

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Diseño e implementación del mantenimiento productivo total (TPM) y su incidencia en la productividad de la planta de tratamiento mineral en una empresa minera, Hualgayoc, 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autores:**

Rolando Cotrina Guevara  
Juan Carlos Carhuarica Bardales

**Asesor:**

Mg. Ing. Elmer Aguilar Briones  
<https://orcid.org/0000-0003-2228-0026>  
Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Karla Rossemary Sisniegas Noriega</b>	<b>46071719</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ana Rosa Mendoza Azañero</b>	<b>45512232</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Fanny Emelina Piedra Cabanillas</b>	<b>47602202</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO MINERAL EN UNA EMPRESA MINERA, HUALGAYOC, 2021

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	5%
2	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	4%

Excluir citas      Apagado      Excluir coincidencias < 1%  
Excluir bibliografía      Apagado

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres que desde que tenemos uso de razón siempre estuvieron a nuestro lado, por sus consejos, por su paciencia, no los defraudaremos.

A nuestros hijos, que siempre nos ayudan incondicionalmente y son la razón para salir adelante día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios nuestro señor, que está siempre con nosotros y nos guía por el camino del bien.

A la Universidad Privada del Norte Filial Cajamarca, por darnos la oportunidad de estudiar para un mejor futuro y lograr nuestro objetivo.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería y en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, que nos enseñaron a valorar y a superarnos cada día.

A nuestros amigos y a todas las personas que nos apoyaron para la realización del presente trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FÍGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Hipótesis .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Materiales, instrumentos y métodos .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. Procedimiento .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. Operacionalización de variables .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Validación de instrumentos.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3. Diseño de los pilares TPM.....</b>	<b>53</b>
<b>3.4 Evaluación de la mejora en la productividad después de aplicarse la metodología TPM .....</b>	<b>75</b>
<b>3.4 Evaluación económica después de aplicarse la metodología TPM .....</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>
ANEXO N° 1. Guía de entrevista .....	93
ANEXO N.º 2. Ficha resumen.....	95
ANEXO N.º 3. Ficha de observación directa .....	96
ANEXO N.º 4. Validación de instrumentos .....	97
ANEXO N.º 5. Horas de paradas .....	102
ANEXO N.º 6. Reporte de eventos de fallas .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	17
Tabla 2	Lista de verificación de técnicas e instrumentos. ....	18
Tabla 3	Matriz de resultados para toma de decisiones cuantitativas. ....	22
Tabla 4	Propuesta de diseño del pilar 3. ....	23
Tabla 5	Propuesta de diseño del pilar 4. ....	23
Tabla 6	Determinación de la mejora. ....	24
Tabla 7	Ficha resumen de indicadores. ....	26
Tabla 8	Procedimiento para elaborar el documento de tesis. ....	27
Tabla 9	Procedimiento para el análisis de datos. ....	27
Tabla 10	Operacionalización de variables. ....	27
Tabla 11	Determinación de fallas y paradas de equipos. ....	29
Tabla 12	Plan de mantenimiento de las bombas. ....	40
Tabla 13	Causas de las paradas de bombeo durante el 2021. ....	47
Tabla 14	Costo anual generado en por el desgaste de los componentes en un tren de 4 bombas. ....	49
Tabla 15	Producción y productividad actual. ....	46
Tabla 16	Diagnostico final del proceso de bombeo. ....	47
Tabla 17	Operacionalización de Variables a nivel de diagnóstico. ....	48
Tabla 18	Secuencia del mantenimiento autónomo y su futura. ....	56
Tabla 19	Ficha de inspección de orden y limpieza. ....	60
Tabla 20	Clasificación de pérdidas en el proceso de tratamiento de arenas de molienda. ....	58
Tabla 21	Seguimiento de actividades para el mantenimiento autónomo. ....	58
Tabla 22	Mantenimiento autónomo de los equipos de tratamiento de arenas de molienda. ....	65
Tabla 23	Ficha de mantenimiento autónoma. ....	66
Tabla 24	Hoja de información de análisis de fallas y sus efectos. ....	68
Tabla 25	Formato de registro de fallas. ....	68
Tabla 26	Matriz de panorama de riesgo. ....	69
Tabla 27	Evaluación del riesgo. ....	70
Tabla 28	Clasificación de riesgos. ....	71
Tabla 29	Controles recomendados. ....	71
Tabla 30	Check list de arenas de molienda. ....	68
Tabla 31	Calendario de inspección de mantenimiento. ....	69
Tabla 32	Mejora de la productividad. ....	70
Tabla 33	Ahorro generado después de la implementación TPM. ....	71
Tabla 34	Inversión para la implementación de la metodología TPM. ....	72
Tabla 35	Cálculo beneficio/costo de la implementación de la metodología TPM. ....	74
Tabla 36	Operacionalización de Variables pos mejora. ....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del diagrama de Ishikawa. ....	17
Figura 2: Esquema del diagrama de Pareto. ....	18
Figura 3. Disponibilidad del equipo. ....	19
Figura 4. Rendimiento del equipo. ....	19
Figura 5. Gráfico de JackNife. ....	32
Figura 6: Desgaste de estopa al cumplir las 720 horas. ....	34
Figura 7: Diagrama de Ishikawa por fuga de fluido. ....	36
Figura 8: Curva de operación de los componentes internos de octubre del 2021. ....	36
Figura 9: Reporte de vibraciones. ....	37
Figura 10: Características del tanque. ....	37
Figura 11: Medidas del tanque. ....	38
Figura 12: Reporte del nivel del tanque en el 2021. ....	38
Figura 13: Parámetros de funcionamiento del tanque. ....	39
Figura 14: Tiempo real de cambio de componentes. ....	41
Figura 15: Reporte de caudales de bombeo. ....	46
Figura 16: Diagrama de Pareto. ....	43
Figura 17: Diagrama de funcionamiento del tren 1. ....	44
Figura 18: Bomba Warman de la planta. ....	49
Figura 19: Equipo de mejoras para el proyecto TPM. ....	49
Figura 20. Estructura del mantenimiento autónomo. ....	50
Figura 21. Actividades y responsabilidades del mantenimiento autónomo. ....	55
Figura 22. Tarjeta roja utilizada por la empresa. ....	58
Figura 23. Diagrama ante de identificación de fallas. ....	64



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Disponibilidad .....	19
Ecuación 2: Rendimiento.....	19
Ecuación 3: Calidad.....	20
Ecuación 4: OEE .....	20
Ecuación 5: Tiempo promedio entre fallas (MTBF) .....	20
Ecuación 6: Tiempo promedio en reparación (MTTR) .....	21

## RESUMEN

El objetivo de la Tesis fue aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad de la planta de tratamiento mineral en una empresa minera en Hualgayoc. Dentro de los objetivos específicos se tuvo realizar un diagnóstico de la situación actual, aplicar la metodología TPM enfocada a optimizar la productividad y evaluar la mejora en la productividad después de aplicarse la metodología TPM. El diagnóstico de la situación actual de la Planta de tratamiento mineral muestra que los equipos de bombeo fallan con frecuencia ya que no reciben el adecuado mantenimiento siendo su OEE en estado Inaceptable; la disponibilidad se encuentra en 82%, el rendimiento en 47%, el MTTR es 8.66 horas, el MTBF es 946 horas y la calidad con la que trabaja la empresa es 95%. Se aplicaron dos pilares del TPM, el Mantenimiento Autónomo donde el operador realiza inspecciones y pequeñas reparaciones de sus equipos y verificando las 5S, y el Mantenimiento Planificado, el cual se da de acuerdo a las horas de desgaste que tienen los componentes de las bombas. Dentro de los pilares se elaboraron Check list diarios y mensuales para inspeccionar el funcionamiento de las bombas. La mejora obtenida con el TPM en el aumento de la producción anual en la planta de tratamiento mineral, y se nota un incremento considerable de aproximadamente 31053 TM anual, con el TPM, asimismo la productividad se incrementó a 204.23 TM/HM, de lo cual se concluye que la metodología TPM afecta positivamente a la productividad de la planta.

**Palabras clave:** TPM, productividad, tratamiento mineral, OEE.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

Las plantas concentradoras de minerales son las encargadas producir el material valioso, pero a su vez, su operación, montaje y mantenimiento implican grandes costos de dinero por ello su productividad debe ser superior al 85%, sin embargo, muchas empresas alrededor del mundo sólo reportan una productividad máxima de 75%, afectando paralelamente la rentabilidad de dicha empresa (Catalán, 2018).

Ante esta problemática, El Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta (JIPM) (2015) creó los pilares básicos del TPM, el pilar 1: llamado Mejoras específicas, tienen el objetivo de reducir y eliminar pérdidas; el pilar 2: Mantenimiento autónomo, se enfoca en capacitar a los operadores para cuidar el equipo; el pilar 3: Mantenimiento planificado, se enfoca en maximizar la disponibilidad del equipo, medidos con los indicadores MTTR y MTBF, aplicados en plantas mineras; el pilar 4: Mejoras del proyecto, se enfoca en maximizar la vida del equipo. En una investigación realizada en una cadena de restaurantes se demostró el incremento en tiempo de vida de las cocinas industriales en un 15%, el pilar 5: Mantenimiento de calidad enfocadas en mejorar la calidad del equipo (Ribeiro, 2016, pp. 15-34).

Muchas de las empresas peruanas aplican el TPM en el área de mantenimiento y mejoraron la eficacia con relación a los servicios que estaban prestando en 66%, pero después de la implementación del Mantenimiento Productivo Total, alcanzaron incrementar la eficacia a un 87% (Estrada, 2017, p. 86).

Una investigación realizada sobre procesos de trituración y molienda en plantas mineras, garantizaron la efectividad en el funcionamiento e incrementaron su producción, proporcionando alta disponibilidad de los equipos existentes y conservación de los nuevos equipos (Pacheco, 2010, p. 63).

El TPM se encarga de enfrentar los problemas desde la fase más incipiente en la que se puedan presentar, lo que demuestra que un modelo como éste se puede implementar en cualquier industria, sin importar el tamaño de la empresa, dando paso a un nuevo mundo de competitividad (Pinto y Mesa, 2011, p. 7). El TPM en plantas industriales se basa en el desarrollo de las actividades de planeación, organización, programación y control, y cumple un papel importante en el proceso productivo, toda vez que permite incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, minimizando el costo del ciclo de vida de los mismos (Valencia, 2017, p. 24).

Galván (2013) afirma: “El modelo TPM mejora las actividades, como el rendimiento de la mano de obra, la tasa de productividad, el tiempo de ciclo del proceso, las indisponibilidades por averías y los recursos utilizados para la producción, y evalúa esta mejora a través de los índices de disponibilidad, eficacia y calidad, es decir la eficiencia global del proceso del equipo” (p. 9).

Empresa minera, desarrollada actividades extractivas en la provincia de Hualgayoc, las cuales consisten en la explotación a cielo abierto de un yacimiento de cobre y oro, y el procesamiento del mineral por un sistema de molienda y

Flotación, mediante una Planta Concentradora con capacidad para procesar aproximadamente 17 000 toneladas por día. La Planta Concentradora en la empresa minera, durante el 2021 ha reportado su producción más baja de 11530 toneladas por día y su producción más alta de 12250 toneladas al día. Por lo tanto, durante el 2021 la productividad de la planta varía desde 68% a 72%, considerándola deficiente. Las causas de esta baja productividad son las constantes paradas de los equipos de la planta, ya que fallan antes de cumplir su tiempo de vida, por ello a través de la presente investigación se demuestra una mejora con la implementación del pilar Mantenimiento Planificado, el cual incrementa la disponibilidad de los equipos; otra falla presentada es el uso de equipos antiguos, este problema se mejora con el pilar de Mejoras en el Proyecto que se basa en el reemplazo de equipos para reducir tiempos en el proceso. Por lo tanto, para incrementar la productividad de la planta de concentrado mineral de la empresa minera, se va a aplicar el pilar Mantenimiento Planificado y el pilar Mejoras de Proyecto que forman parte del Mantenimiento Productivo Total.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incidirá en la productividad de la Planta de tratamiento mineral en una empresa minera de Hualgayoc, 2021?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para determinar el nivel de incidencia en la productividad de la Planta de tratamiento mineral en una empresa minera de Hualgayoc, 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la Planta de tratamiento mineral en una empresa minera de Hualgayoc, así como de sus indicadores de productividad.
- Diseñar y aplicar la Metodología TPM enfocada en optimizar la productividad de la planta de tratamiento mineral.
- Evaluar la mejora en la productividad después de aplicarse la metodología TPM en la planta de tratamiento mineral de una empresa minera, Hualgayoc, 2021.
- Demostrar la viabilidad económica de la Mejora propuesta en la empresa en estudio.

## **1.4 Hipótesis**

Al aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) se va a mejorar los niveles de productividad de la Planta de tratamiento mineral de una empresa minera, Hualgayoc, 2021.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de investigación

Para determinar el tipo de investigación se utilizó la Guía de Investigación de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte (Oblitas, 2018):

**Según su propósito:** La investigación fue Aplicada, porque se aplicaron teorías ya conocidas y establecidas como lo es el TPM y sus pilares que se dieron a conocer por Ribeiro (2016), la productividad óptima también ha sido establecida por la empresa minera en estudio, de acuerdo a la capacidad de la planta concentradora.

**Según su profundidad:** La investigación fue Explicativa, porque la variable independiente TPM influye en la variable dependiente que es productividad de la planta; por lo tanto, se estudian esas relaciones de influencia.

**Según la naturaleza de datos:** La investigación fue Cuantitativa, porque la productividad de la planta se va a determinar mediante técnicas de medición.

**Según su manipulación de la variable:** La investigación fue No experimental, ya que no se interviene en el comportamiento de las variables, es decir que estas no se van a manipular.

### 2.2. Materiales, instrumentos y métodos

De acuerdo a la Guía de Investigación de Ingeniería 2018, se reemplaza la población y muestra por materiales, instrumentos y métodos (Oblitas, 2018), que se detallan a continuación:

### **2.2.1. Materiales**

Los materiales utilizados para esta investigación fueron:

- Equipos receptores de Mineral.
- Equipos de chancado de mineral.
- Equipos de molienda de mineral.
- Equipos de flotación de mineral.
- Equipos de espesamiento del mineral.
- Equipos de filtrado del concentrado.
- Equipos de bombeo de concentrado.
- Equipos de confinamiento de concentrado.
- Reportes de disponibilidad de equipos de la planta.
- Reportes de rendimiento de equipos de la planta.
- Reportes de producción mensual de la planta.
- Reportes de curvas granulométricas.
- Pruebas Derrick.
- Check list de equipos.
- Materiales de escritorio.

### **2.2.2. Instrumentos**

Para la determinación de los instrumentos se empleó la Tabla de matriz de técnicas e instrumentos establecida en la Guía de Investigación de Ingeniería (Oblitas, 2018, p. 34), donde correlaciona los objetivos específicos, indicadores, técnicas, instrumentos y la fuente bibliográfica de la técnica.



**Tabla 1**  
*Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>Objetivo específico</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuente bibliográfica de la técnica</b>
Realizar un diagnóstico de la situación actual de la Planta de tratamiento mineral de una empresa minera, Hualgayoc, 2021.	- Disponibilidad actual	Revisión documental	Ficha resumen: estado actual de los indicadores mediante reportes.	(Pacheco, 2010)
	- Rendimiento actual			
Aplicar la metodología TPM enfocada a optimizar la productividad de la Planta de tratamiento mineral en de una empresa minera, Hualgayoc, 2021.	- Producción actual	Entrevista	Guía de entrevista: aplicado al supervisor de la planta de mineral.	(Quispe, 2016)
	- Defectos en equipos	Revisión documental	Ficha resumen: elección de los pilares del TPM que van a mejorar la productividad.	(Apaza, 2015)
- Claves de operaciones				
Evaluar la mejora en la productividad después de aplicarse la metodología TPM en la planta de tratamiento mineral de una empresa minera, Hualgayoc, 2021.	- Disponibilidad mejorada	Revisión documental	Ficha resumen: mejoras en los indicadores productivos.	(Valencia, 2017)
	- Rendimiento mejorado			
	- Producción mejorada			

Luego de identificar los instrumentos fue imprescindible realizar la Lista de verificación para continuar con el proceso de investigación la cual ha sido tomada de la Guía de Investigación de Ingeniería (Oblitas, 2018, p. 35):

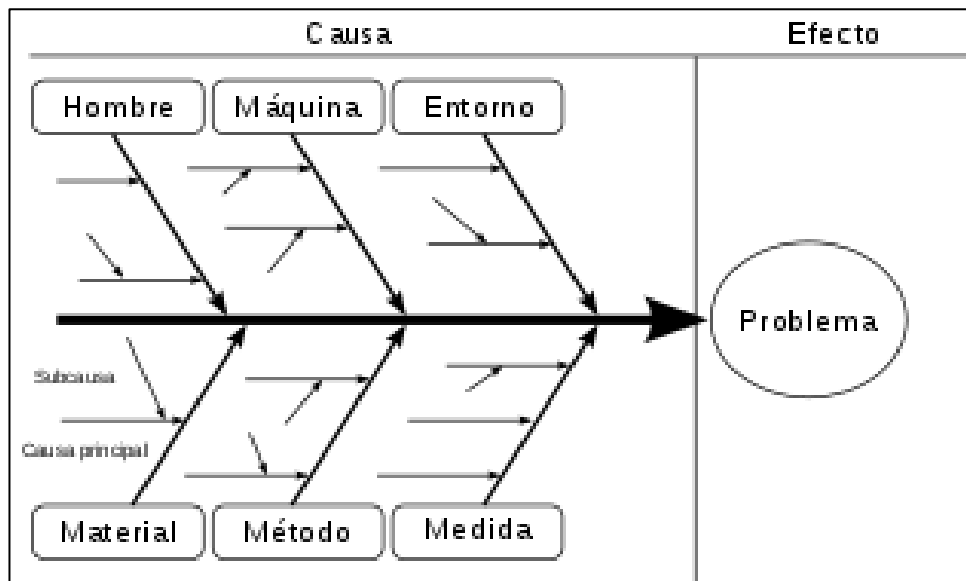
**Tabla 2**  
*Lista de verificación de técnicas e instrumentos.*

Preguntas Generales	Sí / No	Acciones a tomar
¿Se tiene acceso a los reportes de los equipos de la planta de minera?	Sí	-
¿Se tiene permiso de la empresa para aplicar la entrevista al supervisor de la planta?	Si	-
¿Existe cuenta con permiso para acceder a la planta minera?	Si	-

### 2.2.3. Métodos

- **Análisis con diagrama de Ishikawa**

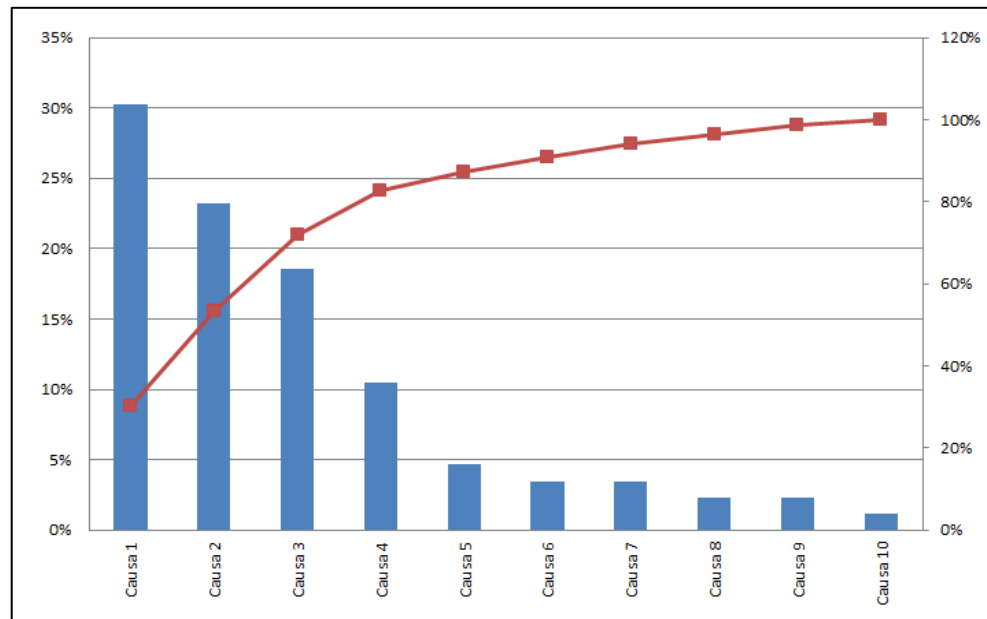
Con este diagrama se determinó el problema principal mediante un diagnóstico a través del diagrama de Ishikawa con 6M, para ello se empleó el esquema mostrado en la figura 1.



*Figura 1.* Esquema del diagrama de Ishikawa.

- **Análisis con diagrama de Pareto**

Se identificaron los problemas más comunes y más impactantes a partir de los resultados de la entrevista al supervisor de planta, teniendo esos conocimientos se realizó una lluvia de ideas de las causas, con el cual se elaboró el diagrama de Pareto, representado en el siguiente esquema.



