
- ✓ Verificar ruidos en las correas
- ✓ Verificar vibraciones inusuales en la bomba.
- ✓ Inspección visual general

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

### 7.2 Chequeo mensual

- ✓ Controlar la temperatura de los cojinetes con un termómetro. No controlar la temperatura con la mano. Si los cojinetes están operando a más de 180 °F (82 °C), y si al cambiar el lubricante o ajustarlo hasta el nivel adecuado no corrige la condición, entonces desmonte e inspeccione los cojinetes.

### 7.3 Chequeo trimestral

- ✓ Controlar el aceite en las unidades lubricadas con aceite.
- ✓ Controlar los cojinetes lubricados con grasa para la saponificación. Esta condición es causada generalmente por la filtración de agua u otro líquido. La saponificación da a la grasa un color blanquecino. Si esto ocurre, lavar los cojinetes con un solvente industrial limpio y reemplazar la grasa por la del tipo adecuado según se recomienda.

### 7.4 Chequeo Semestral

- ✓ Controlar la empaquetadura y reemplazarla si es necesario. Usar el grado recomendado. Asegurarse de que las cajas de sellado estén centradas en la caja de empaquetadura en la entrada de la conexión de las tuberías de la caja de empaquetadura.
- ✓ Tomar lecturas de vibración en las carcasas de los cojinetes. Comparar las lecturas con la última serie de lecturas para controlar posibles fallos en los componentes de la bomba.
- ✓ Controlar el eje o el manguito del eje para el marcado. El marcado acelera el desgaste de la empaquetadura.
- ✓ Controlar la alineación de la bomba y el motor. Separar las unidades si es necesario. Si vuelve a producirse una desalineación con frecuencia, inspeccionar todo el sistema de tuberías. Desatornillar las tuberías en las bridas de succión y descarga para ver si salta, lo que indica la tensión en la carcasa. Inspeccionar todos los soportes de las tuberías para realizar el soporte sólido y eficaz de la carga. Corregir según sea necesario.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

### 7.5 Chequeo anual

- ✓ Remover la mitad superior de la carcasa. Inspeccionar meticulosamente la bomba para ver si hay desgastes. Pedir la sustitución de piezas si es necesario.
- ✓ Controlar la holgura del anillo de desgaste. Volver a colocar los anillos de desgaste cuando la holgura sea tres veces mayor a su holgura normal o cuando se observe una disminución significativa de la presión de descarga para el mismo caudal.
- ✓ Remover cualquier depósito o descamación.
- ✓ Limpiar las tuberías de la caja de empaquetadura.
- ✓ Mida la succión dinámica total y la distancia de descarga con el fin de probar el rendimiento de la bomba y la condición de la tubería. Registrar las cifras y compararlas con las cifras de la última prueba. Esto es especialmente importante cuando el líquido bombeado tiende a formar un depósito sobre las superficies internas como es nuestro caso.
- ✓ Inspeccionar las válvulas de pie y las válvulas de retención. Una válvula de pie o de retención defectuosa causará un rendimiento deficiente. La válvula de retención previene el golpe de ariete cuando la bomba se detiene.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 8 REGISTROS DE PROBLEMAS ( CAUSA Y SOLUCION)

Sintoma	Causa	Solución
La bomba no está suministrando líquido.	La bomba no está cebada.	Vuelva a cebar la bomba y compruebe que la línea de succión y la bomba estén llenas de líquido.
	La bomba perdió cebado.	Controle que no haya fugas en las uniones de la tubería de aspiración ni en los accesorios. Ventile la carcasa para eliminar el aire acumulado. Controle el sello mecánico o la empaquetadura.
	El impulsor está obturado.	Retrolave la bomba para limpiar el impulsor.
	El impulsor tiene el eje flojo.	Controle la chaveta, la tuerca de fijación y los tornillos de fijación.
	El eje gira en dirección errónea.	Cambie la rotación. La rotación debe coincidir con la flecha del alojamiento de los rodamientos o la carcasa de la bomba.
	El eje no gira.	Controle la electricidad, el acoplamiento, el eje de línea y la chaveta del eje.
	La elevación de la succión es demasiado alta.	Controle que no haya obstrucciones en la entrada y verifique que las válvulas de aspiración estén abiertas. Controle que no haya pérdidas por fricción en la tubería. Utilice una aspiradora o calibrador compuesto para controlar la carga neta positiva de aspiración (NPSH) disponible.
La velocidad del motor es demasiado baja.	Verifique que el cableado del motor sea correcto y que reciba voltaje pleno o que la turbina reciba presión de vapor absoluta. El motor puede tener una fase abierta.	
La bomba no distribuye suficiente líquido o no ofrece suficiente presión.	Las tuberías de aspiración tienen fugas de aire.	Controle que no haya bolsas de aire ni fugas de aire en las tuberías de aspiración.
	La caja de empaquetadura tiene fugas de aire.	Controle la empaquetadura o el sello y recémbrelos de ser necesario. Controle que haya una lubricación adecuada.
	La velocidad del motor es demasiado baja.	Verifique que el cableado del motor sea correcto y que reciba voltaje pleno o que la turbina reciba presión de vapor absoluta. El motor puede tener una fase abierta.
	El cabezal de descarga está demasiado alto.	Controle que no haya pérdidas por fricción en la tubería y que las válvulas estén completamente abiertas. Se puede corregir la condición con tuberías más grandes.
	El impulsor está obturado.	Retrolave la bomba para limpiar el impulsor.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

