



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**Implementación de la metodología TPM para la  
mejora de la eficiencia global de los equipos de la  
Minera Quellaveco, Moquegua 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**Autor**

Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel

<https://orcid.org/0009-0007-8297-3402>

**Asesor**

Mg. Cumpa Vasquez Jorge Tomas

<https://orcid.org/0000-0002-3731-6426>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industria y  
organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2024**

# **Implementación de la metodología TPM para la mejora de la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024**

## **Aprobación del Jurado**

---

Dr. Puyen Farías Nelson Alejandro

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mag. Eneque Morales Jean José Junior

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Dr. Vásquez Coronado Manuel Humberto

**Vocal del Jurado de Tesis**

**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy el Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**Implementación de la metodología TPM para la mejora de la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firmo:

Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel	DNI: 70598801	
------------------------------------	---------------	--

Pimentel, 15 de enero de 2024.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar la culminación de la presente investigación en primer lugar a Dios, por haberme permitido tener la oportunidad de poder culminar mi carrera universitaria; proporcionándome la fortaleza diaria para continuar siempre por el camino del bien. De manera similar a mis padres que siempre fueron el soporte y me dieron la motivación de seguir creciendo profesional y personalmente y a mi esposa que siempre estuvo en todo momento apoyándome, brindándome seguridad y fortaleza cuando más lo necesitaba.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer infinitamente a mi tutor por su gran dedicación y profesionalismo, sabias palabras y correcciones precisas, el cual no hubiese llegado a lograr satisfactoriamente todo este proceso tan anhelado. A todos mis docentes por el cual pase a través de este largo camino universitario y trasmitirme conocimientos necesarios y ahora permitirme estar aquí. De igual manera, al Ing. Yuri Amesquita que de alguna manera proporcionaron su apoyo y respaldo en el logro satisfactorio de la investigación en mención.

## Índice

Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
1.1.    Realidad problemática	11
1.2.    Formulación del problema	18
1.3.    Hipótesis	19
1.4.    Objetivos	19
1.5.    Teorías relacionadas al tema	19
<b>II. MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>30</b>
2.1.    Tipo y diseño de investigación	31
2.2.    Variables, operacionalización	32
2.3.    Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	35
2.4.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	35
2.5.    Procedimientos de análisis de datos	37
2.6.    Criterios éticos	37
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
3.1.    Resultados	39
3.2.    Discusión	90
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>93</b>
4.1.    Conclusiones	93
4.2.    Recomendaciones	94
<b>REFERENCIAS</b>	<b>96</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de la variable dependiente.....	33
Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente.....	34
Tabla 3: Analisis para la confiabilidad.....	37
Tabla 4: Resultado de la aplicación de la entrevista al jefe del área de mantenimiento.....	47
Tabla 5: Tiempo operativo correspondiente al periodo 2022.....	58
Tabla 6: Registro de paradas presentados en las unidades.....	65
Tabla 7: Registro de fallos presentados en las unidades.....	66
Tabla 8: Registro de fallos reducidos en las unidades.....	70
Tabla 9: Registro de averías complejas reducidas en las unidades.....	73
Tabla 10: Valores máximos de contaminantes en unidades.....	76
Tabla 11: Tiempo operativo correspondiente al periodo 2023.....	82
Tabla 12: Detalle del beneficio logrado.....	85
Tabla 13: Detalle de costos para la propuesta.....	88

## Índice de figuras

Figura. 1: Organigrama dispuesto por la compañía.....	41
Figura. 2: Proceso para el recojo de mineral.....	43
Figura. 3: Flujograma de las tareas relacionadas al recojo del mineral.....	45
Figura. 4: Disponibilidad de herramienta para la gestión de mantenimiento.....	49
Figura. 5: Disponibilidad de programación para la ejecución de mantenimiento....	49
Figura. 6: Nivel adecuado presentado para la eficiencia global de los equipos....	50
Figura. 7: Tiempo de respuesta adecuado para las atenciones del departamento	51
Figura. 8: Presencia de reclamos por baja calidad en las atenciones gestionadas.....	51
Figura. 9: Disponibilidad de supervisión en las tareas de mantenimiento realizadas.....	52
.	.
Figura. 10: Disposición de recursos provistos por la compañía minera.....	53
Figura. 11: Disposición de capacitaciones proporcionadas por la compañía minera.....	53
.	.
Figura. 12: Presencia de sobre carga laboral en el departamento de mantenimiento.....	54
.	.
Figura. 13: Diagrama de Ishikawa.....	56
Figura. 14: Método de desarrollo de la propuesta planteada.....	62
Figura. 15: Determinación de comités, grupos y responsabilidades.....	63
Figura. 16: Formato de control de componentes.....	68
Figura. 17: Programa de mantenimiento autónomo.....	69
Figura. 18: Programa de mantenimiento preventivo.....	72
Figura. 19: Pasos propuestos para el mantenimiento preventivo.....	74

Figura. 20: Análisis de elementos para las muestras de aceite.....	77
Figura. 21: Programa de capacitación propuesto.....	79
Figura. 22: Herramienta ERP Dolibarr.....	81

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo general mejorar la eficiencia global de los equipos mediante la implementación de la metodología TPM en la Minera Quellaveco, Moquegua 2024. Realizado el levantamiento de información, fue constatada la necesidad de plantear la propuesta de implementación de la Metodología TPM. Las técnicas ocupadas correspondieron ser la observación, entrevista, encuesta y análisis documentario. Posterior al análisis inicial, se pudo afirmar que el principal problema identificado en el departamento de mantenimiento consistió ser la demora en la entrega de órdenes de mantenimiento, falta de orden y limpieza, falta de metodología definida, presencia de desperdicios, personal con conocimiento empírico y la alta frecuencia de mantenimiento correctivo aplicado. Condiciones que, en conjunto, influían de manera negativa sobre la eficiencia global de los equipos de la compañía minera. En ese sentido, se planteó como problema: ¿De qué manera la implementación de la metodología TPM permitirá mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024? Luego del desarrollo de la propuesta planteada, la cual se basó en la implementación de la Metodología TPM; fue posible precisar que, con su aplicación se logró valores finales para la disponibilidad de 95.20% (mejora de 15.74%), rendimiento de 93.35% (mejora de 17.52%) y calidad de 89.24% (mejora de 22.23%); presentando valor general para la OEE de 78.63% (mejora de 38.40%); con beneficio costo de S/. 1.29.

**Palabras clave:** Eficiencia global de los equipos, metodología TPM, productividad.

## **Abstract**

The general objective of the research was to improve the overall efficiency of the equipment through the implementation of the TPM methodology at Minera Quellaveco, Moquegua 2024. Once the information was collected, the need to propose the implementation proposal of the TPM Methodology was confirmed. The techniques used were observation, interview, survey and documentary analysis. After the initial analysis, it could be stated that the main problem identified in the maintenance department was the delay in the delivery of maintenance orders, lack of order and cleanliness, lack of defined methodology, presence of waste, personnel with empirical knowledge and the high frequency of corrective maintenance applied. Conditions that, together, negatively influenced the overall efficiency of the mining company's equipment. In that sense, the problem was posed: How will the implementation of the TPM methodology improve the overall efficiency of the equipment at Minera Quellaveco, Moquegua 2024? After the development of the proposed proposal, which was based on the implementation of the TPM Methodology; It was possible to specify that, with its application, final values were achieved for availability of 95.20% (improvement of 15.74%), performance of 93.35% (improvement of 17.52%) and quality of 89.24% (improvement of 22.23%); presenting general value for the OEE of 78.63% (improvement of 38.40%); with cost benefit of S/. 1.29.

**Keywords:** Global equipment efficiency, productivity, TPM methodology.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Al corriente, es común poder identificar la presencia de bajo nivel en relación a la eficiencia global de los equipos al interior de compañías de diversos sectores empresariales. La disponibilidad de maquinaria y equipos resulta ser un factor valorado y de mucha influencia sobre la cadena de producción o de servicios para las compañías. En ese sentido las herramientas Lean Manufacturing, como es el caso del TPM, proveen una solución solvente en el abordaje de mejorar y garantizar la disponibilidad de maquinaria y equipos para compañías de múltiples sectores y por consiguiente la mejora de la eficiencia global de los equipos de las mismas; sin dejar de lado la repercusión beneficiosa a nivel económico como resultado del incremento de la productividad.

Internacionalmente, en Ecuador [1] precisaron como problema principal la ausencia de mantenimiento destinado a la maquinaria industriales, así también la falta de plan de mantenimiento. Se pudo determinar que era llevado a cabo solamente mantenimiento de tipo correctivo; con lo cual se redujo la vida útil en relación a la maquinaria en disposición. La propuesta planteó al TPM como solución principal. Como parte del análisis inicial, se pudo advertir que la compañía presentaba problemas recurrentes con las maquinarias, trayendo consigo retrasos en el tiempo de respuesta. Sumado a ello, como resultado de la calibración defectuosa, ciertas máquinas presentaban funcionamiento fuera de su capacidad máxima, presentando velocidad en las operaciones mermada. Los estudiosos mencionan que, al aplicar la propuesta fue posible obtener mejor en relación al OEE. Concluyendo que, resultó beneficiosa la propuesta planteada, obteniendo OEE en 75.40% (mejora del 21.60%).

Por otro lado, en Ecuador, Muñoz y Cantos [2] en un artículo científico afirman que fue aplicado el TPM en atención a los problemas presentados con la maquinaria de producción. La propuesta se encontró complementada con el modelo centrado en la confiabilidad, destinado a la maquinaria de la compañía. Como parte del estudio, se llevó a cabo un análisis

de criticidad específico. Al desarrollar el TPM, fue ocupado el diagrama de Pareto, con el propósito de advertir principales actividades para su atención. Los resultados evidenciaron que pueden lograrse mejoras significativas, empleando como indicador principal el tiempo promedio entre paradas. En ese sentido, al implementar el TPM, se incrementaría la confiabilidad en 3.59; determinando mejora en la disponibilidad de maquinaria. Se concluyen precisando el incremento del 14.00% para la disponibilidad, siendo este valor de beneficio para la compañía.

Parecido a lo encontrado en Colombia por [3], quienes precisan que, con el propósito de llevar a cabo la mejora continua al interior de una compañía del rubro del metal, se propuso la ocupación del TPM, como resultado de la baja disponibilidad de maquinaria y equipos para el despliegue de las actividades operativas de la compañía. Siendo así que, al desarrollar la propuesta también fue ocupada las 5S como parte de la preparación del desarrollo del plan propuesto. Los resultados evidenciaron mejora en los procesos, continuidad operativa de la maquinaria y la optimización en relación a la ocupación de los componentes; lo cual se reflejó en la reducción de gastos operativos para la compañía. Se concluye mencionando que las propuestas basadas en la ocupación de herramientas Lean, como es el caso del TPM, son de beneficio práctico y tangible para las compañías; por lo que recomiendan su ocupación.

Por otro lado, en Venezuela [4] propusieron el empleo del TPM con la finalidad directa de mejorar los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad al interior de una planta industrial. Estudio de campo, descriptivo y también no experimental. Como parte del desarrollo de la propuesta TPM, se planteó la ocupación del análisis CDM. Fue revisado el historial de avería registradas y documentadas. Los resultados evidenciaron mejoras en cuanto a los indicadores ocupados; por otro lado, se dispuso de un mejor orden en los procesos, definición de responsabilidades y la ejecución de buenas prácticas al interior de la compañía. Se concluye que con la propuesta TPM, posibilitó mejorar la disponibilidad general de la maquinaria; aspecto que era de interés principal por parte del nivel gerencial. En ese sentido, también posibilitó la reducción de gastos de mantenimiento para la empresa.

En México, [5] prepararon un artículo en donde advierten que múltiples compañías industriales abordan cotidianamente el problema de la presencia de averías recurrentes con afectación sobre la maquinaria y equipos en disposición. Es por ello que, las herramientas Lean presentan solvencia en su abordaje, logrando resultados positivos cuantificables en favor de las compañías que las implementan. El caso particular de estudio, planeta un plan de gestión de mantenimiento basado en el TPM, el cual logre mejorar la disponibilidad de la maquinaria; ya que al momento del estudio los valores no eran los esperados. Los resultados evidenciaron que el empleo del TPM como herramienta de manufactura esbelta tuvo afectación positiva sobre la disponibilidad de maquinaria en la compañía. Se concluyó afirmando lo ventajoso de su aplicación, ya que se consiguió la mejora de disponibilidad del 13.00% respecto al valor inicial presentado (69.00%).

Comparable a lo precisado por Cerón y Pérez [6] en Ecuador, quienes advierten que la empresa de estudio carece de un plan maestro de mantenimiento, lo que resulta en mantenimientos programados inexistentes, lo que reduce la vida útil de la maquinaria industrial. La empresa solo realiza mantenimiento correctivo, es decir, repara cuando la máquina falla, lo que resulta en un OEE de un 60% inaceptable. Como resultado, se utiliza la metodología TPM para obtener la documentación que falta, como las fichas técnicas. Las máquinas involucradas en la producción incluyeron la cortadora hidráulica, la dobladora y la troqueladora. Con TPM, la disponibilidad subió al 94 %, el desempeño al 94 % y la calidad al 94 %, lo que resultó en un OEE del 85 % y una diferencia del 25 % antes de la implementación, lo que hizo que la empresa fuera más competitiva.

En el contexto nacional, en la ciudad de Lima, [7] preparó un artículo, en donde describe que se realizó un estudio al interior de una fábrica del sector industrial textil, con el propósito de ocupar al TPM como solución para mejorar la eficiencia general de los equipos. Los resultados evidenciaron la eliminación de desperdicios al interior de los procesos y se dispuso de un plan ordenado basado en el desarrollo de las etapas del TPM, lo cual contribuyó a disponer de calendarización específica para las tareas de mantenimiento programado, ordenamiento en las tareas de mantenimiento, responsables asignados y reducción de costos

operativos por mantenimiento. Se concluye que se pudo lograr el incremento del OEE (en 13.00%) en relación al valor presentado antes de la aplicación de la propuesta planteada.

También el Lima, [8] realizaron un estudio, en donde se propuso la ocupación de las herramientas Lean Manufacturing con el propósito de eliminar desperdicios y mejorar el proceso de producción al interior de una industria de confección textil; debido a que, al momento del estudio, existían retrasos en las entregas como resultado de las paradas de maquinaria por averías recurrentes. La propuesta fue centralizada en la ocupación de la gestión de mantenimiento soportada en el TPM en forma principal, siendo complementada con la ocupación de las 5S. Los resultados mostraron que, con la puesta en marcha de la propuesta, fue posible mejorar los tiempos de respuesta para la atención de los pedidos; como resultado de presentar mejor disponibilidad de maquinaria y equipos; así mismo, al presentar menor cantidad de averías. La disponibilidad de la maquinaria posterior a la propuesta fue mejorada en 19.00%, disponiendo de valor final de 91.00%.

Comparable a lo encontrado por Romero y Vásquez [9] dentro de un artículo científico, preparado en Trujillo, en donde detallan que fue propuesto la ocupación del TPM como solución para el aumento del indicador OEE asociado a la maquinaria de una compañía del segmento agroindustrial. Estudio cuantitativo y no experimental. Siendo ocupadas la observación y análisis documental. Para la valoración del OEE se emplearon formatos específicos. Como parte de los resultados, se identificó a través de Pareto, problemas asociados a los motores de las unidades, ocasionando paradas correctivas; motivo por el que se empleó al TPM en forma primaria. Se concluye detallando que al implementar la propuesta se aumentaría el nivel del OEE hasta 87.00% (valor inicial de 68.00%).

Cabrera [10] dentro de un artículo realizado en Cajamarca menciona que al interior de una minera fue aplicado el TPM con el propósito de incidir positivamente sobre el OEE. Inicialmente fueron identificados problemas en relación a componentes internos, los cuales presentaban pronto desgaste al no disponer de la calidad adecuada; lo cual, afectaba en forma directa a maquinaria específica. Como parte del desarrollo de la propuesta y al considerar el mantenimiento autónomo, fueron implementadas fichas para las solicitudes,

tareas de inspección y labores de limpieza. Se pudo complementar la propuesta con el desarrollo del diagrama de actividades. La propuesta también incidió en un programa de capacitaciones eficiente. Los resultados evidenciaron que al aplicar el TPM se alcanzó incrementar la disponibilidad de maquinaria, pasando del 81.00% al 90.00%, el rendimiento de 46.00% al 99.00% y la calidad del 80.00% hasta 96.00%. Se concluye constatando lo favorable de la implementación planteada, obteniendo como valor final para OEE 86.00%.

Gaspar y Ayala [11] en Lima publicaron un artículo científico, mencionando que el TPM fue implementado para aumentar la disponibilidad de equipos en una empresa industrial. El diseño del estudio fue cuantitativo y no experimental. Cinco equipos de la empresa estudiada constituyeron la población y la muestra. Se emplearon los diagramas de Ishikawa y Pareto, lo que permitió observar que el problema principal era la falta de mantenimiento preventivo en la empresa. La disponibilidad inicial de los equipos fue del 79.75%, pero después de la propuesta, la disponibilidad final de los equipos fue del 97.44%. Por lo tanto, se pudo lograr una mejora del 17.69% en la disponibilidad de equipos. Los estudiosos afirman que la implementación de TPM en las empresas puede aumentar la disponibilidad de equipos.

También en Lima, Navarro [12] en un artículo científico, precisa que se propuso utilizar el TPM como una herramienta de fabricación eficiente con el fin de aumentar la disponibilidad de maquinaria de una empresa industrial. El estudio fue de tipo aplicativo, no experimental, sin ajustes de variables y utilizando un corte transversal correlacional causal. En cuanto a la población, se utilizaron 90 empleados para completar dos encuestas sobre TPM y disponibilidad. Como resultados, se descubrió que la disponibilidad de la maquinaria aumentaría en un 21.50% en comparación con el valor inicial si se implementara la propuesta elaborada. Los estudiosos llegan a la conclusión de que la implementación del TPM es beneficiosa y permite lograr mejoras cuantificables para la empresa, lo que indica que tiene un impacto positivo en la disponibilidad para la maquinaria presente.

En la ciudad de Lima, Canahua [13] menciona que al momento del estudio la compañía presentaba baja disponibilidad de equipos, lo cual afectaba en forma directa al proceso de producción; así también, se pudo identificar alto valor para los costos operativos de

mantenimiento. El análisis inicial determinó OEE en 32.86%, lo cual sin duda no era lo esperado por la compañía industrial de estudio. Sumado a ello, se identificó la presencia recurrente de mantenimiento de tipo correctivo y la ausencia de calendarización para el despliegue de las actividades de mantenimiento preventivo en atención a la maquinaria en disposición. Analizando los resultados, se evidenció que con la propuesta se alcanzó el incremento del OEE, pasando de presentar valor de 32.86% a 85.58%. Concluyendo y afirmando el impacto positivo de la ocupación de la herramienta Lean TPM.

En el contexto local en la ciudad de Chiclayo, [14] preparó un estudio, precisando que las herramientas Lean disponen de solvencia en la atención a nivel mundial de problemas en organizaciones industriales. Dos de ellas son el TPM y RCM. Como caso práctico, se propuso la ocupación del TPM persiguiendo mejorar la disponibilidad de maquinaria y el aumento de la productividad para una planta industrial. Estudio experimental y descriptiva. Dispuso de muestra de 8 máquinas. Basados en los resultados alcanzados se precisa que, al lograr implementar el TPM se contribuyó al incremento de la disponibilidad de maquinaria, pasando de disponer valor de 85.35% a 93.69% (aumento en 8.30%). Se concluye que, la propuesta facilita garantizar la disponibilidad de maquinaria, reducción de costos por mantenimiento e incremento de la productividad.

También en Chiclayo [15] menciona en su estudio que abordó el escenario de una compañía de transportes, de la cual se pudo identificar la necesidad principal de mejorar la disponibilidad de unidades de su flota de transportes. Estudio cuantitativo y pre experimental. Presentó muestra de 25 buses. Se ocupó en análisis documental para el análisis de las averías presentadas. La propuesta se basó en el desarrollo de la metodología TPM y la medición de indicadores para la disponibilidad. Como resultados se identificó el aumento de la disponibilidad de las unidades de transporte, obteniendo valor final para la disponibilidad de 93.00% (mejora del 17.00%). Se concluye constatando lo positivo y favorable que resultó la implementación del TPM como alternativa de solución a la baja disponibilidad de unidades presentadas al momento del estudio por la compañía de transportes.

Comparable a lo encontrado por [16] en la ciudad de Chiclayo, en donde se propuso diseñar el programa de mantenimiento soportado en la metodología TPM destinado al incremento de operatividad de máquinas pesadas para una compañía industrial. Estudio aplicado, descriptivo y cuantitativo. Presentó población de 36 unidades y muestra de 18 unidades. Se ocuparon como técnicas una entrevista, observación y también un cuestionario. Los resultados demostraron mejora en cuanto al nivel de disponibilidad de maquinaria pesada, como resultado de la aplicación del TPM en forma directa. Se concluye que, el diseño de TPM propuesto incidió positivamente sobre la mejora de disponibilidad; así también, se pudo incrementar la productividad general de la compañía estudiada; siendo resultados favorables y beneficiosos.

Sumado a lo encontrado por [17] también en Chiclayo, quien menciona que la adecuada gestión de mantenimiento determina un plan de acción eficaz, el cual posibilita la mejora del tiempo de parada para maquinaria productiva. Es por ello que, recomienda su implementación, siendo de carácter necesario para poder garantizar la continuidad operativa de la maquinaria de producción y que repercute sin duda sobre el nivel de productividad que puede ser alcanzado. Concluye mencionando que, sumado a lo precisado anteriormente, la gestión de mantenimiento posibilitará gestionar en forma adecuada la adquisición de componentes y repuestos que son ocupados en el departamento de mantenimiento de la compañía. Resalta también sobre la relevancia de ocupar indicadores de mantenimiento al interior del plan, ya que posibilitarán cuantificar y medir el nivel de avance logrado.

Es común advertir como problemas al interior del departamento de mantenimiento el desarrollo de actividades cotidianas en forma empírica, ausencia de formatos, falta de ordenamiento, ausencia de supervisión y falta de metodología específica para el trabajo; lo cual muchas veces resulta en la presencia de desperdicios, averías recurrentes, predominancia de mantenimiento correctivo y bajo nivel de OEE para la maquinaria y equipos. La compañía Minera Quellevco se encuentra en la ciudad de Moquegua (Perú), ejecutando como actividad principal la extracción de cobre. Apertura operaciones en el año 2018 y forma parte de Anglo American.

La justificación principal presentada fue que con la propuesta planteada se mejorará la OEE para la maquinaria y equipos de la compañía minera, pudiendo de esta forma cumplir con sus operaciones proyectadas. Tuvo justificación teórica al evaluar literatura documentada por otros investigadores, así como información proveniente de autores relacionada a la ocupación del Lean como herramienta de mejora a problemas específicos y de asociación a la OEE. Dispuso de justificación práctica puesto que, al momento de llevar a cabo la investigación, el departamento de mantenimiento de la compañía minera no disponía de metodología específica para el despliegue de las tareas de mantenimiento; siendo significativa su ejecución, aplicando el TPM para mejorar el OEE. Presentó justificación metodológica ya que pudo emplear técnicas e instrumentos con propósitos de recolección de información para el estudio, pudiendo detallar problemas presentados y que afectan la disponibilidad y OEE. Asimismo, al ocupar como herramienta de solución propuesta la metodología TPM. Dispuso de justificación económica en la medida que, al atender los problemas identificados y con el apoyo de la propuesta planteada, posibilitó la mejora del OEE para la maquinaria y equipos afectados; lo cual contribuyó al incremento productivo y sin duda a la mejora de la productividad e ingresos económicos para la compañía minera, generando de esta manera estabilidad económica y laboral en los trabajadores.

La importancia del estudio consiste en que al poder implementar la metodología TPM, se dispondrá de mejor disponibilidad y eficiencia global de los equipos en atención a la maquinaria y equipos que dispone la compañía minera. Esta propuesta no solo garantizará la continuidad operativa de los procesos, sino que reducirá las averías presentadas, así como su frecuencia de ocurrencia; así también se dispondrá de mantenimiento programado y formatos específicos. Aspectos que sin duda aportan al mejoramiento del nivel de OEE para la compañía minera; en ese sentido, resultó conveniente e importante su ejecución.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera la implementación de la metodología TPM permitirá mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024?

### **1.3. Hipótesis**

La implementación de la metodología TPM mejora la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Mejorar la eficiencia global de los equipos mediante la implementación de la metodología TPM en la Minera Quellaveco, Moquegua 2024.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

a) Identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la eficiencia global de los equipos de la empresa minera.

b) Detallar la propuesta de implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la empresa minera.

c) Evaluar el beneficio costo vinculado a la propuesta de investigación.