**Figura 2:** Esquema del diagrama de Pareto.

- **Análisis con indicadores operacionales:** se midió los indicadores operacionales de los equipos como son disponibilidad y rendimiento; se definió medir estos indicadores ya que son estos los que emplea la empresa. A continuación, se detalla el análisis por cada uno de ellos, las fórmulas se elaboraron tomando como base el estudio de Santillán (2017).

- **Disponibilidad**

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{Ecuación 1}$$

Luego de tomar, calcular la disponibilidad por mes, se elabora el gráfico siguiente.

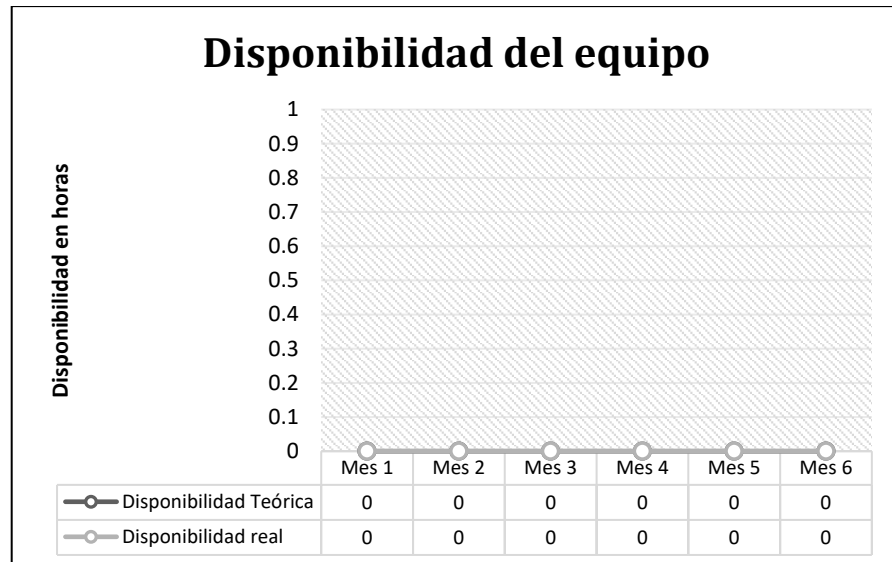


Figura 3. Disponibilidad del equipo.

- **Rendimiento**

La fórmula para determinar este indicador se presenta en la ecuación 2, posteriormente se graficó los resultados en la figura 4.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}} \quad \text{Ecuación 2}$$

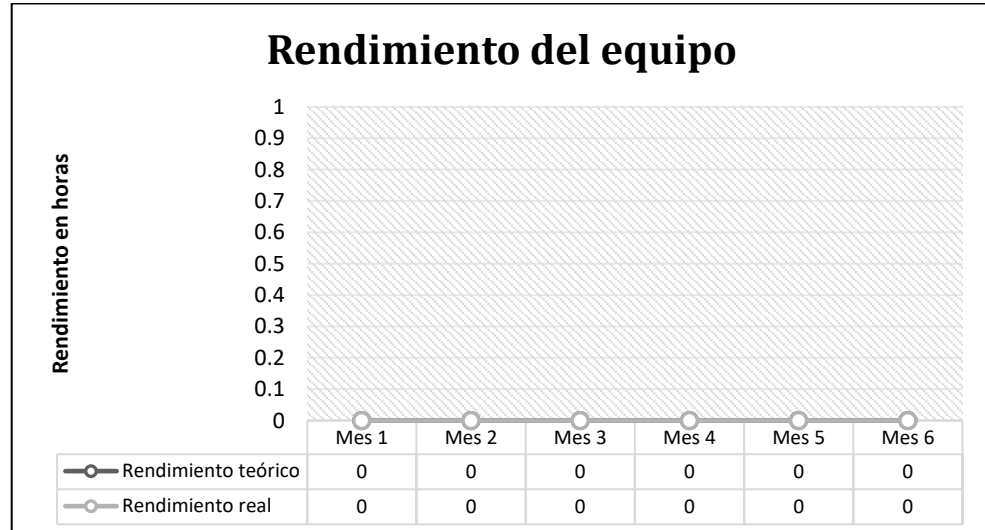


Figura 4. Rendimiento del equipo.

### - **Calidad**

En la ecuación 3 se muestra la fórmula para calcular la calidad, para nuestra investigación, la calidad del equipo está referido a su capacidad de bombeo, en este caso es alto, pero se puede mejorar. La calidad esperada lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción buena}} \quad \text{Ecuación 3}$$

### - **Eficiencia Global**

Toral y Burgos (2013), establece la fórmula del OEE, la cual ha sido aplicada en el estudio de Santillán (2017), y se muestra en la ecuación 5. El OEE esperado lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 90%.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad \text{Ecuación 4}$$

### - **MTBF**

Avendaño (2017) establece la fórmula para determinar este indicador y se muestra en la ecuación 4, se obtuvo el MTBF mensualmente; el MTBF esperado lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}} \quad \text{Ecuación 5}$$

### - MTTR

Camacho (2016) establece la fórmula para calcular el MTTR, empleada por Santillán (2017), y se muestra en la ecuación 5, empleando datos mensuales. El MTTR esperado lo ha establecido la empresa mediante la superintendencia de mantenimiento en un 95%.

$$\text{MTTR} = \text{T tiempo total de inactividad} / \text{Número de fallas} \quad \text{Ecuación 6}$$

### - TPM

Primero se aplicará una **lluvia de ideas** para facilitar la obtención de ideas originales en función de las mejoras de la eficiencia de los equipos críticos.

Posteriormente se aplicará una matriz de resultados, utilizando la Tabla 3:

**Tabla 3**

*Matriz de resultados para toma de decisiones cuantitativas.*

		Factores externos			Oportunidades			Amenazas		Total
		O1	O2	O3	A1	A2	A3	A4		
Factores internos	Fortalezas									
	F1	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	F2	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	F3	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	F4	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	F5	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	F6	X	X	X	X	X	X	X	7X	
F7	X	X	X	X	X	X	X	7X		
Debilidades	D1	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	D2	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	D3	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	D4	X	X	X	X	X	X	X	7X	
	D5	X	X	X	X	X	X	X	7X	
Total		12X	12X	12X	12X	12X	12X	12X		

Considerando que se tienen que enfocar la mejora del rendimiento de los equipos se pretende implementar los pilares siguientes:

- **Para el Pilar 3: Mantenimiento planificado**

La implementación se elabora mediante un Plan descrito en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Propuesta de diseño del pilar 3.*

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO</b>
Campana de educación del TPM
Establecimiento de grupos de trabajo
Establecimiento de objetivos
Establecimiento de sistemas para mejorar la eficiencia del proceso de bombeo
Diseño 5S
Formatos de mantenimiento
Establecer claves de operaciones

- **Para el Pilar 4: Mejoras en el proyecto**

Teniendo como base la problemática en el proceso de bombeo, los ingenieros decidieron cambiar partes de la bomba, para ello se elaboró el proceso de implementación según la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Propuesta de diseño del Pilar 4.*

<b>MEJORAS EN EL PROYECTO</b>
<b>Selección de equipos</b>
<b>Determinación de fallas en equipo</b>
<b>Análisis Porque – Porque</b>
<b>Definición del cambio de componentes</b>

- **Determinación de las mejoras de los indicadores operacionales**

Los indicadores a medir ya con la mejora implementada, van a ser los mismos que se han medido en el diagnóstico (disponibilidad, rendimiento y productividad), siguiendo el mismo método, en un tiempo de seis meses establecidos en las políticas de la empresa, sin embargo, se va a contrastar para cuantificar la mejora, para ello se utilizará la Tabla 6.

**Tabla 6**  
*Determinación de la mejora.*

<b>Indicador operacional</b>	<b>Antes de la mejora</b>	<b>Después de la mejora</b>	<b>% u horas de mejora</b>
Disponibilidad			
Rendimiento			
Productividad			

## 2.3. Procedimiento

### 2.3.1. Para los Instrumentos de investigación

#### a. Para la Guía de entrevista:

Se identificaron a las personas que van a ser entrevistadas, considerando que la empresa minera es grande, por lo tanto, se determinó que la persona con mayor conocimiento de la productividad de la planta es el Supervisor general de planta.

La elección del entrevistado se realizó mediante las siguientes preguntas:

¿Quién está más directamente implicado en la planta minera?

¿A quién se reportan las fallas y paradas ocurridas en la planta?

¿Quién podría tener más información acerca del funcionamiento de la planta de mineral?



¿Quién tiene la disponibilidad para responder por los problemas ocurridos en la planta de mineral?

Para la elaboración de las preguntas, se tuvo claro que el objetivo fue obtener información acerca de los problemas que afectan a la planta minera.

La Entrevista está compuesta por 13 preguntas, 3 preguntas cerradas y 10 preguntas abiertas, las 2 primeras preguntas se enfocan a conocer el desempeño de la cadena de suministros de manera general, las 5 preguntas siguientes son referentes a los problemas que se presentan en planta minera en estudio, las 3 preguntas siguientes se enfocaron en determinar los indicadores operacionales que se utilizaron, y las últimas 3 preguntas se centraron en conocer mejoras para la planta. Estas preguntas fueron elaboradas en un documento Word y luego impresas.

Se determinó el lugar y fecha de aplicación del cuestionario que fue en la oficina del supervisor de la planta, el día 15 de abril del 2021 a las 2:00 p.m.

Se visitó la planta el día y hora coordinada para aplicar el cuestionario. Luego se entregó el cuestionario al Supervisor de la planta; se contestaron a las preguntas del cuestionario en un tiempo de 20 minutos. Se diagnosticó los problemas en la planta desde la perspectiva de los trabajadores.

#### **b. Ficha resumen**

El objetivo de la Ficha resumen fue seleccionar a los indicadores operacionales, ya que existen una gran cantidad. Por ello se analizaron indicadores en investigaciones teóricas y los que utiliza la empresa con sus

respectivas fórmulas, para la elaboración de la Ficha resumen se tomó en cuenta los equipos, los autores que proponen dichos indicadores y la fórmula que lo determinó, utilizando la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Ficha resumen de indicadores.*

<b>Ficha Resumen de indicadores en la planta</b>	
<b>Autores:</b>	
<b>KPIs propuestos</b>	<b>Fórmula</b>

La Ficha resumen se aplicó en dos ocasiones, al realizar el análisis teórico y al analizar los reportes de la planta.

En el análisis teórico la aplicación de la Ficha resumen duró cuatro días, se analizaron un total de 16 documentos, obteniendo un total de 29 indicadores, sin embargo, no todos fueron aplicados a la empresa.

En el análisis de reportes de la empresa, la aplicación de la ficha resumen duró dos días, y se obtuvieron 11 indicadores.

### **2.3.2. Para los Métodos de investigación**

#### **a. Para el Diagrama de Causa - Efecto:**

- Se identificó el problema que se quiere analizar.
- Se identificaron las causas del problema mediante una lluvia de ideas.
- Se seleccionaron las causas principales y secundarias del problema, de cada una de la categoría.
- Se detectaron las causas que se pueden corregir y aquellas que están fuera.

### b. Para el diagrama de Pareto:

- Con las causas obtenidas con el Diagrama de Causa – Efecto se registró la frecuencia de ocurrencia, y se representó en una tabla.
- En esa tabla se agregó el porcentaje individual y el porcentaje acumulado de cada una de las causas.
- Para la construcción del Diagrama de Pareto, en el eje “x”, irán las causas y en el eje “y” irá el porcentaje individual y el porcentaje acumulado.

### 2.3.3. Para la realización del documento de Tesis:

Se siguieron las etapas para la elaboración del documento de Tesis mediante la Tabla 8.

**Tabla 8**  
*Procedimiento para elaborar el documento de tesis.*

<b>Pasos</b>	<b>Detalle</b>
Trabajo de gabinete	Se analizaron los reportes de la productividad en la planta, información bibliográfica y se elaboró la entrevista.
Trabajo de campo	Se realizaron visitas a la Planta minera, para aplicar la encuesta y para observar los procesos en la planta. Además, se implementó la mejora y se determinó visualmente su impacto.
Trabajo de gabinete	Se analizó y decidió la implementación de la mejora con la metodología TPM.

### 2.3.4. Para análisis de datos:

Habiendo identificado la técnicas e instrumentos de recolección de datos se procesaron los datos obtenidos siguiendo el procedimiento descrito en la Tabla 9.

**Tabla 9**  
*Procedimiento para el análisis de datos.*

Pasos	Detalle
Análisis con software computacional	Se aplicó el software SAP para analizar el incremento del rendimiento, producción y disponibilidad de los equipos de planta.
Estadística descriptiva	Se utilizó para evaluar el rendimiento y disponibilidad, y posteriormente graficarlos.

## 2.4. Operacionalización de variables

**Tabla 10**  
*Operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Mantenimiento Productivo Total (TPM) - ( <b>Variable Independiente</b> )	El plan de mantenimiento consiste en, sostener la funcionalidad de los equipos y el buen funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones a través del tiempo (Galván, 2013).	Paradas de planta	Cantidad de paradas mensuales
		Indicadores operacionales (KPI) de los equipos de planta	Disponibilidad
			Rendimiento
			MTBF
			MTTR
Productividad ( <b>Variable dependiente</b> )	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción (Catalán, 2018).	Producción de planta	Toneladas/año
		Productividad de la planta	Productividad de HM
			OEE

## 2.6. Validación de instrumentos

Se validaron los instrumentos guía de entrevista, ficha resumen de análisis documental y ficha de observación directa. La entrevista se tomó como referencia de la tesis de Guevara Alejabo, Carlos Gastón, Silvera Peña, Carlos Alberto (2019) y su validación se encuentra en el Anexo 4, Ítem A.4.1. El análisis documental se tomó como referencia de la tesis de Aquino Manyá, Wilder y Atalaya Castrejón, Steve (2019) y su validación se encuentra en el Anexo 4, Ítem A.4.2. La ficha de observación directa se tomó como referencia de la tesis de Jiménez Vargas Miriam (2022) y su validación se encuentra en el Anexo 4, Ítem A.4.3. fue validado por un experto y se muestra en el anexo 4, ítem A.4.2 y A.4.3.

## 2.7. Aspectos éticos

- Confidencialidad: Los datos otorgados por la empresa no será revelada utilizada para otro fin que no sea académico.
- Consentimiento informado: se solicitó la autorización al supervisor del área de producción, para la realización del estudio y lograr su participación de manera voluntaria.
- Libre participación: los colaboradores para la elaboración de esta tesis ya sean asesores y trabajadores de la empresa no han sido sometidos a algún tipo de presión.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico del proceso de tratamiento de mineral

#### 3.1.1. Diagnóstico de las fallas críticas

En la Tabla 11 se muestran las fallas mensuales reportadas y su tiempo de duración.

**Tabla 10**

*Determinación de fallas y paradas de equipos.*

FALLA	Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Aug-21	Sep-21	Oct-21	Nov-21	Dec-21	# de paradas	Tiempo	MTTR
Temperatura alta en rodamientos						1							1	00:40:00	00:40:00
Improseal dañado			1										1	01:13:00	01:13:00
Fuga de solución por estopas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	24:00:00	02:00:00
Fuga de solución por testigos de carcasa de bomba		1		1		1		1		1		1	6	72:04:00	12:00:40
Desgaste de acople					1								1	08:00:00	08:00:00
Picadura de tubería descarga de bomba	1							1					2	08:00:00	04:00:00
Picadura de tubería de agua de sello		1									1		2	06:00:00	03:00:00
Rotura de acoplamiento											1		1	10:00:00	05:00:00
Manómetro malogrado					1				1		1		3	06:00:00	02:00:00
Ventilador quemado del reductor						1							1	02:00:00	02:00:00
Rotura de mangas de válvulas	1							1					2	08:00:00	04:00:00
Ventilador quemado del variador		1					1					1	3	06:00:00	02:00:00
Picadura de tubería descarga de bomba			1								1		2	16:00:00	08:00:00

Presencia de Agua en Aceite de Reductor	1													1	04:00:00	04:00:00
Aceite de reductor contaminado														1	04:00:00	04:00:00
Rotura de fajas - bomba de agua de sellos														1	06:00:00	06:00:00
Desgaste de rodamientos del motor eléctrico														1	10:00:00	10:00:00
Fuga de agua sellos por cordón tubería														1	08:00:00	08:00:00
Fuga de agua de línea de Flushing														1	04:00:00	04:00:00
<b>TOTAL DE EVENTOS MENSUALES</b>	3	3	3	2	2	3	2	5	1	2	6	2		<b>42</b>	<b>205:04:00</b>	<b>91:13:40</b>

**Fuente:** Elaboración propia, (2021).

En la Tabla 11, se encontraron 19 fallas ocurridas, 42 veces entre enero y diciembre del 2021, de ellos el más frecuente es la fuga de solución por estopas con una duración de parada de 2 horas por falla; sin embargo, la falla con mayor impacto fue la fuga de solución por testigos de carcasa de bomba ya que su tiempo de parada es 12 horas y ocurrió 6 veces en el lapso de estudio. En la Tabla 11 también se aprecia el MTTR de cada falla siendo la mayor, la fuga de solución por testigos de carcasa de bomba con 12 horas, siguiendo el desgaste de

rodamientos del motor eléctrico con 10 horas, luego el desgaste de acople con 8 horas, otra falla con MTTR alto es la picadura de tubería descarga de bomba. Finalmente, con los datos de la Tabla 11 se elaboró la Figura 5.



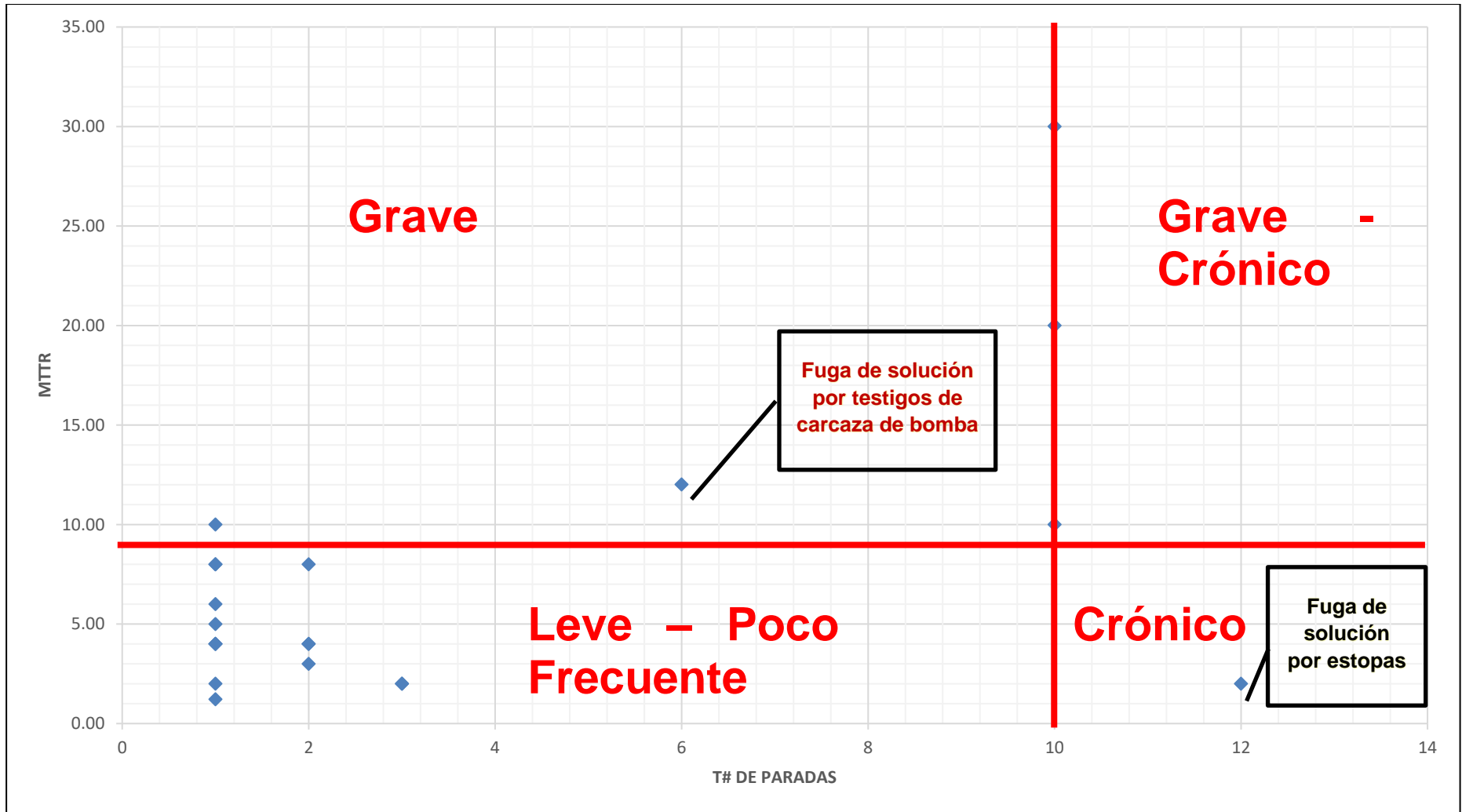


Figura 5. Matriz de criticidad.