Síntoma	Causa	Solución
La bomba no distribuye suficiente líquido o no ofrece suficiente presión.	El impulsor o los anillos de desgaste están gastados o rotos.	Revise el impulsor y los anillos de desgaste y reemplácelos si se presenta alguna de las siguientes condiciones: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El impulsor o el anillo de desgaste está dañado.</li> <li>2. Las secciones del vano se encuentran gravemente erosionadas.</li> <li>3. La holgura del anillo de desgaste es tres veces mayor lo normal.</li> </ol>
	La válvula de pie es demasiado pequeña o está parcialmente obstruida.	Controle la válvula y reemplácela con una de la medida correcta si es necesario.
	La entrada de aspiración no está lo suficientemente sumergida.	Si no se puede bajar la entrada o si el problema continúa luego de haber bajado la entrada, encadene un tablón a la tubería de aspiración. El tablón se irá hacia los torbellinos y servirá de contención para el vórtice.
	El eje gira en dirección errónea.	Cambie la rotación. La rotación debe coincidir con la flecha del alojamiento de los rodamientos o la carcasa de la bomba.
	El sello mecánico está gastado o roto.	Repáre o reemplace el sello según sea necesario.
	Los canales de líquido están obstruidos.	Asegúrese de que las válvulas de aspiración y descarga se encuentren completamente abiertas. Desmunte la bomba y revise los canales y la carcasa. Retire la obstrucción.
La bomba se enciende y, a continuación, para de bombear.	La elevación de la succión es demasiado alta.	Controle que no haya obstrucciones en la entrada y verifique que las válvulas de aspiración estén abiertas. Controle que no haya pérdidas por fricción en la tubería. Utilice una aspiradora o calibrador compuesto para controlar la carga neta positiva de aspiración (NPSH) disponible.
	El impulsor está obturado.	Retrolave la bomba para limpiar el impulsor.
	Las tuberías de aspiración tienen fugas de aire.	Controle que no haya bolsas de aire ni fugas de aire en las tuberías de aspiración.
	La caja de empaquetadura tiene fugas de aire.	Controle la empaquetadura o el sello y reemplácelos de ser necesario. Controle que haya una lubricación adecuada
	La junta de la carcasa está dañada.	Controle la junta y reemplácela si es necesario.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

Síntoma	Causa	Solución
Los rodamientos se están sobrecalentando.	El eje está torcido.	Enderece el eje o reemplácelo de ser necesario.
	Los cojinetes están gastados o tienen una lubricación deficiente.	Revise los cojinetes y reemplácelos de ser necesario.
	Hay una tensión excesiva de la tubería en la carcasa de la bomba.	Alivie la tensión y controle la alineación.
	La bomba y la unidad motriz no están correctamente alineadas.	Realicee la bomba y el conductor.
	La lubricación no se ha aplicado correctamente.	Verifique que la cantidad y el tipo de lubricante sean adecuados.
	La lubricación no se enfría correctamente.	Verifique el sistema de refrigeración.
La bomba hace ruido o vibra.	La bomba y la unidad motriz no están correctamente alineadas.	Realicee la bomba y el conductor.
	El impulsor está parcialmente obturado.	Retrolave la bomba para limpiar el impulsor.
	El impulsor o el eje están dañados o torcidos.	Reemplace el impulsor o el eje según sea necesario.
	La base no está rígida.	Ajuste los pernos de sujeción de la bomba y el motor, o ajuste los postes.
	Los rodamientos están desgastados.	Reemplace los rodamientos.
	Las piezas rotatorias están trabadas.	Verifique las holguras correctas de las partes desgastadas internas.
	La bomba cavita.	Ubique y corrija el problema del sistema.
La bomba tiene una fuga excesiva en la caja de empaquetadura.	El eje está torcido.	Enderece el eje o reemplácelo de ser necesario.
	La bomba y la unidad motriz no están correctamente alineadas.	Realicee la bomba y el conductor.
	Los cojinetes están gastados o tienen una lubricación deficiente.	Revise los cojinetes y reemplácelos de ser necesario.
La caja de empaquetadura se recalienta.	La caja de empaquetadura tiene fugas de aire.	Controle la empaquetadura o el sello y reemplácelos de ser necesario. Controle que haya una lubricación adecuada.
	La caja de empaquetadura está empaquetada incorrectamente.	Controle la empaquetadura y vuelva a empaquetar la caja de empaquetadura. Si la empaquetadura está demasiado ceñida, trate de liberar la presión del casquillo y vuelva a ceñir.