### **1.5. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.5.1. Metodología TPM**

##### **1.5.1.1. Gestión de mantenimiento**

Escriche y Doménech [18] Gestión es un conjunto de elementos relacionados que sirven como soporte a la mejora continua, su implementación mejorará internamente a las compañías.

Portafolio [19] conjunto de partes interactuantes hacia el logro de un propósito en común. También puede referirse a gestionar un conjunto de tareas.

Ježdimir Knezevic [20] tiene por propósito evitar errores dentro de los procesos continuos, al iniciar el proyecto y asegurarse de que la disponibilidad planificada esté

disponible manteniendo adecuado nivel en relación a la calidad, bajos costos y con el mínimo de recursos.

García [21] actividad destinada a mantener en forma adecuada y eficiente las máquinas y equipos de una compañía a través de tareas programadas, destinadas al incremento del rendimiento y vida útil para las mismas.

Portafolio [19] la suma de tareas destinadas a la protección del estado óptimo para los recursos en términos de maquinaria y equipos de las compañías.

#### **1.5.1.2. Planificación de mantenimiento**

Portafolio [19] Estos objetivos comerciales deben incluir la planificación del mantenimiento para prevenir cambios imprevistos en los planes de producción y reducir costos de tipo operativo.

Portafolio [19] Todo el departamento de la compañía deberán de involucrarse en las tareas de mantenimiento. Los resultados deben analizarse en términos de costo-eficacia, cumpliendo con la agenda proyectada y cumpliendo con las normas de seguridad y preservación ambiental. Los sistemas de información apoyarán al cometido organizacional, mientras que la gestión de mantenimiento ayudará en términos de procesos.

#### **1.5.1.3. Tipos de mantenimiento**

Pierce [22] su finalidad es identificar el estado funcional de los sistemas, maquinarias y equipos; para de esta forma llevar a cabo la programación de tareas de corrección, las cuales aporten a la mantención de los recursos.

En muchas ocasiones, es posible evitar daños mayores causados por fallas menores, especialmente relacionados a aspectos de seguridad.

Latín [23] Al emplear el mantenimiento, resulta fundamental crear el plan destinado al seguimiento de la maquinaria y equipos. Serán proporcionadas instrucciones detalladas sobre las técnicas que se utilizarán para ayudar a la identificación de errores en el

funcionamiento. Sumado a ello, indicadores para el registro de frecuencia de aparición. Con la presencia de una falla, es investigada la causa y es programada las reparaciones de averías correspondientes.

#### **- Mantenimiento correctivo**

Viles et al. [24] Su finalidad es solucionar problemas que puedan acontecer en cuanto es generado el proceso de producción. El personal de mantenimiento es responsable de las reparaciones, y la persona que maneja o usa los equipos es responsable de comunicar las averías. Aquí se resuelven problemas que no tienen un impacto significativo en el funcionamiento y las actividades del edificio. Incluso si hay daños considerables en este mantenimiento, es posible abrir los edificios para que no se interrumpan, lo que permitirá programar la solución definitiva al problema.

Viles et al. [24] El mantenimiento correctivo es poco predecible porque sus desventajas son siempre mayores que sus beneficios. Se producirán fallas imprevistas que requerirán reparación inmediata.

#### **- Mantenimiento predictivo**

Viles et al. [24] tarea dirigida a la comprensión y verificación en relación al estado y operatividad de la maquinaria y equipos, ocupando variables de soporte a la medición de la funcionalidad, que permitan determinar mecanismos de corrección.

Viles et al. [24] El mantenimiento predictivo incluye una serie de variables que brindan información adicional sobre el estado actual de maquinaria y equipos. Los aspectos relevantes consisten en el funcionamiento y la verificación del estado de la maquinaria en cuanto a sus componentes; detallando las anomalías presentes.

#### **- Mantenimiento autónomo**

Mier [25] Conformado por diversas tareas rutinarias que son ejecutadas por la totalidad de colaboradores, son incluidas tareas de limpieza, lubricación, inspecciones,

reemplazo de piezas y también herramientas, así como el análisis de oportunidades de mejora, con afectación directa sobre las máquinas y equipos. Son tomados en consideración estándares definidos en forma previa por la compañía, todo colaborador debe de estar capacitados y disponer del conocimiento en relación a las máquinas y equipos asignados.

#### **1.5.1.4. Auditoría de mantenimiento**

Maldonado [26] Herramienta para ayudar a identificar oportunidades de optimización, así como posibles mejoras.

Maldonado [26] Si el Índice de cumplimiento es del cien por ciento, el departamento realiza su trabajo en forma correcta, tal y como lo precisa el estándar; sin embargo, si el Índice de Conformidad fuera del noventa por ciento, todo sería claramente diferente. Estas auditorías de mantenimiento sugeridas examinan los siguientes elementos: metodología laboral, recursos técnicos y valora resultados.

#### **1.5.1.5. Mantenimiento Productivo Total**

Cedeno [27] Incluye planificar, fabricar y mantener. En él se explica cómo todas las funciones de la organización están conectadas, especialmente la cadena de producción, el mantenimiento y el esfuerzo por mejorar continuamente el nivel de calidad presente en los productos, eficiencia a nivel operativo, control en cuanto a la capacidad y seguridad.

Cedeno [27] TPM incluye en forma activa a la totalidad de colaboradores de la compañía, mientras que las actividades son disgregadas en grupos menores.

Dvorak [28] menciona que presenta los objetivos de:

a) Colaboración de parte del total de colaboradores en el logro del objetivo primario; participando tanto operadores como la gerencia.

b) Establecer cultura orientada a maximizar el nivel de eficiencia en gestión de equipos y la línea de producción.

c) Implementar sistemas de gestión de soporte a la prevención de pérdidas.

d) Implementar un mantenimiento preventivo que permita conseguir no presentar pérdidas a través de la participación de equipos de trabajo y la ocupación del mantenimiento autónomo.

e) Aplicar sistemas de gestión destinados para la cadena productiva, incluidos diseño, desarrollo, ventas y dirección.

Dvorak [28] Garantizar la ausencia de fallas p problemas al interior del departamento de seguridad precisa ser otro objetivo importante de esta herramienta, por lo cual se precisa en detalle la correcta gestión de la producción.

#### **1.5.1.6. Pilares del TPM**

Rey [29] Es esencial para el mantenimiento programado. El equipo de mantenimiento persigue mejorar los índices en cuanto a confiabilidad, mantenimiento y también disponibilidad. Se dispone de 8 pilares que se pueden utilizar para crear el plan en forma ordenada.

a) Mejora Focalizada. El propósito consiste en la eliminación de pérdidas significativas suscitadas en el proceso de producción, fallas presentadas en las unidades primarias y de apoyo, ajustes sin programación e interrupciones imprevistas.

b) Mantenimiento Autónomo. Para realizar actividades de mantenimiento e inspección preventivas o detectar posibles fallas, contempla la totalidad de colaboradores soportado en el conocimiento y también experiencia del equipo.

c) Manteamiento Planeado. Ejecutado para asegurarse que tanto unidades como procesos se encuentren en el mejore escenario y eliminar los defectos empleando medidas destinadas al mejoramiento y prevención.

d) Capacitación. Determine qué tareas deben realizar cada uno de los colaboradores de acuerdo con las condiciones establecidas para maximizar sus habilidades.

e) Control inicial. medidas tomadas durante las etapas cruciales del equipo para disminuir significativamente los costos de mantenimiento.

f) Mantenimiento para la calidad. Referido a tareas destinadas a la prevención, en donde simulan el incremento de confiabilidad para los procesos, optimizando el control de recursos y reduciendo posibles eventos no programados.

g) Departamento de apoyo. Al disponer de colaboración de parte de los demás departamentos de las compañías, se puede aumentar la eficiencia del proceso productivo, lo que resulta en menores sobrecostos y un producto final de alta calidad.

h) Seguridad, higiene y medio ambiente. Se pudo constatar que el número de paradas pequeñas está inversamente relacionado con el número de accidentes laborales. Esta es la responsabilidad y la identificación de riesgos de tipo laboral.

#### **1.5.1.7. Pasos en la implementación del TPM**

Douglas [30] menciona que se han creado un método de tres pasos para implementar TPM, considerando dificultades y problemática afrontada por la compañía en su desarrollo. Deben prepararse adecuadamente con la finalidad de evitar problemas y poder garantizar éxito en su ejecución.

##### **Primer paso: Preparación**

###### **- Desarrollar las 5'S para mejorar la visualización del lugar de trabajo**

Aplicar las 5S permitirá disponer de espacio de trabajo circundante a las máquinas con presencia de limpieza y estando ordenada para el desarrollo de actividades y prácticas necesarias para del TPM; estableciendo espacios laborales seguros y eficientes.

###### **- Establecer un equipo de TPM**

Las empresas no pueden desarrollar TPM sin un equipo de TPM. El equipo lo conforman colaboradores que aportan a lograr objetivos compartidos; implementar TPM demanda participación de la totalidad de la empresa.

#### **- Los miembros del equipo TPM**

Douglas [30] Cada equipo debe tener 5 a 9 miembros, incluidos operarios de la maquinaria, técnicos, ingenieros, consultores externos y un representante gerencial.

#### **- El líder del equipo TPM**

Douglas [30] debe de tener una fuerte conexión en relación a las máquinas; siendo recomendado sea operario o técnico de mantenimiento. Presentará responsabilidad y habilidades necesarias, siendo capaz de formar al equipo en procedimientos de mantenimiento, presentando motivación necesaria.

#### **- Diseñar cuidadosamente un plan TPM**

Douglas [30] La planificación iniciará 2 meses anterior a la ejecución del TPM. Este proceso implica elegir la maquinaria candidata, que es crucial para el mapeo de flujo de valor, asegurándose de que la maquinaria de respaldo tenga suficiente capacidad.

Es necesario recolectar información asociada a la maquinaria, manuales, diagramas e historial de mantenimiento, así como el OEE. También llevar a cabo la identificación de problemas recurrentes relacionados al mantenimiento.

Douglas [30] llevar a cabo el plan de acción para la maquinaria, garantizando la disponibilidad de herramientas y componentes necesarios para solucionar problemas en la maquinaria rápidamente.

### **Segundo paso: Desarrollar el TPM paso a paso**

Douglas [30] con la finalidad de conseguir resultados favorables, debemos implementar TPM paso a paso porque consiste en un proceso extenso y sistemático.

- Preparar el ambiente en donde se sitúa las máquinas.
- Preparar las labores de mantenimiento detalladas en el plan.
- Ejecutar el plan de mantenimiento.

### **Tercer paso: Evaluar los efectos del TPM**

Douglas [30] indica que el OEE se utilizó para evaluar los efectos del TPM, siendo medido por medio de porcentajes del tiempo de producción de unidades de calidad gestionados por la maquinaria actualmente, en comparación al tiempo estimado. Es ocupado para el monitoreo y mejora del rendimiento. Esto se hace comparando los valores OEE antes y después, midiendo su repercusión.

#### **1.5.1.8. Herramientas de calidad con aplicación al TPM**

##### **- Las 5'S**

Corredor et al. [31] Tiene un enfoque integral destinado a acciones correctivas del orden y limpieza. Su cumplimiento conllevará a disponer de ambiente laboral con presencia de eficiencia y también seguridad.

Corredor et al. [31] 5S se centra en la atención a los detalles, seleccionar herramienta correcta, conseguir información precisa y atender pedidos en plazos determinados.

##### **- Diagrama de Pareto**

Hernández y Navarrete [32] gráfico que permite ordenar los componentes comunes hasta culminar con los menos comunes. Su principio apunta a que la mayoría de efectos son influenciados por solo algunos elementos. Con esta herramienta, se puede ahorrar mucho tiempo al determinar la importancia de los componentes y realizar mejoras significativas.

## **- Diagrama Causa-Efecto**

Martínez [33] Se encarga de diagnosticar y resolver causas que dan origen a problemática específica. Organiza distintas causas que contribuyen a la aparición de uno o varios problemas.

### **1.5.2. Eficiencia global de los equipos**

#### **1.5.2.1. Definición**

Belohlavek [34] lo define como un indicador que posibilita calcular el nivel de productividad al interior del contexto laboral y en consideración a la maquinaria, precisando problemas acontecidos o que pudiesen acontecer.

Cruelles [35] menciona que es ocupado en la evaluación del rendimiento y productividad para las líneas productivas, presentando la maquinaria impacto relevante. Dispone de combinación del tiempo de parada, rendimiento y también calidad.

Cruelles [35] indica que facilita la clasificación de diversas líneas productivas, en relación a sus clases y que dispongan de nivel de excelencia.

**Tabla 1.** Clasificación del indicador OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE<65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas Baja competitividad
65%<OEE<75%	Regular	Pérdidas económicas Aceptable si solo está en proceso de mejora
75%<OEE<85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas Competitividad ligeramente baja
85%<OEE<95%	Buena	Buena competitividad Entramos ya en los valores del “World Class”
OEE>99%	Excelente	Competitividad excelente

### 1.5.2.2. Ventajas del OEE

Cruelles [35] detalla ventajas precisas:

- Facilita la determinación de dónde se generan las pérdidas. Se lleva a cabo la valoración de efectividad de maquinaria, disponibilidad y calidad.

- Los trabajadores de la planta pueden entender fácilmente el indicador. Esto se debe a lo fácil que es interpretarlos, ya que los valores bajos indican diversos problemas y valores altos advierten problemas reducidos.

- Ocupa términos empleados dentro de planta.

Los esfuerzos se focalizan en las pérdidas, realizando mejoras para maquinaria que presente problemas.

Debido a que este valor no puede ser modificado, los datos resultantes del indicador son de calidad alta. El hecho de llevar a cabo mejoras en lugar de culpar a los demás, permite la mejora continua.

Al ser evaluado los colaboradores en forma diaria, es detallado que los colaboradores están muy familiarizados con el equipo y su trabajo se enfoca en reducir las pérdidas y aumentar el nivel como resultado del empleo correcto de las máquinas.

- Los supervisores realizan recomendaciones destinados a la mejora continua basados en la información provista por el indicador.

- El indicador se vincula a costos de nivel operativo.

### 1.5.2.3. Medición del OEE

Belohlavek [34] La disponibilidad, rendimiento y la calidad son los tres factores principales de producción industrial que dan como resultado el OEE.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

### 1.5.2.4. Parámetros del OEE

#### a) Disponibilidad

Considera retrasos en relación al tiempo de producción como resultado de paradas. Es el tiempo de funcionamiento de la maquinaria equipo en comparación con el tiempo que se había programado para que estuviera encendido.

Cruelles [35] precisa que es el tiempo de funcionamiento del equipo, refleja pérdidas como consecuencia de averías y también por paradas.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ disponible - Tiempo\ muerto}{Tiempo\ disponible}$$

#### b) Rendimiento

Cruelles [35] considera pérdidas en relación a la velocidad y paradas menores. Calcula la eficiencia del equipo teniendo en cuenta pérdidas de tiempos muertos y paradas de tiempo reducido.

$$Rendimiento = \frac{Tasa\ media\ actual\ de\ servicio}{Tasa\ de\ servicio\ estándar}$$

### c) Calidad

Incluye pérdidas por calidad. Dado que durante ese tiempo no se fabricaron productos conformes, el tiempo requerido para obtener el producto con defectos tendrá que proyectarse e incrementarse al tiempo de interrupción [35]. Por lo tanto, la pérdida de calidad se clasifica en tres categorías:

- Pérdida de calidad, que es la cantidad de unidades defectuosas producidas.
- Pérdidas de tiempo productivo, que equivale al tiempo que se ha dedicado a la fabricación de unidades con defectos.
- Tiempo para reprocesos.

Cruelles [35] La eficiencia global de equipos toma en consideración buenos los resultados iniciales, no los reprocesados. Como resultado, unidades que fueron reprocesadas serán descartadas.

$$Calidad = \frac{Volumen\ de\ servicio - (Defectos + Reprocesos)}{Volumen\ de\ servicio}$$

Belohlavek [34] menciona que el OEE está directamente relacionado con los costos de operación consiste en uno de los indicadores más adecuados destinados a la optimización de procesos con interacción de maquinaria industrial. El OEE aportará al cumplimiento de estándares de calidad y también para la mejora continua.

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

Se detalla que fue aplicada, en cuanto se ocupó teoría de la metodología TPM, al ser seleccionada como herramienta de solución primaria para la problemática presentada en el departamento de flota auxiliar de la compañía de estudio. Se define como el uso ordenado de información específica con el objetivo de resolver problemas relacionados con el tema de estudio [36].

También fue cuantitativa, al recopilar y llevar a cabo el análisis numérico de los resultados alcanzados de la aplicación de instrumentos para identificar problemas específicos dentro del departamento de flota auxiliar. La investigación cuantitativa implica la recopilación de información para verificar o rechazar hipótesis previas, así como el uso de análisis numérico estadístico en su verificación [36].

Estudio descriptivo, en cuanto pudo detallar la ejecución de los procesos llevados a cabo dentro del área de flota auxiliar en relación a la situación presentada al momento de ser estudiada. Las investigaciones descriptivas detallan, registran, analizan e interpretan situaciones particulares sobre fenómenos relacionados con los estudios [36].

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

El estudio presentó diseño no experimental, en cuanto no dispuso de manipulación en ninguna de las variables estudiadas, analizándolas tal y como se presentaron en el contexto de la investigación. En ese sentido, también presentó corte transversal puesto que, al ser analizada la información de estudio, fue considerado un intervalo de tiempo concreto. Un diseño no experimental acontece cuando se demuestra que las variables examinadas en el estudio no se han modificado [36].

## **2.2. Variables, operacionalización**

Variable dependiente: Eficiencia global de los equipos, indicador que posibilita calcular el nivel de productividad al interior del contexto laboral y en consideración a la maquinaria, precisando problemas acontecidos o que pudiesen acontecer [34].

Variable independiente: Metodología TPM, suma de tareas destinadas a la protección del estado óptimo para los recursos en términos de maquinaria y equipos de las compañías [19].

**Tabla 1.** Operacionalización de la variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Eficiencia global de los equipos	indicador que posibilita calcular el nivel de productividad al interior del contexto laboral y en consideración a la maquinaria, precisando problemas acontecidos o que pudiesen acontecer	Medida obtenida mediante el uso de los indicadores de eficiencia global de los equipos	Disponibilidad	$D = \frac{(Tiempo\ Planificado - Tiempo\ Muerto)}{Tiempo\ Planificado} * 100$	Ficha de registro	Numérico	Numérica	Razón
			Rendimiento	$R = \frac{(Tiempo\ de\ operación)}{(N^{\circ}\ total\ de\ unidades)} \cdot \frac{1}{Tiempo\ de\ ciclo\ ideal}$				
			Calidad	$C = \frac{Número\ de\ unidades\ conformes}{Número\ de\ unidades\ totales}$				

**Tabla 2.** Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Metodología TPM	Suma de tareas destinadas a la protección del estado óptimo para los recursos en términos de maquinaria y equipos de las compañías [19]	Evaluación del TPM en el departamento de mantenimiento	Planificación	- Problemática específica identificada - Planteamiento de objetivos a desarrollar	Guía de observación, guía de entrevista y cuestionario de encuesta	Numérico	Numérica	Razón
			Ejecución	- Ejecución del mantenimiento autónomo (número de equipos atendidos) - Ejecución del mantenimiento planificado (porcentaje de reducción de averías)				
			Control	- Actividades de monitoreo y control				

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **2.3.1. Población**

Estuvo compuesta por la totalidad de maquinaria y colaboradores que conforman la compañía minera. La población es un conjunto de variables de las cuales se requiere información constante para llegar a conclusiones precisas [36].

### **2.3.2. Muestra**

La muestra dispuso de 24 máquinas y 10 colaboradores que laboran al interior del departamento de flota auxiliar de la compañía minera. La muestra es una parte de la población a la que se busca presentar características y rasgos específicos, que serán abordados en la investigación posterior [36]. El Anexo 8 detalla las fichas técnicas de equipos más representativos de la compañía minera.

### **2.3.3. Muestreo**

Se detalla que fue ocupado el muestreo por conveniencia no probabilístico, al disponerse de accesibilidad y disponibilidad en relación a la información necesaria para el estudio, así como en cuanto al acceso a los colaboradores de la compañía minera.

### **2.3.4. Criterios de selección**

Criterio de inclusión: Maquinaria y colaboradores de empresas mineras con ubicación en la ciudad de Moquegua.

Criterio de exclusión: Maquinaria y colaboradores de empresas mineras que no se ubican en la ciudad de Moquegua.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos**

Observación. Se aplicó durante las visitas llevadas a cabo por el estudioso, dentro del horario de trabajo regular, registrando información de interés al aplicar directamente la

observación. Se ocupó como técnica la guía de observación. Técnica destinada a la exploración y descripción en relación de acontecimientos que son de interés para el estudio [36].

Entrevista. Realizo una solicitud directa al jefe del departamento de flota auxiliar de la compañía minera, persiguiendo obtener información precisa de vinculación a la metodología TPM y la OEE. Se aplicó con el propósito de obtener de una fuente confiable información puntual vinculada a la presencia de problemas específicos del departamento mencionado y que tuvieron impacto negativo sobre la OEE dispuesta. Se ocupó como instrumento la guía de entrevista. Técnica única en el desarrollo de investigaciones porque es básicamente un diálogo amable entre dos personas, con preguntas abiertas y las respuestas del entrevistado según su criterio [36].

Encuesta. Se dirigió directamente a los colaboradores del departamento de flota auxiliar, persiguiendo conseguir información de relación a los problemas presentados, necesidades y opiniones; todo ello en relación a la OEE de los equipos. Se empleó como instrumento el cuestionario. La encuesta es una forma de recopilar información diversa a partir de una cantidad de participantes mediante preguntas cerradas [36].

Análisis documentario. Se aplicó de manera directa a la documentación provista de primera fuente por parte de la compañía minera y que contempló información sobre los procesos de la flota auxiliar, así como de la OEE en particular. Se empleó como instrumento la guía de análisis documentario. El análisis documentario se centra principalmente en analizar la documentación registrada para obtener datos relacionados con un indicador [36].

#### **2.4.2. Validez y confiabilidad**

La validez del presente estudio fue alcanzada para tal efecto y propósito el cual la valoración a cargo de tres expertos, quienes dispusieron de amplia experiencia en el tema y llevaron a cabo la valoración de los instrumentos ocupados.

Sumado a ello, se obtuvo la confiabilidad aplicando y estimando el alfa de Cronbach para el cuestionario aplicado, alcanzando valor de 0.849412287; considerándose adecuado y determinando de esta forma la confiabilidad del instrumento.

**Tabla 3.** Análisis para la confiabilidad

Parámetro	Valor
Alfa de Cronbach	0.849412287
K	10
Vi	4.72
Vt	20.04

## **2.5. Procedimientos de análisis de datos**

La distribución de este paso fue el siguiente

Una vez obtenida la información provista por la compañía minera y siendo complementada con los datos de la aplicación de los instrumentos determinados, se procedió a ordenar y agrupar la información a ser procesada en las hojas de cálculo. Con la ayuda específica del programa de cómputo Excel, se llevó a cabo el ingreso de los datos; de los cuales se obtuvo como material resultante las tablas y figuras que posteriormente fueron analizadas y comentadas en forma respectiva.

## **2.6. Criterios éticos**

Los criterios éticos establecidos en el estudio fueron:

Discreción. Aplicada al momento de acceder a los datos de la compañía minera y manipularla con fines académicos. Resulta relevante acotar que la información en referencia fue privada y también confidencial.

Transparencia. Aplicada el momento de presentar los hallazgos advertidos de manera transparente, real y sin modificaciones.

Imparcialidad. Aplicada al manipular y presentar los resultados de la totalidad del estudio sin algún tipo de orientación o arbitrariedad presente.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Diagnóstico de la empresa

###### 3.1.1.1. Información general de la empresa

Es importante destacar que la organización de investigación es parte del Grupo Ferreycorp, el cual opera a través de subsidiarias focalizadas que tienen una especialización específica. Se enfoca en la distribución, los servicios y el soporte; para una variedad de marcas conocidas que controlan estándares, eficiencia y disponen de rentabilidad; y trabajando en la capacitación de todos los empleados, lo que los convierte en un modelo para otras empresas. En el año 1922, Enrique Ferreyros y sus asociados fundaron la empresa Enrique Ferreyros y Cía. Sociedad en Comandita que vende productos para el consumo masivo. La compañía asumió la representación de Caterpillar Tractor Co. en 1942, irrumpió en varios negocios y redefinió la cartera de clientes, lo que marcó el desarrollo de la empresa. Finalmente, se estableció una sociedad anónima en 1998 con el nombre de Ferreyros S.A.A. Ferreyros solo vende maquinaria, equipo y servicios después de la venta para la línea Caterpillar. En 2015, la estructura cuenta con un diseño que permite a las subsidiarias concentrarse mejor en la cartera de clientes y recibir una cobertura adecuada en la atención de oportunidades, lo que mejora sus habilidades operativas.