En la Figura 5, se evidencia que hay un punto en estado grave y un punto crónico, al contrastar con la Tabla 11 se observa que la falla más grave es la fuga de solución por testigos de carcasa de bomba con un MTTR de 12 horas y la falla más crónica es la fuga por solución por estopas con MTTR de 2 horas.

Sin embargo, la falla crónica que es la fuga por estopas no se puede mejorar ya que están cumpliendo con su ciclo de uso, es decir las estopas según el Manual del equipo debe tener un rendimiento de 720 horas y en la planta que se está estudiando sí cumple con esas horas.



*Figura 5:* Desgaste de estopa al cumplir las 720 horas.

Por esta razón la investigación se centró en reducir las fallas graves la cual es la fuga de solución por testigos de carcasa ya que su tiempo de reparación implica una parada de planta de 12 horas impactando en la disponibilidad del sistema de bombeo.

### **3.1.2. Diagnóstico de las causas de fallas**

En el análisis del gráfico Jack Nife se determinó la falla más grave, que es la fuga de solución por testigos de carcasa de bomba, y para determinar las causas de esta falla se utilizó el Diagrama de Ishikawa.

A continuación, en la Figura 7 mediante el Diagrama de Ishikawa, se detallan las causas de la fuga de solución por testigos de carcasa de bomba:

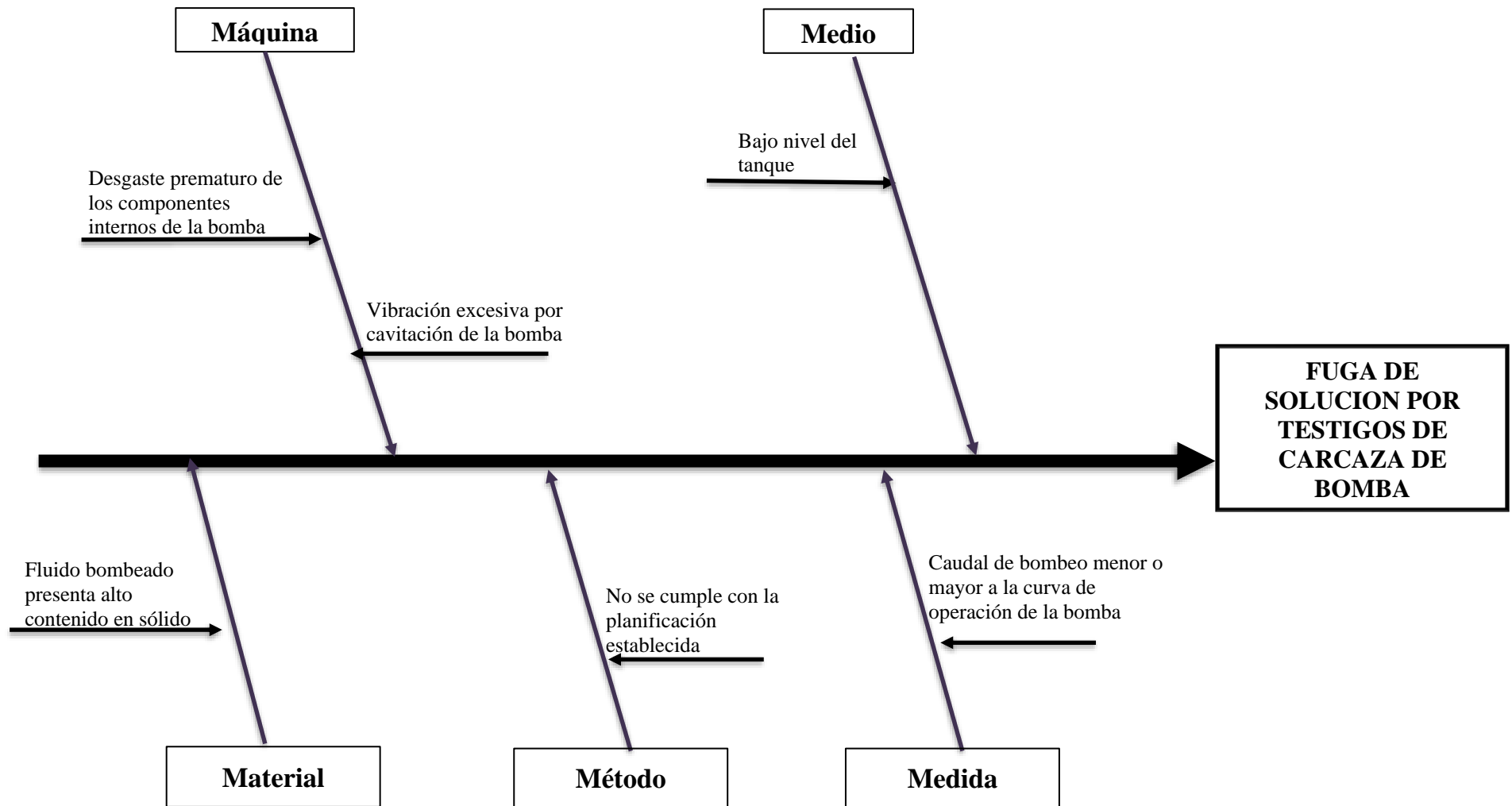


Figura 6: Diagrama de Ishikawa por fuga de fluido.

Además se clasificaron las fallas por sistema.

**PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA**

**CUADRO DE FALLAS ENCONTRADAS**

La tolva de desborda	Sobrecalentamiento o asimiento de la bomba	Corta vida de los rodamientos	Vibración y ruido de la bomba	Embalaje de corta vida	Fuga de la caja de relleno	Se requiere una potencia excesiva	La bomba pierde cebado	Presión insuficiente	Reducir la entrega de descarga	Fallo de descarga		
											Bomba no cebada	Fallas de admisión
											La bomba o la tubería de succión no están completamente llenas de líquido	
											Altura de succión demasiado alta	
											Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor	
											Cantidad excesiva de aire o gas en líquido	
											Bolsa de aire en la línea de succión	
											Fugas de aire en la línea de succión	
											El aire se filtra en la bomba a través del prensa estopas	
											Válvula de pie demasiado pequeña	



									Válvula de pie parcialmente obstruida	
									Entrada del tubo de succión insuficientemente sumergida	
									Línea de succión bloqueada	
									Diámetro del tubo de entrada demasiado pequeño o longitud del tubo de entrada demasiado larga	
									Velocidad demasiado baja	Fallas del sistema
									Velocidad demasiado alta	
									Sentido de rotación incorrecto	
									Jefe total del sistema superior al diseño	
									Jefe total del sistema inferior al diseño	
									Gravedad específica del líquido diferente del diseño	
									La viscosidad del líquido difiere de la diseñada	
									Operación a muy baja capacidad	
									Aire atrapado en la bomba. La tolva de la bomba requiere deflectores	
									Tubería o juntas mal instaladas que bloquean parcialmente la tubería	
									Malentendido	Fallas mecánicas
									Bases no rígidas	
									Eje doblado	
									Pieza giratoria frotando en parte estacionaria	
									Rodamientos desgastados	
									Impulsor dañado o desgastado	
									Junta de la carcasa defectuosa, que permite fugas internas	
									Eje o casquillos deleje desgastados o ranurados en el embalaje	
									Embalaje instalado incorrectamente	
									Tipo incorrecto de empaque para condiciones de operación	
									Eje que se desplaza descentrado debido a rodamientos desgastados o desalienación	
									Impulsor fuera de balance, resultando en vibración	

					■		■											Glándula demasiado apretada, lo que resulta en que no fluye de líquido para lubricar el empaque
■				■				■	■	■								Materia extraña en el impulsor
				■	■													Suciedad o arena en el líquido de sellado, lo que lleva a la ranura del eje
	■	■	■															Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba
	■	■	■															Cantidad excesiva de lubricante en la carcasa del rodamiento que causa una temperatura alta del rodamiento
	■	■	■															Falta de lubricación
	■	■	■															Instalación incorrecta de rodamientos
		■	■															La suciedad se mete en los rodamientos
		■	■															Oxidación de los rodamientos debido a la entrada de agua en la carcasa
				■	■													Expulsor desgastado o hinchado
				■	■													Limpieza excesiva en la parte inferior de la caja de relleno, forjando el embalaje en la bomba

De acuerdo al Ishikawa se analizó cada causa que provoca la fuga de solución por testigos de carcaza de bomba:

- **Máquina:** se encontró que una de las causas que origina la falla es que los componentes internos de la bomba se desgastan prematuramente, es decir que deben durar 3000 horas según el Manual del equipo, pero en este caso solo llega 1400 horas. El espesor del disco es de 50 mm y la de la voltura en 55 mm. En la Figura 8 se adjunta los dos últimos reportes operación de los componentes internos de la bomba.

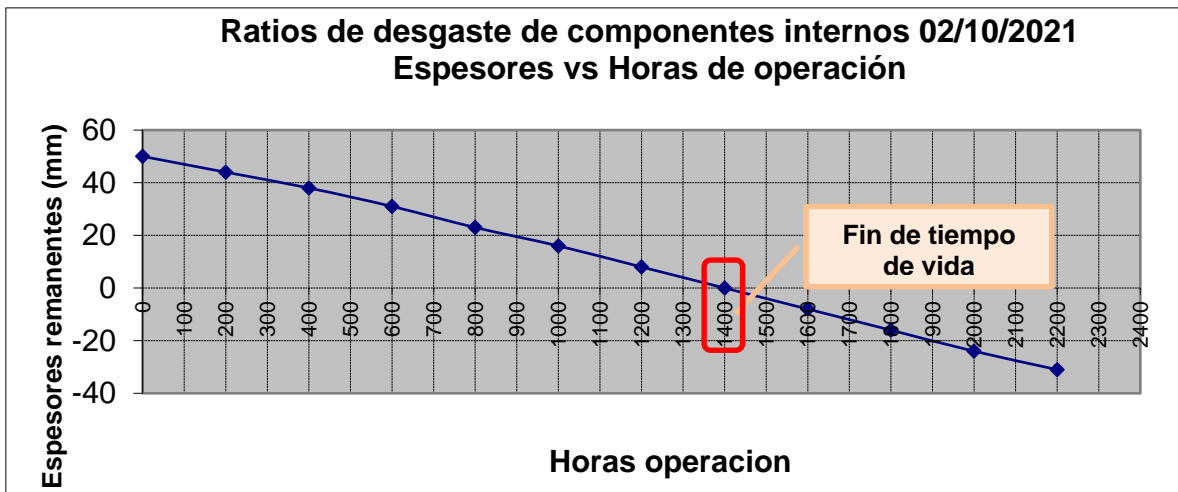
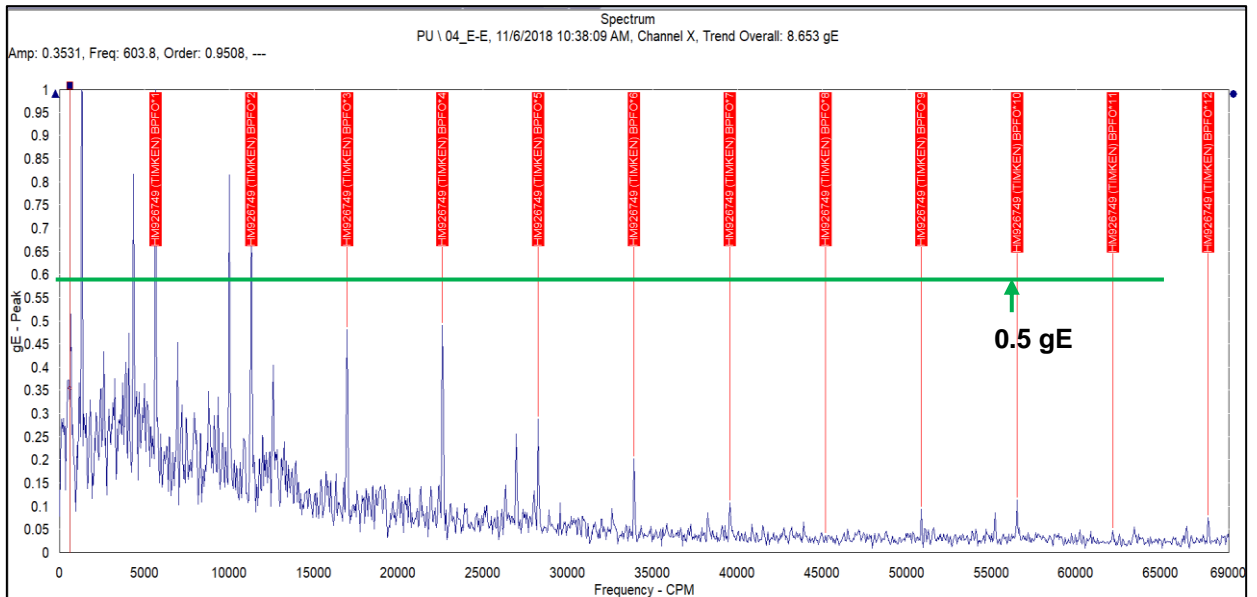


Figura 7: Curva de operación de los componentes internos de octubre del 2021.

Otra de las causas es la vibración excesiva de bomba causada por su cavitación, que internamente desgasta a los componentes o partes húmedas. La vibración debe ser menor a 0.5 mm/s (gE) según el Manual del equipo, sin embargo, se han reportado niveles superiores a 0.8653 mm/s (gE). En la Figura 9 se muestra el reporte de vibración de la bomba donde se evidencia que supera el límite máximo 11 veces en un día, lo cual contribuye al desgaste acelerado de los componentes.





**Figura 8:** Reporte de vibraciones.

- **Medio:** La causa es el bajo nivel del tanque, lo cual origina cavitación lo cual genera vibración. El sistema de bombeo debe trabajar con un nivel mínimo de solución del 55% del tanque. La Figura 10 muestra las características que tiene el tanque.

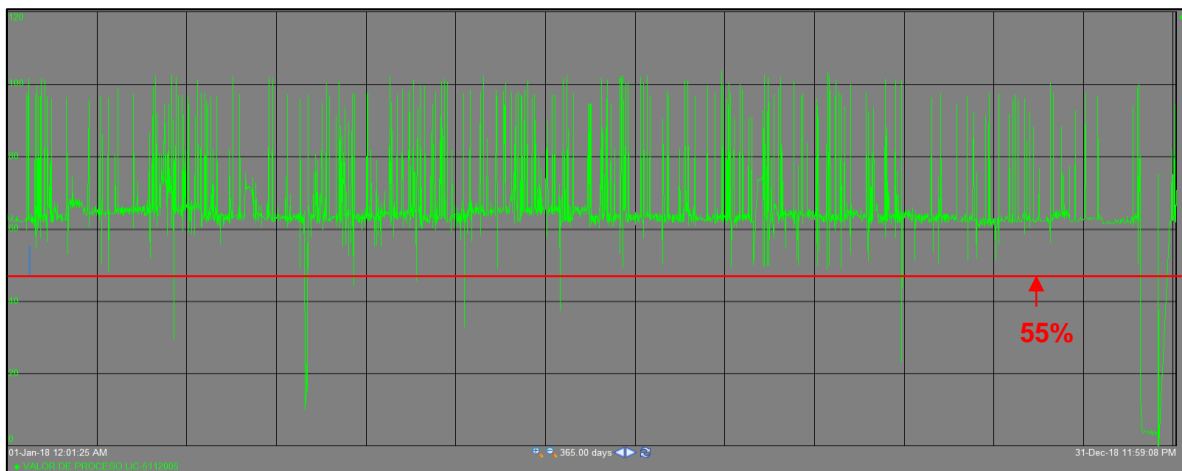


**Figura 9:** Características del tanque.



**Figura 10:** Medidas del tanque.

De acuerdo a la Figura 11, el tanque no debe bajar su nivel de 5.79 metros que es igual a 55%, si baja este parámetro la bomba cavita tal como lo muestra la Figura 12.



**Figura 11:** Reporte del nivel del tanque en el 2021.

En la figura 12 se evidencia que durante el 2021 las bombas han paralizado 42 veces por haber bajado su nivel.

- **Material:** el material bombeado son lodos, este fluido presenta alto contenido en sólidos y esto a su vez desgasta rápidamente los componentes internos de la bomba, el porcentaje de sólidos según el manual del equipo debe ser máximo 69%, sin embargo, en este caso pasa el 72%.

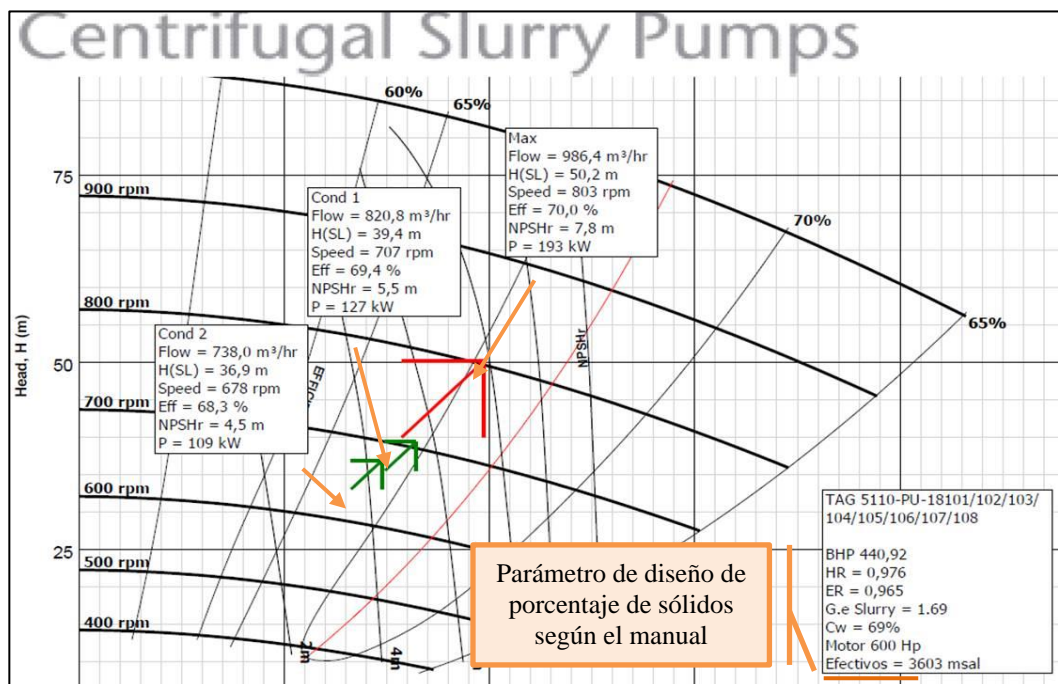


Figura 12: Parámetros de funcionamiento del tanque.

La figura 13 muestra los parámetros de diseño de la bomba 10/8 Warman AH, en ella se corrobora que el porcentaje máximo debe ser 69% (Data en espera).

- **Método:** en la planta minera en estudio se cuenta con un Plan de mantenimiento, sin embargo, este no se está cumpliendo porque los componentes internos de la bomba fallan antes de lo programado, es decir, su mantenimiento está programado al alcanzar las 3000 horas de funcionamiento, sin embargo, no se cumple porque fallan incluso antes de las

1400 horas. En la Tabla 12 se muestra el Plan de mantenimiento de las bombas, en ella se observa que el cambio de componentes internos o partes húmedas debe ser a las 3000 horas.