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 8 de 10

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

Síntoma	Causa	Solución
La caja de empaquetadura se recalienta.	El sello mecánico está dañado.	Revise y reemplace el sello mecánico según sea necesario.
	La manga del eje está ranurada.	Mecanice o reemplace la manga del eje según sea necesario.
	La empaquetadura está demasiado ceñida o el sello mecánico no se ajustó apropiadamente.	Controle y ajuste la empaquetadura. Reemplace las piezas que sean necesarias. Ajuste los sellos mecánicos. Consulte las instrucciones del fabricante del sello
El motor requiere una potencia excesiva.	El cabezal de descarga ha descendido por debajo del punto nominal y bombea demasiado líquido.	Instale una válvula de estrangulación. Si eso no ayuda, recorte el diámetro del impulsor.
	El eje gira en dirección errónea.	Cambie la rotación. La rotación debe coincidir con la flecha del alojamiento de los rodamientos o la carcasa de la bomba.
	El impulsor está dañado.	Inspeccione y reemplace el impulsor, si fuera necesario.
	Las piezas rotatorias están trabadas.	Verifique las holguras correctas de las partes desgastadas internas.
	El eje está torcido.	Enderece el eje o reemplácelo de ser necesario.
	La velocidad del motor es demasiado alta.	Controle el voltaje del motor o la presión de vapor que reciben las turbinas. Asegúrese de que la velocidad del motor es la misma que la de su placa de identificación.
	Los cojinetes están gastados o tienen una lubricación deficiente.	Revise los cojinetes y reemplácelos de ser necesario.
	Las holguras de funcionamiento entre los anillos son incorrectas.	Controle que haya holguras apropiadas. Reemplace los anillos de desgaste de la carcasa o del impulsor de ser necesario.
	Hay una tensión excesiva de la tubería en la carcasa de la bomba.	Alivie la tensión y controle la alineación. Consulte con ITT de ser necesario.
La bomba y el motor están no están alineados.	Realinee la bomba y el conductor.	
La entrada de aspiración no está lo suficientemente sumergida.	Si no se puede bajar la entrada o si el problema continúa luego de haber bajado la entrada, encadene un tablón a la tubería	

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 9 de 10

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BE-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPORTE DE FALLAS DE LA BOMBA HORIZONTAL SRL 3" X 3", MARCA ESPIASA	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

		de aspiración.
	La carcasa está deformada debido a tensiones excesivas de las tuberías de aspiración y descarga.	Controle la alineación. Revise que en la bomba no haya rozaduras entre el impulsor y la carcasa. Reemplace las piezas dañadas y rearme las tuberías.

## 9 REGISTROS

HP-RID-BE-2019-01	Registro de inspección diaria de la bomba horizontal espiasa
HP-RIS-BE-2019-01	Registro de inspección mensual de la bomba horizontal espiasa
HP-RIT-BE-2019-01	Registro de inspección trimestral de la bomba horizontal espiasa
HP-RISE-BE-2019-01	Registro de inspección semestral de la bomba horizontal espiasa
HP-RIA-BE2019-01	Registro de inspección anual de la bomba horizontal espiasa
HP-RMC-BE-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo de la bomba horizontal espiasa

## Anexo 5. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) del Molino de Bolas 5' x 8'.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

### 1. OBJETIVO

Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo del molino de bolas 5' X 8' de la empresa HUINAC S.A.C.

### 2. ALCANCE

Aplica al proceso de mantenimiento del molino de bolas 5' X 8'

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- 3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.
- 3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6
- 3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.
- 3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.
- 3.5 HP-MMCH-2018 Manual de mantenimiento de molino de bolas 5' X 8' de la empresa HUINAC S.A.C.
- 3.6 HP-RMC-01-2019 Reporte de mantenimiento correctivo de molino de bolas 5' X 8' de la empresa HUINAC S.A.C.