#### **Misión**

Poner a disposición de nuestros clientes bienes y servicios destinados a la creación de valor en un mercado interconectado.

#### **Visión**

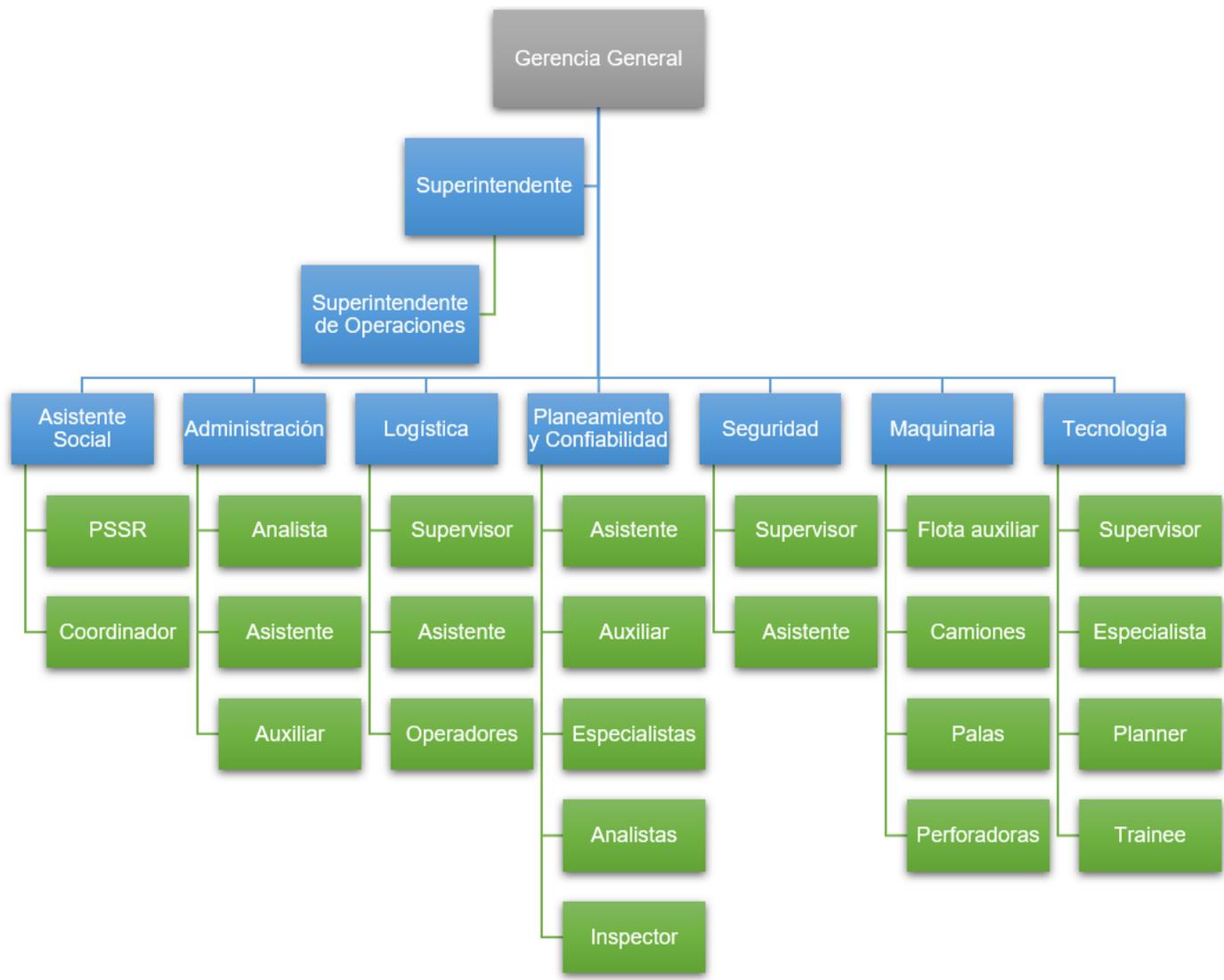
Fortalecer el liderazgo alcanzado, consiguiendo reconocimiento de los clientes y alcance de las metas de crecimiento.

## **Valores**

- Rectitud.
- Responsabilidad.
- Respeto.
- Imparcialidad.

## **Organigrama**

La empresa tiene una organización jerárquica vertical, la cual está dividida en funciones por departamentos. La organización prevista se detalla enseguida.



**Figura. 1.** Organigrama dispuesto por la compañía

## **Productos**

Maquinaria nueva, de alquiler, de uso y semi nueva destinada a la construcción y minería; así como grupos electrógenos, maquinaria de tipo agrícola y relacionados.

## **Repuestos**

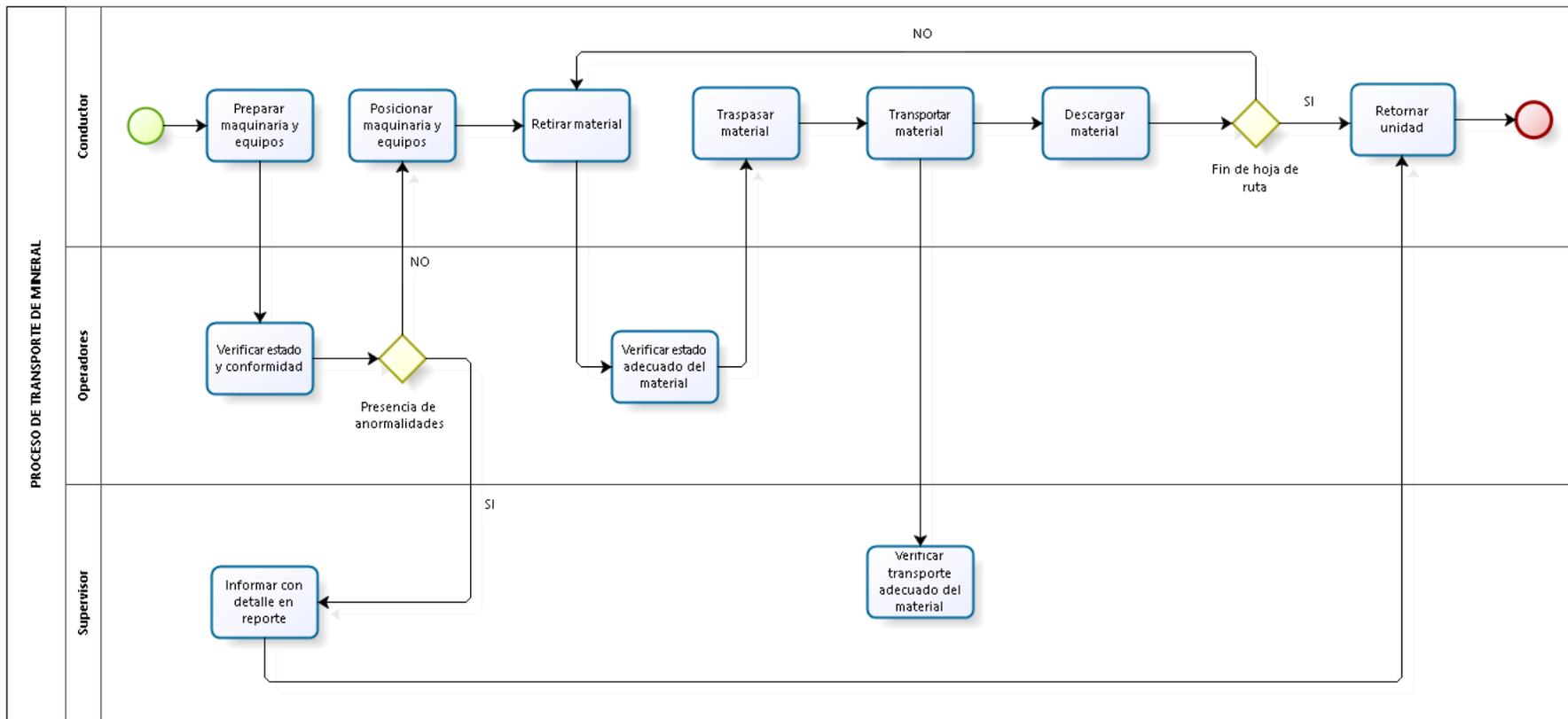
- Repuestos elegidos.
- Paquetes de repuestos personalizados conforme a los requerimientos del consumidor.

## **Servicios**

- Convenios valorados hacia el cliente.
- Personalización de talleres.
- Análisis de partes en laboratorio.
- Servicio in situ.
- Gestión de garantías.
- Alternativas de gestión de reparaciones.
- Planes de financiamiento.

### **3.1.1.2. Descripción del proceso de transporte de mineral**

Se detallará la secuencia lógica de pasos realizados para el transporte del mineral recolectado por la maquinaria de la empresa minera; ello, con apoyo de la herramienta Bizagi Modeler.



**Figura. 2.** Proceso para el recojo de mineral

## **Tareas relacionadas al recojo del mineral**

### **- Perforado**

La perforación de una malla específica está relacionada con el proceso de carguío y transporte porque la granulometría esperada dependerá del diseño de la malla y de las características físicas del tipo de roca perforada.

### **- Volado**

Resulta relevante, ya que la granulometría dependerá de las características de carga aplicadas a diferentes áreas programadas para volar.

### **- Medidas geomecánicas y geométricas**

Construir bancos de altura superior tendrá un impacto en los costos de operación de los equipos, los accesos y las medidas de los caminos, las pendientes y otros factores que afectan el rendimiento de los equipos.

### **- Particularidades del material**

Se supone que la geología de un yacimiento influirá en la selección del material de carguío. El proceso de operación de yacimientos con variabilidad en las vetas es diferente.

### **- Servicios en la mina**

Todo equipo de servicio mina debe mostrar un rendimiento que cumpla con los requisitos operativos. Factores que afectarán el rendimiento de los equipos y maquinaria disponibles.

### **- Seguridad, salud y ambiente**

Se deben implementar medidas de seguridad para proteger la salud de los trabajadores en todas las operaciones generadas por el proceso de recolección. Las políticas de SST resultan ser relevantes.

### **- Chancado**

Es una de las etapas que inicia el proceso completo del mineral, ya que en su interior implica numerosas etapas de producción en las que el mineral recolectado se purifica previamente.

**TAREAS RELACIONADAS  
AL RECOJO DEL MINERAL**



**Figura. 3.** Flujograma de las tareas relacionadas al recojo del mineral

### **3.1.1.3. Análisis de la problemática**

En la minera Quellaveco, durante el estudio, se detectaron problemas específicos como la demora en la entrega de órdenes de mantenimiento por parte del área de estudio, la falta de orden y limpieza, los pasillos obstruidos, la falta de metodología definida en el área, la presencia de desperdicios, el personal con conocimiento empírico, la alta frecuencia de mantenimiento de tipo correctivo y otros factores que afectaron negativamente la eficiencia global de los equipos. Se indicó que el uso de herramientas de ingeniería de Lean Manufacturing ayudará a solucionar el problema requerido y mejorará la eficiencia global de los equipos mencionada. Dado el contexto actual, la revisión de estudios de otros investigadores y la literatura derivada de varios autores; se determinó la aplicación de la Metodología TPM como solución principal para gestionar el mantenimiento como mejor opción.

#### **3.1.1.3.1. Resultados de la aplicación de Instrumentos**

##### **Resultados de la aplicación de la guía de observación**

Como resultado de la aplicación de la guía de observación, posibilitó identificar presencia de falta de orden y limpieza, ausencia de gestión de mantenimiento, todas las actividades de mantenimiento realizadas acontecían en cuanto a la demanda de reparación, las averías que afectaban las unidades no eran registradas ocupando un formato preciso, se pudo constatar la ausencia de calendarización para la realización de las labores de mantenimiento. En cuanto a la ubicación de recursos y herramientas empleadas dentro del área, se advirtió que no era la adecuada. Por otro lado, no había presencia de supervisión en las actividades ejecutadas. La eficiencia global de los equipos no era la esperada; sumado a ello, fue constatada la presencia de colaboradores con conocimiento empírico, así como carga laboral elevada. Todos estos factores influían de manera negativa sobre el nivel de la eficiencia global de los equipos dispuesto; motivo por el cual, el pronto abordaje de los inconvenientes identificados resultó ser de prioridad para la compañía minera estudiada.

## Resultados de la aplicación de la entrevista

**Tabla 4.** Resultado de la aplicación de la entrevista al jefe del área de mantenimiento

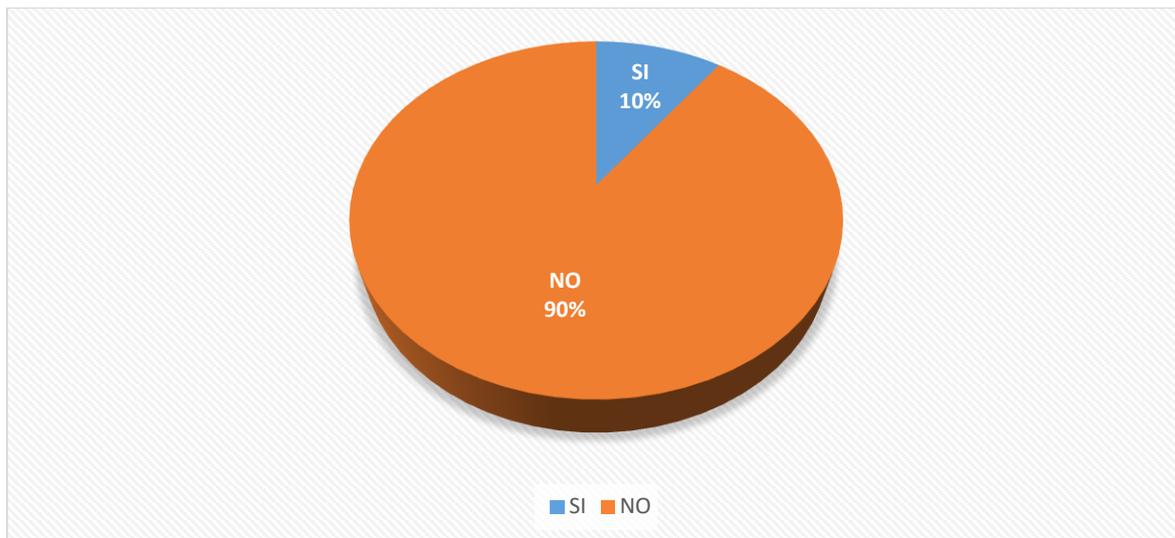
Pregunta	Respuesta
1. ¿Conoce la metodología del Mantenimiento Productivo Total o también conocida como TPM?	Si. Entiendo que posibilita la adecuada gestión de los procesos internos propios del departamento de mantenimiento, garantizando la continuidad a nivel operativo de las unidades.
2. ¿Dispone de conocimiento acerca de los beneficios que provee el empleo de esta metodología al interior del departamento de mantenimiento en específico?	Si. A través de la ejecución del mantenimiento de tipo preventivo posibilita atender adelantadamente posibles averías presentes en las unidades involucradas.
3. ¿Al momento de llevar a cabo las tareas o actividades de mantenimiento, se ocupa de manera precisa un planeamiento o calendarización precisa?	No. Las atenciones de las órdenes de mantenimiento son atendidas de acuerdo a su aparición y demanda en el departamento.
4. ¿Cuenta con personal específico que desempeña labores de supervisión durante la ejecución de las labores de mantenimiento en el departamento?	Si. Pero es oportuno precisar que la mayoría del tiempo no realiza sus funciones, ya que ejecuta constantemente otras actividades internas asignadas; lo cual origina un vacío en sus funciones.
5. ¿En la actualidad, cree que el nivel presentado en cuanto a la eficiencia global de los equipos es la correcta?	No. Como resultado de la baja disponibilidad de las unidades por las constantes averías presentadas y el bajo nivel de calidad del servicio provisto, se evidencia valores no

	esperados para el nivel de la eficiencia global de los equipos dispuestos.
6. ¿Todos los recursos necesarios para el adecuado despliegue de las actividades de mantenimiento, son provistas en forma y tiempo adecuado por parte de la compañía minera?	Si. En casi la totalidad de oportunidades, la compañía proporciona los recursos requeridos para el adecuado desempeño de funciones de parte de los colaboradores. En pocos casos no ha sido atendida la demanda de los mismos; ello, como resultado del incumplimiento de parte de los proveedores.
7. ¿Son ocupados indicadores específicos destinados a la medición de la eficiencia global de los equipos de la compañía minera?	Si. Son ocupados indicadores básicos destinados a la medición del rendimiento del departamento. No obstante, en muchas oportunidades la información no se encuentra disponible en el tiempo requerido.

Resultados que demostraron que había deficiencias y problemas específicos en el departamento de mantenimiento, pero también ofrecieron una oportunidad de mejora al respecto.

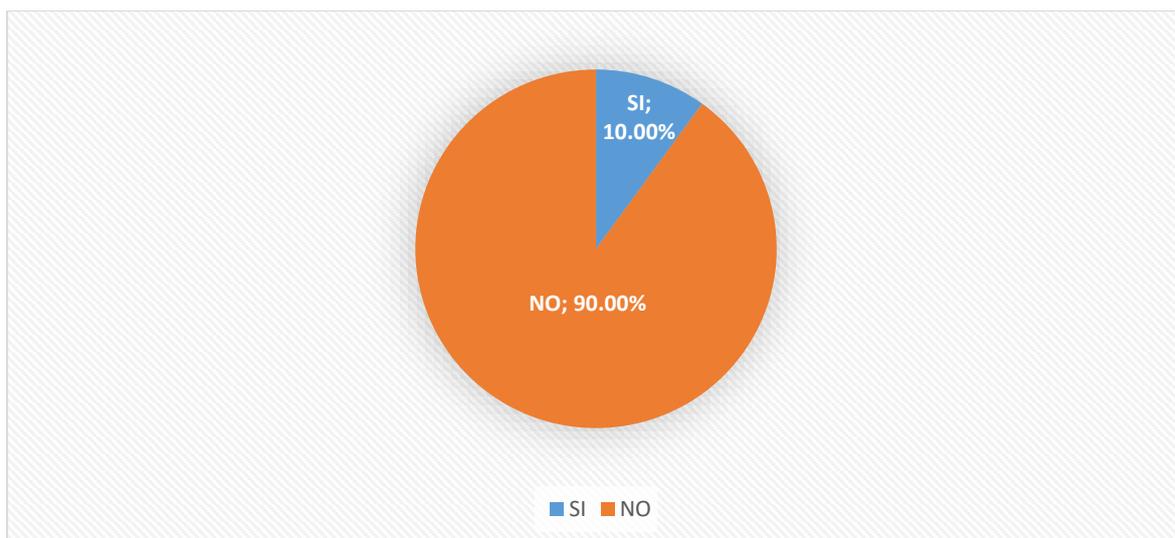
### **Resultados de la aplicación de encuesta**

Se determina que la finalidad directa de la aplicación del cuestionario ocupado tuvo por propósito detallar la realidad dispuesta al momento del estudio que se vincula a la gestión de mantenimiento y como influía en la eficiencia global de los equipos de la compañía estudiada.



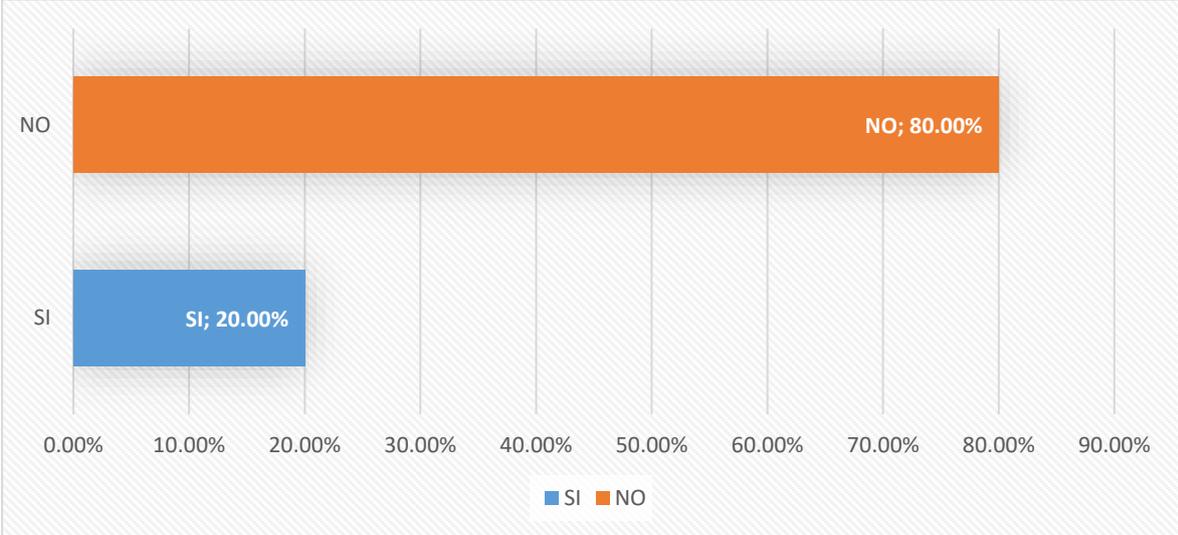
**Figura. 4.** Disponibilidad de herramienta para la gestión de actividades de mantenimiento

Casi el total de encuestados (90.00%) manifiesta expresamente no disponer de alguna herramienta de soporte a la gestión de las labores de mantenimiento ejecutadas al interior del área de estudio; originando de esta manera presencia de averías recurrentes y la presencia de solo ejecución de mantenimiento de tipo correctivo. Una solución adecuada resulta ser la implementación de la metodología TPM dentro de la propuesta a plantear.



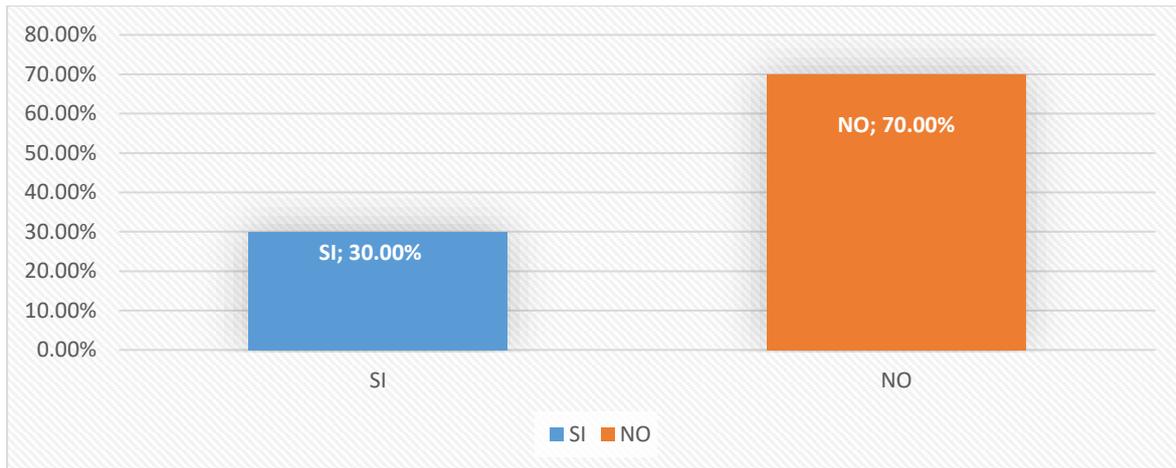
**Figura. 5.** Disponibilidad de programación para la ejecución de actividades de mantenimiento

Los resultados de la encuesta aplicada evidenciaron que al interior del departamento de mantenimiento no se dispone claramente de una programación efectiva para el desarrollo de las tareas realizadas. Consecuencia clara de la ausencia de un método de trabajo definido y soportado por una herramienta específica. Se recomienda solventar este vacío mediante la ocupación de la metodología TPM de manera específica.