**Tabla 11**  
*Plan de mantenimiento de las bombas.*

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL BOMBAS 10 ST - AHP MILL SAND</b>				
<b>TAG</b>	<b>Componente</b>	<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia (horas)</b>	<b>Especialidad</b>
<b>5110PU18101-18108</b>	<b>Caja porta rodamientos</b>	Lubricación de rodamientos	1440	Mecánica
		Monitoreo de vibraciones	720	Ingeniería
		Cambio de rodamientos -retenes	17280	Mecánica
	<b>Partes húmedas</b>	Inspección intrusiva de componentes	720	Mecánica
		Cambio de componentes húmedos (impulsor, voluta, discos, bocina, estopas)	3000	Mecánica
	<b>Acoplamiento</b>	Inspección de acoplamientos	720	Mecánica
		Lubricación de acoplamientos	720	Mecánica
		Alineamiento de ejes	8640	Mecánica
	<b>Motor eléctrico</b>	Lubricación de rodamientos	1440	Mecánica
		Monitoreo de vibraciones	720	Ingeniería
		Cambio de rodamientos	12960	Mecánica
		Megado de motor	8640	Eléctrica
	<b>Reductor</b>	Cambio de aceite	4320	Mecánica
Monitoreo de vibraciones		720	Ingeniería	
Cambio de rodamientos –retenes		25920	Mecánica	

GM_5110:PU18102_RNN_DCS			GM_5110:PU18104_RNN_DCS			GM_5110:PU18106_RNN_DCS			GM_5110:PU18108_RNN_DCS		
Posición # 01			Posición # 02			Posición # 03			Posición # 04		
3000-30-80-01-PCE5025			3000-30-80-01-PCE5026			3000-30-80-01-PCE5027			3000-30-80-01-PCE5028		
Bomba 18102			Bomba 18104			Bomba 18106			Bomba 18108		
Instalación	Inspección	Horas	Instalación	Cambio	Horas	Instalación	Cambio	Horas	Instalación	Cambio	Horas
03-Jul-17 08:00:00	08-Aug-17 08:00:00	598.00	4/11/2017 0:00	6/4/2018 0:00	6612	7/3/2017 8:00	8/8/2017 8:00	597	6/26/2017 0:00	7/10/2017 0:00	163
08-Aug-17 00:00:00	07-Nov-17 00:00:00	1637.00	6/4/2018 0:00	8/28/2018 0:00	1539	8/8/2017 8:00	11/7/2017 0:00	1637	8/8/2017 0:00	8/8/2017 0:00	651
07-Nov-17 00:00:00	26-Feb-18 00:00:00	1652.00	8/26/2018 0:00	11/7/2018 0:00	1424	07-Nov-17 00:00:00	2/26/2018 0:00	1652	8/8/2017 0:00	11/7/2017 0:00	1637
26 Feb. 21	06-Jun-18 00:00:00	1611	07-Nov-17 00:00:00	00:00	582	26 Feb. 21	6/5/2018 0:00	1598	11/7/2017 0:00	11/7/2017 0:00	1652
	10 Set. .21	3357					10 Set. .21	3378			
10 Set. .21	16 Ene. 2022	1799				10 Set. .21	16 Ene. 2022	1772	2/26/01		1598

Figura 13: Tiempo real de cambio de componentes.

En la Figura 14, se muestra que el cambio de componentes internos de la bomba 1 se ha programado a las 3357 horas sin embargo por las fallas recurrentes se cambió a las 1799 horas, en la bomba 2 el cambio se ha programado a las 3378 horas, pero se tuvo que cambiar a las 1772 horas.

- **Medida:** la causa es que el caudal de bombeo es menor o mayor a la curva de operación de la bomba, en la planta en estudio las bombas están diseñadas para bombear desde 800 metros cúbicos por hora hasta 1100, según los reportes de caudal baja hasta 750 m<sup>3</sup>/hora y sube hasta 1200 m<sup>3</sup>/hora, lo cual desgasta a los componentes.

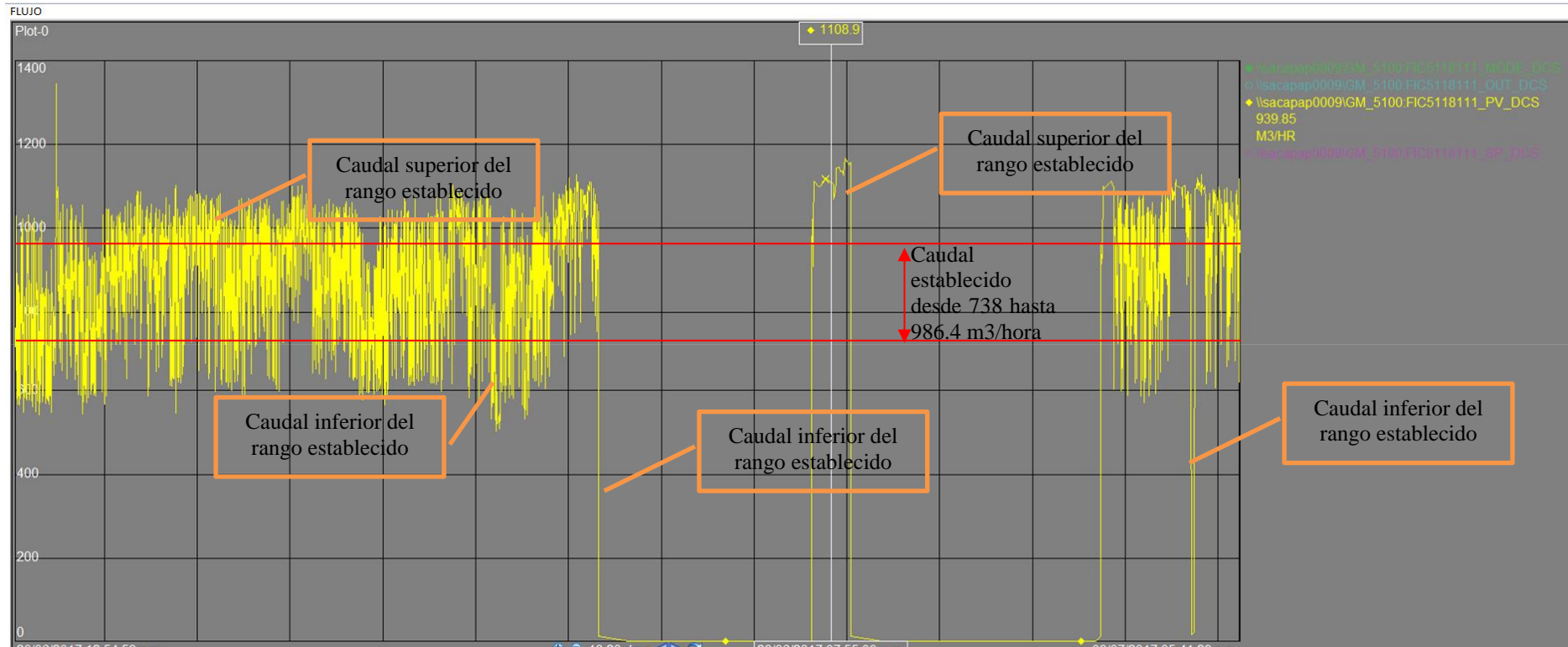


Figura 14: Reporte de caudales de bombeo.

La figura 15 muestra que los caudales operativos presentan anomalías inferiores y superiores al parámetro establecido, lo cual contribuye a un desgaste prematuro de los componentes internos de la bomba.

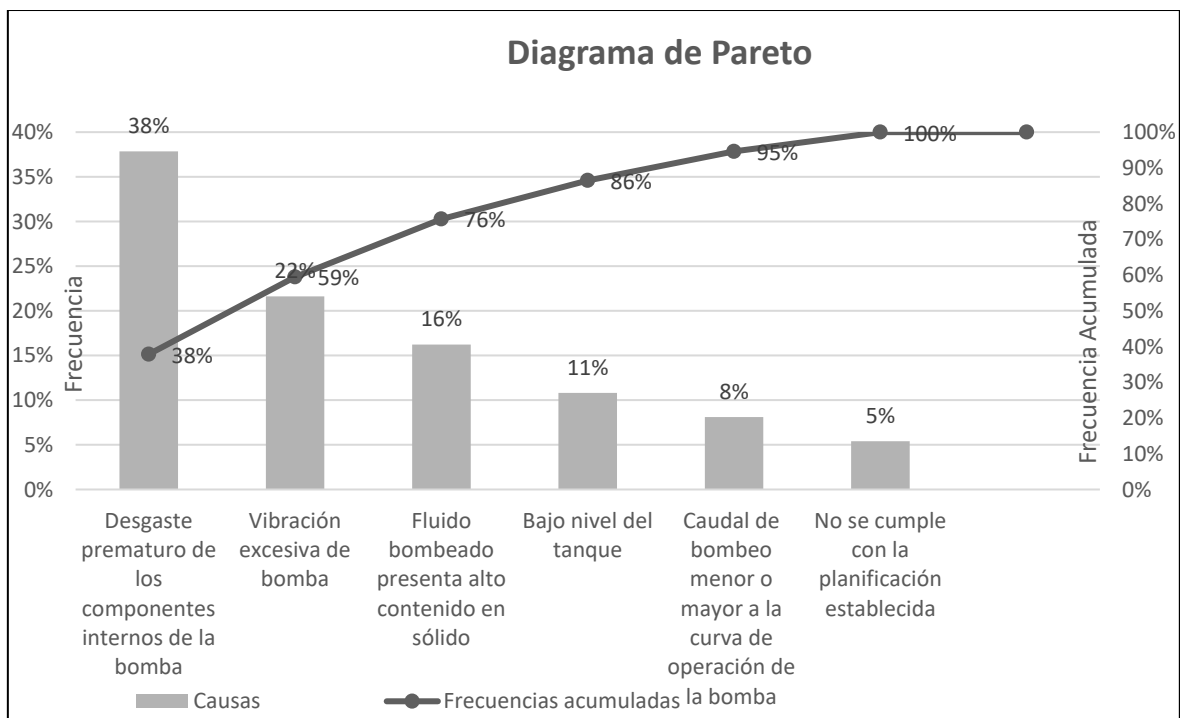
### 3.1.3. Diagnóstico de la frecuencia de las causas de fallas

Después de identificarse las causas de fuga de solución por testigos de carcaza de bomba se cuantificó de acuerdo a su frecuencia de ocurrencia. En la Tabla 13, se muestra las causas identificadas, frecuencia, frecuencia normalizada y frecuencia acumulada.

**Tabla 12**  
*Causas de las paradas de bombeo durante el 2021.*

6M	CAUSAS	Frecuencia	Frec. Normaliz.	Frec. Acumulada
Máquina	Desgaste prematuro de los componentes internos de la bomba	14	38%	38%
	Vibración excesiva de bomba	8	22%	59%
Medio	Fluido bombeado presenta alto contenido en sólido	6	16%	76%
Material	Bajo nivel del tanque	4	11%	86%
Método	Caudal de bombeo menor o mayor a la curva de operación de la bomba	3	8%	95%
Medida	No se cumple con la planificación establecida	2	5%	100%
<b>Total</b>			0%	100%

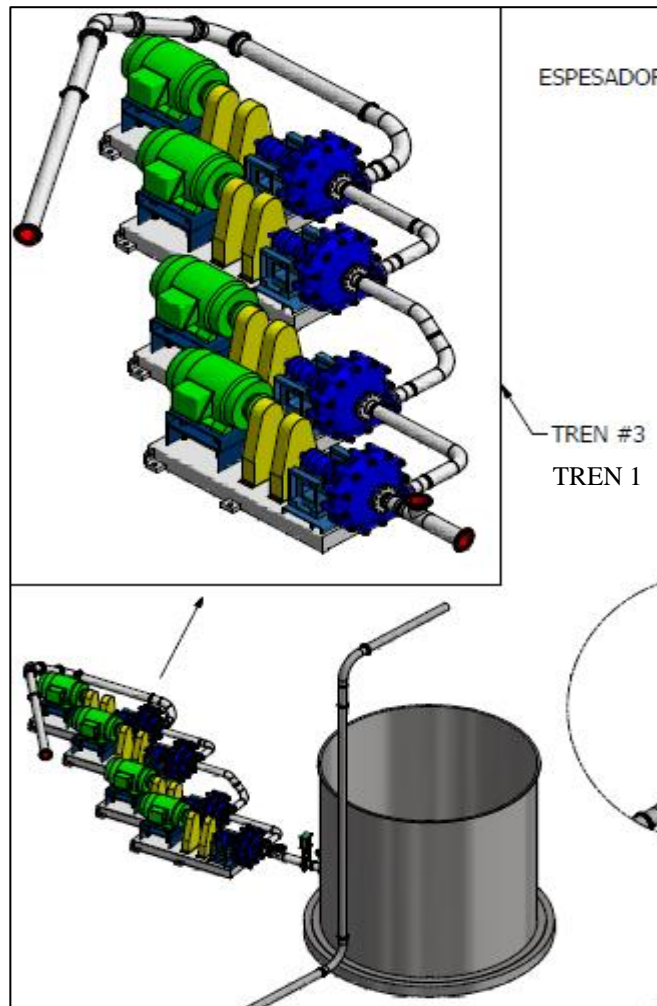
Luego de ordenar la ocurrencia de causas de fallas se construyó el Diagrama de Pareto.



**Figura 15:** Diagrama de Pareto.

En la figura 16 se muestra que la causa con mayor frecuencia e impacto es el desgaste prematuro de los componentes internos de la bomba, estos componentes son metálicos y no están cumpliendo con su ciclo de vida.

Se analizó el tren 1 de la planta compuesta por 4 bombas, el diagrama de su funcionamiento se muestra en la Figura 17.



**Figura 16:** Diagrama de funcionamiento del tren 1.

De las bombas mostradas en la Figura 17, los componentes internos se desgastan prematuramente, en la Figura 18 se muestra los componentes.





*Figura 17:* Bomba Warman de la planta.

El costo que a la empresa le está generando el cambio frecuente de componentes internos se detallan en la Tabla 14, para el tren 1 conformada de 4 bombas.

**Tabla 13**

*Costo anual generado en por el desgaste de los componentes en un tren de 4 bombas.*

Part Number metal	Último Precio Unitario metal - FPA	Cantidades x año Standard Pump	Cantidades x año WRT PUMP	TOTAL YEAR WEIR STANDARD PUMP METAL
G8083MA05	7,831.00	24	12.00	187,944.00
G8041MA05	4,025.33	24	12.00	94,595.26
GP8132S01	525.00	24	12.00	12,600.00
G8147A05	11,015.93	24	12.00	264,382.32
GP8110A05	14,257.20	24	12.00	335,044.20
<b>Total</b>				894 565.78

**Tabla 15**  
*Producción y productividad actual.*

Mes	Producción antes del TPM	HM disponibles/año	Productividad actual
Enero	122 000 toneladas	<b>7446 HM</b>	
Febrero	120 000 toneladas		
Marzo	120 000 toneladas		
Abril	121 000 toneladas		
Mayo	118 000 toneladas		
Junio	124 000 toneladas		
Julio	115 000 toneladas		
Agosto	128 000 toneladas		
Setiembre	124 012 toneladas		
Octubre	122 800 toneladas		
Noviembre	117 000 toneladas		
Diciembre	116 000 toneladas		
<b>Total:</b>	<b>1'447,812 TM</b>		<b>194.44 HM/TM</b>

Según la Tabla 14, la empresa gasta 894 565.78 dólares al año al cambiar los componentes internos de las 4 bombas del tren 1, y son 6 cambios por año.

### 3.1.5. Resumen del diagnóstico

**Tabla 14**

*Diagnostico final del proceso de bombeo.*

Problema según encuesta	Indicador	Resultado Actual	Indicador Estándar	Análisis	Falla Principal	Causa Principal
Bajos indicadores operacionales	Disponibilidad	82%	95%	La planta no puede parar su funcionamiento y a pesar de contar con trenes de bombas las constantes fallas están afectando la disponibilidad de los componentes que debería ser 95% pero en promedio llega a 82%	Fuga de solución por testigos de carcasa de bomba (determinado con el diagrama de Jack Nife)	Desgaste prematuro de los componentes internos de la bomba (Cualificado con diagrama de Ishikawa y cuantificado con el diagrama de Pareto)
	Rendimiento	1409 horas	3000 horas	Los componentes internos son metálicos y según su manual el rendimiento debe ser 3000 horas, pero en promedio llega al 47% porque se desgasta prematuramente.		
		47%	95%			
	MTBF	946 horas	3000 horas	El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) es el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. En tiempo promedio entre falla y fallas fue de 946 horas.		
	MTTR	8.66 horas	Según falla	El tiempo medio de reparación indica que se invierten 8.66 horas en reparar el equipo debido a alguna deficiencia en la gestión.		
	Calidad	81.33%	95%	La calidad del equipo está referido a su capacidad de bombeo, en este caso es alto, pero se puede mejorar.		
	OEE	31.27%	75%	La eficiencia global de la bomba usando componentes internos metálicos es baja, se debe la presencia de la falla grave.		

### 3.1.6. Operacionalización de Variables a nivel de diagnóstico

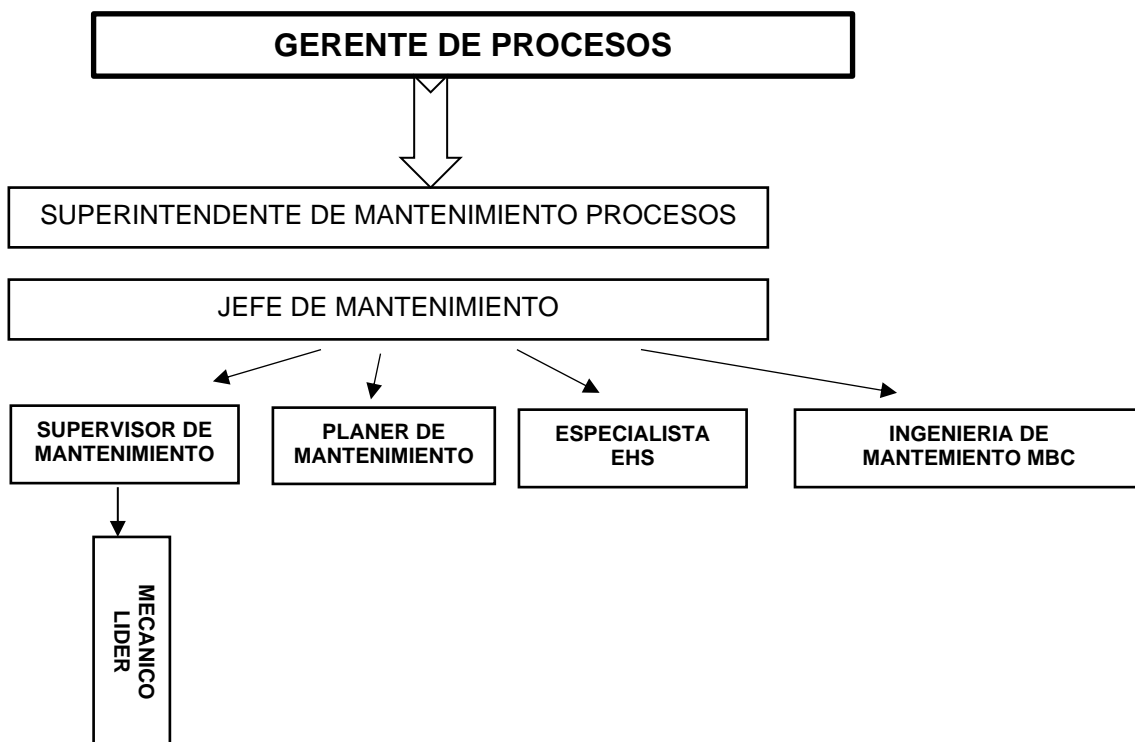
**Tabla17**
*Operacionalización de Variables a nivel de diagnóstico*

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Resultado Actual	Análisis
Mantenimiento Productivo Total (TPM) - <b>(Variable Independiente)</b>	El plan de mantenimiento consiste en, sostener la funcionalidad de los equipos y el buen funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones a través del tiempo (Galván, 2013).	Paradas de planta	Cantidad de paradas mensuales	42	42 paradas entre enero y diciembre del 2021, de ellos el más frecuente es por la fuga de solución por estopas, que ocasionaron 12 paradas.
		Indicadores operacionales (KPI) de los equipos de planta	Disponibilidad	82%	La planta no puede parar su funcionamiento y a pesar de contar con trenes de bombas las constantes fallas están afectando la disponibilidad de los componentes que debería ser 95% pero en promedio llega a 82%
			Rendimiento	1409 horas 47%	Los componentes internos son metálicos y según su manual el rendimiento debe ser 3000 horas, pero en promedio llega al 47% porque se desgasta prematuramente.
			MTBF	946 horas	El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) es el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. En tiempo promedio entre falla y fallas fue de 946 horas.
			MTTR	8.66 horas	El tiempo medio de reparación indica que se invierten 8.66 horas en reparar el equipo debido a alguna deficiencia en la gestión.
			Calidad	81.33%	La calidad del equipo está referido a su capacidad de bombeo, en este caso es alto, pero se puede mejorar.
OEE	31.27%	La eficiencia global de la bomba usando componentes internos metálicos es baja, se debe la presencia de la falla grave.			
Productividad <b>(Variable dependiente)</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción (Catalán, 2018).	Producción de planta	Toneladas/año	1'447,812 Tm/año	
		Productividad de la planta	Productividad de HM	194.44 TM/HM	

### 3.3. Diseño de los pilares TPM

La empresa minera asume el compromiso para la implementación del TPM, y se inició por la gerencia de procesos y se citó al Superintendente y jefe de mantenimiento. Se planteará una reunión principal con los involucrados en la cual se dio a conocer la aplicación de un Sistema de gestión para mejorar el mantenimiento dentro la compañía, cuáles son los objetivos que se desean conseguir, que beneficios acarrea, en que se basa y cuáles son las acciones que se deben de tomar en cuenta para alcanzarlo. Se empezó con el inicio en la formación de la cultura al cambio y a la mejora del sistema productivo, lo que significará el ejemplo para la compañía y será ejecutado por sus gerentes, jefes de áreas, personal que conozca del mantenimiento, etc.