### 4. RESPONSABILIDADES

- 4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.
- 4.2 **Operador de mantenimiento, operador de chancadora:** Realizar las instrucciones indicadas en el siguiente instructivo.

### 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ❖ Tapones auditivos
- ❖ Zapatos de seguridad
- ❖ Guantes quirúrgicos
- ❖ Gafas de seguridad

<b>Elaborado por:</b> Ruben Orellana	<b>Fecha:</b> 01/08/2019	<b>Revisado por:</b> Gerencia de Mantenimiento	<b>Fecha:</b> 05/08/2019	<b>Aprobado por:</b> Gerencia de Operaciones	<b>Fecha:</b> 06/08/2019
--------------------------------------	--------------------------	------------------------------------------------	--------------------------	----------------------------------------------	--------------------------

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Soga ½ “ x 20 mts
- ❖ Termómetro infrarrojo
- ❖ Medidor de juego para rodamientos de molinos de bolas
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 2 tn
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 1tn
- ❖ Grillete de ¾
- ❖ Grúa Puente
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas molino de bolas 5' x 8'
- ❖ Escalera 2m
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½”
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Máquina de soldar
- ❖ Electrodo
- ❖ Pistola HUCK –con unidad hidráulica”.
- ❖ Llave Allen
- ❖ Desarmadores

## 7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento del molino de bolas de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC.

### 7.1 Chequeo Diario

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 2 de 15

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

**Sistema Descansos Alimentación – Descarga.**

**Medición de vibraciones:**

- ✓ Descanso lado alimentación | Magnitud: < 4,5 [mm/s].
- ✓ Descanso lado descarga | Magnitud: < 4,5 [mm/s].

**Registro de T°:**

- ✓ Descanso lado alimentación | Margen: 25 – 32° C.
- ✓ Descanso lado descarga | Margen: 25 – 35° C.

\*Si superan los 50°C el molino de bolas se detiene automáticamente.

**Estado operacional:**

- ✓ Inspección de ruidos extraños.
- ✓ Inspección visual muñón y cojinete hidrostático.
- ✓ Inspección de válvulas de refrigeración.

**Sistema Piñón – Corona.**

**Medición de vibraciones:**

- ✓ Descanso contraeje lado alimentación | Magnitud: < 4,5 [mm/s].
- ✓ Descanso contraeje lado descarga | Magnitud: < 4,5 [mm/s].

**Registro de T°:**

- ✓ Descanso contraeje lado alimentación | Margen: 25 – 35° C.
- ✓ Descanso contraeje lado descarga | Margen: 25 – 35° C.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Piñón (extremo alimentación, centro, extremo descarga) | Margen: 25 – 40° C.
- ✓ Corona (extremo alimentación, centro, extremo descarga) | Margen: 25 – 40° C.

**Estado operacional:**

- ✓ Inspección de ruidos extraños en Piñón – Corona.
- ✓ Inspección visual a Piñón – Corona.
- ✓ Inspección de ruidos extraños en Descansos contraeje.
- ✓ Inspección visual en Descansos contraeje.

**Sistema de Lubricación:**

**Registro de presión:**

Descansos Alimentación – Descarga:

- ✓ Bomba de levante (Alta presión) muñones | Magnitud: 31,5 [MPa].
- ✓ Bomba de lubricación (Baja presión) muñones | Magnitud: 0,4 [MPa].

Piñón – Corona:

- ✓ Bomba de lubricación piñón – corona | Magnitud: 2,5 [MPa]

**Registro de T°:**

Descansos Alimentación – Descarga:

- ✓ Bomba de levante muñones | Magnitud: < 40° C.
- ✓ Bomba de lubricación muñones | Magnitud: < 40° C.
- ✓ Estanque de aceite | Margen: 25 – 45° C.

Piñón – Corona:

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

✓ Bomba de lubricación piñón – corona | Magnitud: < 40° C.

✓ Estanque de grasa | Margen: 15 – 70° C.

**Estado operacional:**

✓ Inspección visual de fugas y otros.

✓ Inspección de ruidos extraños de componentes del Sistema de Lubricación.

✓ Verificar visualmente que los inyectores no se encuentren obstruidos y que el ciclo de inyección se encuentre dentro del rango | Rango: 30 [s] de inyección cada 30 [min]

**Unidad Neumática.**

1.2. Registro de presión:

✓ Verificar presión de trabajo del compresor | Magnitud: 0,7 [MPa]

1.3. Estado operacional:

✓ Ajustar piezas que se encuentren sueltas.