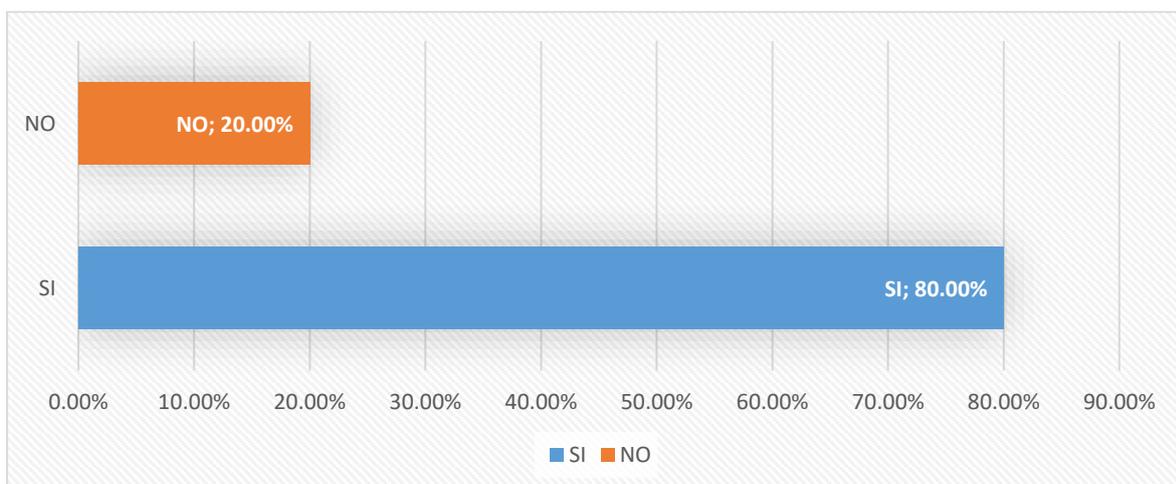
**Figura. 6.** Nivel adecuado presentado para la eficiencia global de los equipos

Basados en los resultados alcanzados, se puede determinar que el 80.00% de encuestados manifestó que al momento de llevar a cabo el estudio, el nivel de la eficiencia global de los equipos presentado no era el esperado. Consecuencia principal de la presencia recurrente de averías en las unidades de la compañía. Es por ello que, como solución propuesta se recomendó la implementación de la metodología TPM como solución primaria de abordaje a la problemática referida.



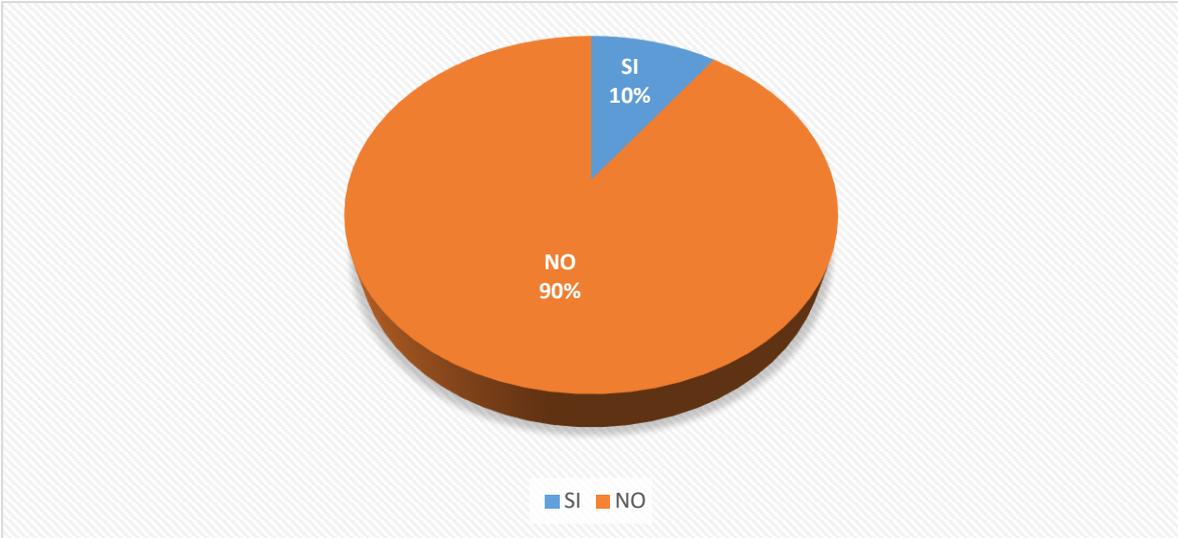
**Figura. 7.** Tiempo de respuesta adecuado para las atenciones del departamento

Solo el 30.00% de los encuestados manifiesta que si se dispone de un adecuado tiempo de respuesta para las atenciones gestionadas en el departamento de mantenimiento. La otra parte de los mismos, el 70.00%, afirma que este tiempo no es el correcto; siendo consecuencia principal de la ejecución de procesos en forma desordenada, sin programación para el desarrollo de tareas, sobre carga laboral por la presencia de unidades con fallas constantes. Motivo por el cual, se recomienda implementar la metodología TPM como solución directa para el abordaje de este problema referido.



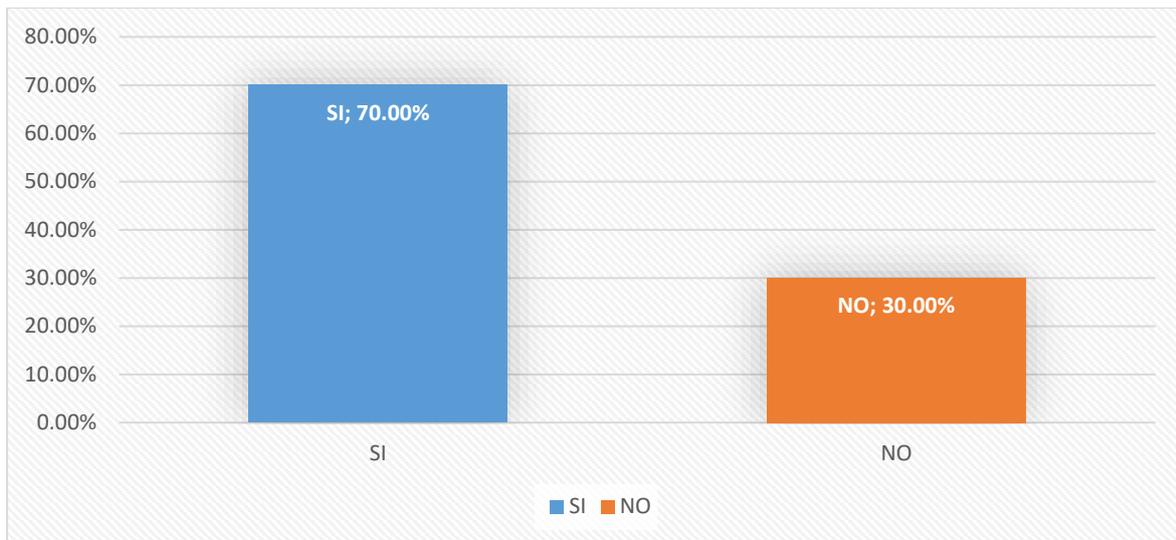
**Figura. 8.** Presencia de reclamos por baja calidad en las atenciones gestionadas

Los encuestados aseguraron la presencia recurrente de reclamos en el departamento asociados a la baja calidad de las órdenes de mantenimiento llevadas a cabo. Es posible que este suceso acontezca como consecuencia de las averías constantes en las unidades de afectación; puesto que, al momento de realizar el estudio, solo era realizado el mantenimiento de tipo correctivo para las unidades. La solución recomendable, acorde a las necesidades y contexto presentado es la implementación de la metodología TPM.



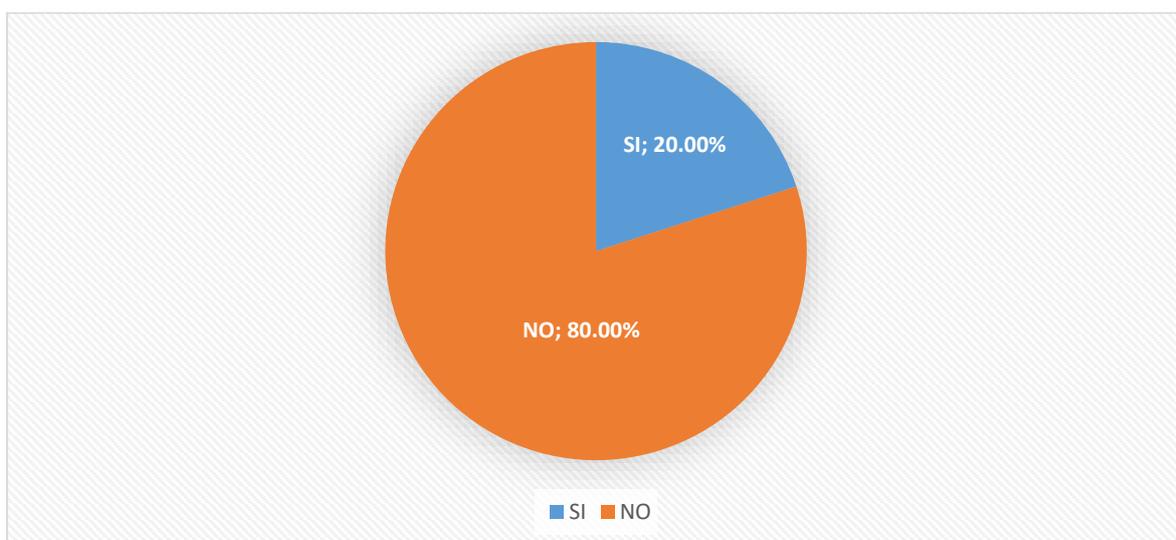
**Figura. 9.** Disponibilidad de supervisión en las tareas de mantenimiento realizadas

Casi el total de encuestados manifestó no disponer de supervisión efectiva durante la realización de las labores de mantenimiento llevadas a cabo en el departamento de estudio. Resultado probable de la sobre carga laboral asignada a este colaborador, ya que se pudo advertir que desempeñaba otras labores asignadas. Una solución favorable y recomendada es la designación clara de funciones y su ejecución efectiva como parte de la propuesta de implementación de la metodología TPM, logrando de esta manera resultados a favor del departamento y de la compañía minera en forma general.



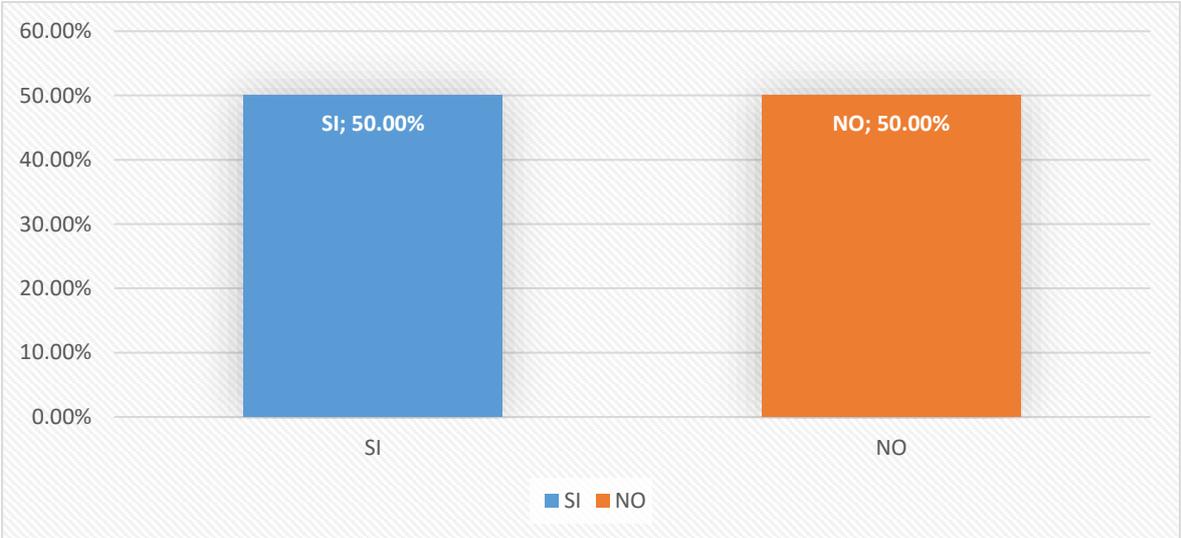
**Figura. 10.** Disposición de recursos provistos por la compañía minera

Al momento de preguntar sobre la disposición de recursos provistos por la compañía, 70.00% de encuestados aseguró que la compañía si lo lleva a cabo. Un porcentaje menor opina lo opuesto y es resultado de los retrasos de las entregas por parte de los proveedores. Se recomienda ahondar en las necesidades del departamento para de esta forma poder designar los recursos necesarios y requeridos, consiguiendo un mejor desempeño de las tareas realizadas en el menor tiempo posible.



**Figura. 11.** Disposición de capacitaciones proporcionadas por la compañía minera

Los resultados de la aplicación de la encuesta mostraron que, gran proporción de encuestados afirma no disponer de capacitaciones en aspectos relacionados a las tareas ejecutadas al interior del departamento de estudio. Punto que deberá de ser valorado por la compañía minera, puesto que es la responsable de proporcionar de manera regular capacitaciones a la totalidad de colaboradores de la compañía de estudio. Su aplicación favorecerá el incremento del mejor desempeño de parte de los colaboradores, incrementando paralelamente la eficiencia global de los equipos dispuesta.



**Figura. 12.** Presencia de sobre carga laboral al interior del departamento de mantenimiento

Finalmente, al preguntar sobre la presencia de sobre carga laboral la interior del departamento de mantenimiento, la mitad de encuestados mencionó si disponer de ella; mientras que la otra mitad de los mismos menciona lo opuesto. Condición que puede ser el resultado de no ejecutar mantenimiento de tipo preventivo, por lo cual las averías que se presentan son de manera recurrente y con alta frecuencia; incrementando de esta forma la carga laboral dispuesta en el departamento de estudio. La propuesta de implementación

de la metodología TPM dispondrá de una calendarización para la gestión de las unidades incluidas en el estudio.

#### **3.1.1.3.2. Herramienta de diagnóstico**

Con el fin de profundizar en los problemas que surgieron en el departamento de mantenimiento de la empresa minera, se utilizó el diagrama de Ishikawa como herramienta específica. Este diagrama detalló problemas importantes que afectan negativamente la eficiencia global de los equipos disponibles por la compañía minera.

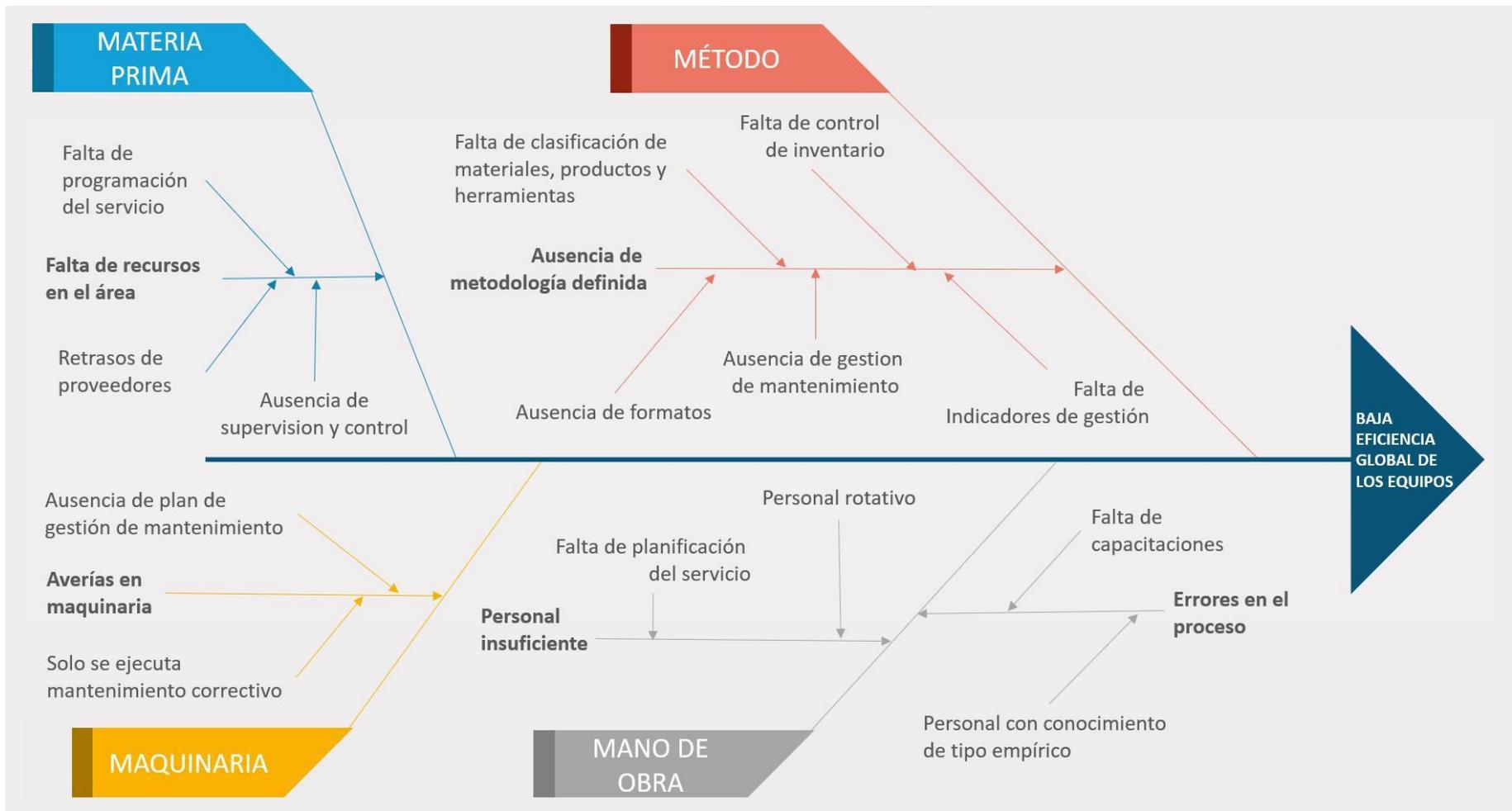


Figura. 13. Diagrama de Ishikawa

Al utilizar la herramienta mencionada, se detectaron problemas relacionados con la materia prima, destacando la falta de recursos de ocupación en el departamento de mantenimiento. Esto se debió a la presencia de proveedores sin homologación y retrasos en las entregas planificadas. En cuanto al método, se evidenció la falta de una metodología definida, destacando la falta de clasificación de recursos, control de inventario, formatos y indicadores de gestión. La causa más importante fue la falta de gestión de mantenimiento en el departamento. Considerando la mano de obra, se observó que había trabajadores insuficientes debido a su alta rotación y la falta de programación adecuada. Además, se pudieron identificar errores en el proceso gracias al conocimiento solamente práctico de algunos trabajadores. Finalmente, al considerar la maquinaria, se pudo determinar que había fallas repetidas debido a la falta de un plan de gestión de mantenimiento y la ejecución de mantenimiento solo correctivo.

#### **3.1.1.4. Situación actual de la eficiencia global de los equipos**

Al llevar a cabo el avance de este punto, fue valorada la eficiencia de la compañía minera en relación al OEE, la cual posibilita determinar la capacidad real de producción sin presencia de defectos, la disponibilidad de las unidades y el rendimiento en cuanto al proceso. Belohlavek [34] llevó a cabo la definición de tres factores vinculados al cálculo del OEE, la disponibilidad, el rendimiento y también la calidad. Se advierte que, con el propósito de llevar a cabo los cálculos requeridos, fue ocupada información provista de manera directa por la compañía minera, correspondiente al año 2022. La fórmula mencionada predecesoramente, es como sigue:

$$OEE = (D) \text{ Disponibilidad } x (R) \text{ Rendimiento } x (Q) \text{ Calidad}$$

En lo consecutivo, se llevan a cabo los cálculos de manera ordenada:

##### **a) Cálculo del valor de la disponibilidad actual**

El valor de la disponibilidad se encarga de la medición de pérdidas por tiempos inactivos a consecuencia de la presencia de fallas o ajustes realizados.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo planificado de producción}} \times 100$$

### Cálculo del valor del tiempo operativo

Con la finalidad de llevar a cabo los cálculos en mención, se ocupó información relacionada al año 2022, considerando la jornada laboral de ocho horas diarias (lunes-sábado). No fueron tomados en consideración los días no laborables, así como los feriados.

$$\text{Tiempo operativo} = (\text{Tiempo total de trabajo} - \text{Paros/falla/mantenimiento})$$

**Tabla 5.** Tiempo operativo correspondiente al periodo 2022

Tiempo planificado total de trabajo (horas x mes)													
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total tiempo planificado	
598	590	634	656	712	706	742	689	646	678	692	721	8064	
Paradas a razón de fallas y mantenimiento (tiempo muerto)													
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total tiempo muerto	
141.9	5	148.20	138.20	141.15	142.80	144.31	138.05	128.35	134.05	134.59	127.75	137.00	1656.40

$$\text{Tiempo operativo} = \text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo muerto}$$

$$\text{Tiempo operativo} = 8064 - 1656.40$$

$$\text{Tiempo operativo} = 6407.60$$

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ planificado}$$

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ planificado - Tiempo\ muerto}{Tiempo\ planificado} \times 100$$

$$Disponibilidad = \frac{8064 - 1656.40}{8064} \times 100$$

$$Disponibilidad = 79.46\%$$

### b) Cálculo del valor del rendimiento actual

Este cálculo en referencia, persigue medir las pérdidas de velocidad a consecuencia de paradas menores y velocidades reducidas. Con la finalidad de valorar el indicador en referencia, se ocupó la fórmula siguiente:

$$Rendimiento = \frac{Tiempo\ de\ operación}{\frac{Número\ total\ de\ unidades}{Tiempo\ de\ ciclo\ ideal}}$$

$$Rendimiento = \frac{3058.90}{\frac{47.04}{85.75}} = 0.7583$$

$$Capacidad\ nominal = \frac{Número\ de\ equipos}{Horas\ de\ trabajo}$$

$$Capacidad\ nominal = \frac{24}{8064} = 0.002976$$

$$Tiempo\ de\ ciclo\ ideal = \frac{1}{Capacidad\ nominal}$$

$$Tiempo\ de\ ciclo\ ideal = \frac{1}{0.002976} = 336$$

### c) Cálculo del valor de la calidad actual

Al valorar este indicador, permitirá determinar el nivel de calidad para pérdidas como consecuencia de desperfectos presentes en el proceso del área o disminución en cuanto al rendimiento.

$$\text{Calidad} = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades conformes}}{N^{\circ} \text{ de unidades totales}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{193}{288}$$

$$\text{Calidad} = 0.67$$

Con la finalidad de determinar el valor para el OEE, fue necesario llevar a cabo la multiplicación de los tres indicadores valorados en forma anticipada, para luego calcular:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 0.79 \times 0.76 \times 0.67$$

$$\text{OEE} = 0.4023$$

Con lo cual se puede interpretar que el OEE con valor en 40.23% representa que por cada 100 unidades de la compañía minera a las que se les ejecuta mantenimiento, a 40 unidades les fue ejecutado en forma eficiente el mantenimiento de tipo preventivo; por otro lado, la cantidad restante (60 unidades) dependerán del mantenimiento de tipo correctivo.

### **3.1.2. Propuesta de investigación**

#### **3.1.2.1. Fundamentación**

El presente estudio dispuso de fundamento al implementar en forma directa la Metodología TPM; la cual aportará en forma positiva para mejorar la eficiencia global de los equipos en la compañía minera. La Metodología TPM es la suma de tareas destinadas a la protección del estado óptimo para los recursos en términos de maquinaria y equipos de las compañías [19].

De manera complementaria, fue planteado como parte de la solución la ocupación del Sistema de Gestión ERP; posibilitando gestionar en forma adecuada y eficiente los procesos internos que acontecen en el departamento de mantenimiento de la compañía minera.

### 3.1.2.2. Objetivo de la propuesta

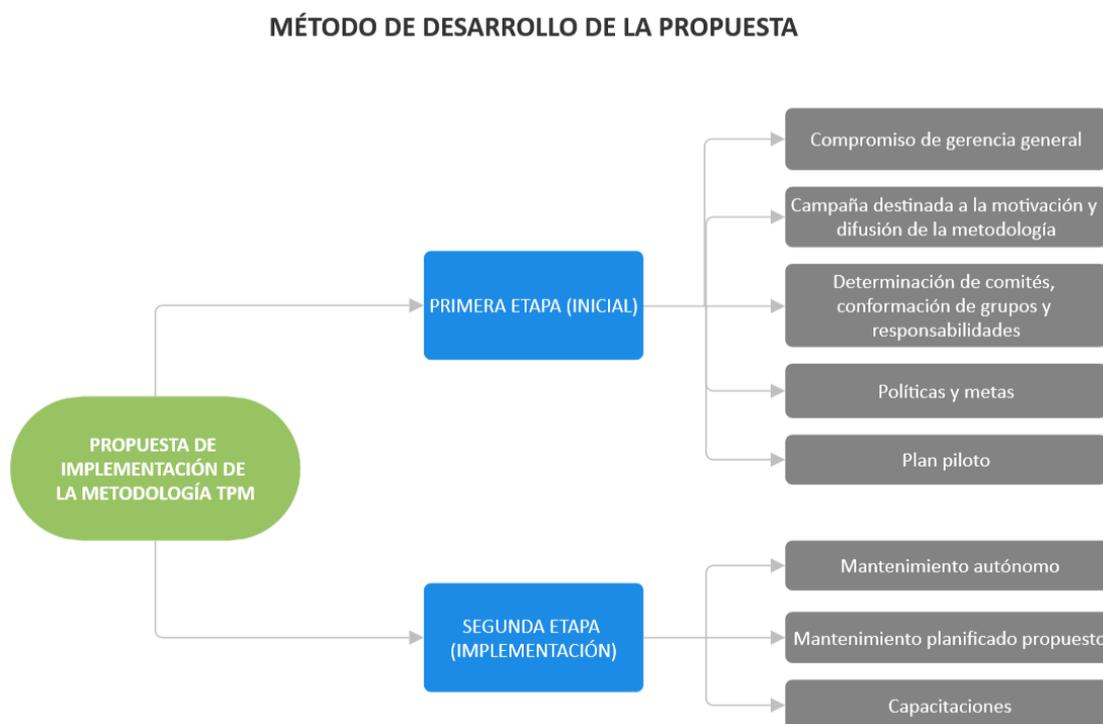
Mejorar la eficiencia global de los equipos en la Minera Quellaveco mediante la implementación de la Metodología TPM.