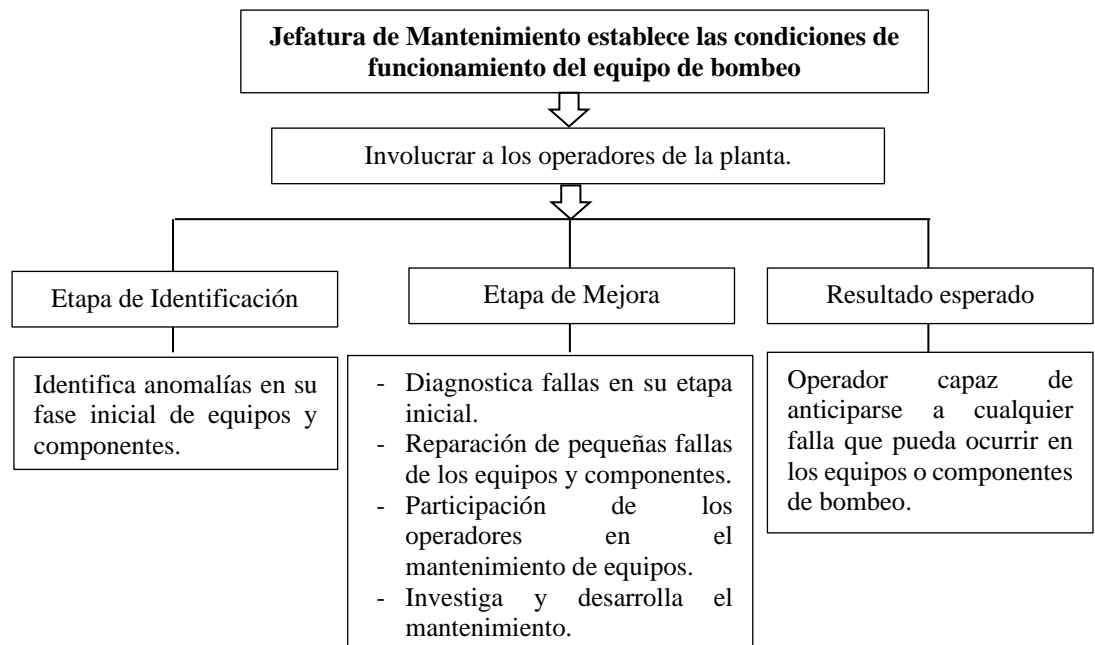
#### 3.3.1. Conformación del equipo de mejoras en el proyecto TPM



*Figura 18:* Equipo de mejoras para el proyecto TPM.

### 3.3.2. Mantenimiento Autónomo

Para la empresa es indispensable que se apoye en la jefatura de mantenimiento, ya que la eficiencia global de los equipos de bombeo es 31%; por lo tanto, la empresa cree necesario hacer cambios para mejorar la productividad mediante el Mantenimiento autónomo, este pilar del TPM tiene la estructura representada en la Figura 20.



**Figura 20.** Estructura del Mantenimiento Autónomo.

La empresa minera ha implementado el Mantenimiento Autónomo con la finalidad que el operador de los equipos de bombeo se encargue de su monitoreo y diagnóstico inicial de fallas, y para llevarlo a cabo los operadores deben conocer a detalle la operación de su equipo. Sin embargo, la empresa minera sí cuenta con personal capacitado en el tema de operación de los equipos de bombeo, pero en el tema de Mantenimiento Autónomo no existe participación del operador, por falta de capacitación y entrenamiento, por ello es necesario

hacer un seguimiento que involucren el Mantenimiento Autónomo en el Perfil del operador (ver Figura 21).

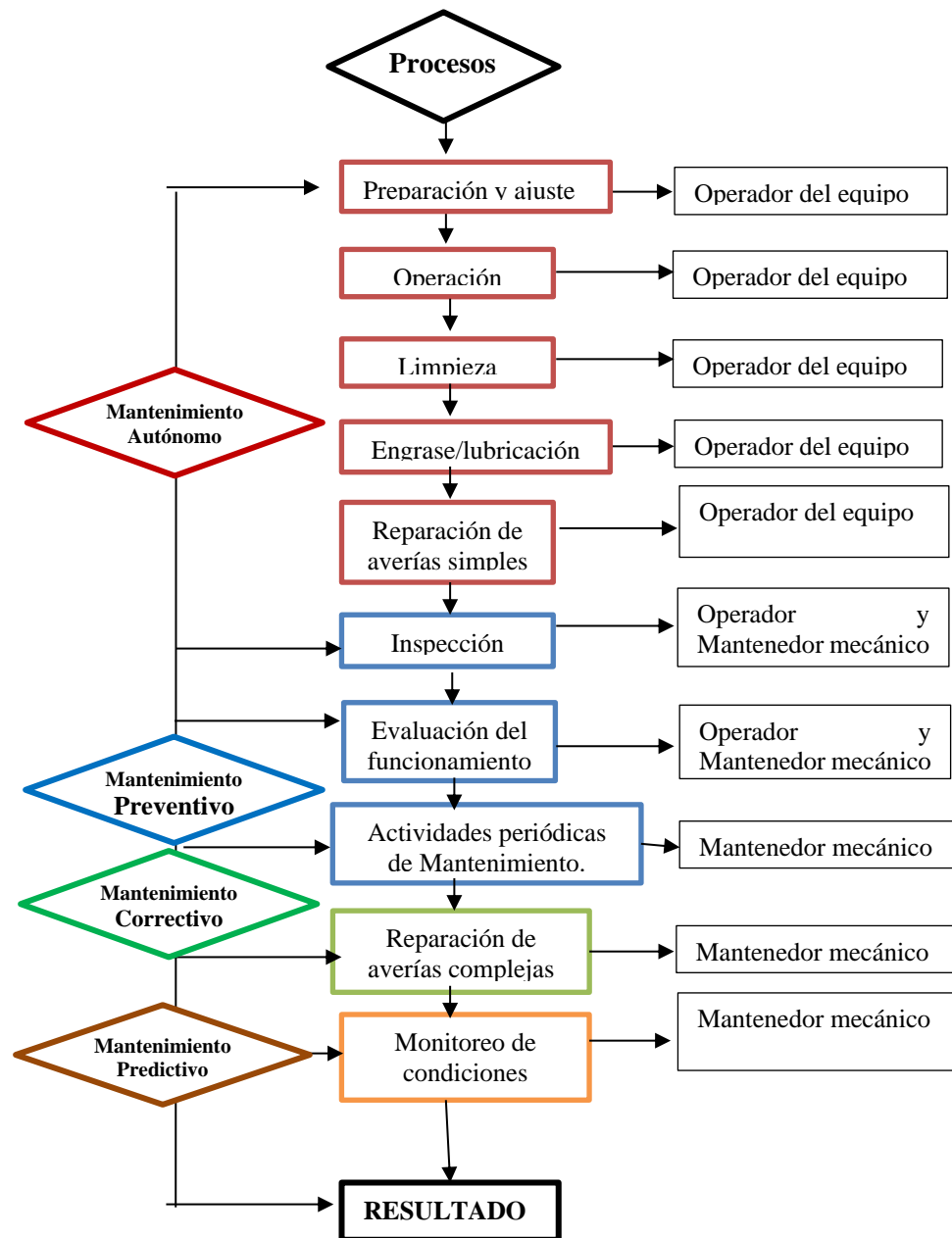


Figura 19. Actividades y responsabilidades del Mantenimiento Autónomo.

**Tabla 15**

*Secuencia del Mantenimiento Autónomo y su futura*

<b>Área de procesos: Tratamiento de arenas de molienda</b>			
Encargado de turno:		Ing. Supervisor de guardia	
Encargado de operación del equipo		Operadores de planta	
<b>Actividad</b>	<b>Mantenimiento y mejora</b>	<b>Personal de operaciones de procesos</b>	<b>Personal de mantenimiento de procesos</b>
<b>Mantenimiento autónomo</b>	<b>Preparación y ajuste:</b> se ajustan estopas, verifica que no existan fugas por caja estopera.	Operador	No efectúa
	<b>Operación:</b> controla los parámetros operativos del diseño del sistema de bombeo.	Operador	No efectúa
	<b>Limpieza:</b> verifica que su equipo se encuentre limpio, con cero fugas (aceite, solución, etc.)	Operador	No efectúa
	<b>Engrase y lubricación:</b> mantener los niveles correctos del equipo.	Operador	No efectúa
	<b>Reparación de averías simples:</b> asegurar las guardas de protección, ajuste de uniones bridadas.	Operador	No efectúa
Mantenimiento preventivo	<b>Inspección del equipo:</b> inspecciona el equipo; flujo, temperatura y presiones de acuerdo al manual del equipo, se realiza conjuntamente con los operadores y mantenedores.	Operador	Mantenedor



	<b>Evaluación del funcionamiento:</b> contrasta los valores medidos con los parámetros operativos de diseño.	Operador	Mantenedor
	<b>Actividades periódicas de mantenimiento:</b> inspecciona el funcionamiento del equipo semanalmente.	No lo realiza	Mantenedor
Mantenimiento correctivo	Fuga de solución por carcasa de bomba, cambio de estopas, cambio de rodamientos de motor	No lo realiza	Mantenedor
Mantenimiento predictivo	Monitoreo de condiciones (análisis vibracional/termografía, análisis de aceite y ensayos no destructivos)	No lo realiza	Mantenedor

#### a. Apoyo de las 5S

Para que el operador pueda poner en práctica el Mantenimiento Autónomo, se debe iniciar con la selección adecuada del personal, el cual debe de ser calificado para la operación de los equipos de tratamiento de arenas de molienda, haciendo posible que los operadores sean lo suficientemente hábiles para realizar un mantenimiento en su equipo, el cual puede ser de manera independiente o en forma coordinada con el personal de mantenimiento, ayudando a disminuir las pérdidas que tanto disminuyen la productividad dentro de la compañía, por ello se elaboró las 5S.

- **Organización del área de procesos de arenas de molienda (SEIRI)**

Se enfocó a eliminar los artículos obsoletos, herramientas innecesarias, el método empleado es el uso de las tarjetas rojas, donde se etiquetan los equipos o componentes para determinar su necesidad (ver figura 22).

Número de Tarjeta: .....  
Fecha de Instalación: .....  
Nombre del operador: .....  
Nombre del instalador: .....  
Falla: .....  
.....  
Identificada por: .....  
Fecha: .....  
Razón para etiquetar:  
 No necesario                       Obsoleto  
 Defectuoso                          Uso desconocido  
 No urgente                          Contaminante  
Otro                                      Excedente

*Figura 20.* Tarjeta roja utilizada por la empresa.

- **Orden del área de proceso de tratamiento de arenas de molienda (SEITON)**

Al terminar con la organización, se dispuso las herramientas, máquinas, equipos, etc., de manera apropiada para su utilización fácil e inmediata de tal manera que apoyen en disminuir los tiempos perdidos dentro del área de procesos.

- **Limpieza del área de trabajo (SEISO)**

Los operadores efectuaron la limpieza adecuadamente para dar inicio a una buena inspección, en los equipos de tratamiento de arenas de molienda porque se comienza a descubrir su estructura del equipo, se puede observar rupturas o fisuras en algunas partes, las instalaciones de los cables mal

ubicados que pueden causar daños a los operadores y a la maquinaria en sí, pernos aflojados, rotos o desgastados, etc.

- **Estandarización del área de trabajo (SEITKETSU)**

La empresa minera, en esta etapa previene los errores para que no se vuelvan a repetir, reduciendo los elementos innecesarios dentro del área de trabajo, herramientas mal ubicadas, cables eléctricos mal instalados, etc., para ello se utilizó la Tabla 19.

**Tabla 16***Ficha de inspección de orden y limpieza.*

<b>Ficha de Inspección de Orden y Limpieza</b>																					
<b>Fecha:</b>	<b>Sr/Sra:</b>						<b>Semana:</b>														
<b>ITEM</b>	<b>Lunes</b>			<b>Martes</b>			<b>Miércoles</b>			<b>Jueves</b>		<b>Viernes</b>			<b>Sábado</b>			<b>Domingo</b>			
	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No	Sí	Medio	No
El personal ingresa a la empresa y guarda adecuadamente sus cosas.																					
El personal tiene iniciativa de realizar una limpieza diaria a su área																					
Se utilizan los implementos necesarios para la limpieza																					
Los equipos están limpios y buen estado																					
Los equipos están libres y correctamente ordenados																					
Mantiene ordenadas sus herramientas																					
Los pisos están limpios, secos y sin desperdicios																					
Hay libertad de tránsito sin obstáculos																					
															Aplicado por:						

- **Cumplimiento de la disciplina del área de trabajo (SHITSUKE)**

El operador del equipo de bombeo en coordinación con los de mantenimiento deberán de cumplir correctamente los pasos anteriores los cuales facilitarán las cosas. Es necesario contar con el apoyo de todos los involucrados, disponer de una infraestructura que facilite el mantenimiento de los estándares, la motivación para efectuarlos, el tiempo para que se pueda adaptar la organización al cambio, entre otras cosas que serán de apoyo para que la disciplina forme parte del mantenimiento autónomo.

**b. Objetivos del Mantenimiento Autónomo**

Los objetivos para lograr en el proceso de tratamiento de arenas de molienda son los siguientes:

- Reducción de los tiempos de parada de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda.
- Eliminación de fugas (lubricantes, solución) en el proceso de tratamiento de arenas de molienda.
- Mejorar la lubricación del sistema de bombeo.
- Reducción de los tiempos de reparación y/o cambio de elementos de sellado.
- Reducción de los tiempos muertos por reparación de equipos de bombeo.

A continuación, se presenta la tabla aplicando las pérdidas al proceso de tratamiento de arenas de molienda:

**Tabla 20**
*Clasificación de pérdidas en el proceso de tratamiento de arenas de molienda.*

Tipo	Pérdidas	Tipo y caracterización	Objetivo
Tiempos Muertos.	Averías	Parada del equipo por desgaste constante de componentes, estopas y falta de lubricación.	<b>Reducción al máximo de tiempo de parada</b>
	Tiempo de ajuste de los equipos	Cambio de componentes internos y estopas, ajuste adecuado de los equipos para evitar las vibraciones y la cavitación.	<b>Reducción al máximo</b>
Pérdidas por eficiencia del bombeo	Reducción de flujo de bombeo	Cuando los equipos no están en óptimas condiciones o cuando el nivel del tanque no es el adecuado, el equipo de bombeo reduce su velocidad para evitar sobrecalentamiento.	<b>Reducción al máximo</b>
	Paradas cortas	Cavitación de la bomba, porcentaje de sólidos altos, fuga por estopas, bajo nivel del tanque.	<b>Reducción al máximo</b>
Equipo defectuoso	Defecto de calidad	Los componentes de los equipos de bombeo deben cumplir con los estándares de calidad, como dureza y dimensionamiento.	<b>Controlar los parámetros mediante 3T</b>
	Defectos de instalación	Comprobar que no se pierda el fluido bombeado.	<b>Minimizar</b>

### c. Seguimiento de actividades para lograr los objetivos en los equipos de bombeo de arenas de molienda

A continuación, se plantean las actividades a realizar en cada etapa para la implementación del Mantenimiento Autónomo.

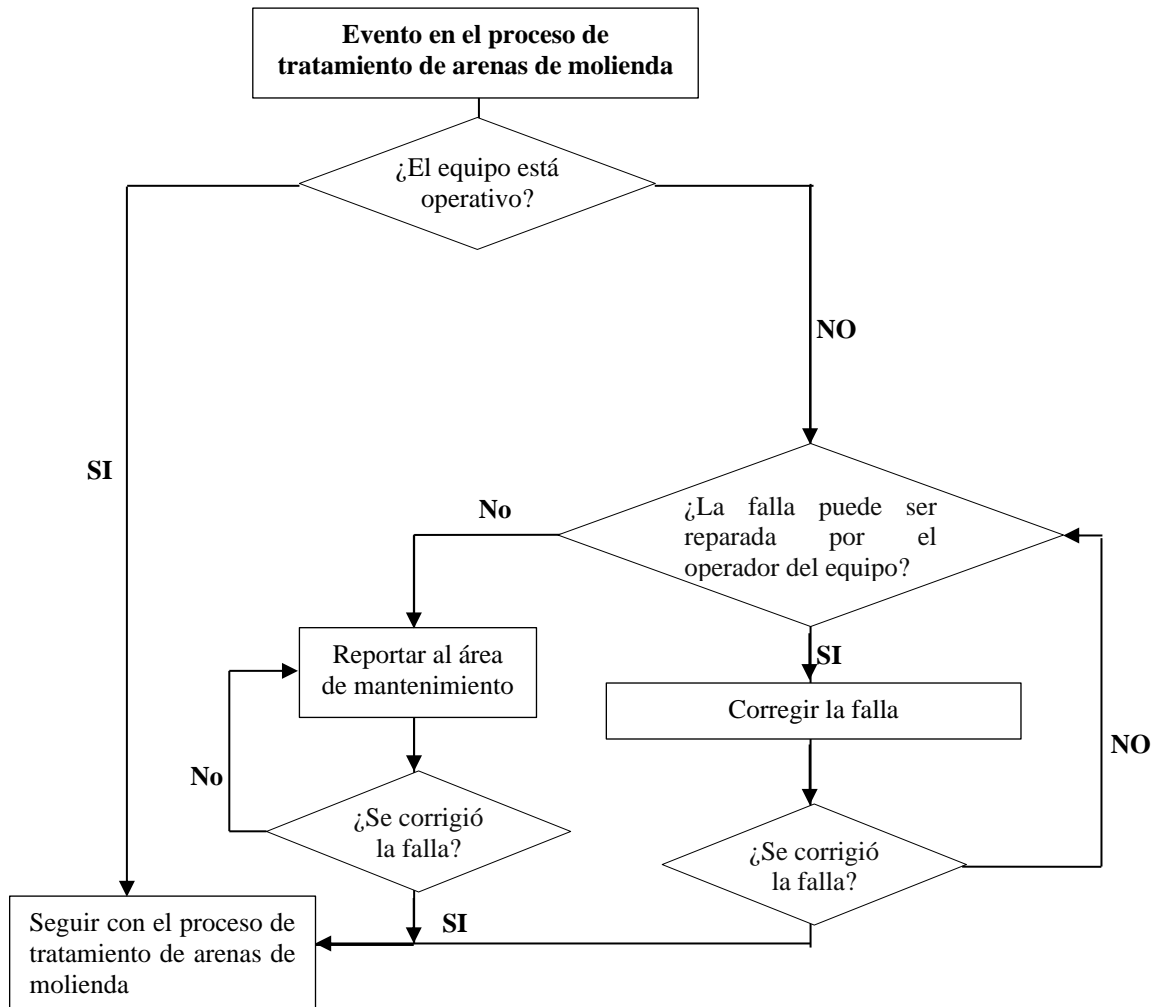
**Tabla 21**
*Seguimiento de actividades para el Mantenimiento Autónomo.*

Etapa	Actividad
<b>Limpieza Inicial</b>	Limpiar adecuadamente equipos de bombeo, buscar y corregir defectos que ocasionen fugas de solución.
<b>Medidas por causas y efectos de la suciedad</b>	Prevención de las causas que ocasionan las fugas de solución, lubricación, proteger los lugares de difícil acceso a la limpieza y reducir el tiempo de limpieza.

<b>Estándares de limpieza y lubricación</b>	Establecer los estándares de limpieza para los operadores del área de proceso de tratamiento de arenas de molienda, verificar que estas tareas se efectúen de forma periódica con la finalidad de reducir los tiempos de parada del equipo.
<b>Inspección general</b>	El operador debe detectar las fallas por inspección para que pueda ayudar en la corrección de estas, como la pérdida de lubricación, incremento de temperatura de los rodamientos, desgaste de componentes.
<b>Inspección autónoma</b>	Los operadores están entrenados y establecen un cronograma de mantenimiento por parte del área de procesos, se le hace un seguimiento adecuado en tareas de limpieza, lubricación, etc.
<b>Estandarización y control</b>	Se debe de estandarizar y sistematizar el control para la lubricación, limpieza, etc. Se debe de almacenar los datos para hacer un correcto seguimiento y control de las actividades en el programa SAP.
<b>Implementación plena del mantenimiento autónomo</b>	Incremento de la eficiencia global de los equipos de tratamiento de arenas de molienda. Eliminación de las grandes pérdidas ocasionadas por el desgaste acelerado de componentes. Reducción de los tiempos de reparación y averías.

---

Se debe de elaborar un diagrama de la respuesta ante los eventos que se presenten en el proceso de tratamiento de arenas de molienda.



**Figura 21.** Diagrama ante de identificación de fallas.

Aplicación de hojas de instrucciones generales la cual nos servirá de apoyo para identificar el equipo y las referencias de tareas que se deben de ejecutar para el mantenimiento autónomo. Las referencias del mantenimiento a ejecutar durante el proceso de extracción o existiendo alguna parada obligatoria, las personas a cargo de la ejecución del mantenimiento y el encargado de revisar y aprobar las tareas de mantenimiento.