✓ Inspección de ruidos extraños motor, compresor.

✓ Inspección visual de fugas en piping neumático.

**Sistema Descarga.**

1.4. Estado operacional:

✓ Verificación visual del tipo de flujo en la descarga, granulometría. (ver en el Trommel y Cajón de descarga)

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Inspección de ruidos extraños en bombas de hidrociclón.
- ✓ Inspección de ruidos extraños en hidrociclones.

## 7.2 Chequeo Semanal

### Sistema de Lubricación.

#### **Descansos Alimentación – Descarga:**

- ✓ Nivel de aceite; rellenar si fuese necesario | Volumen: 800 [lt].
- ✓ Verificación de funcionamiento de la unidad de lubricación.
- ✓ Inspección y limpieza de filtro de malla.
- ✓ Inspección de válvulas.

#### **Piñón – Corona:**

- ✓ Nivel de grasa; rellenar si fuese necesario | Volumen: 200 [lt].
- ✓ Verificación de funcionamiento de la unidad de lubricación.
- ✓ Inspección y limpieza de filtro de malla.
- ✓ Inspección de válvulas.

### Unidad Neumática.

#### **Estado operacional:**

- ✓ Nivel de aceite del compresor; rellenar si fuese necesario | Volumen: 62 [lt].
- ✓ Verificación de funcionamiento de la unidad neumática.
- ✓ Evacuación de condensado en piping neumático.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Inspección y limpieza de filtros (escape aire/aceite).

### 7.3 Chequeo mensual

#### **Sistema de Lubricación.**

Descansos Alimentación – Descarga:

- ✓ Inspeccionar fugas en piping lubricación Descansos.
- ✓ Nivel de aceite; rellenar si fuese necesario | Volumen: 800 [lt].

Piñón – Corona:

- ✓ Inspeccionar fugas en piping lubricación Piñón – Corona.
- ✓ Nivel de grasa; rellenar si fuese necesario | Volumen: 200 [lt].

Estado operacional:

- ✓ Limpieza del área de lubricación.
- ✓ Inspección interna bomba de levante; cambiar componentes de ser necesario.
- ✓ Inspección interna bomba de lubricación; cambiar componentes de ser necesario.

#### **Sistema Piñón – Corona.**

**Estado operacional:**

- ✓ Verificación visual estado de los dientes del Piñón y Corona (Si tienen desgaste, desgarros, indentaciones, fisuras, arrugamiento, etc.).
- ✓ Revisión de carga y contaminación de engranajes; realizar limpieza de ser necesario.

#### **Sistema Descansos Alimentación – Descarga.**

**Estado operacional:**

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 7 de 15

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Verificar estado de los Descansos Alimentación – Descarga (Desgaste, indentaciones, fisuras, fusión, etc.
- ✓ Revisión de alojamientos de los descansos por acumulación de carga; realizar limpieza de ser necesario.

#### **Sistema Descarga.**

##### **Estado operacional:**

- ✓ Verificación estado de Parrillas Descarga (Si se encuentran tapadas, si tienen desgaste, rotura, etc.).

#### **Unidad Neumática.**

##### **Estado operacional:**

- ✓ Nivel de aceite compresor; rellenar si fuese necesario | Volumen: 62 [lt].
- ✓ Inspeccionar fugas en piping neumático.
- ✓ Estado de las correas de transmisión.

### **7.4 Chequeo semestral**

#### **Sistema de Alimentación.**

- ✓ Cambio revestimientos trunnion.
- ✓ Cambio de lifters a tapa de alimentación.
- ✓ Cambio de corazas a tapa de alimentación.

#### **Sistema de Descarga.**

- ✓ Cambio de revestimientos trommel.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Cambio de lifters a tapa descarga.
- ✓ Cambio de parrillas de descarga.
- ✓ Cambio cajones de descarga.
- ✓ Cambio tapa central.