### 3.1.2.3. Desarrollo de la propuesta

En lo consecutivo, se detalla en forma ordenada el desarrollo de la propuesta de solución planteada para el estudio realizado.

### Propuesta 1. Metodología TPM

A continuación, es detallado el método de desarrollo propuesto para el estudio llevado a cabo.



**Figura. 14.** Método de desarrollo de la propuesta planteada

## **1. PRIMERA ETAPA (INICIAL)**

### **1.1. Compromiso de gerencia general**

Buscando mejores resultados, la gerencia y los jefes deben presentar compromiso con lo que debe realizarse. Asimismo, deben colaborar en actividades, especialmente durante el inicio del plan. Tanto los gerentes como los jefes deben estar conscientes de los beneficios reales de implementar TPM junto con una mejor gestión del mantenimiento. Además, deben proporcionar recursos básicos para avanzar adecuadamente en la planificación.

Es esencial contar con un individuo adicional bajo el mando del responsable de llevar a cabo las coordinaciones del TPM y del comité designado. Este individuo debe ayudar con las tareas relacionadas con la capacitación, evaluación, seguimiento del TPM y otros temas relacionados. Se recomienda que la persona sea practicante.

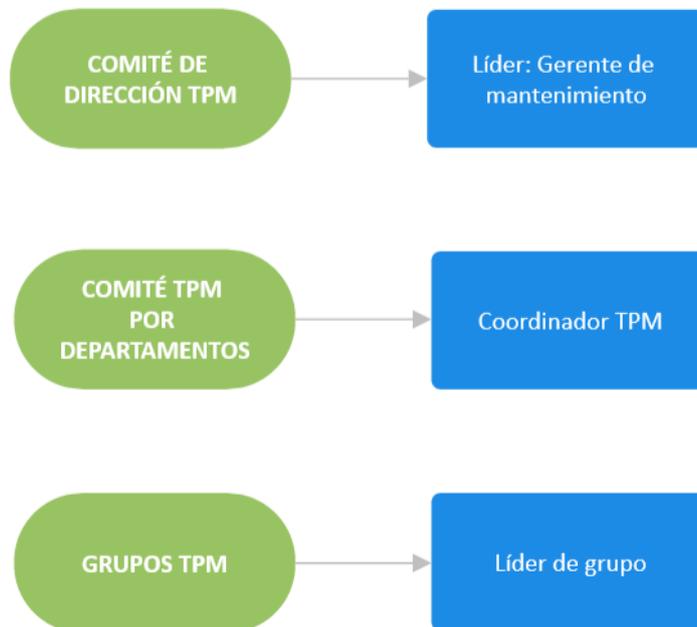
### **1.2. Campaña destinada a la motivación y difusión de la metodología**

Se deberá motivar a los empleados informándoles sobre las mejoras que se pueden lograr con la implementación del TPM. Además, se deberá difundir la herramienta del TPM a través de campañas informativas que involucren la totalidad de la compañía, mencionando los pasos a desarrollar durante la implementación del TPM, así como los compromisos de parte de los colaboradores. Esto se hará mediante afiches y correos electrónicos donde se fomentará la implementación.

### **1.3. Determinación de comités, conformación de grupos y responsabilidades**

El objetivo de formar comités es dar encargos demostrando una organización adecuada, delimitando tareas y estableciendo una jerarquía. Además, se requiere que los líderes del comité definan las responsabilidades del coordinador en relación con TPM, etc.

## DETERMINACIÓN DE COMITÉS, GRUPOS Y RESPONSABILIDADES



**Figura. 15.** Determinación de comités, grupos y responsabilidades

El líder del equipo será el encargado de supervisar el progreso de las tareas asignadas, asignando tareas para diversos participantes del grupo y supervisando su trabajo. Además, será quien se enfrente al coordinador TPM.

Responsabilidades del coordinador que contemplan planificación, apoyo en la instalación TPM, llevar a cabo adiestramiento generando apoyo directo para desarrollar habilidades, mantener correcto inventario, medir el progreso y establecer relaciones con el comité.

El objetivo del comité TPM es proporcionar orientación global, liderazgo, establecer objetivos, tácticas y normas de TPM, apoyar la implementación de TPM mediante financiamiento individual y supervisar el progreso de la implementación.

Los grupos TPM menores, son compuestos por 2 o 3 trabajadores o empleados de mantenimiento, recibirán asesoramiento de expertos. Estos equipos pueden usarse tanto en el trabajo como en el tiempo libre si estos grupos de TPM tienen cero defectos.

#### 1.4. Políticas y metas

##### Políticas:

- Incrementar disponibilidad para las unidades, considerando la interacción de los colaboradores persiguiendo la presencia de ninguna avería o falla.
- Lograr grupos cualificados, que generen trabajos con presencia de calidad.
- Disponer de colaboradores con alta capacitación, lograda mediante programas de formación y que se encuentren alineados a los objetivos de la compañía.
- Conseguir participación constante de los colaboradores ocupando círculos de calidad.

##### Metas:

- Disminuir en 85.00% el número de unidades detenidas como resultado de la presencia de fallos mínimos.
- Disminuir en 85.00% el número de unidades detenidas como resultado de la presencia de averías de nivel complejo.

#### 1.5. Plan piloto

Destinada a evaluar en forma inicial escenarios adecuados para la implementación TPM y determinar si hay efectos positivos o negativos en la implementación futura. Esta valoración servirá de apoyo a la obtención de datos necesarios para el plan. En ese sentido, será llevado a cabo una estrategia que involucre motivación, compromiso y capacitación con el fin de reducir los cambios como fallas y paradas con afectación sobre las unidades.

**Tabla 6.** Registro de paradas presentados en las unidades

Detalle de parada	Frecuencia de parada	Porcentaje
-------------------	----------------------	------------

---

Rotura en las empaquetaduras del termostato	14	25.45%
Rotura en las empaquetaduras de la tapa del balancín	12	21.82%
Deterioro en las fajas del alternador	8	14.55%
Averías en el termostato	6	10.91%
Averías en el filtro de tipo hidráulico	5	9.09%
Ruptura de cables presente en baterías	5	9.09%
Averías en la cadena de rodamiento	5	9.09%
Total	55	100.00%

---

**Tabla 7.** Registro de fallos presentados en las unidades

Detalle de la falla	Frecuencia de la falla	Porcentaje
Aceite presenta nivel incorrecto	9	23.08%
Refrigerante presenta nivel incorrecto	8	20.52%
Aceite de tanque hidráulico presenta nivel incorrecto	6	15.38%
Mangueras hidráulicas presentan fugas	6	15.38%
Tren de rodaje presenta pernos desajustados	5	12.82%
Cadena de rodamiento presenta pernos flojos	5	12.82%
Total	39	100.00%

## **2. SEGUNDA ETAPA (IMPLEMENTACIÓN)**

### **2.1. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento sugerido permitirá a los operadores controlar el equipo móvil que tienen a su disposición. Esto se logrará involucrando a cada operador, quien necesita conocer mecanismos, cuidados, manejo en relación a fallas básicas y notificar al departamento de mantenimiento si no pueden solucionar averías más complejas. Este pilar se desarrollará en 7 pasos donde:

El primer paso consiste en inspeccionar aspectos de limpieza para equipos incluidos, para eliminar suciedad y desechos, encontrar problemas y reparar pequeñas averías estableciendo contextos básicos en cuanto a su operatividad.

El segundo paso incluye acciones destinadas a la defensa y combatir condiciones de suciedad, incluida la realización de actividades destinadas a la limpieza, como el uso de trapo industrial, cuando sea necesario.

El paso 3 implica crear estandarizaciones para las tareas donde sean aplicados criterios estándares en cuanto a limpieza, lubricación de componentes, ajustes y ocupación de herramientas específicas por parte de los operarios. Esto posibilita la creación de buenas prácticas destinadas al cuidado de las unidades involucradas.

El cuarto paso implica que el operador inspeccione todo el equipo móvil de acuerdo a los criterios previamente dispuestos.

El quinto paso consiste en inspeccionar de manera autónoma las unidades, posibilitando inspeccionar el equipo móvil y corregir problemas menores.

La estandarización es el paso 6, cuyo objetivo es establecer y mantener contextos correctos para el control de unidades asociadas.

El séptimo paso tiene por finalidad implementar completamente el mantenimiento autónomo, utilizando al máximo los conocimientos adquiridos.

**FORMATO DE CONTROL DE COMPONENTES PARA UNIDADES MÓVILES**

<b>Unidad móvil</b>	:	
<b>Componente</b>	:	
<b>Operario</b>	:	
<b>Turno</b>	:	
<b>Fecha</b>	:	

<b>ACTIVIDAD REALIZADA</b>			
Detalle	Estado		Observaciones
	Correcto	Incorrecto	

<b>LIMPIEZA REALIZADA</b>		
Detalle	Realizado por	Observaciones

<b>AJUSTES REALIZADOS</b>		
Detalle	Realizado por	Observaciones

<b>LUBRICACIÓN REALIZADA</b>		
Detalle	Realizado por	Observaciones

**Figura. 16.** Formato de control de componentes

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - MINERA QUELLAVECO**

<b>CÓDIGO DE LA UNIDAD</b>	:		<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD</b>	:	
<b>EJECUTADO POR</b>	:		<b>SUPERVISADO POR</b>	:	

COMPONENTE	TAREA PRINCIPAL	FRECUENCIA	TAREA COMPLEMENTARIA	RECURSOS	RESPONSABLE
MOTOR DE LA UNIDAD MOVIL	Verificar el nivel de aceite	Diaria	De requerirse, llenar con aceite	Aceite de tipo industrial, destornilladores planos y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar la presencia de sedimentos en el tanque de combustible	Diaria	De requerirse, llevar a cabo el drenaje de los sedimentos	Destornillador tipo plano, canaletas para drenaje y mangueras	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar la presencia de suciedad en el antefiltro de aire	Diaria	De requerirse, ejecutar la limpieza	Trapo de tipo industrial	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar el nivel de refrigerante	Diaria	De requerirse, llenar con refrigerante	Refrigerante, destornillador tipo plano y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar el nivel de agua del tanque del limpiaparabrisas	Diaria	De requerirse, llenar con agua	Agua, destornillador tipo plano y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
SISTEMA HIDRÁULICO	Verificar en el tanque hidráulico el nivel de aceite, presencia de fugas y rajaduras	Diaria	De requerirse, llenar con aceite	Aceite de tipo industrial, destornilladores planos y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar en los cilindros hidráulicos la presencia de pines flojos, con daño, desgaste o que se encuentren rayados	Diaria	De requerirse, realizar ajustes	Llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar en las mangueras hidráulicas la presencia de fugas	Diaria	De requerirse, realizar ajustes en las mangueras hidráulicas	Llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
SISTEMA ELÉCTRICO	Verificar el adecuado estado de los cables de la batería	Diaria	De requerirse, realizar ajustes a los cables	Alicate	Operario del departamento de mantenimiento
TREN DE POTENCIA	Verificar en el tren de rodaje presencia de pernos flojos	Diaria	De requerirse, realizar ajustes a los pernos	Destornillador tipo plano y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar en la cadena de rodamiento presencia de pernos flojos	Diaria	De requerirse, realizar ajustes a los pernos	Destornillador tipo plano y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
	Verificar en el mando de rotación el nivel de aceite	Diaria	De requerirse, llenar con aceite	Aceite de tipo industrial, destornilladores planos y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento
SISTEMA DE CHASIS	Verificar presencia de pernos flojos	Diaria	De requerirse, realizar ajustes a los pernos	Destornillador tipo plano y llaves mixtas	Operario del departamento de mantenimiento

**Figura. 17.** Programa de mantenimiento autónomo

**Tabla 8.** Registro de fallos reducidos en las unidades

Detalle de la falla	Frecuencia de los fallos antes	Frecuencia de los fallos después	Diferencia	Porcentaje
Aceite presenta nivel incorrecto	9	1	8	88.89%
Refrigerante presenta nivel incorrecto	8	1	7	87.50%
Aceite de tanque hidráulico presenta nivel incorrecto	6	1	5	83.33%
Mangueras hidráulicas presentan fugas	6	1	5	83.33%
Tren de rodaje presenta pernos desajustados	5	1	4	80.00%
Cadena de rodamiento presenta pernos flojos	5	1	4	80.00%
Total	39	6	33	84.62%

## **2.2. Mantenimiento planificado propuesto**

Mantenimiento basado en la ejecución de tareas preventivas y predictivas; siendo así que, resulta relevante disponer de información al ocupar datos relevantes. Sumado a ello, se deben realizar actividades vinculadas al mantenimiento de los componentes que forman parte de las unidades. En lo consecutivo, es presentada algunas sugerencias sobre cómo se realizará el mantenimiento preventivo y predictivo.

### **2.2.1. Mantenimiento preventivo propuesto**

La empresa minera determina este tipo de mantenimiento al interior de su gestión, así como labores programadas que se realizan a las unidades para evitar paradas forzadas y

retrasos al anticipar una posible avería. La predicción de averías con un repuesto específico generalmente se basa en el periodo de vida útil del repuesto mediante inspecciones visuales relacionadas a la identificación de deterioros en las unidades.

Toda labor de mantenimiento preventivo puede ejecutarse por técnicos mecánicos o también eléctricos y de acuerdo a los requerimientos particulares a atender, como lubricar, limpiar, cambiar un elemento de un componente de equipo móvil, etc. Después de terminar los trabajos de mantenimiento, el jefe del departamento y los técnicos deben completar actividades programadas y mejoras de inclusión en el inventario de la maquinaria.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - MINERA QUELLAVECO**

<b>CÓDIGO DE LA UNIDAD</b>	:		<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD</b>	:	
<b>EJECUTADO POR</b>	:		<b>SUPERVISADO POR</b>	:	

COMPONENTE	TAREA A REALIZAR	FRECUENCIA	RECURSOS	RESPONSABLE
MOTOR DE LA UNIDAD MOVIL	Reemplazo de filtro para el aceite del motor	250 Horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, bandejas con rejillas	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de filtro para el combustible	250 Horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, bandejas con rejillas	Técnico mecánico del área
	Limpieza de pre-colador del tanque de combustible	500 Horas	Trapo industrial, tijera	Técnico mecánico del área
	Reemplazo del aceite del motor 15W40	250 Horas	Aceite 15W40 nuevo, trapo industrial, paños absorbentes, embudo, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo del refrigerante ELC	12000 Horas	Refrigerante ELC nuevo, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo del termostato	3000 Horas	Termostato nuevo, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de la empaquetadura del termostato	3000 Horas	Empaquetadura nueva, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de las fajas del alternador	3000 Horas	Fajas de alternador nuevas, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Limpieza de respiradero de la cubierta	500 Horas	Trapo industrial, tijera	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de la empaquetadura de la tapa de los balancines	1000 Horas	Empaquetadura nueva, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
SISTEMA HIDRÁULICO	Reemplazo del filtro hidráulico	250 Horas	Filtro nuevo, maleta de herramientas portátil, saca filtros, corta filtro	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de componentes hidráulicos	250 Horas	Elementos hidráulicos nuevos, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de aceite hidráulico SAE10	2000 Horas	Aceite hidráulico SAE10, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
SISTEMA ELÉCTRICO	Reemplazo de cables de batería	6000 Horas	Cables nuevos, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
TREN DE POTENCIA	Lubricado de engranaje de rotación	250 Horas	Aceite 15W40, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Reemplazo de aceite del mando de rotación SAE30	500 Horas	Aceite SAE30, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
	Lubricado de la cadena de rodamiento	250 Horas	Aceite 15W40, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área
SISTEMA DE CHASIS	Lubricado de las rótulas de tirantes	250 Horas	Aceite 15W40, trapo industrial, maleta de herramientas portátil	Técnico mecánico del área

**Figura. 18.** Programa de mantenimiento preventivo

**Tabla 9.** Registro de averías complejas reducidas en las unidades

Detalle de la avería	Frecuencia de la avería antes	Frecuencia de la avería después	Diferencia	Variación
Rotura en las empaquetaduras del termostato	14	1	13	92.86%
Rotura en las empaquetaduras de la tapa del balancín	12	1	11	91.67%
Deterioro en las fajas del alternador	8	1	7	87.50%
Averías en el termostato	6	1	5	83.33%
Averías en el filtro hidráulico	5	1	4	80.00%
Ruptura de cables de las baterías	5	1	4	80.00%
Averías en la cadena de rodamiento	5	1	4	80.00%
Total	55	7	48	87.27%

### **2.2.2. Pasos para la ejecución de las labores de mantenimiento preventivo propuesto**

En lo consecutivo, en la figura 19 se detalla la secuencia lógica de pasos propuestos para realizar para el desarrollo de las labores de mantenimiento preventivo.

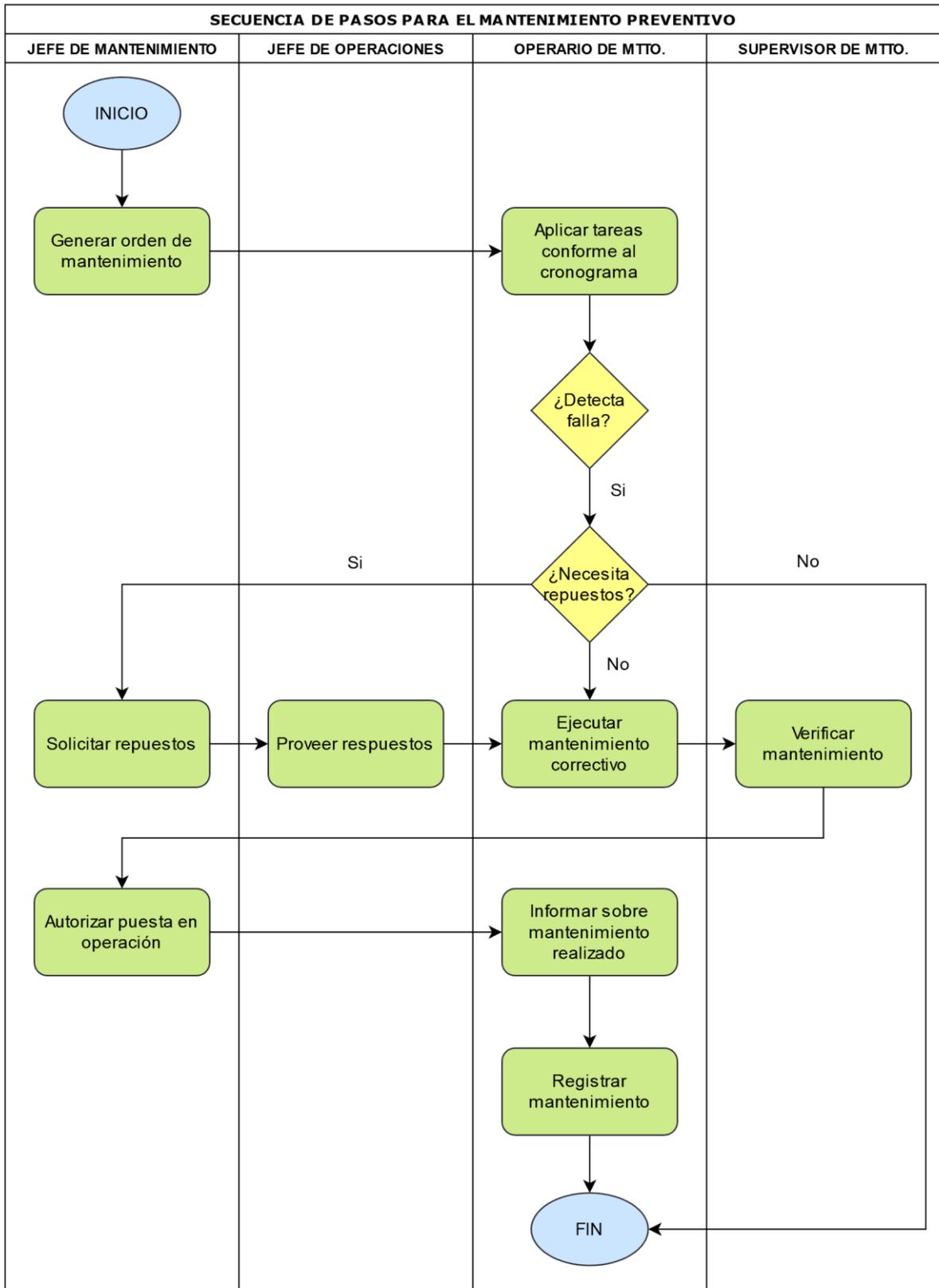


Figura. 19. Pasos propuestos para el mantenimiento preventivo

### **2.2.3. Mantenimiento predictivo propuesto**

Mantenimiento que servirá de soporte al pronóstico de determinación de la parte futura en la cual podrá acontecer una falla específica, afectando en forma directa a componentes de las unidades incluidas, pudiendo reemplazar este componente, utilizando un plan previo a la falla para reducir los tiempos muertos relacionados con el equipo y maximizar el periodo de vida útil del componente. Como resultado, toda muestra de aceite que ha de ser analizada, será recolectada bajo frecuencia de 250 o 500 horas y dependerá del tipo de aceite utilizado por el componente de la unidad.

#### **- Analizar muestreo de aceite:**

Todo componente de las unidades, como el sistema hidráulico, motor y tren de potencia, presentan sistema de tipo cerrado, significando que una proporción considerable del deterioro de estos componentes son ocasionados a razón de fallas y daños de nivel severo cuando se encuentran internamente. Debe llevarse a cabo un análisis de aceites con frecuencia para identificar el desgaste y otros problemas potenciales.

La presencia de contaminantes posibilita diagnosticar fugas al interior de los sistemas de refrigeración y también inyección. Sumado a ello, combustión con presencia de desechos, donde se pueden evidenciar agua, sílice y también hollín. Para valorar el estado del aceite se puede determinar midiendo la cantidad de partes por millón o ppm asociados a elementos como el boro, el bario y el molibdeno, entre otros, para determinar su durabilidad.

El desgaste se valora midiendo también la ppm de elementos como hierro, aluminio, cobre, entre otros. Esto permite diagnosticar fallas específicas en componentes del equipo móvil. Esto facilitará la búsqueda y localización de los problemas, lo que permitirá mantener un funcionamiento adecuado. El análisis de aceite presente en los componentes de las unidades incluirá valoraciones destinadas a identificar, medir y evaluar contaminantes y degradación correspondiente a las muestras tomadas.

**Tabla 10.** Valores máximos de contaminantes en unidades

Factor	Nivel máximo	Elemento
Contaminante	60-ppm	Sodio
	10-ppm	Potasio
	25-ppm	Silicio
	100-ppm	Nitratos
	100-ppm	Sulfato
	0.02%	Glicol
	2%	Combustible
	0.10%	Agua
	2%	Hollín
	1-ppm	Boro
Estado del aceite	1-ppm	Bario
	1-ppm	Molibdeno
	1510-ppm	Calcio
	470-ppm	Magnesio
	1110-ppm	Fósforo
	3700-ppm	Azufre
	1240-ppm	Zinc
	50-ppm	Hierro
	20-ppm	Aluminio
	Desgaste	20-ppm
20-ppm		Cobre
10-ppm		Plomo

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO - DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - MINERA QUELLAVECO**

<b>CÓDIGO DE LA UNIDAD:</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD:</b>	
<b>EJECUTADO POR:</b>		<b>SUPERVISADO POR:</b>	
<b>FECHA DEL MUESTREO:</b>		<b>HORA DEL MUESTREO:</b>	

COMPONENTE	ACEITE	FRECUENCIA	COMPUESTO										
			Na	K	Silicio	Nitratos	Sulfatos	Glicol	Combustible	Agua	Hollín	B	Ba
MOTOR DE LA UNIDAD MOVIL	15W40	250 Horas	Mo	Ca	Mg	P	S	Zn	Fe	Al	Cr	Cu	Pb
			Na	K	Silicio	Nitratos	Sulfatos	Glicol	Combustible	Agua	Hollín	B	Ba
SISTEMA HIDRÁULICO	SAE10	500 Horas	Mo	Ca	Mg	P	S	Zn	Fe	Al	Cr	Cu	Pb
			Na	K	Silicio	Nitratos	Sulfatos	Glicol	Combustible	Agua	Hollín	B	Ba
TREN DE POTENCIA	SAE30	500 Horas	Mo	Ca	Mg	P	S	Zn	Fe	Al	Cr	Cu	Pb
			Na	K	Silicio	Nitratos	Sulfatos	Glicol	Combustible	Agua	Hollín	B	Ba

**Figura. 20.** Análisis de elementos para las muestras de aceite del mantenimiento predictivo

### **2.3. Capacitaciones**

Es necesario que se lleve a cabo una capacitación constante en la organización, y se propone comenzarla en el departamento de mantenimiento. La duración de la capacitación inicial será de cinco meses. El tiempo sugerido además de la capacitación aportará a la generación de experiencia a favor de los colaboradores. Las temáticas recomendadas para discutir en las capacitaciones corresponden ser:

- Definiciones básicas TPM.
- TPM en su fase inicial.
- Mantenimiento independiente de partes de unidades.
- Mantenimiento preventivo de partes de unidades.
- Mantenimiento predictivo de partes de unidades.