Es necesario que se apoyen de fuentes como esquemas, fotos, planos de distribución de los equipos, fuentes técnicas de operación, etc. Los cuales nos



darán las facilidades de las áreas adecuadas para realizar el mantenimiento, es obligatorio contar con las instrucciones generales o particulares en el caso de existir el mantenimiento de los equipos. En la Tabla 22, se presenta una hoja de registros de datos, en las cuales se verificará de forma inmediata y accesible el seguimiento de las tareas de mantenimiento que se van a controlar.

**Tabla 22**

*Mantenimiento Autónomo de los equipos de tratamiento de arenas de molienda.*

<b>Mantenimiento Autónomo</b>		
Código de Equipo:	Descripción:	
Área de Procesos: Tratamiento de arenas de molienda		
Realizado:	Revisado/ Aprobado:	Actividad realizada por:
<b>Instrucciones Generales:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Antes de la conexión del equipo. Evitar que el área cuente con obstáculos que impiden el correcto funcionamiento del equipo: fugas de solución y verificación de la lubricación.</li> <li>– Puesta en operación del equipo. Revisar que los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda no tengan impedimento para su inicio, tuberías conformes, bombas totalmente habilitadas.</li> <li>– Desarrollo del proceso de bombeo. Ver el correcto funcionamiento del equipo de bombeo. Si presenta defectos o fallas como: fugas, incremento de temperatura, desnivelación de las bombas, pérdidas de aceite en la lubricación, fugas en las bombas, fugas por estopas.</li> <li>– Finalización y relevo de turno Limpieza total del equipo, dejándolo perfecto para el relevo de siguiente turno de trabajo. Ordenar y dejar todas las herramientas y útiles de trabajo, para reportar al siguiente turno de trabajo. El reporte de entrega se hace con la supervisión del encargado del área de turno.</li> </ul>		
Se presentará evidencias mediante fotos donde se debe efectuar el mantenimiento autónomo.		

**Tabla 17***Ficha de Mantenimiento Autónomo.*

Mantenimiento Autónomo																														
<b>Código del equipo:</b>	<b>Descripción del equipo</b>																													
<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>										<b>Tarea realizada por:</b>																			
<b>Guardia:</b>	<b>Frecuencia Diaria</b>																													
<b>Puntos a verificar:</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Inspección de fugas de aceite																														
Inspección de fugas por estopas																														
Inspección de fugas por testigos de carcasa																														
Inspección de picaduras en la tubería																														
Inspección del funcionamiento del manómetro																														
Verificación de nivel de aceite																														
Verificación de fugas de agua de sellos																														
Inspección visual de estructura del equipo																														
Inspección de flujo de bombeo																														
Inspección de nivel de tanque																														

Con el Mantenimiento Autónomo se pretende reducir las fallas graves por cambio de estopas, ya que el operador realiza la tarea de regulación de estopas diariamente en sus inspecciones diarias.

### **3.3.3. Mantenimiento Planificado**

Cada vez que se repara y se reemplaza un componente de un equipo, las posibilidades de fallos prematuros son altas, debido a la falta de experiencia o conocimiento del personal encargado del mantenimiento por eso es recomendable contar con personas calificadas para la realización de este trabajo y tener un monitoreo regular con cada uno de los componentes críticos que se determinaron en el análisis de criticidad. Para el mantenedor se recomienda las siguientes actividades:

- Realizar inspecciones visuales durante la operación de las bombas, ya que permite detectar problemas como fugas de solución o de lubricante, se pueden detectar fallas por medio del sonido y también identificar condiciones inseguras para el operador.
- Asegurar que los equipos están operando dentro de las condiciones establecidas.
- Monitorear la temperatura de operación de la bomba, asegurarse que estén en los rangos normales de operación, debido que a condiciones normales esta variable es muy estable, si se presenta temperaturas fuera del rango establecido puede que se estén presentando problemas por fricción de elementos lo que indicará que hay un nivel bajo de lubricación.
- Se ha diseñado una hoja de información para llevar el control e historial de los fallos que se presenten (ver Tabla 24), con el fin de facilitarle al personal de mantenimiento el proceso de aplicar métodos como el análisis de causa raíz que proporcionará diagnósticos y correcciones de inapropiado funcionamiento que se le están aplicando a las bombas, con el fin de

determinar las causas que ocasionan las fallas ocurridas y las que pueden ocurrir, y así poder fijar estrategias que ayuden a prevenir la ocurrencia de dichas fallas y por lo tanto sus efectos en la seguridad operacional de las bombas.

**Tabla 18**

*Hoja de información de análisis de fallas y sus efectos.*

---

**HOJA DE INFORMACION: ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y SUS EFECTOS**

---

<b>FECHA:</b>	<b>EFFECTUADO POR:</b>	<b>REF. DEL EQUIPO:</b>
<b>SISTEMA:</b>	<b>EQUIPO:</b>	<b>COMPONENTE:</b>
<b>FUNCION</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTO DE LA FALLA</b>

---

**Tabla 19**

*Formato de registro de fallas*

---

**HOJA DE INFORMACION REGISTRO DE FALLAS**

---

<b>FECHA INICIAL DE LA AVERIA:</b>	<b>FECHA FINAL DE LA AVERIA:</b>	<b>REF. DEL EQUIPO:</b>
<b>SISTEMA:</b>	<b>EQUIPO:</b>	<b>COMPONENTE:</b>
<b>ITEM</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	

---

### a. Matriz de panorama de riesgo

El propósito de este análisis es el de identificar y entender los peligros que se pueden generar en el desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento de los equipos de tratamiento de arenas de molienda, pues el fluido de trabajo es altamente inflamable y puede ocasionar daños a la persona al medio o a los activos, con el fin de que se puedan establecer los controles necesarios al punto de asegurar de que cualquier riesgo sea aceptable.

**Tabla 20**  
*Matriz de panorama de riesgo.*

PROCESO	ZONA / LUGAR	ACTIVIDAD	TAREAS	RUTINARIAS	NO RUTINARIAS
Mantenimiento	Área de procesos	Instalación de estopas	Mantenimiento de bombas centrífugas	Si	Se activa el sistema de alarmas y/ emergencias
Mantenimiento	Área de procesos	Instalación, rodamientos	Mantenimiento de bombas centrífugas	Si	Se activa el sistema de alarmas y/ emergencias
Proceso operacional	Área de procesos	Cambio de componentes internos	Mantenimiento de bombas centrífugas	Si	Se activa el sistema de alarmas y/ emergencias

Con la Tabla 26, se realizó una inspección en el área del proceso de tratamiento de arenas de molienda, esto permitió identificar el proceso, la zona o lugar, la actividad que se realiza y se determinó si era rutinaria o no, al momento de la inspección se percibió que el lugar de operación era confinado, con una visibilidad buena, pero con un fuerte ruido cuando los equipos están operando. Después se procedió a identificar los peligros que se pueden presentar al momento de realizar las actividades, algunos de estos son, lesiones por golpes con herramientas, derrame de solución, incendios, etc.

Se estableció que tipo de riesgo representan esos peligros y sus posibles efectos, todos los datos fueron tabulados y pueden ser observados en la Tabla 27.

**Tabla 21**  
*Matriz de panorama de riesgo.*

PELIGRO	RIESGO	FACTOR DE RIESGO	EFFECTOS POSIBLES
- Lesiones por contacto con solución. - Lesiones por golpes con objetos o herramientas. - Derrame de solución por fisuras.	Seguridad	Mecánico	Ya mencionado en peligros
- Derrame de solución por fugas en la bomba al momento de la operación. - Derrame de solución al medio ambiente por fugas en la tubería.	Seguridad	Mecánico	Ya mencionado en peligros

Una vez identificados los peligros, sus efectos y el riesgo que representan se procede a una evaluación cualitativa del riesgo utilizando la Tabla 28, quien proporciona el procedimiento que se debe seguir para dicha evaluación.

Se determinó el nivel de probabilidad mediante la ecuación.

$$NP= ND \times NE$$

Donde ND es el nivel de deficiencia y NE el nivel de exposición.

**Tabla 22**  
*Evaluación del riesgo*

EVALUACION DEL RIESGO							VALORACION DEL RIESGO
Nivel de deficiencia (ND)	Nivel de exposición (NE)	Nivel de probabilidad (NDxNE)	Interpretación del nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo	Interpretación del NR	Aceptabilidad del riesgo

Los riesgos se clasificaron de acuerdo a la Tabla 29.

**Tabla 23**  
*Clasificación de riesgos.*

Nivel de riesgo	Prioridad	Acciones para minimizar el riesgo	Acciones para maximizar la oportunidad
<b>Extremo</b>	1	Se requiere investigación y planificación detalladas; determinar si la actividad o tarea debe ser detenida en espera de una mayor investigación.	Se requiere investigación y planificación detalladas; alto potencial de pago; perseguir agresivamente la oportunidad
<b>Alto</b>	2	Atención de Alta dirección; Acción correctiva y preventiva inmediata requerida.	Oportunidad a corto plazo con una tasa de rendimiento superior a la media; empujar diligentemente
<b>Medio</b>	3	Riesgo condicionalmente aceptable - responsabilidad de gestión asignada; Plan de acción correctivo y preventivo desarrollado.	Riesgo condicionalmente aceptable - responsabilidad de gestión asignada; Plan de acción correctivo y preventivo desarrollado.
<b>Bajo</b>	4	Gestionar mediante procedimientos de rutina; aceptar riesgo.	Gestionar mediante procedimientos de rutina.

Para que los equipos de tratamiento de arenas de molienda funcionen adecuadamente se establecieron los controles en la Tabla 30.

**Tabla 30**  
*Controles recomendados.*

CONTROLES RECOMENDADOS	
FUENTE	TRABAJADOR
Inspección periódica a los controles existentes, cumplir con la orden de trabajo establecida por el área de mantenimiento	Se le exige que se utilice el equipo de seguridad (gafas, botas, casco, etc.)
Inspección continua de los parámetros de funcionamiento del equipo de bombeo, inspección visual durante la operación en busca de posibles fugas.	Se le exige que se utilice el equipo de seguridad (gafas, botas, casco, etc.)

**b. Actividades de inspección de mantenimiento**

Las inspecciones diarias son necesarias para vigilar el comportamiento de la bomba y detectar anomalías que puedan representar riesgos a la seguridad de la operación y de las personas.



**Tabla 31***Check list de arenas de molienda.***CHECK LIST DIARIO - BOMBAS ARENAS DE MOLIENDA**

Equipo N – TAG	Fuga de solución x sellado de bomba(estopas)		% Solidos	Caudal (m3/h)	Ruido motor-bomba		Fugas de aceite		Estado de estructura del equipo	Limpieza de bomba	Limpieza del motor	Estado de guardas	NIVEL TK (%)
	Si	No			Normal	Extraño	Si	No					
5110 PU 18102 (Tren #1)													
5110 PU 18104 (Tren #1)													
5110 PU 18106 (Tren #1)													
5110 PU 18108 (Tren #1)													
5110 PU 18101 (Tren #3)													
5110 PU 18103 (Tren #3)													
5110 PU 18105 (Tren #3)													
5110 PU 18107 (Tren #3)													
OBSERVACIONES:													
JEFE GENERAL				SUPERVISOR				OPERADOR DE GUARDIA				ESTADO	
Nombre:				Nombre:				Nombre:				Ö	
Firma:				Firma:				Firma:				C	
Fecha:				Fecha:				Fecha:				N/A	

Las actividades diarias se complementan con los mantenimientos programados en la Tabla 32.

**Tabla 32**

*Calendario de inspección de mantenimiento.*

Actividad	Condición del Equipo para Realizar la actividad		Duración Estimada de la Actividad (min)	Frecuencia	Responsable de la Actividad
	ENCEN.	APAG.			
Inspección y medición de los rodamientos/ reemplazar si es necesario	X		20	Mensual	Mantenedor
Cambio de rodamientos de motor eléctrico		X	720	A 5000 horas	Mantenedor
Cambio de rodamientos de botellas		X	720	A 5000 horas	Mantenedor
Inspección de acoplamiento (lubricación y/o cambio)		X	360	A 3000 horas	Mantenedor
Cambio de estopas		X	120	A 1400 horas	Mantenedor
Análisis vibracional de equipos rotativos (vibración, temperatura, ensayo no destructivo)	X	X	240	A 720 horas	Mantenedor
Limpieza externa de la bomba	X	X	15	Semanal	Operador/mantenedor
Sustituir componentes por otros de mejor calidad		X	720	A 3000 horas	Mantenedor
Lubricación de rodamientos	X		30	Mensual	Operario/Mantenedor
Chequear nivel de aceite	X	X	10	Diario	Operador
Inspección visual de corrosión de la carcasa	X		10	Semanal	Operador
Detectar presencia de fugas de solución	X		10	Diaria	Operador
Detectar fugas de aceite del sistema de lubricación	X		10	Diaria	Operador

### 3.4 Evaluación de la mejora en la productividad después de aplicarse la metodología TPM

**Tabla 24**

*Mejora de la productividad.*

<b>Mes</b>	<b>Producción después del TPM</b>	<b>HM disponibles/año</b>	<b>Productividad pos mejora</b>
Enero	123 120 toneladas	<b>7241 HM</b>	
Febrero	120 211 toneladas		
Marzo	121 098 toneladas		
Abril	122 098 toneladas		
Mayo	120 005 toneladas		
Junio	125 110 toneladas		
Julio	116 123 toneladas		
Agosto	130 000 toneladas		
Setiembre	125 000 toneladas		
Octubre	136 090 toneladas		
Noviembre	120 005 toneladas		
Diciembre	120 005 toneladas		
<b>TOTAL:</b>	<b>1'478,865 TM</b>		<b>204.23 TM/HM</b>

La Tabla 33 muestra el aumento de la producción anual en la planta de tratamiento mineral, y se nota un incremento considerable de aproximadamente 31053 TM anual, con el TPM, asimismo la productividad se incrementó a 204.23 TM/HM.

### 3.4 Evaluación económica después de aplicarse la metodología TPM

El beneficio con la implementación del TPM en la Planta de tratamiento de mineral se verá reflejado con el ahorro generado en el aumento de la producción por la disminución de tiempos de paradas de planta.

Las horas de paradas se han reducido a 138, así lo muestra el reporte de enero a diciembre del 2022 (ver anexo 5) y su resumen se muestra en la tabla 25:

Tabla 25  
*Resumen de paradas mensuales.*

Mes	Horas de parada
Enero	10
Febrero	8
Marzo	11
Abril	11
Mayo	12
Junio	12
Julio	14
Agosto	9
Setiembre	10
Octubre	11
Noviembre	13
Diciembre	17
<b>Total</b>	<b>138</b>

Por lo tanto, se representa un ahorro de 7,919,600 dólares, mostrado en la tabla 26.

Tabla 26  
*Ahorro generado después de la implementación TPM*

Período	Horas de parada	Producción anual	Costo Tonelada (US \$)	Costo total (US \$)	Ahorro (US \$)
<b>Enero-diciembre 2021</b>	205	1447812.00		376431120	
<b>Enero-diciembre 2022</b>	138	1478272.00	260	384350720	<b>7,919,600.00</b>

Tabla 27

*Inversión para la implementación de la metodología TPM.*

<b>Pilar del TPM</b>	<b>Inversión</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo</b>
	Organigrama TPM	1.0	300.0	300.00
Mantenimiento autónomo	Elaboración de la estructura del mantenimiento autónomo	1	400.00	400.00
	Elaboración del diagrama de actividades y responsabilidades del mantenimiento autónomo	2	500.00	1000.00
	Elaboración de la secuencia del mantenimiento autónomo	1	600.00	600.00
	Elaboración de tarjetas rojas para los equipos de bombeo	65	30.00	1 900.00
	Elaboración de la ficha de orden y limpieza	1	600.00	600.00
	Elaboración del diagrama de identificación de fallas	1	600.00	600.00
	Elaboración de ficha de mantenimiento autónomo	1	600.00	600.00
	Elaboración de registro de Fallas	1	600.00	600.00
	Elaboración de las actividades de operación y mantenimiento	1	700.00	700.00

Mantenimiento planificado	<b>Matriz de panorama de riesgos en el proceso de bombeo.</b>	<b>1</b>	<b>600.00</b>	<b>600.00</b>
	Elaboración del Check list de los equipos del proceso de arenas de molienda	1	600.00	600.00
	Elaboración del calendario de inspección de mantenimiento	1	600.00	600.00
Mejoras del Proyecto	Análisis de las propuestas de los proveedores de componentes internos de Bomba	3	1000.00	3 000.00
	Análisis del desgaste del disco succión metálico y de caucho	2	600.00	1 200.00
	Análisis del desgaste del revestimiento de los componentes internos metálicos y de caucho	2	600.00	1 200.00
	Análisis de la compra de componentes internos de caucho	1	300.00	300.00
	Elaboración del procedimiento estándar de tarea – cambio de componentes internos de caucho	1	1000.00	1000.00
Mantenimiento de calidad	Elaboración de la ficha 3T	1	900.00	900.00
Entrenamiento y Capacitaciones	Elaboración del plan de capacitación enfocada al TPM	1	1 200.0	1 200.00
	Elaboración del plan de capacitación a operadores sobre mantenimiento autónomo	1	900.00	900.00
	Elaboración del plan de capacitación a mantenedores sobre mantenimiento Planificado	1	900.00	900.00
	Elaboración del plan de capacitación a mantenedores sobre mantenimiento de calidad (uso de ficha 3T)	1	600.00	600.00
TPM áreas de apoyo	Análisis de ahorros	5	600.00	3 000.00
<b>Total dólares</b>			<b>22100 dólares</b>	

### **Cálculo del beneficio costo de la inversión**

En la Tabla 31 se muestra el ahorro en producción por reducción de horas de parada de planta en comparación con el costo de inversión si no se decide implementar y poner los el costo de inversión en la mejor alternativa de inversión, que en este caso sería los Fondos mutuos del BBVA, que ofrece una Rentabilidad anual del 6,58%.

#### **Tabla 36**

*Cálculo beneficio/costo de la implementación de la metodología TPM*

1. Costo evitado por incremento marginal interanual de la producción por reducción de horas de parada de planta (Beneficio):	<b>7,919,600.00</b>
2. Costo de inversión para la implementación del TPM	\$22,100= S/ <b>86,100</b>
3. Total, de costos proyectados (Contra Beneficio: Oportunidad de inversión en Fondos Mutuos BBVA: 6.58%)	= S/ <b>5665.38</b>

#### **Reemplazando en la ecuación de la razón del cálculo B/C, se obtiene:**

$$B/C = \text{Beneficio} - \text{Contrabeneficio} / \text{Costo}$$

$$B/C = S/ 7,919,600 - S/ 5,665.38 / S/ 86,100$$

B/C = 91.92 (El resultado de la razón es >1) donde la relación B/C > 1, indica que los beneficios superan a los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.

### 3.5. Operacionalización de Variables pos mejora

**Tabla37**

*Operacionalización de Variables pos mejora*

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Resultado pos mejora	Análisis
<b>Mantenimiento Productivo Total (TPM) - (Variable Independiente)</b>	El plan de mantenimiento consiste en, sostener la funcionalidad de los equipos y el buen funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones a través del tiempo (Galván, 2013).	Paradas de planta	Cantidad de paradas mensuales	42	0 paradas entre enero y diciembre del 2022, por las mismas fallas del diagnóstico.
		Indicadores operacionales (KPI) de los equipos de planta	Disponibilidad	90%	la disponibilidad de los componentes que debería ser 95% pero en promedio llega a 90%
			Rendimiento	2500 horas	Los componentes internos son metálicos y según su manual el rendimiento debe ser 3000 horas, pero en promedio ahora llega al 85%.
				85%	
			MTBF	2450 horas	El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) es el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. En tiempo promedio entre falla y fallas es de 2450 horas.
			MTTR	4.2 horas	El tiempo medio de reparación indica que se invierten 4.20 horas en reparar el equipo debido a alguna deficiencia en la gestión.
			Calidad	89%	La calidad del equipo está referido a su capacidad de bombeo, en este caso es alto, pero aún se puede mejorar.
OEE	86%	La eficiencia global de la bomba usando componentes internos metálicos ahora es alta			
<b>Productividad (Variable dependiente)</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción (Catalán, 2018).	Producción de planta	Toneladas/año	1'478,865 Tm/año	
		Productividad de la planta	Productividad de HM	204.23 TM/HM	



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

La problemática de esta investigación se centra en las constantes fallas en las bombas de tratamiento mineral ya sea por falta de mantenimiento o por la baja calidad de sus componentes que se desgastan aceleradamente, la misma problemática se presenta en el estudio de Muñoz (2016) que está perdiendo material fluido mineralizante por la bomba centrífuga, pero a comparación de esta tesis sus pérdidas económicas son menores ya que ellos sí cuentan con componentes de mejor calidad.

En la presente investigación se diseñó un sistema de Mantenimiento Productivo Total con el que la OEE de los equipos se incrementa un 15%, sin embargo, Barreto (2017), en su estudio propone un sistema de Mantenimiento planificado sin considerar el mantenimiento autónomo ni las mejoras enfocadas, con este diseño de mantenimiento incrementa el OEE del equipo un 10%. La comparación entre este estudio y el antecedente radica en la eficiencia para de los mantenimientos ya sea total o planificado, el propuesto en esta Tesis es superior en un 5%.