### 7.5 Chequeo anual

#### Sistema Manto Cilíndrico.

- ✓ Cambio de lifters.
- ✓ Cambio de corazas.
- ✓ Cambio de revestimientos a tapa de registro.
- ✓ Cambio de anillos periféricos.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

}

## 8. REGISTROS DE PROBLEMAS ( CAUSA Y SOLUCION)

Sistema	Modo de Falla	Causas	Métodos de Detección	Acciones Correctivas
Mant o Cilindri co	Fuga de carga	Rotura o mal apriete de pernos, tapa de alimentación y descarga mal instaladas, sello estático y dinámico mal instalados	Inspección visual, revisión de pernos, ruidos anormales en el molino	Verificar y corregir apriete de pernos, instalación de tapas y los sellos; reemplazar pernos cortados o con fallas; reemplazar sellos defectuosos;
		Tapa de registro mal sellada y desprendimiento	Inspección visual, revisión de tapa de registro	Verificar y corregir sello y cierre de la tapa de registro; reemplazar en caso de falla.
	Sonidos extraños, alta vibración, flujo en la descarga del molino es anormal	Bajo nivel de carga mineral, nivel de bolas normal	Cambio frecuente de impulsores de bombas, ruidos anormales en el molino, inspección visual cintas transportadoras de alimentación;	Controlar nivel de carga de mineral para mantener proporción óptima; controlar velocidad de las cintas transportadoras de alimentación;
		Alto nivel de bolas, nivel de carga de mineral normal	inspección visual en los descansos, inspección visual en la descarga del molino, utilización de instrumentos	Controlar nivel de bolas para mantener proporción óptima; limpiar descansos en caso de que hayan virutas provocadas por desgaste o bien reemplazarlos
			Cambio frecuente de impulsores de	Controlar nivel de carga de mineral para mantener proporción óptima;

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 10 de 15

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

	Alto nivel de carga mineral, nivel de bolas normal	bombas, inspección visual en cintas transportadoras de alimentación, inspección visual en la descarga del molino, inspección visual en los descansos (Viruta, color), utilización de instrumentos	controlar velocidad de las cintas transportadoras de alimentación; limpiar descansos en caso de que hayan virutas provocadas por desgaste o bien reemplazarlos
	Bajo nivel de bolas, nivel de carga de mineral normal		Controlar nivel de bolas para mantener proporción óptima;

Sistema	Modo de Falla	Causas	Métodos de Detección	Acciones Correctivas
Piñón-Corona	Sonidos extraños, alta vibración, calor	Mal montaje del conjunto, desalineamiento, desplazamiento, poca limpieza del conjunto, mal mecanizado de los componentes	Ruidos anormales en Piñón-Corona, inspección visual, utilización de instrumentos, inspección sensorial	Verificar radio de contacto de la corona, verificar concentricidad del piñón, volver a realizar alineamiento si fuese necesario, reemplazar componentes si fuese necesario, comprobar mecanizado de piñón y corona
		Sistema de lubricación no funciona como corresponde o está contaminado	Ruidos anormales en Piñón-Corona, inspección visual, inspección sensorial, utilización de instrumentos	Controlar nivel de grasa en estanque y rellenar si fuese necesario, revisar y limpiar los inyectores, destapar tuberías, reemplazar bombas si fuese el caso, cambio de filtros, revisar si hay fugas y reparar, controlar presión de las bombas y del sistema neumático
	Motor no arranca	Falla suministro de energía	Verificar conexiones eléctricas y estado de fuente de	Reparar conexiones eléctricas en mal estado o estado de fuente de alimentación, reemplazar

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 11 de 15

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO		HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'		
	GERENCIA DE OPERACIONES		ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019		VERSIÓN: 01

Girolen to			alimentación	componentes en caso de ser necesario.
	Molino no gira	Rotura palanca de accionamiento	Inspección visual y Verificación de componentes	Reparar palanca de accionamiento, reemplazar si es necesario
	Dificultad al mover el molino	Alto nivel de carga	Inspección visual cintas transportadoras y pines Inching Drive, inspección visual en la descarga del molino	Reemplazar componentes y controlar nivel de carga de mineral para mantener proporción óptima; controlar velocidad de las cintas transportadoras de alimentación;

Sistema	Modo de Falla	Causas	Métodos de Detección	Acciones Correctivas
Sistema Lubricación		Baja capacidad de aceite lubricante, presión del sistema es demasiado baja, presión del sistema es demasiado alta, presión del sistema es variable, bomba no suministra aceite, acumulación de material	Verificar nivel y temperatura de aceite; inspección visual de componentes (color oscuro); inspección sensorial	Reemplazar partes desgastadas de bombas, limpiar tuberías, agregar aceite al estanque, sellar tuberías en caso de fugas, regular presión de trabajo, regular temperatura de aceite, cambiar aceite si es necesario
		Baja capacidad de grasa lubricante, presión del sistema es	Verificar nivel de grasa lubricante y temperatura de componentes,	Reemplazar partes desgastadas de bomba hidráulica, limpiar tuberías, agregar aceite al estanque, sellar tuberías