El jefe de mantenimiento es principalmente responsable de capacitar a los empleados. Además, creará documentos de las capacitaciones, demandando recursos específicos como es el caso de un ordenador, proyector y papelería al responsable del TPM.

Toda capacitación abordará temática específica, misma que será impartida durante el periodo de un mes completo. Así también, deberá ser valorado el conocimiento alcanzado posterior a la capacitación compartida. La evolución de aprendizaje variará en cada colaborador, apoyándose entre los mismos para mejorar el nivel alcanzado. La aplicación de los programas se ejecutará en el ambiente laboral. Se dispondrá de participación activa de parte del jefe del departamento de mantenimiento, el cual incidirá en temas vinculados al mantenimiento de tipo autónomo, preventivo y también predictivo para las unidades comprometidas.

**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN - DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - MINERA QUELLAVECO**

TEMÁTICA A ABORDAR	MES				
	1	2	3	4	5
Conceptos generales del TPM	08 Horas				
Fase inicial de implantación del TPM		08 Horas			
Mantenimiento autónomo de componentes de unidades móviles			20 Horas		
Mantenimiento preventivo de componentes de unidades móviles				40 Horas	
Mantenimiento predictivo de componentes de unidades móviles					15 Horas
<b>TOTAL: 91 Horas</b>					

**Figura. 21.** Programa de capacitación propuesto

## **Propuesta 2. Sistema de Gestión ERP**

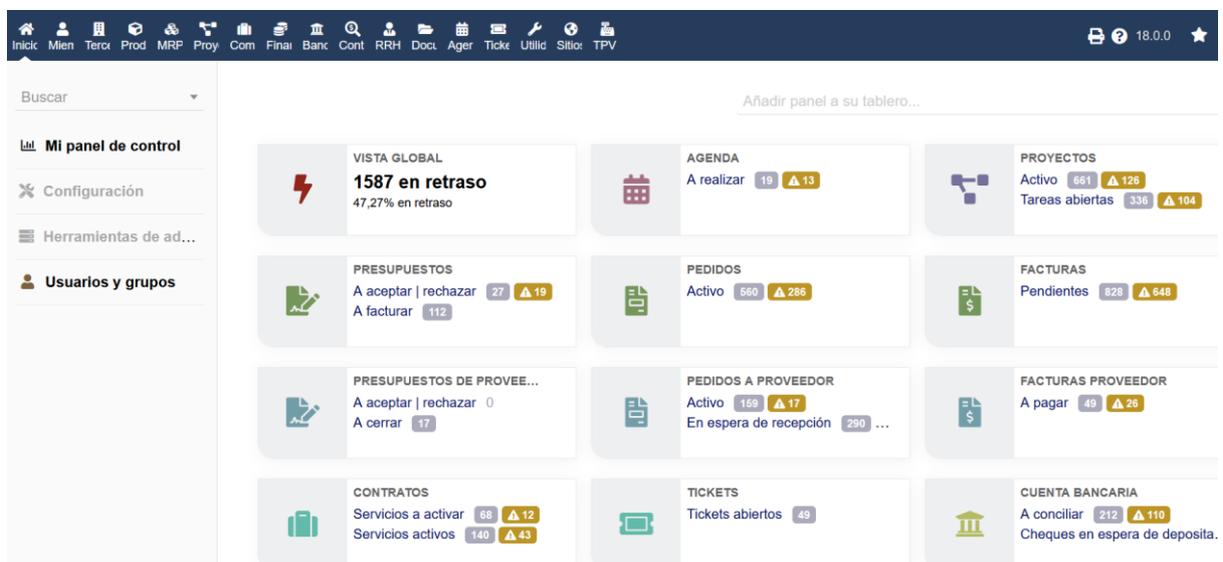
Con el propósito de gestionar de manera eficiente los procesos de la compañía minera y en particular los del departamento de mantenimiento, es recomendado ocupar un software ERP para tal propósito. En la actualidad existen alternativas open source o también conocidas como “de código abierto”, mencionadas herramientas son de libre acceso y cumplen con eficiencia la administración de la información y gestión de los procesos para lo cual son ocupadas. De manera paralela, reduce el impacto de la inversión económica a considerar; ya que básicamente la inversión asume solo la parte formativa de los colaboradores destinados a su administración.

Al referenciar las opciones de soluciones de código abierto disponibles, se tomó bajo consideración una opción que fue adecuada en vínculo directo con los procesos advertidos que se generan al interior del departamento bajo estudio y de la compañía misma. Esta alternativa tiene como particularidades la disposición de interfaz intuitiva, flexible y de administración global para los procesos inmersos. De manera análoga, el software ERP cuenta con la documentación necesaria para el proceso inductivo y de formación general de los colaboradores encargados de su administración, finalmente también provee el soporte necesario para la cobertura de algún fallo no previsto.

El despliegue de esta parte propuesta, es contemplado desde la perspectiva general de capacitar a los colaboradores del departamento bajo estudio con sólidos conocimientos y habilidades destinados a gestionar de manera positiva la plataforma ERP de código abierto. Entendido lo expuesto, fue buscada una alternativa adecuada para tal propósito, seleccionado la herramienta de soporte ERP Dolibarr, misma que es adecuada en relación al contexto bajo estudio y tomando en consideración la necesidad tecnológica específica latente, los procesos por gestionar y la información con demanda de administración eficiente en el departamento de mantenimiento de la compañía minera.

El ERP seleccionado brinda una vasta alternativa de soluciones integradas y que permitirán optimizar y agilizar cada uno de los procesos administrados dentro del departamento de estudio.

Ocupar un sistema de apoyo de éste nivel, otorga beneficios cuantiosos y que pueden ser precisados como la optimización de los procesos, flujo de información eficiente, disponibilidad de información constante, diversidad de plataformas para el acceso, eliminación de redundancia en el manejo de datos e información, respaldo programado, inventario actualizado, administración y gestión del talento humano en todos sus niveles, aplicación de encuestas internas, reportes estadísticos y otras ventajas propias que son advertidas al emplear un software de éste tipo.



**Figura. 22.** Herramienta ERP Dolibarr

De manera complementaria, en el Anexo 7 son mostradas otras funciones adicionales del software ERP Dolibarr.

### **Propuesta 3. Sostenibilidad de las mejoras**

Con la finalidad de lograr la permanencia de las mejoras con el paso del tiempo, se recomienda que se lleven a cabo el desarrollo de las labores de mantenimiento de acuerdo a procesos estandarizados, los cuales fueron definidos como parte del desarrollo del TPM y

que incluyen también la ocupación de formatos específicos y el establecimiento de actividades de mantenimiento en forma calendarizada.

Con lo cual, se podrá contar con orden y estandarización eficiente dentro del área; lo cual aportará a mantener el mejor nivel de calidad en el servicio conseguido como resultado de la implementación de la solución desarrollada en el presente estudio.

Finalmente resulta de mucha conveniencia disponer de programas de capacitación recurrentes; en la medida que, el conocimiento impartido relacionado a temas de mantenimiento en general, podrán integrarse a la solución principal de implementación de la metodología TPM en favor del departamento. Es por ello que, el nivel gerencial de la compañía minera deberá de disponer de los recursos necesarios para este propósito; persiguiendo lograr resultados favorables en cuanto a la sostenibilidad de las mejoras conseguidas, las cuales perduren con el paso del tiempo.

#### **3.1.2.4. Situación de la eficiencia global de los equipos con la propuesta**

Se advierte que con el propósito de llevar a cabo los cálculos requeridos posterior a la propuesta de implementación de TPM planteada, fue ocupada información provista de manera directa por la compañía minera, correspondiente al año 2023.

##### **a) Cálculo del valor de la disponibilidad con la propuesta**

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ planificado\ de\ producción} \times 100$$

##### **Cálculo del valor del tiempo operativo**

Con la finalidad de llevar a cabo los cálculos en mención, se ocupó información relacionada al año 2023, considerando la jornada laboral de ocho horas diarias (lunes-sábado). No fueron tomados en consideración los días no laborables, así como los feriados.

$$Tiempo\ operativo = (Tiempo\ total\ de\ trabajo - Paros/falla/mantenimiento)$$

**Tabla 11.** Tiempo operativo correspondiente al periodo 2023

May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Total tiempo planificado
821	816	937	977	1026	1098	5675

May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Total tiempo muerto
42.50	44.27	48.31	48.45	44.10	44.90	272.53

$$\text{Tiempo operativo} = \text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo muerto}$$

$$\text{Tiempo operativo} = 5675 - 272.53$$

$$\text{Tiempo operativo} = 5402.47$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo planificado}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{5675 - 272.53}{5675} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 95.20\%$$

#### **b) Cálculo del valor del rendimiento con la propuesta**

Con la finalidad de valorar el indicador en referencia, se ocupó la fórmula siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\frac{\text{Número total de unidades}}{\text{Tiempo de ciclo ideal}}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{3270.50}{\frac{39.76}{88.12}} = 0.93345479$$

$$\text{Capacidad nominal} = \frac{\text{Número de equipos}}{\text{Horas de trabajo}}$$

$$\text{Capacidad nominal} = \frac{24}{5675} = 0.00422907$$

$$\text{Tiempo de ciclo ideal} = \frac{1}{\text{Capacidad nominal}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo ideal} = \frac{1}{0.00422907} = 236.458333$$

### c) Cálculo del valor de la calidad con la propuesta

$$\text{Calidad} = \frac{\text{N° de unidades conformes}}{\text{N° de unidades totales}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{257}{288}$$

$$\text{Calidad} = 0.89$$

Con la finalidad de determinar el valor para el OEE posterior a la propuesta de solución planteada, fue necesario llevar a cabo la multiplicación de los tres indicadores valorados en forma anticipada, para luego calcular:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 0.95 \times 0.93 \times 0.89$$

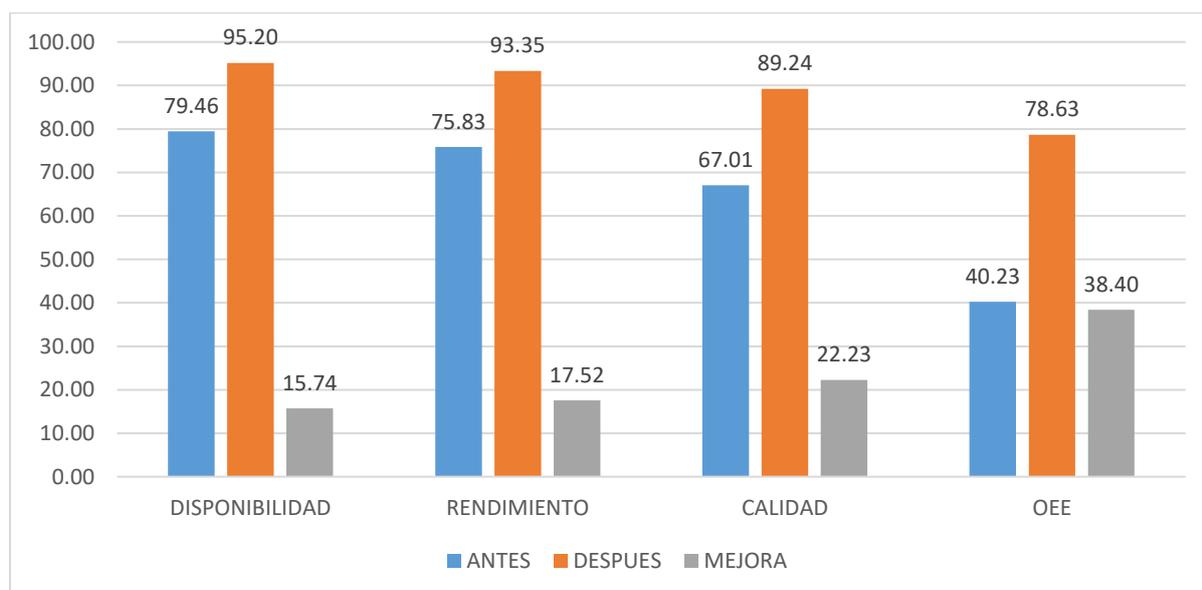
$$\text{OEE} = 0.786315$$

Con lo cual se puede interpretar que el OEE con valor en 78.63% representa que por cada 100 unidades de la compañía minera a las que se les ejecuta mantenimiento, a 78 unidades les fue ejecutado en forma eficiente el mantenimiento de tipo preventivo; por otro lado, la cantidad restante (22 unidades) dependerán del mantenimiento de tipo correctivo.

En ese sentido y basado en los resultados obtenidos luego de la implementación de la solución, se presenta a continuación un resumen comparativo de los valores obtenidos en relación a la medición del indicador de OEE ocupado en el presente estudio.

**Tabla 11.** Tabla de comparación del OEE antes y después de la solución

Detalle	Antes de la implementación	Después de la implementación	Incremento obtenido
Disponibilidad	79.46	95.20	15.74
Rendimiento	75.83	93.35	17.52
Calidad	67.01	89.24	22.23
OEE	40.23	78.63	38.40



**Figura. 23.** Comparación del OEE antes y después de la solución

Determinando de esta forma en relación al OEE, valor inicial de 40.23. Luego de la implementación de la solución, se obtuvo valor de 78.63; logrando un incremento o mejora de 38.40, lo cual fue favorable y beneficioso para la compañía de estudio.

### 3.1.2.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta

Seguido, se procedió a realizar la valoración económica de la propuesta planteada ocupando para tal propósito el análisis beneficio costo.

#### a. Beneficio de la propuesta

El análisis del beneficio alcanzado incluyó la reducción de paradas por averías, que sería la consecuencia favorable de implementar la propuesta. Después de eso, en la tabla 12 se muestra las cantidades necesarias para realizar los cálculos mencionados.

**Tabla 12.** Detalle del beneficio logrado

Item	Maquinaria	Anterior	Posterior	Costo x hora	Ahorro obtenido
		Tiempo de paro por avería (horas/año)	Tiempo de paro por avería (horas/año)		
1	777G-TNM01170- CAT-HT051	92	46	25	1,150.00
2	777G-TNM01168- CAT-HT052	96	33	30	1,890.00
3	777G-TNM01169- CAT-HT053	85	21	22	1,408.00
4	24-E9Z00257- CAT-GR001	97	25	28	2,016.00
5	24-E9Z00279- CAT-GR002	80	29	22	1,122.00

6	16M3-E9Y00377- CAT-GR010	95	23	28	2,016.00
7	834K-L4Y00228- CAT-RT001	97	21	21	1,596.00
8	834K-L4Y00234- CAT-RT002	81	27	29	1,566.00
9	834K-L4Y00245- CAT-RT003	95	29	24	1,584.00
10	824K-2L400226- CAT-RT010	100	25	20	1,500.00
11	988K-L8X00288- CAT-CR001	91	32	26	1,534.00
12	988K-LWX00642- CAT-CR002	93	25	23	1,564.00
13	D10T2-RAB00624- CAT-DZ001	88	34	30	1,620.00
14	D10T2-RAB00812- CAT-DZ002	79	37	27	1,134.00
15	D10T2-RAB00954- CAT-DZ003	81	28	25	1,325.00
16	D10T2-RAB01039- CAT-DZ004	93	31	28	1,736.00

17	D10T2-RAB01085- CAT-DZ005	97	29	28	1,904.00
18	D11-KSN00217- CAT-DZ010	97	29	29	1,972.00
19	D11-KSN00267- CAT-DZ011	101	66	27	945.00
20	D11-KSN00266- CAT-DZ012	80	49	22	682.00
21	D11-KSN00315- CAT-DZ013	94	55	24	936.00
22	777G-T4Y00541- CAT-WT001	99	39	22	1,320.00
23	777G-T4Y02001- CAT-WT002	82	47	27	945.00
24	777G-T4Y02006- CAT-WT003	86	52	23	782.00
				Total S/.	34,247.00

De acuerdo a los cálculos realizados, pudo ser determinado beneficio económico asociado a la propuesta por un monto de S/. 34,247.00; consecuencia del ahorro obtenido por la disminución de paradas por averías para las unidades incluidas dentro de la investigación llevada a cabo.

**b. Costos de la propuesta**

Seguido, se detallarán los costos de vinculación a la propuesta de estudio planteada para la compañía minera. El detalle es presentado en la tabla 13.

**Tabla 13.** Detalle de costos para la propuesta

Detalle	Costo en S/.
Costos diversos vinculados a la propuesta de implementación de la Metodología TPM	9,500.00
Diseño e impresión de materiales y formatos ocupados en el despliegue de la propuesta	2,500.00
Programa de capacitación externa en temática TPM durante cinco meses	10,000.00
Programa de formación relacionado al manejo del Sistema de Gestión ERP por tres meses	4,500.00
<b>Total S/.</b>	<b>26,500.00</b>

Con lo cual, se determina que, considerando la propuesta realizada es necesario realizar la inversión económica por S/. 26,500.00. Luego de ello, se efectuaron los cálculos necesarios para determinar el factor final para el beneficio costo vinculado a la propuesta:

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\text{Beneficio costo} = \frac{34,247.00}{26,500.00}$$

$$\text{Beneficio costo} = 1.29$$

Con el valor obtenido, el cual precisa ser 1.29; fue posible afirmar que, por cada nuevo sol que la compañía minera invierta en la propuesta, se obtendrá beneficio de S/. 0.29. Resultado que es favorable y de beneficio para la compañía minera estudiada.

### **3.2. Discusión**

Considerando el objetivo específico de identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la eficiencia global de los equipos de la empresa minera, fue posible identificarse inconvenientes específicos concernientes a la demora en la entrega de órdenes de mantenimiento, la falta de orden y limpieza, pasillos obstruidos, la falta de metodología definida en el área, la presencia de desperdicios, personal con conocimiento empírico, alta frecuencia de mantenimiento de tipo correctivo y otros factores que afectaban negativamente sobre la eficiencia global de los equipos. Sumado a lo advertido, al llevar a cabo el análisis inicial de indicadores de medición ocupados en el estudio, fueron precisados valores específicos del 79.46% para la disponibilidad, 75.83% para el rendimiento, 67.01% para la calidad y finalmente 40.23% para el OEE. Los problemas que fueron detallados previamente, en forma general no permitían cumplir con los tiempos acordados para las órdenes de mantenimiento gestionadas por el departamento de estudio. Problemática, que puede ser comparada con lo encontrado en Ecuador por [1], quienes precisaron como problema principal la ausencia de mantenimiento destinado a la maquinaria industrial, así también la falta de plan de mantenimiento. Se pudo determinar que era llevado a cabo solamente mantenimiento de tipo correctivo; con lo cual se redujo la vida útil en relación a la maquinaria en disposición. La propuesta planteó al TPM como solución principal. Como parte del análisis inicial, se pudo advertir que la compañía presentaba problemas recurrentes con las maquinarias, trayendo consigo retrasos en el tiempo de respuesta. Sumado a ello, como resultado de la calibración defectuosa, ciertas máquinas presentaban funcionamiento fuera de su capacidad máxima, presentando velocidad en las operaciones mermadas. Los estudiosos mencionan que, al aplicar la propuesta fue posible obtener mejor en relación al

OEE. Concluyendo que, resultó beneficiosa la propuesta planteada, obteniendo OEE en 75.40% (mejora del 21.60%).

Dentro del estudio también fue planteado el objetivo específico de detallar la propuesta de implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la empresa minera; con lo cual, después de la ejecución del análisis de la problemática presentada, fue detallada como propuesta ocupar como herramienta de lean manufacturing a la Metodología TPM, siendo complementada e integrada en la propuesta el Sistema de Gestión ERP. Herramientas que hubieron de ser seleccionadas debido a su adecuado ajuste a la problemática del contexto estudiado. Sumado a ello, la selección de la Metodología TPM se debió a que se encontró demostrada su viabilidad y resultados positivos posteriores a su implementación en otros estudios similares. Se determina entonces que, su implementación posibilitará mejorar la eficiencia global de los equipos en disposición de la compañía minera. En un primer momento fueron desarrolladas las fases incluidas por la Metodología TPM, persiguiendo reducir la cantidad de averías en las unidades incluidas en el estudio, contando de esta manera con mejor disponibilidad de las mismas, acrecentando el rendimiento e incrementando la calidad en el servicio provisto por el departamento de mantenimiento de la compañía. Con lo cual, se dispondrá de afectación positiva sobre el OEE, logrando su incremento. La otra parte de la propuesta, tuvo por finalidad plantear la ocupación de un sistema de gestión ERP, destinado a llevar a cabo en forma correcta la gestión de procesos e información propia del departamento; contando así con data actualizada en el tiempo requerido. Así también, posibilitará administrar en forma óptima la información y los inventarios. Propuesta que resultó ser favorable, equivalente a lo planteado por Cerón y Pérez [6] en Ecuador, quienes advierten que la empresa de estudio carecía de un plan maestro de mantenimiento, lo que resultaba en mantenimientos programados inexistentes, lo que reducía la vida útil de la maquinaria industrial. La empresa solo realizaba mantenimiento correctivo, es decir, reparaba cuando la máquina fallaba, lo que resulta en un OEE de un 60% inaceptable. Como resultado, se utilizó la metodología TPM para obtener la documentación que faltaba, como las fichas técnicas. Las máquinas involucradas en la producción incluyeron

la cortadora hidráulica, la dobladora y la troqueladora. Con el TPM, la disponibilidad subió al 94%, el desempeño al 94% y la calidad al 94%, lo que resultó en un OEE del 85% y una diferencia del 25% antes de la implementación, lo que hizo que la empresa fuera más competitiva y rentable.

Tomando en cuenta el objetivo de evaluar el beneficio costo vinculado a la propuesta de investigación, es mencionado que se llevó a cabo su evaluación a través del análisis beneficio costo, alcanzando valor final de 1.29; mismo que, al contrastarse con el valor alcanzado por [14] en la investigación realizada en donde propusieron al TPM persiguiendo mejorar la disponibilidad de maquinaria y el aumento de la productividad para una planta industrial. La cual obtuvo valor para el B/C de 1.20; aceptando en esta forma ser viable económicamente. En ese sentido, tomando como sustento los resultados alcanzados, fue posible realizar la afirmación de que la propuesta de solución planteada dispuso de viabilidad de tipo económica e impactará positivamente mejorar la eficiencia global de los quipos de la compañía minera.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

a) Inconvenientes específicos de afectación directa sobre la eficiencia global de los equipos de la compañía de estudio, siendo relevante mencionar inconvenientes como lo fue la demora en la entrega de órdenes de mantenimiento, la falta de orden y limpieza, pasillos obstruidos, la falta de metodología definida en el área, la presencia de desperdicios, personal con conocimiento empírico, alta frecuencia de mantenimiento de tipo correctivo y otros factores que afectaban negativamente sobre la eficiencia global de los equipos. Inconvenientes que al medirse a través de indicadores específicos, presentó valores de 79.46% para la disponibilidad, 75.83% para el rendimiento, 67.01% para la calidad y finalmente 40.23% para el OEE. Concluyendo de esta manera que, los inconvenientes no permitían cumplir con los tiempos acordados para las órdenes de mantenimiento gestionadas por el departamento de estudio; como resultado de la baja disponibilidad, bajo rendimiento y baja calidad en el servicio dispuesto por el departamento en referencia.

b) Se desarrolló la propuesta de implementación de la Metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos; en ese sentido, luego del análisis de la problemática presentada, fue detallado como propuesta ocupar como herramienta de lean manufacturing a la Metodología TPM, siendo complementada e integrada en la propuesta el Sistema de Gestión ERP. Herramientas que hubieron de ser seleccionadas debido a su adecuado ajuste a la problemática del contexto estudiado. Sumado a ello, la selección de la Metodología TPM se debió a que se encontró demostrada su viabilidad y resultados positivos posteriores a su implementación en otros estudios similares. Se determina entonces que, su implementación posibilitará mejorar la eficiencia global de los equipos en disposición de la compañía minera. En un primer momento fueron desarrolladas las fases incluidas por la Metodología TPM, persiguiendo reducir la cantidad de averías en las unidades incluidas en el estudio, contando de esta manera con mejor disponibilidad de las mismas, acrecentando el rendimiento e

incrementando la calidad en el servicio provisto por el departamento de mantenimiento de la compañía. Con lo cual, se dispondrá de afectación positiva sobre el OEE, logrando su incremento. La otra parte de la propuesta, tuvo por finalidad plantear la ocupación de un sistema de gestión ERP, destinado a llevar a cabo en forma correcta la gestión de procesos e información propia del departamento; contando así con data actualizada en el tiempo requerido. Así también, posibilitará administrar en forma óptima la información y los inventarios.

c) Se calculó el beneficio costo para la propuesta planteada, alcanzado resultado de 1.29; concluyendo que, sustentados en los resultados alcanzados, fue posible realizar la afirmación de que la propuesta de solución planteada dispuso de viabilidad de tipo económica e impactará positivamente mejorar la eficiencia global de los quipos de la compañía minera. Interpretándose también que, al invertir un nuevo sol en la propuesta, se alcanzará beneficio de S/. 0.29 para la compañía minera.