Este estudio propone aplicar dos pilares fundamentales del TPM que son el Mantenimiento autónomo y el Mantenimiento planificado, anteriormente Salazar (2016), explicó que el Mantenimiento autónomo es netamente para los operadores del equipo sin intervención de mantenedores o supervisores, así que este pilar puede acarrear consecuencias negativas.

El diagnóstico de la Eficiencia Operacional de los Equipos permite deducir que las consecuencias del tiempo de las paradas de planta, se reflejan en los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad, y por ende en la eficiencia global, ya que estos no cumplen con los parámetros establecidos por la empresa, es decir, la carencia de la metodología TPM contribuye a que la planta no esté operativa al 100%.

Por ello Alejano, 2019 y Burga, 2018, afirman que con la implementación de la metodología TPM la eficiencia global de la planta puede y debe mejorar.

Según Gallara & Pontelli, en el año 2014, en su investigación llegó a la conclusión de que aplicar conceptos básicos TPM, hicieron posible incrementar la cobertura del programa de mantenimiento y mejorar la calidad de los trabajos desarrollados, ya que, gracias a la activa participación de los operarios, es posible contar con mayor mano de obra e información referente al estado o condición de los equipos.

Según los resultados obtenidos se puede concluir que la implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo total para incrementar la productividad de los equipos críticos se puede lograr mediante pasos que controlen y mejoren la actividad. (Diaz Navarro, 2004)

## 4.2 Conclusiones

- El diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento mineral muestra que los equipos de bombeo fallan con frecuencia ya que no reciben el adecuado mantenimiento siendo su OEE en estado Inaceptable; la disponibilidad se encuentra en 82%, el rendimiento en 47%, el MTTR es 8.66 horas, el MTBF es 946 horas y la calidad con la que trabaja la empresa es 95%.
- Se aplicaron dos pilares del TPM, el Mantenimiento Autónomo donde el operador realiza inspecciones y pequeñas reparaciones de sus equipos y verificando las 5S, y el Mantenimiento Planificado, el cual se da de acuerdo a las horas de desgaste que tienen los componentes de las bombas. Dentro de los pilares se elaboraron Check list diarios y mensuales para inspeccionar el funcionamiento de las bombas.
- La mejora obtenida con el TPM en la producción es de aproximadamente 31053 Tm/año, y un incremento en la productividad de 204.23 Tm/HM, de lo cual se concluye que la metodología TPM incide positivamente a la productividad de la planta.
- Luego de hacer la evaluación económica, se pudo demostrar que la relación  $B/C = 91.92$ , significando ello que la implementación de una herramienta como el TPM, en una empresa del rubro minero, significa un alto retorno por el alto impacto en la producción y productividad.

## REFERENCIAS

- Almosny, D. (2014). Fallas en sellos mecánicos. (*Artículo de revista*). Caracas, Venezuela: Nardal. Obtenido de [http://www.nardal.com.ve/ve/descargas/sellosm\\_fallas.pdf](http://www.nardal.com.ve/ve/descargas/sellosm_fallas.pdf)
- Altamirano, G. (2017). Análisis del Impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Gestión Operativa de la Central Hidroeléctrica San Francisco. (*tesis de pregrado*). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17608>
- Angeles, J. (2017). Aplicación del TPM para mejorar la productividad en la empresa frío aéreo asociación civil Callao 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1365/Angeles\\_CJW.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1365/Angeles_CJW.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aranguren, J. (2015). Implantación exitosa de TPM en la industria colombiana. (*tesis de maestría*). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. Obtenido de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7292/JaimeAndres\\_ArangurenMedina\\_2015.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7292/JaimeAndres_ArangurenMedina_2015.pdf?sequence=2)
- Avendaño, C. (2017). Análisis y definición de los elementos de gestión del rendimiento del departamento logístico en una empresa del sector metálico. (*tesis de maestría*). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91002/24519868M\\_TFM\\_1506105830274391589762254714036.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91002/24519868M_TFM_1506105830274391589762254714036.pdf?sequence=2)
- Barreto, C. (2017). Optimización del sistema de bombeo – construcción y drenaje - Unidad Minera Antapaccay. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2442/Mibainc.pdf?sequence=1>
- Camacho, D. (2016). Evaluación del sistema de bombeo de soluciones cianuradas del pad LQ8 para la planta de columnas de carbón en Minera Yanacocha. (*tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad

- César Vallejo. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9446/camacho\\_cd.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9446/camacho_cd.pdf?sequence=1)
- Caruajulca, B. (2017). Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industrias Fashión E.I.R.L – Lima, 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca\\_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- De La Cruz, A. (2014). Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para el área de envasado de polvo detergente. (*tesis de pregrado*). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- De La Cruz, J. (2013). Diseño de un sistema de Bombeo para Transporte de Relave desde Planta Concentradora Hasta Zona de Disposición en Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C. (*tesis de pregrado*). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/193/FIM-13\\_418.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/193/FIM-13_418.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, M. (2016). Análisis de datos en servicio de confiabilidad prestado a una planta de remoción de rípios. (*Tesis de pregrado*). Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/12696/3560900232511UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fonseca, J. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. (*artículo científico*). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/47642/59379>
- Galván, D. (2013). Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales. (*Tesis de maestría*). D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5393/Tesis%20.pdf?sequence=1>

García, C. (2015). Modelo de Gestión de Mantenimiento para Incrementar la Calidad en el Servicio en el Departamento de Alta Tensión de STC Metro de la Ciudad de México. (*tesis de pregrado*). D.F., México: Instituto Politecnico Nacional. Obtenido de <http://148.204.210.201/tesis/1485361991578TESISGARCAES.pdf>

Gonzáles, G. (2017). Implementación de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos de la empresa Cosmos Agencia Marítima S.A.C. (*tesis de pregrado*). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12926/Tesis%20Implementaci%C3%B3n%20TPM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Japonés del Mantenimiento de Planta. (2015). El TPM y la Gestión del Conocimiento. (*memorias*). Japón: Planet Rams. Obtenido de <http://planetrams.iusiani.ulpgc.es/?p=1557&lang=es>

Ishikawa, K. (1943). Diagrama de Ishikawa. Tokio, Japón. Obtenido de [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas\\_calidad/causaefecto.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm)

Izar, J., & Gonzáles, J. (2004). Diagrama de Pareto. Bolivia: Editorial Universitaria Potosina. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/303876853\\_CAPITULO\\_IV\\_41\\_Diagrama\\_de\\_Pareto](https://www.researchgate.net/publication/303876853_CAPITULO_IV_41_Diagrama_de_Pareto)

Jimenez, Y. (2013). Propuesta de mejora bajo la Filosofía TPM para la empresa. (*tesis de pregrado*). Corporación Universitaria Lasallista, Antioquía, Colombia. Obtenido de [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/726/1/PROPUESTAS\\_MEJORA\\_BAJO\\_FILOSOFIA\\_TPM\\_EMPRESA\\_CUMMINS.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/726/1/PROPUESTAS_MEJORA_BAJO_FILOSOFIA_TPM_EMPRESA_CUMMINS.pdf)

Lu, D. (1997). Control total de calidad: la modalidad japonesa. (*libro*). Colombia: Editorial Norma. Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/que-es-el-control-total-de-calidad-la-modalidad-japonesa/oclc/57058232>

Mansilla, N. (2013). Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una

- industria nacional. (*tesis de pregrado*). Universidad de Chile, Santiago, Chile. Obtenido de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115896/mansilla\\_nl.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115896/mansilla_nl.pdf?sequence=1)
- Martínez, R. (2015). Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). (*tesis de pregrado*). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61492/MATEO%20-%20Propuesta%20y%20validaci%C3%B3n%20de%20un%20modelo%20integrador%20de%20implantaci%C3%B3n%20del%20Mantenimiento%20Productivo...pdf?sequence=1>
- Muñoz, A. (2016). Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, operada por carbones San Fernando SAS, vereda paso nivel, Amaga-Antioquia. (*Tesis de pregrado*). Boyacá, Sugamuxi, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1613/1/TGT-348.pdf>
- Oblitas, M. (2018). Guía de investigación de Ingeniería. (*Metodología de la investigación*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Ribeiro, H. (2016). Pilares del TPM. (*video*). Brasil. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=OjsebaRDHp0>
- Rivera, J. (2015). Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/136233/Modelo-de-toma-de-decisiones-de-mantenimiento-para-evaluar-impactos.pdf?sequence=1>
- Roberts, J. (2013). TPM Mantenimiento Productivo Total, su definición e historia. (*Revista industrial*). University-Commerce, EE.UU. Obtenido de [http://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial/vol2num3/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_V2\\_N3\\_1.pdf](http://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num3/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Industrial_V2_N3_1.pdf)
- Rodríguez, Y. (2014). Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en Volcan Compañía Minera S.A.A - Unidad San Cristóbal. (*Tesis de pregrado*). Huancayo, Perú:

- Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3215/Rodriguez%20Ayala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar, O. (2016). Análisis y selección de un sistema de sellado para una bomba de impulsión de lodos basada en la metodología de análisis de costo de ciclo de vida. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3245/MCsalioe.pdf?sequence=1>
- Salinas, K. (2017). Aplicación del estudio de tiempos para mejorar la atención del cliente en la empresa metalmecánica JMS, 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1237/TITULO%20-%20Salinas%20Tito%2C%20Kimberly%20Helen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santillán, C. (2017). Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Bombas Centrifugas Horizontales Warman 450 MCR en Minera Cerro Corona. (*Tesis de pregrado*). Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9291/SANTILLAN%20ARMAS%2C%20CHRISTIAN%20PAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, D. (2017). Implementación de TPM (mantenimiento productivo total). (*tesis de pregrado*). Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1331/TRABAJO%20DE%20SUFICIE%20NCIA%20PROF.%20David%20Antonio%20Silva%20Yactayo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Stachú, S. (2004). Diagrama de Pareto. National Business School, Japón. Obtenido de <http://nbs.gt/index.php/es/alumnos/biblioteca/item/42-3>
- Sunció, P. (2017). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en la línea de producción en la Empresa MGO S.A.C. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_dc8de592c9874b9df1c4c3f71910ceef](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_dc8de592c9874b9df1c4c3f71910ceef)



- Toral, X., & Burgos, L. (2013). Diseño e Implementación de un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una Empresa Productora de Alimentos Balanceados. (*tesis de pregrado*). Guayaquil, Ecuador: Universidad Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25231/1/Tesis%20TPM%20Torales%20Burgos.pdf>
- Tuarez, C. (2013). DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN UNA EMBOTELLADORA Y COMERCIALIZADORA DE BEBIDAS GASEOSAS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DEL TPM. (*tesis de maestría*). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24859/1/TESIS%20DE%20GRADO%20IMPLEMENTACION%20DE%20TPM%20EN%20EMBOTELLADORA%20DE%20BEBIDAS%20GASEOSAS.pdf>
- Vargas, L. (2016). Implementación del pilar “mantenimiento autónomo” en el centro de proceso vibrado de la empresa Finart S.A.S. (*tesis de pregrado*). Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3162/3/VargasMonroyLiseth%20Camila2016.pdf>
- Vidal, E. (2016). Mantenimiento productivo total (TPM) aplicado a equipos esenciales de la refinería Iquitos. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14803>
- Zuluaga, A., Gómez, R., & Fernández, S. (2014). *Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo SCOR*. Colombia: Clío América.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Validación de instrumentos.

#### Validación de Instrumentos por expertos

Nosotros, Rolando Cotrina Guevara con código N00021376 y Juan Carlos Carhuarica Bardales con código N00018698, de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte — Sede Cajamarca. Es grato dirigirnos a ustedes para expresarles nuestros cordiales saludos con el fin de solicitar su colaboración, dada su experiencia en el área, para la revisión, evaluación y validación de la presente ficha resumen que será aplicada para el diagnóstico del área de mantenimiento de camiones en el desarrollo de la tesis titulada:

APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO MINERAL EN UNA EMPRESA MINERA, HUALGAYOC, 2019.

Adjuntamos la guía de entrevista para su revisión y validación.

Revisado y validado por:



\_\_\_\_\_  
Ricardo Fernando Ortega et.

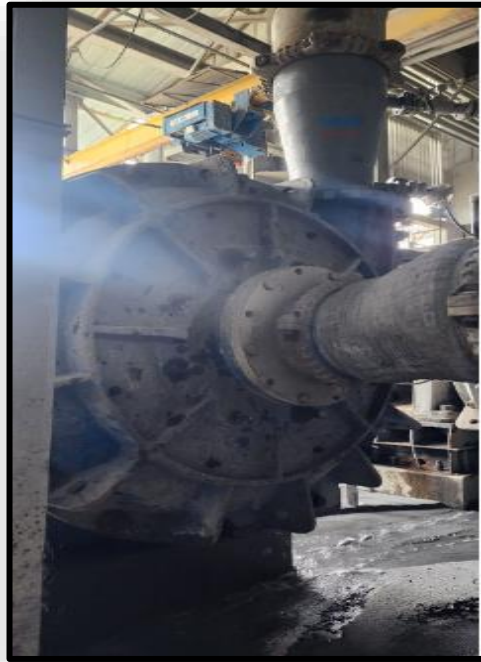


\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Carhuarica Bardales



\_\_\_\_\_  
Frank Alberto Yello Leguas

## ANEXO 2. Panel fotográfico





**ANEXO N° 1. Guía de entrevista**

Se aplicó la guía de entrevista para diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento en la planta de tratamiento mineral.

1. ¿Cuáles es la secuencia del proceso de mantenimiento de esta planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

2. ¿Qué equipos utiliza la empresa para el proceso de mantenimiento de planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

3. ¿Cuáles son las características de los equipos en mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

4. ¿Cuáles son los parámetros operativos de los equipos de mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

5. ¿Cuál es el histórico de fallas y paradas de los equipos de mantenimiento en el 2023 de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

6. ¿Cuál es la frecuencia de causas de fallas de los equipos de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

7. ¿Cuenta con una lista de tareas programadas de mantenimiento para sus equipos?

.....  
.....

8. ¿Cuál es la frecuencia de las fallas de los equipos de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

9. ¿Cuál es la duración de las fallas de los equipos de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

10. ¿Cuál es el MTBF y MTTR esperado establecido por la empresa?

.....  
.....

## ANEXO N.º 2. Ficha resumen

### Ficha Resumen

Se aplicó la ficha resumen para resumir los reportes de fallas y para diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento.

---

#### Ficha Resumen de Reportes

---

Área:

---

**Tipo de falla:**

**Equipo implicado:**

**Duración de la falla:**

**Observación:**

---

### **ANEXO N.º 3. Ficha de observación directa**

1. ¿Qué procesos se realizan en el mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

2. ¿Qué tipos de reportes se realizan en el mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

3. ¿Cuántos colaboradores hay en el mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

4. ¿Qué problemas se detectan en el mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....

5. ¿Existe retrocesos en el mantenimiento de la planta de tratamiento mineral, ya sea por fallas en máquinas, equipos o herramientas?

.....  
.....

6. ¿Observa métodos definitivos de trabajo?

.....  
.....

7. ¿Qué observaciones existen respecto al mantenimiento de la planta de tratamiento mineral?

.....  
.....



## ANEXO N.º 4. Validación de instrumentos

### A.4.1. Validación de Guía de entrevista

Diseñado por José Luis Ventura-León

#### FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: GUIA DE ENTREVISTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado levantar información respecto a la tesis titulada: "Implementación de la metodología TPM y su influencia en la eficiencia operacional del proceso de tratamiento de arenas de molienda en una empresa minera". En ese sentido, solicito pueda evaluar los ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

#### I. Datos Generales

Nombre y Apellido:	Frank Alberto Tello Leguía		
Grado académico:	Bachiller	Magister	Doctor
Área de Formación académica	Magister		
Áreas de experiencia profesional	Mantenimiento Industrial		
Tiempo de experiencia profesional en el área	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años o más

#### II. Criterios de Calificación

##### a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

##### b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

Diseñado por José Luis Ventura-León

Nº	Ítems	Citas bibliográficas	Coherente			Claridad			Sugerencias		
			0	1	2	3	0	1		2	3
			Ponderación								
1	¿Cuáles es la secuencia del proceso de tratamiento de arenas de molienda?	(Willis, 1987)									
2	¿Qué equipos utiliza la empresa para el proceso de tratamiento de arenas de molienda?	(Muther, 1985)									
3	¿Cuáles son las características del material bombeado en el proceso de tratamiento arenas de molienda?	(Currie, 1984)									
4	¿Cuáles son los parámetros operativos de los equipos de bombeo utilizados en el tratamiento de arenas de molienda?	(Warman, 2016)									
5	¿Cuál es el histórico de fallas y paradas de todos los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Beltrán, 2000)									
6	¿Cuál es la frecuencia de causas de fallas de los equipos desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Duffuaa, Raouf y Dixon, 2002)									
7	¿Cuál es su disponibilidad esperada y rendimiento esperado establecido por la empresa?	(Warman, 2016)									
8	¿Cuál es la frecuencia de las fallas de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Duffuaa et al., 2002)									
9	¿Cuál es la duración de las fallas de los equipos del proceso de tratamiento de arenas de molienda desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Lencioni, 2002)									
10	¿Cuál es el MTBF y MTRR esperado establecido por la organización?										
11	¿Los equipos y/o componentes empleados en el proceso de arenas de molienda cumplen su ciclo de vida desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Warman, 2016)									
12	¿Los equipos de tratamiento de arenas de molienda bombean la cantidad establecida en su manual?										
13	¿Cuál es la calidad esperada establecida por la empresa?	(Warman, 2016)									
14	¿En qué categoría se encuentra la eficiencia operacional desde enero del 2018 a diciembre del 2018?	(Naynard, 2006)									
15	¿Cuál es el OEE esperado establecido por la empresa?	(Suzuki, 1996)									
16	¿Cuál o cuáles son los pilares del TPM que se debe aplicar para mejorar el OEE?	(Naynard, 2006)									
17	¿Qué actividades del pilar TPM propone para mejorar el OEE?	(Madariaga, 2013)									

Las alternativas de respuesta van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0                    1                    2                    3

Muy en desacuerdo    Desacuerdo    De acuerdo    Muy de acuerdo

  
 Franky J. Segura

  
 Ing. Fernando Ontegay M.  
 Firma

  
 M. H. P. Arana A.

### A.4.2. Validación de análisis documental

Tesis: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa GlobalTruck E.I.R.L. - 2019.

Autores: Aquino Manyá, Wilder.; Atalaya Castrejón Steve

**Datos generales del experto:**

Apellidos y nombres de experto: Felix Ricardo Coronado Julia  
 Profesión: Ing. Mecánico  
 Grado académico: Superior  
 Actividad Laboral actual: Supervisor Mantenimiento, Mina

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente De 0 a 5	Regular De 6 a 10	Bueno De 11 a 15	Muy Bueno De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				16
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				17
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				18
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.				18
Viabilidad	Es viable su aplicación				17

**Valoración:**

Puntaje (De 0 a 20): .....

Calificación (De deficiente a muy bueno) .....

Fecha de validación de datos: .....

Firma del experto: Felix Ricardo Coronado Julia  
 CPI 173463

### A.4.3. Validación de guía de observación directa



UNIVERSIDAD  
 PRIVADA DEL NORTE

**FICHA PARA VALIDACION DEL INSTRUMENTO**

**I. REFERENCIA**

- 1.1. Experto: Luis Miguel Cotrina Malca
- 1.2. Especialidad: Gerencia de Proyectos, Tecnologías de Información y Liderazgo
- 1.3. Cargo actual: Gerente y Project Manager en Daccos.
- 1.4. Grado académico: Maestro en Gerencia de Proyectos y Liderazgo.
- 1.5. Institución: University of Maryland, Estados Unidos
- 1.6. Tipo de instrumento: Check List
- 1.7. Lugar y fecha: Cajamarca, 09 de julio de 2020

**II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS**

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores		X				
2	Formulado con lenguaje apropiado		X				
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable		X				
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología		X				
8	Expresado en hechos perceptibles		X				
9	Tiene secuencia lógica		X				
10	Basado en aspectos teóricos		X				
<b>Total</b>		15	28				

Coeficiente de valoración porcentual:  $c = 86\%$

**III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Instrumento de la variable Decreto de urgencia para acceso a medicamentos por emergencia sanitaria Covid 19, validado a la bachiller Miriam Jimenez Vargas.