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 12 de 15

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

		demasiado baja, presión del sistema demasiado alta, presión del sistema es variable, bomba no suministra grasa, inyectores bloqueados,	inspección visual de piping lubricación y neumático, inspección visual de componentes; inspección sensorial	en caso de fugas, regular presión de trabajo de bomba hidráulica, verificar estado de compresor y presión de trabajo, regular temperatura de grasa, limpiar y desobstruir inyectores junto con piping de lubricación y neumático
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO		HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'		
	GERENCIA DE OPERACIONES		ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019		VERSIÓN: 01

Sistema	Modo de Falla	Causas	Métodos de Detección	Acciones Correctivas
Sistema Motriz	Molino no gira	Falla suministro de energía, falla excitatriz, voltaje muy bajo	Inspección visual	Verificar estado de componentes, conexiones y reparar; agregar película de aceite a los rodamientos del motor para ayudarlo en el giro
		Carga demasiado grande en el molino	Inspección visual, verificar carga dentro del molino	Se debe realizar una limpieza del interior del molino con la ayuda del Inching Drive (Girolento) hasta que se encuentre en un estado óptimo de operación
	Generación de calor en descansos del motor, alta vibración	Desalineamiento, mal montaje de los descansos y el conjunto	Ruidos anormales en descansos del motor, inspección visual y sensorial, utilización de instrumentos	Reemplazo de componentes y eventualmente realizar alineamiento

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-MB-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y REGISTRO DE FALLAS DE MOLINO DE BOLAS 5' X 8'	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 9. REGISTROS

HP-RID-MB-2019-01	Registro de inspección diaria del molino de bolas 5' x 8
HP-RIS-MB-2019-01	Registro de inspección semanal del molino de bolas 5' x 8
HP-RIM-MB-2019-01	Registro de inspección mensual del molino de bolas 5' x 8
HP-RISE-MB-2019-01	Registro de inspección semestral del molino de bolas 5' x 8
HP-RIA-MB-2019-01	Registro de inspección anual del molino de bolas 5' x 8
HP-RMC-ZV-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo del molino de bolas 5' x 8

## Anexo 6. Planes de mantenimiento preventivo y reporte de fallas (PMRF) del Banco de Celdas de PB 01.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BC-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

### 1. OBJETIVO

1.1 Establecer el correcto proceso para desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo del Banco de Celdas de Pb N° 01.

### 2. ALCANCE

2.1 Aplica al proceso de mantenimiento del Banco de Celdas de Pb N° 01.

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

3.1 ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.

3.2 OHSAS 18001:2007 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional – Requisito. 4.4.6

3.3 ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de Calidad.

3.4 PG.01 Identificación y evaluación de aspectos ambientales e identificación de peligros evaluación de riesgos y determinación de controles.

3.5 HP-MMCH-2018 Manual de mantenimiento general del Aplica al proceso de mantenimiento del **Banco de Celdas de Pb N° 01.**

### 4. RESPONSABILIDADES

4.1 **Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento:** Hacer cumplir el procedimiento en mención.

4.2 **Operador de mantenimiento, operador del Banco de Celdas de Pb N° 01. :** Realizar las operaciones asignadas indicadas en el siguiente instructivo.

### 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- ❖ Tapones auditivos
- ❖ Zapatos de seguridad
- ❖ Guantes
- ❖ Gafas de seguridad
- ❖ Careta para Soldar

<b>Elaborado por:</b> Ruben Orellana	<b>Fecha:</b> 01/08/2019	<b>Revisado por:</b> Gerencia de Mantenimiento	<b>Fecha:</b> 05/08/2019	<b>Aprobado por:</b> Gerencia de Operaciones	<b>Fecha:</b> 06/08/2019

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BC-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

## 6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MÁQUINAS

- ❖ Destornillador de golpe
- ❖ Termómetro infrarrojo
- ❖ Galgas para medir juegos rodamientos.
- ❖ Soga ½ " x 20 mts
- ❖ Eslinga de lona de 4 mts x 2 tn
- ❖ Grillete de ¾
- ❖ Grúa Puente
- ❖ Taco de madera
- ❖ Caja herramientas del Banco de Celdas de Pb N° 01.
- ❖ Escalera 2m
- ❖ Manguera para agua
- ❖ Reflectores 220v
- ❖ Extensiones 220v
- ❖ Linterna
- ❖ Pistola neumática encastre de ½"
- ❖ Manguera neumática
- ❖ Máquina de soldar
- ❖ Electrodo
- ❖ Pistola HUCK –con unidad hidráulica".
- ❖ Llave Allen
- ❖ Desarmadores
- ❖ Cutter (Cuchilla retráctil)

## 7. DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las actividades a realizar para llevar un correcto mantenimiento del Banco de Celdas de Pb N° 01, de acuerdo a los procedimientos establecidos por el fabricante y la experiencia del departamento de mantenimiento de la empresa HUINAC SAC. Estas actividades son de tipo general; los procedimientos específicos se encuentran detallados en el manual de mantenimiento general del Banco de Celdas de Pb N° 01.