#### **4.2. Recomendaciones**

En futuros estudios de la compañía minera, se recomienda profundizar un poco más en la identificación de los problemas que se presentan, utilizando otras herramientas de análisis que posibiliten el logro de resultados más minuciosos en cuanto a la precisión de inconvenientes en el contexto estudiado.

Aunque la metodología TPM demostró ser una herramienta útil para abordar los problemas identificados, existen otras herramientas que se pueden usar en conjunto con la metodología TPM para obtener resultados mucho más positivos. La disposición de indicadores de medición dentro de la compañía resulta ser una buena manera de medir el estado actual de un contexto y evaluarlos después de la implementación de mejoras.

Es esencial realizar la valoración económica de propuestas realizadas, ya que nos proporcionará resultados que respalden o desfavorezcan los planteamientos realizados.

Finalmente, debido al impacto positivo conseguido como resultado de la implementación de la solución, se recomienda elevar un informe detallado a la jefatura del departamento de mantenimiento y de la gerencia general; persiguiendo de esta forma dar continuidad a las mejoras realizadas como parte del desarrollo del presente estudio.

## REFERENCIAS

- [1] G. Guamán y M. De La Cruz, "Diseño De Un Sistema De Mantenimiento Productivo Total (TPM) Para Las Líneas De Envasado De La Empresa Fuente San Felipe S.A.", tesis de pregrado, Universidad Técnica De Cotopaxi, abril 2021
- [2] J. Muñoz, y M. Cantos, "Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conservas de atún", *Científica*, vol. 25, no. 2, pp. 1-24, junio 2021
- [3] M. Carrillo, C. Alvis, Y. Mendoza, y H. Cohen, "Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia", *SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(1), 71-86, DOI: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>, marzo 2019, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5604/560465980005>
- [4] C. Ronceros, y R. Pomblas, "Modelo de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad Operacional para una Planta Compresora de Gas", *Revista Politécnica*, 51(1), 117-129, DOI: <https://doi.org/10.33333/rp.vol51n1.10>, febrero 2023, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6887/688775175010>
- [5] M- Favela, M. Escobedo, R. Romero, y J. Hernández, "Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto1", *Revista Lasallista de Investigación*, 16(1), 115-133, DOI: <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>, octubre 2019, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/695/69563162008>
- [6] V. Cerón y M. Pérez, "Aplicación De La Metodología TPM Para El Mejoramiento De La Fiabilidad De Los Equipos Industriales En El Área De Producción De Puertas Económicas En La Empresa Induce Del Ecuador", tesis de pregrado, Universidad Técnica De Cotopaxi, diciembre 2022

- [7] N. Canahua, "Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica", *Industrial Data*, 24(1), 49-62, DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>, abril 2021, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/816/81668400003>
- [8] J. Ortiz, J. Salas, L. Huayanay, R. Manrique, y E. Sobrado, "Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antífama de Lima – Perú", *Industrial Data*, 25(1), 103-119, DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.2150>, noviembre 2022, [en línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/816/81672183005>
- [9] W. Romero y A. Vásquez, "Propuesta de TPM para mejorar OEE de máquinas tapadoras Mondini en la Empresa Agroindustrial Virú S.A.", tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, mayo 2020
- [10] B. Cabrera, "Aplicación De La Metodología TPM Para Incrementar La Eficiencia Operacional De Los Equipos Del Proceso De Tratamiento De Arenas De Molienda En Una Empresa Minera, Cajamarca 2021", tesis de pregrado, Universidad privada del Norte, diciembre 2021
- [11] E. Gaspar y J. Ayala, "Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento S.A.C.", tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, enero 2021
- [12] E. Navarro, "Lean Manufacturing: TPM para mejorar la productividad de una empresa de leche evaporada, Lima 2021", tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, octubre 2021
- [13] N. Canahua, "Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa

- metalmecánica”, tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, noviembre 2021
- [14] E. Pérez, “Gestión de mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad en la empresa Cerinsa E.I.R.L. Chiclayo 2019”, DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8817>, marzo 2020
- [15] L. Álvarez, “Plan de mantenimiento basado en la metodología TPM para incrementar la productividad de los buses en la empresa transporte Chiclayo – 2019”, enero 2019, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62077>
- [16] J. Navarro, y J. Chinin, “Proposición de puesta en marcha de un programa de mantenimiento con metodología TPM para mejorar la operatividad de la maquinaria pesada de la empresa CASA”, junio 2019, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48941>
- [17] E. Namuche, “Gestión del mantenimiento basado en la metodología TPM para mejorar la disponibilidad de la extrusora N° 1 Starlinger del área de extrusión en la empresa El Águila S.R.L. 2019”, octubre 2020, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75641>
- [18] I. Escriche, E. Doménech, y Universidad Politécnica de Valencia, “Gestión del autocontrol en la industria agroalimentaria”, Valencia:: Universidad Politécnica de Valencia, junio 2006
- [19] Portafolio 11, “La gestión del mantenimiento”, Global Network Content Services LLC, DBA Noticias Financieras LLC. Bogotá. Trade Journals, agosto 2007
- [20] K. Jezdimir, “Ingeniería de Sistemas”, c/ Edison, 4 28006 Madrid, octubre 2012
- [21] A. García, “Análisis y mejora de proceso de trabajo mediante programas de mejora continua en una pyme de inyección de plásticos”, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, enero 2014

- [22] J. Pierce, "PS magazine: 60 years of supporting preventive maintenance", *Army Sustainment*, 43(6), 52-54, marzo 2011
- [23] *Latín American Newsstand*, "Grupo Empresarial: Consolida servicios de mantenimiento corporativo", febrero 2010
- [24] E. Viles, D. Puente, M. Alvarez, y F. Alonso, "Improving the corrective maintenance of an electronic system for trains", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 75-87, DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/13552510710735131>, noviembre 2007
- [25] A. Mier, "Hablemos de Calidad/ Análisis del Modo y Efecto de Falla", octubre 2001
- [26] A. Maldonado, y S. Ysique, "Sistema de mejora continua basado en el mantenimiento productivo total para reducir los desperdicios en el área de producción de la empresa Indoamérica S.A.C. – Lambayeque 2016", Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, junio 2017
- [27] A. Cedeno, "Mejoramiento continuo de las empresas", abril 2004
- [28] P. Dvorak, "Poka-yoke designs make assemblies mistakeproof", abril 1998
- [29] S. Rey, "Mantenimiento Total de la Producción", enero 2015
- [30] S. Douglas, "Effective process improvement developing poka-yoke processes", setiembre 2020
- [31] L. Corredor, M. Rosseti, y S. Venegas, "Auditoria de mantenimiento empresa: Snacks América Latina SRL La Grita, Estado Tachira", agosto 2012
- [32] E. Hernández, y E. Navarrete, "Sistema de cálculo de indicadores para el Mantenimiento. (Estudio de la Facultad de Ingeniería)", La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, noviembre 2001

- [33] L. Martínez, "Organización y planificación de sistemas de mantenimiento. (Estudio sobre los sistemas de mantenimiento)", Caracas: Instituto Superior de Investigación y Desarrollo, diciembre 2017
- [34] P. Belohlavek, "OEE: Overall Equipment Effectiveness", 1ª ed. Blue Eagle. Buenos Aires, Argentina. 230 pp, mayo 2009
- [35] J. Cruelles, "La Teoría de la Medición del Despilfarro", 2ª ed. Artef. Toledo, España. 226 pp, agosto 2010
- [36] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, "Metodología de la investigación", 7a edición. Ciudad de México, México: McGraw-Hill, abril 2021

## ANEXOS

### ANEXO 1: Formato guía de observación

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN APLICADA A LA MINERA QUELLAVECO</b>				
<b>DEPARTAMENTO A EVALUAR:</b>		Mantenimiento		
<b>N°</b>	<b>FACTOR EVALUADO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
1	Presenta ambiente de trabajo ordenado y aseado			
2	Ocupa la metodología TPM al interior del área de mantenimiento			
3	Dispone de registros para las averías presentadas en las unidades gestionadas en el área			
4	Presencia de ejecución de tareas de mantenimiento de acuerdo a calendarización			
5	Dispone de ubicación correcta para los componentes y recursos empleados			
6	Se evidencia supervisión durante la ejecución de las labores de mantenimiento			
7	Se evidencia sobre carga laboral			

**ANEXO 2: Formato guía de entrevista**

	<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
<b>Entrevistador:</b>	Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel
<b>Entrevistado:</b>	Jefe del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco
<b>Propósito:</b>	Identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la eficiencia global de los equipos de la empresa minera
<p>1. ¿Conoce la metodología del Mantenimiento Productivo Total o también conocida como TPM?</p> <p>2. ¿Dispone de conocimiento acerca de los beneficios que provee el empleo de esta metodología al interior del departamento de mantenimiento en específico?</p> <p>3. ¿Al momento de llevar a cabo las tareas o actividades de mantenimiento, se ocupa de manera precisa un planeamiento o calendarización precisa?</p> <p>4. ¿Cuenta con personal específico que desempeña labores de supervisión durante la ejecución de las labores de mantenimiento en el departamento?</p>	

5. ¿En la actualidad, cree que el nivel presentado en cuanto a la eficiencia global de los equipos es la correcta?

6. ¿Todos los recursos necesarios para el adecuado despliegue de las actividades de mantenimiento, son provistas en forma y tiempo adecuado por parte de la compañía minera?

7. ¿Son ocupados indicadores específicos destinados a la medición de la eficiencia global de los equipos de la compañía minera?

## ANEXO 3: Formato cuestionario de encuesta

### EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA MINERA QUELLAVECO

N° Cuestionario: \_\_\_\_\_

#### I. GENERALIDADES

Fecha : \_\_/\_\_/\_\_\_\_

**Alcance** : Líneas debajo dispondrá de una encuesta, misma que tiene por finalidad ser aplicada en forma directa a la totalidad de colaboradores pertenecientes del área de mantenimiento de la Minera Quellaveco.

#### II. RECOMENDACIONES

Es recomendado leer en forma clara y pausada las preguntas presentadas a continuación. Responda la totalidad de las mismas, marcando con una "X" de acuerdo a lo que usted considere ser la mejor respuesta.

**1. ¿El departamento de mantenimiento cuenta con una herramienta específica destinada a la gestión de actividades internas?**

a) Sí

b) No

**2. ¿Durante la ejecución de las labores de mantenimiento, se dispone de algún tipo de programación relacionada?**

a) Sí

b) No

**3. ¿Al corriente, el nivel asociado a la eficiencia global de los equipos es el adecuado?**

a) Sí

b) No

**4. ¿La gestión de las atenciones dentro del departamento mantenimiento se asocia a un tiempo de respuesta esperado?**

a) Sí

b) No

**5. ¿En los últimos meses ha sido evidenciado el registro de reclamos asociados a la calidad de las atenciones realizadas dentro del departamento de mantenimiento?**

a) Si

b) No

**6. ¿Se dispone de supervisión efectiva durante el desarrollo de las tareas de mantenimiento efectuadas dentro del área?**

a) Si

b) No

**7. ¿Al momento de realizar las labores de mantenimiento, cuenta con todos los recursos requeridos para lograr un desempeño correcto en la ejecución de las mismas?**

a) Si

b) No

**8. ¿Dispone de manera regular de capacitaciones vinculadas a temas relacionados a las tareas que lleva a cabo dentro del área de mantenimiento?**

a) Si

b) No

**9. ¿Considera que existe sobre carga laboral dentro del departamento de mantenimiento actualmente?**

a) Si

b) No

## ANEXO 4: Validaciones del instrumento



**Universidad Señor de Sipán**  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

### FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto : Winworfan G. E. Villalobos Vásquez  
Grado Académico : Ingeniero Industrial  
Cargo e Institución : Área de mantenimiento - Tecnológica de Alimentos S.A.  
Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
Autor del instrumento : Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel  
Título del Proyecto de Tesis : Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	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			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

#### Valoración

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
Observaciones : Ninguna

Fecha : 25/10/2023

Colegiatura : 265085

Firma :

  
-----  
WINWORFAN G. E. VILLALOBOS VÁSQUEZ  
EUGENIO  
VILLALOBOS VÁSQUEZ  
Ingeniero Industrial  
CIP N° 265085

**Universidad Señor de Sipán**  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto : José Manuel Santisteban Sánchez  
 Grado Académico : Ingeniero Industrial  
 Cargo e Institución : Control de producción / Planeamiento – Empresas Mineras  
 Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
 Autor del instrumento : Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel  
 Título del Proyecto de Tesis : Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	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			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

**Valoración**

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
 Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
 Observaciones : Ninguna

Fecha : 23/10/2023

Colegiatura : 294578

Firma :

  
 JOSE MANUEL SANTISTEBAN  
 SANCHEZ  
 Ingeniero Industrial  
 CIP N° 294578

**Universidad Señor de Sipán**  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto : Reinoso Torres Jorge Jeremy Junior  
 Grado Académico : Ingeniero Civil. Maestría en Investigación y Docencia  
 Universitaria  
 Cargo e Institución : Docencia en el instituto SENCICO  
 Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
 Autor del instrumento : Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel  
 Título del Proyecto de Tesis : Implementación de la metodología TPM para mejorar la  
 eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco,  
 Moquegua 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	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			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

**Valoración**

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
 Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
 Observaciones : Ninguna

Fecha : 27/10/2023

Colegiatura : 110771

Firma :

*Jacinto*  
 Jorge Jeremy Junior Reinoso Torres  
 ING. CIVIL  
 CIP. 110771

## ANEXO 5: Detalle de confiabilidad

**Tabla 3.** Análisis para la confiabilidad

Parámetro	Valor
Alfa de Cronbach	0.849412287
K	10
Vi	4.72
Vt	20.04

*Nota:* Valores del Alfa de Cronbach

## ANEXO 6: Autorización para recojo de información

### AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Moquegua, 12 de diciembre de 2024

Quien suscribe:

Ing. Amesquita Guardia Yuri Ronal

Supervisor de Mantenimiento Mina – Minera Quellaveco

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función de la tesis, denominada: "Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024".

Por el presente, el que suscribe, Ing. Amesquita Guardia Yuri Ronal, Supervisor de Mantenimiento Mina de la empresa: Minera Quellaveco. **AUTORIZO** al estudiante: Bach. Castillo Sanchez Jose Miguel, identificado con DNI N° 70598801, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, y autor del trabajo de investigación denominado "Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024", al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de pregrado, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

Nombre y Apellidos : YURI AMESQUITA GUARDIA  
D.N.I. N°. : 10278025  
Cargo de la empresa : SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

  
Yuri Amesquita Guardia  
SUPERVISOR DE CAMPO  
 AngloAmerican Quellaveco

Firma y sello

## ANEXO 7: Funcionalidades del software ERP Dolibarr

### Gestión Comercial

- ▶ Gestión de presupuestos y pedidos a clientes y a proveedores (Terceros).
- ▶ Seguimiento completo de los estados de los presupuestos y pedidos.
- ▶ Creación de plantillas modelo reutilizables.
- ▶ Gestión de expediciones o envíos.
- ▶ Notas de entrega o albaranes.
- ▶ Listados y estadísticas gestión comercial.
- ▶ Asignación de comerciales (usuarios).
- ▶ Workflow completo de la gestión comercial.

### Gestión de Proyectos

- ▶ Organización, control y gestión de proyectos.
- ▶ Asignación de participantes al proyecto, sean usuarios internos como externos.
- ▶ Creación y seguimiento de tareas asignadas a los participantes. Asignación de tiempo previsto de realización, e introducción manual del tiempo real invertido.
- ▶ Asignación al proyecto, de presupuestos, pedidos, facturas, intervenciones, agenda, etc... para la obtención una vista rápida completa.
- ▶ Gestión documental de anexos al proyecto.
- ▶ Visualización del resultado final del proyecto.
- ▶ Diagrama de Gantt.

### Gestión Financiera

- ▶ Gestión completa de facturación a clientes y proveedores.
- ▶ Envíos de facturas por email con diferentes plantillas del cuerpo de mensaje con campos configurables variables.
- ▶ Series de factura según tipo cliente.
- ▶ Gestión de impuestos, IVA, IRPF y cargas sociales. Creación de nuevos impuestos.
- ▶ Gestión de salarios de trabajadores.
- ▶ Agrupación de pedidos para facturar.
- ▶ Visualización de márgenes de costes.
- ▶ Estadísticas completas de facturación.
- ▶ Informes de resultado de la empresa.
- ▶ Integración de pago por Paypal y Stripe a través del sistema de gestión.
- ▶ Workflow integrado con gestión comercial.

### Gestión de Bancos y Caja

- ▶ Gestión de cuentas bancarias y caja.
- ▶ Listado de registros de movimientos.
- ▶ Gestión de transferencias internas.
- ▶ Gestión de domiciliaciones bancarias.
- ▶ Gestión remesas bancarias. Incluye la generación de recibos SEPA.
- ▶ Visualización de informes bancarios.

### Gestión de Terceros

- ▶ Gestión de clientes, clientes potenciales, proveedores y contactos.
- ▶ Categorización de terceros.
- ▶ Gestión de descuento relativo y fijo por cliente para la venta.
- ▶ Visualización rápida de la ficha del cliente de los presupuestos, pedidos, facturas, contratos, intervenciones.
- ▶ Visualización rápida de los productos y servicios vinculados al tercero en intervenciones, contratos, presupuestos, pedidos y facturas.
- ▶ Fusión de terceros.
- ▶ Listados e informes de terceros.
- ▶ Notificaciones de los contactos del tercero.
- ▶ Notas públicas y privadas.
- ▶ Gestión documental del tercero.

### Gestión de Contratos

- ▶ Seguimiento de contratos con avisos en dashboard de la página de inicio.
- ▶ Flujo de trabajo vinculado con facturación y pedidos.
- ▶ Renovación sencilla de los contratos.
- ▶ Generación de documento PDF para la firma del cliente.
- ▶ Documentos adjuntos al contrato.

### Seguimiento de clientes (CRM)

- ▶ Seguimiento de todas las entidades con los clientes; presupuestos, intervenciones, pedidos, facturas, etc...
- ▶ Registro automático acciones en agenda.
- ▶ Seguimiento de contactos realizados con terceros.
- ▶ Creación de boletín de noticias o envío masivo de emails (newsletter) a contactos registrados en Dolibarr o importación de contactos por CSV.
- ▶ Registro de email masivo leído por parte del destinatario.
- ▶ Listados de campos configurables.
- ▶ Sistema rápido de búsqueda de terceros.

### Gestión de Intervenciones

- ▶ Partes de trabajo imprimibles en PDF.
- ▶ Facturación automática de las intervenciones.
- ▶ Listado y estadísticas de intervenciones.
- ▶ Integración con contratos.
- ▶ Integración con proyectos.
- ▶ Gestión de recursos de una intervención.
- ▶ Documentos adjuntos a una intervención.
- ▶ Creación de un presupuesto.

## ANEXO 8: Fichas técnicas y formatos de equipos más representativos

### Motoniveladora 24 Cat®

Motor		
Modelo de motor	C27 ACERT Cat	
Emissiones	Tier 4 final/Stage IV o equivalente a Tier 2/Stage II	
Potencia base (1ª marcha): neta (Tier 4)	399 kW	535 hp
Cilindrada	27,03 L	1.648 pulg <sup>3</sup>
Calibre	137,2 mm	5,4"
Carrera	152,4 mm	6"
Reserva de par	19%	
Par neto máximo	3.277 N-m	2.417 lbf-pie
Velocidad a potencia nominal	1.800 rpm	
Cantidad de cilindros	12	
Altitud máxima a plena potencia		
Altitud máxima a plena potencia (Tier 4)	3.048 m	10.000'
Altitud máxima a plena potencia (Tier 2)	4.572 m	15.000'
Estándar: velocidad del ventilador	1.300 rpm	
Capacidad estándar	50 °C	122 °F
<ul style="list-style-type: none"> <li>La potencia neta se prueba de acuerdo con las normas ISO 9249, SAE J1349 y EEC 80/1269 vigentes al momento de la fabricación.</li> <li>VHP Plus optimizado es estándar para la 24.</li> <li>La potencia neta anunciada es la potencia disponible a una velocidad nominal de 1.800 rpm, medida en el volante cuando el motor cuenta con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.</li> <li>Potencia declarada según la norma ISO 14396. RPM nominales 1.800 (561 hp)</li> </ul>		

Estructura del bastidor delantero		
Círculo: diámetro exterior	2.631 mm	104"
Eje delantero		
Inclinación de las ruedas izquierda o derecha	18°	
Oscilación total por lado	32°	

Sistema de aire acondicionado		
El sistema de aire acondicionado en esta máquina contiene el refrigerante de gases fluorados de efecto invernadero R134a (potencial de calentamiento global = 1.430). El sistema contiene 2,0 kg de refrigerante, con un equivalente de CO <sub>2</sub> de 2.860 toneladas métricas.		

Pesos		
Peso bruto del vehículo: base*		
Total	71.563 kg	157.769 lb
Eje delantero	19.894 kg	43.858 lb
Eje trasero	51.669 kg	113.910 lb
Peso bruto del vehículo: equipado normalmente		
Total	73.344 kg	161.695 lb
Eje delantero	20.169 kg	44.466 lb
Eje trasero	53.125 kg	117.229 lb
* Peso en orden de trabajo base calculado según la configuración de la máquina estándar con neumáticos 29.5R29, tanque de combustible lleno, operador y cabina ROPS (Rollover Protective Structure, Estructura de Protección en Caso de Vuelcos).		

Vertedera		
Ancho de la hoja	7,3 m	24'
Altura de la hoja	1.025 mm	40"
Grosor	50 mm	2"

Alcance de la cuchilla		
Cambio central del círculo		
Derecho	437 mm	17,2"
Izquierdo	804 mm	31,7"
Desplazamiento lateral de la vertedera		
Derecho	1.150 mm	45,3"
Izquierdo	970 mm	38,2"
Alcance de la punta de la hoja		
Avance	40°	
Hacia atrás	0°	
Alcance máximo del resalto fuera de los neumáticos traseros		
Derecho	3.175 mm	125"
Izquierdo	3.175 mm	125"
Levantamiento máximo sobre el suelo	410 mm	16,1"
Profundidad máxima de corte	550 mm	21,7"

Para obtener información más completa sobre los productos Cat, los servicios del distribuidor y las soluciones de la industria, visítenos en [www.cat.com](http://www.cat.com)

© 2017 Caterpillar  
Todos los derechos reservados

Los materiales y las especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso. Las máquinas que aparecen en las fotografías pueden incluir equipo optativo. Consulte con su distribuidor Cat para conocer las opciones disponibles.

CAT, CATERPILLAR, SAFETY CAT.COM, sus respectivos logotipos, el color "Caterpillar Yellow" y la imagen comercial de "Power Edge", así como la identidad corporativa y de producto utilizadas en la presente, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización.

ASXQ2227-01 (12-2017)  
(Traducción: 02-2018)  
Reemplaza al ASXQ2227  
Número de fabricación 24-14A





# D11

## Tractor Topador

## Especificaciones técnicas

### Motor: equivalente a Tier 2 de la EPA de EE.UU.

Modelo de motor	Cat® C32	
Perforación	145 mm	5,7"
Carrera	162 mm	6,4"
Cilindrada	32,1 L	1.959 pulg <sup>3</sup>
Potencia del motor		
Potencia SAE bruta J1995 *		
Avance	670 kW	899 hp
Retroceso	757 kW	1015 hp
ISO 14396		
Avance	657 kW	882 hp
Retroceso	744 kW	998 hp
Potencia neta SAE J1349/ISO 9249		
Avance	634 kW	850 hp
Retroceso	714 kW	957 hp

### Motor: Tier 4 final de la EPA de EE.UU./Stage V de la UE

Modelo de motor	Cat C32	
Perforación	145 mm	5,7"
Carrera	162 mm	6,4"
Cilindrada	32,1 L	1.959 pulg <sup>3</sup>
Potencia del motor		
Potencia SAE bruta J1995 *		
Avance	670 kW	899 hp
Retroceso	757 kW	1.015 hp
ISO 14396		
Avance	658 kW	882 hp
Retroceso	745 kW	999 hp
Potencia neta SAE J1349/ISO 9249		
Avance	634 kW	850 hp
Retroceso	712 kW	955 hp

\* Se excluyen todas las pérdidas del ventilador.