.....  
**Firma y sello del Experto**

**FICHA PARA VALIDACION DEL INSTRUMENTO**
**IV. REFERENCIA**

- 4.1. Experto: Juan Carlos Llaque Quiroz  
 4.2. Especialidad: Administración y Negocios  
 4.3. Cargo actual: Docente Escuela de Postgrado UPN  
 4.4. Grado académico:  
 - Licenciado en Administración de Empresas  
 - MBA (Magister en Administración de Negocios)  
 - Maestro en Dirección y Gestión del Talento Humano  
 4.5. Institución: Universidad Privada del Norte  
 4.6. Tipo de Instrumento: Check List  
 4.7. Lugar y fecha: Cajamarca, 30 de junio de 2020

**V. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS**

N°	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores		X				
2	Formulado con lenguaje apropiado		X				
3	Adecuado para los sujetos en estudio		X				
4	Facilita la prueba de hipótesis		X				
5	Suficiencia para medir la variable		X				
6	Facilita la interpretación del instrumento		X				
7	Acorda al avance de la ciencia y tecnología		X				
8	Expresado en hechos perceptibles		X				
9	Tiene secuencia lógica		X				
10	Basado en aspectos teóricos		X				
	Total		4				
			0				

Coefficiente de valoración porcentual:  $c = 80\%$

**VI. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Instrumento de la variable gestión de inventarios, validado a la bachiller Miriam Jimenez Vargas.



Firma y sello del Experto

## ANEXO N.º 5. Horas de paradas

Fecha	Horas de paradas	Horas de paradas mensuales	Horas de paradas anual
01/01/2022	0		
02/01/2022	1		
03/01/2022	0		
04/01/2022	1		
05/01/2022	0		
06/01/2022	0		
07/01/2022	1		
08/01/2022	0		
09/01/2022	1		
10/01/2022	0		
11/01/2022	0		
12/01/2022	0		
13/01/2022	1		
14/01/2022	0		
15/01/2022	0		
16/01/2022	1	10	
17/01/2022	0		
18/01/2022	1		
19/01/2022	0		
20/01/2022	1		138
21/01/2022	0		
22/01/2022	0		
23/01/2022	0		
24/01/2022	0		
25/01/2022	1		
26/01/2022	0		
27/01/2022	1		
28/01/2022	0		
29/01/2022	0		
30/01/2022	0		
31/01/2022	0		
01/02/2022	0		
02/02/2022	0		
03/02/2022	0		
04/02/2022	0		
05/02/2022	1	8	
06/02/2022	0		
07/02/2022	1		
08/02/2022	0		

09/02/2022	0	
10/02/2022	1	
11/02/2022	0	
12/02/2022	0	
13/02/2022	0	
14/02/2022	1	
15/02/2022	0	
16/02/2022	0	
17/02/2022	1	
18/02/2022	0	
19/02/2022	1	
20/02/2022	0	
21/02/2022	0	
22/02/2022	0	
23/02/2022	0	
24/02/2022	1	
25/02/2022	0	
26/02/2022	0	
27/02/2022	0	
28/02/2022	1	
01/03/2022	0	
02/03/2022	1	
03/03/2022	1	
04/03/2022	0	
05/03/2022	0	
06/03/2022	1	
07/03/2022	0	
08/03/2022	0	
09/03/2022	1	
10/03/2022	0	
11/03/2022	0	
12/03/2022	0	11
13/03/2022	0	
14/03/2022	1	
15/03/2022	0	
16/03/2022	1	
17/03/2022	0	
18/03/2022	1	
19/03/2022	0	
20/03/2022	0	
21/03/2022	1	
22/03/2022	0	
23/03/2022	1	

24/03/2022	1	
25/03/2022	0	
26/03/2022	0	
27/03/2022	0	
28/03/2022	0	
29/03/2022	0	
30/03/2022	1	
31/03/2022	0	
01/04/2022	0	
02/04/2022	0	
03/04/2022	0	
04/04/2022	1	
05/04/2022	1	
06/04/2022	0	
07/04/2022	0	
08/04/2022	1	
09/04/2022	0	
10/04/2022	1	
11/04/2022	0	
12/04/2022	0	
13/04/2022	0	
14/04/2022	1	
15/04/2022	0	
16/04/2022	0	11
17/04/2022	1	
18/04/2022	0	
19/04/2022	0	
20/04/2022	1	
21/04/2022	0	
22/04/2022	1	
23/04/2022	0	
24/04/2022	0	
25/04/2022	1	
26/04/2022	0	
27/04/2022	0	
28/04/2022	1	
29/04/2022	0	
30/04/2022	1	
01/05/2022	0	
02/05/2022	0	
03/05/2022	0	12
04/05/2022	1	
05/05/2022	0	



06/05/2022	1	
07/05/2022	0	
08/05/2022	1	
09/05/2022	0	
10/05/2022	1	
11/05/2022	0	
12/05/2022	1	
13/05/2022	0	
14/05/2022	1	
15/05/2022	0	
16/05/2022	1	
17/05/2022	0	
18/05/2022	0	
19/05/2022	1	
20/05/2022	0	
21/05/2022	0	
22/05/2022	0	
23/05/2022	0	
24/05/2022	0	
25/05/2022	1	
26/05/2022	0	
27/05/2022	0	
28/05/2022	1	
29/05/2022	0	
30/05/2022	1	
31/05/2022	1	
01/06/2022	0	
02/06/2022	0	
03/06/2022	1	
04/06/2022	0	
05/06/2022	1	
06/06/2022	0	
07/06/2022	0	
08/06/2022	1	
09/06/2022	0	12
10/06/2022	0	
11/06/2022	1	
12/06/2022	0	
13/06/2022	0	
14/06/2022	1	
15/06/2022	0	
16/06/2022	1	
17/06/2022	1	

18/06/2022	1	
19/06/2022	0	
20/06/2022	1	
21/06/2022	0	
22/06/2022	0	
23/06/2022	1	
24/06/2022	0	
25/06/2022	0	
26/06/2022	0	
27/06/2022	0	
28/06/2022	1	
29/06/2022	0	
30/06/2022	1	
01/07/2022	0	
02/07/2022	0	
03/07/2022	1	
04/07/2022	0	
05/07/2022	1	
06/07/2022	0	
07/07/2022	1	
08/07/2022	0	
09/07/2022	1	
10/07/2022	0	
11/07/2022	1	
12/07/2022	0	
13/07/2022	1	
14/07/2022	0	
15/07/2022	1	
16/07/2022	0	14
17/07/2022	1	
18/07/2022	0	
19/07/2022	1	
20/07/2022	0	
21/07/2022	0	
22/07/2022	1	
23/07/2022	0	
24/07/2022	1	
25/07/2022	0	
26/07/2022	1	
27/07/2022	0	
28/07/2022	1	
29/07/2022	0	
30/07/2022	0	

31/07/2022	1	
01/08/2022	0	
02/08/2022	1	
03/08/2022	0	
04/08/2022	1	
05/08/2022	0	
06/08/2022	1	
07/08/2022	1	
08/08/2022	0	
09/08/2022	0	
10/08/2022	0	
11/08/2022	0	
12/08/2022	0	
13/08/2022	0	
14/08/2022	0	
15/08/2022	0	
16/08/2022	1	9
17/08/2022	0	
18/08/2022	1	
19/08/2022	0	
20/08/2022	1	
21/08/2022	0	
22/08/2022	0	
23/08/2022	0	
24/08/2022	0	
25/08/2022	0	
26/08/2022	0	
27/08/2022	0	
28/08/2022	1	
29/08/2022	0	
30/08/2022	1	
31/08/2022	0	
01/09/2022	0	
02/09/2022	0	
03/09/2022	0	
04/09/2022	0	
05/09/2022	1	
06/09/2022	0	10
07/09/2022	0	
08/09/2022	1	
09/09/2022	1	
10/09/2022	0	
11/09/2022	0	

12/09/2022	0	
13/09/2022	1	
14/09/2022	0	
15/09/2022	0	
16/09/2022	0	
17/09/2022	1	
18/09/2022	0	
19/09/2022	1	
20/09/2022	0	
21/09/2022	1	
22/09/2022	0	
23/09/2022	1	
24/09/2022	0	
25/09/2022	0	
26/09/2022	0	
27/09/2022	0	
28/09/2022	1	
29/09/2022	0	
30/09/2022	1	
01/10/2022	0	
02/10/2022	0	
03/10/2022	0	
04/10/2022	0	
05/10/2022	1	
06/10/2022	0	
07/10/2022	0	
08/10/2022	0	
09/10/2022	0	
10/10/2022	1	
11/10/2022	0	
12/10/2022	1	
13/10/2022	0	11
14/10/2022	1	
15/10/2022	0	
16/10/2022	1	
17/10/2022	0	
18/10/2022	1	
19/10/2022	0	
20/10/2022	1	
21/10/2022	0	
22/10/2022	0	
23/10/2022	1	
24/10/2022	0	

25/10/2022	1	
26/10/2022	0	
27/10/2022	0	
28/10/2022	1	
29/10/2022	0	
30/10/2022	1	
31/10/2022	0	
01/11/2022	0	
02/11/2022	0	
03/11/2022	1	
04/11/2022	0	
05/11/2022	0	
06/11/2022	1	
07/11/2022	1	
08/11/2022	0	
09/11/2022	1	
10/11/2022	0	
11/11/2022	0	
12/11/2022	1	
13/11/2022	0	
14/11/2022	0	
15/11/2022	1	
16/11/2022	0	13
17/11/2022	1	
18/11/2022	1	
19/11/2022	0	
20/11/2022	1	
21/11/2022	0	
22/11/2022	1	
23/11/2022	0	
24/11/2022	0	
25/11/2022	1	
26/11/2022	0	
27/11/2022	1	
28/11/2022	0	
29/11/2022	1	
30/11/2022	0	
01/12/2022	0	
02/12/2022	1	
03/12/2022	1	
04/12/2022	0	17
05/12/2022	1	
06/12/2022	0	

07/12/2022	1	
08/12/2022	0	
09/12/2022	1	
10/12/2022	1	
11/12/2022	0	
12/12/2022	1	
13/12/2022	1	
14/12/2022	1	
15/12/2022	0	
16/12/2022	1	
17/12/2022	1	
18/12/2022	0	
19/12/2022	1	
20/12/2022	1	
21/12/2022	0	
22/12/2022	1	
23/12/2022	0	
24/12/2022	1	
25/12/2022	1	
26/12/2022	0	
27/12/2022	0	
28/12/2022	0	
29/12/2022	0	
30/12/2022	1	
31/12/2022	0	

**ANEXO N.º 6. Reporte de eventos de fallas**

REPORTE DE FALLAS DE LAS BOMBAS WARMAN 100DD								
Notification	Priority	Notifictn type	Notif.date	Description	Functional Loc.	Priority	System status	Req
92313357	2	MN	01/04/2022	Instalación de sensor de Presión	3000-45-70-01-PCE1023-ECSY	High	NOPR ORAS	01/
92325358	3	MN	01/05/2022	BOMBA PU15053- DE LODOS	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	Medium	NOCO ORAS	01/
92343621	2	MN	01/06/2022	Instalación de sensor de Presión	3000-45-70-01-PCE1023-ECSY	High	NOCO ORAS	01/
92385393	2	MN	01/07/2022	Tuberia en mal estado	3000-45-70-01-PCE1023	High	NOCO	01/
92388532	1	MN	01/08/2022	Junta expansiva rota Bomba PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	Very High	NOCO ORAS	01/
92390218	1	MN	01/09/2022	BOMBA PU15053- DE LODOS	3000-45-70-01-PCE1023	Very High	NOCO ORAS	01/
92391774	1	MN	01/10/2022	Fuga de lodos por sellos bomba PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	Very High	NOCO ORAS	01/
92391809	1	MN	01/11/2022	Valvula 8" d descarga Bomba 1760-PU15075	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	Very High	NOCO ORAS	01/
92397729	3	MN	01/12/2022	AWTP Bomba de Lodos 1760-PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	Medium	NOCO ORAS	01/
92405647	2	MN	01/13/2022	Bomba lodos 1760-PU15053	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	High	NOCO ORAS	01/
92414236	1	MI	01/14/2022	BOMBA PU15075- DE LODOS-awtp	3000-45-70-01-PCE1025	Urgent Interrupt	NOCO ORAS	01/
92426304	1	MN	01/15/2022	Niple 2" picado - Linea purga PU-15054	3000-45-70-01-PCE1024-PPVV	Very High	NOCO ORAS	01/
92437048	2	MN	01/16/2022	1760-PU-15076 bomba lodos AWTP	3000-45-70-01-PCE1026-PPVV	High	NOCO ORAS	01/
92439468	2	MN	01/17/2022	Válvula de salida de bomba de lodos	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	High	NOCO ORAS	01/
92471879	1	MN	01/18/2022	Junta expansiva rota Bomba 1760-PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	Very High	NOCO ORAS	01/
92477561	3	MN	01/19/2022	Desalineamiento de Poleas/Faja	3000-45-70-01-PCE1025-DRCO-MTEL	Medium	NOCO ORAS	01/

92477565	2	MN	01/20/2022	Desalineamiento de Poleas/Faja	3000-45-70-01-PCE1024-DRCO-MTEL	High	NOCO ORAS	01/
92477566	2	MN	01/21/2022	Soltura Mecánica de la posición del Roda	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	High	NOCO ORAS	01/
92494798	2	MN	01/22/2022	Bomba lodos 1760-PU-15054	3000-45-70-01-PCE1024-PUCO	High	NOCO ORAS	01/
92514660	2	MN	01/23/2022	1760-PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-DRCO	High	NOCO ORAS	01/
92557492	2	MN	01/24/2022	Bomba en mal estado.	3000-45-70-01-PCE1024	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	01/
92602930	2	MN	01/25/2022	Desalineamiento Paralelo - Angular	3000-45-70-01-PCE1024	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	01/
92671787	2	MN	01/26/2022	Picadura	3000-45-70-01-PCE1025	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	01/
92682378	2	MN	01/27/2022	imiento	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	01/
92686727	1	MI	01/28/2022	BOMBA DEL TK DE LODOS PU-15053-AWTP	3000-45-70-01-PCE1023	Urgent Interrupt	NOCO ORAS	01/
92689171	3	MN	01/29/2022	compra motor 100Hp nuevas bbas lodos AWT	3000-45-70-01-PCE1026-DRCO-MTEL	3-Next Schedule	NOCO ORAS	01/
92691929	1	MN	01/30/2022	Deficiencia de Lubricación - fricción	3000-45-70-01-PCE1025-DRCO	1-Urgent Interrupt	NOCO	01/
92712992	2	MN	01/31/2022	rev valvula agua de sellos PU-15054 AWTP	3000-45-70-01-PCE1024-ECSY	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	01/
92713093	3	MN	02/01/2022	inst SW flujo agua sello bbas lodos awt	3000-45-70-01-PCE1026-ECSY	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
92715542	2	MN	02/02/2022	Soltura Mecánica de la posición del Roda	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	02/
92715568	3	MN	02/03/2022	ALINEAMIENTO BBA LODOS pu-15054 AWTP	3000-45-70-01-PCE1024-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
92715571	2	MN	02/04/2022	Desalineamiento Paralelo - Angular	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO	02/
92745777	1	MN	02/05/2022	Niple 2" del manometro picado B.PU-15053	3000-45-70-01-PCE1023-PPVV	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	02/
92754185	1	MN	02/06/2022	Niple 2" sensor presión PU-15075 ROTO	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	02/



92754958	1	MI	02/07/2022	Fuga de solución por junta expansiva de	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	Urgent Interrupt	NOCO	02/
92826000	1	MI	02/08/2022	BOMBA PU-15053-TK DE LODOS -AWTP	3000-45-70-01-PCE1023	Urgent Interrupt	NOPR ORAS	02/
92833847	2	MN	02/09/2022	fuga por carcaza de bomba	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO	02/
92839135	2	MN	02/10/2022	BOMBA PU 15053 DEL TK DE LODOS -AWTP	3000-45-70-01-PCE1023	2-Schedule Interrupt	NOCO	02/
92859310	3	MN	02/11/2022	compra sellos 3-1/4 chesterton bba lodos	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
92900568	1	MI	02/12/2022	sobrecarga en breaker y contactor arranc	3000-45-70-01-PCE1024-ECSY	Urgent Interrupt	NOCO ORAS	02/
92914627	2	MN	02/13/2022	INSPECCIONAR pu-15054 lodos AWTP	3000-45-70-01-PCE1024	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	02/
92923248	3	MN	02/14/2022	compra juntas expansion bba lodos al pad	3000-45-70-01-PCE1023-PPVV	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
92939437	2	MN	02/15/2022	Sello Roto	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO-PDCO	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	02/
92945003	3	MN	02/16/2022	Fuga por bomba de lodos	3000-45-70-01-PCE1023-PPVV	3-Next Schedule	NOCO	02/
92953546	2	MN	02/17/2022	Equipo en falla	3000-45-70-01-PCE1024	2-Schedule Interrupt	NOCO	02/
93062299	4	MN	02/18/2022	rev sw flujo bbas lodos AWTP	3000-45-70-01-PCE1026-ECSY	4-Next Opportuntiy	NOCO ORAS	02/
93168572	3	MN	02/19/2022	bomba con fuerte ruido	3000-45-70-01-PCE1023	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93168575	3	MN	02/20/2022	fuga lodos por sellos	3000-45-70-01-PCE1025	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93171761	2	MN	02/21/2022	Bomba Lodos	3000-45-70-01-PCE1025	2-Schedule Interrupt	NOCO	02/
93206346	3	MN	02/22/2022	COMPRA SW FLUJO AGUA SELLOS BBAS LODOS	3000-45-70-01-PCE1023-ECSY	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93206850	3	MN	02/23/2022	compra sellos chesterton bba lodos al pa	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	3-Next Schedule	NOPR ORAS	02/
93309917	3	MN	02/24/2022	COMPRA SELLO +KIT REPARACION BBA pu-1507	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93330699	3	MN	02/25/2022	cambio partes desgaste PU-15053 lodos al	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93349757	3	MN	02/26/2022	COMPONENTES CON DESGASTE	3000-45-70-01-PCE1024-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/

93349759	3	MN	02/27/2022	DESGASTE EN COMPONENTES	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93384692	3	MN	02/28/2022	CAMBIO PARTES DESGASTE PU-15075 lodospa	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	02/
93384697	3	MN	03/01/2022	CAMBIO PARTES DESGASTE PU-15076 lodospa	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93521552	1	MN	03/02/2022	Fuga lodos junta expansiva PU-15075	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	1-Urgent Interrupt	NOCO	03/
93522159	3	MN	03/03/2022	mannto valv linea 1 desc lodos PAD AWTP	3000-45-70-01-PCE1025	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93522351	3	MN	03/04/2022	mannto valv linea 2 desc lodos PAD AWTP	3000-45-70-01-PCE1026-PPVV	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93556886	3	MN	03/05/2022	compra flujometro 6" desc lodos pad AWTP	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93581400	1	MN	03/06/2022	Bomba de lodos 15053	3000-45-70-01-PCE1023	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	03/
93601748	3	MN	03/07/2022	compra valvs bfly y check3",4" c1300	3000-45-70-01-PCE1025-PPVV	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93605963	1	MN	03/08/2022	Bomba de lodos 15075	3000-45-70-01-PCE1025	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	03/
93622803	3	MN	03/09/2022	compra sello 3 1/4" chesterton bbas lodo	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93623612	1	MN	03/10/2022	Desalineamiento de Poleas/Faja	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	03/
93631805	1	MI	03/11/2022	cambiar check y valvula descarga linea	3000-45-70-01-PCE1025	Urgent Interrupt	NOCO	03/
93668520	3	MN	03/12/2022	inst sw flujo valv solenoide PU-15076/54	3000-45-70-01-PCE1026-ECSY	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93721219	3	MN	03/13/2022	fuga lodos por sello mecanico	3000-45-70-01-PCE1025	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93801244	1	MN	03/14/2022	Bba Lodos	3000-45-70-01-PCE1026	1-Urgent Interrupt	NOCO ORAS	03/
93811384	3	MN	03/15/2022	mantto bba PU-15053 desc lodos awtp	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93911884	2	MN	03/16/2022	Fuga de solución por sello de Bomba	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	03/

93936770	1	MN	03/17/2022	fuga lodos brida salida bomba	3000-45-70-01-PCE1024	1-Urgent Interrupt	NOPR ORAS	03/
93952117	2	MN	03/18/2022	mantto bba pu-15053 lodos al pad AWTP	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	2-Schedule Interrupt	NOCO ORAS	03/
93960452	3	MN	03/19/2022	compra sello CHESTERTON mod 180 de 3-1/4	3000-45-70-01-PCE1023-PUCO	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/
93960453	3	MN	03/20/2022	compra sello CHESTERTON mod 180 de 3-1/4	3000-45-70-01-PCE1024-PUCO	3-Next Schedule	NOPR ORAS	03/
93960454	3	MN	03/21/2022	compra sello CHESTERTON mod 180 de 3-1/4	3000-45-70-01-PCE1025-PUCO	3-Next Schedule	NOPR ORAS	03/
93960455	3	MN	03/22/2022	compra sello CHESTERTON mod 180 de 3-1/4	3000-45-70-01-PCE1026-PUCO	3-Next Schedule	OSNO	03/
93988461	3	MN	03/23/2022	compra de cable 2/0 AWG para aterraminet	3000-45-70-01-PCE1023-ECSY	3-Next Schedule	NOCO ORAS	03/