### 7.1 Chequeo Diario (Operador del Banco de Celdas de Pb N° 01.)

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VÁLIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 2 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BC-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

- ✓ Verificar ruidos en la caja de rodamiento
- ✓ Verificar ruidos en la transmisión de fajas en " V"
- ✓ Verificar vibraciones inusuales en la máquina.
- ✓ Inspección visual general

#### 7.2 Chequeo Semanal (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar Temperatura del Motor y Rodamientos
- ✓ Verificar vibración en la Transmisión de fajas en "V"
- ✓ Verificar vibración en el Stand Pipe

#### 7.3 Chequeo trimestral (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar caja de alimentación , intermedia y descarga (Partes de desgaste)
- ✓ Inspeccionar vástago de válvula
- ✓ Inspeccionar Goma
- ✓ Inspeccionar Válvula/asiento de Válvula
- ✓ Inspeccionar Actuadores
- ✓ Inspeccionar Impulsor/Difusor

#### 7.4 Chequeo semestral (Operador de mantenimiento)

- ✓ Inspeccionar desgaste de la faja en V
- ✓ Inspeccionar Goma de Stand Pipe
- ✓ Inspeccionar Eje y protector
- ✓ Inspeccionar Goma del Impulsor/ Difusor
- ✓ Limpieza del eje y del Impulsor /difusor

#### 7.5 Chequeo anual (Operador de mantenimiento)

- ✓ Verificar espesor placa del tanque
- ✓ Pintura

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BC-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

**8. REGISTROS DE PROBLEMAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.  
( CAUSA Y SOLUCION)**

Fal la	Posible Causa	Acción recomendada
Motor se apaga	Eléctrica	Llamar al electricista
	Sobrecarga	Revisar alimentación, ponerse en contacto con el responsable de proceso
	Impulsor no está rotando	Revisar la caja de rodajes Buscar objeto extraño entre el impulsor y el difusor
Ruido de motor inusual		Reemplazar el motor Ponerse en contacto con el proveedor
Ruido inusual en la transmisión de fajas en "V"	Tensión débil de la correa	Tensionar fajas
Ruido inusual en el eje motriz	Falla de rodamientos	Inspeccionar y/o reparar en taller
Derrames de pulpa hacia adentro de las canaletas o bajo nivel	Actuadores de válvula de dardo no están funcionando	Revisar función o reparar
	Control de nivel no está funcionando	Revisar función o reparar
	Perdida de aire del instrumento	Revisar aire del instrumento
	Tablero de control fuera de servicio	Llamar al electricista
Espuma turbulenta	Impulsor no está rotando	Revisar la transmisión
	Aumento de la velocidad de aireación	Revisar función del sistema de control de aire
Poco espuma o la espuma se diluye	Falta de reactivo	Revisar el sistema de reactivos
	Falta de aire	Revisar válvula principal Revisar la función del sistema de control de aire Revisar la función del

LA COPIA IMPRESA DE ESTE DOCUMENTO ES NO CONTROLADA, VALIDA SOLO PARA EFECTO DE CAPACITACIÓN

Página 4 de 5

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	HP-PMRF-BC-01-2019
	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DEL BANCO DE CELDAS DE PB N° 01.	
	GERENCIA DE OPERACIONES	ÁREA: PLANTA
	FECHA DE VIGENCIA: 06/08/2019	VERSIÓN: 01

	soplador de aire
--	------------------

## 9. REGISTROS

HP-RID-BC-2019-01	Registro de inspección diaria del Banco de Celdas de Pb
HP-RIS-BC-2019-01	Registro de inspección semanal del Banco de Celdas de Pb
HP-RIT-BC-2019-01	Registro de inspección trimestral del Banco de Celdas de Pb
HP-RISE-BC-2019-01	Registro de inspección semestral de Banco de Celdas de Pb
HP-RIA-BC-2019-01	Registro de inspección anual del Banco de Celdas de Pb
HP-RMC-BC-2019-01	Registro de mantenimiento correctivo del Banco de Celdas de Pb