- Las clasificaciones de motor corresponden a una velocidad de 1.800 rpm.
- La potencia neta publicada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con filtro de aire, silenciador, alternador, ventilador y controles de emisiones del motor, según sea necesario.



		<b>ENTREGA DE EQUIPO (CHECK LIST DE CALIDAD MOTONIVELADORA 24)</b>			
Código del equipo:	Inspector de Manto:	Operador de equipo:	Supervisor de Manto:	Fecha:	
				Horómetro:	
<b>INSPECCION DE CALIDAD - ENTREGA DE EQUIPO - MOTONIVELADORA 24</b>					
<b>A</b>	<b>EQUIPO</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
A1	Chequear condición de equipo en general (limpieza)				
A2	Inspección de fugas en componentes y líneas en general				
A3	Inspección de daños en estructuras y componentes en general				
<b>B</b>	<b>NIVEL INFERIOR</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
B1	Chequear guardas inferiores				
B2	Inspeccionar escaleras de acceso al equipo				
B3	Chequear tablero de servicio de fluidos				
B4	Chequear nivel de grasa				
<b>C</b>	<b>NIVEL MEDIO</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
C1	Chequear nivel de aceite de motor				
C2	Chequear nivel de refrigerante				
C3	Chequear nivel de transmisión				
C4	Chequear nivel de aceite hidráulico				
C6	Verificar fugas de aceite y refrigerante de motor				
C7	Chequear condición del radiador e motor				
C8	Chequear condición del enfriador hidráulico (limpieza)				
<b>D</b>	<b>NIVEL SUPERIOR</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
D1	Verificar estado de cabina (limpieza)				
D2	Chequear eventos activos en el display principal				
D3	Chequear funcionamiento de cámara posteriores				
D4	Chequear el correcto funcionamiento de la traba hidráulica				
D5	Chequear operatividad de luces de trabajo				
D6	Chequear funcionamiento de pulsador de parada de emergencia				
D7	Comprobar operatividad de radio musical y de comunicaciones				
D8	Comprobar operatividad de claxon				
D9	Comprobar operatividad de alarma de retroceso				
D10	Comprobar operatividad de limpiaparabrisas				
D11	Chequear funcionamiento de aire acondicionado y calefacción				
D12	Chequear condición de parabrisas (limpieza)				
D13	Chequear condición de espejos (limpieza)				
D14	Inspección del cinturón de seguridad				
D15	Chequear condición de extintores				
D16	Chequear estado de módulo de control de AFEX				
<b>E</b>	<b>PRUEBAS FINALES</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
E1	Realizar el calentamiento del motor > 10 min.				
E2	Verificar temperatura de motor > 80°C.				
E3	Verificar voltaje del sistema de carga 24 V.				
E4	Realizar las pruebas operacionales del equipo (Movimiento de todos los implementos)				
E5	Entrega del equipo a operaciones mina				
<b>Comentarios adicionales:</b>					
<b>Supervisor de Mantenimiento:</b>			<b>Operaciones Mina:</b>		
Nombre:			Nombre:		
Firma:			Firma:		

		ENTREGA DE EQUIPO (CHECK LIST DE CALIDAD) TRACTOR DE CADENA D11		 	
Código del equipo:	Inspector de Manto:	Operador de equipo:	Supervisor de Manto:	Fecha:	
				Horómetro:	
<b>INSPECCION DE CALIDAD - ENTREGA DE EQUIPO - TRACTOR DE CADENA D11</b>					
<b>A</b>	<b>EQUIPO</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
A1	Chequear condición de equipo en general (limpieza)				
A2	Inspección de fugas en componentes y líneas en general				
A3	Inspección de daños en estructuras y componentes en general				
<b>B</b>	<b>NIVEL INFERIOR</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
B1	Chequear tensado de cadena LH y RH				
B2	Chequear condición y funcionamiento de escalera hidráulica de acceso				
B3	Chequear nivel de tanque de grasa				
<b>C</b>	<b>NIVEL MEDIO</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
C1	Chequear nivel de aceite de motor				
C2	Chequear nivel de refrigerante				
C3	Chequear nivel de transmisión				
C4	Chequear nivel de eje pivót				
C5	Verificar fugas de aceite y refrigerante de motor				
C6	Chequear condición del radiador e motor				
C7	Chequear nivel del aceite hidráulico				
C8	Chequear condición del enfriador hidráulico (limpieza)				
C9	Chequear nivel de mandos finales LH y RH				
<b>D</b>	<b>NIVEL SUPERIOR</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
D1	Verificar estado de cabina (limpieza)				
D2	Chequear eventos activos en el display principal				
D3	Chequear funcionamiento de cámaras y display de cámaras				
D4	Chequear operatividad de luces de trabajo				
D5	Chequear funcionamiento de pulsador de parada de emergencia				
D6	Comprobar operatividad de radio musical y de comunicaciones				
D7	Comprobar operatividad de claxon				
D8	Comprobar operatividad de alarma de retroceso				
D9	Comprobar operatividad de limpiaparabrisas				
D10	Chequear funcionamiento de aire acondicionado y calefacción				
D11	Chequear condición de parabrisas (limpieza)				
D12	Chequear condición de espejos (limpieza)				
D13	Inspección del cinturón de seguridad				
D14	Chequear condición de extintores				
D15	Chequear estado de módulo de control de AFEX				
<b>E</b>	<b>PRUEBAS FINALES</b>		✓	X	<b>Observaciones</b>
E1	Realizar el calentamiento del motor > 10 min.				
E2	Verificar temperatura de motor > 80°C.				
E3	Verificar voltaje del sistema de carga 24 V.				
E4	Realizar las pruebas operacionales del equipo				
E5	Entrega del equipo a operaciones mina				
<b>Comentarios adicionales:</b>					
<b>Supervisor de Mantenimiento:</b>			<b>Operaciones Mina:</b>		
Nombre:			Nombre:		
Firma:			Firma:		

Nombre del Procedimiento <b>Mantenimiento Preventivo 1000H Motoniveladora 24</b>					JOB CARD 1000H PREV PM3 24
Número Personas: <b>04</b>	Duración PM: <b>12 horas</b>	Total Horas-Hombre: <b>48</b>	Intervalo: <b>PM1000H</b>	Estado de Operación: <b>Detenido</b>	Programación: <b>PM</b>

Ubicación: Zona interina de Mina AAQ		Activo: Motoniveladora 24			
Turno: Día	Noche	Horómetro:			
Supervisor A: _____	ID	Técnico 3: _____	ID		
Supervisor B: _____	S1	Técnico 4: _____	T3		
Técnico 1: _____	S2	Técnico 5: _____	T4		
Técnico 2: _____	T1	Técnico 6: _____	T5		
	T2		T6		

**PROPÓSITO**  
Realizar las tareas de mantenimiento preventivo cada 500 horas

**ALCANCE**

**LISTADO DE MATERIALES**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	N° PARTE
1	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	2	UND	1R-1808
2	FILTRO PRIMARIO DE COMBUSTIBLE (SEPARADOR DE AGUA)	1	UND	438-5385
3	FILTRO SECUNDARIO / Terciario de Combustible	2	UND	1R-0755
4	FILTRO HIDRAULICO PRINCIPAL	2	UND	338-3540
5	FILTRO HIDRAULICO DE PILOTAJE / CARCASA	2	UND	389-1076
6	FILTRO DE TRANSMISION	2	UND	337-5270
7	FILTRO DE BLOQUEO DE DIFERENCIAL	1	UND	389-1079
8	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	2	UND	132-7168
9	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR	26.1	GLN	15W40
10	SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICA	5	KG	3MOLY
11				

**TAREAS A DESARROLLAR**

DOCUMENTACION	√	X	ID	Valor	ANEXO
Revisar el Gantt.					
Generar el IPERC y revisar el PET					
Revisar el formato de pre-uso del operador.					
PREPARACION DE EQUIPO Y TEST DE RENDIMIENTO	√	X	ID	Valor	ANEXO
Lavado de maquina					
Ingreso de equipo a bahia					
Descarga de datos PSRPT/Verificación de códigos/eventos activos					
Inspección general de equipo					Anexo 1: Formato de inspección general
Evaluación de tiempos de ciclo					Anexo 2: Evaluación de tiempos de ciclo
Test de rendimiento de motor con ET					Anexo 3: Formato de evaluación de motor
Test de rendimiento de frenos					Anexo 3: Formato de evaluación de frenos
Test de rendimiento de transmisión					Anexo 3: Formato de evaluación de transmisión
Instalar paas en el piso para bajar hoja de vertedera y Ripper					
Posicionar implementos y trabar la articulación para asegurar el equipo					
Posicionar implementos y articulación para asegurar el equipo					
INSPECCION	√	X	ID	Valor	ANEXO
Depósito de lubricación automática (Grasa) - Llenar					
Tapas de cilindros de levantamiento de la hoja - Revisar, ajustar y reemplazar					
Tapa de cilindro centershift - Revisar, ajustar y reemplazar					
Acumulador del freno - Revisar					
Holgura de bronce del círculo - Revisar y ajustar					
Disyuntores - Reajustar					
Alarma de retroceso - Probar					
Claxon - Probar					
Circulina - Inspeccionar					
Luces de trabajo - Inspeccionar/Reemplazar					
Pantalla y cámara - Limpiar					
Juego axial del receptáculo y la bola de la barra de tiro - Revisar y ajustar					
Film (Identificación del equipo) - Limpiar					
Sistema de supresión de incendios - Servicio (Freno)					
Toma de Llenado rápido de combustible - Inspeccionar					
Sistema de combustible - Cebiar					
Fusibles - Inspeccionar / Reemplazar					
Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS) - Inspeccionar					

Bandas de desgaste circulo de giro - Inspeccionar					
Batería o cable de batería - Inspeccionar/reemplazar					
Tapas de presión del sistema de enfriamiento - Limpiar/reemplazar					
<b>MUESTRAS DE ACEITE</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Muestra de aceite de motor - Obtener					
Muestra de aceite de transmisión - Obtener					
Muestra de sistema hidráulico - Obtener					
Muestra de diferencial - Obtener					
Muestra de refrigerante - Obtener					
Muestra de combustible - Obtener					
Muestra de Tandem LH y RH - Obtener					
Muestra de mandos de giro delantero y posterior - Obtener					
Muestra de cubos delanteros LH y RH (Ruedas) - Obtener					
<b>MANTENIMIENTO</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Filtro de aceite de motor - Reemplazar					
Filtro primario separador de agua de combustible - Reemplazar					
Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar					
Filtro terciario de combustible - Reemplazar					
Filtro hidráulico principal - Reemplazar					
Filtro hidráulico de pilotaje - Reemplazar					
Filtro de transmisión - Reemplazar					
Filtro de bloqueo de diferencia - Reemplazar					
Filtro de aire primario - Reemplazar					
Aceite de motor - Cambiar					
Tanque de lubricación automática - Rellenar					
Acumulador del freno - Comprobar					
Batería - Limpiar					
Respiradero del cárter - Limpiar					
Correas - Inspeccionar/ajustar/reemplazar					
Engine Shutdown Switch - Check					
Cuchilla de desgaste de la verfedera - Inspeccionar, ajustar y reemplazar					
<b>NIVELES</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Nivel de aceite de motor					
Nivel de aceite de transmisión					
Nivel de sistema hidráulico					
Nivel de diferencial					
Nivel de refrigerante					
Nivel de combustible					
Nivel de Tandem LH y RH					
Nivel de mandos de giro delantero y posterior					
Nivel de cubos delanteros LH y RH (Ruedas)					
<b>DRENAJES</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) - Drenar					
Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar					
<b>LUBRICACIÓN</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Rodajes del eje de oscilación (axe oscilación)					
Rodajes de articulación					
Cavidad (socket) del cilindro de levante de la cirulo					
Punta del pin de cilindro de inclinación de hoja					
Cavidad (socket) Centershift Cylinder					
Drawbar Ball and Socket					
Conjunto King pin					
Pines del cilindro del Ripper					
Pines de cilindros de dirección					
Pines de cilindro de articulación					
Pines de front axle					
Pines de cilindro de inclinación de ruedas					
Lubricación de piñón de circulo de giro					
Lubricación de circulo de giro					
<b>INSPECCIÓN NDT</b>	√	X	ID	Valor	<b>ANEXO</b>
Check list de inspección de chasis - 1000 Hrs					Anexo 4: Check list de inspección de frame 1000HRS

**Lista de Anexos:**

- Anexo 1: Formato de inspección general
- Anexo 2: Evaluación de tiempos de ciclo
- Anexo 3: Formato de evaluación de motor
- Anexo 3: Formato de evaluación de frenos
- Anexo 3: Formato de evaluación de transmisión
- Anexo 4: Check list de inspección de frame 1000HRS

**Lista Procedimientos Específicos**

PSGJ0047\_Procedimiento de muestreo

Nombre del Procedimiento <b>Mantenimiento Preventivo 1000H D11</b>				JOB CARD 1000H PREV PM3 D11	
Número Personas: <b>04</b>	Duración PM: <b>13 horas</b>	Total Horas-Hombre: <b>52</b>	Intervalo: <b>PM1000H</b>	Estado de Operación: <b>Detenido</b>	Programación: <b>PM</b>

Ubicación: Zona interina de Mina AAQ		Activo: D11			
Turno: <b>Día</b> <b>Noche</b>		Horómetro:			
		ID		ID	
Supervisor A: _____	S1	Técnico 3: _____	T3		
Supervisor B: _____	S2	Técnico 4: _____	T4		
Técnico 1: _____	T1	Técnico 5: _____	T5		
Técnico 2: _____	T2	Técnico 6: _____	T6		

<b>PROPÓSITO</b>
Realizar las tareas de mantenimiento preventivo cada 1000 horas

<b>ALCANCE</b>
----------------

<b>LISTADO DE MATERIALES</b>
------------------------------

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	N° PARTE
1	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	2	UND	132-7168
2	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	2	UND	1R-1808
3	SEPARADOR DE AGUA/COMBUSTIBLE	1	UND	438-5385
4	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	2	UND	422-7587
5	ACEITE DE MOTOR	35.1	GAL	SAE 15W-40
6	FILTRO DE TAPA DE TANQUE DE COMBUSTIBLE	1	UND	350-7735
7	FILTRO DE TANQUE HIDRAULICO (RETORNO)	2	UND	249-2337
8	REJILLA DE TANQUE HIDRAULICO (CARCAZA)	1	UND	376-9067
9	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	2	UND	106-3973
10	FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	1	UND	344-0004
11	ACEITE PARA MANDOS FINALES (AMBOS)	25	GAL	SAE 60

<b>TAREAS A DESARROLLAR</b>
-----------------------------

DOCUMENTACION	√	X	ID	Valor	OBSERVACIONES
Revisar el Gantt.					
Generar el IPERC y revisar el PET					
Revisar el formato de pre-uso del operador.					
PREPARACION DE EQUIPO Y TEST DE RENDIMIENTO	√	X	ID	Valor	OBSERVACIONES
Lavado de maquina					
Ingreso de equipo a bahía					
Descarga de datos PSRPT/Verificación de códigos/eventos activos					
Aplicar formato de inspección general					Anexo 1: Inspección General de equipo
Test tiempo de ciclos					Anexo 2: Tiempo de ciclos
Test de rendimiento de motor con ET o Display principal					Anexo 3: Evaluación motor
Test de rendimiento de dirección y frenos					Anexo 3: Evaluación dirección y frenos
Test de rendimiento de transmisión					Anexo 3: Evaluación de transmisión
Instalar padas en el piso para bajar hoja topadora					
INSPECCION	√	X	ID	Valor	OBSERVACIONES
Líneas de lubricación automática - Inspeccionar					
Batería, conexiones y cables de baterías - Inspeccionar					
Cámaras - Inspeccionar y/o Limpiar					
Radiador, enfriadores - Inspeccionar Y/o Limpiar					
Cuchilla y cantoneras - Inspeccionar / Reemplazar					
Filtro y pre-filtro de aire de motor - Limpiar compartimiento					
Cilindro de éter - Inspeccionar					
Sticker de identificación de equipo - Limpiar y/o Reemplazar					
Sistema contra incendios - Inspeccionar					
Escalera de acceso hidráulica - Inspeccionar / probar					
Tapa de radiador - Inspeccionar / limpiar					
Punta de Ripper - Inspeccionar					
Protectores de vastago de cilindros de inclinación - Inspeccionar					
Deposito de limpia parabrisas - Ulenar					

Ventanas - Inspeccionar						
Circulina - Inspeccionar						
Revisar funcionamiento de luces de trabajo						
Alarma de retroceso - Probar						
Bocina - Probar						
Respiradero de transmisión - Inspeccionar / Limpiar o cambiar						
<b>MUESTRAS DE ACEITE</b>	√	X	ID	Valor		<b>OBSERVACIONES</b>
Muestra de aceite de motor - Obtener						
Muestra de aceite de transmisión - Obtener						
Muestra de sistema hidráulico - Obtener						
Muestra de refrigerante - Obtener						
Muestra de combustible - Obtener						
Muestra de mandos finales LH y RH - Obtener						
<b>MANTENIMIENTO</b>	√	X	ID	Valor		<b>OBSERVACIONES</b>
Filtro de aceite de motor - Cambiar						
Filtro primario de combustible - Cambiar						
Filtro secundario de combustible - Cambiar						
Filtro de aire primario - Cambiar						
Filtro de tapa de combustible - Cambiar						
Filtro hidráulico de retorno - Cambiar						
Rejilla de retorno de carcasa tanque hidráulico - Cambiar						
Filtro secundario de aire de motor - Cambiar						
Filtros de transmisión - Cambiar						
Aceite de motor - Cambiar						
Aceite de transmisión - Cambiar						
Tanque de lubricación automática - Rellenar						
Respiradero del cárter - Limpiar						
<b>NIVELES</b>	√	X	ID	Valor		<b>OBSERVACIONES</b>
Nivel de aceite de motor						
Nivel de aceite de transmisión						
Nivel de aceite hidráulico						
Nivel de refrigerante						
Nivel de combustible						
Nivel de mandos finales LH y RH						
Nivel de aceite de Eje pivot						
<b>DRENAJES</b>	√	X	ID	Valor		<b>OBSERVACIONES</b>
Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) - Drenar						
Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar						
<b>LUBRICACIÓN</b>	√	X	ID	Valor		<b>OBSERVACIONES</b>
Tanque de grasa de lubricación automática - Rellenar						
Componentes del sistema de lubricación automática - Revisar						
Cilindros de inclinación de la hoja topadora - Lubricar						
Cojinetes de la horquillas de los cilindros de levante - Lubricar						
Pasadores de los extremos de la barra ecualizadora - Lubricar						
Cojinetes de los cilindros y del varillaje del desgarrador - Lubricar						
<b>INSPECCIÓN NDT</b>	√	X	ID	Valor		<b>ANEXO</b>
Chasis de máquina - Inspeccionar						Anexo 4: Inspección NDT D11_Frame 500Hrs
Bastidor de máquina - Inspeccionar						Anexo 4: Inspección NDT D11_Bastidor 1000Hrs
<b>MINESTAR TERRAIN FOR GRADING</b>	√	X	ID	r		<b>ANEXO</b>
Inspección pantalla TD520 y soporte						
Inspección harness pantalla TD520 (Extremos)						
Inspección alarma						
Inspección borneras (24V, Ground, Key Switch)						
Inspección sensores inclinación						
Inspección harness sensores inclinación						

<b>MOTONIVELADORA</b>							
TAREA	TIEMPO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM2	
		250 Hrs	500 Hrs	1000 Hrs	2000 Hrs	2500 Hrs	
FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	2	X	X	X	X		
TIEMPOS DE CICLO	0.5	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	1	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	0.5	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE TRANSMISION	1			X	X		
FORMATO DE EVALUACION SISTEMA HIDRAULICO	1			X	X		
ANEXO 4 - INSPECCION NDT	1	X	X				
ANEXO 5 - INSPECCION NDT	2			X			
ANEXO 6 - INSPECCION NDT	3				X		
CALIBRACION DE VALVULA E INYECTORES DE MOTOR	8					X	

<b>TRACTOR DE CADENA D11</b>							
TAREA	TIEMPO	PM1	PM2	PM3	PM4	E/C	
		250	500	1000	2000	4000	
FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	2	X	X	X	X		
FORMATO DE TIEMPOS DE CICLO	0.5	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	0.5	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	0.5	X	X	X	X		
FORMATO DE EVALUACION DE TRANSMISION	1			X	X		
FORMATO DE EVALUACION SISTEMA HIDRAULICO	1			X	X		
INSPECCION NDT 500 HRS	2		X				
INSPECCION NDT 1000 HRS	3			X			
INSPECCION NDT 2000 HRS	3				X		
CALIBRACION DE VALVULA E INYECTORES DE MOTOR	12					X	

<b>Motoniveladora 24</b>				
PM 250 HORAS		OBSERVACIONES	TIEMPO EN HORAS	CANT TECN
1	FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	INSPECCION GENERAL DE EQUIPO PARTE FRONTAL, POSTERIOR, SUPERIOR, INFERIOR Y CENTRAL DEL EQUIPO	2	1
2	TIEMPOS DE CICLO	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
3	FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
4	FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
5	ANEXO 4 - INSPECCION NDT 250 Y 500 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	1	2
PM 500 HORAS		OBSERVACIONES	TIEMPO EN HORAS	CANT TECN
1	FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	INSPECCION GENERAL DE EQUIPO PARTE FRONTAL, POSTERIOR, SUPERIOR, INFERIOR Y CENTRAL DEL EQUIPO	2	1
2	TIEMPOS DE CICLO	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
3	FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
4	FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
5	ANEXO 4 - INSPECCION NDT 250 Y 500 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	1	2
PM 1000 HORAS		OBSERVACIONES	TIEMPO EN HORAS	CANT TECN
1	FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	INSPECCION GENERAL DE EQUIPO PARTE FRONTAL, POSTERIOR, SUPERIOR, INFERIOR Y CENTRAL DEL EQUIPO	2	1
2	TIEMPOS DE CICLO	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
3	FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
4	FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
5	FORMATO DE EVALUACION DE TRANSMISION	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
6	ANEXO 4 - INSPECCION NDT 250 Y 500 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	1	2
7	ANEXO 5 - INSPECCION NDT 1000 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	2	2
PM 2000 HORAS		OBSERVACIONES	TIEMPO EN HORAS	CANT TECN
1	FORMATO DE INSPECCION GENERAL DE EQUIPO	INSPECCION GENERAL DE EQUIPO PARTE FRONTAL, POSTERIOR, SUPERIOR, INFERIOR Y CENTRAL DEL EQUIPO	2	1
2	TIEMPOS DE CICLO	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
3	FORMATO DE EVALUACION DE MOTOR	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
4	FORMATO DE EVALUACION DE FRENOS	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	0.5	2
5	FORMATO DE EVALUACION DE TRANSMISION	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
6	FORMATO DE EVALUACION DE SISTEMA HIDRAULICO	EVALUACION DE ACUERDO A FORMATO	1	2
7	ANEXO 4 - INSPECCION NDT 250 Y 500 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	1	2
8	ANEXO 5 - INSPECCION NDT 1000 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	2	2
9	ANEXO 6 - INSPECCION NDT 2000 HRS	REALIZAR INSPECCION SEGUN FORMATO	3	2
PM 2500 HORAS		OBSERVACIONES	TIEMPO EN HORAS	CANT TECN
1	CALIBRACION DE VALVULA E INYECTORES DE MOTOR	REALIZAR LA CALIBRACION SEGUN PROCEDIMIENTO DE FORMATO	8	2



NOMBRE DEL TRABAJO

**Copia de Tesis-Castillo Sanchez - 20-06-2024.docx**

---

RECuento DE PALABRAS

**14664 Words**

RECuento DE CARACTERES

**83188 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**85 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 23, 2024 3:00 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 23, 2024 3:01 PM GMT-5**

---

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE  
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomas Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: Implementación de la metodología TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos de la Minera Quellaveco, Moquegua 2024, elaborado por el estudiante CASTILLO SANCHEZ JOSE MIGUEL.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del 9 %, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

---

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas, el 23 de setiembre de 2024  
eSeuss@uss.edu.pe

**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**  
**Coordinador de Investigación**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**  
**DNI N° 42851553**